

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139752

KULLANILMIŞ KIZARTMA YAĞI METİL ESTERİNİN
ALTERNATİF DİZEL YAKITI OLARAK KULLANILMASI

139752

Mak.Müh.Özgür Dizar

FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makineleri Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ



Tez Danışmanı : Prof.Dr. Orhan Deniz



Doç. Dr. Hakan KALELİ



Doç. Dr. Uğur KESKİN

İSTANBUL, 2003

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
BOKÜBANKALTIYON MERKEZİ

3.4	Dizel Motorlarında Karakteristik Eğriler.....	28
3.4.1	İndike Efektif Güç.....	28
3.4.2	Ortalama Efektif Basınç.....	29
3.4.3	Özgül Yakıt Sarfıyatı.....	29
3.4.4	Hava Fazlalık Katsayısı.....	30
3.4.5	Düzeltilme Faktörü.....	30
4.	DİZEL MOTORLARINDA EGZOZ EMİSYONLARININ OLUŞUMU.....	33
4.1	Karbonmonoksit Emisyonunun Oluşumu.....	35
4.2	Azot Oksit Emisyonlarının Oluşumu.....	35
4.3	Hidrokarbon Emisyonlarının Oluşumu.....	38
4.4	Partikül Emisyonlarının Oluşumu.....	39
4.5	Kükürtdioksit Emisyonunun Oluşumu.....	40
5.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	41
5.1	Kullanılmış Kızartma Yağı Metil Esterinin Yakıt Özellikleri.....	41
5.1.1	Özgül Kütle Tayini.....	41
5.1.2	Viskozite Tayini.....	42
5.1.3	Parlama Noktası.....	43
5.1.4	Akma Noktası	44
5.2	Deney Motorunun Teknik Özellikleri.....	44
5.3	Deney Donanımı.....	46
5.4	% 100 Metilester Yakıtı Kullanmanın Motor Karakteristiklerine etkisi.....	51
5.4.1	Moment.....	52
5.4.2	Güç.....	53
5.4.3	Özgül Yakıt Sarfıyatı.....	54
5.4.4	Verim.....	55
5.4.5	Efektif Basınç.....	56
5.5	%100 Metilester Yakıtı Kullanmanın Egzoz emisyonlarına Etkisi.....	57
5.5.1	Karbondioksit Emisyonu (CO ₂).....	58
5.5.2	Karbonmonoksit Emisyonu (CO).....	59
5.5.3	Azotoksit Emisyonu (NO _x).....	60
5.5.4	İs (partikül).....	61
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	62
	KAYNAKLAR.....	64
	EKLER.....	65
Ek 1	Otomotiv Yakıtları –Dizel- Özellikler ve Deney Metotları.....	66
Ek 2	Parlama Noktası Tayini.....	67
	ÖZGEÇMİŞ.....	68

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. TEORİK ÇALIŞMA.....	10
2.1 Enerji Üretiminde Biokütle Kullanımı.....	10
2.2 Biokütle ile Alternatif Yakıt Üretimi.....	10
2.3 Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Değerlendirilmesi.....	11
2.3.1 Seyreltme.....	13
2.3.2 Mikroemülsiyon Oluşturma.....	13
2.3.3 Piroliz.....	14
2.3.4 İsteresterleşme.....	14
2.3.4.1 Alkoliz.....	14
2.3.4.2 Asidoliz.....	17
2.3.4.3 Transesterifikasyon.....	17
2.4 Yağ Asitleri Hakkında Genel Bilgiler.....	18
2.5 Esterleşme Reaksiyonları.....	19
2.6 Esterleşme Prosesi.....	20
2.7 Esterlerin Genel Kullanımı.....	22
2.8 MetilEsterler.....	23
2.8.1 Metil Esterin Avantajları.....	23
3. DİZEL MOTORLARINDA GÜÇ , VERİM VE KARAKTERİSTİK EĞRİLER.....	25
3.1 İş ve Güç.....	25
3.2 Fren gücü.....	25
3.2.1 Proney Freni ile Gücün Ölçülmesi.....	26
3.2.2 Hidrolik Dinamometre ile Gücün Ölçülmesi.....	26
3.2.3 Elektrikli Dinamometre ile Gücün Ölçülmesi.....	26
3.3 Motor Verimleri.....	26
3.3.1 Mekanik Verim.....	27
3.3.2 Termik Verim.....	27
3.3.3 Volumetrik Verim.....	27

SİMGE LİSTESİ

P	Basınç[kg/cm^2]
kW	Güç [Kw]
n	Devir sayısı [d/dak]
T	Sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]
P_{\max}	Max.Basınç[kg/cm^2]
m	Kütleli debi[kg/s]
b_e	Öz. Yak.Sarfiyatı [g/kW.h]
ε	Sıkıştırma oranı
Q	Isı transferi [Cal]
λ	Hava fazlalık katsayısı
V	Hacim [m^3]
M_d	Moment [kgm]
L	Moment kolu uzunluğu [m]
T_o	Ortam sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
η_m	Mekanik Verim [%]
η_e	Efektif Verim [%]
ϕ_o	Bağıl Nem [%]
P_e	Efektif Basınç[bar]
H_u	Alt ısı değeri[kcal/kg]
V_h	Strok hacmi [lt]
CO	Karbonmonoksit emisyonu[%Vol]
CO ₂	Karbondioksit emisyonu [%Vol]
HC	Hidrokarbon emisyonu [ppm]
NO _x	Azotoksit emisyonu [ppm]
İs	İs [mg/m^3]
ρ	Yoğunluk [kg/m^3]
γ_a	Atmosferik düzeltme faktörü
γ_m	Motor tipine bağlı düzeltme faktörü
μ	Dinamik Viskozite[kg/ms]
v	Kinematik viskozite[m^2/s]

ŞEKİL LİSTESİ

No		Sayfa
Şekil 1.1	1994 yılı birincil kaynaklara göre enerji üretim ve tüketimi.....	4
Şekil 1.2	Petrol,kömür ve diğer organik maddeler arasındaki kimyasal ve genetik bağlantı.....	8
Şekil 2.1	Biokütle ile alternatif yakıt üretim olanakları.....	12
Şekil 2.2	Esterleşme ve metil esterlerinin üretimi.....	21
Şekil 4.1	Dizel bir motorda (a) kontrollü (b) kontrolsüz yanma fazlarında kirletici bileşenlerin oluşumu.....	34
Şekil 4.2	Yanma odasında sıcaklığın ve NO _x emisyonunun zamana bağlı değişimi.....	36
Şekil 4.3	Yanma odasındaki azotoksit (NO _x) konsantrasyonunun değişimi.....	37
Şekil 5.1	Deneyin yapıldığı Höppler viskozimetresi.....	42
Şekil 5.2	Parlama noktası ölçüm cihazı.....	43
Şekil 5.3	Lambordini LDA 450 dizel motor kesiti.....	45
Şekil 5.4	Deney ünitesi.....	46
Şekil 5.5	Deney düzeneği şematik şekli.....	48
Şekil 5.6	Emisyon ölçüm cihazı.....	50
Şekil 5.7	İs ölçüm cihazı.....	50
Şekil 5.8	Motor momentinin devir sayısı ile değişimi	52
Şekil 5.9	Motor gücünün devir sayısı ile değişimi.....	53
Şekil 5.10	Motor özgül yakıt tüketiminin devir sayısı ile değişimi.....	54
Şekil 5.11	Motor veriminin devir sayısı ile değişimi.....	55
Şekil 5.12	Motor efektif basıncının devir sayısı ile değişimi.....	56
Şekil 5.13	(CO ₂) Karbondioksit emisyonunun devir sayısı ile değişimi.....	58
Şekil 5.14	Karbonmoksit (CO) emisyonunun devir sayısı ile değişimi.....	59
Şekil 5.15	(NO _x) Azotoksit emisyonunun devir sayısı ile değişimi.....	60
Şekil 5.16	İs(partikül) oluşumunun motor devir sayısı ile değişimi.....	61

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1	Dünya fosil yakıt rezervleri.....	1
Çizelge 1.2	Dünya fosil yakıt tüketimleri.....	2
Çizelge 1.3	Dünya fosil yakıtları mevcut rezervlerinin kullanılabilme süresi.....	2
Çizelge 1.4	Türkiye'nin bilinen birincil enerji kaynak rezervleri.....	3
Çizelge 1.5	TÜPRAŞ rafinelerinde işlenen ham petrol ve bazı petrol ürünlerinin üretim değerleri	5
Çizelge 1.6	Biyokütle enerji kullanımı	6
Çizelge 1.7	Bazı fosil yakıtlar ve biyokütle kaynaklarının ısı değerleri.....	7
Çizelge 5.1	Deney motorunun teknik özellikleri	44
Çizelge 5.2	Emisyon ölçüm cihazları teknik özellikleri	49
Çizelge 5.3	Dizel Yakıtı Motor Deney Sonuçları	51
Çizelge 5.4	% 100 Metil Ester İçin Motor Deneyi Sonuçları.....	51
Çizelge 5.5	% 100 Metil Ester Emisyon Deneyi Sonuçları.....	57
Çizelge 5.6	Dizel Yakıtı Emisyon Deneyi Sonuçları	57

ÖNSÖZ

İçten yanmalı motorlara enerji sağlanmasında en geniş kullanım sahasına petrol türevli yakıtlar sahiptir. Ekonomiklik, çevre, verim ve performans gibi çeşitli nedenlerden dolayı bu yakıt ailesine yeni alternatifler veya kullanılan bu yakıtların özelliklerini iyi yönde geliştiren çeşitli katkı maddeleri geliştirilmektedir. Günümüzde kullanılan alternatif yakıtların yanısıra birçok alternatif yakıt adayı test aşamasındadır. Gelecekte bu testlerden başarılı olarak çıkan adaylar şimdiki yakıtların yerini alacaktır.

Bu çalışmada yeni-yenilebilir enerji kaynakları arasında en önemli potansiyele sahip biokütlenin yakıt olarak değerlendirilmesi amacı ile kullanılmış kızartma yağı metil ester ürününün alternatif dizel yakıtı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Tez çalışmamın her aşamasında ,bilgi ve hoşgörüsünü esirgemeyen ,her konuda bana yardımcı olan değerli hocam Sayın Prof.Dr. Orhan Deniz'e ,bilgi ve destekleri için hocam Sayın Doç.Dr. Muammer Özkan'a, tez çalışmamın her anında bana yardımcı olan canım arkadaşlarım Mak.Yük. Mühendisi Alp Tekin Ergenç'e ve Mak.Mühendisi Berk Cansız'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde yanımda olan ve bana sürekli destek veren sevgili aileme, manevi desteğini hiç esirgemeyen Av. adayı Damla Öğünç'e sonsuz teşekkürler sunarım.

ÖZET

Günümüzde kullanılan geleneksel enerji kaynakları rezervleri azalmakta ve özellikle bilinen petrol rezervlerinin yakın bir gelecekte tükeneceği belirtilmektedir.Hızla artan nüfus ve endüstrileşme dünya enerji tüketiminde artışa yol açmakta ,bunun sonucu olarak ta enerji açısından yeni ve acil önlemlerin alınması zorunlu ortaya çıkmaktadır.Bilinen kaynakların en rasyonel şekilde kullanımı ve yeni-yenilebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi bu önlemlerin başlıcalarıdır.Yeni yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütlenin ayrı bir yeri ve önemi vardır.

Ülkemizde petrol ürünleri tüketiminin büyük kısmını motor yakıtları oluşturmaktadır. Kara taşımacılığı ve tarımda yaygın olarak dizel motorlarının kullanılması,dizel yakıt tüketimindeki payını artırmaktadır.Ülkemiz dizel yakıt üretiminin tüketimi karşılamaktan uzak olması ,yeni yenilenebilir kaynaklardan elde edilecek alternatif dizel yakıtları özellikle önemli kılmaktadır.

Yüksek ısı değerleri ve uygun setan sayıları ile bitkisel yağlar,alternatif dizel yakıtı olarak önemli bir potansiyeldir.Bu konuda yapılacak çalışmalar Türkiye'nin tarımsal potansiyelinin değerlendirilmesi,yakıt tüketiminde dışa bağımlılığın azaltılması ve ülkemizi gelecekteki yeni enerji teknolojilerine hazırlaması açısından önemlidir.

Bu amaçla yapılan çalışmamda kullanılış kızzartma yağının metil esterinin alternatif dizel yakıt olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.Çalışmanın ilk bölümünde kullanılmış kızzartma yağı metil esterinin özellikleri ve yapısı belirlenerek; çalışmanın ikinci kısmında ise,motor laboratuvarında bulunan Lombardini LDA 450 motoruna yakıt olarak metil ester konularak motor performansı ve egzoz emisyonları araştırılmış ve bulunan değerler motorin ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler :Biyokütle,metil ester,dizel yakıtı,performans,emisyon

ABSTRACT

During the next few decades traditional energy resources is expected to decrease and especially as known petroleum resources will be exhausted in near future .Overpopulation and industrializm gets through the world big consumption.As a result, is necesseray to get new and emergence prevents.Main prevents are to use known resourssces efficiently and to find new-renewable resources .New-renewable resource which is biomass has the important role in recently.

In our country most of the consumption of petroleum implies engine fuels.Using diesel engines in transportation and agriculture ,increases the consumption of diesel fuels.Our country doesn't have enough resources to get consumption so that it is important to produce diesel fuels from renewable resources.To have high heat values and agreeable setan numbers,agriculture oils are high potential for alternative diesel fuels.Investigating agriculture oils will be so important for knowing Turkey's agriculture potential and decreasing to import diesel fuels from other countries.Also this will prepare our country to have new technologies.

By taking this as a starting point,the main target of this project is,investigate of used oils as a diesel fuel for diesel engines.At the first section of my project,i tried to explain features and structure of used oil.At the second section,i made experiments on Lambordini LDA 450 single ciylinder diesel engine which stands in Yıldız Technical University.These experiments are about engine performance and exhaust emissions.After i compared these results with using motorin values.

Key Words : Biomass, metil ester,diesel fuel,performance,emission

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde, endüstri ve konutlarda ısıtma amacı ile kullanılan yakıtlar ve enerji üretiminde kullanılan organik esaslı kimyasalların temel kaynakları yenilenemeyen kaynaklar olarak da adlandırılan petrol, kömür ve doğal gazdır. Bununla birlikte enerji üretiminde ülkelerin doğal kaynaklarına, iklim koşullarına ve gelişmişliklerine bağlı olarak, bu fosil kaynakların dışında yenilenebilir kaynaklar olarak adlandırılan güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle gibi yeni bazı kaynaklar ile nükleer ve hidrolik enerji de kullanılmaktadır. Fosil kaynakların dünya üzerindeki rezervleri çizelge 1-1’ de görülmektedir.

Çizelge 1-1 Dünya fosil yakıt rezervleri

Bölge	Petrol	Doğal gaz	Taş kömürü	Linyit
	Milyon ton	trilyon m ³	milyon ton	milyon ton
Kuzey Amerika	12,2	8,8	111864	138528
Orta-Güney Amerika	11,2	5,4	5649	4548
Batı Avrupa	2,2	5,4	27558	67576
Doğu Avrupa*	8,1	56,7	135422	179908
Orta Doğu	89,4	45,2	193	0
Afrika	8,3	9,6	60861	268
Asya ve Okyanusya	6,1	9,9	178187	133303
TOPLAM DÜNYA	137,5	141	519734	524131

* Doğu Avrupa ülkeleri ve eski SSCB

Dünya nüfusunun hızla artması, endüstrileşme ve hızlı şehirleşme bu doğal kaynakların tüketimini de hızla artırmaktadır. 1994 yılı verilerine göre dünya üzerindeki fosil kaynakların tüketimleri ve türlerin toplam tüketim içerisindeki payları çizelge 1-2 de sunulmuştur. Tabloda sunulan tüketim değerleri incelendiğinde fosil kaynaklar arasında % 44.37 ile petrol birinci sırada yer alırken bunu % 30.12 ile kömür ve % 25.51 ile doğalgazın takip ettiği görülmektedir. Çizelge 1-3 de verilen fosil yakıtların mevcut rezervlerinin kullanılabilme süreleri de dikkate alınırse gelecek 30 yıl içerisinde bu fosil kaynaklar açısından önemli bir yetersizlik olmayacağı; ancak önümüzdeki 40-50 yıl içerisinde ise bu kaynakların özellikle

nüfus artışının etkisi ile önemli ölçüde azalacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte oluşabilecek enerji temini sorununu bir anda çözebilecek teknolojik bir gelişme de bulunmamaktadır. Bu durum, bilinen kaynakların en rasyonel şekilde kullanımı ve yeni enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gibi acil önlemlerin şimdiden alınması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca dünyada çevre bilincinin yaygınlaşmaya başlaması ile çevre dostu olarak bilinen yeni bazı enerji kaynaklarının araştırılması kaçınılmaz olmuştur.

Çizelge 1-2 Dünya fosil yakıt tüketimleri

Bölge	Petrol		Doğal gaz		Kömür	
	% ⁽²⁾	Milyon TEP ⁽³⁾	%	milyon TEP	%	milyon TEP
Kuzey Amerika	45,79	964	29,45	620	24,76	521,4
Orta-Güney Amerika	69,46	186,3	24,12	64,7	6,41	17
Batı Avrupa	55,41	652,5	22,35	263,2	22,23	262
Doğu Avrupa ¹	24,55	290,9	45,95	544,5	29,5	350
Orta Doğu	60,83	179,8	37,45	110,7	1,73	5
Afrika	45,94	99,7	16,96	36,8	37,1	81
Asya ve Okyanusya	42,04	799,2	9,69	184,3	48,27	918
DÜNYA	44,37	3172,4	25,51	1824,2	30,12	2153

1 Doğu Avrupa ülkeleri ve eski SSCB

2 TEP: Ton eşdeğer petrol

3 Yüzdeler toplam değerlere göre verilmiştir.

Çizelge 1-3 Dünya fosil yakıtları mevcut rezervlerinin kullanılabilme süreleri

Bölge	Petrol	Doğal gaz	Kömür
	Yıl	Yıl	Yıl
Kuzey Amerika	18,9	12,7	247
Orta-Güney Amerika	41,4	76,1	298
Batı Avrupa	7,6	24,7	209
Doğu Avrupa ⁽¹⁾	21,6	76,9	352
Orta Doğu	93,4	>100	300 ⁽²⁾
Afrika	25,2	>100	
Asya ve Okyanusya	17,6	49,7	169
DÜNYA	43	66,4	235

1 Doğu Avrupa ülkeleri

2 Orta Doğu ve Afrika bölgelerine ait kullanılabilme süreleri toplam olarak verilmiştir.

Günümüzde kullanılan fosil yakıtların yüksek oranda kükürt,azot ve metal içermeleri büyük oranda hava kirliliğine neden olmaktadır.Bu fosil yakıtların yanması sonucu oluşan SO₂ ve NO_x gazları asit yağmurlarına neden olurken atmosferde CO₂ değişiminin sürekli artması sonucunda sera etkisi olarak adlandırılan istenmeyen iklim değişiklikleri görülmektedir.

Ülkemiz açısından konuya yaklaştığımızda ,kalkınmakta olduğu için enerji ihtiyacının sürekli artış göstermesi,buna karşılık enerji kaynaklarının oldukça sınırlı olması bu konuda önemli tedbirlerin alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.Enerji kaynaklarımızın 1994 yılı belirlemelerine göre rezerv ve potansiyelleri çizelge 1-4 te toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 1-4 Türkiye'nin bilinen birincil enerji kaynak rezervleri(milyon ton)

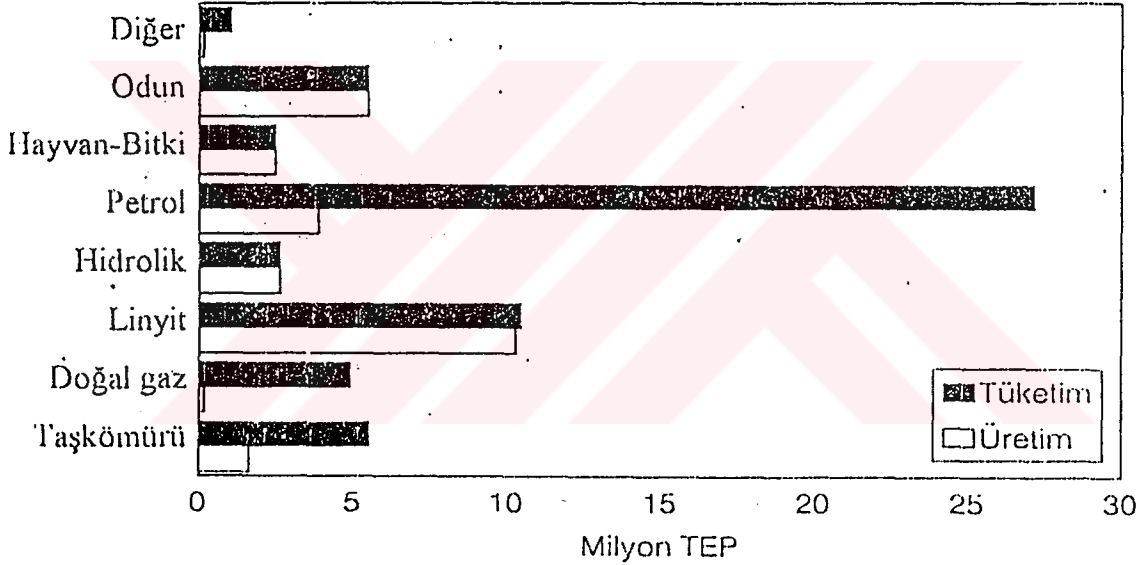
Kaynaklar	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Taş kömürü	428 ¹	449	249	1126
Linyit	7237	626	110	7973
Asfaltit	45	29	8	82
Hidrolik (twh7yıl)	34736	-	-	34736
Ham petrol ³	36	-	-	36
Doğal gaz (milyar m ³)	8	-	-	8
Jeotermal (MW)		-	-	
Elektrik	200	-	-	200
Termal	1000	-	-	1000
Nükleer Ener.Kay(ton)		-	-	
Uranyum	9129	-	-	9129
Toryum	380000	-	-	380000
Bitümlü Şistler ²	555	-	-	555

1 Hazır rezerv dahildir.

2 Mümkün rezerv toplama dahil edilmemiştir.

3 Kalan üretilebilir petrol rezervi

Ülkemizde kullanılan taşkömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğal gaz, hidrolik, jeotermal, odun hayvan ve bitki artıkları ve güneş enerjisi gibi birincil enerji kaynaklarının 1994 yılı üretim ve tüketim değerleri de şekil 1-1 de sunulmuştur. Şekilden de görülebileceği gibi birincil enerji kaynakları arasında en yüksek tüketim oranına sahip olan kaynak petroldür. Ancak petrol üretim ve tüketim değerlerinin birbirini karşılamaması nedeniyle petrol talebinin % 85.74 ü birincil enerji kaynaklarının ise %55.19 luk bölümü ithalat ile sağlanmaktadır. Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de petrol ürünleri tüketiminin büyük bir kısmını motor yakıtları oluşturmaktadır. Gerek kara gerekse hava taşımacılığında kullanılan yakıtların üretim ve tüketim değerleri arasında önemli bir açık vardır. Son yıllarda kara taşımacılığı ve tarım alanında yaygın olarak dizel motorlarının kullanılması dizel yakıt tüketimindeki payını arttırmaktadır. Çizelge 1-5 de TÜPRAŞ Rafinelerinde son yıllarda işlenen petrol ve bazı petrol ürünlerinin üretim değerleri görülmektedir.



Şekil 1.1 1994 yılı birincil kaynaklara göre enerji üretim ve tüketimi(*)

Bütün bu veriler birlikte değerlendirildiğinde üretim artışının talebi karşılamaması ve aradaki mevcut açığın ileriki yıllarda giderek artacak olması ülkemizin gelişmişliği ve kalkınması üzerinde çok önemli rolü olan enerji kaynakları için yeni bazı gelişmelerin sağlanması ve özellikle enerji verimliliği ile ilgili gerekli tedbirlerin yarattığı ve ileride yaratabileceği kirlilik konusu bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemiz enerji sektörünün gündemine de girmiş bulunmaktadır. Bu nedenle de, enerji tüketimimizi arttırarak üretim ve refah seviyesini yükseltirken çevreye duyarlı yeni enerji kaynakları ve teknolojilerinin geliştirilmesine öncelik verilmesi mutlaka sağlanmalıdır.

Çizelge 1-5 TÜPRAŞ rafinelerinde işlenen ham petrol ve bazı petrol ürünlerinin üretim değerleri(10000 Ton)

	1993 Yılı	1994 Yılı	1995 Yılı
İşlenen Ham Perol	21179,9	21555,7	23008
LPG	619,9	651	690
Nafta	1213,7	1212,8	1473
Benzin	2540	2901,2	3021
Jet Yakıtı	807,7	976,7	1144
Gaz Yağı	143,2	88,7	67
Motorin	5474,3	5914,8	6209
Kalorifer Yakıtı	319,4	319	1463
Fuel Oil 5	726,8	-	-
Fuel oil 6	5162	5304,25	5203
Asfalt	1282,5	889,2	980
Makine Yağı	309,6	265,3	294

Yukarıda açıklanan bütün bu hususlar ve özellikle geçmiş yıllarda yaşanan enerji krizleri, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilginin artmasına neden olmuştur. Biyokütle ve ürünlerinin organik kimyasallar ve sentetik yakıtların üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi alternatif kaynakların araştırılmasında geniş bir yer almaktadır. Biyokütlenin sanayileşmiş ülkelerdeki birincil enerji tüketimindeki payı genel olarak % 3 ün altında ise de bazı ülkeler biyokütle kaynağını önemli ölçüde kullanmaya başlamışlardır. Örneğin Finlandiya %15, İsveç %9, Amerika %4, Eski Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği Devletleri %3-4 oranında biyokütle enerjisi kullanmaktadır. Ekonomik ve sosyal problemlerin olduğu gelişmekte olan bazı ülkelerde önemli ölçülerde biyokütle kullanılmaktadır. 1990 yılında dünyanın birincil enerji ihtiyacının %12'isi bu kaynaktan sağlanmıştır. Tek tek ülkelere bakıldığında bu oran daha da büyümektedir. Örneğin, Nepal enerji ihtiyacının %95'ini Kenya %75'ini, Hindistan %50'sini, Çin %33'ünün, Brezilya %25'ini, Mısır ve Fas %20'sini biyokütleden karşılamaktadır. Çizelge 1-6 da çeşitli kaynaklara göre biyokütle kullanımının dünyadaki son durumunu gösteren bir tahmin yer almaktadır.

Tablo 1-6 Biyokütle enerji kullanımı

Ülke	1990 Nüfusu (Milyon)	Yüzölçümü (Mha)	Toplam Enerji Kullanımı (MTEP)	Biyokütle Kullanımı		
				BUN	WEC	UN
Kuzey Amerika	276	1833	2277	96	57	
Batı Avrupa	454	355	1379	32	30	
Doğu Avrupa	389	2342	1637	44	40	
Japonya + Avustralya	144	827	503	1	11	
Sanayileşmiş Ülkeler Toplamı	1263	5357	5796	173	138	132
Latin Amerika	448	2016	417	88	171	
Orta Doğu + Kuzey Afrika	271	1190	294	15	21	
Orta Afrika	501	2363	291	180	146	
Pasifik + Güney Doğu Asya	1663	1281	1091	331	363	
Güney Asya	1146	752	498	296	212	
Gelişmekte Olan Ülkeler Toplamı	4029	7602	2591	910	913	165
TOPLAM DÜNYA	5292	12959	8387	1083	1051	880

BUN : Biomass Users Network.

WEC : World Energy Council.

UN : United Nations.

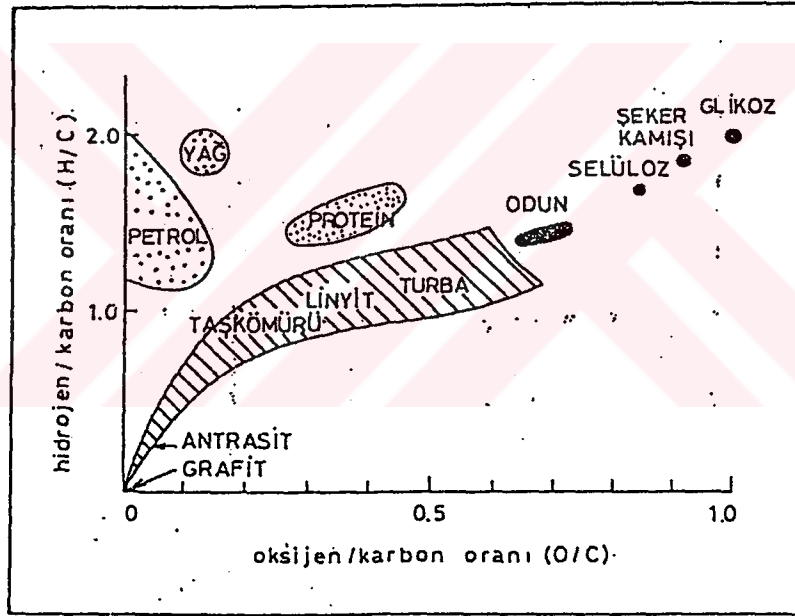
Gelecek yüzyılın ortalarında dünya nüfusunun %90'ının gelişmekte olan ülkelerde yaşamaya başlayacağı varsayımı ile biyokütle enerjisi büyük bir olasılıkla enerji üretiminde önemli bir kaynak olarak yerini koruyacaktır. Bunun yanı sıra biyokütle yakıtlarının ihmal edilecek oranda kükürt, azot ve metal içermeleri ve atmosferik CO₂ kirlenmesine etkilerinin az olmasından dolayı, birçok sanayileşmiş ülke biyokütle kaynaklarından enerji ve enerji esaslı temel kimyasalların üretimini arttırabilmek için çeşitli planlar ve araştırmalar yapmaktadır.

Biyokütle kaynaklarının, sentetik yakıtların ve enerji esaslı kimyasal maddelerin üretilmesi amacıyla seçilmelerinin en önemli nedeni sahip oldukları ısı değerleridir. Tablo 1-7 de bazı fosil yakıtların ve biyokütle kaynaklarının ısı değerleri verilmiştir.

Çizelge 1-7 Bazı fosil yakıtlar ve biyokütle kaynaklarının ısı değeri.

Madde	Alt ısı değeri, MJ (kuru baz)
Odun	
Çam Ağacı	21,03
Kayın Ağacı	20,07
Huş Ağacı	20,03
Meşe Ağacı	19,2
Meşe Ağacı Kabuğu	20,36
Hint kamışı	19,23
Elyaf	
Hindistan Cevizi Kabuğu	20,21
Kara Buğday Kabuğu	19,63
Şeker kamışı	19,25
Yeşil Deniz Yosunu	
Chlorella	26,98
Bitkisel Yağ	
Pamuk Tohumu	39,77
Kolza Tohumu	39,77
Keten Tohumu	39,5
Amorf Karbon	33,8
Parafinik Hidrokarbonlar	43,3
Ham Petrol	48,2

Tablodan da görülebileceği gibi, bitkisel yağlar sahip oldukları yüksek ısı değerleri ile biyokütle kaynakları arasında oldukça önemli bir yer alırlar. Ayrıca bazı fosil yakıtlar ile biyokütle kaynaklarının kimyasal ve genetik bağlantılarının sunulduğu şekil 1-2 incelendiğinde, bitkisel yağların petrole yakın özellikler gösterdiği belirgin bir şekilde görülebilmektedir. Şekilde yer alan glikoz, şeker kamışı, selüloz, odun, linyit, taş kömürü ve grafitin doğrusal olarak dizilişleri kömürlerin selüloz gibi odunsu maddelerden genellikle oksijen kaybı ile evrim geçirerek türemiş oldukları açık bir şekilde göstermektedir. Hidrokarbonların ise daha çok protein ve yağlarla ilişkili olduğu görülmektedir. Bütün bu açıklamalar, biyokütle kaynakları arasında yer alan bitkisel yağların uygun özellikleri nedeniyle sentetik yakıtların ve organik kimya sanayinde hem madde olarak kullanılacak kimyasal maddelerin üretiminde önemli bir potansiyel teşkil edebileceğini göstermektedir.



Şekil 1-2 Petrol, kömür ve diğer organik maddeler arasındaki kimyasal ve genetik bağlantı(*)

* Karaosmanoğlu.F.,(1990) Doktora Tezi, İTÜ

Türkiye'nin zengin tarım potansiyeli ve özellikle çok yakın bir gelecekte tamamlanacak olan Güney Doğu Anadolu Projesi ile 1.6 milyon hektar kurak arazinin sulanarak tarıma kazandırılması ve sadece yağlı tohum üretiminin % 73 oranında artacak olması düşünüldüğünde; bitkisel yağların alternatif yakıtların ve organik kimyasalların üretiminde ülkemiz için önemli bir kaynak olduğu görülmektedir. Bitkisel yağlardan alternatif sıvı yakıtların ve ham madde olarak kullanılacak organik kimyasallar üretiminde kullanılan en ümit verici yöntemin ise katalitik ve termokimyasal dönüşüm teknolojileri (piroliz) olduğu düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışma ile atık bir madde olan kullanılmış kızartma yağının metil esterinin lombardini LDA 450 tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motoru üzerinde motor performansı ve egzoz emisyonları incelenmiştir. Bu şekilde ülkemizin gelecekteki yeni enerji teknolojilerine hazırlanması çevre dostu sıvı yakıtların ve kimya sektörü için önemli olan temel organik kimyasal hammaddelerinin üretilmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2. TEORİK ÇALIŞMA

2.1 Enerji Üretiminde Biokütle Kullanımı

Biokütle enerjiye çevrilebilen bitkisel ve hayvansal kaynaklardır. Örneğin, ağaçlar, çalılar, diğer odunsu bitkiler, hayvan dışkıları, katı yakıtlar, endüstriyel atıklar, atık su ve insan atıkları önemli biokütlelerden bazılarıdır. Enerji üretiminde biokütle kullanılmasının en yaygın ve bilinen örnekleri; tarımsal atıklar ve odunun direkt olarak yanması ile ısı; buhar ve elektrik enerjisi eldesi, tahıl ve şeker içeren maddelerin fermantasyonu ile alkol üretimi, hayvan dışkılarından biogaz üretimi, odun ve tarımsal artıkların termokimyasal dönüşümleri ile gaz ve sıvı yakıt eldesi ile bitkisel yağların kullanımınıdır.

Biokütle bugün dünyanın toplam enerji gereksiniminin % 6-13 kadarını sağlamaktadır. Bu da yaklaşık 8,5 milyon varil petrol/gün e eşdeğerdir. Dünyada kullanılabilir biokütle miktarları oldukça fazladır. Örneğin; yıllık tarım artıkları tahmini miktarı $4,2 \cdot 10^9$ ton dur. Bu artıkların biometanlaşma süreci ile metan ve CO_2 'e dönüştürülmesi halinde dünya enerji kullanımının onda biri sağlanabilir.

Biokütle, enerjisi kolaylıkla uygulanabilen çevresel bir kaynaktır. Biokütlenin enerjiye dönüşümünde kullanılacak teknolojileri biyolojik ve termokimyasal dönüşüm teknolojileri olarak iki ana sınıfta inceleyebiliriz. Biyolojik dönüşümlerle enerji üretimi, anaerobik şartlar altında mikroorganizmalarla biokütlenin enzimsel parçalanmasını gerektirmektedir. Biometanlaşma, etanol fermantasyonu ve lignosellülozik fermantasyon biyolojik dönüşümlerin başlıcalarıdır. Termokimyasal dönüşümlerde ise, biokütleyi dönüştürmek üzere yüksek sıcaklıklardan faydalanılır. Bunlara örnek olarak doğrudan yanma, piroliz, gazlaştırma ve dolaylı sıvılaştırma prosesi verilebilir.

2.2 Biokütle ile Alternatif Yakıt Üretimi

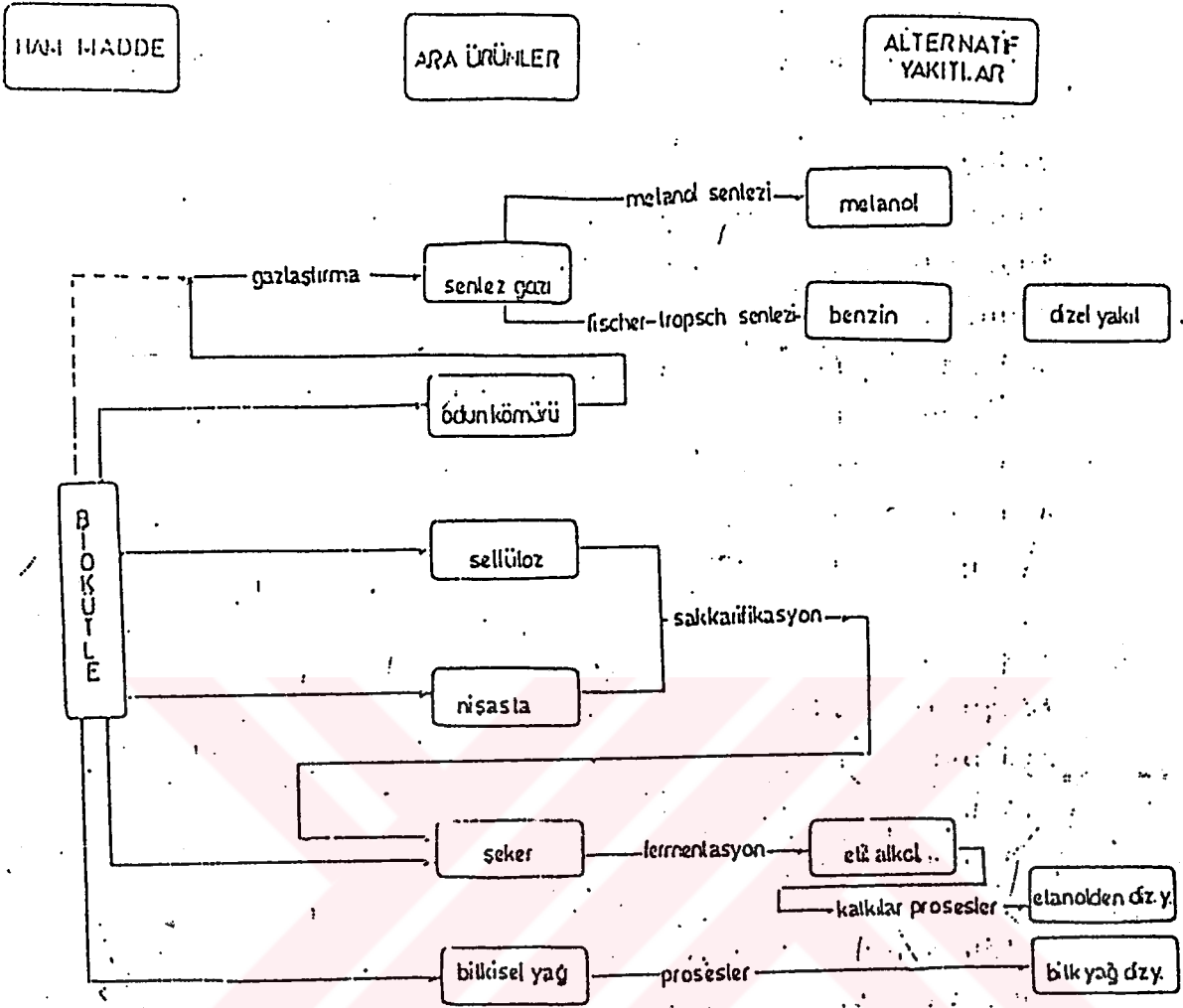
Tarımsal yetiştiricilikte üretilen ilkel maddelerden bioteknoloji ile elde edilen yakıt niteliğindeki ürünler biokütle enerji kaynağı olarak tanımlanır. Mısır ve özellikle şekerli bitkilerden benzine katılmak üzere alkol üretilirken, bazı bitkilerin yağları doğrudan veya dizel yakıtı katılarak dizel motorlarında kullanılabilir. Şekil 2.1 de biokütle ile alternatif yakıt üretimi olanakları açıklanmıştır.

2.3 Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Değerlendirilmesi

Yağ asitleri ve bunları içeren yağlar biyolojik maddeler içinde en yüksek ısıl değere sahiptir.Örneğin,bu değerler selüloz için 18,83 MJ/kg, protein için 23,44 MJ/kg, odun için 17,58 MJ/kg, et için 24,28 MJ/kg, bitkisel yağ için 38,93 MJ/kg ve petrol için ise 43,95 MJ/kg dır.Bu özellik iki hidrojen atomu taşıyan tek bir karboksil grubuna bağlanmış nispeten uzun hidrokarbon zincirine sahiptir.Bu nedenle bitkisel yağlar sıvı yakıtlara en yakın biyolojik maddelerdir ve yağsız biyolojik maddelere nazaran daha yüksek ısı enerjisine sahip olan yağlı biyolojik maddeler,bioyakıt üretimi için sürekli bir potansiyel oluştururlar.

Ayrıca bitkisel yağ kaynağı olarak değerlendirilebilecek bitkilerin geniş bir iklim aralığında yetişmeleri,özütlenme kolaylığı,bu işlemin artıklarının ve yan ürünlerinin değerlendirilebilmesi bitkisel yağların diğer avantajları arasında sayılabilir.Bitkisel yağların sıvı halde bulunmaları da taşıma ve depolamada avantaj sağlar.Bitkisel yağların fosil kaynaklı alışıl gelmiş enerji kaynaklarına göre en önemli avantajı ise yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasıdır.

Bitkisel yağların doğrudan dizel yakıtı olarak kullanılmalarını olumsuz yönde etkileyen başlıca faktör yüksek viskoziteleridir.Bu değer dizel yakıtının yaklaşık 10 katı kadardır. Modern dizel motorlarının enjeksiyon sistemleri viskozite değişimlerine karşı hassasiyet gösterirler.Yüksek viskozite yakıtın yanma odasındaki atomizasyonunu bozmakta,damlacık boyutundaki büyümeyle tam yanmayı önlenmektedir.Tamamlanmayan yanma ise yanma odasında birikmelere,enjektörlerde koklaşma ve tıkanmalara ayrıca yağlama yağına bulaşmaya neden olmakta ve yağlama yağında kalınlaşma ile jelleşme görülmektedir.



Şekil 2.1 Biokütle ile Alternatif Yakıt Üretim Olanakları. (*)

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımında bir diğer sorun içerdikleri doymamış bağlardan kaynaklanır. Doymamış yapıların yağlama yağına karışması ve bu ortamda polimerezasyonu, motoru tahrip edecek viskozite artışlarına neden olmaktadır. Ayrıca bitkisel yağların düşük sıcaklıklarda söz konusu olan katılaşma eğilimi de yakıt olarak kullanılmasında sorun yaratır. Bu durum dizel yakıtla karışım oluşturularak veya ön ısıtma ile giderilebilir.

* Sipahier.A.N.,(1996) Yüksek Lisans Tezi,İTÜ

Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımında ana kısıtlayıcı faktör olan viskozite probleminin çözümü için dört yöntem önerilmektedir.

- 1-) Seyreltme
- 2-) Mikroemülsiyon oluşturma
- 3-) Piroliz
- 4-) Transesterifikasyon

2.3.1 Seyreltme

Bu yöntemde uygun bitkisel yağlar belirli oranlarda dizel yakıtına katılmakta ve viskozite düşürülmektedir. Ziejewski ve arkadaşlarının hacimce 25/75 oranında ayçiçek yağı dizel yakıt karışımı ile yürüttükleri çalışmalarda karışım 40°C deki viskozitesi 4,88 mm²/s olarak tespit edilmiş ve ASTM standartlarında dizel yakıt için belirlenen üst sınır 4,0 mm²/s olduğundan söz konusu karışımın direkt enjeksiyonlu dizel motorlarında kullanılamayacağı sonucuna varmışlardır. Yapılan bir diğer çalışmada ise ağırlıkça %10 kolza yağı katılan dizel yakıtında önemli değişimler gözlenmemiştir. Bu karışım ile dizel motorlarında yapılan laboratuvar çalışmaları da olumlu sonuçlar vermiş ve egzoz gazlarında da bazı iyileşmeler gözlenmiştir.

2.3.2 Mikroemülsiyon Oluşturma

Bu yöntemde bitkisel yağların metanol, etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyonları oluşturarak viskoziteleri düşürülür. Mikroemülsiyon, boyutları 1-150 nm arasında olan optikçe izotropik sıvı mikro yapılarının koloidal denge dağılımı olup, normalde karışmayan iki sıvı ve bir veya daha fazla amfifilin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu konuda yapılacak çalışmalarda kullanılacak yağ, alkol, amfifil sisteminde faz dengelerinin, karışabilme limitleri ve diğer fiziksel karakteristiklerin geniş ölçüde incelenmesi gerekmektedir.

2.3.3 Piroliz

Piroliz (termik parçalanma) ve katalitik kraking kimyasal bağların daha küçük moleküler oluşturmak üzere kırılması prosesidir. İncelenen çalışmalarda bitkisel yağların pirolizi iki şekilde gerçekleştirilmektedir.

- 1-) Kapalı kapta piroliz
- 2-) Standart ASTM distilasyonu

2.3.4 İsteresterleşme

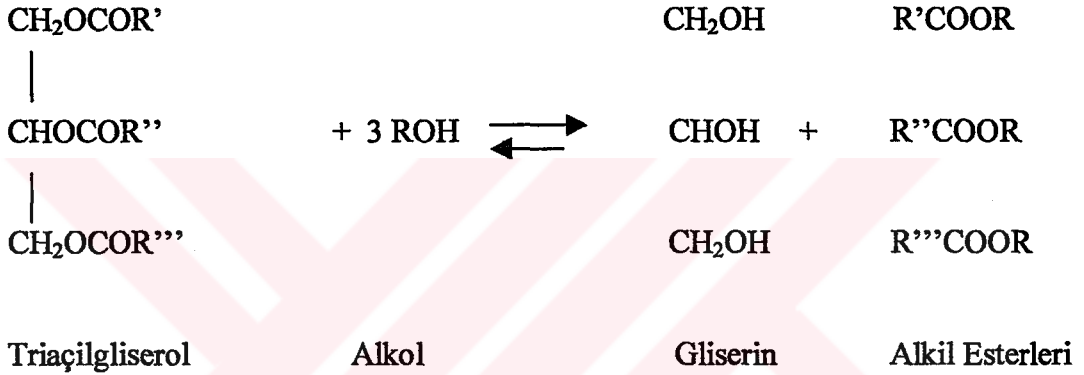
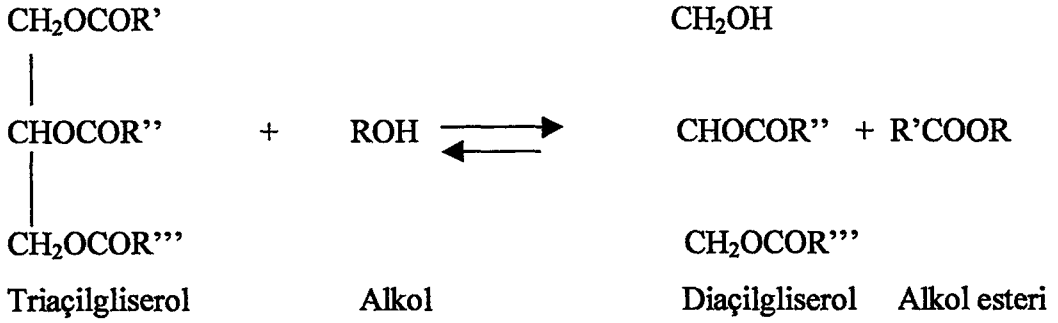
Bu terim bir esterin, bir alkol (alkoliz), bir asid (asidoliz) veya bir diğer esterle (ester değişimi), genellikle katalizör yanında, reaksiyona girerek yeni bir ester veya esterler karışımı oluşturduğu reaksiyonları kapsar. Bitkisel yağların viskoziteleri, küçük molekül ağırlıklı alkollele metil veya etil esterlerine dönüştürüldükleri alkoliz reaksiyonundan faydalanılarak düşürülebilir. Ayrıca bu dönüşüm reaksiyonunda oluşan gliserin gibi yan ürünleri değerlendirmekte olanaklıdır. Reaksiyonlar asidik (HCl, H_2SO_4) veya bazik ($NaOH, KOH$) katalizörler yanında gerçekleşir. Katalizörler reaksiyon hızlandırıcı, dönüşümü artırıcı etki gösterirler. Bazik katalizörler kullanıldığında reaksiyon daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşebilir. Alkoliz reaksiyonu transesterifikasyon ismi ile de tanınır.

2.3.4.1 Alkoliz

Alkoliz en önemli isteresterleşme reaksiyonudur. Yağların alkolizi ticari açıdan çok önemlidir. Yağların metil esterlere alkolizi ve yağların karışık mono ve diaçilgliserlere gliserolizi endüstride büyük öneme sahiptir. Çoğunlukla sıvı fazda gerçekleşen ve genel ifadesi aşağıda görülen alkoliz reaksiyonları dört ana grupta toplanır.

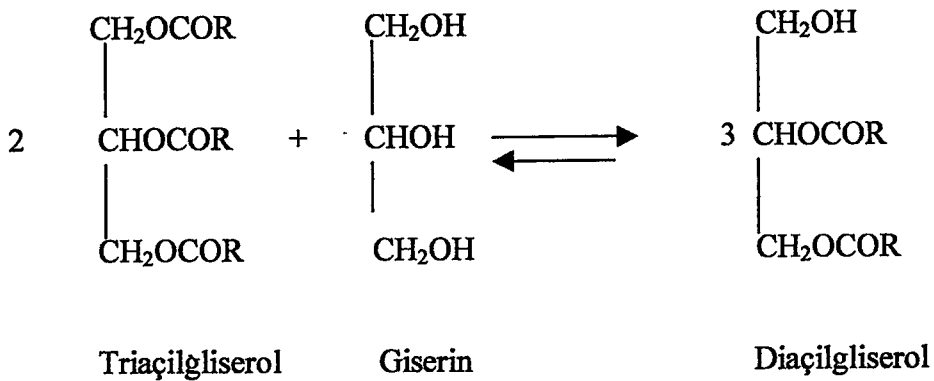
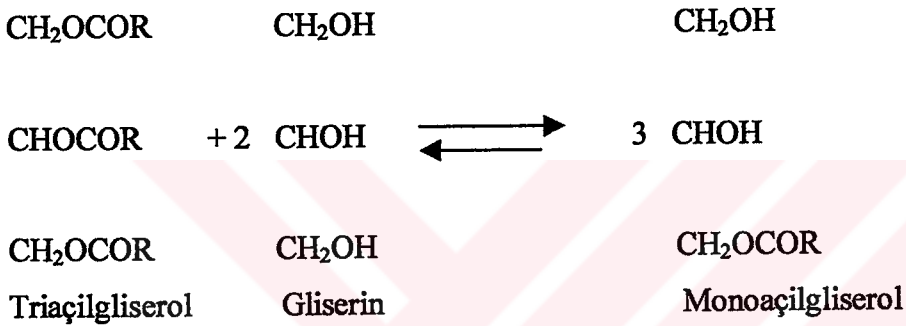
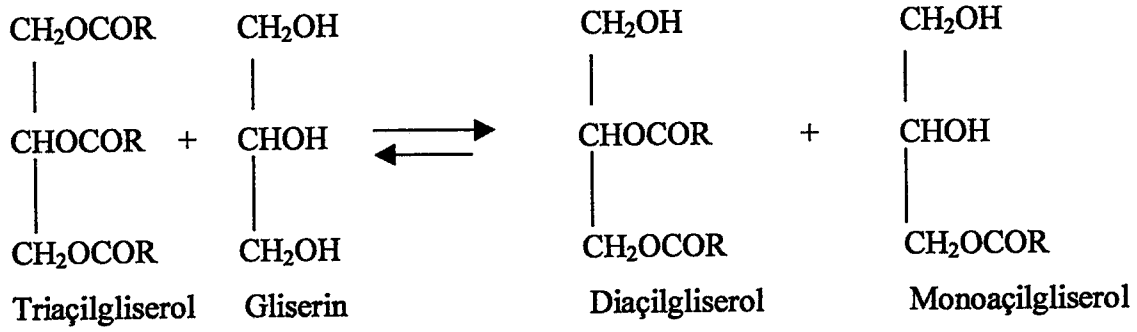
1. Monoester ve monohidrik alkolleler arasındaki reaksiyonlar
2. Monoester ve polihidrik alkolleler arasındaki reaksiyonlar
3. Poliester ve monohidrik alkolleler arasındaki reaksiyonlar
4. Poliester ve polihidrik alkolleler arasındaki reaksiyonlar

Alkoliz reaksiyonlarında farklı alkol oranlarının kullanılmasıyla değişik bileşimde ürünler elde edilebilir.



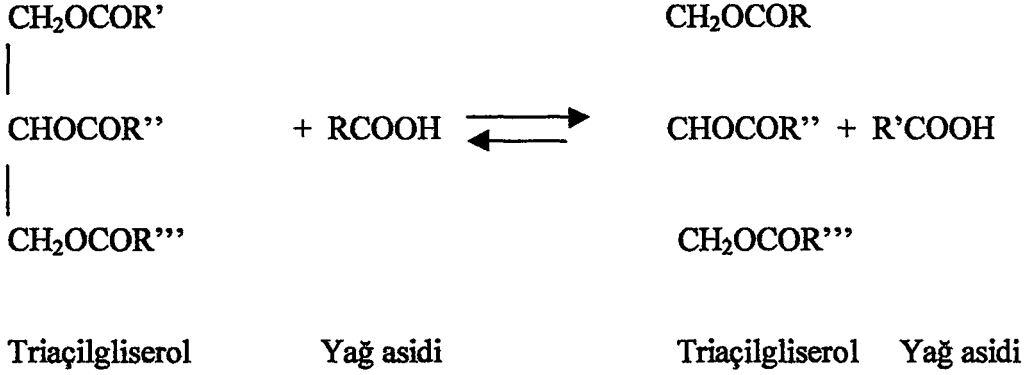
Reaksiyon özel bir alkolle gerçekleştirildiğinde o alkolün adı ile tanımlanır. Metanoliz, etanoliz; metil ve etil alkollerle yürütülen reaksiyonları ifade eder. Alkoli reaksiyonları, genellikle katalizör varlığında, alkol fazlasıyla geniş bir sıcaklık aralığında gerçekleştirilir. Alkali katalizörler kullanıldığında oda sıcaklığında veya altındaki sıcaklıklarda, asit katalizörler kullanıldığında yaklaşık 100°C civarında, katalizör kullanılmadığında ise 250°C civarında veya daha yüksek sıcaklıklarda çalışılır.

Alkolizin özel bir çeşidi olan gliseroliz reaksiyonları yağlar ile gliserin arasında gerçekleşir. Markley'e göre gliserin ve triaçilgliserol molekülleri arasında çok çeşitli reaksiyonların oluşumu mümkündür. Aşağıdaki reaksiyonlara göre triaçilgliserolün 1 molü 0.5, 1 veya 2 mol gliserin ile, hem monoaçilgliserollerin hem de diaçilgliserollerin ya da her ikisinin de farklı oranlarda üretimi için reaksiyona girebilir.



2.3.4.2 Asidoliz

Asidoliz, alkolize benzer değişim gösteren bir reaksiyon çeşididir. Ester bir yağ asidi fazlasıyla reaksiyona sokulduğunda bu yağ aidi ile esterin orijinal alkol grubu birleşerek yeni ester oluşturulur.

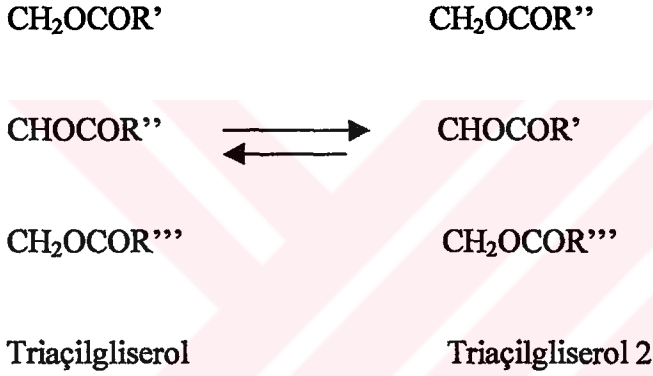
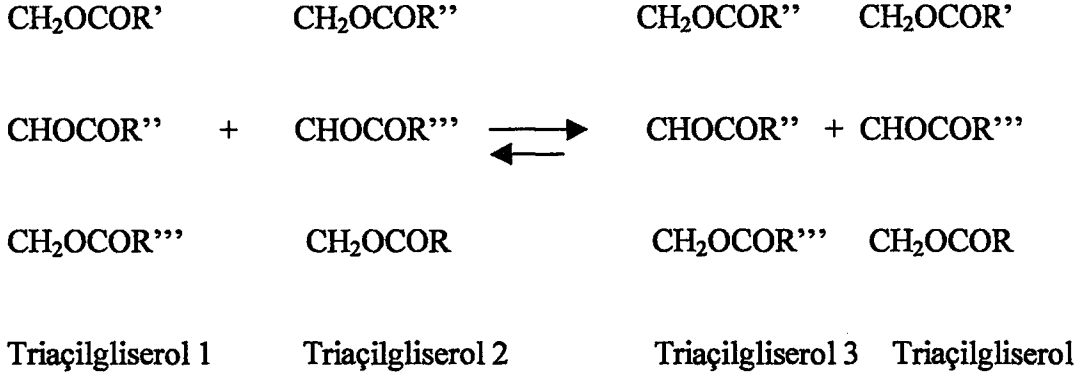


Bu reaksiyonlar için yükseltilmiş sıcaklık veya asit katalizör ya da her ikisi birden gereklidir. Alkoliz gibi bu reaksiyonlar da tersinirdir. Düşük molekül ağırlığına sahip asitler, esterlerdeki daha yüksek molekül ağırlıklı asitlerle yer değiştirme eğilimine sahiptir.

2.3.4.3 Transesterifikasyon (Ester Değişimi)

Transesterifikasyon reaksiyonları ,iki ester arasında gerçekleşen ve farklı iki ester oluşumuyla sonuçlanan reaksiyonlardır. Ancak alkoliz kadar çok kullanılmazlar ve genellikle alkoliz reaksiyonlarından daha yavaşlardır.

Doğal yağların ve ester karışımların özelliklerin geliştirilmesi ,yağların erime noktalarının değiştirilmesi bu reaksiyonla mümkündür. Doğal yağlardan veya suni karışımlardan yüksek oranda triaçilgliserol içeren ürün elde etmek için kullanılabilen prosesin temeli, reaksiyon boyunca ürünlerinden birinin ortamdaki alınmasına dayanır.



2.4 Yağ Asitleri Hakkında Genel Bilgiler

Yağ asitleri,yüksek karbon sayılı doymuş veya doymamış alifatik mono karboksilik asitlerdir.Doğada bitkisel ve hayvansal kaynaklarda en fazla rastlanan yağ asitleri,8-18 karbon atomlu (çift karbon sayılı) doymuş ve doymamış yağ asitleri karışımlarıdır.Doymuş yağ asitlerinin en çok rastlanan doymamış örnekleri kaprilik,kaprik,laurik,miristik,palmitik ve stearik asitler iken en çok rastlanan doymamış asitlere örnek olarak ise oleik,linoleik, linolenik,risinoleik ve erusik asitler verilebilir.

Saf yağ asitlerinin kaynama noktası,erime noktası,yoğunluk,kırılma indisleri gibi fiziksel özellikleri molekül ağırlığına, yapıya,doymamışlık derecesine,içerdiği diğer fonksiyonel gruplara bağlı olarak değişir.Doymuş yağ asitlerinin erime noktaları karbon sayısının artmasıyla artar.Doymamışlık derecesinin ise erime noktasını önemli ölçüde düşüren bir etkisi vardır.Yağ asitlerinin metil ve etil esterlerinin erime noktaları her zaman serbest yağ asitlerinininkinden daha düşüktür.

Yağ asitlerinin kaynama noktaları molekül ağırlığının artmasıyla artar.300⁰C nin üstündeki sıcaklıklarda yağ asitleri hızla bozunduğundan laurik asitten büyük asitleri atmosfer basıncında distile etmek mümkün değildir.Metil esterlerin kaynama noktaları ise karşılık geldikleri yağ asitlerinden yaklaşık 30 ⁰C daha düşüktür.

Genel olarak yağ asitlerinin viskozitesi molekül ağırlığının artmasıyla artar.Metil esterleri karşılık geldikleri yağ asitlerinden daha az viskoziteye sahiptirler.Doymamış yağ asitlerinin viskoziteleri ise aynı karbon sayılı doymuş yağ asitlerine göre biraz daha düşüktür.

Kırılma indisi yağ asitlerinin saflığının bir ölçüsü olarak kullanılır ve doymuş yağ asitlerinde molekül ağırlığının artmasıyla artar.Doymamışlık derecesinin artışı da kırılma indisinde bir artışa neden olur.Özellikle konjuge doymamışlığın kırılma indisinin artmasında önemli bir rolü vardır.

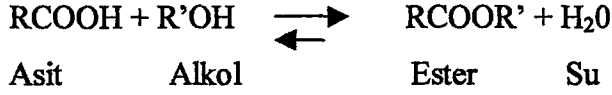
Sıvı haldeki yağ asitlerinin yoğunlukları sıcaklığın artmasıyla düşer.Düşük molekül ağırlıklı yağ asitleri en yoğun olanlarıdır.Doymamış yağ asitlerinin yoğunlukları aynı karbon sayılı doymuş yağ asitlerine göre biraz daha fazladır.Metil esterlerin yoğunlukları karşılık geldikleri yağ asitlerinin yoğunluklarından daha düşüktür.

Suyun yağ asitlerindeki çözünürlüğü yağ asidinin sudaki çözünürlüğünden daha büyük olup,bu çözünürlük sıcaklığın artmasıyla artar.Yağ asitlerinin sahip oldukları doymamışlık dereceleri bu asitlerin çözücülerdeki çözünürlük oranlarının artmasına neden olur.Doymuş ve doymamış yağ asitleri arasındaki çözünürlük farkları bu asitlerin birbirinden ayrılmasında kullanılır.

2.5 Esterleşme Reaksiyonları

Yağ asitlerinin kimya endüstrisindeki en önemli uygulama alanlarından biri yağ asidi esterlerinin üretimidir.Esterleşme,bir asit ile bir alkolün katolizör varlığında reaksiyona girerek ester oluşmasıdır.Esterler monohidrik ve polihidrik alkollerle,etilen veya propilen oksitlerle,asetilen veya vinil asetatlarla yürütülen reaksiyonlarla elde edilir.

Genellikle monohidrik alkoller olarak metanol,1-propanol,2propanol ve 1bütanol kullanılır.Esterleşme bir denge reaksiyonudur ve esterin yanında su da oluşur.



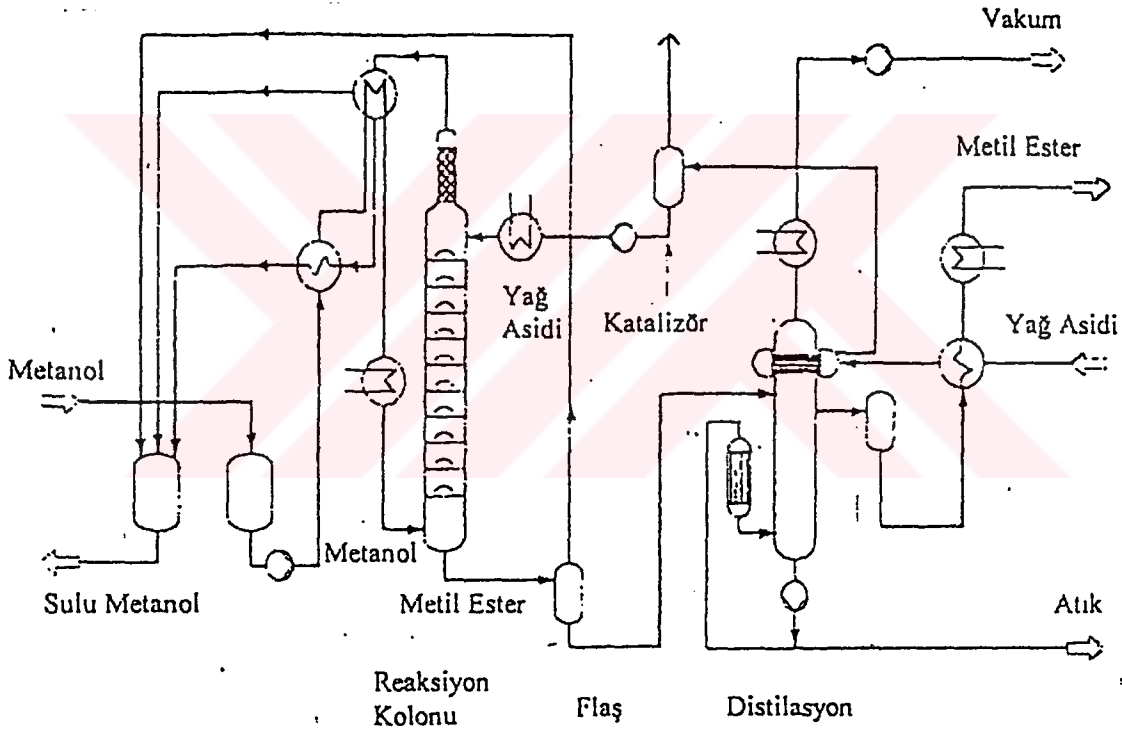
Reaksiyon bir asit tarafından katalizlenir.Katalizör olarak genellikle %1-3 lük sülfürik asit veya hidrolük asit kullanılır.Denge,çeşitli yollarla tamamlanma yönüne kaydırılır.Kısa zincir uzunluğuna sahip alkoller kullanıldığında alkol/yağ asidi oranı 2-4/1 olarak kullanılabilir.Bu ağırlık oranı 10-20/1 molar orana denktir.Yüksek mol oranlarında çalışıldığında,kütlelerin etkisi kanununa uygun olarak denge ürünler lehinedir ve % 95 üzerinde verim elde edilir.Orta uzunlukta zincir yapısına sahip olan ve suyla karışmayan alkoller kullanıldığında asit ve alkol stokiometrik oranda kullanılabilir.Su,toluen veya ksilen kullanılarak azeotropik distilasyonla ortamdandan uzaklaştırılır.Uzun zincirli alkoller kullanıldığında suyun uzaklaştırılması, azeotropik distilasyonla, inert bir gazla dağıtılarak yada reaksiyon azaltılmış basınç altında gerçekleştirilerek yapılabilir.Monohidrik alkoller kullanılarak üretilen esterler plastikleştirici olarak ve kozmetikte kullanılır.

Polihidrik alkoller olarak ise genellikle etilen,propilen,dietilen ve polietilen glikoller, gliserin,pentaeritritol ve bazı karbonhidratlar kullanılır.Poliollerle yapılan esterleşme reaksiyonları basit alkollerle yapılanlara göre daha karmaşıktır.Çünkü polioller yağ asitleriyle ya da esterlerle karışmazlar.İyi bir reaksiyon için 230-250 °C sıcaklık ve şiddetle karıştırma gereklidir.buna karşın basit alkoller kullanıldığında daha hafif koşullarda çalışılır.235 °C' nin üzerindeki sıcaklıklar poliollerin esterlere kondense olmasına ve bozunmasına neden olur.Monoesterleri ve diesterleri üretmek için bile yaklaşık olarak stokiometrik oranlarda glikole ve yağ asidine ihtiyaç duyulur.Ürün olarak oluşan su azaltılmış basınçla,azeotropik distilasyonla veya gaz dağıtımıyla uzaklaştırılabilir.Uçucu glikollerle çalışıldığında glikol kaybını önlemek için uygun sıcaklıklarda ve basınçlarda çalışılmalıdır.

2.6 Esterleşme Prosesi

Esterleşme için kullanılan iki yöntem vardır.Bunlar kesikli ve sürekli proseslerdir.Kesikli prosesle esterleşme,basınç altında 200-250°C sıcaklıklarda gerçekleştirilebilir.Bu reaksiyon denge reaksiyonu olduğundan yüksek ester verimi elde etmek için oluşan su sürekli uzaklaştırılır.

Henkel, çift-raflı reaksiyon kolonu kullanarak sürekli zıt akımlı esterleşme reaksiyonu geliştirmiştir. Bu teknoloji aşırı ısınmış metanol buharının absorpsiyonunun ve metanol-su karışımının desorpsiyonunun aynı anda oluşmasıyla gerçekleşen esterleşme reaksiyonu prensibine dayanır. Henkel'in sürekli yağ asidi esterleşme prosesi, yaklaşık 1000 kPa basınçta ve 240 °C sıcaklıkta gerçekleşir. Bu prosesin bir avantajı metanol fazlasının daha düşük tutulmasıdır. Bu süreçte 1.5/1 metanol/yağ asidi mol oranında çalışılırken kesikli sistemde 3-4/1 mol oranında çalışılır. Distilasyondan geçirilmiş metil ester için ayrıca arıtmaya ihtiyaç duyulmaz. Bu esterleşme reaksiyonunun akım şeması şekil 2.2 de görülmektedir.



Şekil 2.2 Esterleşme ve metil esterlerin üretimi(Sipahier.A.N.,1996 Yüksek Lisans Tezi,İTÜ)

2.7 Esterlerin Genel Kullanımı

Çözücüler ve Plastikleştiriciler : Esterlerin en büyük kullanım alanları çözücü ve plastikleştiriciler.Düşük esterler lake,boya ve vernik alanlarında;yüksek esterler ise plastikleştiricilerde kullanılır.

Reçinler ,Plastikler ve Kaplamalar : Ticari olarak kullanılan pek çok polimerin ana bileşimi esterlerdir.Bunlar;akrilatlar,metakrilatlar,vinil asetat ve benzerleri gibi vinil polimerleri; polihidrik alkollerden ve dibazik asitlerden hazırlanan çapraz bağlı poliesterler olan alkid reçineleri ;poliester reçineleri ve plastikleri içerirler.Bu polimerler termoplastik malzemelerdir ve film ,elyaf ve kalıplanmış plastik olarak kullanılır.

Yağlayıcılar : Doğal katı yağlar,sıvı yağlar ve vakslar şeklinde bulunan esterler eski zamanlardan beri yağlayıcı olarak kullanılır.Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağların yerini çoğunlukla petrol kökenli hidrokarbonlar almıştır.Petrol kökenli yağlayıcılar,uçak pervanelerinin ve turbo jet uçak motorları için uygun değildir.Bunun nedeni,uçak pervanelerinin ve turbo jet uçak motorlarının geniş iklimsel koşullar altında kullanılması ve iç motor sıcaklıklarının yüksek olmasıdır.Alifatik esterler turbo jet motor yağlayıcıları için ana bileşen olarak kullanılır.Çünkü bunların sıcaklığa bağlı viskozite değişim hızları göreceli olarak düşüktür ve sıvı aralıkları geniştir.

Parfümler, Tatlandırıcılar ,Kozmetik Ürünleri ve Sabun : Çözücü ve plastikleştirici olarak kullanılan ester miktarıyla karşılaştırıldığında ,tat ve kokuyu geliştirmek için kullanılan ester miktarı azdır.Fakat ekonomik ve estetik açıdan önemlidir.İzopropil, benzil, oktil, geranil,linalil parfümlerde önemli iken,etil izobütül,amil ve izoamil asetatlar sık sık tatlandırma bileşenleri olarak kullanılır.Bütirat,izobütirat,izovalerat ile kaprilatlar tatlandırıcı olarak kullanılırlar.ayrıca etil,amil ve geranil bütirat parfümeride kullanılır.İzoamil ve metil valeratlar ve sitearatlar,p-amino benzoatlar ve salisilatlar kozmetikte geniş olarak kullanılırlar.

Tedavi Ediciler : Görünüşte fiziksel olarak inert olmasına rağmen esterler ilaç endüstrisinde geniş olarak kullanılırlar.İzoamil ve metil valeratlar ve sitearatlar ,p-amino benzoatlar ve salisilatlar eczacılıkta geniş bir şekilde kullanılır.

2.8 Metil Esterler

Yağ asidi metil esterleri yağ kimyası endüstrisinde büyük rol oynamaktadır. Metil esterler birçok yağ kimyasalı için başlangıç materyali olarak yağ asitlerinin yerini almaktadır. Yağ alkolleri, alkanolamidler, α -sülflanmış metil esterler ve daha birçoğu gibi yağ kimyasallarının ara ürünleri olarak kullanılırlar. Japonlar metil esterlerini kaliteli tuvalet sabunu üretiminde kullanılmaktadırlar. Metil esterlerin diğer potansiyel kullanımı ise dizel yakıt alternatifi olarak kullanılmalarıdır. Metil esterler SO_2 emisyonu olmadan temiz yanarlar. Yanma ısısı biraz düşük olmasına rağmen motor ayarı gerekli değildir ve verimde düşme yoktur.

2.8.1 Metil Esterin Avantajları

Pek çok yağ kimyasalları için başlangıç materyali olarak yağ asitleri yerine metil esterlerin kullanımı aşağıda verilen avantajlar nedeniyle hızla artmaktadır.

Daha Düşük Enerji Tüketimi : Metil esterlerin üretimi, yağ asidi elde etmek için katı ve sıvı yağların parçalanması prosesinden çok daha az reaktör sıcaklığı ve basıncı gerektirir.

Daha Ucuz Cihaz Donanımı : Metil esterler korozif değildirler ve daha düşük işletme basıncında ve sıcaklığında üretilirler. Bu yüzden karbon çeliğinden yapılmış cihazlar kullanılabilir. Yağ asitleri koroziftirler ve dayanıklı paslanmaz çelik cihazlar gereklidir.

Ürün Olarak Daha Konsantre Gliserin : Tranesterifikasyon sonucunda ürün olarak konsantre gliserin oluşur. Katı yağların ayrılması prosesinde elde edilen gliserin % 80' i sudur. Dolayısıyla daha çok enerji harcanır.

Daha Kolay Distilasyon : Esterler düşük kaynama noktalarından dolayı daha kolay distile edilirler ve yağ asitlerine göre daha kararlı ısıdadırlar.

Taşınmasının Kolay Oluşu : Kimyasal kararlılıklarından ve korozif olamama özelliklerinden dolayı esterler, yağ asitlerinden çok daha kolay taşınırlar.

Kimyasal Ara Ürünler Olarak Bazı Uygulamalarda Yağ Asitlerinden Üstün

Olmaları : Alkonolamid üretiminde esterler %90 saflıktaki süper amidleri üretebilirler. Yağ asitleri ise ancak %65-70 saflıktaki amidleri üretebilirler.

Göz önüne alınması gereken önemli bir konu da metanolün geri kazanılması ve geri dönüşüdür. Metanol zehirli ve patlayıcı olduğundan patlamaya dayanıklı cihazların kullanılması ve ekstra güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir.



BÖLÜM 3. DİZEL MOTORLARINDA GÜÇ, VERİM VE KARAKTERİSTİK EĞRİLER

3.1 İş ve Güç

Tatbik edilen bir kuvvet etkisi ile cisimlerin yer değiştirmelerine iş denir. İş, kaldırma, itme ve çekme şeklinde olur.

$$\text{İş} = \text{kuvvet} \cdot \text{yol (kgm)}$$

Güç söz konusu olduğu zaman dikkate alınır. Yani diğer bir deyimle birim zamanda yapılan iş güç denir.

$$\text{Güç} = \text{İş} / \text{zaman}$$

Motorun iş yapma hızı beygir gücü ile ölçülür.

Beygir gücü (BG) : Bir saniyede yapılan 75 kgm lik işe denir.

$$1 \text{ BG} = 0,736 \text{ KW}$$

3.2 Fren Gücü (Faydalı Güç)

Motorun krank mili ucundaki kasnak veya volandan bir fren düzeneği ile ölçülen güce fren gücü denir. Bu güç, iş gücünden % 25 kadar daha küçüktür. İkisi arasındaki bu fark sürtünmelere ve su pompası, yağ pompası, yakıt pompası, şarj dinamosu vb. motorun çalışması için gerekli olan parçalara harcanan enerjiden ileri gelmektedir. Güç ölçümünde kullanılan cihazlara genellikle dinamometre denir. Ancak dinamometre direk olarak gücü değil, gücün hesaplanmasına yarayan kuvveti veya momenti ölçer.

Faydalı gücün hesaplanmasında kullanılan dinamometreler :

Proney Freni

Hidrolik Dinamometre

Elektrikli Dinamometre

3.2.1 Proney Freni İle Gücün Ölçülmesi

En eski ve en basit güç ölçme cihazıdır. Azami gücü 100 BG ne kadar ve devir sayısı da 1000 dev/dak yı geçmeyen motorlara uygulanabilir. Bu sistemde, motor sistemi volanını saran frenleme pabuçları, frenleme miktarını saptayan baskül ve bağlantı kolları vardır. Motor tam gazda ve yüksüz olarak en yüksek devire çıkarılır. Sıkma vidaları yavaş yavaş sıkılarak motor yüklenir. Motorun devri düşmeden çekebileceği en fazla yük baskülde bulunur.

3.2.2 Hidrolik Dinamometre İle Faydalı Gücün Ölçülmesi

Bunlara su freni de denir. Çünkü, bu dinamometrelerde devreden sıvı daima sudur. Hidrolik dinamometrelerde frenleme motor volanına bağlanan bir rotor üzerindeki kanatçıkların cihazın içine gönderilen suya çarpması sonucunda oluşur. Frenleme sonucunda oluşan moment miktarı saptanarak motorun gücü ölçülür. 3000 BG ne kadar olan motorların güçleri bu dinamometrelerle ölçülür.

3.2.3 Elektrikli Dinamometre ile Faydalı Gücün Ölçülmesi

Birçok laboratuvarlarda motor gücünün ölçülmesinde elektrikli dinamometreler kullanılır. Bu cihazın güç ölçümü sırasında motor tarafından döndürülen bir elektrik dinamosu veya jeneratör vardır. Denemede dinamometrenin ürettiği akım miktarı, dinamometreyi döndüren motorun gücünün ölçülmesini sağlar.

3.3 Motor Verimleri

Verim elde edilen sonuç ile bu sonucu elde etmek için harcanan çaba arasındaki oranı ifade eder. Başka bir deyimle, motordan alınan gücün verilen ısıya oranının yüzde olarak ifadesidir. Verim daima % 100 den azdır. Çünkü, silindir içerisinde yakılan yakıtın ısı enerjisinin çoğu yanmadan sonra kaybolur. Verim çeşitleri :

Mekanik verim

Termik Verim

Volumetrik verim

3.3.1 Mekanik Verim

Fren beygir gücünün indike güce oranı bize mekanik verimi verir.Bu ifade formüle edilirse :

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

Mekanik verim,piston üzerinden elde edilen gücün krank mili ucundan alıncaya kadar olan kaybını gösterir.Çünkü,silindir içerisinde yanan yakıtın meydana getirdiği iç güç krank milinden faydalı güç olarak alınıncaya kadar bir çok mekanik kayıplara uğrar.Buna neden, silindir duvarlarında dayanan piston ve segmanların sürtünmeleri,yataklardaki sürtünmeler, subap sistemleri,su,yağ ve yakıt pompaları,blover ve aşırı doldurma düzenlerine yapılan harcamalardır.Bu kayıplar bazen sürtünme gücü olarak da ifade edilir.

3.3.2 Termik Verim

Termik verim,yakıtın yanması sonucunda oluşan ısıya karşılık motorun bu enerjiyi faydalı iş haline sokma oranıdır.Yanma sonunda oluşan ısı enerjisinin büyük bir kısmının soğutma ve yağlama sistemiyle,yanmış egzoz gazları tarafından motordan uzaklaştırıldığını biliyoruz.Bu nedenle ancak geriye kalan ısı motorda mekanik güce dönüşebilir. Termik verimin formüle ifadesi :

$$\eta_t = \frac{N_e}{B H_u}$$

3.3.3 Volumetrik Verim

Aşırı doldurma olmayan bir motorda,emme zamanında silindire alınan havanın hakiki hacminin,pistonun silindire aldığı havanın hacmine oranı hacimsel verimi verir. Genellikle normal devirde çalışan dört zamanlı motorların hacimsel verimi % 80 civarındadır.Motorun devri yükseldikçe % 50 ye kadar düşer.Hacimsel verimin formüle ifadesi:

$$\eta_v = \frac{\text{Normal şartlarda silindire alınan hava hacmi}}{\text{Pistonun silindire aldığı hava hacmi}}$$

3.4 Dizel Motorlarında Karakteristik Eğriler

Dizel motorlarında motor performansını,yakıt tüketimini ve egzoz emisyonlarını belirlemekte kullanılan,motor devrine ve yüke bağlı olarak çizilen,pratik anlam taşıyan karakteristik eğriler; güç,moment,özellik yakıt tüketimi,ortalama efektif basınç,HFK(λ) eğrileridir.Ayrıca bu eğrilerle birlikte çeşitli verim değerlerinin (volumetrik, mekanik,efektif,termik,yanma vb.) de bilinmesi,motordaki yanma ve enerji dengesi hakkında bilgi verir.Bu karakteristik eğrilerin çizilebilmesi için aşağıdaki karakteristik büyüklüklerin ölçülmesi veya ölçülen değerler kullanılarak hesaplanması gereklidir.

3.4.1 İndike ve efektif Güç (N_{m-i} , N_{m-e})

Dizel motorlarında deney standında ölçülen güç,motor milinden alınan net efektif güçtür.Bu güç yakıt ile havanın yanması sonucu mekanik enerjiye dönüşen kimyasal enerjinin mekanik eşdeğerinden farklıdır.Zira yakıtla verilen enerjinin bir kısmı mekanik sürtünmelere,bir kısmı gaz hareketleri sebebiyle akış ve dolgu kayıplarına, diğer bir kısmı ise yardımcı donanım ve elemanların tahrik edilmesine harcanır.Dizel motorlarında silindirde bir çevrimde elde edilen iş,indike silindir işi,ölçülen P-V diyagramının alanı ile belirlenir.

Bu işin strok boyunca sabit bir çevrim basıncı (P_{mi} : ortalama indike basınç) ile elde edildiği düşünülüp, indike iş :

$$W_1 = \int P dV = P_{mi} V_h$$

şeklinde yazılabilir. Ortalama indike basınç silindir içinden ölçüldüğünden mekanik kayıpları içermemektedir.4 zamanlı dizel motorlarda bir saniyede $n_m/120$ iş periyodu olduğuna göre, indike güç (silindir gücü) :

$$N_{m-i} = \frac{P_{mi} V_h n_m}{0,12} \quad \text{kW}$$

dir. Bu ifade P_{mi} [$\text{Mpa} = 10^6 \text{ N/ m}^2$], V_h [m^3] ve n_m [d/ dak] birimleri geçerlidir.

P_{mi} [kg/cm^2], V_h [litre], ve n_m [d/dak] ile ifadesi BG cinsinden

$$N_{m-i} = \frac{P_{mi} \cdot V_h \cdot n_m}{900} \quad \text{BG}$$

şeklinde yazılabilir. Motorun efektif gücü ise üsteki denklemde ortalama indike basınç yerine ortalama efektif basınç konularak,

$$N_{m-e} = \frac{P_{me} \cdot V_h \cdot n_m}{900} \quad \text{BG}$$

şeklinde yazılabilir.

3.4.2 Ortalama efektif basınç (P_{me})

Ortalama efektif basınç motorun gerçek çevrimdekine eşdeğer bir N_e gücü vermesi için bir strok boyunca pistonu etkimesi gereken sabit basınç olarak tariflenmiştir. Bir önceki formül kullanılarak ortalama efektif basınç :

$$P_{me} = \frac{900 N_e}{V_h n_m} \quad \text{kg /cm}^2$$

şeklinde yazılabilir.

3.4.3 Özgül Yakıt Sarfıyatı

Bir motorun [BG] veya [kW] başına bir saatte tükettiği yakıt miktarı [g] olarak tariflenmiştir. Bu büyüklük genellikle g/BGh veya g/kWh birimleri kullanılmaktadır. Bir motorun yakıt tüketimini tespit edebilmek için deney sırasında bir deney noktasında motordan çekilen efektif güç ile birlikte aynı deney noktasında aynı anda yakıt debisi de (m_y) bilinmelidir. Bu durumda özgül yakıt tüketimi :

$$b_e = \frac{m_y 3600}{N_{m-e}} \quad \text{g/BGh}$$

şeklinde yazılabilir. Burada yakıt debisi [g/s] boyutundadır.

3.4.4 Hava Fazlalık Katsayısı

Dizel yakıtının kimyasal yapısına bağlı olarak tam yanmasını sağlayacak teorik bir hava miktarı vardır. Birim ağırlıktaki yakıtı yakmak için gerekli olan hava miktarına kimyasal olarak stokiometrik hava miktarı denir ve $h_{\min} = (m_{om}/m_y)$ olarak ifade edilirse hava fazlalık katsayısı

$$\lambda = \frac{m_m/m_y}{m_{om}/m_y} = \frac{m_m/m_y}{h_{\min}}$$

şeklinde yazılabilir.

3.5.5 Düzeltme Faktörü

Dizel motorlarında atmosfer havasının sıcaklığı, basıncı ve bağıl nemi, herhangi bir motor devrinde, motora emilen havanın kütleli debisini ve motor gücünü etkilemektedir. Dolayısıyla, güç, tork ve özgül yakıt tüketimi değerleri bir düzeltme faktörü ile çarpılarak, volümetrik verimdeki değişimlerin bu parametrelere etkisi giderilebilir. Böylece, tekrarlanan deneyler ve benzer özellikli motorlar arasında kolaylıkla karşılaştırma yapılabilir. ve daha düzgün deney sonuçları elde edilir. Motor gücü için düzeltme faktörü (ξ),

$$N_{m-e} = \xi N'_{m-e} \quad \text{kW}$$

şeklinde yazılabilir. Burada ξ düzeltme faktörü, N_{m-e} ise dinamometreden ölçülen düzeltilmiş motor gücüdür. Standart motor deneylerinde referans atmosfer şartları; $P_a = 99 \text{ kPa}$ (kuru havanın atmosfer basıncı) ve $T_a = 298^{\circ}\text{K}$ olarak alınır. Dizel motorlarında deneyler esnasında atmosfer havasının sıcaklığı ve basıncı :

$$283 \text{ }^{\circ}\text{K} < T_a < 313 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$80 \text{ kPa} < P_a < 110 \text{ kPa}$$

aralığında değişmelidir. Atmosfer şartları bu aralıkta ise test sonuçları geçerlidir. Dizel motorları için düzeltme faktörü (ξ)

$$\xi = (\gamma)^{\gamma_m}$$

şeklinde yazılabilir. Burada γ_a atmosferik, γ_m ise motor tipine bağlı karakteristik bir faktördür. Atmosferik faktör γ_a ; aşırı doldurmalı, ara soğutmalı veya ara soğutmasız turbo dizel bir motor için :

$$\gamma_a = \{99/P_a\}^{0.7} \cdot \{T_a/298\}^{1.5}$$

şeklinde tanımlanabilir. Motor tipine bağlı olan karakteristik faktör (γ_m) ise ,

$$\gamma_m = \frac{0,036 \cdot q_{top}^{-1,14}}{\pi}$$

şeklinde yazılabilir. Burada q_{top} [mg/str] bir çevrim boyunca püskürtülen toplam yakıt miktarıdır. Q_{top} , $40 < q_{top} < 65 \text{ mg/str}$ aralığında geçerlidir. Eğer,

$$q_{top} < 40 \text{ mg/str} \rightarrow q_{top} = 0,3$$

$$q_{top} > 60 \text{ mg/str} \rightarrow q_{top} = 1,2$$

olarak alınır.

Dizel motorlar için kullanılan düzeltme faktörü ise ;

$$\xi = \frac{P_s - P_{vs}}{P_0 - P_v} \cdot \frac{T_0}{T_s}$$

T_0, P_0 = Atmosferik sıcaklık ve basınç

T_s, P_s = Standart atmosferik sıcaklık ve basınç

P_v = Havadaki su buharı basıncı (1.29 kPa)

P_{vs} = Standart atmosferdeki standart su buharı basıncı (1.29kPa)



BÖLÜM 4. DİZEL MOTORLARINDA EGZOZ EMİSYONLARININ OLUŞUMU

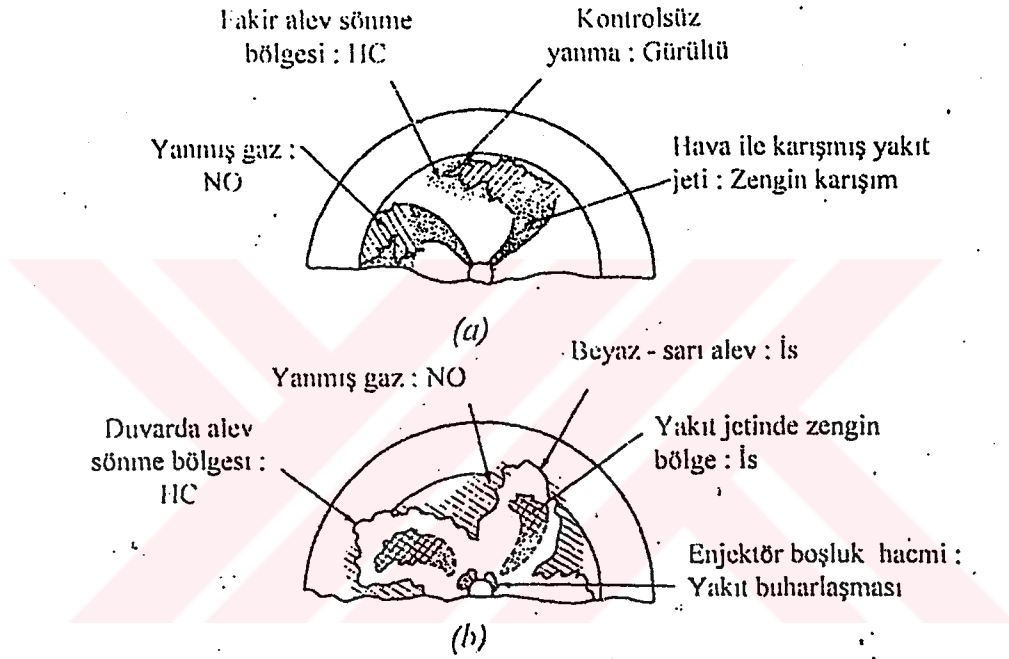
Dizel motorlarında kullanılan hidrokarbon kökenli yakıtların,ideal koşullar altında, hava ile tam yanması sonucu karbon dioksit (CO_2),su buharı(H_2O) ve azot (N_2) oluşmaktadır.Bu ürünlerden su buharı kirletici bir özellik taşımamaktadır.Karbon dioksit ise doğrudan insan ve çevre sağlığı üzerinde zararlı etkilere sahip değildir.Ancak,yanma sonucu üretilen CO_2 'nin %50 si atmosferde birikerek CO_2 konsantrasyonunun giderek artmasına neden olmaktadır.Bu artış sonucunda 'sera etkisi' olarak adlandırılan atmosferin giderek ısınması olayı meydana gelmektedir.

Dizel motorlarında yanma sonucu ortaya çıkan asıl kirletici bileşenler uygulamada ideal koşulların sağlanmaması ,yanma odasında karışımın tam stokiyometrik olmaması veya yerel olarak zengin ve fakir karışımların oluşması ve disosiyasyon(parçalanma) reaksiyonları nedeniyle oluşan yanmamış hidrokarbonlar(HC),karbon monoksit(CO),azot oksitler(NO_x) ve partikül (is) emisyonlarıdır.Ayrıca,dizel yakıtının bünyesindeki kükürt vb. maddelerde kirletici bileşenlerin(SO_2) oluşumuna sebep olmaktadır.

Genel olarak dizel motorların egzozundan çıkan emisyon konsantrasyonları kimyasal denge varsayımı ile hesaplanan değerlerden farklılık gösterirler.Bu yüzden bu kirleticileri oluşturan kimyasal mekanizmaların detaylarının bilinmesi,emisyon seviyelerinin ve oluşum nedenlerinin tespiti açısından önemlidir.Dizel motorlarında yakıt,yanma başlamadan hemen önce silindir içine püskürtülmektedir.Şekil 4.1' de direkt püskürtmeli dizel bir motorda,yakıt jeti kısımlarının ve alevin NO ,HC ve partikül emisyonları üzerine etkisinin nasıl değiştiği görülmektedir.

Azot oksitler yüksek sıcaklıkta yanmış gaz bölgesinde oluşmaktadır.Fakat,yanmış gazların içindeki sıcaklık ve yakıt hava oranı dağılımı homojen değildir.Dolayısıyla,azot oksit oluşum hızları stokiyometrik karışımın olduğu lokal bölgelerde en yüksek seviyededir.İs,yakıt buharının sıcak yanmış gazlarla karışarak ısıtıldığı alev bölgesi içerisinde yakıt spreylerinin çekirdeğini oluşturan yanmamış zengin karışımdan meydana gelir ve alev bölgesinde yanmamış oksijenle karşılaştığında okside olur.

Hidrokarbonlar ise alev sönme bölgelerinde ve ilk hareket esnasında aşırı hava seyreltisinin yanmayı önlediği yerlerde meydana gelir. Yanma prosesinin tamamlanmasından sonra enjektör boşluk hacmindeki yakıtın buharlaşması da HC emisyonunun diğer bir oluşum nedenidir.



Şekil 4.1 Dizel bir motorda (a) kontrollü ve (b) kontrolsüz yanma fazlarında kirlenici bileşenlerin oluşumu.(*)

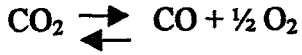
* Ergeneman.M.,Mutlu.M,Arslan.H,(1998) " Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleniciler"

4.1 Karbonmonoksit (CO) emisyonunun oluşumu

Dizel bir motorda, yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijenin yetersiz olmasıdır. Yanma odasının tümü ele alındığında oksijen genel olarak yetersiz olabileceği gibi, karışımın tam homojen olmaması durumunda yanma odasının belirli bir kısmında yersel olarak da yetersiz olabilir. Yanma, CO oluşumu ve su gazı dengesi olarak tamamlanan aşağıdaki denklem ile belirlenmektedir.



Yüksek sıcaklıklarda denge reaksiyonundan CO₂ miktarına oranla daha fazla CO elde edilir. Ancak sıcaklıklar düştüğünde CO' nin CO₂' e oksidasyon denklemi ile gerçekleşir. Bu nedenle yanma odasının sıcaklığının düşmesi CO emisyonunu azaltmaktadır.

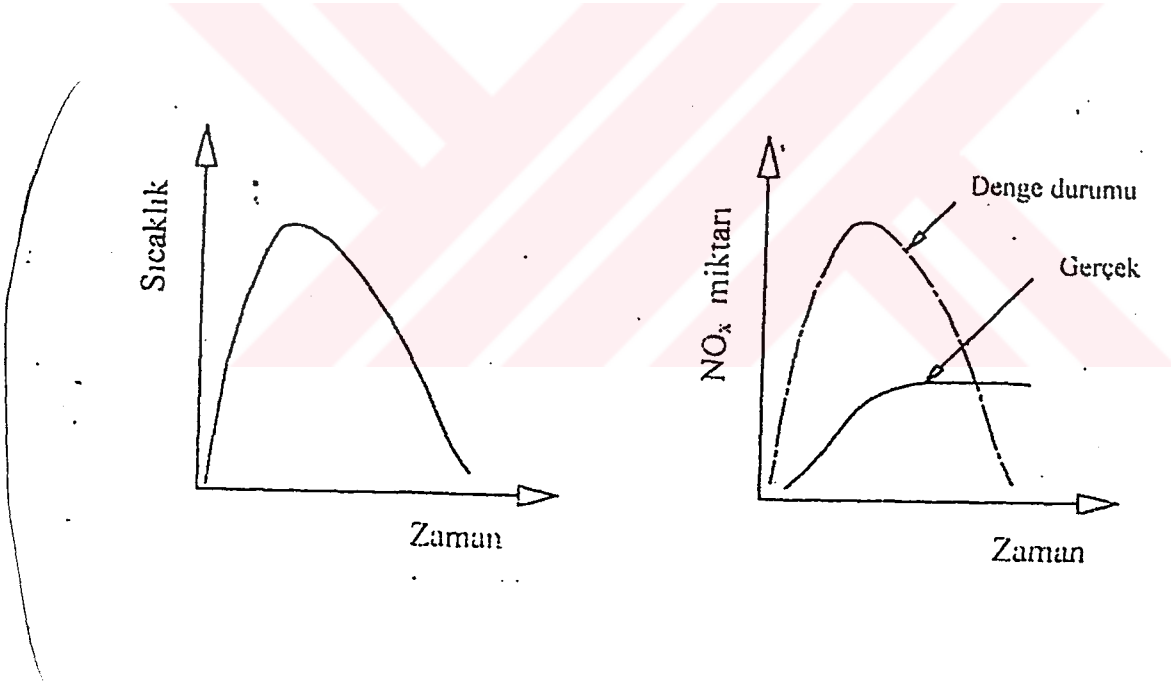


Sıcaklıkların genişleme zamanında iyice düşmesi sonucu, denge reaksiyonu sıcaklıktaki bu değişimi takip edemediğinden egzoz gazları içindeki CO emisyonu beklenenden fazla olacaktır. Zengin karışımlarda ise ortamdaki oksijen yetersizliği nedeniyle, düşük sıcaklıklardaki oksidasyon işlemi tam olarak gerçekleşemez. Dizel motorlarında genelde fakir karışım oranlarında çalışmaktadır. Yakıt demetinin civarında karışım yerel olarak zengin olsa bile, genelde silindir içinde karışım oranının fakir olması, CO emisyonlarının düşük olmasına neden olmaktadır.

4.2 Azot oksit (NO_x) emisyonlarının oluşumu

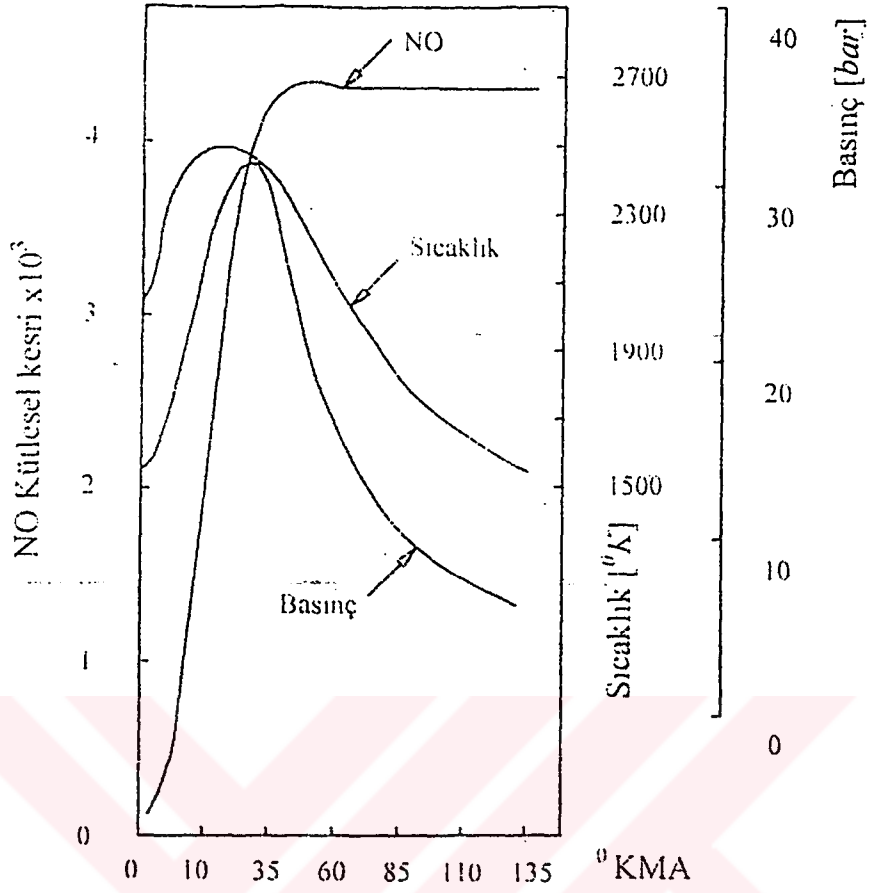
Yanma sonucu ulaşılan yüksek sıcaklıklarda havanın içindeki azotun oksijen ile birleşmesi sonucu, azot oksitler (NO_x) meydana gelmektedir. NO_x içinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijenle temasında NO' nin bir kısmı NO₂' ye ve ötekilerde NO_x' lere dönüşmektedir. NO_x oluşumunu etkileyen en önemli parametreler ; yanma odasında ulaşılan maksimum sıcaklar, hava fazlalık katsayısı ve kimyasal reaksiyonların hızıdır. Kimyasal denge hesapları sonu saptanan NO_x miktarı, motordaki yanma koşullarında elde edilen miktar ile uyuşmamaktadır. Çünkü motor koşullarında yanma ürünlerinin kimyasal dengeye ulaşması için yeterli zaman bulunmamaktadır. Bu nedenle, erişilen en yüksek sıcaklık değerinde NO_x için kimyasal denge sağlanmadan yanmış gazların sıcaklıkları düşüş gösterir.

Kimyasal denge durumundan diğerk bir sapmada yanmış gazların soğuması sırasında gerçekleşir.Sıcaklığın düşmesiyle NO_x lerin tekrar N_2 ve O_2 ye ayrışması beklenirken reaksiyon hızının düşük sıcaklıklarda çok düşük olması nedeniyle bu reaksiyonlarda yavaşlar.Böylece daha yüksek sıcaklıklarda elde edilmiş olan NO_x miktarları dondurulmuş olur(Şekil 4.2 ve 4.3).Başlangıçta NO_x miktarı reaksiyon hızlarının denge durumundaki koşulları sağlayacak kadar fazla olamaması (reaksiyon hızının sonlu olması) nedeniyle denge durumuna göre düşük olmaktadır.Belli bir zaman aralığından sonra ise,sıcaklıkların düşmesi sonucunda reaksiyonlar donar ve egzoz gazları içerisindeki miktar daha önce erişilen maksimum sıcaklık miktarına orantılı bir şekilde kalır.Çünkü NO_x oluşumu ayrıca reaksiyon hızına ve reaksiyonların tamamlanması için mevcut zamana bağlıdır. NO_x oluşumu aynı zamanda oksijen miktarına da bağlıdır.Karışımın hava miktarı artırıldığı zaman yanma sıcaklıkları da düşeceği için NO miktarı da birlikte azalır.



Şekil 4.2 Yanma odasında sıcaklığın ve NO_x emisyonunun zamana bağlı değişimi(*)

* Ergeneman.M.,Mutlu.M,Arslan.H.,(1998) " Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler"



Şekil 4.3 Yanma odasındaki azot oksit (NO_x) konsantrasyonunun değişimi

Azot oksit oluşumunu tanımlayan ana denklem,



şeklinde Eyzat ve Gubiet tarafından tanımlanmıştır. Ancak bu reaksiyon olayı tam olarak tanımlayamadığından Newhall ve Starkman tarafından NO oluşumu Zeldovich reaksiyonları ile tanımlanmıştır.



Dizel motorlarında önceden hazırlanmış bir karışım bulunmamakta,yakıt ile havanın karışımı ve yanma olayları iç içe gerçekleşmektedir.Bu durumda,NO oluşumunu belirleyen kimyasal reaksiyonlar değişmediği halde ortamın fiziksel şartları,sıcaklık ve basınç değişmektedir. Toplam NO oluşumu sıcaklığa ve damlacık etrafındaki akış alanını etkileyen bir çok parametreye bağlı olarak değişmektedir.Yanma işleminde,yanan karışımın yüksek sıcaklıklara sıkıştırılmaya devam ettirilmesi silindir basıncını ve dolayısıyla NO_x emisyonlarının oluşum hızını artırmaktadır.Ayrıca dizel motorlarında karışım oranı motorun yük durumuna göre değiştirildiğinden,artan yükte birlikte NO_x miktarı da artmaktadır.Ancak bu durum ön yanma odalı dizel motorlarında daha farklıdır.

4.3 Hidrokarbon(HC) emisyonlarının oluşumu

Egzoz gazları içinde HC ların bulunuş nedeni sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması gibi etkiler sonucu yanmanın tamamlanamamasıdır.Bu durum :

- Yersel karışım oranının çok fakir veya çok zengin olması sonucu oksidasyon reaksiyonlarının yavaş oluşması ve alevin ısı kayıpları nedeniyle sönmesi ,
- Yanma odasının çeşitli bölümlerinde kullanılan karışım için yüzey/hacim oranının büyük olması nedeniyle ısı kayıplarının buradaki karışımın tutuşmasını önleyecek kadar büyük olması ,
- Yanma odasının soğuk cidarlarına olan ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi,

nedeniyle oluşmaktadır.

Dizel bir motorda HC emisyonunun önemli bir bölümü cidarda veya cidara çok yakın yerlerde alevin sönmesi sonucu oluşmaktadır. Bu bölgelerde hemen hemen hiç yanma olmamaktadır. Alev sönme bölgesi olarak adlandırılan bu soğuk cidar bölgesindeki ısı kayıpları, karışımın sıcaklığının tutuşma sıcaklığının altına düşmesine neden olmakta ve ayrıca zincir reaksiyonlarında kırarak yanma olayını engellemektedir. Alev sönme bölgesi; karışımın sıcaklığına, basıncına, oranına, cidar sıcaklığı, malzemesi ve cidar üstündeki birikimlerin etkisine bağlıdır. Ayrıca, enjektör boşluğundaki yakıtın buharlaşması ve art püskürtmede dizel motorlarında HC emisyonunun diğer oluşum nedenleridir.

4.4 Partikül (İs) emisyonlarının oluşumu

Siyah duman olarak bilinen is, hava miktarı yetersiz olduğu zaman ortaya çıkmaktadır. Dizel motorlarında hem karışım oranı hem de yakıt cinsi is oluşumunda etkilidir. İs oluşumu, oksijence fakir ortamda bulunan yakıt moleküllerinin ısı parçalanması (termik kraking) sonucu hidrojenin kolayca oksitlenmesi, karbonun ise oksitlenmeden ortamda çoğalması şeklinde açıklanabilir. Hidrojenleri ayrılan karbonca zengin büyük moleküller 1000-2800 °K sıcaklıkta ve 50-100 atm basınçta birleşmekte ve iri molekül gurupların bir araya toplanmasıyla yanma odasında is oluşmaktadır. Oluşan partiküller, küçük küreler halinde küre kümeleri veya dizileri şeklindedir. Kümeler yaklaşık 4000 tane kürecik içermektedir. Küreciklerin çapları 10-80 nm (nanometre) arasında değişen islerdir.

Dizel motorunda motorun yük durumuna göre değişen hava fazlalık katsayısının (HFK) bir fonksiyonu olarak is miktarı değiştiğinden is oluşumu motorun gücünü de sınırlayan bir etkidir. Genelde is oluşumu dizel yanmasının bir safhasıdır ve yanma başlangıcında oluşan karbonun büyük bir kısmı tekrar yanar. Ancak gücü artırmak için yanma odasına fazla miktarda yakıt gönderildiğinde, yanma odasındaki is zerrecikleri yeterli sıcaklık, oksijen ve zaman bulamazsa yanmadan egzozdan çevreye atılmaktadır. Dizel motorlarında HFK < 1.3 ve tam yük durumunda yanma odasındaki isin büyük bir kısmı egzozla dışarı atılmaktadır.

Dizel motorlarında is oluşumunu kontrol eden en önemli parametreler; enjeksiyon tipi, enjeksiyon hızı, enjektör tipi ve delik sayısı, taşıt yükü, HFK, emme havası sıcaklığı, aşırı doldurma, ara soğutma, EGR veya su püskürtmedir.

4.5 Kükürtdioksit (SO₂) emisyonun oluşumu

Dizel motorlarında,yakıt içerisinde bulunan kükürt miktarına bağlı olarak,yanma sonucu kükürtün hava ile birleşmesiyle SO₂ oluşmaktadır.Daha sonra egzoz gazları içindeki su buharı ile SO₂'nin birleşmesi sonucunda da silindir içerisinde ve atmosfere atıldıktan sonra H₂SO₄ oluşmaktadır.Oluşan sülfirik asit motor elemanlarının korozyonuna neden olmaktadır.



BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Kullanılmış Kızartma Yağı Metil Esterinin Yakıt Özellikleri

Kullanılmış kızartma yağından alkoliz sonucu ele geçen ve 15 °C de berrak olan ürünün alternatif dizel yakıt ürünü olarak kullanılabilirliğinin belirlenebilmesi için aşağıdaki özellikleri tespit edilmiştir.

- 1-) Özgül Kütle
- 2-) Viskozite
- 3-) Parlama noktası
- 4-) Akma Noktası

5.1.1 Özgül Kütle

Kullanılmış kızartma yağı alkoliz ürününün yoğunluğu 15⁰ de piknometre ile bulunmuştur.

$$\text{Piknometre boş} = 18,653 \text{ g}$$

$$\text{Piknometre + yakıt} = 41,4375 \text{ g}$$

$$M_y = 22.1857 \text{ g}$$

$$V_p = 25 \text{ cm}^3$$

$$\rho_y = \frac{22.1857}{25}$$

$$= 0,91373 \text{ g/cm}^3$$

5.1.2 Viskozite Tayini

Kullanılmış kızartma yağı alkolic ürününün viskozitesi Höppler Viskozimetresi ile ölçülmüştür. Ölçüm yapılan sıcaklık ve bulunan değer şöyledir.

Viskozite formülü :

$$C_{st} = \text{Akma süresi} \cdot (8,1383 - d_{or}) \cdot k$$

$$\text{Kapile sabiti} \quad k = 0,106024$$

$$Q = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\gamma = 6,68 \text{ mm}^2/\text{sn}$$



Şekil 5.1 Deneyin yapıldığı Höppler viskozimetre

5.1.3 Parlama Noktası

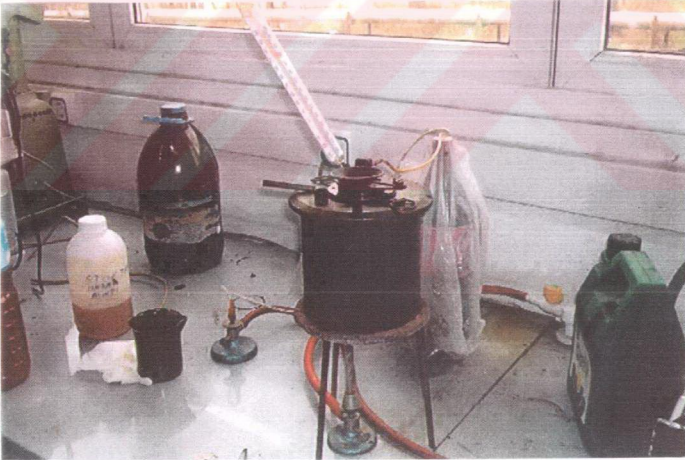
Yakıtın hava ile yanıcı karışım meydana getiren bir buhar verdiği en düşük sıcaklıktır. Kullanılmış kızartma yağı metil esterinin parlama noktası Pensky- Martens cihazı yardımıyla bulunmuştur.

$$PN_{y1} = 18^{\circ} \quad t = 16^{\circ}$$

$$PN_{y2} = 21^{\circ}$$

$$PN_y = 20^{\circ}$$

Piroliz ürününün parlama noktası ASTM standartlarında verilen en düşük değerin de altındadır. Bu durum muhtemelen ürünün içerdiği ve esterleşme reaksiyonu sonucunda oluşan, çok düşük parlama noktalı(-17,7) akrolein ($CH_2=CH-CHO$) neden olmaktadır.



Şekil 5.2 Parlama noktası ölçüm cihazı

5.1.4 Akma Noktası

Standart kaptaki düzenli soğutulmuş yakıtın hareketinin gözlemlendiği en düşük sıcaklıktır. Alkoliz ürünü için akma noktası ;

$$AN_{y1} = 6^0$$

$$AN_{y2} = 6^0$$

$$AN_y = 6^0 \text{ dir.}$$

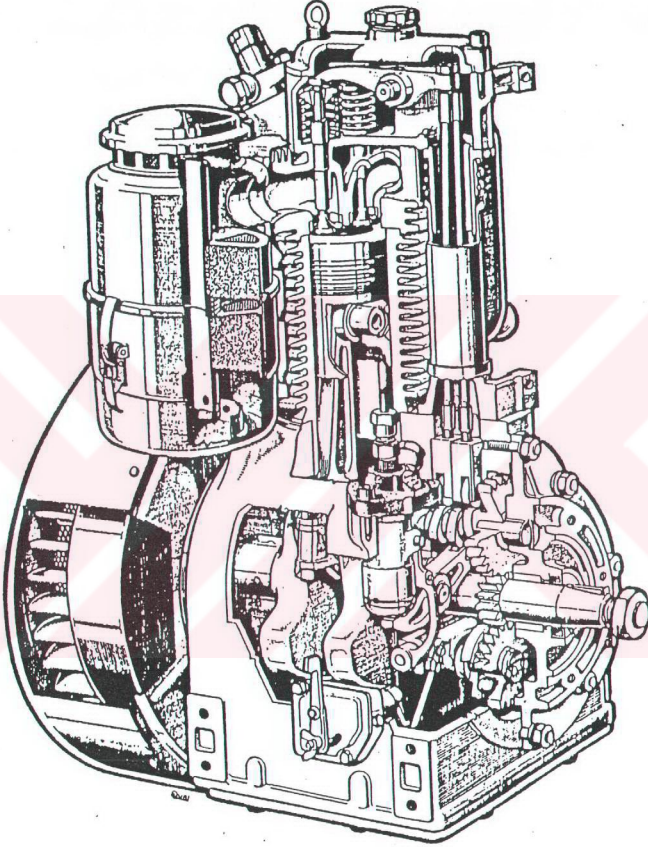
5.2 Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Deneyde kullanılan düzenek iki ana elemandan oluşmaktadır. Bunlar; stasyonere dizel motoru ve bu motorun tahrik ettiği bir dinamodur.

Dizel motor; lombardini LDA 450, tek silindireli direkt püskürtmeli, hava soğutmalıdır. Bu motorun teknik özellikleri ;

Çizelge 5.1 Deney motorunun teknik özellikleri

Silindir Hacmi	: 454 cm ³
Max Devir	: 3000 d/d
Max. Güç	: 9 BG (DİN 6270)
Max Tork	: 2,9 kgm/ 1700 d/d
Sıkıştırma oranı	: 17/1
Strok	: 80 mm
Silindir Çapı	: 85 mm



Şekil 5.3 Lombardini LDA 450 Diesel Motorunun Kesiti

5.3 Deney Donanımı

Deneyel çalışmalar Yıldız Teknik Üniversitesi'ndeki motor geliştirme test dinamometresinde yapılmıştır. Deney başlamadan önce motor 10 dak süre ile rolanti devrinde ısıtılır. Motor ısındıktan sonra maksimum devire çıkması sağlanır. Deneyde elektrikli frenleme yöntemlerinden dinamometre kullanılmaktadır. Bu yöntemde motor sarkaçta olan dinamometreyi döndürmektedir. Dinamonun ürettiği elektrik enerji elektroliz yöntemiyle harcanmaktadır. Bu kısımda deneyel çalışmalarda motoru yüklemek ve motorla ilgili bazı fiziksel değerleri ölçmekte kullanılan deney donanımları ile ilgili kısa bilgiler verilecektir. Şekil 5.5'de deney düzeneğinin şematik şekli gösterilmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi'ndeki motor ürün geliştirme dinamometresinde bulunan ve yapılan testlerde kullanılan ana elemanlar şunlardır :



Şekil 5.4 Deney ünitesi

Dinamometre :

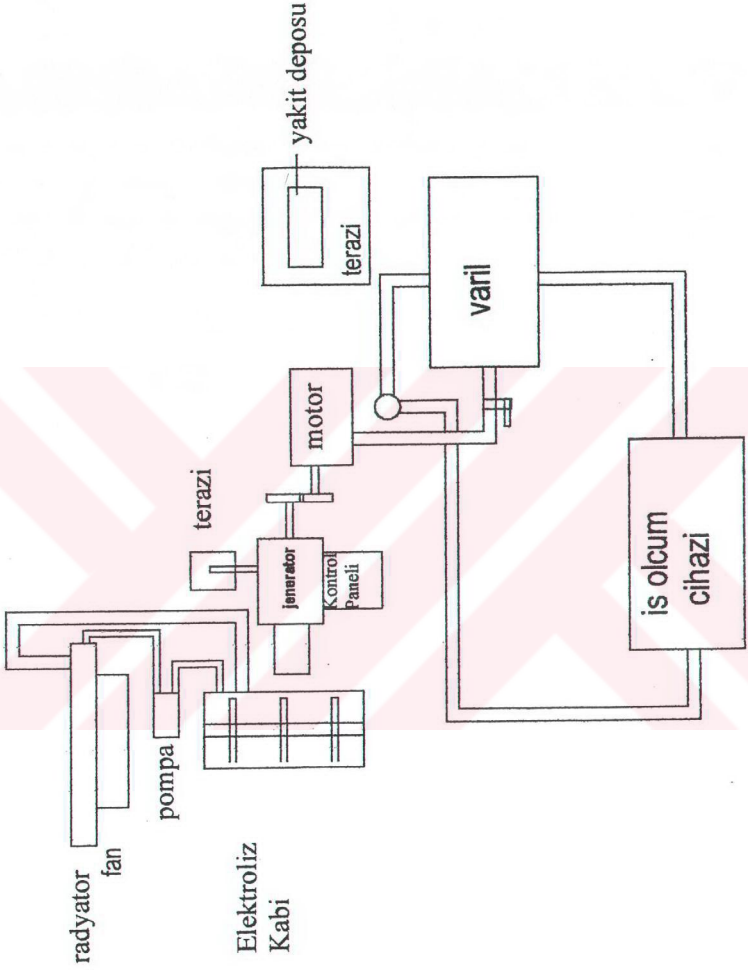
Motorun ürettiği efektif gücü veya torku işe,elektrik enerjisine dönüştürerek yutan iş makinesine dinamometre denilmektedir.Bu sistemle motorun belli devir ve yük şartlarında yüklenmesi sağlanarak motora karşı bir direnç oluşturulup motorun gücü ölçülmektedir. Denejde,dinamo gövdesi ve ona bağlı olan stator sarkaç sehpa olduğu gibi iki yatak üzerinde sallandırılır.Gene sarkaç sehpa olduğu gibi dinamonun üzerinde bir kol mevcut olup,bu kolun ucu bir dijital teraziye dayanır.Statorun doğurduğu manyetik alanda dönen rotor statoru ve gövdeyi yatırır.Gövdenin dönmesine karşı koymak ve kolu yatay durumda tutmak için gerekli olan ağırlık teraziden doğrudan doğruya okunur.

Elektroliz Kabı :

Dinamonun ürettiği elektrik enerjisi elektroliz yöntemiyle içi su dolu olan elektroliz kabında harcanmaktadır.Elektroliz kabına bir devirdaim pompası ve radyatör bağlanarak ısınan suyun sürekli soğutulması amaçlanmıştır.Bunun nedeni de,elektroliz kabı içinde bulunan suyun ısınması sebebiyle 2000 d/dak nın altına inmek mümkün olmamaktadır.

Yakıt Tüketimi ölçümü :

Deneyler esnasında motorun yakıt tüketimi dijital bir teraziyle ölçülmüştür.Şekil 5.4'de bu cihazın fotoğrafı görülmektedir.Yakıt tüketim ölçümü,motor hangi yakıtla çalıştırılıyorsa yakıt deposu terazinin üzerine konarak,10 gram yakıtın tüketilmesi için geçen süre bulunmuştur.Bu değerlerden yakıt sarfiyatı hesaplanmıştır.Deneyler aşamasında bu geçen süre kronometre ile hesaplanmıştır.



Şekil 5.5 Deney Düzeneği Şematik Şekli

Emisyon parametrelerinin ölçümü :

Deney motorunun egzoz çıkış borusundan 1.5 m mesafedeki açılan deliğe gaz analiz cihazlarının probları sokulmak suretiyle egzoz emisyon değerleri bulunmuştur. Ölçümler esnasında 2 ayrı cihaz kullanılmış olup bu cihazların teknik özellikleri tablo 5.2 de verilmiştir. MGA 1200 cihazı ile HC, CO, CO₂, NO_x emisyonları ölçülmüştür. Cussons P7520 High Speed Gas Sampling System cihazı ile deneyler esnasında partikül(is) ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.2 Emisyon ölçüm cihazları teknik özellikleri.

Gaz analiz cihazı	Ölçülen parametreler	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
MGA 1200	CO	0-4500 ppm	300ppm %5
	CO ₂	%0-20	%0,01
	HC	0-3000 ppm	1 ppm
	NO _x	0-4500ppm	300ppm%5
	O ₂	%0-20	%0,1
Cussons P7520 Duman Cihazı	Absorbsiyon katsayısı	0-13,86	0,01 m ⁻¹
	İs(partikül)	%0-100	% 0,1
	Kütle konsantrasyonu	0-1966mg/m ³	1 mg/m ³



Şekil 5.6 Emisyon ölçüm cihazı



Şekil 5.7 İş ölçüm cihazı

5.4 % 100 Metil Ester Yakıtı ve % 100 Motorin İle Motor Testleri

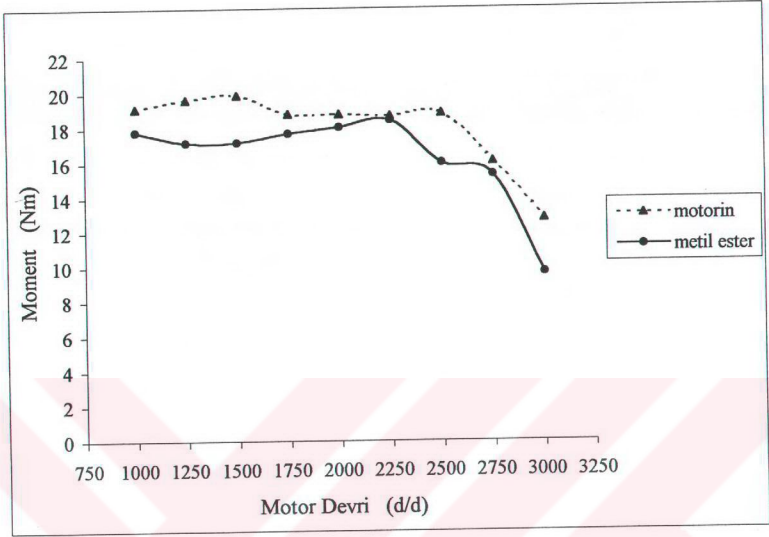
Çizelge 5.3 Dizel Yakıtı Motor Deneyi Sonuçları

Devir (d/dak)	Moment (Nm)	Öz.Yakıt Sar. (gr/kWh)	Güç (kW)	Efe. Verim (%)	Efe.Basınç (bar)
1000	20.243	380,498	2,119	22.602	5.600
1250	20.762	395,718	2,716	22.733	5.744
1500	21.021	346,706	3,300	24.805	5.816
1750	19.880	324,722	3,641	26.484	5.500
2000	19.854	304,825	4,156	28.213	5.493
2250	19.750	282,468	4,651	30.446	5.464
2500	19.905	272,411	5,208	31.570	5.507
2750	16.947	290,880	4,877	29.565	4.688
3000	13.469	349,462	4,229	24.609	3.726

Çizelge 5.4 % 100 Metil Ester İçin Motor Deneyi Sonuçları

Devir (d/dak)	Moment (Nm)	Öz.Yakıt Sar. (gr/kWh)	Güç (kW)	Efe. Verim (%)	Efe.Basınç (bar)
1000	17.781	471.859	1.861	18.226	4.919
1250	17.168	433.236	2.246	19.851	4.749
1500	17.168	417.441	2.695	20.602	4.749
1750	17.658	359.089	3.234	23.950	4.885
2000	18.001	341.232	3.768	25.203	4.980
2250	18.394	307.840	4.331	27.936	5.089
2500	15.941	331.664	4.171	25.905	4.441
2750	15.255	341.697	4.390	25.171	4.422
3000	9.614	372.715	3.018	23.074	2.600

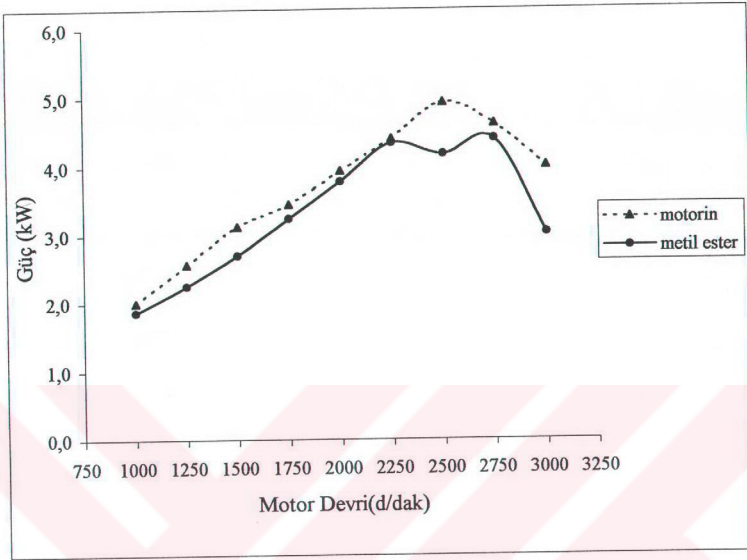
5.4.1 Moment



Şekil 5.8 Motor momentinin devir sayısı ile değişimi

Şekil 5.8' de % 100 metil ester yakıtı kullanımı durumunda elde edilen motor momentinin devir sayısı ile değişimi ve % 100 motorin yakıtı kullanımı durumunda elde edilen motor momentinin devir sayısı ile değişimi görülmektedir. Metil ester, motorine göre tüm yüklerde genelde % 10 civarında bir moment düşümü ile çalıştığı görülmektedir. 1000-2250 d/dak arasında yaklaşık sabit kalmakla beraber, 2300 d/dak dan sonra her iki yakıt da üstel olarak azalma görülmektedir.

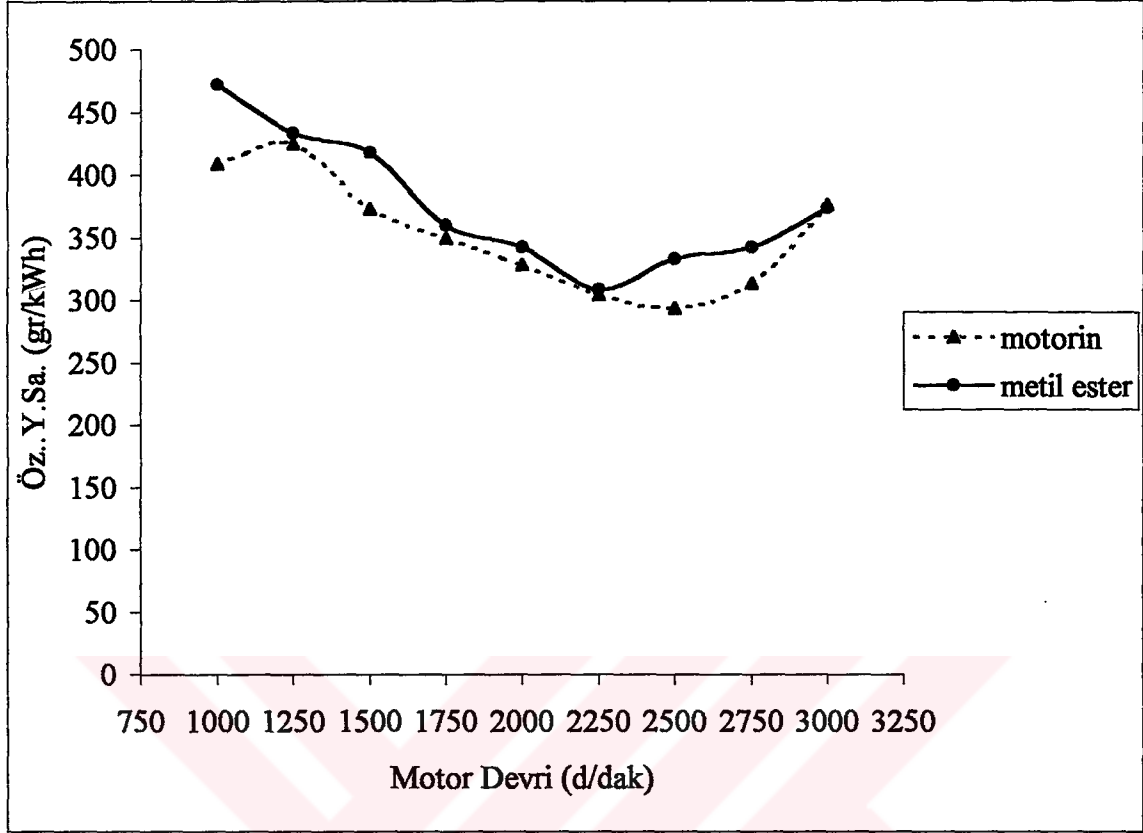
5.4.2 Güç



Şekil 5.9 Motor gücünün devir sayısı ile değişimi

Şekil 5.9' da iki farklı yakıt kullanımı durumunda elde edilen motor gücünün devir sayısı ile değişimi görülmektedir. Güç değerleri düzeltme faktörü ile çarpılmış nominal değerlerdir. % 100 metil ester, tam yük durumundan (1000 d/dak) 2500 d/dak ya kadar motorinle yaklaşık olarak aynı şekilde artmasına rağmen, 2500 d/dak dan sonra %30 a varan bir düşüş gerçekleştirmektedir.

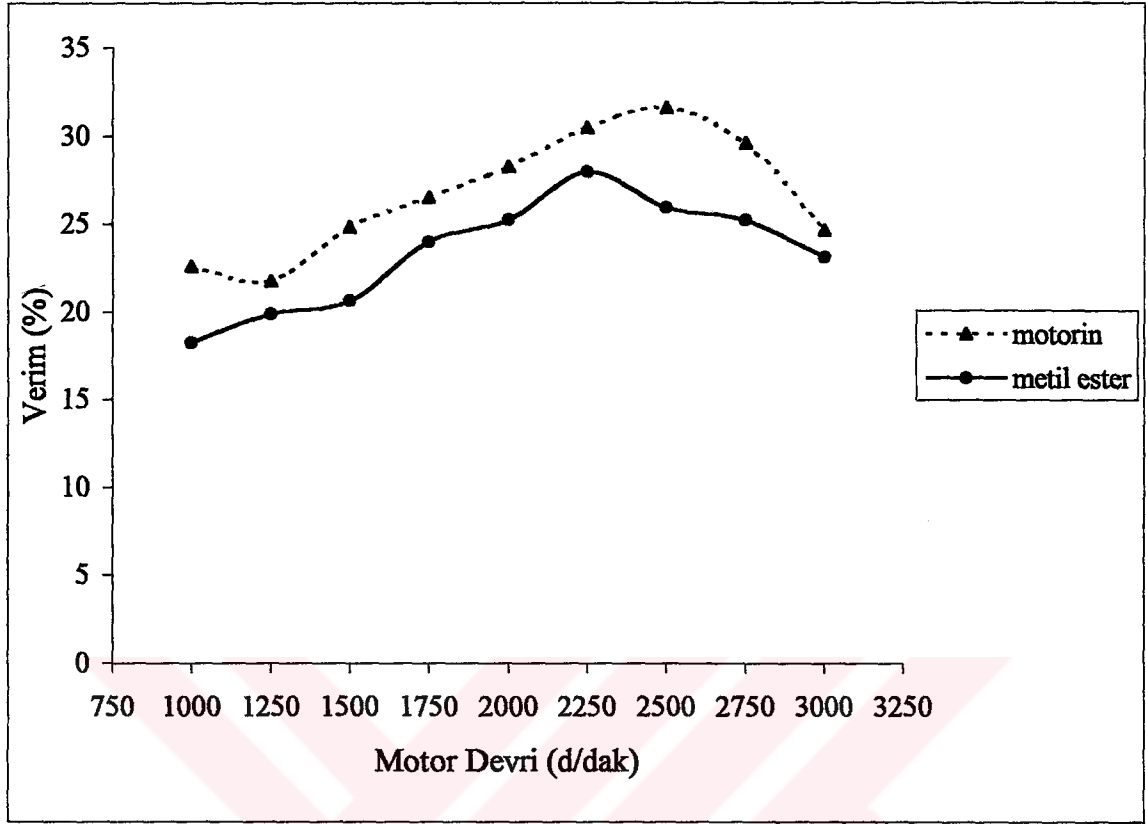
5.4.3 Özgül Yakıt Sarfıyatı



Şekil 5.10 Özgül yakıt sarfıyatının devir sayısı ile değişimi

Şekil 5.10' da iki farklı yakıt kullanımı durumunda elde edilen özgül yakıt tüketiminin devir sayısı ile değişimi görülmektedir. Tam yüklerde maksimum özgül yakıt tüketimi (1000-1250 d/dak) 420gr/kWh olarak elde edilmiştir. Ara yüklerde (2500 d/dak ya kadar) % 40 varan (260gr/kWh) yakıt tüketiminde azalma görülmektedir. 2500 d/dak dan sonra yakıt tüketiminde artış gözlenmiştir. Motorin ile kıyaslandığında metil esterinin özgül yakıt tüketiminin yaklaşık olarak aynı olduğunu fakat ara yüklerde % 5 oranında daha fazla olduğu görülmektedir.

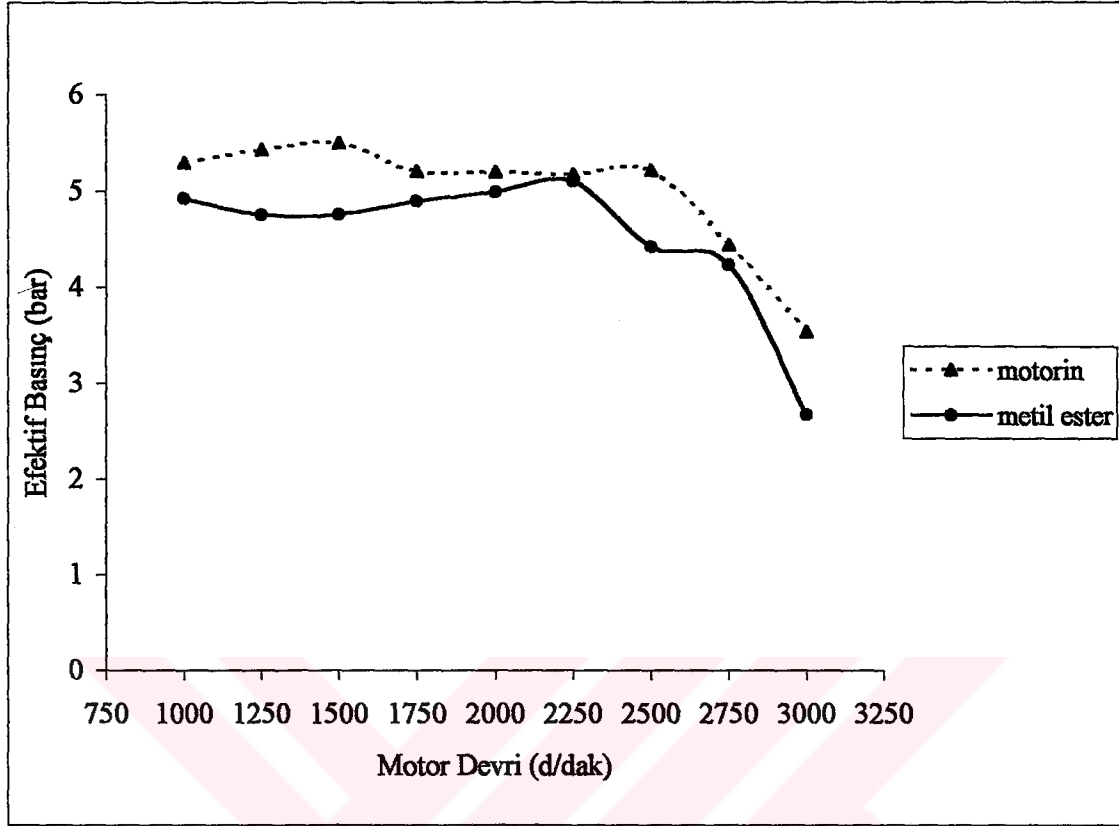
5.4.4 Verim



Şekil 5.11 Motor veriminin devir sayısı ile değişimi

Şekil 5.11’de iki farklı yakıt kullanımı durumunda elde edilen motor efektif veriminin devir sayısı ile değişimi görülmektedir. Tam yükte motor verimi (1000 d/dak) %17 olup minimumdur. Motorin kullanılması durumunda ise bu değer %23’ür. 2250 d/dak ya kadar üstel bir artış görülmektedir. 2250 d/dak da motor verimi %27 olup maksimum değerine ulaşmaktadır. Motorin kullanılması durumunda ise maksimum motor verimine 2500 d/dak da ulaşmaktadır ve motor verimi %32 olmaktadır. 2250 d/dak dan sonra motor veriminin %5 oranında azaldığı görülmektedir. Deney motorunda metil ester yakıtı kullanıldığında motor veriminin %4 azaldığı tespit edilmiştir.

5.4.5 Efektif Basınç



Şekil 5.12 Motor efektif basıncının devir sayısıyla değişimi

Şekil 5.12' de iki farklı yakıt kullanımı durumunda elde edilen motor efektif basıncının devir sayısıyla değişimi görülmektedir. %100 metil ester kullanımı durumunda motor efektif basıncı tam yükten (1000d/dak) 2250 d/dak ya kadar yaklaşık olarak 5 bar civarında sabit seyretmektedir. 2250 d/dak dan sonra motor efektif basıncı 2.5 bar seviyesine kadar düşmektedir. Deney motorunda %100 motorin kullanılması durumunda motor basıncı tüm yüklerde yaklaşık % 20 (1 bar) daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

5.5 %100 Metil Ester ve %100 Motorin İle Egzoz Emisyon Testleri

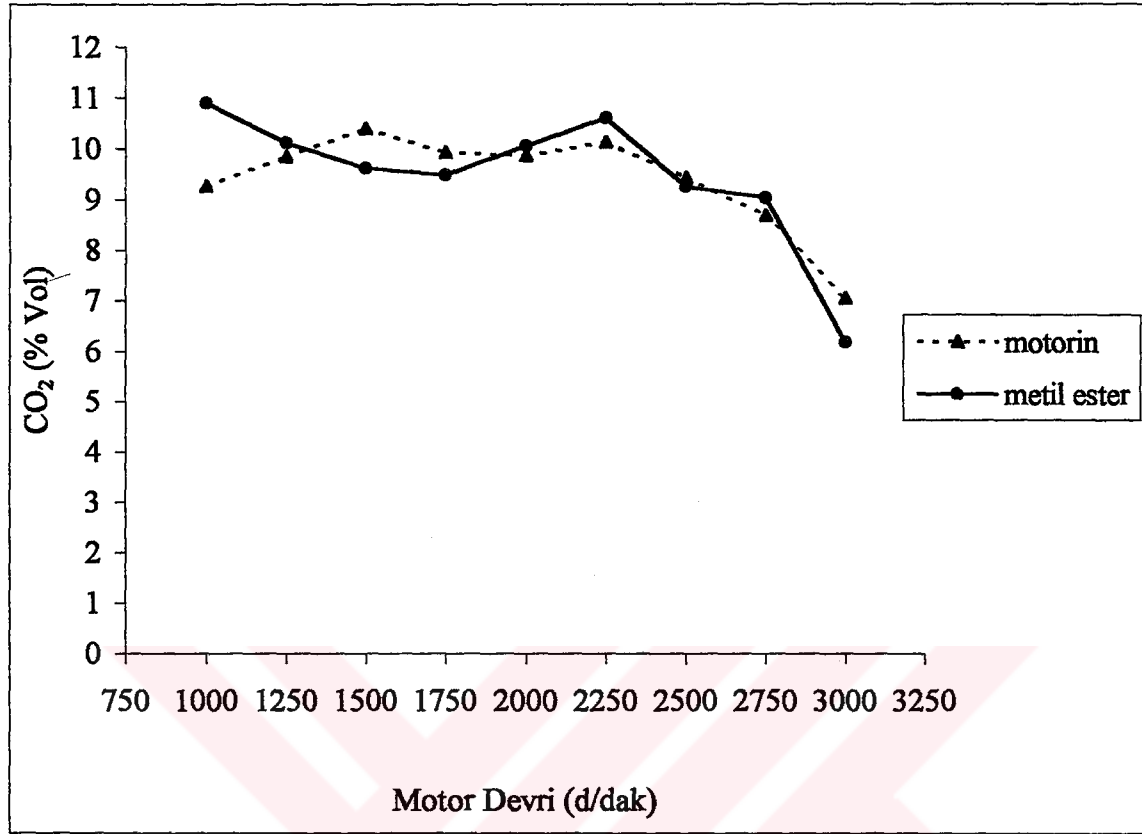
Çizelge 5.5 % 100 Metil Ester Emisyon Deneyi Sonuçları

Devir (d/dak)	CO ₂ (%Vol.)	CO % Vol	HC ppm	NO _x ppm	Is mg/m ³
1000	10.89	0.79	37	1517	0.310
1250	10.11	0.49	23	1658	0.142
1500	9.60	0.6	29	1586	0.70
1750	9.46	0.63	44	1312	0.130
2000	10.04	0.51	41	1359	0.116
2250	10.59	0.74	49	1168	0.140
2500	9.23	0.35	51	1028	0.108
2750	9.01	0.22	45	914	0.100
3000	6.16	0.08	28	600	0.100

Çizelge 5.6 Dizel Yakıtı (motorin) Emisyon Deneyi Sonuçları

Devir (d/dak)	CO ₂ % Vol	CO % Vol	HC ppm	NO _x ppm	Is mg/m ³
1000	9,26	4,19	103	852	0.448
1250	9,84	2,95	55	1001	0.402
1500	10,38	1,82	21	1190	0.254
1750	9,91	0,36	9	1497	0.140
2000	9,85	0,42	9	1567	0.176
2250	10,12	0,51	4	1541	0.222
2500	9,41	0,27	7	1006	0.140
2750	8,67	0,15	9	920	0.138
3000	7,03	0,07	14	776	0.112

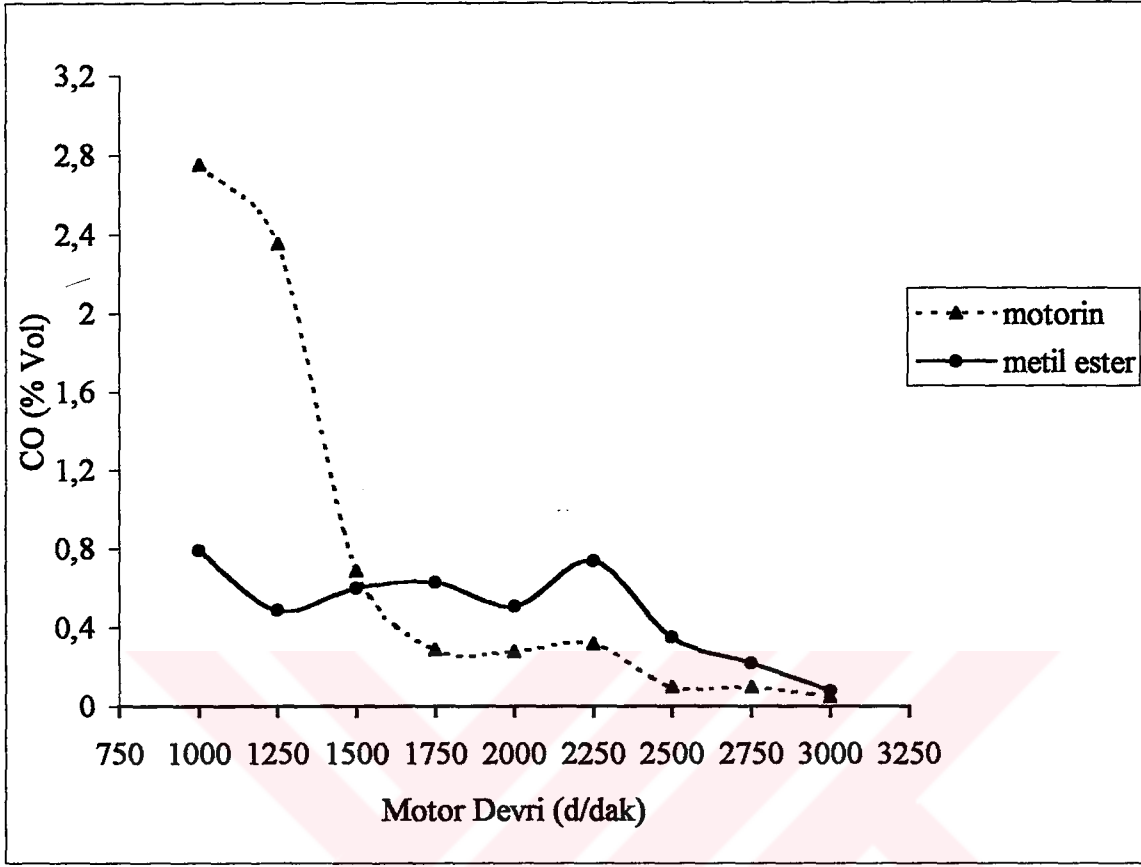
5.5.1 Karbondioksit Emisyonu (CO₂)



Şekil 5.13 (CO₂) Karbondioksit emisyonunun devir sayısı ile değişimi

Şekil 5.13'de %100 metil ester yakıtı kullanımı durumunda elde edilen CO₂ emisyonunun devir sayısı ile değişimi ve %100 motorin yakıtı kullanılarak elde edilen CO₂ emisyonunun devir sayısı ile değişimi görülmektedir. Metil ester, tam yükte emisyon değeri maksimumdur. Ara yüklerde %3-4 azalma göstermekle birlikte 2250 devirde tekrar maksimum oranına yaklaşmıştır. Bu devirden sonra üstel olarak hızlı bir azalma göstermiştir. Ara yüklerde motorin ile yaklaşık olarak aynı değerlerdedir. Tam yükte (1000d/dak) motorine göre %2 daha fazla yoğunluğa sahip iken; yüksüz konumda (3000 d/dak) %2 daha az yoğunluğa sahiptir.

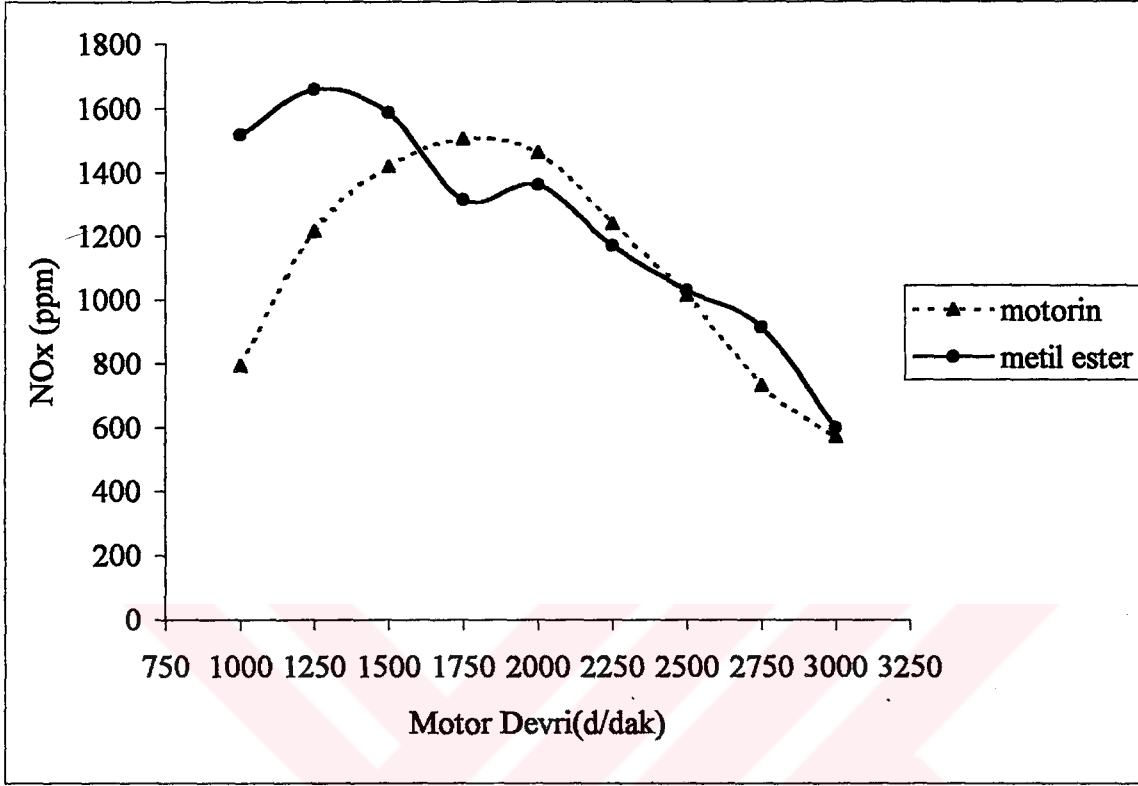
5.5.2 Karbonmonoksit Emisyonu (CO)



Şekil 5.14 Karbonmoksit (CO) emisyonunun devir sayısı ile değişimi

Şekil 5.14'de iki farklı yakıtın kullanımı durumunda elde edilen karbonmonoksit (CO) emisyonunun değişimi görülmektedir. Metil ester, tam yüklerde (1000-1500d/dak) yaklaşık % 0,4 - 0,8 Vol. olup; motorine göre önemli derecede düşüktür. Motorin tam yüklerde %1-2,8 arasında değişmektedir. Metil ester 2250 d/dak dan sonra %0,1 e kadar bir düşüş göstermektedir. Ama deney motorunda ara yüklerde motorin kullanılması durumunda %0,4 daha düşük emisyon elde edildiği tespit edilmiştir.

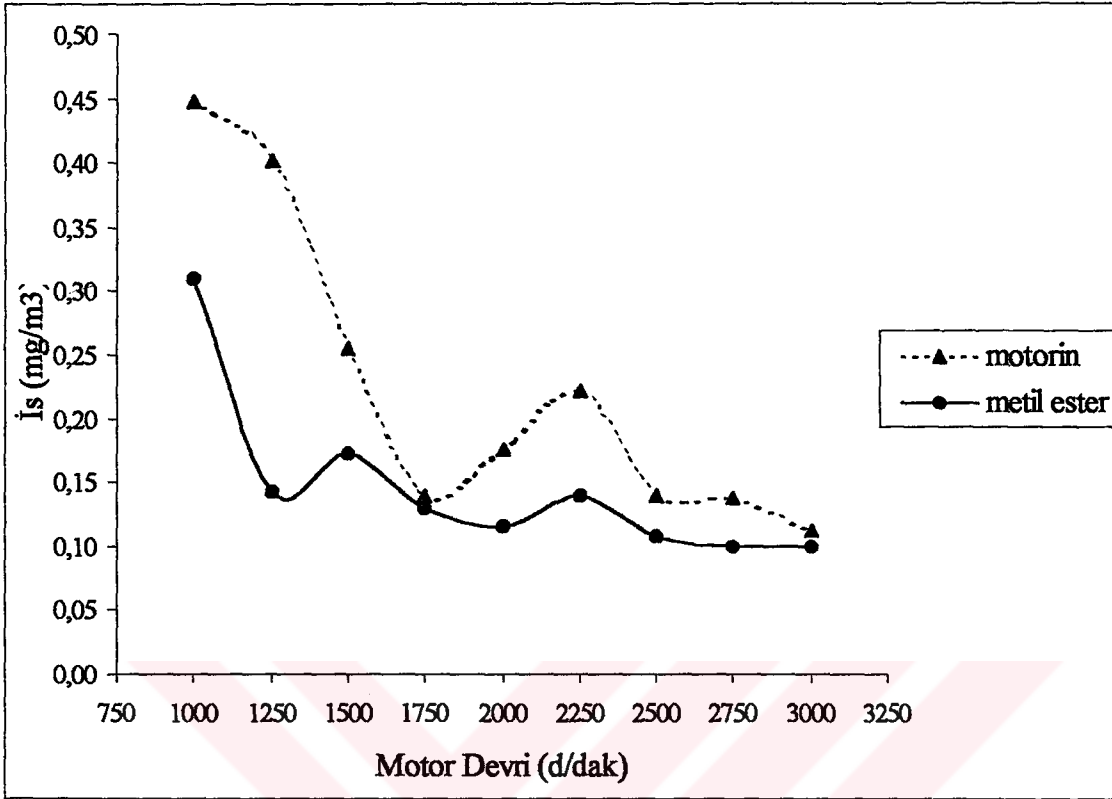
5.5.3 Azotoksit Emsiyonu (NO_x)



Şekil 5.15 (NO_x) Azotoksit emisyonunun devir sayısı ile değişimi

Şekil 5.15’de iki farklı yakıtın kullanımı durumunda elde edilen azotoksit (NO_x) emisyonunun değişimi görülmektedir. Metil ester, tam yükte (1000-1250d/dak) 1700 ppm den yüksüz konuma (3000d/dak) 600 ppm e üstel olarak azalmaktadır. Motorin ise metil esterin aksine düşük devirlerde artmaktadır ve 1800 d/dak da maksimum değere ulaşmaktadır. Bu devirden sonra metil esterle eşit olarak bir düşüş göstermektedir.

5.5.4 İ̇s (Partikül)



Şekil 5.16 İ̇s(partikül) oluşumunun motor devir sayısıyla değişimi

Şekil 5.16'da iki farklı yakıtın kullanılması durumunda is oluşumunun motor devir sayısıyla değişimi gösterilmiştir. Metil ester tam yüklerde (1000-1250 d/dak) 0,20-0,30 mg/m³ civarında maksimum değerlerindedir. 1500 d/dak dan sonra 0,10-0,15 mg/m³ civarında yaklaşık olarak sabit bulunmuştur. Deney motorunda motorin yakıtı kullanılarak yapılan deneylerde is oluşumu metil kullanılmasına göre düşük devirlerde %40, yüksek devirlerde %10-15 civarında artış tespit edilmiştir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yakıt özelliği testleri sonucunda belirlenen kullanılmış kızartma yağı metil esteri ile dizel yakıtının motor testlerinde elde edilen motor karakteristikleri ve egzoz gazı emisyonlarına ait önemli sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Her iki yakıt ile bütün devir sayılarında elde edilen minimum b_e , maksimum N_e, M_d, P_{me} ve η değerleri tablo 5.3 ve 5.4 de toplu olarak gösterilmiştir. İki yakıtta da minimum özgül yakıt sarfiyatı 2250-2750 d/dak ları arasında elde edilmiştir. Yakıt olarak metil ester kullanılan durumda, özgül yakıt tüketimi hemen hemen aynı olmasına rağmen bu devirler arasında dizel yakıtına göre %5 lik bir artış gözlenmektedir. Maksimum verim metil ester kullanımı durumunda 2250 d/dak da elde edilmiştir. Bu devirden sonra düşüş gözlenmiştir. Motorinde ise maksimum verim 2500 d/dak da saptanmıştır. Genel olarak bütün devir sayılarında metil esterinin veriminin motorine göre yüzde olarak %5 lik bir düşüşü vardır. Metil ester kullanımı sırasında moment, dizel yakıtı motorin gibi yaklaşık olarak sabit devirde seyretmekte; 2250 d/dak dan sonra hızlı bir düşüşe geçmektedir. Maksimum efektif basınç, dizel yakıtı gibi orta devir sayılarında kaydedilmiştir. Saptanan değerler yaklaşık olarak dizel yakıtı ile aynıdır.

Motor karakteristikleri genel olarak incelendiğinde ise, güç, moment, efektif basınç ve motor verim değerlerinde dizel yakıtına göre bir miktar düşme, özgül yakıt tüketiminde ise artış görülmektedir. Her devir sayısında yakıt alternatifi adayının motor karakteristikleri topluca değerlendirildiğinde, dizel yakıtı motorine oldukça yakın uygun özellikler taşıdığı görülmektedir.

Direkt püskürtmeli dizel motorlarında egzoz kirlilik oluşumu ve miktarlarında, egzoz sıcaklıklarının değişiminde çok çeşitli etkenler bir arada rol oynamaktadır. Bu etkenler arasında; hava fazlalık katsayısı, yakıtın tutuşma gecikmesi, motor dönme sayısı, yük konumu ve gücü, egzoz karşı basıncı, yanma odası cidarlarındaki birikimler, yanma odası yüzey sıcaklığı, yakıt püskürtme sistemi, püskürtme zamanı ve hızı, aşırı doldurma, maksimum alev sıcaklığı, hava nem miktarı ve kullanılan yakıtın kimyasal bileşimi sayılabilir.

Motor testleri sırasında değişik devir sayılarında belirlenen CO₂ değerleri dizel yakıtı motorine çok yakın emisyonlar verdiği görölmüştür.Düşük devirlerde 1000 d/dak ila 1750 d/dak arasında CO değerleri motorine göre % 70 oranında azalma göstermiştir.2000 d/dak dan sonra her iki yakıt içinde CO emisyon değerleri hemen hemen aynıdır.NO_x emisyonu ,% 100 metil ester kullanımı durumunda düşük devirlerde maksimum seviyelerinde olup dizel yakıtına göre çok yüksektir.Artan devir sayılarında dizel yakıtı motorin ile aynı değerlerde hızlı bir düşüş olduğu görölmüştür.

Dizel yakıtının yarattığı en önemli egzoz kirliliğinin partikül emisyonu olduğu bilinmektedir.Dizel yakıtı ve yakıt alternatifinin oluşturduğu partikül kirliliği karşılaştırıldığında filtre malzemesinin metil esterde en az,motorinde en fazla partikül oluşturduğu saptanmıştır.Bu çalışmada ,egzoz gazı içerisinde SO₂ miktarı ölçülememiştir.

Yakıt alternatifi ile motor testlerinin yapıldığı devir sayılarında ölçülebilen egzoz gazı emisyonlarında önemli iyileşmeler kaydedilmesine karşın daha geniş kapsamlı motor testleriyle elde edilecek ölçümler egzoz emisyonlarındaki değişimi daha açık ortaya koyacaktır.Yakıt alternatifi metil esterin çok düşük kükürt içeriği ile kükürt dioksitten ileri gelen kirletici azaltıcı yöndeki etkisi bu yakıtı üstün diğer alternatif yakıt adaylarına göre üstün kılmaktadır.Yakıt hammaddesinin üretimi, gıda fabrikalarının kullanmış olduğu kullanılmış atık yağlardan elde edilmektedir.Fazla bir maliyet getirmemektedir.Motor karakteristikleri açısından dizel yakıtı ile uyum gösterdiği belirlenmişse de bu sonuçların daha uzun süreli ve geniş kapsamlı motor testleri ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı da,enerji kaynakları sınırlı ve dışarıya bağımlı olan ülkemizde bu çalışmaların teşvik edilmesinde yarar vardır.

KAYNAKLAR

Deniz,O., Balık,A., Benlidayı,M.,(1989) "Alternatif Yakıt Olarak Rafine Soya Yağı ve Motorin-Rafine Soya Yağı Karışımlarının Diesel Motorlarında Kullanılması."İkinci Yanma Sempozyumu,s.197-203,İstanbul

Karaosmanoğlu,F.,(1990)Alkollü Benzinlerin Alternatif Motor Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Kusy ,P.,(1982) "Transesterification of Vegetable Oils for Fuels." Proc.of the Int.Conf. On Plant and Vegetable Oils as Fuels,pp127-137,North Dakota

Kutlar O. Akın,Ergeneman M.,Arslan H., Mutlu M., (1998) ,"Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler "

Peterson,C.L.,(1986)"Vegetable Oil As a Diesel Fuel:Status and Research Priorities." Transactions of the ASAE,Vol.29,5,pp1413-1422

Peterson,C.L ,Wagner ,G.L,Auld,D.L., (1983) "Vegetable Oil Substitutes for Diesel Fuel." Transactions of the ASAE,Vol.26,2pp 322-327

Petrol Ofisi (1980) "Yakıtlar Yağlar"

Ryan ,T.W.,Callahan,T.J., Dodge ,L.G.,(1982) "Characterization of Vegetable Oils for Use as Fuels in Diesel Engines."Proc.of the İnt.Conf.on Plant and Vegetable Oils Fuels,pp,79-81, Fargo,North Dakota,USA

Sipahier,A.N.,(1990) "Kullanılmış Kızartma Yağının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi ."Yüksek Lisans Tezi ,İstanbul Teknik Üniversitesi

EKLER

Ek 1 Otomotiv Yakıtları-Dizel- Özellikler ve Deney Metotları


Ek 2 Parlama Noktası Tayini



EK 1



TÜRK STANDARDI

BİRİNCİ		TS 3082 - EN 590/Aralık 1994
BASKI		ÜDK 621.43.038
OTOMOTİV YAKITLARI - DİZEL - ÖZELLİKLER VE DENEY METOTLARI		
AUTOMOTIVE FUELS - DIESEL - REQUIREMENTS AND METHODS OF TEST		

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA

TS 3082 - EN 590/Aralık 1994 "Otomotiv Yakıtları - Dizel - Özellikler ve Deney Metotları"
Standardı Teknik Kurulumuzun 17 Aralık 1996 tarihli toplantısında
aşağıdaki şekilde tadil edilmiştir.

ESKİ METİN

EK A

Madde 2 - Kükürt muhtevası 87/219/EEC sayılı AT direktifinin 2.1 maddesinde en fazla %0,30 olarak verilmiştir. Ancak mevcut tesislerin bu şartı sağlamaları mümkün görülmediğinden 1 Ocak 1997'ye kadar en fazla % (m/m) 0,7, 1 Ocak 1999'a kadar en fazla % (m/m) 0,5 olarak uygulanacaktır.

YENİ METİN

EK A

Madde 2 - Kükürt muhtevası 87/219/EEC sayılı AT direktifinin 2.1 maddesinde en fazla %0,30 olarak verilmiştir. Ancak mevcut tesislerin bu şartı sağlamaları mümkün görülmediğinden 1 Ocak 2001 tarihine kadar en fazla % (m/m) 0,7, bu tarihten itibaren en fazla % (m/m) 0,05 olarak uygulanacaktır.



TSI 3082 - EN 590/Aralık 1994 "Otomotiv Yakıtları - Dizel - Özellikler ve Deneysel Metotları"
Standardı Teknik Kurulumuzun 15 Aralık 2000 tarihli toplantısında
aşağıdaki şekilde tadil edilmiştir.

ESKİ METİN

EK A

Madde 2 - Kükürt muhtevası 87/219/EEC sayılı AT direktifinin 2.1 maddesinde en fazla %0,30 olarak verilmiştir. Ancak mevcut tesislerin bu şartı sağlamaları mümkün görülmediğinden 1 Ocak 2001 tarihine kadar en fazla % (m/m) 0,7, bu tarihten itibaren en fazla % (m/m) 0,05 olarak uygulanacaktır.

YENİ METİN

EK A

Madde 2 - Kükürt muhtevası 87/219/EEC sayılı AT direktifinin 2.1 maddesinde en fazla %0,30 olarak verilmiştir. Ancak mevcut tesislerin bu şartı sağlamaları mümkün görülmediğinden 1 Ocak 2005 tarihine kadar en fazla % (m/m) 0,7, bu tarihten itibaren en fazla % (m/m) 0,05 olarak uygulanacaktır.

- Bu standard, Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) tarafından kabul edilen EN 590 standardı esas alınarak, TSE Petrol Hazırlık Grubu'nca kurulan ilgili Teknik Komite tarafından hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 13 Aralık 1994 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Teknik kurul, ayrıca bu standardın mecburi yürürlüğe konulmasını uygun bularak, Bakanlığa önerilmesini kabul etmiştir.
- 14 Kasım 1989 gün ve 20342 sayılı Bakanlık onayları ile mecburi yürürlükte bulunduğu için, bu yeni metne ilişkin Bakanlık onayı Resmi Gazete'de yayımlandıktan ve bu kararda verilen geçiş süresi son bulduktan sonra eski baskıları geçersizdir.
- Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün olduğundan ilgililerin yayınlanmasını izlemelerini ve standardın uygulanmasında karşılaştıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.
- Bu standardı oluşturan Hazırlık Grubu ve Teknik Komite üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarılar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilim, kamu ve özel sektör kuruluşları ile kişilerin değerli katkılarına şükranla ananız.

TÜRK STANDARDLARININ YAYIN HAKLARI SAKLIDIR.

TÜRK STANDARDLARINA UYGUN MADDE VE MAMÜLLER ÜZERİNE
TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ İLE YAPILACAK MARKA SÖZLEŞMESİNE İSTİNADEN
"TÜRK STANDARDLARINA UYGUNLUK MARKASI"
KONULABİLİR.

Standardlar ve standardizasyon konusunda daha geniş bilgi Enstitümüzden sağlanabilir.



Türk Standardlarına Uygunluk Markası (TSE Markası)

TSE markası, üzerine veya ambalajına konulduğu malların ilgili Türk Standardına uygun olarak imal edilip; piyasaya arz edildiklerini ve mamülle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisini altında olduğunu ifade eder.

TSEK

Kalite Uygunluk Markası (TSEK Markası)

TSEK Markası, üzerine veya ambalajına konulduğu malların henüz Türk Standardı olmadığından ilgili milletlerarası veya diğer ülkelerin standartlarına veya Enstitü tarafından kabul edilen teknik özelliklere uygun olarak imal edilip piyasaya arz edildiklerini ve mamülle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisini altında olduğunu ifade eder.

OTOMOTİV YAKITLARI -DİZEL-ÖZELLİKLER VE DENEY METOTLARI

- KAPSAM

Bu standard dizel otomotiv yakıtlarının özelliklerini ve deneylerini kapsar. Dizel otomotiv yakıtı ile çalışmak üzere dizayn edilmiş dizel motorlu araçlarda kullanılan dizel otomotiv yakıtlarına uygulanır.

- ATIF YAPILAN STANDARDLAR

Bu standard diğer yayınlarda belirtilen tarihli veya tarihsiz referanslarla birlikte kullanılır. Bu atıf yapılan standartlar metin içinde ilgili yerlerde belirtilmiş olup listesi aşağıda verilmiştir. Tarihli referanslara daha sonra yapılacak ekler veya revizyonlar bu standardda ek olarak gösterildiği veya bu standardın vizyonunda belirtildiği takdirde uygulanacaktır. —

S 900/Mart 1987	"Petrol ve Petrol Ürünlerinin Elle Numune Alma Metotları" "Manual Sampling From Petroleum and Petroleum Products"
S 1013/Nisan 1989	"Ham Petrol ve Sıvı Petrol Ürünlerinde Yoğunluk, Bağıl Yoğunluk veya API Gravitesinin Tayini (Hidrometre Metodu)" "Determination of Density Relative Density (Specific Gravity) or API Gravity of Crude Oil And Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method"
S 1232/Mart 1989	"Petrol Ürünlerinin Destilasyon Deney Metodu" "Method of Test For Distillation of Petroleum Products"
S 1273/Nisan 1991	"Petrol Ürünleri-Parlama Noktası Tayini (Kapalı Densky Martens Cihazı İle)" "Petroleum Products And Lubricants-Determination of Flash Point-Pensky Martens Closed Cup Method"
S 1327/Kasım 1974	"Petrol ürünlerinde Kül Tayini" "Determination of Ash in Petroleum Products"
S 1451/Kasım 1991	"Petrol Ürünleri-Berrak ve Opak Sıvılar-Kinematik Viskozite Tayini ve Dinamik Viskozitenin Hesaplanması (Cam Kapiler Viskozimetre Metodu)" "Petroleum Products-Transparent and Opaque Liquids-Determination of Kinematic Viscosity and Calculation of Dynamic Viscosity"
S 2741/Nisan 1977	"Petrol Ürünlerinde Bakır Korozyonunun Tayini (Bakır Şerit Yöntemi)" "Detection of Copper Corrosion From Petroleum Products by the Copper Strip Tarnish Test"
S 2834/Eylül 1977	"Petrol Ürünlerinde Bulutlanma Noktası Tayini" "Determination of Cloud Point of Petroleum Products"
S 2883/Kasım 1977	"Damıtılmış Petrol Ürünlerinde Hesaplanmış Setan İndisi Tayini" "Determination of Setan Index of Distillated Petroleum Products"
S 4608/Kasım 1985	"F-54 Dizel Yakıtı ile Türbinli Uçak Yakıtlarında Partikül Bulaşması Tayini (Laboratuvar Filtrasyonu Metodu)" "Test Method For Determination of Particulate Contaminants of F-54 Diesel Fuel And Aviation Turbine Fuels By Laboratory Filtration"
S 4700/Şubat 1986	"Petrol Ürünlerinde Deney Metotları İle İlgili Hassas Verilerin Tayini ve Uygulaması" "Petroleum Products-Determination and Application of Precision Data in Relation to Methods of Test"

- 5210/Nisan 1987 "Destile Edilmiş Fuel Oilin Oksidasyon Kararlılığı Tayini-Hızlandırılmış Metod"
"Test Method For Determination of Oxidation Stability of Distillated Fuel Oils By Accelerated Method"
- 5388/Aralık 1985 "Destile Edilmiş Petrol ürünlerinde Soğuk Filtre Tıkanma Noktasının Tayini Metodu"
"Test Method For Determination of Cold Filter Plugging Point of Distillated Petroleum Products"
- 6146/Kasım 1989 "Dizel Yakıtlarda Alkil Nitrat Tayini Spektrofotometri Metodu"
"Determination of Alkyl Nitrate in Diesel Fuels by Spectrophotometry"
- 6147/Kasım 1989 "Sıvı Petrol Ürünlerinde Su Tayini-Karl Fischer Reaktifi Metodu"
"Determination of Water in Liquid Petroleum Products by Karl Fischer Reagent"
- 6148/Kasım 1984 "Petrol Ürünlerinde Mikro Karbon Kalıntısı Tayini"
"Determination of Micro Carbon Residue in Petroleum Products"
- 6311/Şubat 1989 "Sıvıların Yoğunluk ve Bağıl Yoğunluklarının Tayini-Dijital Dansimetre Kullanılarak"
"Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter"
- 6838/Nisan 1989 "Petrol Ürünlerinde Kükürt Tayini-Dağılmayan X-Işını Floresans Spektrometresi Metodu"
"Sulfur in Petroleum Products by non-Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry"
- 7472/Eylül 1989 "Petrol Ürünleri ve Hidrokarbonlarda Kükürt Miktarının Tayini-Wicbold Yanma Metodu"
"Petroleum Products and Hydrocarbons-Determination of Sulfur Content-Wickbold Combustion Method"
- 10317/Temmuz 1992 "Dizel Yakıtları-Tutuşma Kalitesinin Tayini-Setan Metodu"
"Method For Ignition Quality of Diesel Fuels By The Cetane Method"

- NUMUNE ALMA

Numuneler TS 900'e göre alınır ve muhafaza edilir.

- POMPALARIN İŞARETLENMESİ

Dizel otomotiv yakıtlarının dağıtımının yapıldığı pompaların üzerine 15 cmx30 cm boyutlarından, küçük yazıya yazılmak üzere "Dizel" yazısı yazılmalı veya bu ibareyi taşıyan levha asılmalıdır.

- ÖZELLİKLER VE DENEY METOTLARI

1 - BOYALAR VE MARKÖRLER

Dizel otomotiv yakıtlarına tanıtıcı ve tanıyıcı amaçlarla boya ve markör katılabilir.

2 - KATKILAR

Yakıtın iyileştirilmesi amacıyla dizel otomotiv yakıtlarına katkı maddesi katılabilir.

3 - GENEL ÖZELLİKLER VE DENEY METOTLARI

3.1 - Genel olarak uygulanabilir özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de verilen metotlar ile deney yapılması durumunda dizel otomotiv yakıtları Çizelge 1'de belirtilen sınır değerlere uygun olmalıdır.

3.2 - Çizelge 1'de verilen karbon kalıntısı değeri, yanmayı iyileştirici katkı maddeleri katılmışsa, bu katkı maddesi katılmadan önceki duruma göredir. Piyasaya verilen otomotiv dizel yakıtında bu değer aşımış olması durumunda TS 6146'ya göre nitrat bileşikleri tayini yapılmalıdır. Tayin sonucu yanmayı iyileştirici katkı maddesi kullanıldığı tesbit edilirse Çizelge 1'de verilen sınırlar uygulanmaz. Yanmayı iyileştirici katkı maddesi kullanılmamış olması imalatçıların katkı maddesi katılmamış halde en fazla %0,30 (m/m) karbon kalıntısı masasını sağlamaları şartını kaldırmaz.

3.3 - Su muhtevası en fazla 200 mg/kg olmalıdır. Bu sınır 31 Aralık 1995'e kadar en fazla 500 mg/kg (m/m) olabilir.

ÇİZELGE 1 - Genel Özellikler ve Deney Metotları

Özellik	Birim	Değerler		Deney Metodu
		min.	max.	
Erime Noktası	°C	55	-	TS 1273
Karbon Kalıntısı (%10 Destilasyon Kalıntısında)	%, m/m	-	0,30 ¹⁾	TS 6148
Asitlik	%, m/m	-	0,01	TS 1327
Asitlik	mg/kg	-	200 ²⁾	TS 6147
Yabancı Kirlenmesi	mg/kg	-	24	TS 4608
Oksidasyon (3h, 50°C'da)	No	-	1	TS 2741
Asitlik Kararlılığı	g/m ³	-	25 ³⁾	TS 5210
Asitlik	%, m/m	-	-0,20 ⁴⁾	TS 7472

Bak: Madde 5.3.2
Bak: Madde 5.3.3
Bak: Ek A, Madde 1
Bak: Ek A, Madde 2

4 - İKLİME BAĞLI ÖZELLİKLER VE DENEY METOTLARI

4.1 - İklimle ilgili özellikler CFPP (Soğuk Filtre Tıkanma Noktası) değerlerine göre normal iklim farklılıkları için altı tip ve kutup iklimi için 5 tip olarak Çizelge 2'de verilmiştir.

Normal iklim farklılıkları için tipler Çizelge 2a'da kutup iklimi için tipler Çizelge 2b'de verilmiştir.

Otomotiv dizel yakıtları Çizelge 2a ve Çizelge 2b'de verilen deney metotlarına göre deneye tabi olduklarında bu tablolarda belirtilen şartları sağlamalıdır.

4.2 - Türkiye için yaz ve kış mevsimlerinde kullanılacak tipler Ek A Madde 3'de verilmiştir.

4.3 - Türkiye için yaz ve kış mevsimlerinin başlangıç ve bitiş tarihleri Ek A Madde 4'de verilmiştir.

ZİTALGE 2 - İklima Bağılı Özellikler ve Deney Metotları

ZİTALGE 2a - Normal İklimler

Özellik	Birim	Değerler		Deney Metodu
		Min	Max	
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (CFPP)	°C		-	TS 5388
CFPP Tip A			+ 5	
CFPP Tip B			0	
CFPP Tip C			- 5	
CFPP Tip D			-10	
CFPP Tip E			-15	
CFPP Tip F			-20	
Yoğunluk (15°C'da)	kg/m ³	820	860	TS 1013
Viskozite (40°C'da)	mm ² /s	2,00	4,50	TS 1451
Setan Sayısı		49		TS 10317
Setan İndisi		46		TS 2883
Destilasyon ^{1,2)}				TS 1232
180°C'da elde edilen	%, v/v		<65	
250°C'da elde edilen	%, v/v	85		
350°C'da elde edilen	%, v/v	95		
370°C'da elde edilen	%, v/v			

ZİTALGE 2b - Kutup İklimleri

Özellikler	Birim	Değerler					Deney Metodu
		Tip 0	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	
CFPP	°C, max	-20	-26	-32	-38	-44	TS 5388
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	°C, max	-10	-16	-22	-28	-34	
Yoğunluk (15°C'da)	kg/m ³ , min	800	800	800	800	800	TS 1013
	kg/m ³ , max.	845	845	840	840	840	
Viskozite (40°C'da)	mm ² /s, min	1,50	1,50	1,50	1,40	1,20	TS 1451
	mm ² /s, max	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Setan sayısı	min	47	47	46	45	45	TS 10317
Setan İndisi	min	46	46	46	43	43	TS 2883
Destilasyon ^{1,2)}							TS 1232
180°C'da elde edilen	%, v/v max.	10	10	10	10	10	
340°C'da elde edilen	%, v/v min.	95	95	95	95	95	

1) 250°C ve 350°C'de destilasyona verilen sınırlar Normal İklim Dizeyi Yakıtları İçin AT Ortak Gümrük Tarifesinde uygunluk bakımından dahil edilmiştir. AT Ortak Gümrük Tarifesinde verilen gazyağı tarifi kutup iklimleri için belirtilen tiplere uygulanmaz.

2) Setan İndisi'nin hesaplanması için % 10 v/v ve % 50 v/v destilasyon noktalarının da bilinmesi gerekmektedir.

4.4 - Kutup iklim tipleri zayıf yağlama özellikleri gösterilebilir ve iyileştirici önlemler alınmalıdır.

5 - DEĞERLENDİRME

Arada belirtilen bütün deney metotlarında değerlendirme bilgileri mevcut olup anlaşmazlık halinde S 4700'e göre hareket edilmelidir.

EK A

(Bu Ek Standardın Bir Parçasıdır)


- 1 - Oksidasyon kararlılığı tayini 1 Ocak 1997'den itibaren mecburi olacaktır.
- 2 - Kükürt muhtevası 87/219/EEC sayılı AT direktifinin 2.1 maddesinde en fazla %0,30 olarak verilmiştir. Ancak mevcut tesislerin bu şartı sağlamaları mümkün görülmediğinden 1 Ocak 1997'ye kadar en fazla % (m/m) 0,7, 1 Ocak 1999'a kadar en fazla % (m/m) 0,5 olarak uygulanacaktır.
- 3 - Türkiye için Çizelge 2'de belirtilen tiplerden Tip A yaz mevsiminde, Tip D kış mevsiminde kullanılacaktır.
- 4 - Bu standardın uygulanması ile ilgili olarak yaz ve kış mevsiminin başlangıç ve bitiş tarihleri aşağıda verilmiştir.

Yaz : 1 Nisan - 30 Eylül (± 15 gün)
Kış : 1 Ekim - 31 Mart (± 15 gün)

EK 2



T Ü R K S T A N D A R D L A R I

K A S I M 1 9 7 4		TS	1273
BİRİNCİ BASKI		UDK	662.75
PARLAMA NOKTASI TAYİNİ (KAPALI PENSKY — MARTENS CİHAZI İLE)			
METHOD OF TEST FOR FLASH POINT BY PENSKY — MARTENS CLOSED TESTER			

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
Fen - İktisat Fakültesi
Kimya Bölümü
13.3.1986
288

T Ü R K S T A N D A R D L A R I E N S T İ T Ü S Ü
Necatibey Caddesi, 112 — Bakanlıklar
A N K A R A

- Bu Standard, Türk Standardları Enstitüsü'nün Petrol Hazırlık Grubu'nca kurulan İlgili Teknik Komite tarafından hazırlanmış ve Grubta son şekli verildikten sonra, TSE Teknik Kurulu'nun 14 Şubat 1973 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Bu Standardın hazırlanmasında, ulusal ihtiyaç ve olanaklarımız ön planda olmak üzere, uluslararası standartlar ve ekonomik ilişkilerimiz bulunan yabancı ülkelerin standartlarındaki esaslar da göz önünde bulundurularak; yarar görülen hallerde, olabilen yakınlık ve benzerliklerin sağlanmasına ve bu esasların, ülkemiz koşulları ile bağdaştırılmasına çalışılmıştır.
- Görevli Teknik Komite çalışmalarında, konunun ilgilileri ile gerekli işbirliği yapılmakla beraber; hazırlanmış olan tasarı, son şeklini almadan önce, görüşlerini sağlamak üzere 24 yere gönderilmiştir.
- Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu Standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün bulunduğundan, ilgililerin yayınlarımızı izlemelerini ve Standardın uygulanmasında rastladıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.
- Bu Standardı meydana getirmiş olan Hazırlık Grubu ve Teknik Komite üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarılar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilimsel, resmî ve özel kuruluşlar ile kişilerin değerli katkılarını şükranla anarız.

TÜRK STANDARDLARINA UYGUN MADDE VE MAMÜLLER ÜZERİNE TÜRK
STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ'NDEN TALİMATINA GÖRE İZİN ALMAK ŞARTI İLE



MARKASI KONULABİLİR.

Türk Standardları, yaprağı 1 TL hesabı ile bedeli karşılığında Enstitü Merkezinde sağlanabilir.
TSE'den ücretsiz yıllık Katalog isteyiniz.

T Ü R K S T A N D A R D L A R I E N S T İ T Ü S Ü

Necatibey Caddesi, 112 — Bakanlıklar
A N K A R A



Türk Standardları Enstitüsü

**PARLAMA NOKTASI TAYİNİ
(KAPALI PENSKY — MARTENS CİHAZI İLE)**

TS

1273

**KASIM 1974
BİRİNCİ BASKI**
**METHOD OF TEST FOR FLASH POINT BY
PENSKY — MARTENS CLOSED TESTER**

UDK

662.75

0 - KONU, TARİF, KAPSAM
0.1 - KONU

Bu standard kapalı Pensky — Martens cihazı ile parlama noktası tayinine dairdir.

0.2 - TARİF
0.2.1 - Parlama Noktası

Parlama noktası, Pensky — Martens cihazına konan numunenin sıcaklığı, zamanla düzgün olarak artacak şekilde ısıtıldığında numune üzerinde meydana gelen buharın, bir deney alevciği yardımı ile, sürekli olarak parladığı en düşük sıcaklıktır.

0.3 - KAPSAM

Bu standard, gazyağı, motorin gibi ham petrolün destilasyonundan elde edilen petrol ürünleriyle yağlama yağlarının, deney koşullarında yüzey filmi meydana getirebilen sıvıların ve içinde süspansiyon halinde katı madde bulunan yanıcı sıvıların (suspension of solids), kapalı Pensky — Martens cihazı ile parlama noktası tayinini kapsar.

Kuruyan yağların, solvent tipi sıvı vaks (solvent type liquid waxes) ların ve yüksek penetrasyonlu (cut — back) asfaltların parlama noktası tayinini kapsamaz.

1 - NUMUNE

1.1 - Bu deneyde kullanılacak petrol ürünleri numunesi TS 900¹⁾ e göre alınmış olmalıdır.

1.2 - Yüksek viskoziteli numuneler, deneyden önce akışkan hale gelinceye dek ısıtılmalıdır. Numune uzun süre ve gereğinden çok ısıtılmamalı ve ısıtmada en yüksek sıcaklık, tahmin edilen parlama noktasından en az 16°C daha düşük olmalıdır.

1) Bu metinde geçen atıfa ilişkin tam bilgi arka kapak içinde verilmiştir.

İçinde çözünmüş veya serbest su bulunan numuneler, kalsiyum klorür ile kurutulmuş veya bir süzgeç kâğıdından süzülerek suyundan arıtılabilir.

2 - CİHAZ
2.1 - KAPALI PENSKY — MARTENS CİHAZI

Kapalı Pensky — Martens cihazı, Şekil - 1 de gösterilmiş olup, aşağıdaki parçalardan meydana gelmiştir.

2.1.1 - Deney Kabı

Deney kabı, piring veya ısı iletkenliği buna çok yakın olan başka bir paslanmaz alaşımdan veya metalden yapılmış olup boyutları Şekil - 2 de verilmiştir. Deney kabı kenarında bulunan çıkıntı, deney kabını ısıtma düzeninin içine oturtacak şekilde yapılmış olmalıdır.

2.1.2 - Kapak

Kapak, piriçten yapılmış olup boyutları Şekil - 3 de verilmiştir. Kapağın alt kenarı, deney kabının kenarında bulunan çıkıntının biraz üstüne oturacak boyutlarda yapılmalıdır. Kapağın altının iç çapı ile deney kabı üstünün dış çapı arasındaki fark 0,36 mm yi geçmemelidir. Kapakta deney kabı ile sıkıca bağlantı sağlayan bir düzen bulunmalıdır. Deney kabının üst kenar çevresine, kapağın iç yüzeyi sıkıca oturmalıdır.

2.1.3 - Kapatıcı

Kapatıcı, piriçten yapılmış, kalınlığı 2,4 mm olan ve kapağın üst yüzeyinde hareket eden bir düzendir.

Kapatıcı iki durma arasında, kapağın yatay merkezinin eksenî etrafında dönecek şekilde yapılmış ve yerleştirilmiştir.

Kapatıcı, kapama durumunda iken kapak üzerinde bulunan 3 deliği (Şekil - 3 A, B, C) örtecek, açma durumunda iken de, bu delikleri tamamiyle açık bırakacak boyut ve biçimde olmalıdır (Kapatıcıyı hareket ettiren düzen yaylı olup çalıştırıldığı an kapağın üzerindeki 3 delik açılır ve deney alevciği düzeninin ucu tamamen inmiş olur).

2.1.4 - Deney Alevciği Düzeni

Kapakta bulunan deney alevciği düzeninin ucundaki deliğin iç çapı 0,69 mm ile 0,79 mm arasında olmalı ve öncelikle paslanmaz çelikten yapılmalıdır (Şekil - 4).

Deney alevciği düzeni, kapatıcı açık iken, düzenin ucundaki delik merkezini kapağın üst ve alt yüzeylerinin arasına ve Şekil - 3 de gösterilen büyük deliğin (A) merkezinden geçen yarı çapın üzerinde bir noktaya rastlayacak şekilde indirebilecek bir yapıda olmalıdır.

2.1.5 - Yardımcı Alevcik Düzeni

Yardımcı alevcik düzeni, deney alevciğinin otomatik olarak tekrar yakılmasında kullanılır. Kapağın üzerinde, çapı 4 mm olan bir alevcik göstergesi vardır ve bu gösterge ile karşılaştırmakla deney alevciğinin boyu ayarlanabilir.

Yardımcı alevcik düzeninin ucundaki deliğin iç çapı, deney alevcik düzeninde olduğu gibi 0,69 — 0,79 mm dir.

2.1.6 - Karıştırma Düzeni

Karıştırma düzeni kapağın merkezine yerleştirilmiş olup, ikişer kanatlı iki metal pervanesi vardır. Karıştırıcının shaftı uygun bir gereçle bir motora bağlanmıştır.

2.1.7 - Isıtma Düzeni

Isı düzeni, bir hava banyosu ile deney kabı kenar çıkıntısının üzerine oturduğu bir üst plaktan oluşmuştur. Deney kabının gereken sıcaklığa getirilmesi ısıtma düzeni ile sağlanır.

2.1.7.1 - Hava Banyosu

Hava banyosunun iç yüzeyi silindirik olup boyutları Şekil - 1 de verilmiştir. Hava banyosu; alevle veya elektrikle ısıtılan metal bir döküm veya elektrik direnci ile ısıtılan başka bir düzendir. Her iki halde de hava banyosu, kullandığı sıcaklıklarda şekil değişikliğine uğramayacak bir yapıda olmalıdır.

NOT — Isıtma işleminin, alevle veya elektrikle ısıtılan metal dökümle, veya elektrik direnci ile yapıldığı zamanlarda hava banyosunun iç yüzeyinin her kısmı homogen olarak ısınacak şekilde yapılmış olmalı ve tabanı ile çeperlerinin kalınlığı 6 mm den az olmamalıdır. Metal döküm, ateşle ısıtmada oluşan yanma ürünlerinin yükselerek deney kabı içine girmesini önleyecek şekilde yapılması olmalıdır.

2.1.7.2 - Üst Plaka

Üst plaka, metalden yapılmış kendisi ile hava banyosu arasında bir hava boşluğu bırakacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu plaka üç videde ve burçlar (spacing bushings) yardımı ile hava banyosuna bağlanmıştır. Burçların ka-

lınlığı 4,8 mm (hava boşluğunun kalınlığı) ve çapları da en çok 9,5 mm dir.

2.1.8 - Termometreler

Tahmin edilen parlama noktası;

—7°C ile +93°C arasında ise ölçme sınırları —5°C ile +110°C arasında olan termometre, 110°C ile 370°C un arasında ise ölçme sınırları +90°C ile 370°C arasında olan termometre, +93°C ile +110°C arasında ise iki termometreden birisi kullanılır (Çizelge - 1).

Kapağın üzerinde, deney termometresinin oturacağı eğimli bir oyuk vardır. Bu oyukun konum ve boyutu Şekil - 3, 4 ve 5 de verilmiştir.

2.2 - CİHAZIN HAZIRLANMASI

Cihaz sağlam ve oynamayan bir masanın üzerine oturtulur. Deneyler hava akımlarından korunmamış bir odada yapıldığında cihazın üç tarafı koruyucu siperlikle çevrilmelidir (Siperliğin yüksekliği 61 cm, kenarları ise 46 cm dir).

3 - DENEY

3.1 - Deneye başlamadan önce, cihaz temizlenir. Temizlenmesinde kullanılan çözücüler tamamen giderilinceye kadar kurutulur. Deney kabı, deney numunesi ile, doldurma işaretine kadar doldurulur. Kapak, deney kabının üzerine oturtulur ve deney kabı da ısıtma düzeninin içerisine yerleştirilir. Kapak ve deney kabının üst plaka ile sıkıca bağlanmış olmasına dikkat edilmelidir. Termometre yerleştirilir, deney alevciği yakılır ve çapı 4 mm ye gelecek şekilde ayarlanır. Numune sıcaklığı 1 dakikada 5 — 6°C artacak şekilde ısıtılmaya başlanır ve karıştırıcı numuneyi aşağı doğru karıştırarak ve dakikada 90 — 120 devir yapacak şekilde döndürülür.

3.2 - PARLAMA NOKTASI 104°C VEYA DAHA ALTINDA OLAN NUMUNELER

Numunenin parlama noktası, 104°C veya daha altında ise, numunenin sıcaklığı tahmin edilen parlama noktasından en az 17°C daha aşağıda iken, numuneye deney alevciği uygulanır ve bu işlem her tam °C da tekrar edilir. Deney alevciği, kapağın üzerindeki kapatıcıyı ve deney alevciğini kontrol eden düzenin çalıştırılması ile kabın buhar kısmına hızla (yarım saniye kadar) indirilir, 1 saniye bu durumda bekletilir ve hızla eski durumuna yükseltilir. Deney alevciğinin uygulanması sırasında numune karıştırılmamalıdır.

3.3 - PARLAMA NOKTASI 104°C UN ÜZERİNDE OLAN NUMUNELER

Numunenin parlama noktası 104°C un üzerinde ise, deney alevciği numuneye, Madde 3.2 de anlatıldığı gibi ve 3 ün katı olan sıcaklık derecelerinde uygulanır (Deney alevciğinin ilk uygulanmasına numunenin sıcaklığı tahmin edilen parlama noktasından en az 17°C daha aşağıda olduğu zaman başlanmalıdır).

Deney alevciğinin, deney kabı içinde belirli bir parlamaya sebep olduğu andaki sıcaklık, numunenin parlama noktası olarak not edilir.

NOT — Bazı hallerde gerçek parlama noktasından önce deney alevciği etrafında mavi renkli bir hale meydana gelebilir. Bu durum gerçek parlama noktası ile karıştırılmamalıdır.

3.4 - İÇİNDE SUSPANSİYON HALİNDE KATI MADDE BULUNAN YANICI SIVILARIN PARLAMA NOKTASI TAYİNİ

Deney yapılmadan önce cihazın ve deneyi yapılacak olan numunenin sıcaklığı 15°+5°C a veya numunenin tahmin edilen parlama noktasından 11°C daha aşağıya getirilmelidir. Bu iki sıcaklıktan hangisi daha düşük ise, o uygulanmalıdır. Deney kabı ile hava banyosunun iç yüzeyi arasında kalan boşluk, numunenin ve cihazın sıcaklığındaki su ile tamamen doldurulmalıdır. Karıştırıcı numuneyi aşağı doğru karıştırarak ve dakikada 250+10 devir yapabilecek şekilde döndürülür. Deney boyunca numunenin sıcaklığı dakikada 1°C dan az ve 1,5°C dan çok olmamak şartıyla artırılmalıdır.

NOT — Madde 3 de anlatılan deneylerde, sıcaklık artma hızının düzenlenmesi için katı karbondioksit (kuru buz) kullanılmamalıdır.

— ATMOSFER BASINCI İLE İLGİLİ DÜZELTMELER

Deney sırasında hava basıncı barometre ile ölçülür ve not edilir. Basınç ile ilgili düzeltmeler aşağıda açıklandığı gibi yapılır :

— 760 milimetre barometre basıncının altında ki her 25 milimetre için, bulunan parlama noktasına 0,9°C eklenir.

— 760 milimetre barometre basıncının üstündeki her 25 milimetre için, bulunan parlama noktasından 0,9°C çıkarılır.

— Düzeltme yapıldıktan sonra elde edilen rakam en yakın tam sayıya yuvarlatılır.

5 - DENEYİN DUYARLIĞI

Deney sonuçlarının kabul edilebilirliği aşağıdaki koşullara bağlıdır.

5.1 - TEKRAREDİLEBİLİRLİK

Aynı kimsenin aynı laboratuvarında birbirine yakın zamanlarda yaptığı iki deney sonuçları arasındaki fark, aşağıda gösterilmiş olan miktarı aştığı halde, sonuçlar yeterli doğrulukta sayılmaz.

Deney Numunesi Cinsi	Parlama Noktası Aralığı	Fark
— İçinde suspansiyon halinde katı madde bulunan yanıcı sıvılar	35° — 43°C	2°C
Diğerleri	104°C ve altında	2°C
	104°C ve üzerinde	6°C

5.2 - UYARLILIK

İki ayrı laboratuvarında ayrı kimseler ve ayrı zamanlarda yapılan deney sonuçları arasındaki fark, aşağıda gösterilmiş olan miktarı aştığı halde, sonuçlar yeterli doğrulukta sayılmaz.

Deney Numunesi Cinsi	Parlama Noktası Aralığı	Fark
— İçinde suspansiyon halinde katı madde bulunan yanıcı sıvılar	35°C — 43°C	4°C
Diğerleri	104°C ve altında	4°C
	104°C in üzerinde	8°C

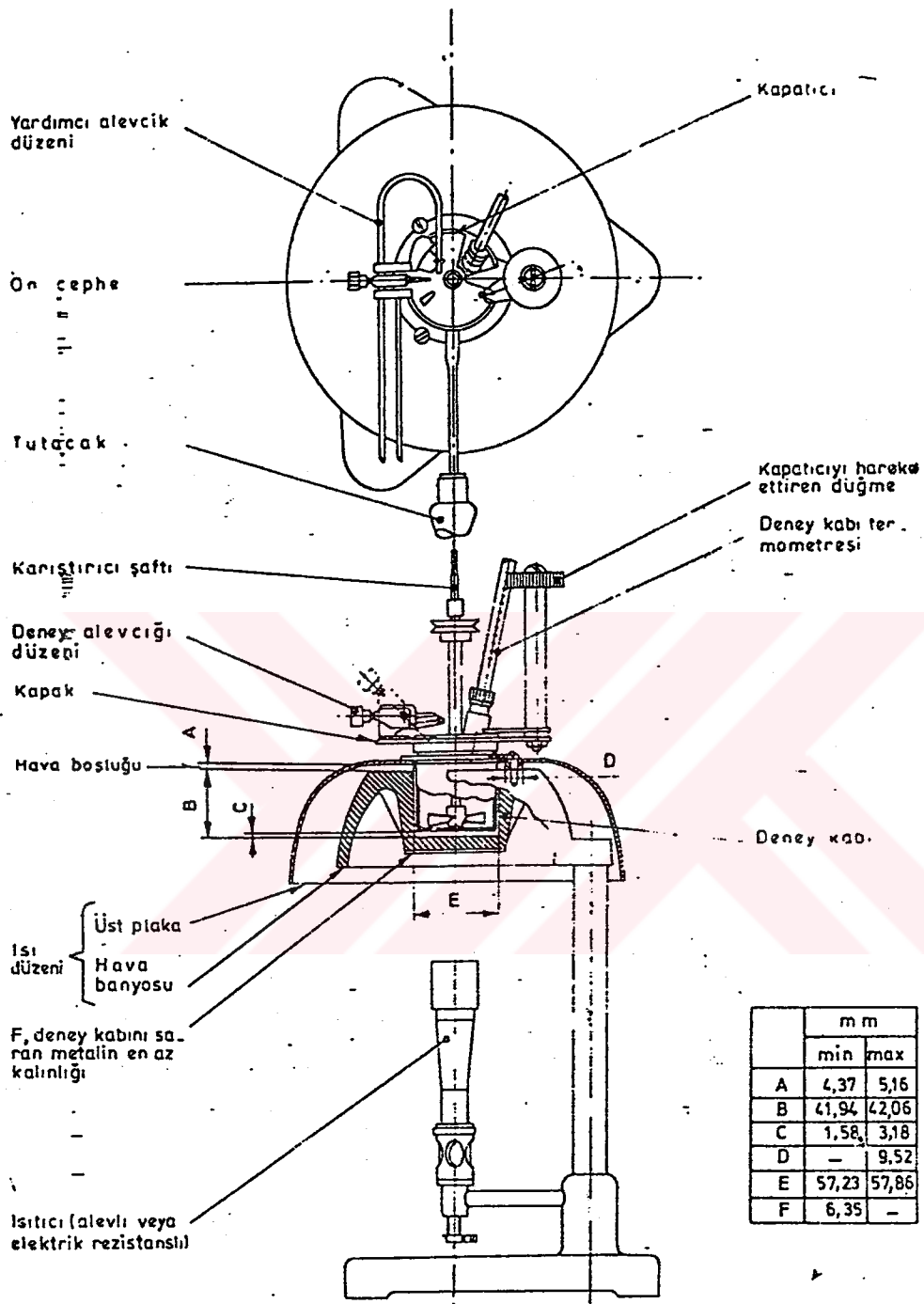
ÇİZELGE - 1 Termometreler.

Tahmin edilen parlama noktası	Termometrenin kullanıldığı yer	Ölçme aralığı °C	Deney aralığı	Daldırılacağı seviye	Bölünümlü			En çok bölünümlü hatası °C	Genleşme haznesinin dayanabilirliği sıcaklık	Tam boy ± 5	Gövdenin dış çapı	Hazne		Bölüntünün yerleştirilmesi				Buz olma noktası Bölüntüsü		Bütümlü haznenin yerli		Gövde üzerindeki boğumun yeri ve boyutları		
					Kısa çizgiler °C	Uzun çizgiler °C	Numaralı çizgiler °C					Sıcaklık derecesi °C	Sıcaklık derecesi °C	Sıcaklık derecesi °C	Sıcaklık derecesi °C	Sıcaklık derecesi °C	Sıcaklık derecesi °C	Sıcaklık derecesi °C	Ölçme aralığı	Haznenin dibine - Çen buz olma noktasına kadar uzaklık	Dipten itibaren en az uzaklık	Tepeden itibaren en çok uzaklık	Dış çap	Boy -
70-370°C arasında	Kapalı Pensky Martens cihazı	-5 110	-	57	0,5	1	5	0,5	160	287	60-7,0	9,0-13,0	0	85-98	100	221-237	-	-	75-85	25-50	34-66	C		
70-370°C arasında	Kapalı Pensky Martens cihazı	90 370	-	57	2	10	20	a	b	287	60-7,0	8,0-10,0	4,5-6,0	110	85-99	360	227-245	-	-	75-85	25-50	64-66	C	

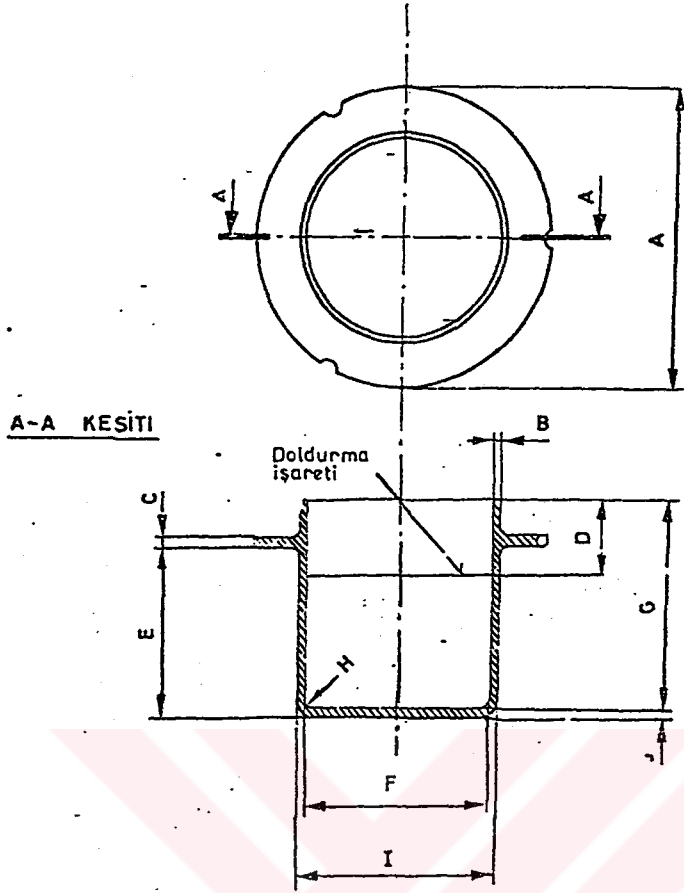
a) - Bölünümlü hatası, 260 °C a kadar 1 °C , 260 °C un üstünde 2 °C .

b) - Yüksek sıcaklıklarda meydana gelen basıncın termometreyi bozmasını önlemek için genleşme haznesi vardır. Bu hazne civardaki kesintileri birleştirmek amacı için değildir. Termometre hiç bir halde en yüksek okuma sıcaklığı üzerinden ısıtılmamalıdır.

c) - Boğumun boyu ve boğumun alt noktası ile haznenin alt noktası arasındaki uzaklık Şekil-6 da gösterilen düzen ile ölçülmelidir.

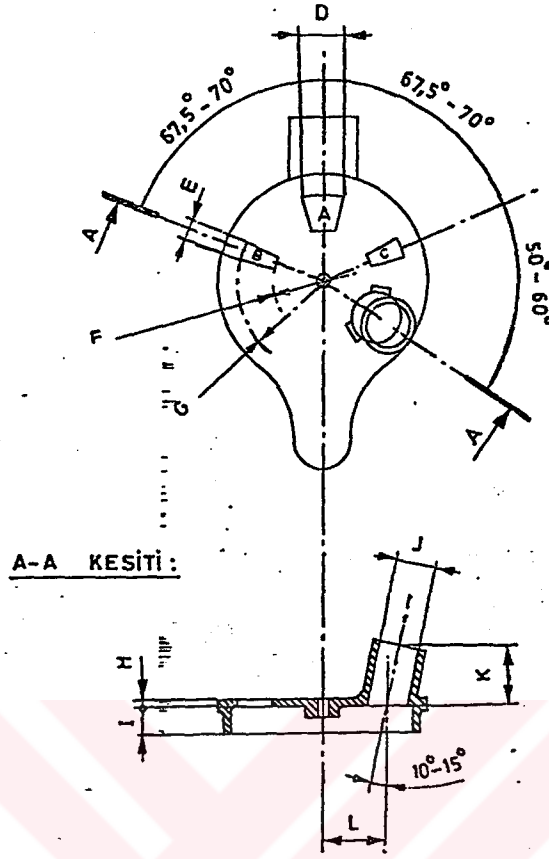


ŞEKİL_1 Kapalı Pensky-Martens cihazı,



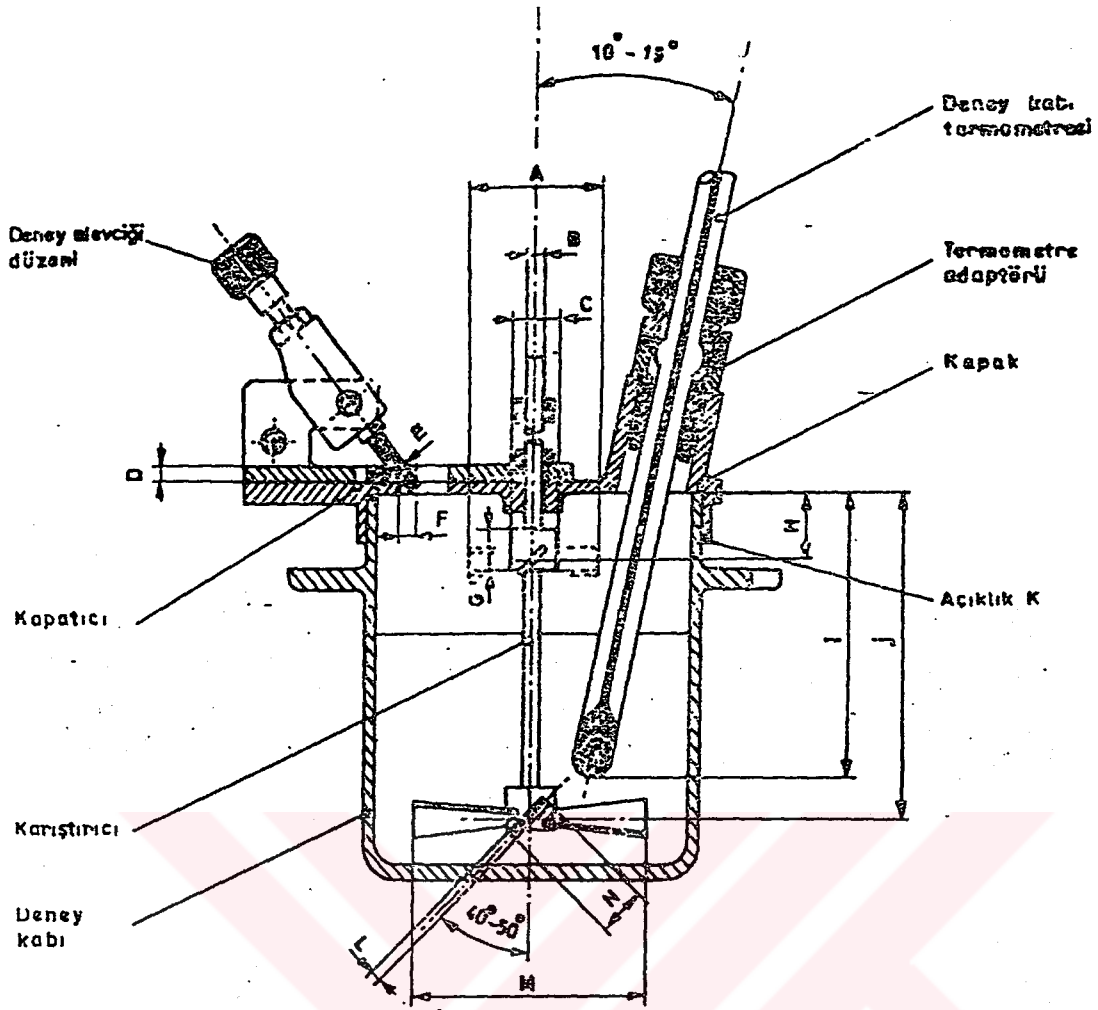
	- mm	
	min.	max.
A	79,0	79,8
B	1,0	
C	2,8	3,6
D	21,72	21,84
E	45,47	45,72
F	50,72	50,85
G	55,75	56,00
H	3,8	4,0
I	53,90	54,02
J	2,29	2,54

ŞEKİL_2 Deney kabı.



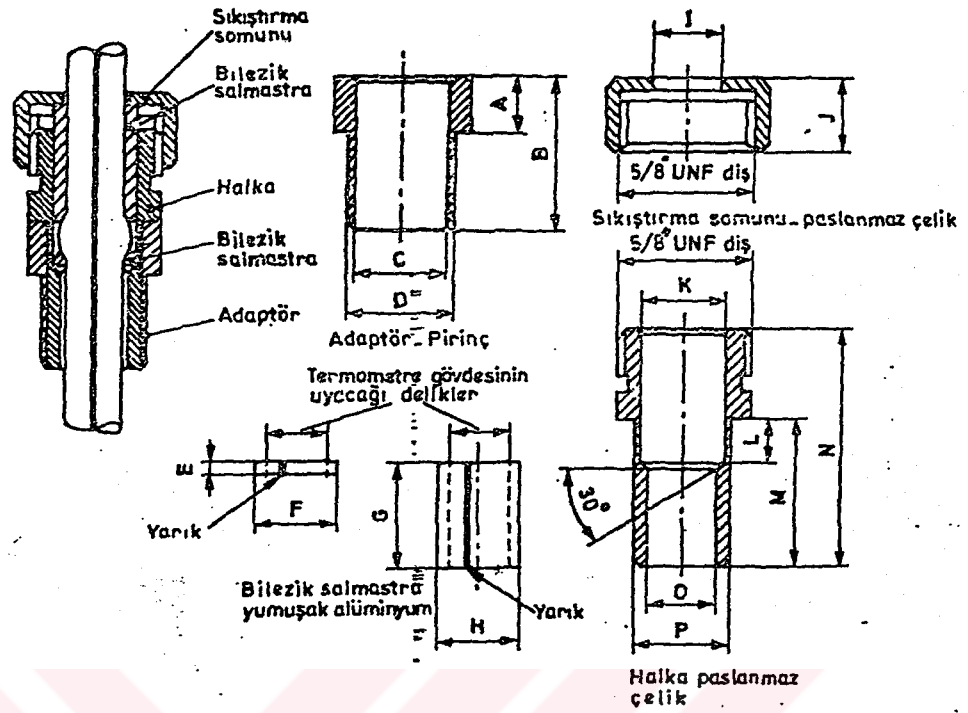
	mm	
	min.	max.
D	12,7	13 5
E	4,8	5 6
F	13,5	14 3
G	23,8	24 6
H	1,2	2 0
I	7,9	-
J	12,27	12 32
K	16,38	16 64
L	18,65	19 45

ŞEKİL - 3 - Kapak .



	mm	
	min.	max.
A	18,3	19,8
B	2,38	3,18
C	7,6	8,4
D	2,0	2,8
E	0,59	0,79
F	2,0	2,8
G	6,4	10,4
H	9,6	11,2
I	43,0	46,0
J	50,0	51,6
K	—	0,36
L	1,22	2,06
M	31,8	44,4
N	7,6	8,4

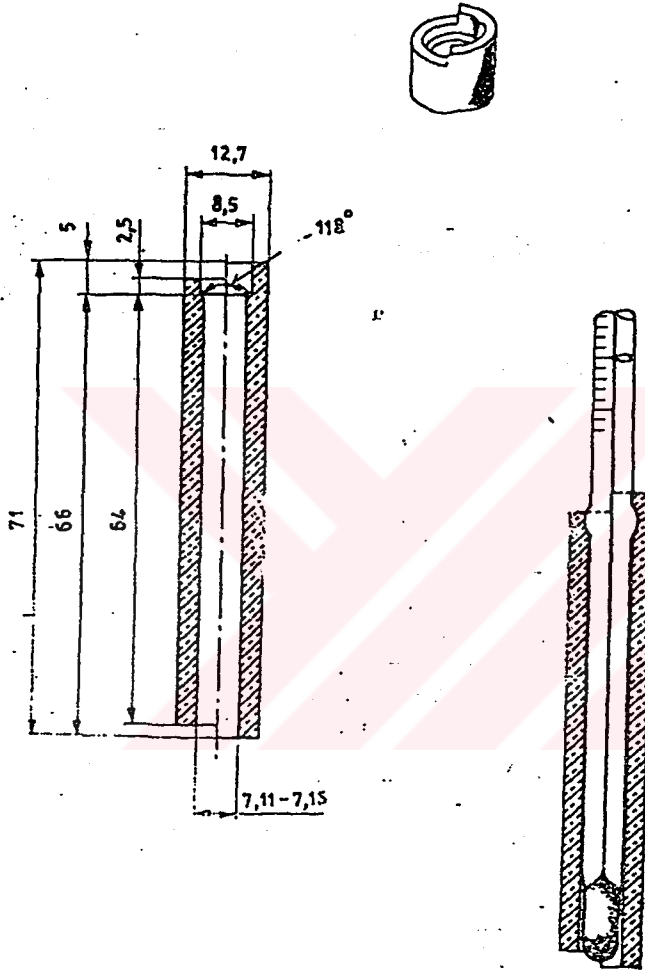
ŞEKİL - 4 Deney kabı ve kapak düzeni.



	mm	
	min.	max.
A	6,20	6,50
B	17,0	18,0
C	9,80	9,85
D	12,19	12,24
E	1,40	1,65
F	8,56	8,61
G	12,6	13,0
H	8,56	8,61
I	8,1	8,6
J	9,9	10,7
K	8,64	8,69
L	5,1	5,6
M	17,0	17,5
N	27,4	28,2
O	7,11	7,16
P	9,73	9,78

ŞEKİL_5 Deneysel kabı termometre adaptörü, halkası ve bilezik salmastrasının boyutları.

Ölçüler mm dir



ŞEKİL - 6 Termometre boğumunu kontrol eden düzen

**Bu Standard Metninde Atıf Yapılan Diğer
Türk Standardları**

Numarası	Tarihi
900	1971/I. Baskı

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	27.03.1979	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1993-1996	Sakıp Sabancı Anadolu Lisesi
Lisans	1996-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bil.Ens. Makine Müh.Anabilim Dalı.Enerji Makineleri Programı

Çalıştığı Kurumlar

05/2001-09/2002 Opel Gerçek Ltd.Şti
Servis Danışmanı