T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOETANOL- BENZİN KARIŞIMLARININ BAZI YAKIT ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hasan ÇELİKTEN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

Danışman
Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

Konya, 2008

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOETANOL- BENZİN KARIŞIMLARININ BAZI YAKIT ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

HASAN ÇELİKTEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ
OTOMOTİV ANABİLİM DALI

Bu tez 24/10/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir

Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU	Doç. Dr. Sedat ÇALIŞIR	Yrd. Doç. Dr. Ali ATEŞ
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİYOETANOL- BENZİN KARIŞIMLARININ BAZI YAKIT ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hasan ÇELİKTEN
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Mustafa ACAROĞLU
2008, 68 sayfa

Jüri: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Doç. Dr. Sedat ÇALIŞIR
Yrd. Doç. Dr. Ali ATEŞ

Bu çalışmada, buji ile ateşlemeli motorlarda, biyoetanol-benzin karışımlarının bazı yakıt özellikleri incelenmiştir. Yakıt özelliklerinden; yoğunluk, alt ısıl değer, su içeriği, karbon, hidrojen ve kükürt değerleri incelenmiştir. Yakıt olarak hacimce % 0, % 1, % 2, %3, % 4, % 5, % 10, % 15, % 20, % 30, % 40, % 50, % 60, % 70; % 80, % 85, % 100 biyoetanol içeren E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85, E100 yakıtları kullanılmıştır. Yakıt özelliklerinden; yoğunluk, alt ısıl değer, su içeriği, karbon, hidrojen, kükürt arasındaki etkileşimler istatistiksel olarak incelenmiştir. Bulunan sonuçlara göre; yakıtların yoğunlukları biyoetanol miktarına bağlı olarak artmıştır. Biyoetanolün su tutma özelliğinden dolayı, yakıtların su içeriklerinde artış gözlemlenmiştir. Alt ısıl değerlerinde, en düşük değer E100 yakıtında ölçülmüştür ve E0'a göre E100 yakıtında alt ısıl değerin % 38,5 oranında azaldığı belirlenmiştir. En yüksek karbon değeri E5 yakıtında ölçülmüştür, yakıt karışımı içinde biyoetanol oranı arttıkça karbon değerinin düştüğü saptanmıştır. Yine biyoetanol oranı arttıkça yakıt karışımının kükürt miktarlarında artma olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Benzin-biyoetanol karışımları, yakıt özellikleri, yoğunluk, alt ısıl değer, su içeriği, karbon, hidrojen, kükürt

ABSTRACT

MS Thesis

THE DETERMINATION OF SOME FUEL PROPERTIES FOR BIOETHANOL - GASOLINE MIXTURES

Hasan ÇELİKTEN
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
2008, 68 pages

Jury: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Assoc. Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR
Assist. Prof. Dr. Ali ATEŞ

In this study, it was investigated some fuel features of bioethanol-gasoline mixture in the engines with sparking system. For its fuel features it was investigated such as density, low heating value, content of the water, carbon, hydrogen and sulphur in machine. As mixture fuel E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85, E100 which consist bioethanol in % 0-1-2-3-4-5-10-15-20-30-40-50-60-70-80-85-100 volume. It was investigated effect statistical for fuel features between density, low heating value, content of the water, carbon, hydrogen and sulphur. We have observed that the amount of the water in fuels has increased because of the future of bioethanol's water capturing low heating value has calculated in at the fuel E100. For E0 in fuel E100 the heating value has decreased % 38,5. The highest carbon value calculated in fuel E5, this value has decreased when it has come to E100.The amount of sulphur has increased when it has come to E100.

Keywords: Gasoline-bioethanol mixture, fuel properties, density, low heating value, content of the water, carbon, hydrogen, sulphur

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, buji ile ateşlemeli motorlarda, gelecekte benzinin yerine alternatif yakıt olarak kullanılması muhtemel olan biyoetanolun benzin ile karıştırılması ve karışım yakıtlarının yakıt özelliklerinden; yoğunluk, alt ısıl değer, su içeriği, karbon, hidrojen, kükürt değerleri incelenmiştir. Bu değerlerin bilinmesi gelecekte alternatif yakıt olarak kullanılabilecek olan biyoetanolün yakıt özelliklerinin bilinmesinde önemli bir çözüm aracı olması hedeflenmiştir.

Tüm çalışmalarım esnasında, danışmanım sayın Prof.Dr. Mustafa ACAROĞLU hocama, deneyler için gerekli biyoetanol temini ve deneyleri yapmam için laboratuarlarını açıp yardımcı olan Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş. Çumra Şeker Entegre Tesisleri Biyoetanol Fabrikası Müdürü ve Mühendislerine, Konya Çimento Sanayi A.Ş. Kalite Kontrol Laboratuarı Müdürüne, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİL DİZİNİ vii
TABLO DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
1.1. Biyoetanol 2
1.2. Biyoetanol Üretimi 2
1.2.1. Fermantasyon Ünitesi 3
1.2.2. Destilasyon Ünitesi 4
1.2.3. Moleküler Ayrışma Ve Dehidratasyon (Susuzlaştırma) Ünitesi .. 5
1.3. Dünyada Biyoetanol Üretimi 6
1.4. Türkiye'de Biyoetanol Üretimi 7
1.5. Biyoetanolün Yakıt Olarak Kullanılması 8
1.6. Biyoetanolün Yakıt Olarak Avantajları 8
1.7. Biyoetanolün Yakıt Olarak Dezavantajları 11
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 16
3. MATERYAL METOT 30
3.1. Materyal 30
3.1.1. Deney Yakıtları 30
3.1.2. Ölçüm Materyalleri 34
3.1.3. Yoğunluk Ölçme Cihazı 35
3.1.4. Su (Nem) Tayin Cihazı 36
3.1.5. Hassas Terazi 36
3.1.6. Kalorimetre Cihazı 37
3.1.7. C-H-S Cihazı 38
3.2. Metot 40
3.2.1. Yoğunluk 40
3.2.2. Su İçerigi (Nem) 40

3.2.3. Alt Isıl Değer 41
3.2.4. Karbon-Hidrojen-Kükürt.....42
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....43
4.1. Yoğunluk.....43
4.2. Su Miktarı (Nem) 43
4.3. Alt Isıl Değer.....45
4.4. Karbon 46
4.5. Hidrojen 47
4.6. Kükürt.....48
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....49
6. KAYNAKLAR.....52
EKLER.....57

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Biyoetanolün Kimyasal Yapısı C_2H_5OH 2
Şekil 1.2. Biyoetanol Üretim Aşamaları 3
Şekil 1.3. Fermantasyon Tankları 4
Şekil 1.4. Destilasyon Kolonları 5
Şekil 1.5. Biyoetanolün Benzinin Oktan Sayısına Etkisi 9
Şekil 1.6. Çevre Şartlarının Buzlanmaya Etkisi 12
Şekil 1.7. E95 yakıtı Kullanılan Motorda Çalışma Sıcaklığının Fonksiyonu Olarak Motorun İlk harekete Geçiş Süresi 13
Şekil 1.8. Dizel Yakıtına Biyoetanol İlavesinin Setan Sayısına Etkisi 13
Şekil 1.9. E85 ve Benzin Enjektörleriyle Pals Genişliğine Bağlı Olarak Püskürtülen Yakıt Miktarlarının Değişimi 14
Şekil 3.1. E0, E1, E2 Deney Yakıtları 32
Şekil 3.2. E3, E4, E5, E10 Deney Yakıtları 32
Şekil 3.3. E15, E20, E30, E40, E50 Deney Yakıtları 33
Şekil 3.4. E60, E70, E80, E85, E100 Deney Yakıtları 33
Şekil 3.5. 500 ml Kapasiteli Uzun Mezür 34
Şekil 3.6. Porselen Kroze 34
Şekil 3.7. Kalorimetre Bombası Kuartz kroze 34
Şekil 3.8. Densty/Specific Gravity Meter DA-505 35
Şekil 3.9. Densty/Specific Gravity Meter DA-505 cihazın LCD monitörü 35
Şekil 3.10. Karl Fischer Moisture Titrator MKC–501 Nem Tayin Cihazı 36
Şekil 3.11. Metter Toledo XS403S Hassas Terazi 36
Şekil 3.12. IKA Kalorimeters C 7000 37
Şekil 3.13. IKA Kalorimeters C 7000 Soğutma Sistemi ve Oksijen Dolum Aparatı 37
Şekil 3.14. IKA Kalorimeters C 7000 Kumanda Paneli 38
Şekil 3.15. IKA Kalorimeters C 7000 Kalorimetre Bombası 38
Şekil 3.16. ELTRA C-H-S 500 Determinator 39
Şekil 3.17. ELTRA C-H-S 500 Determinator Monitör Görüntüsü 39
Şekil 3.18. ELTRA C-H-S 500 Determinator Fırını 39
Şekil 4.1. Karışım yakıtlarının yoğunluk grafiği 43

Şekil 4.2. Karışım yakıtlarının su içerikleri % hacim grafiği.....44
Şekil 4.3. Karışım yakıtlarının su içerikleri grafiği (PPM) 44
Şekil 4.4. Karışım yakıtlarının alt ısıl değer grafiği 45
Şekil 4.5. Karışım yakıtlarının karbon grafiği.....46
Şekil 4.6. Karışım yakıtlarının hidrojen grafiği.....47
Şekil 4.7. Karışım yakıtlarının kükürt grafiği 48

TABLO DİZİNİ

Tablo 1.1. Biyoetanol karışımına bağlı olarak emisyon değişimleri 10
Tablo 1.2. Üretilen Biyoetanolün ithal petrolü karşılama durumu 11
Tablo 1.3. Biyoetanol-Benzin karışımlarında faz ayrışması.....11
Tablo 3.1. 95 Oktan kurşunsuz benzinin teknik özellikleri.....30
Tablo 3.2. Biyoetanolün teknik özellikleri.....31
Tablo 3.3. Deney yakıtlarının karışım oranları 31

1. GİRİŞ

Enerji gelişen dünyanın vazgeçilemez bir ihtiyacıdır. Ülkeler hedefledikleri ekonomik büyümeyi ve sosyal kalkınmayı gerçekleştirmek için ihtiyaç duydukları enerjiyi yeterli miktarda, güvenilir, çevreye duyarlı ve ekonomik olarak karşılamak durumundadırlar. Bugün dünyamızda kullanılan enerji kaynaklarının başında gelen fosil yakıtların yerini, gelecekte bunlara alternatif yakıtların alacağı kaçınılmazdır. Dünyadaki petrol rezervleri ve üretim miktarı dikkate alındığında petrolün 21. yy ortalarında tükeneceğine yönelik tahminler yapılmaktadır. Bu tahminlerin yanı sıra çevre kirliliğinin de giderek artıyor olması daha çevreci yakıt kaynaklarına yönelik çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır (Topgül 2006).

Taşıtlarda kullanılan petrol kökenli yakıtların yukarıda belirtildiği gibi gelecekte ihtiyacı karşılayamaz duruma gelmesi, alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasına olan ilgiyi artırmıştır (İmrağ 2006).

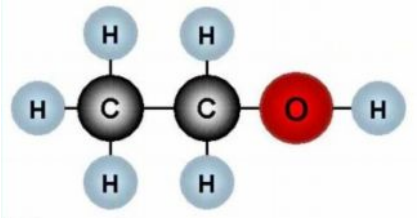
Bu gerçeklere bağlı olarak yapılan araştırmalarda; üretim sürekliliğine ve daha düşük emisyon değerlerine sahip alternatif yakıtlardan LPG, hidrojen, biyoetanol, metanol ve doğal gaz gibi yakıtların taşıtlarda kullanılması üzerinde durulmaktadır. Bunlara ek olarak taşıtlarda kullanabilmek amacı ile güneş enerjisi ve yakıt pilleri de dünya üzerinde çok yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Örs 2007).

Modern yaşamda taşımacılık hem hayati hem de stratejik bir sektördür. Otomobil endüstrisi çoğu ülkenin gayri safi milli hâsılasının % 10'undan daha fazlasını oluşturmakta ve tüketici harcamalarının içerisinde geniş bir paya sahip bulunmaktadır. Günümüzde fosil kökenli yakıtlar yerleşim alanlarının hem de atmosferin kirlenme nedenidir. Yakıt ve otomotiv endüstrisi, insan sağlığı ve çevre sorunları üzerindeki olumsuz etkileri, teknik, sosyal, politik ve finansal olarak çözmek zorundadır. Temiz bir çevre için biyolojik kökenli yenilenebilir, çevre dostu temiz yakıtlara ihtiyaç vardır. Biyoetanol, her tür biyokütleden üretilebilen geniş bir potansiyele sahiptir ve büyük veya küçük tesislerde uygun fiyatlarla üretilebilmektedir (Acaroğlu ve ark 2004).

İçten yanmalı motorlarda kullanılabilecek yakıtların, ucuz ve bol miktarda üretilebilmesi, ısıl değerlerinin yüksek olması, kolayca depolanabilmesi, taşınabilmesi, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaya olanak vermesi ve düşük

düzeylerde egzoz emisyonu oluşturması istenir. Alkoller otomobillerin icat edildiği yıllardan beri motorlarda kullanılmaktadır. Alkollerden sadece biyometanol ve biyoetanol petrol esaslı olmayan hammaddelerden güncel teknolojiyle pratik olarak üretilmektedir. Biyoetanol yüksek oktan sayısına sahiptir ve tarımsal ürünlerden üretilmektedir. Biyoetanol bu özellikleri nedeni ile buji ateşlemeli motorlar için uygun bir yakıttır ve motorlarda tek başına veya benzinle belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır (Çolak 2006).

1.1. Biyoetanol

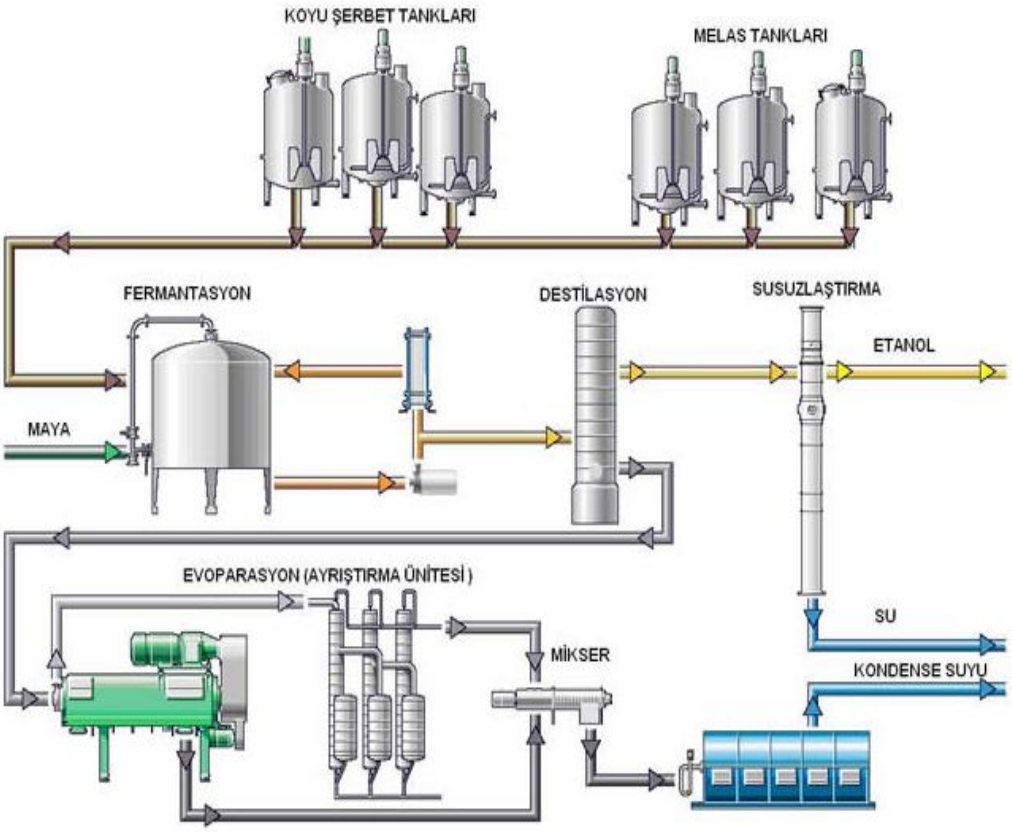


Şekil 1.1. Biyoetanolün Kimyasal Yapısı C_2H_5OH (Bayındırlı 2007)

Biyoetanol, karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan sıvı alkoldür. Biyoetanol nişasta gibi şekere dönüştürülebilen (karbonhidratlar) veya şeker ihtiva eden (tahıl tohumu gibi) her biyolojik kaynaktan üretilebilmektedir. Dünyada biyoetanol öncelikle mısır tanesi ve tahıl gibi tohumlardan damıtma yöntemiyle (distilasyonla) üretilmektedir. Her ne kadar selülozik biyoetanol teknolojisi hala gelişmekte ise de tarımsal ve odun artıkları ve hızlı büyüyen ağaçlar ve otlar gibi selüloz malzemelerden de üretilebilmektedir. Yaygın olarak mısır, patates, tahıllar, şeker pancarı, şeker kamışı gibi tarım ürünlerinden üretilmektedir (Çelikten 2007).

1.2. Biyoetanol Üretimi

Biyoetanol üretiminde hammadde olarak kullanılan koyu şerbet ve melas aşağıdaki aşamalardan geçirilerek biyoetanol elde edilmektedir (Dereli 2007).



Şekil 1.2. Biyoetanol Üretim Aşamaları (Dereli 2007)

1.2.1.Fermantasyon Ünitesi

Şekil 1.3'te görülen tanklarda, koyu şerbet hammaddesinin(sakaroz) içerisine, fermantasyon metoduyla kullanılan mayalar ve asit ilavesi yapılır. PH 4,5 – 5 arasında tutulursa; sakarozun, glikoz ve früktoza parçalanması sağlanır. PH seviyesini tutturmak için sülfürik asit kullanılmaktadır.

Glikoz veya früktoz, maya tarafından parçalanarak biyoetanol ve CO_2 'e dönüştürülür. Reaksiyon ekzotermik (dışarıya ısı veren) olduğundan her 1 kg biyoetanol için 1200 kJ enerji açığa çıkar.

$$\underset{\text{Sakkaroz}}{C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O} \xrightarrow[\text{inversiyon}]{\text{Asidik ortam}} \underset{\text{glikoz}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{fruktoz}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Glikoz veya fruktoz}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{Mayalanma (pH4,5- 4,8)}} \underset{\text{etanol}}{2\,C_2H_5OH} + 2\,CO_2 + Q\ (\text{Ekzotermik})$$



Şekil 1.3. Fermantasyon tankları (Dereli 2007)

Fermantör sıcaklığını yükselten bu olay, maya aktivitesini düşürdüğü hatta mayanın ölümüne neden olduğu için mayşe bir eşanjörden geçirilerek, sıcaklığı 32ºC- 34 ºC derece arasında tutulur.

Fermantasyon esnasında meydana gelen CO_2 çok az miktarda alkol taşıyacağı için, atmosfere atılmadan önce bir CO_2 yıkayıcısından geçirilir. Yıkantı şartlara bağlı olarak ya fermantöre veya besi suyu tankına verilir.

Şekil 1.3'teki fermantasyon tanklarında oluşan %8.5-11 saflığındaki alkollü mayşe, Şekil1.4'te görülen destilasyon kolonlarına çekilmeden önce, seperatörden geçirilerek mayası ayrılır ve ayrılan maya fermantasyon tankına geri gönderilir. Separatörde toplanan mayasız alkollü mayşe bir pompa yardımıyla destilasyon kolonuna gönderilir (Dereli 2007).

1.2.2. Destilasyon Ünitesi

Fermantasyon ünitesinde üretilen % 8,5-11 saflıktaki alkollü mayşe, destilasyon ünitesine gelir. Destilasyon kolonlarından geçerek hacimce minimum %96 lık saflıkta biyoetanol olarak üretilir. Üretilen biyoetanol Şekil 1.2'de gösterilen susuzlaştırma ünitesine gönderilir. Destilasyon kolonun orta kısımlarından fuzel yağı

(yüksek moleküllü alkol karışımı) alınır. Alt kısmından ise şilempe (alkol dışında kalan bütün organik ve inorganik maddeler) Şekil 1.2'de gösterilen evoporasyon ünitesine gönderilerek, yem katkı maddesi, organik sıvı ve katı gübreler elde edilmektedir (Dereli 2007).



Şekil 1.4. Destilasyon Kolonları (Dereli 2007)

1.2.3. Moleküler Ayrışma Ve Dehidratasyon (Susuzlaştırma) Ünitesi

% 99,9 saflık derecesinde Biyoetanol üretimi hedeflendiğinden; ekstra susuzlaştırma için Moleküler Ayrışma ve Dehidratasyon (Susuzlaştırma) Ünitesi kurulmuştur. Biyoetanol molekülleri su moleküllerinden daha büyüktür. Yüksek sıcaklık (120^{o}C) ve basınç altında beslenen, % 95 saflık derecesindeki biyoetanol moleküler elekten (zeolit) geçişi esnasında su molekülleri moleküler elekte hapsedilir. Alkol molekülleri gözeneklere girmeden geçer. Böylece sulu alkol buharı suyunu zeolitlerden müteşekkil yatağın içine bırakır. Böylece susuzlaştırma ünitesinde %99,9 saflıkta biyoetanol elde edilir. Üretilen biyoetanol soğutucudan geçirilerek ürün depolama tanklarında depolanır. Biyoetanolün parlama noktasının

düşük olması sebebiyle ürün depolama tanklarındaki sıcaklık sürekli olarak kontrol altında tutulur (Dereli 2007).

1.3. Dünyada Biyoetanol Üretimi

Biyoetanol pazarının genişlemesine rağmen potansiyel hala tam olarak kullanılmamaktadır. Dünyadaki yakıt biyoetanol talebi 34,5 milyon ton/yıl olmakla beraber hala biyoetanol kullanımı bu talebin %3'ünü oluşturmaktadır. Aynı zamanda dünya enerji talebinin 2020'ye kadar %20 artması beklenmektedir (http://www.sekeris.org.tr/ yazi_ayrinti.php?yazi_no=337).

2006 yılında ABD'nin Biyoetanol üretimi 15,5 milyon ton/yıl olmuştur. ABD'de halen yürürlükteki enerji kanunu gereği petrol ürünleri dağıtıcısı şirketlerin satışını yaptıkları petrol ürünlerine 2012 yılında toplam 22 milyon ton/yıl biyoyakıt harmanlamaları gerekmektedir.

Halen şeker kamışından yaptığı biyoetanol üretimi ile dünyadaki en düşük üretim maliyetine sahip olan Brezilya, 2006 yılında 13 milyon ton/yıl biyoetanol üretimi gerçekleştirmiştir.

Avrupa Birliği'nde 2005 yılı biyoetanol üretimi 2,7 milyon ton/yıl olmuştur. Avrupa Birliği stratejik öneme haiz biyoetanol üretiminde biraz geride kalmış olsa da, özellikle tarım sektörü büyük olan üye ülkelerin tamamında yeni üretim tesisleri inşa halindedir (http://www.sekeris.org.tr/ yazi_ayrinti.php?yazi_no=337).

Avrupa Birliği, 2003 yılında yayınladığı direktif ile 2010 yılında tüm üye ülkelerde biyoyakıt kullanımını % 5.75 (petrol eşdeğeri) olarak hedeflemiş ancak 2006 yılında yapılan değerlendirmeler sonucunda söz konusu hedefin yetersiz kalacağı tespit edilince, 8-9 Mart 2007`de toplanan Başkanlık Konseyi yeni bir direktif teklifini onaylayarak hem biyoyakıt kullanımını zorunlu kılmaya karar vermiş hem de yeni hedefi 2020 yılında % 10 (petrol eşdeğeri) olarak belirlemiştir.

Avrupa Birliği'nin benzin talebi halen 140 milyon ton/yıl seviyesindedir. Yeni direktif ile % 10 biyoetanol kullanımı hedeflendiğinde, Avrupa Birliği'nin biyoetanol talebi 14 milyon ton/yıl olacaktır. Avrupa Birliği'ne üye ülkelerin kendi üretimleri ile hedeflenen bu biyoetanol üretim miktarını yakalamaları oldukça zordur.

Avrupa Birliği'nin hedeflediği biyoetanol kullanım miktarını yakalayabilmesi için başvurabileceği ve halen gümrük birliğine sahip en güvenilir kaynağı Türkiye'dir. Türkiye büyük tarım ürünleri rekoltesi ile Avrupa Birliği'nin biyoetanol ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayabilir (http://www.sekeris.org.tr/ yazi_ayrinti.php?yazi_no=337).

Uzakdoğu'da hızla artan biyoetanol üretiminde başı Çin çekmektedir. Çin'de toplam yakıt tüketiminin % 20'sini oluşturan biyoetanol üretimi, 3,85 milyon ton/yıla ulaşmıştır.

Hindistan'da, birçok duraklama ve ilerleme dönemi sonucunda, biyoetanol programı 2006 Ekim'inde çıkarılan bir yasa ile %5 (petrol eşdeğeri) oranı benimsenmiş ve bunun sonucu üretim tekrar artmaya başlamıştır. Hindistan'ın biyoetanol üretiminin 2007 yılında 450 bin ton/yıldan 615 bin ton/yıla yükselmesi beklenmektedir (http://www.sekeris.org.tr/ yazi_ayrinti.php?yazi_no=337).

Tayland'da, biyoetanol benzin karışımı talebi giderek artmaktadır. Şimdiden 750 bin ton/yıl bir talep şimdiden oluşmuş durumdadır. Yerel sanayi ise 2006 yılında 350 bin ton/yıl üretim düzeyini yakalamaya çalışmaktadır.

Öte yandan Japonya özellikle Brezilya'da üretim tesisleri satın almaktadır. İthalatçı bir ülke olan Japonya'da, yıllık %10 luk bir yakıt tüketimine tekabül eden 6 milyon ton/yıllık yakıtın biyoetanolden karşılanmasını hedeflemektedir. Japon Petrol Birliği, biyoetanol benzin karışımı uygulamasını onaylamış bulunmaktadır (http://www.sekeris.org.tr/ yazi_ayrinti.php?yazi_no=337).

1.4. Türkiye'de Biyoetanol Üretimi

Türkiye'nin ilk biyoetanol üretim tesisini Bursa Mustafakemalpaşa'da kuran Tarkim'in, yıllık üretim kapasitesi 40 bin ton/yıldır. Biyoetanol üretiminde kullanılan mısırı ve buğdayı çiftçilerden ve tüccarlardan temin etmektedir(Çelikten 2007).

Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş bünyesinde yer alan Eskişehir Şeker Fabrikasında da yıllık 18,75 bin ton/yıl kapasiteli bir biyoetanol tesisi kurulmuş ve deneme üretimi yapmaktadır.

Pankobirlik çatısı altında bulunan Konya Şeker Fabrikası bünyesinde Türkiye'nin en büyük kapasiteli biyoetanol fabrikasının kuruluşu tamamlanmıştır. Yıllık üretim kapasitesi 84 bin ton/yıldır.

Adana'da özel teşebbüse ait Tezkim Tarımsal Kimya Sanayi A.Ş. 2007 Aralık ayında biyoetanol deneme üretimine başlamıştır. Fabrikanın 30 bin ton/yıl üretim kapasitesi vardır. Hammadde olarak mısır ve buğday kullanılmaktadır.

Toplam olarak ülkemizin yıllık biyoetanol üretim kapasitesi 172,750 bin ton/yıldır (Çelikten 2007).

1.5. Biyoetanolün yakıt olarak kullanılması

Benzinli motorlarda hacimsel olarak % 7-10 konsantrasyonunda biyoetanol karışımı Kuzey Amerika'da yaygın bir uygulama olarak kendini göstermektedir. 1970'den beri üretilen araçlara % 10 biyoetanol karışımlı yakıt uygulaması (E10) tam olarak uymaktadır. Bütün üreticiler E10 karışımının kullanılmasını onaylamakta ve taşıtlarını bu yakıt için garanti etmektedir. Düşük seviyedeki biyoetanol-benzin karışımlarının kullanılması ile motor karakteristik değerlerinde kayda değer bir değişiklik olmamaktadır (Acaroğlu ve ark. 2004).

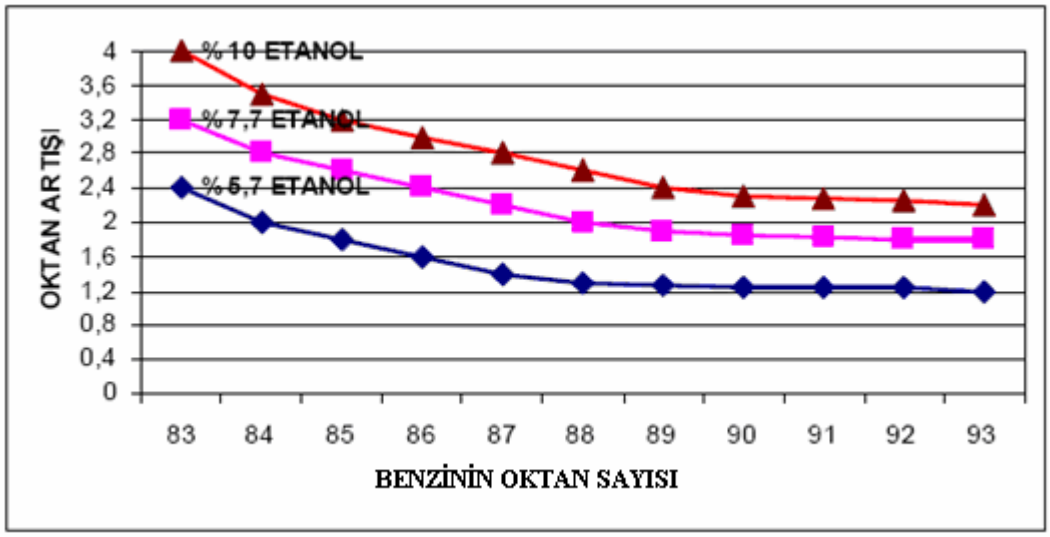
Biyoetanol için özel üretilmiş araçlarda, %85 biyoetanol-%15 benzin (E–85) karışımı kullanılabilir. Otomobil üreticileri E–85 yakıtı kullanan araçları sınırlı sayıda üretmektedirler. Bu araçlar %100 benzin veya %85 biyoetanol + %15 benzin sınırına kadar her oranda çalışabilmektedir. Bu nedenle bu taşıtlar esnek yakıtlı taşıtlar olarak adlandırılır (Acaroğlu ve ark. 2004).

1.6. Biyoetanolün yakıt olarak avantajları

Biyoetanolün buharlaşma gizli ısısı (856 j/g), benzinin buharlaşma gizli ısısından (272 j/gr) fazla olması nedeniyle emilen taze karışım üzerinde soğutucu etki oluşturabilir. Bu da motorun volümetrik veriminin artmasına neden olur. Yüksek volümetrik verim nedeniyle biyoetanol-benzin karışımı yakıt ile çalışan motorların momenti ve gücü yüksek olur (Hsieh ve ark. 2002).

Oktan sayısı yakıtların vuruntu direncinin tipik bir ölçüsüdür. Alkol yakıtların vuruntuya dayanıklı olmaları sebebiyle, motorları daha yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntusuz çalıştırmak mümkündür. Sıkıştırma oranının artmasıyla, motor gücü de artmaktadır. Laboratuar ve yol testleri, biyoetanolün etkili bir oktan sayısı yükselticisi olduğunu göstermektedir. Biyoetanolün araştırma oktan sayısı (R.O.N.) 108-111, motor oktan sayısı (M.O.N.) 89-92'dir. Benzinde oktan sayısını yükseltmek için kullanılan kurşunlu bileşiklerin insan sağlığına zararlı etkileri vardır (Çelikten 2007).

Yapılan araştırmalarda biyoetanolün benzinin oktan sayısı artışına etkisi Şekil 1.5.'de verilmiştir (Çelikten 2007).



Şekil 1.5. Biyoetanolün Benzinin Oktan Sayısına Etkisi (Çelikten 2007)

Tam çevrimde bir litre %100 benzin yerine E10 yakıtı kullanıldığında eğer biyoetanol tahıldan üretilmişse sera etkisi yapan gaz emisyonu % 3-4, şayet biyoetanol selülozdan üretilmişse gaz emisyonu % 6-8 düşebilir. %100 benzin yerine E85 yakıtı kullanımı net emisyonları %75'e kadar düşürülebilir. Tablo 1,1'de biyoetanol karışımına bağlı olarak emisyonların değişimi verilmiştir (Acaroğlu 2007).

Azot oksitlerin insan sağlığı üzerindeki en olumsuz etkisi ciğerlerdeki nemle birleşerek, nitrik asit oluşumuna neden olabilmeleridir. Ayrıca atmosferdeki su ile birleşen azot oksitler nitrik asit oluşturarak, bitki örtüsüne zarar veren asit

yağmurlarına neden olurlar. Emisyondaki Azot Oksit miktarındaki azalma asit yağmurlarının azalmasına neden olur (Topgül 2006).

Tablo 1.1. Biyoetanol karışımına bağlı olarak emisyon değişimleri (Acaroğlu 2007)

	Biyoetanol Karışım Oranı		
Emisyon	% 2	% 5	% 10
Karbon Monoksit (CO)	5 %azalma	10 %azalma	25-30 %azalma
Karbon Dioksit (CO_2)	2 %azalma	5 %azalma	10 %azalma
Hidro Karbon (HC)	5 %azalma	10 %azalma	25-30 %azalma
Azot Oksit (NO_X)		3 %azalma	5 %azalma
Egzoz	2 %azalma	4 %azalma	7 %azalma
Sülfür Dioksit (SO_2)ve partikül	Azalma	Azalma	Azalma

Biyoetanol, daha düşük alev sıcaklığında daha parlak ve daha hızlı yanmaktadır. Biyoetanol benzin karışımlı yakıtlarda yüksek yanma sonu basınçları elde edilmektedir. Bu basınçlardan dolayı motor verimde artış mümkün olmaktadır. Biyoetanolün yanma hızının yüksek olması nedeniyle, motordan maksimum momenti alabilmek için ateşleme avansın bir miktar azaltılması gerekmektedir. Bunun nedeni ise biyoetanolün türbülanslı yanma hızının benzininkine göre yüksek olması ve biyoetanolün tutuşma gecikmesi zamanının daha kısa olmasıdır. Yanma hızı, motor performansı ve egzoz emisyonlarının değişiminde önemli bir etkendir (Çolak 2006).

Biyoetanol üretimi ve tüketiminin arttırılması tarım ürünleri için katma değeri yüksek yeni bir pazar oluşturmaktadır. Biyoetanol hammaddesi olarak kullanılan bitkiler tarımının gelişmesine katkı sağlar. Biyoetanol üretiminin artması insan gücü istihdamında artış sağlayacağından, işsizlik oranını düşürerek milli ekonomiye katkısı olur. Enerji amaçlı tarım yapan çiftçi gelirlerinde ve refah düzeylerinde artış görülür. İthal petrol ihtiyacına alternatif yerli, yenilenebilir ve stratejik bir enerji kaynağı oluşturur. Tablo 1,2'de üretilen biyoetanolün ithal edilen petrolü karşılama durumu gösterilmiştir (Tarkim 2006).

Tablo 1.2.Üretilen Biyoetanolün ithal petrolü karşılama durumu (Tarkim 2006)

Biyoetanol harmanlama oranı	2 %	5 %	10 %
Türkiye'nin toplam benzin talebi (m^3/yıl)	4.500.000		
Toplam biyoetanol talebi (m^3/yıl)	90.000	225.000	450.000
Talep edilen Biyoetanolun ithal ham petrol karşılığı ($/yıl)	84.137.791	210.344.477	420.688.954
İthal ham petrol fiyatı $ / Varil	**69**		

1.7. Biyoetanolun yakıt olarak dezavantajları

Biyoetanolün su çekici özelliği vardır ve içinde muhakkak su bulunur. Biyoetanol katkılı benzinler, biyoetanolün higroskopik özelliklerinden dolayı, pratik olarak (benzin-biyoetanol-su) dan oluşan üçlü bir karışımdır. Bu karışımın motor yakıtı olarak değerlendirilmesindeki en önemli sorun daima homojen olması gereken sistemde iki ayrı fazın oluşmasıdır. Bu karışımda üst faz benzin, alt faz ise biyoetanol bakımından zengindir. Bu durumda ayrışma yapmış karışım, motora ulaştığında, biyoetanol fazı tek basına motora geçtiğinde, motorda yakıt yetersizliği ve ani güç düşüşünün verdiği tekleme, sarsıntılar ve ilk hareket zorlukları oluşur. Biyoetanol katkılı benzinlerde faz ayrımı, biyoetanol, su miktarı ve sıcaklığa bağlıdır. Tablo 1,3'de etanol benzin karışımlarında faz ayrışması gösterilmiştir(Koç 2006).

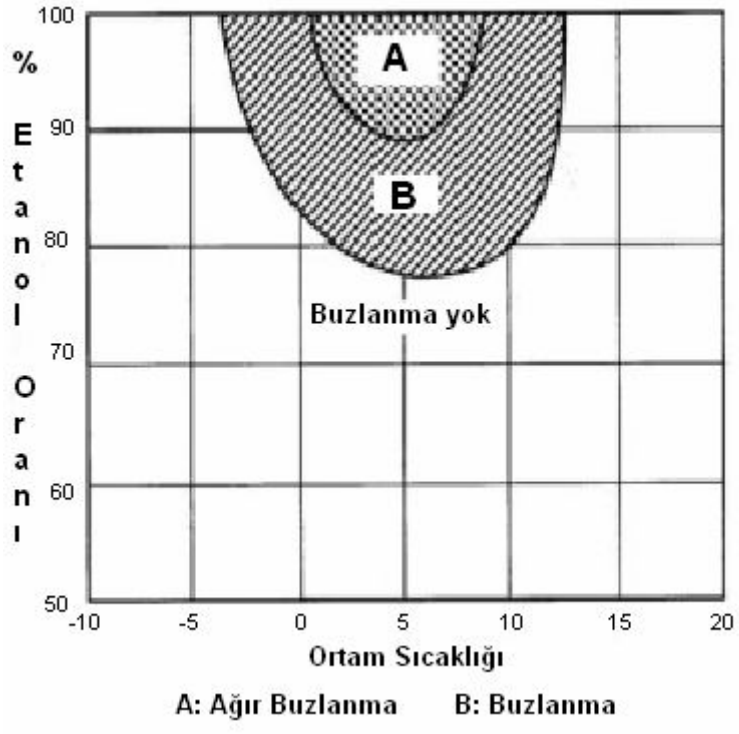
Tablo 1.3. Biyoetanol Benzin karışımlarında faz ayrışması (Koç 2006)

% Etanol	40 ºC	30 ºC	20 ºC	10 ºC	0 ºC	-10 ºC	-20 ºC
0	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
10	Normal	Normal	Normal	Faz	Faz	Faz	Faz
20	Normal	Normal	Normal	Faz	Faz	Faz	Faz
30	Normal	Normal	Normal	Normal	Faz	Faz	Faz
40	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Faz	Faz
50	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Faz
60	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
80	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
100	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

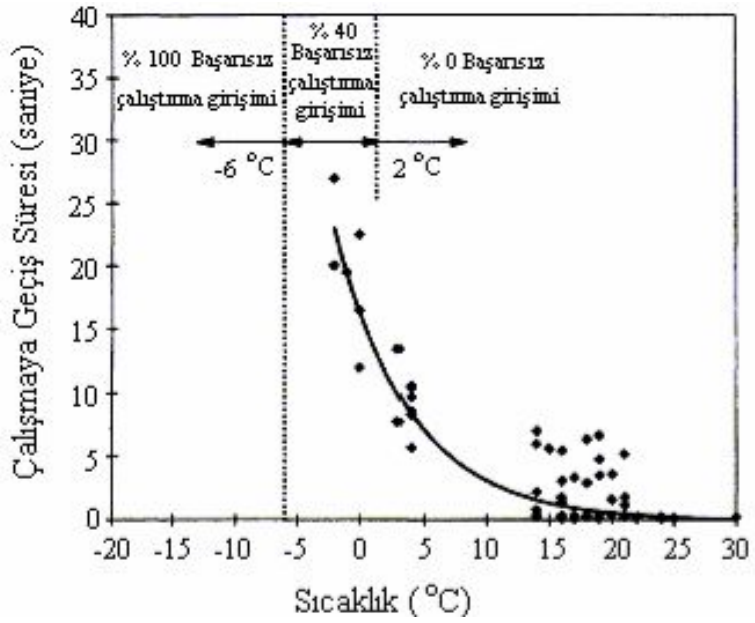
Biyoetanol, aracın deposundaki ve yakıt sistemindeki tortu ve kalıntıları çözer. Bu nedenle biyoetanol kullanımında yakıt filtresini kısa aralıklarda değiştirmek gerekebilir. Bu nedenle yakıt filtrelerinde paslanmaz çelik kullanılmalıdır (Acaroğlu 2007).

Biyoetanolün buharlaşma gizli ısısı (856 j/g), benzinin buharlaşma gizli ısısından (272 j/gr) yüksek olduğu için, biyoetanol benzin karışımı yakıtlar buharlaşma esnasında ortamdaki ısıyı çekerek motor emme sistemi ve karbüratör yüzeylerinde buzlanmaya neden olur. Karbüratördeki buzlanma, motorun performansının düşmesine veya motorun stop etmesine neden olur.

Şekil 1.6'da çevre şartlarının emme ve karbüratör sistemindeki buzlanmaya etkisi, Şekil 1.7'de E95 yakıtı kullanılan motorda çalışma sıcaklığının fonksiyonu olarak motorun ilk harekete geçiş süresi verilmiştir (Orbital 2002,Topgül 2006).

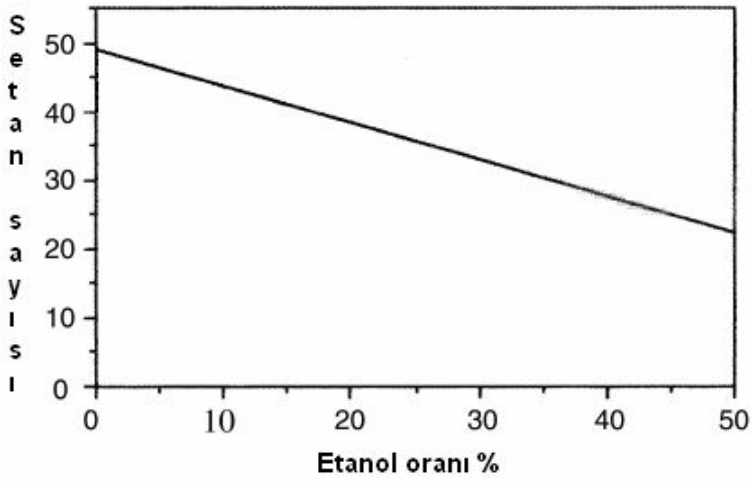


Şekil 1.6. Çevre şartlarının buzlanmaya etkisi (Orbital 2002)



Şekil 1.7. E95 yakıtı kullanılan motorda çalışma sıcaklığının fonksiyonu olarak motorun ilk harekete geçiş süresi (Topgül 2006)

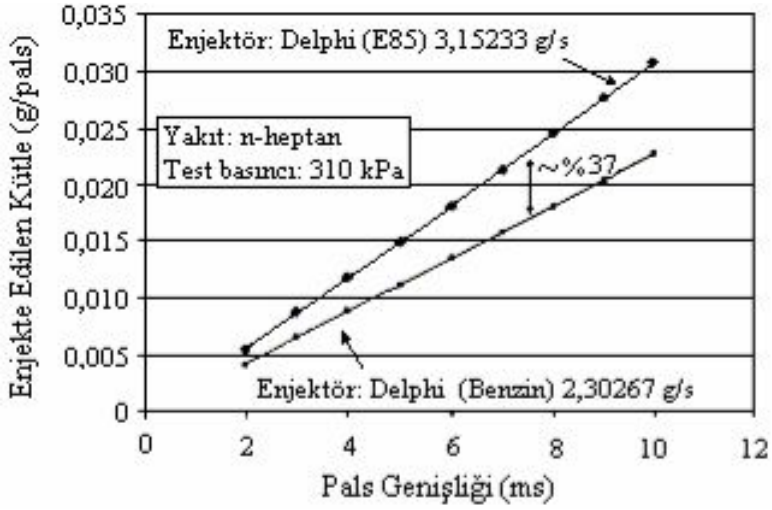
Biyoetanol çok düşük setan sayısına sahip olması ve kendi kendine tutuşma direnci nedeni ile dizel motorlarında kullanımında bir takım sorunlar oluşturmaktadır. Düşük setan sayısına sahip olan biyoetanol dizel karışım yakıtları, yakıtın kendi kendine tutuşmasını zorlaştırmaktadır. Dizel motorlarındaki yanma kalitesini düzeltmek için tutuşma kabiliyetini arttıran (setan sayısını arttırıcı) katkı maddeleri kullanılmalıdır. Şekil 1,8'de dizel yakıtına biyoetanol ilavesinin setan sayısına etkisi verilmiştir (Caro ve ark. 2001).



Şekil 1.8.Dizel yakıtına Biyoetanol ilavesinin setan sayısına etkisi (Caro ve ark 2001)

Biyoetanolün en önemli dezavantajlarından biri de içinde bulunan suyun yakıt donanımına ve emme sistemi üzerindeki korozif (paslanma) etkisidir. Plastik, kauçuk ve elastomerleri bozabilmektedir. Alüminyum, Çinko, Kurşun ve Pirinç gibi metalik malzemede korozyona yol açmakta ve sonuçta; ateşleme ve yakıt donanımı zarar görmektedir. Benzin içindeki biyoetanol miktarı % 10'dan fazla olduğunda korozyon etkisi de hızla artmaktadır (Acaroğlu 2007).

Biyoetanolün alt ısıl değeri benzinin alt ısıl değerinin yaklaşık %60'ı kadar olması nedeniyle, biyoetanol benzin karışımı yakıt kullanılan motorlarda özgül yakıt tüketimi, karışımdaki biyoetanol miktarı ile orantılı olarak artmaktadır. Benzin yerine biyoetanol kullanıldığında aynı yolu gitmek için yaklaşık benzin deposunun 1.4 katı kadar yakıt deposu gerekmektedir. Motorda karışım yakıtları kullanıldığında, motora eşit miktarda yakıt enerjisi vermek için, yakıt miktarı arttırılmaktadır. Şekil 1.9'de E85 ve benzin enjektörleriyle pals genişliğine bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarlarının değişimi verilmiştir (Çelikten2007).



Şekil 1.9'da E85 ve benzin enjektörleriyle pals genişliğine bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarlarının değişimi (Topgül 2006)

Benzin-biyoetanol karışımlarında, karışımın biyoetanol içeriğine bağlı olarak, Reid buhar basıncı yükselir. Biyoetanol karışımlı benzinlerin Reid buhar basıncının yükselmesi, dolayısıyla kaynama noktasının düşmesi, alkollerin benzin içerisinde bazı hidrokarbonlarla azeotropik (iki sıvı maddeni birbiri ile karıştırıldığında tek madde gibi davranmasına denir) karışım yapmasından kaynaklanmaktadır. Bu olay

sonucu, motorda güç azalmasına neden olan buhar tıkacı (Benzinin karbüratörde, borularda ve özellikle yakıt pompasında buhar haline gelerek yolu tıkamasına denir.) oluşur. Buhar basıncı yüksek karışım motorda kullanılırsa yüksek ortam sıcaklıklarında buhar tıkacı oluşarak, motorda ilk hareket güçlüklerine ya da motor durmasına neden olmaktadır. Çok düşük ortam sıcaklıklarında da motorun çalışması olumsuz yönde etkilenmektedir (Çolak 2006).

Bu çalışmada biyoetanol benzin karışımlarının bazı yakıt özellikleri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda biyoetanol benzin karışımı yakıtların yoğunlukları, yakıtların içerisindeki su miktarları, alt ısıl değerleri, karbon içeriği, hidrojen içeriği ve kükürt içerikleri deneysel olarak incelenerek sonuçların grafiksel olarak ortaya konulması amaçlanmış, ayrıca biyoetanol benzin karışımı yakıtların motorlara uygunluğu amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırması yazar soyadına göre alfabetik olarak verilmiştir.

Abdel-Rahman ve ark. (1997) çalışmalarında, farklı oranlardaki etanol benzin yakıt karışımlarının değişken sıkıştırma oranına sahip buji ateşlemeli bir motorda çalışma parametrelerini incelemişlerdir. Hazırlamış oldukları benzin-etanol karışım yakıtları hacimsel olarak %10 , % 20 , %30, %40 etanol içermektedir. Bu çalışmada deney yakıtlarının alt ısıl değerlerini, yoğunluklarını ve oktan sayılarını ölçmüşlerdir. Karışım yakıtındaki etanol miktarı arttıkça alt ısıl değerlerinin düştüğünü, yoğunluklarının ve oktan sayılarının arttığını belirtmişlerdir.

Acaroğlu (2007) Alternatif Enerji Kaynakları kitabında, Benzinin oktan sayısını arttırmak için, Benzinin içerisine %10 biyoetanol eklendiğinde oktan sayısının 2 birim arttığını belirtmiştir. Stokiyometrik hava yakıt oranının biyoetanol benzin karışımı yakıt kullanan motorlarda azaldığını belirtmiştir. Etanolün içerisinde bulunan oksijenin hava yakıt oranını etkilediğini belirtmiştir. Biyoetanol benzin karışımı yakıtların içerisinde bulunan suyun yakıt donanımına ve emme sistemi üzerinde korozif etki yaptığını belirtmiştir. Biyoetanolün buharlaşma gizli ısısının benzine göre daha yüksek olduğunu ve benzin biyoetanol karışımlarının soğuk havalarda çalışma yeteneğinin zayıf olduğunu belirtmiştir.

Al-Baghdadi (2004) çalışmasında, tek silindirli dört zamanlı benzinli bir motorda alternatif yakıtlar kullanımının simülasyon modeliyle performans parametrelerine etkilerini incelemiştir. Alternatif yakıtlar olarak etanol ve hidrojen kullanmıştır. 3 adet karışım yakıtı hazırlamıştır. Bunlar E10, E20ve E30'dur. E30 yakıtına hidrojen de katmıştır. Fakat gaz halinde bulunan hidrojen sıvı yakıtla karışmayacağı için hidrojen gazını karbüratörde modifikasyon yaparak ventüri boğazının altına gaz kelebeğinin üst kısmına gelecek yere delik açmış ve oradan karbüratörün içerisine hidrojen gazını vermiştir. Çalışmasını yaparken E30 yakıtına hacimce %30 etanol, %68 benzin katmıştır. %2'lik hidrojen gazını ise karbüratörün içerisine oranlı bir şekilde vermiştir. Bu karışım yakıtlarının yoğunluklarını, araştırma oktan sayılarını, reid buhar basınçlarını, hacimce kükürt, karbon ve hidrojen içeriklerini, distilasyon değerlerini ve ısıl değerlerini ölçmüştür. Karışım

yakıtındaki etanol miktarı arttıkça yakıtların yoğunluklarının, araştırma oktan sayılarının, reid buhar basınçlarının arttığını belirtmiş. Karışım yakıtındaki etanol miktarı arttıkça kükürt miktarının ve distilasyon sıcaklıklarının düştüğünü; alt ısıl değerlerinin azaldığını, hacimce karbon miktarının E10 ve E20 de arttığı fakat E30 yakıtındaki değerin referans yakıtının altına düştüğünü, karışımdaki hidrojen miktarının E10 ve E20 de azaldığını E30 yakıtındaki değerin referans yakıtının üzerine çıktığını belirtmiştir.

Al-Farayedhi (2002) çalışmasında, benzinli bir motorda yakıtın oktan sayının egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Benzinin oktan sayısını, oksijen içeriğini arttırabilmek amacıyla, kurşunsuz benzine hacimsel olarak %10 , %15 , %20 oranlarında etanol, metanol ve MTBE (Metil Tersiyer Bütil Ester) ilave etmiştir. Karışım yakıtlarının araştırma oktan sayısını, yüzde olarak oksijen miktarlarını, ısıl değerlerini ve stokiyometrik hava/ yakıt oranlarını ölçmüştür. Ölçümler sonucunda referans yakıtı kurşunsuz benzinin içerisine katılan etanol, metanol ve MTBE miktarı arttıkça, araştırma oktan sayılarının arttığını, oksijen miktarlarının yükseldiğini, ısıl değerlerinin ve stokiyometrik hava/yakıt oranlarının düştüğünü belirtmiştir.

Ameri ve ark. (2007) çalışmalarında, içten yanmalı bir motorda farklı oranlardaki benzin-etanol karışımlarının güç ve ısı kombinasyonunu incelemişlerdir. Deney yakıtı olarak hacimce içerisinde %5, %10, %15, %20 etanol bulunan etanol-benzin karışımlarını (E5, E10, E15, E20) hazırlamışlardır. Hazırlamış oldukları karışım yakıtlarının alt ısıl değerini ölçmüşlerdir. Bu ölçümler sonucunda benzinin içerisindeki etanol miktarı arttıkça alt ısıl değerin düştüğünü belirtmişlerdir.

Apace araştırma şirketi (1998) raporunda, taşıtlarda kullanılan benzin-etanol karışımının hem egzoz emisyonuna, yakıt tüketimine, motor malzemelerine etkilerini, hem de motor ve yakıt sistemi yıpranmalarına, yakıttaki su tolerans sorunlarına etkilerini incelemişlerdir. Deneylerinde kurşunsuz benzin ve benzin içerisine hacimce %10 oranında etanol ilavesi yapılmış iki karışım yakıtı hazırlamışlardır. Karışım yakıtlarının araştırma oktan sayısını, motor oktan sayısını, yoğunluğunu, reid buhar basıncını ve distilasyon değerlerini ölçmüşlerdir. Karışım yakıtlarının araştırma ve motor oktan sayılarında, yoğunluklarında ve reid buhar basınçlarında artma olduğunu, distilasyon sıcaklıklarında ise düşme olduğunu

belirtmişlerdir. Ayrıca biyoetanol benzin karışımı yakıtların alt ısıl değerinin yakıt tüketimine etkisini incelemek için benzinin içerisine hacimce %5.7, %7.7, %10 etanol karıştırıp alt ısıl değerlerindeki değişimi belirtmişlerdir. Karışım yakıtlarının alt ısıl değeri E5.7 yakıtında %1.8, E7.7 yakıtında % 2.4 ve E10 yakıtında %3.1 olarak referans yakıtına göre azalmıştır. Stokiyometrik yakıt/hava oranının, E10'da 1/9 olduğunu referans yakıtı benzinde ise 1/14,7 olduğunu belirtmişlerdir. Bu yakıt/hava oranın artmasına etmen, etanolün içerisinde bulunan %3.5 oksijen miktarının olduğunu belirtmişlerdir. Karışım yakıtındaki etanol miktarı arttıkça yakıttaki su miktarında artma görüldüğünü belirtmişlerdir.

Bonnema va ark. (1999) çalışmalarında, modifiye edilmemiş yolcu arabaları ve hafif hizmet araçlarında etanol benzin karışımı yakıtların kullanılmasının yakıt ekonomisine etkilerini incelemişlerdir. Test yakıtı olarak referans benzinin içerisine hacimce %10 ve %30 oranında etanol ilave ederek E10 ve E30 yakıtı hazırlamışlardır. Referans yakıtı benzinin alt ısıl değerini 42,7 MJ/kg, etanolün alt ısıl değerini ise 26,8 MJ/kg olarak belirtmişlerdir. Deneylerinde 15 adet farklı modelde araç kullanmışlardır. Her aracı E10 ve E30 yakıtı ile test etmişler ve araçların yakıt sarfiyatlarını mil/gal (mil:1.6 km, galon:3.78 litre) olarak hesaplamışlardır. Test araçlarında E10 yakıtı yerine E30 yakıtı kullanıldığında yakıt sarfiyatının %1,28 ila %14,66 arasında, ortalama olarak %8,83 arttığını belirtmişlerdir. Bu yakıt sarfiyatının artmasının nedenleri olarak E30 yakıtının alt ısıl değerinin E10 yakıtınınkine göre düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Caro ve ark. (2001) çalışmalarında, dizel motorlarda yakıt olarak kullanılan farklı oranlardaki dizel+etanol karışımlarının yakıt özelliklerini ölçmüşlerdir. Dizel yakıtının içerisine hacimce %10, %15, %20 oranlarında etanol ile birlikte %1 oranlarında iki farklı ilave katkı maddesi karıştırmışlardır. Çalışmalarında bu karışım yakıtlarının üst ısıl değerlerini, viskozitelerini, setan sayılarını, yoğunluklarını ve soğukta filtre tıkama noktalarını ölçmüşlerdir. Karışım yakıtlarındaki etanol miktarı arttıkça yakıtların üst ısıl değerlerinin, setan sayılarının, soğukta filtre tıkama noktasının, dinamik viskozitelerinin düştüğünü fakat ilave katkı maddesi olan yakıtın viskozitesindeki düşüşün daha az olduğunu, setan sayısındaki düşüşün çok azaldığını belirtmişlerdir.

Chen ve ark. (2007) çalışmalarında, dizel motorlarında kullanılan ester-etanol-dizel yakıt karışımlarının, yanma karakteristiklerine ve emisyondaki partikül madde miktarlarına etkilerini incelemişlerdir. Deneyde kullanılmak için üç farklı karışım (%10 etanol - %5 ester -%85 dizel), (%20 etanol - %10 ester - %70 dizel) ve (%30 etanol - %10 ester - %60 dizel) yakıtları hazırlamışlardır. Hazırlamış oldukları karışım yakıtlarının yoğunluklarını, ısıl değerlerini ve hacimce oksijen içeriklerini incelemişlerdir. Karışım yakıtlarındaki etanol ve ester miktarı arttıkça yoğunluklarında, ısıl değerlerinde düşme gözlendiğini, oksijen miktarının arttığını belirtmişlerdir.

Davis (2006) çalışmasında, motorlarda E85 yakıtının kullanımını incelemiştir. E85 yakıtının oktan sayısını, alt ısıl değerini, reid buhar basıncını, yoğunluğunu, buharlaşma gizli ısısını, stokiyometrik hava/yakıt oranını belirtmiştir. E85 yakıtında referans yakıtı benzine göre alt ısıl değerinde, reid buhar basıncında düşme, oktan sayısında artma olduğunu belirtmiştir. E85 yakıtının buharlaşma gizli ısısı referans yakıt bezine göre yaklaşık olarak 2,5 kat arttığını, stokiyometrik hava/yakıt oranının ise düştüğünü belirtmiştir. Araçlarda E85 kullanmanın yakıt ekonomisini %25 oranında kötüleştirdiğini belirtmiştir.

Delgado ve ark. (2006) çalışmalarında, Brezilya'da kullanılan benzin etanol karışımlarının yakıt özelliklerini incelemişlerdir. Karışım yakıtları sırası ile E20, E40, E60, E80 dir. Bu yakıtların yoğunluğunu, araştırma oktan sayısını, motor oktan sayısını, ph değerini ve elektrik iletkenliğini ölçmüşlerdir. Karışım yakıtlarındaki etanol miktarı arttıkça yakıtların yoğunluklarının, araştırma ve motor oktan sayılarının, elektrik iletkenliklerinin artığını, ph değerlerinin ise düştüğünü belirtmişlerdir.

Downstream Alternatives şirketi (2002) yapmış olduğu çalışmada, benzinin oktan sayısını arttırmak için etanol karıştırmışlardır. Referans yakıtı benzinin içerisine hacimce %7,7 oranında etanol katıldığında karışımın oktan sayısının genellikle 1,5 ila 2,5 arasında arttığını, referans yakıtı benzinin içerisine hacimce %5,7 oranında etanol katıldığında karışımın oktan sayısının genellikle 1,0 ila 1,5 arasında arttığını, referans yakıtı benzinin içerisine hacimce %10 oranında etanol katıldığında karışımın oktan sayısının genellikle 2,0 ila 3,0 arasında arttığını

belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, etanolün % 34,7 ağırlık olarak oksijen içerdiğini belirtmişlerdir. Karışım olarak hacimce referans yakıtı benzinin içerisine %5,7 etanol katıldığında karışımdaki oksijen miktarı % 2.0, hacimce %7,7 etanol katıldığında karışım yakıtının içindeki oksijen miktarı % 2.7, %10 etanol katıldığında karışım yakıtının içindeki oksijen miktarı % 3.5'e çıktığını söylemişlerdir. Enerji değerlerini incelemelerinde etanolün alt ısıl değerinin benzine göre % 32,2 daha az olduğunu belirtmişlerdir. Benzin içerisine hacimce %10 etanol ilavesinin, karışım yakıtının alt ısıl değerinin benzine göre %3,21 azalacağını tespit etmişlerdir. Benzinin içerisine hacimce %10 etanol karıştırıldığında karışım yakıtının % 0.5 hacimce su içerdiğini, 60 ºF'nin altındaki sıcaklıklarda yakıtta faz ayrışmasının oluştuğunu belirtmişlerdir. Karışım yakıtındaki su miktarı hacimce %0.3 olduğunda 0 ºF sıcaklıkta bile faz ayrışmasının olduğunu belirtmişlerdir.

Graham ve ark. (2008) çalışmalarında, E85 yakıtı ve düşük etanol-benzin karışımlı yakıtların farklı benzinli motorlarda egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Referans yakıtı olarak California RFG Phase 2 benzini kullanılmışlardır. Deney yakıtı olarak E85, E10 ve E20 yakıtı hazırlamışlardır. Hazırladıkları E85, E10 ve E20 yakıtlarının yoğunluğunu, alt ısıl değerlerini, yakıttaki oksijen miktarını, kükürt içeriğini, benzen içeriğini, toplam aromatikleri, araştırma oktan sayılarını, motor oktan sayılarını ve reid buhar basınçlarını ölçmüşlerdir. Karışım yakıtındaki etanol oranı arttıkça yakıtların yoğunluklarında, oksijen miktarlarında, kükürt içeriklerinde, araştırma ve motor oktan sayılarında, toplam aromatiklerde, benzen içeriğinde, E85 yakıtı reid buhar basıncında artma; E10, E20 yakıtı reid buhar basıncında kısmi düşüş, alt ısıl değerlerinde ise düşme olduğunu belirtmişlerdir.

He ve ark. (2003) çalışmalarında, bir dizel motorunda dizel yakıtına etanol ilavesinin egzoz emisyonuna etkilerini incelemişlerdir. Yakıt olarak hacimce %10 , %30 etanol içeren dizel-etanol yakıtını; yine hacimce %10 ve %30 etanol içeren etanol-dizel yakıtının içerisine setan sayısını arttırıcı hacimce %2 isooctyl nitrate ilave etmişlerdir. Bu karışım yakıtlarının yoğunluklarını, hacimsel olarak aromatik içeriklerini, kinematik viskozitelerini, üst ısıl değerlerini, setan sayılarını, hacimsel olarak karbon, hidrojen, oksijen miktarlarını ve C/H oranını ölçmüşlerdir. Karışım

yakıtındaki etanol miktarı arttıkça yoğunluklarda düşme, aromatik miktarlarında azalma, kinematik viskozitelerinde azalma, üst ısıl değerlerinde azalma, setan sayılarında düşme, yakıtın içindeki karbon ve hidrojen oranlarında düşüş, C/H oranında düştüğünü, oksijen miktarlarının ise arttığını belirtmişlerdir. Setan sayısı arttırıcı isooctyl nitrate eklenen yakıtlardaki setan sayılarının düşme miktarı diğer karışım yakıtlarına nazaran daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Hsieh ve ark. (2002) çalışmalarında, buji ateşlemeli motorlarda benzin-etanol karışımı yakıtların motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Yakıt olarak hacimce %5, %10, %20, %30 etanol içeren benzin etanol karışımlarını kullanmışlardır. Bu karışım yakıtlarının yoğunluklarını, araştırma oktan sayılarını, reid buhar basınçlarını, distilasyon değerlerini, hacimce karbon ve hidrojen içeriğini, ısıl değerlerini ölçmüşlerdir. Karışım yakıtlarındaki etanol oranı arttıkça yoğunluklarının, araştırma oktan sayılarının, reid buhar basınçlarının arttığını, distilasyon sıcaklıklarının düştüğünü, ısıl değerlerinde düşme gözlendiği belirtmişlerdir. Karışımdaki karbon içeriği E5 yakıtından E20 yakıtına kadar arttığını, E30 yakıtındaki karbon miktarı referans yakıtı benzinin karbon değerinden aşağıya düştüğünü, karışımlardaki hidrojen içeriğinin E5 yakıtından E20 yakıtına kadar azaldığı ve E30 yakıtında hidrojen miktarı referans yakıtın hidrojen miktarından daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Kelly ve ark. (1996) çalışmalarında, değişken etanol benzin karışımlı yakıtların taşıtlarda kullanılması sonucu oluşan egzoz emisyonlarını incelemişlerdir. Deneylerde hacimce referans yakıt olarak Kaliforniya faz 2 RFG benzinin içerisine %50 ve %85 oranında etanol ilave etmişlerdir. Bu karışım yakıtların (E50, E85) araştırma oktan sayısını, motor oktan sayısını, yoğunluklarını, hacimsel olarak MTBE(Metil Tersiyer Bütil Ester), karbon, hidrojen, oksijen, kükürt oranlarını, net ısıl değerlerini, reid buhar basınçlarını ve distilasyon değerlerini ölçmüşlerdir. E50 ve E85 yakıtında, araştırma ve motor oktan sayılarında, oksijen miktarında, yoğunluklarında artma olduğunu belirtmişlerdir. Hacimce MTBE miktarında, karbon ve hidrojen miktarlarında, kükürt miktarında, net ısıl değerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Reid buhar basıncı ise E50 yakıtında artmış, E85 yakıtında referans

yakıtının altına düştüğü belirtilmiştir. Hacimce %10 distilasyonda sıcaklık artışı olduğu, diğer % distilasyon sıcaklıklarında azalma olduğu belirtilmiştir.

Lamberty (2007) çalışmasında, etanol karışımlarının optimal düzeylerini araştırmıştır. Çalışmasında 4 adet farklı araç kullanmıştır. Referans yakıtı olarak Tier-2 benzin kullanmıştır. Çalışmasında kullanacağı karışım yakıtı olarak E10, E20, E30, E40,E50, E60, E70 ve E85 hazırlamıştır. Tier 2 benzinin reid buhar basıncını 9,07 PSİ ve yoğunluğunu 0,7404 gr/cm^3 olarak belirtmiştir. Karışım yakıtlarının reid buhar basınçlarını ve yoğunluklarını ölçmüştür. E10 dan E40 kadar reid buhar basıncında bir artma olmuş fakat E40 dan sonraki karışım yakıtlardaki reid buhar basıncı referans yakıtı Tier 2 benzininin reid buhar basıncının altına düştüğünü belirtmiştir. Max reid buhar basıncını E10 yakıtında ölçüldüğünü belirtmiştir. Karışım yakıtlarının yoğunluklarında ise karışımdaki etanol miktarı arttıkça yakıtın yoğunluğu doğrusal olarak artmıştır. Karışımdaki etanol miktarı arttıkça yakıt sarfiyatının arttığını belirtmiştir. Yakıt sarfiyatıyla alakalı olarak aşağıdaki formülü kullanmıştır.

TYS= ((KBM)*(BLHV) + (KEM)(ELHV)) (TÖRYS)/BLHV

TYS: Taşıtın yakıt sarfiyatı (mil/gal)

KBM: Karışımdaki % benzin miktarı

BLHV: Benzinin alt ısıl değeri (BTU/gal)

KEM: Karışımdaki % etanol miktarı

ELHV: Etanolün alt ısıl değeri (BTU/gal)

TÖRYS: Taşıtın ölçülü referans yakıt sarfiyatı (mil/gal) (referans yakıta göre)

Lapuerta ve ark. (2007a) çalışmalarında, dizel motorlarında etanol-dizel yakıt karışımlarının stabilitesini incelemişlerdir. Etanol-dizel yakıt karışımlarında etanolün içerisinde bulunan suyun düşük sıcaklıklarda faz ayrışımını etkilediğini belirtmişlerdir. Bir gaz gramatografisi cihazıyla etanol-dizel yakıt karışımında hafif düzeyde faz ayrışması olduğunu ve buna etanolün neden olduğunu belirtmişlerdir. Deneylerinde %20 etanol - %80 dizel karışımı yakıtın -5 °C'de farklı kaplardaki faz ayrışım yüksekliğinin değiştiğini belirlemişlerdir. Karışımdaki etanol miktarı arttıkça faz ayrışması yani stabilite aralığının daraldığını belirtmişlerdir. Katkı maddelerinden

surfactant ve cosolvent ile etanol-dizel karışım yakıtının stabilite aralığında düzelme olduğunu belirtmişlerdir.

Lapuerta ve ark. (2007b) çalışmalarında, bir dizel motorunda egzoz emisyonlarını inceleyebilmek amacıyla dizel yakıtına hacimce %10 oranında biyoetanol karıştırmışlardır. Bu yakıtın yakıt özelliklerinden yoğunluğunu, kinematik viskozitesini, üst ısıl değerini, alt ısıl değerini, yakıttaki yüzdesel olarak karbon, hidrojen, oksijen ve kükürt içeriklerini, karbon ve hidrojenin kütlesel oranı, stokiyometrik yakıt / hava oranını ölçmüşlerdir. Referans dizel yakıtına göre, karışım yakıtının yoğunluğunun, kinematik viskozitesinin, üst ısıl ve alt ısıl değerinin, yakıttaki yüzdesel olarak karbon, hidrojen ve kükürt miktarının, C/H oranının düştüğünü, oksijen miktarının, stokiyometrik yakıt/hava oranının arttığını belirtmişlerdir. Stokiyometrik Yakıt/Hava oranının artmasına neden olarak karışım yakıtındaki oksijen miktarının artması olduğunu belirtmişlerdir.

Leong ve ark. (2002) çalışmalarında, Tayland'da alternatif yakıt olarak kullanılan etanol benzin karışımı yakıtlarının otomobil emisyon değerlerine etkilerini incelemişlerdir. Deney yakıtı olarak benzinin içerisine hacimce % 10 ve %15 oranında etanol katmışlardır. Hazırlamış oldukları karışım yakıtlarının (E10, E15) araştırma oktan sayılarını, distilasyon değerlerini, reid buhar basınçlarını, hacimsel olarak benzen, aromatik, kükürt içeriklerini, oksijen içeriklerini, su içeriklerini ölçmüşlerdir. Karışım yakıtlarındaki etanol oranı arttıkça oktan sayılarının, hacimsel benzen içeriğinin, reid buhar basınçlarının, oksijen miktarının, distilasyon sıcaklıklarının arttığını; hacimsel aromatik içeriğinde azalma, kükürt içeriğinin ise sabit olduğunu belirtmişlerdir.

Minteer (2006) çalışmasında, etanol benzin ve etanol dizel karışımlarının motorlara etkilerini incelemiştir. Çalışmasında E10 ve E20 yakıtının yanında %15 etanol-%85 dizel karışım yakıtını da incelemiştir. Bu yakıtların yoğunluğunu, ısıl değerini, reid buhar basıncını, stokiyometrik hava yakıt oranını, yüzdesel olarak oksijen miktarını, parlama noktalarını ölçmüştür.E10 ve E20 yakıtlarında yoğunluklarının, reid buhar basınçlarının, oksijen miktarlarının arttığını; ısıl değerlerinin, stokiyometrik hava/yakıt oranın düştüğünü belirtmiştir. Isıl değerdeki düşmeye paralel olarak yakıt tüketiminde E10 da %3, E20 de %6 kötüleşme

olduğunu belirtmiştir. E10 kullanımının metalik yakıt sistemi elemanlarında korozyon etkisi yapmadığını, yeni motorlarda elastomer ve plastik elemanlarının uyumlu olduğu fakat yaşlı motorların birçoğunda elastomer ve plastik elemanlarının uyumlu olmadığını belirtmiştir. E20 kullanımında da yakıt sisteminin çalışmasını etkilemediğini belirtmiştir. Etanol ve dizel karışımı yakıtlarda 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda faz ayrışımı olacağını, bunu önlemek için emülsifer ve cosolvent'ten herhangi birinin eklenmesi gerektiğini belirtmiştir. %5 etanol - %95 dizel karışımı yakıtlara %2 oranında surfactant eklenmesi sonucunda faz ayrışımının -15,5 °C nin altında görülebileceğini belirtmiştir. %5 etanol - %95 dizel karışımı yakıtlara %2,5 etil asetat eklenmesi sonucunda faz ayrışımının 0°C nin altında görülebileceğini belirtmiştir. E15-dizel yakıtının reid buhar basıncının 5 kat arttığını, parlama noktası sıcaklığının belirgin bir şekilde, yoğunluğunun, ısıl değerinin, distilasyon sıcaklıklarının düştüğünü belirtmiştir.

Orbital Engine Şirketi (2002) çalışmalarında, etanol benzin karışımlarının yakıtlarının benzinli motorlara temel etkilerini incelemişlerdir. Deney yakıtı olarak E0, E10, E12, E14, E17, E20, E25, E30, E35, E40 yakıtları oluşturmuşlardır. Bu yakıtların alt ısıl değerlerini ölçmüşlerdir. Bu karışım yakıtlarının deney motorunda ortalama yakıt sarfiyatlarını mil/gal (mil:1.6 km, galon:3.78 litre) olarak bulmuşlardır. Karışımlardaki etanol miktarı arttıkça karışım yakıtlarının alt ısıl değerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Karışım yakıtındaki etanol miktarı arttıkça yakıt sarfiyatının arttığını belirtmişlerdir. Buna sebep olarak etanolün alt ısıl değerinin düşük olduğunu göstermişlerdir. Referans yakıtın içerisine farklı oranlarda hacimsel etanol ilavesinde, karışım yakıtının motor oktan ve araştırma oktan sayılarını arttırdığını belirtmişlerdir. Referans yakıtı benzinin içerisine %10 ve %20 etanol ilavesinin, karışım yakıtlarındaki oksijen miktarını sırasıyla %3 ve %6 oranında arttırdığını belirtmişlerdir. Stokiyometrik hava/yakıt oranı karışım yakıtındaki etanol miktarı arttıkça azaldığını belirtmişlerdir.

Örs (2007) çalışmasında, benzinli motorlarda etanol benzin karışımlarının taşıt performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Deney yakıtı olarak hacimce %10 , %20 , %30 etanol içeren etanol benzin karışımlarını hazırlamıştır. Bu hazırlamış olduğu yakıtların yoğunluklarını, kinematik viskozitelerini, alt ısıl değerlerini, su içeriklerini ölçmüştür. Karışım yakıtındaki

etanol miktarı arttıkça, yoğunluklarının, su içeriklerinin, kinematik viskozitelerinin arttığını; alt ısıl değerlerinin ise düştüğünü belirtmiştir.

Pang ve ark. (2007) çalışmalarında, dizel ve benzinli motorlarda benzin-etanol ve biyodizel-dizel-etanol yakıt karışımlarının egzoz emisyonuna ve karbonillere (Toplam Hidrokarbon Emisyonları) etkilerini incelemişlerdir. Hazırlamış oldukları yakıtlarda, benzinin içerisine hacimsel olarak %10 etanol karıştırmışlardır. Diğer yakıta ise hacimsel olarak %5 etanol , %20 biyodizel ve %75 dizel yakıtı karıştırmışlardır. Bu karışım yakıtlarının yoğunluğunu, hacimsel olarak oksijen, karbonat, hidrojen miktarlarını, setan sayılarını, oktan sayılarını ve üst ısıl değerlerini ölçmüşlerdir. Her iki karışım yakıtının (E10, B-E-Dizel) yoğunluklarında, oksijen miktarlarında artış, karbon ve hidrojen miktarlarında, üst ısıl değerlerinde düşme olduğunu; E10 yakıtında setan sayısında artış, BE-Dizel yakıtında oktan sayısında artış olduğunu belirtmişlerdir.

Pikūnas ve ark. (2003) çalışmalarında, etanol benzin karışımı yakıt kullanımının içten yanmalı motorlarda çalışma parametrelerine etkilerini incelemişlerdir. Deneyde içten yanmalı 4 zamanlı bir motor kullanmışlardır. Referans yakıtı benzinin içerisine hacimce % 10 oranında etanol karıştırmışlardır. Hazırlanan bu E10 yakıtıyla ve referans yakıtı benzinle deney çalışmalarını yapmışlardır. E10 yakıtının yoğunluğunu, araştırma oktan sayısını, ısıl değerini, karbon, oksijen ve hidrojen miktarlarını ölçmüşlerdir. E10 yakıtının araştırma oktan sayısı, oksijen miktarını artmış ve alt ısıl değeri, karbon ve hidrojen oranının düştüğünü belirtmişlerdir. Deney sonucunda motorlarda E10 kullanımının yakıt tüketimini %2-3 oranında arttırdığını, bunun sebebinin karışım yakıtının alt ısıl değerinin düşmesi gösterilmiştir. E10 yakıtının oktan sayısını %5 arttırdığını belirtmişlerdir.

Poulopoulos ve ark. (2001) çalışmalarında, içten yanmalı motorlarda etanol içerikli yakıtların düzenli ve düzensiz emisyonlara etkilerini incelemişlerdir. Yakıt olarak hacimce %3 ve %10 etanol içeren benzin etanol karışımlarını kullanmışlardır. Bu yakıtların, gaz kramatografi cihazında hacimsel olarak aromatikleri, alkanları, benzenlerini, xylenlerini, toluenlerini, hacimsel olarak oksijen miktarlarını, araştırma oktan sayılarını, motor oktan sayılarını ve reid buhar basınçlarını ölçmüşlerdir.

Karışım yakıtındaki etanol oranına bağlı olarak oksijen miktarında, alkanlarda, reid buhar basıncında, araştırma ve motor oktan sayısında artma; aromatiklerde, benzende, xylenede, toluende azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Pumphrey ve ark. (1998) çalışmalarında, benzin-alkol karışımlarının reid buhar basınçlarını ölçmüşlerdir. Deneylerinde metanol-benzin, i-propanol-benzin, etanol-benzin ve t-bütanol-benzin içeren hacimce %0 dan %100 e kadar benzin-alkol karışım yakıtlarını hazırlamışlardır. Bu karışım yakıtlarının reid buhar basınçlarını ölçmüşlerdir. Metanol-benzin karışımı yakıtlardaki reid buhar basıncının, metanol miktarının %85 olduğu noktaya kadar artış eğilimi gösterdiğini daha sonrasında referans yakıtı benzinin reid buhar basıncının altına düştüğünü, max artışın %10 metanol karışımlı yakıtta ölçüldüğünü söylemişlerdir. Etanol karışımlı yakıtlar için reid buhar basıncının E50 den sonra referans yakıtı benzinin reid buhar basıncının altına düştüğünü, max artışın E10 ölçüldüğünü söylemişlerdir. İ-propanol karışımlı yakıtlardaki reid buhar basıncının, i-propanol miktarının %30 olduğu noktaya kadar artış eğilimi gösterdiğini daha sonrasında referans yakıtı benzinin reid buhar basıncının altına düştüğünü, max artışın %10 i-propanol karışımlı yakıtta olduğunu söylemişlerdir. T-butanol karışımlı yakıtlardaki reid buhar basıncının, t-butanol miktarının %15 olduğu noktaya kadar artış eğilimi gösterdiğini daha sonrasında referans yakıtı benzinin reid buhar basıncının altına düştüğünü, max artışın %5 t-butanol karışımlı yakıtta ölçüldüğünü söylemişlerdir.

Sierra araştırma şirketi (2000) çalışmalarında, Amerikan Metanol Enstitüsü için Kaliforniya'da etanol benzin karışımlarının egzoz emisyonuna etkilerini incelemişlerdir. Düşük etanol konsantrasyonlu karışımlarda sonuç olarak reid buhar basıncının 1 PSİ arttığını belirtmişlerdir. Yüksek reid buhar basınçlı karışım yakıtının daha uçucu hale geldiğini söylemişlerdir. Ayrıca referans yakıtının içerisine %10 etanol ilavesinde karışım yakıtındaki oksijen miktarının %3.5, %7.78 etanol ilavesinde oksijen miktarının %2.7 ve %5.75 etanol ilave edildiğinde oksijen miktarının %2 olduğunu belirtmişlerdir. Etanol benzin karışımı yakıtlarda ortam sıcaklığın yükselmesiyle referans yakıtı benzine göre yakıt tankının buhar boşluğunda basınç artışının olabileceğini ve daha çok yakıtın buharlaşıp yakıt kaybı

meydana getirebileceğini belirtmişlerdir. Yakıt buharlaşmasının doğrudan artmasında etkenin yüksek reid buhar basıncı ve çevre sıcaklığı olduğunu belirtmişlerdir.

Smith ve ark. (2002) çalışmalarında, yüksek etanol karışımlarının motorlarda kullanımıyla ilgili sorunları incelemişlerdir. Etanolün Reid buhar basıncının metanol, MTBE ve benzine nazaran daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Etanolün reid buhar basıncını 2,3 PSİ, metanolün reid buhar basıncını 4,6 PSİ, MTBE reid buhar basıncını 7,8 PSİ ve benzinin reid buhar basıncını 7-15 PSİ (API) olarak belirtmişlerdir. Düşük orandaki etanol benzin karışımlarında karışımın reid buhar basıncının azalmayıp arttığını belirtmişlerdir. Referans yakıtı benzinin reid buhar basıncı 9 PSİ seviyesindeyken hacimce % 5 oranında etanol ile karıştırıldığında, karışım yakıtının reid buhar basıncının 1 PSİ arttığını belirtmişlerdir. Ancak referans yakıtı benzinin içerisindeki etanol miktarı hacimce % 35-40 seviyesinden sonra karışımın yakıtının reid buhar basıncı, referans yakıtı benzinin reid buhar basıncının altına düşmeye başladığını söylemişlerdir.

Song ve ark. (2005) çalışmalarında, benzin-etanol ve MTBE-benzin karışımlarının benzinli motorlarda egzoz emisyonuna ve toplam hidrokarbon emisyonuna etkilerini incelemişlerdir. Karışım yakıtı olarak benzine hacimce %1 , %2 , %3, %4 oranlarında etanol karıştırmışlardır. Bu karışım yakıtlarının (E1, E2, E3, E4) araştırma oktan sayısını, reid buhar basıncını ve distilasyon değerlerini ölçmüşlerdir. Karışım yakıtlarındaki etanol oranı arttıkça araştırma oktan sayılarının, reid buhar basınçlarının yükseldiğini, distilasyon değerlerinin ise düştüğünü belirtmişlerdir.

Topgül (2006) çalışmasında**,** etanol benzin karışımlarının benzinli motorlarda kullanımının optimum çalışma parametrelerini araştırmıştır. Bu çalışmada yakıt olarak hacimce benzinin içerisine %10 , %20 , %40 , %60 oranlarında etanol ilave etmiş, E10, E20, E40, E60 karışım yakıtı hazırlamıştır. Hazırlamış olduğu karışım yakıtlarının distilasyon değerlerini, yoğunluklarını, reid buhar basınçlarını, motor oktan sayılarını, araştırma oktan sayılarını, hacimce kurşun ve kükürt miktarlarını ölçmüştür. Karışım yakıtındaki etanol oranı arttıkça yoğunluğunun arttığını belirtmiştir. Reid buhar basıncının max E10 yakıtında olduğunu, E40 yakıtına kadar azaldığını, E60 yakıtındaki reid buhar basınç değerinin referans yakıtı benzinin reid

buhar basınç değerinin altına düştüğünü belirtmiştir. Kurşun miktarının E20 yakıtına kadar azaldığını, E40 ve E60 yakıtında bulunmadığını belirtmiştir. Karışım yakıtındaki etanol miktarı arttıkça kükürt miktarının da arttığını belirtmiştir. Araştırma oktan sayıları ve motor oktan sayılarında ise karışım yakıtındaki etanol miktarına bağlı olarak oktan sayılarının da arttığını da belirtmiştir.

Vilar ve ark. (2003) çalışmalarında, Brezilya'da otomotiv yakıtı olarak kullanılan benzine katılan etanolün karakteristiklerinin belirlenmesi çalışmasını yapmışlardır. Deneylerinde yakıt etanolünün içerisine XAD-4 reçinesini enjekte etmişler ve gramatografi cihazında ölçümünü yapmışlardır. Ölçüm sonucunda çıkan ana bileşikleri gramatografi cihazının hafızasında tanımlı spektral bilgi yöntemiyle tanımlamışlardır. Deneylerinde başlıca bileşik olarak, birinci aşamada doymuş lineer hidrokarbonlar, aromatik hidrokarbon karışımlarını, ikinci aşamada oksijen bileşikleri olarak aldehitler, ketonlar ve alkol karışımlarını belirlemişlerdir. Yakıt etanolünde organik kirliliklerin bulunduğunu, yakıt olarak kullanımında problem oluşturmadıklarını belirtmişlerdir. Aldehitler ve ketonların varlığı yüzünden bu ürünün kullanımında çevreye etkilerinin değerlendirilmesini gerektiğini belirtmişlerdir. XAD-4 reçinesi kullanımının etanolde bulunan organik kirliliklerin ayrılığına izin verdiğini belirtmişlerdir. Ölçüm sonuçlarında çıkan değerlerin büyük bir kısmı düşük yoğunlukta oldukları için tanımlanamadığını belirtmişlerdir.

Xing-cai ve ark. (2003) çalışmalarında, yüksek devirli dizel motorlarında etanol-dizel-setan sayısı iyileştirici yakıt karışımı kullanarak egzoz emisyonları ve ısı kayıplarını incelemişlerdir. Deneylerinde hacimce %15 etanol- %2 setan sayısı iyileştirici- %83 dizel yakıtı içeren karışım yakıtını kullanmışlardır. Bu kullanmış oldukları yakıtın yoğunluğunu, alt ısıl değerini, viskozitesini, parlama noktasını, karbon ve oksijen içeriğini ölçmüşlerdir. Karışım yakıtının yoğunluğunun, alt ısıl değerinin, viskozitesinin, parlama noktası sıcaklığının, karışımdaki karbon içeriğinin düştüğünü; oksijen içeriğinin ise arttığını belirtmişlerdir.

Zhai ve ark. (2007) çalışmalarında, esnek yakıtlı (flexible fuel) araçlarda E85 ve benzin kullanmanın yakıt tüketimi ve emisyon değerlerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışma için içerisinde hacimce %85 etanol bulunan, etanol-benzin karışımı yakıt (E85) hazırlamışlardır. E85 yakıtının yoğunluğunu, alt ısıl

değerlerini ölçmüşlerdir. Deneylerinde araçlardaki benzin ve E85 yakıt kullanımının yakıt sarfiyatını karşılaştırmışlardır. E85 yakıtının yoğunluğunun arttığını, alt ısıl değerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Alt ısıl değerinin düşüklüğünden dolayı deneylerde kullandıkları araçların yakıt sarfiyatının arttığını gözlemlemişlerdir. Lumina model esnek yakıtlı (flexible fuel) aracın galon/mil yakıt sarfiyatı araç benzinle çalışırken 0,053 iken, aynı araç E85 yakıtına geçtiğinde galon/mil yakıt sarfiyatı 0,070'e çıktığını tespit etmişlerdir. Taurus model esnek yakıtlı (flexible fuel) aracın galon/mil yakıt sarfiyatı araç benzinle çalışırken 0,050 iken, aynı araç E85 yakıtına geçtiğinde galon/mil yakıt sarfiyatı 0,065'e çıktığını tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

Deneyler; 2008 Nisan ayında Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş. Çumra Şeker Entegre Tesisleri Biyoetanol Fabrikası Kimya Laboratuarında ve 2008 Şubat-Nisan aylarında Konya Çimento San. A.Ş. Kalite Kontrol Laboratuarında yapılmıştır.

3.1.1. Deney Yakıtları

Deney yakıtı hazırlamak için, BP petrol istasyonundan alınan, özellikleri Tablo 3.1 de verilen 95 oktan kurşunsuz benzin ve Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş. Çumra Şeker Entegre Tesisleri Biyoetanol Fabrikasından temin edilen %99,9 saflıkta şeker pancarından üretilen biyoetanol kullanılmıştır. Deney yakıtlarının karışım oranları Tablo 3.3'te verilmiştir. Deney sonuçlarının daha net görülebilmesi için 17 numune biyoetanol-benzin karışımı hazırlanmıştır. Karışım yakıtları Şekil 3.1, 2, 3, 4, 5, 6'da görülen 660 cl kapasiteli cam kaplarda, 500 cl biyoetanol benzin karışımı laboratuar şartlarında muhafaza edilmiş ve numaralandırılmıştır. Deneyler esnasında yapılan gözle muayene sonucunda, herhangi bir faz ayrışması gözlemlenmemiştir

Tablo 3.1. 95 Oktan kurşunsuz benzinin teknik özellikleri (**http://www.**bp.com/liveassets/bp_internet/retail/retail_turkey/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/b/bp_kursunsuz_teknik.pdf)

Görünüm	Temiz ve parlak
Yoğunluk 15 ºC (kg/l)	0.725–0.780
Araştırma Oktan Sayısı RON	95 min.
Motor Oktan Sayısı MON	85 min.
Kurşun mg/l	5 max.
Kükürt mg/kg	500 max.
Benzen vol %	2,5 max
Metanol -	-
Etanol -	-

Tablo 3.2. Biyoetanolün teknik özellikleri (Acaroğlu 2007)

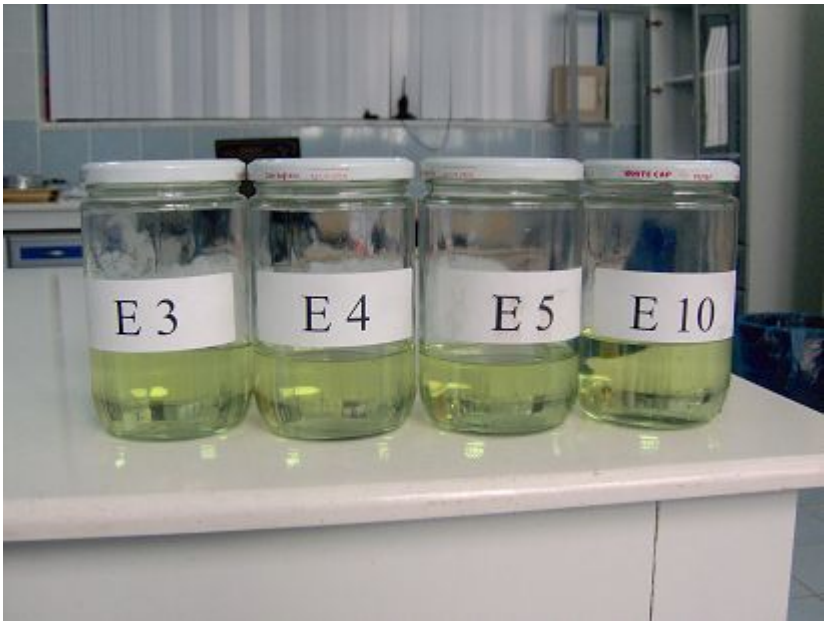
Görünüm	Temiz ve parlak
Kimyasal Formülü	C_2H_5OH
C/H Oranı	4
Yoğunluğu (kg/dm^3)	0.794
Alt ısıl Değeri (MJ/kg)	26.8–26.9
Buharlaşma ısısı (MJ/kg)	0.856
Stokiyometrik Hava/Yakıt Oranı	8.96
Araştırma Oktan Sayısı	106
Motor Oktan Sayısı	98

Tablo 3.3. Deney yakıtlarının karışım oranları

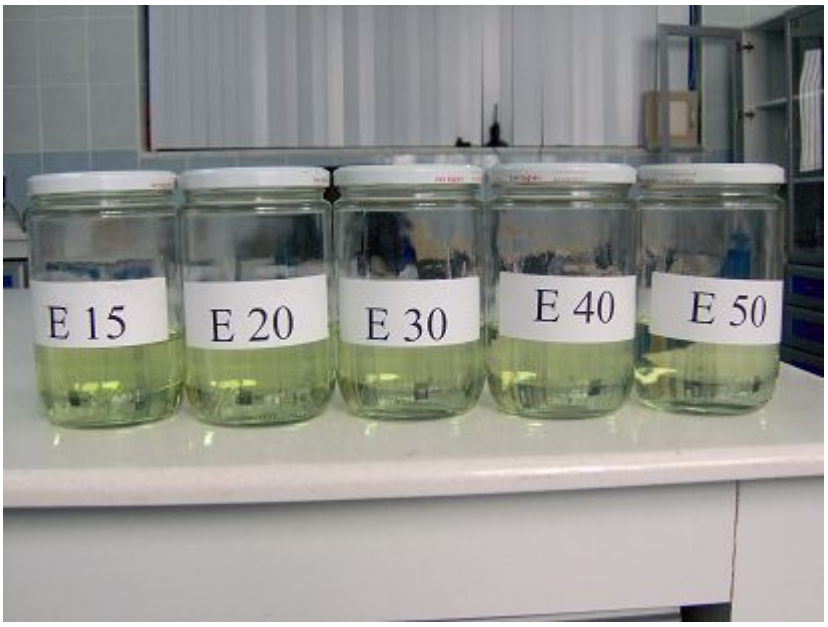
Deney Yakıtı	Kurşunsuz Benzin Oranı % Hacimce	Biyoetanol Oranı % Hacimce
E0 (500 ml)	100 (500 ml)	0 (0 ml)
E1 (500 ml)	99 (495 ml)	1 (5 ml)
E2 (500 ml)	98 (490 ml)	2 (10 ml)
E3 (500 ml)	97 (485 ml)	3 (15 ml)
E4 (500 ml)	96 (480 ml)	4 (20 ml)
E5 (500 ml)	95 (475 ml)	5 (25 ml)
E10 (500 ml)	90 (450 ml)	10 (50 ml)
E15 (500 ml)	85 (425 ml)	15 (75 ml)
E20 (500 ml)	80 (400 ml)	20 (100 ml)
E30 (500 ml)	70 (350 ml)	30 (150 ml)
E40 (500 ml)	60 (300 ml)	40 (200 ml)
E50 (500 ml)	50 (250 ml)	50 (250 ml)
E60 (500 ml)	40 (200 ml)	60 (300 ml)
E70 (500 ml)	30 (150 ml)	70 (350 ml)
E80 (500 ml)	20 (100 ml)	80 (400 ml)
E85 (500 ml)	15 (75 ml)	85 (425 ml)
E100 (500 ml)	0 (0 ml)	100 (500 ml)



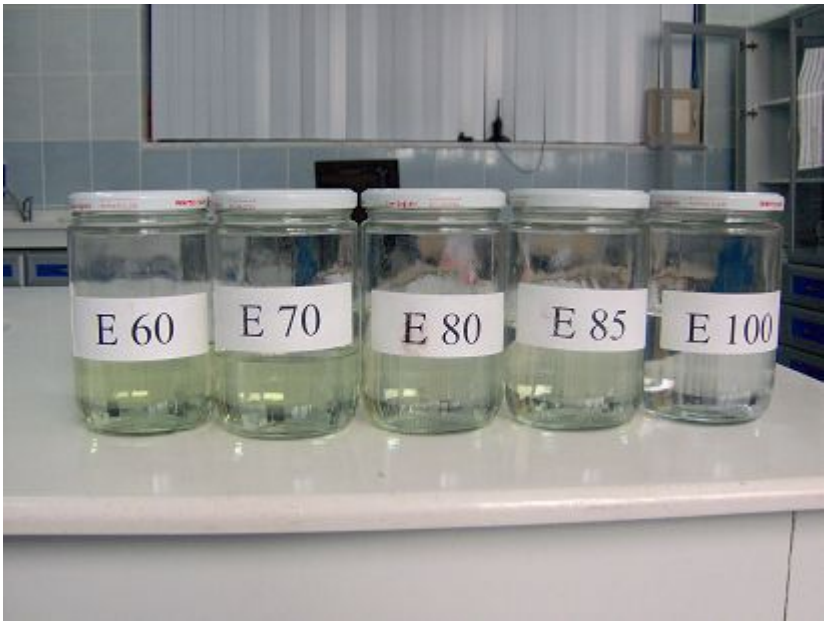
Şekil 3.1. E0, E1, E2 Deney Yakıtları



Şekil 3.2. E3, E4, E5, E10 Deney Yakıtları



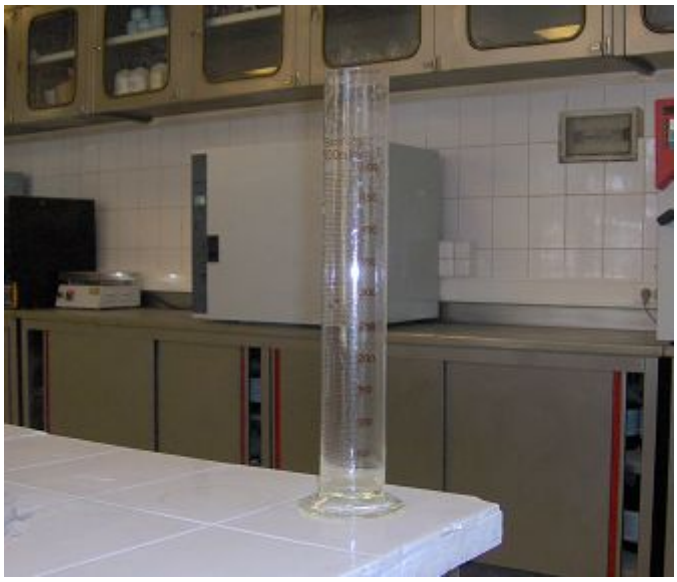
Şekil 3.3. E15, E20, E30, E40, E50 Deney Yakıtları



Şekil 3.4. E60, E70, E80, E85, E100 Deney Yakıtları

3.1.2. Ölçüm Materyalleri

Deneylerde farklı model ve markalarda ölçüm materyalleri kullanılmıştır.



Şekil 3.5. 500 ml kapasiteli uzun mezür



Şekil 3.6. Porselen kroze



Şekil 3.7. Kalorimetre bombası Kuartz kroze

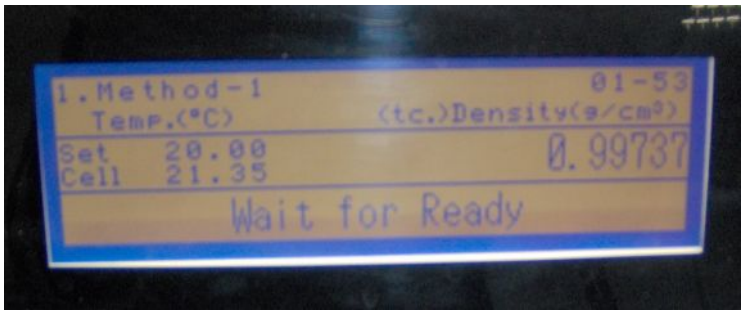
3.1.3. Yoğunluk ölçme cihazı

Yoğunluk ölçme deneyinde Şekil 3.8'de gösterilen Densty/Specific Gravity Meter DA–505 cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Densty/Specific Gravity Meter DA-505

Cihaz Rezonant Frekens bulma ölçüm metoduyla çalışmaktadır. Ölçüm aralığı 0-3 g/cm^3, çalışma sıcaklığı 4-90 ºC, hata payı yoğunluk ölçmede ±0,00005 gr/cm^3, manuel olarak ölçüm zamanı 1-4 dakika, programlama kodunda 2-10 dakikadır. Ölçüm için gereken minimum numune, şırınga edilirse 1.2 ml, birleşik deneme pompasıyla 2 ml'dir.



Şekil 3.9. Densty/Specific Gravity Meter DA-505 cihazın LCD monitörü

3.1.4. Su (Nem) Tayin Cihazı

Karışım yakıtındaki su miktarını ölçmek için Şekil 3.10'de gösterilen Karl Fischer Moisture Titrator MKC–501 nem tayin cihazı kullanılmıştır. Cihaz 5–35 ºC ortam sıcaklığında, ölçüm aralığı 10 µg H_2O ile 100 mg H_2O arasında ve 0.1 µg hassaslığına sahiptir.



Şekil 3.10. Karl Fischer Moisture Titrator MKC–501 Nem Tayin Cihazı

3.1.5. Hassas Terazi

Deneylerde Şekil 3.11'de gösterilen Metter Toledo XS403S model hassas terazi kullanılmıştır. Terazinin max kapasitesi 410 gr, ölçüm hassasiyeti 1 mg ve otomatik kalibrasyonludur.



Şekil 3.11. Metter Toledo XS403S Hassas Terazi

3.1.6. Kalorimetre Cihazı

Deney yakıtlarının alt ısıl değerini ölçmek için Şekil 3.12'de görülen adyabatik IKA Kalorimeters C 7000 cihazı kullanılmıştır. Cihazın çalışma ortam sıcaklığı 18–30 ºC, çalışma ortamındaki izin verilen nem miktarı %80, ölçüm aralığı 30.000 J, ölçme süresi 3–7 dakikadır. Cihazın oksijen operatörü çalışma basıncı 30 bar'dır



Şekil 3.12. IKA Kalorimeters C 7000



Şekil 3.13. IKA Kalorimeters C 7000 Soğutma Sistemi ve Oksijen Dolum Aparatı



Şekil 3.14. IKA Kalorimeters C 7000 Kumanda paneli



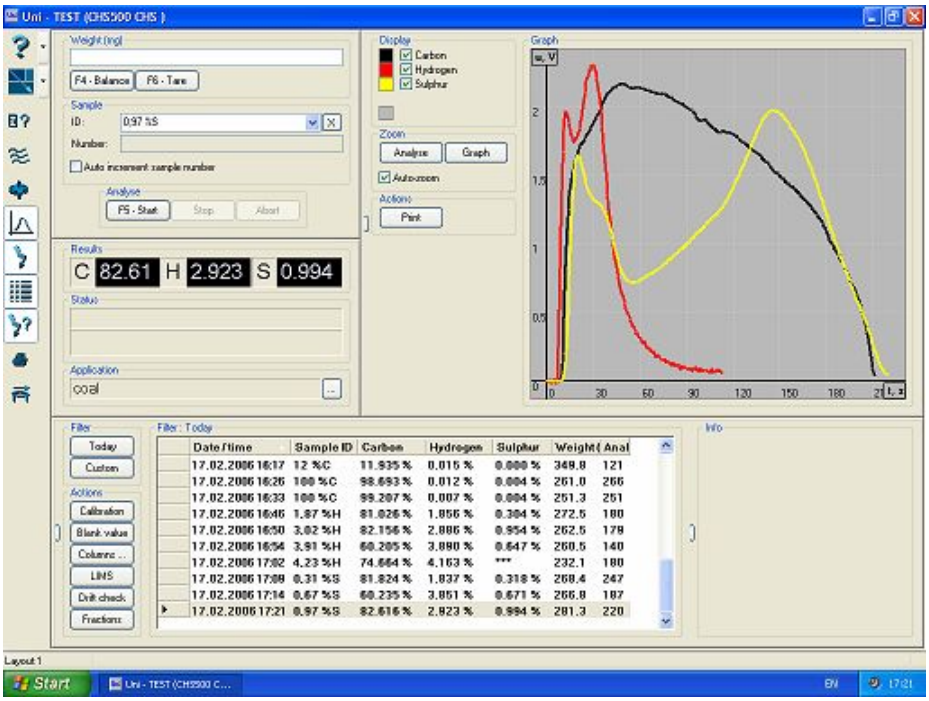
Şekil 3.15. IKA Kalorimeters C 7000 Kalorimetre Bombası

3.1.7. C-H-S Cihazı

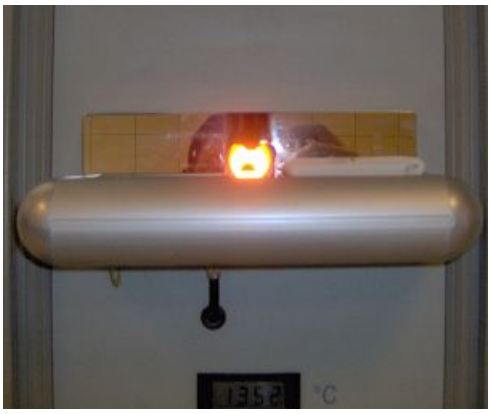
Yakıtların içerisinde bulunan karbon, hidrojen ve kükürt miktarlarının tayininde Şekil 3.16'da görülen ELTRA C-H-S 500 Determinator cihazı kullanılmıştır. Cihazın ölçüm hassasiyetinin alt sınırı 5 µg karbon, 50 µg hidrojen ve 1 µg kükürttür. Şekil 3.18'de görülen cihazın fırın sıcaklığı 1550 ºC ye kadar çıkabilmektedir. Ölçüm sonuçlarını yüzde oran olarak vermektedir. Analiz süresi 50–180 saniye arasındadır. Cihaz analiz sonuçlarını Şekil 3.17'de görüldüğü gibi bilgisayar monitörüne vermektedir.



Şekil 3.16. ELTRA C-H-S 500 Determinator



Şekil 3.17. ELTRA C-H-S 500 Determinator Monitör Görüntüsü



Şekil 3.18. ELTRA C-H-S 500 Determinator Fırını

3.2. Metot

Deneyler, Türk Standartları TS EN 228: 2005, T1:Aralık 2005, ICS:75.160.20 Otomotiv yakıtları-Kurşunsuz benzin-Özellikler ve deney yöntemleri standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deneyler gerçekleştirilmeden önce ölçüm cihazlarının kalibrasyonu yapılmıştır. Deneylerde E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85, E100, karışım yakıtlarının alt ısıl değerleri, yakıtlardaki su miktarı, yoğunlukları, karbon-hidrojen-kükürt değerleri ölçülmüştür.

3.2.1. Yoğunluk

Alternatif motor yakıtı olarak kullanılabilecek bir yakıtta aranan özelliklerden biri de birim hacim ve ağırlık başına yüksek enerji miktarına sahip olmasıdır. Benzinin yoğunluğu sıcaklıktan fazla etkilenmezken alkollerin yoğunlukları sıcaklıktan daha fazla etkilenir. Benzin – alkol karışımlarında alkol oranının artmasıyla karışımın yoğunluğu da artmaktadır (Bayındırlı 2007).

Yoğunluk cihazında ölçüm katalogunda belirtilen ASTM D 4052 standartlarına uygun olarak her numune için tekrar edilerek yapılmıştır.

1- Şekil 3.8'de görülen yoğunluk ölçme cihazı açılarak kalibrasyonu 20 ºC' ye ayarlanmıştır.
2- Yoğunluk ölçme cihazının numune alma borusu karışım yakıtı kabının içerisine batırılmıştır.
3- Cihaz otomatik olarak ihtiyacı olan numune miktarını çekerek analizi başlatır. Analiz sonuçları Şekil 3.9'da görüldüğü gibi cihazın ekranından okunmuştur.

3.2.2. Su İçeriği (Nem)

Biyoetanolün su çekici özelliği vardır ve içinde muhakkak su bulunur. Biyoetanol katkılı benzinler, biyoetanolün higroskopik (nem çekme) özelliklerinden dolayı, pratik olarak benzin-biyoetanol-sudan oluşan üçlü bir karışımdır (Koç 2006).

Nem tayin cihazında ölçüm, katalogunda belirtilen TS 6147, EN ISO 12937, ASTM D 6304 standartlarına uygun olarak her numune için tekrar edilerek yapılmıştır.

1- Şekil 3.10.'de görülen nem tayin cihazı açılarak kalibrasyonu yapılmıştır.

2- Cihazın numune kabına analizi yapılacak olan yakıt konularak analiz başlatılmıştır.
3- Cihaz analizi otomatik olarak bitirince karışım yakıtındaki su miktarı cihazın ekranından okunmuştur.

3.2.3. Alt Isıl Değer

Isıl değer: yanma sonucu oluşan ürünlerin, yanma öncesi referans bir sıcaklığa göre toplam entalpilerinin yakıt kütlesine bölünmesiyle elde edilen ısıl değerdir. Eğer ürünlerdeki su yoğuşmuş kabul ediliyorsa söz konusu değere yakıtın üst ısıl değeri denir. Eğer su buhar fazında gösterilmişse bu değere yakıtın alt ısıl değeri denir. Verim hesaplamalarında yakıtın alt ısıl değeri esas alınır. Yakıtın ısıl değeri genellikle birim kütlesinin enerjisi ile verilmektedir. Gaz yakıtlarda ise ısıl değer uygulamada birim hacminin enerjisi olarak verilmektedir (kJ/kg veya kcal/kg) (Borat ve ark. 1995, Çolak 2006).

Kalorimetre cihazında alt ısıl değer ölçümü, katalogunda belirtilen ISO 1928 standardında aşağıdaki gibi her numune için tekrar edilerek yapılmıştır.

1-Şekil 3.12.'deki kalorimetre cihazı açılmıştır.
2-Şekil 3.15'teki kalorimetre bombasının teline pamuk iplik takılmıştır.
3- Şekil 3.15'teki kalorimetre bombasının içerisine 5 ml saf su konulmuştur.
4-Şekil 3.7'deki kuartz kroze hassas teraziye alınıp terazi sıfırlanmıştır. İçerisine 0,35 g yakıt konulmuştur. Kuartz kroze kalorimetre bombasının içerisine konulmuş ve pamuk iplik kuartz kroze'deki yakıtla temas edecek şekilde yerleştirilerek kalorimetre bombasının kapağı kapatılmıştır.
5-Kalorimetre bombasının içerisine Şekil 3.13'teki cihazda 30 bar oksijen basılmıştır. Kalorimetre bombası ölçüm hücresine konulup cihazın kapağı kapatılmıştır.
6-Şekil 3.14'deki kumanda panelinden yakıt miktarı girilerek yanma başlatılmıştır.
7-Cihaz ölçüm sonucunu 3-7 dakika arasında otomatik olarak yazıcıya aktarmıştır.

3.2.4. Karbon-Hidrojen-Kükürt

Benzin karbon atomu sayısı 4 ile 10 arasında değişen sıvı HC bileşenlerinden ibaret bir karışımdır. Hidrokarbon, karbonla hidrojenin yaptığı bileşiklere denir. Hidrokarbonların kimyasal yapıları yakıtın özelliklerini değiştirir. Bileşikteki karbon, hidrojen atom sayısı ve hidrojen atomunun sayısı karbon atomuna nazaran ne kadar fazla olursa yakıtın ısıl değeri o kadar artar. Hidrokarbonlarda moleküldeki karbon atomu sayısı arttıkça vuruntu direnci azalır (http://www.dersimizkimya.com/kimya_odevleri_pdf/siviyakitveturevleri.pdf).

Yakıt içersinde kükürt varsa, yakıt bu kükürtle birlikte yanar. Kükürt yanma sonucunda Kükürtdioksit (SO_2) veya daha fazla oksijenle birleşerek kükürt trioksidi (SO_3) oluşturur. Egzozdan atılan bu zararlı maddeler yağmur sularında çözülmesiyle oluşan sülfürük asit (H_2SO_4) asit yağmurlarına neden olur. Bu etkileri azaltmak için yakıtın içerisindeki kükürt miktarının bilinmesi gerekir (http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/yakitlar_yaglar/siviyakitlar.htm).

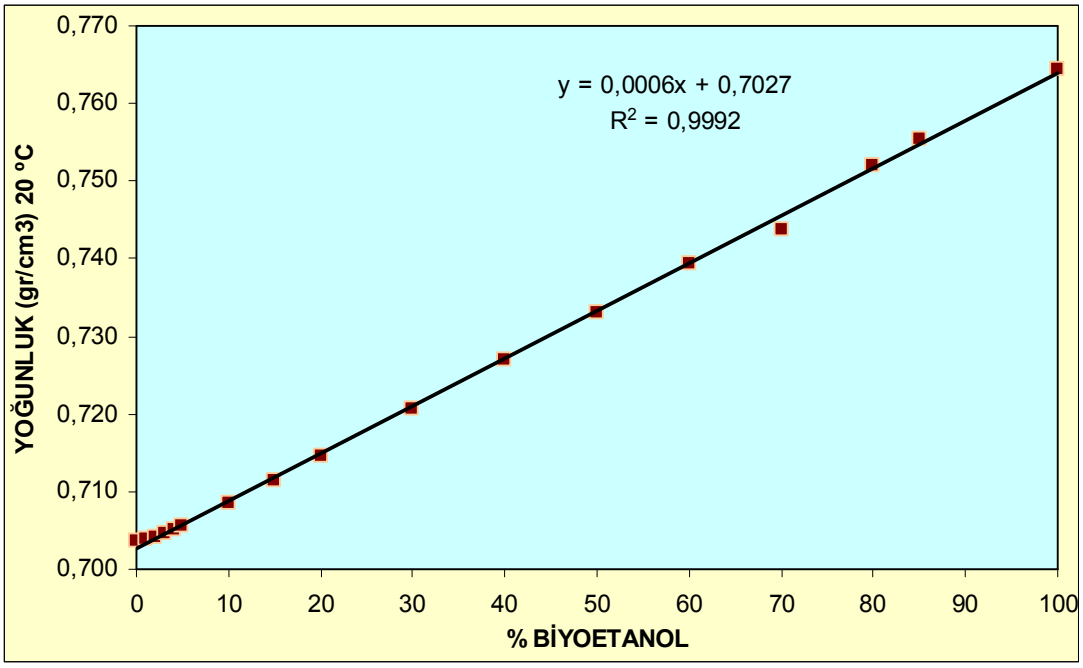
Karbon-Hidrojen-Kükürt cihazında ölçüm katalogunda belirtilen ISO 10694, ASTM E 1915–17, ASTM D 1552, ASTM D 4239, ASTM D 1619, DIN EN 13137 standartlarına uygun olarak her numune için tekrar edilerek yapılmıştır.

1. Şekil 3.16'daki cihaz açılarak 1350 ºC'ye kalibre edilmiştir.
2. Şekil 3.6'daki porselen kroze hassas teraziye alınıp sıfırlanmış, içerisine 100 mg yakıt konulmuştur.
3. Cihazın Şekil 3.17.'de görülen monitöründeki yakıt miktarı kısmına değer yazılmış ve analiz başlatılmıştır. Uyarı sesi gelince porselen kroze cihazın fırınına sürülmüş ve sonuç monitörden okunmuştur.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Yoğunluk

Şekil 4.1'de sırası ile E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85 ve E100 yakıtlarının, yoğunluk ölçüm sonuçları grafikte gösterilmiştir.E0 yakıtından E20 yakıtına yoğunluk artışı %1,5 olmuştur. En fazla artış oranı E70 yakıtından E80 yakıtına geçişte %1,2 olmuştur. En yüksek yoğunluk ölçümü E100 yakıtında ölçülmüştür. Biyoetanolün yoğunluğu benzine göre daha fazla olduğundan karışım yakıtlarındaki biyoetanol oranı arttıkça yoğunlukları artmıştır. E0 yakıtı ile E100 yakıtı arsında yoğunluk farkı %8 olmuştur.

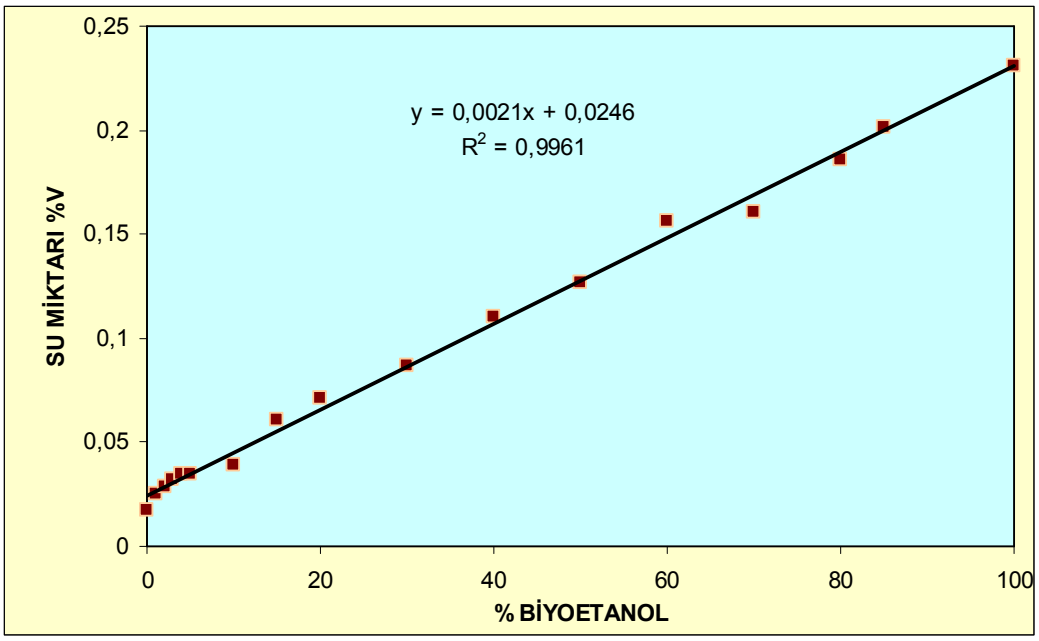


Şekil 4.1. Karışım yakıtlarının yoğunluk grafiği

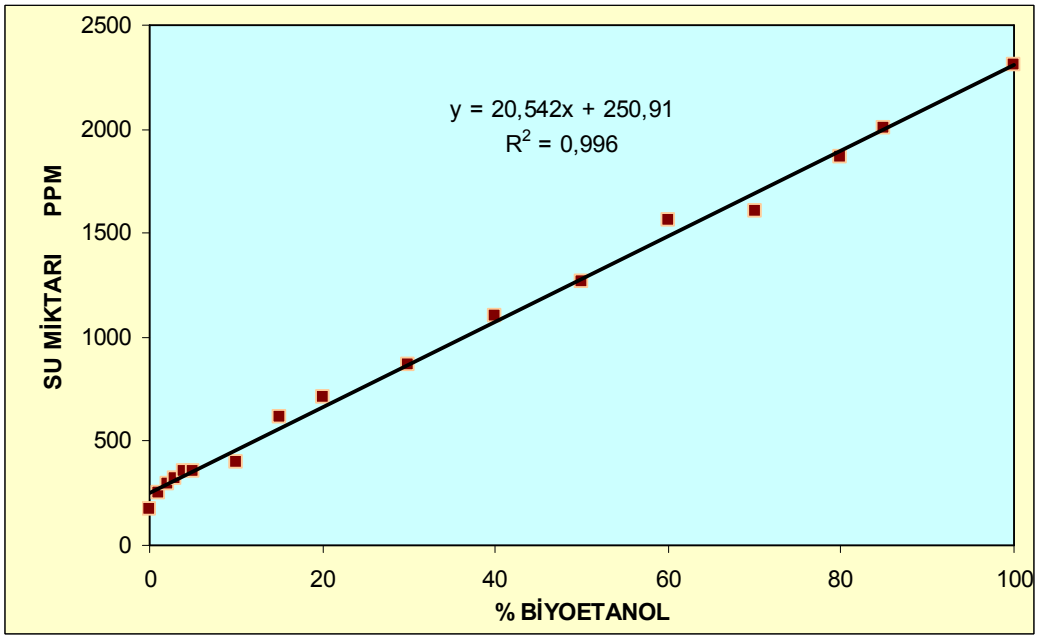
4.2. Su Miktarı (Nem)

Şekil 4.2 ve 4.3'te sırası ile E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85 ve E100 yakıtlarının, nem tayin cihazında ölçüm sonuçlarını % hacimce ve PPM olarak gösterilmiştir. Biyoetanolün nem tutuculuk özelliğinin yüksek olması nedeniyle biyoetanol benzin karışımlı yakıtlardaki biyoetanol oranı arttıkça su içerikleri de artar. Karışım yakıtlarında E0'dan E100 e

doğu su miktarı (nem) lineer bir çizgi halinde artmıştır.E0 yakıtında hacimce %0,017 miktarında su tespit edilmiştir. E0 yakıtından E10 yakıtına kadar su miktarında %130 artış olmuştur. Max su miktarındaki artış bu iki nokta arasında olmuştur. E10 yakıtından E15 yakıtına kadar su miktarındaki artış %55 olmuştur. E30 Yakıtından E40 Yakıtına kadar su miktarındaki artış %26 olmuştur. E0 yakıtından E100 yakıtına kadar su miktarındaki artış oranı %1227 olmuştur.



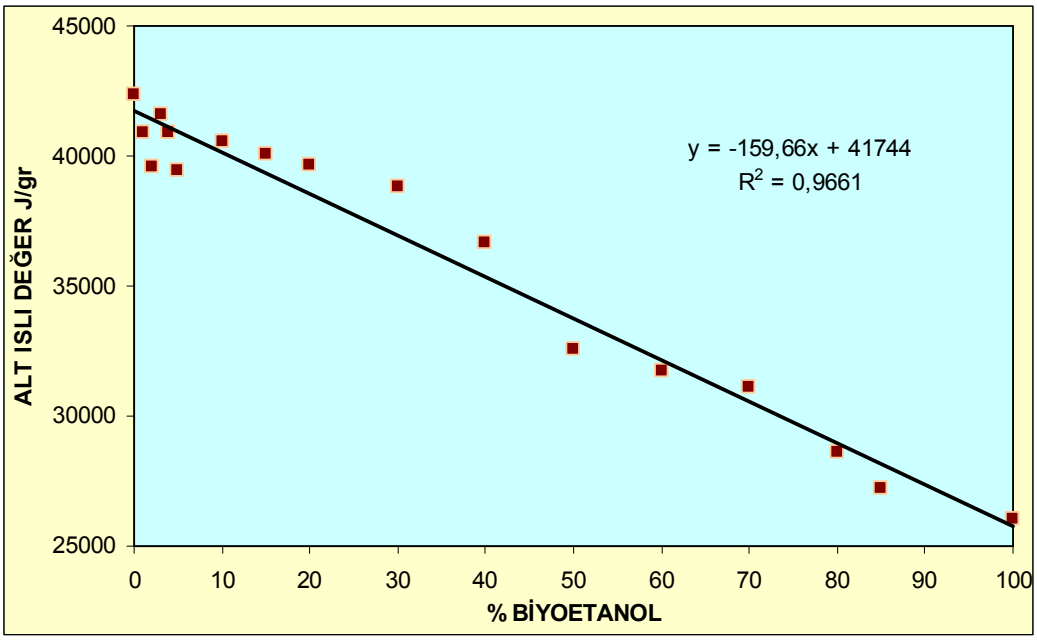
Şekil 4.2. Karışım yakıtlarının su içerikleri % hacim grafiği



Şekil 4.3. Karışım yakıtlarının su içerikleri grafiği (PPM)

4.3. Alt Isıl Değer

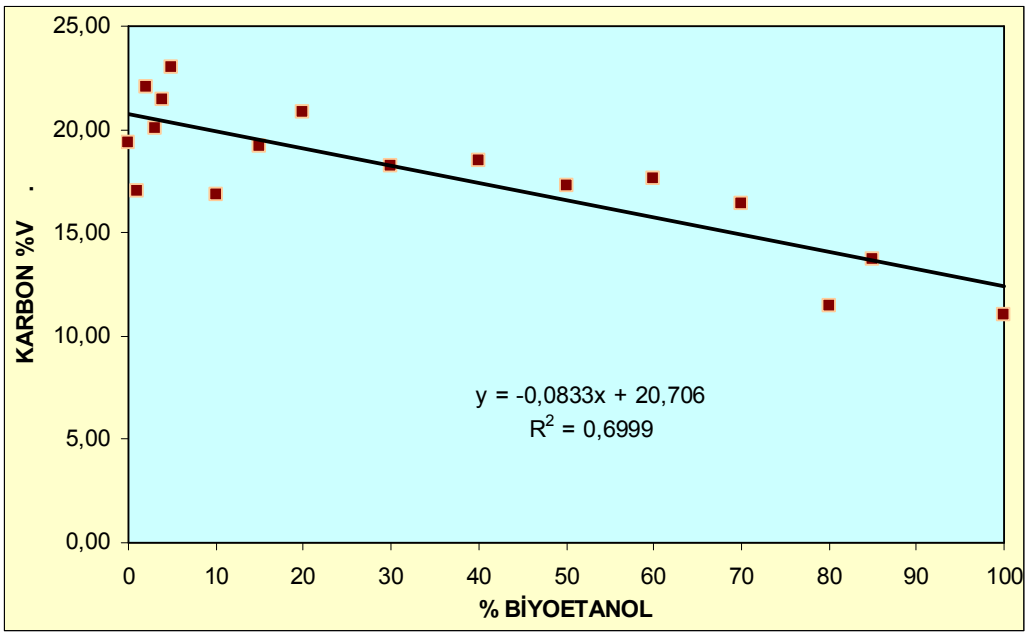
Şekil 4,4'de sırası ile E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85 ve E100 yakıtlarının kalorimetrede ölçülen alt ısıl değerleri gösterilmiştir. Şekilde karışım yakıtlarındaki hacimce biyoetanol miktarı artarken, karışım yakıtlarının alt ısıl değerlerinin düştüğü görülmektedir. E0 dan E10 yakıtına kadar yaklaşık olarak alt ısıl değer düşmesi % 4,3 civarında olmuştur. Otomotiv üreticileri araçlarda E10 yakıtı kullanımının güç ve performans düşüklüğünde bir etki göstermediğini belirtmişlerdir. E10 yakıtında Alt ısıl değer kaybının motora etkisinin çok düşük düzeyde olduğu görülmüştür. E0 dan E20 yakıtına kadar yaklaşık olarak alt ısıl değer düşmesi %6,7 civarında olmuştur. E20 yakıtından sonra düşme aralığı daha fazla artmıştır. E40 yakıtıyla E50 yakıtı arasındaki alt ısıl değer farkı %11 olmuştur. E70 yakıtıyla E80 yakıtı arasındaki alt ısıl değer farkı %16 olmuştur. En düşük alt ısıl değer E100 yakıtında ölçülmüştür.E0 yakıtı ile E100 yakıtındaki alt ısıl değer farkı % 38.5 ile max seviyede olmuştur. Alt ısıl değerin düşük olması motorda özgül yakıt tüketimini arttırır. Karışım yakıtlarındaki etanol miktarı arttıkça aynı mesafeyi alabilmek için yakıt deposunun, benzine göre daha büyük yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.4. Karışım yakıtlarının alt ısıl değer grafiği

4.4. Karbon

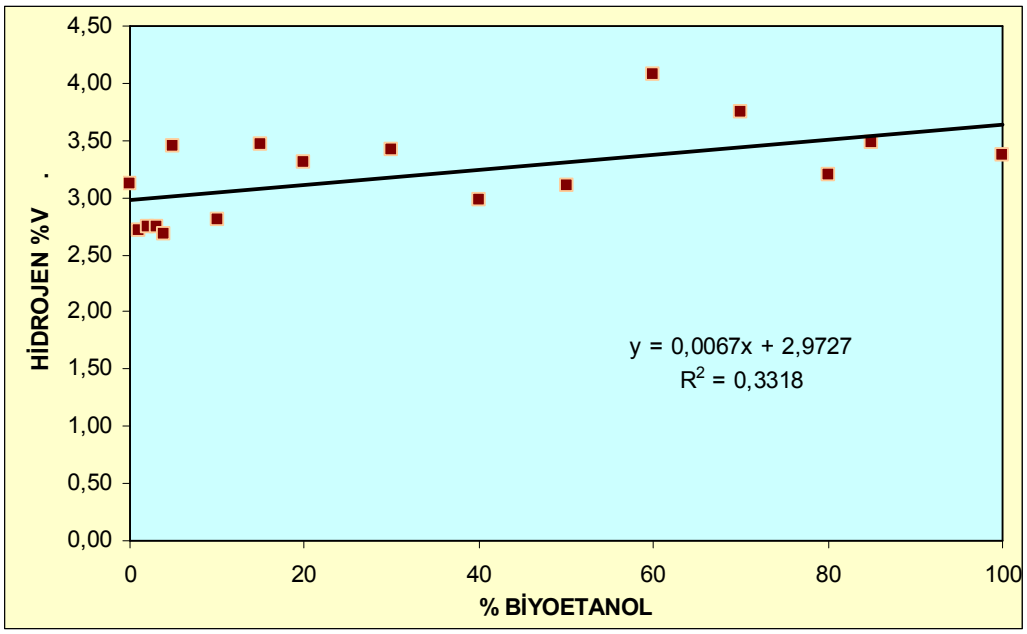
Şekil 4,5'te sırası ile E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85 ve E100 yakıtlarının, karbon ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Benzinin kimyasal bileşimindeki (C_8H_{18}) karbon miktarı biyoetanolün bileşimindeki (C_2H_5OH) karbon miktarına göre daha yüksektir. En düşük karbon miktarı E100 yakıtında ölçülmüştür. E0 yakıtı ile E100 yakıtı arasındaki karbon % 43 oranında düşmüştür. Bunun nedeni Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarındaki biyoetanol miktarının artmasıdır. Çünkü biyoetanolün bileşiminde karbon miktarı benzine göre daha düşüktür. E100 yakıtının içerisindeki karbon miktarı E0 yakıtına göre, kimyasal formülündeki yapıyla uyumlu olarak azalmıştır.



Şekil 4.5. Karışım yakıtlarının karbon grafiği

4.5. Hidrojen

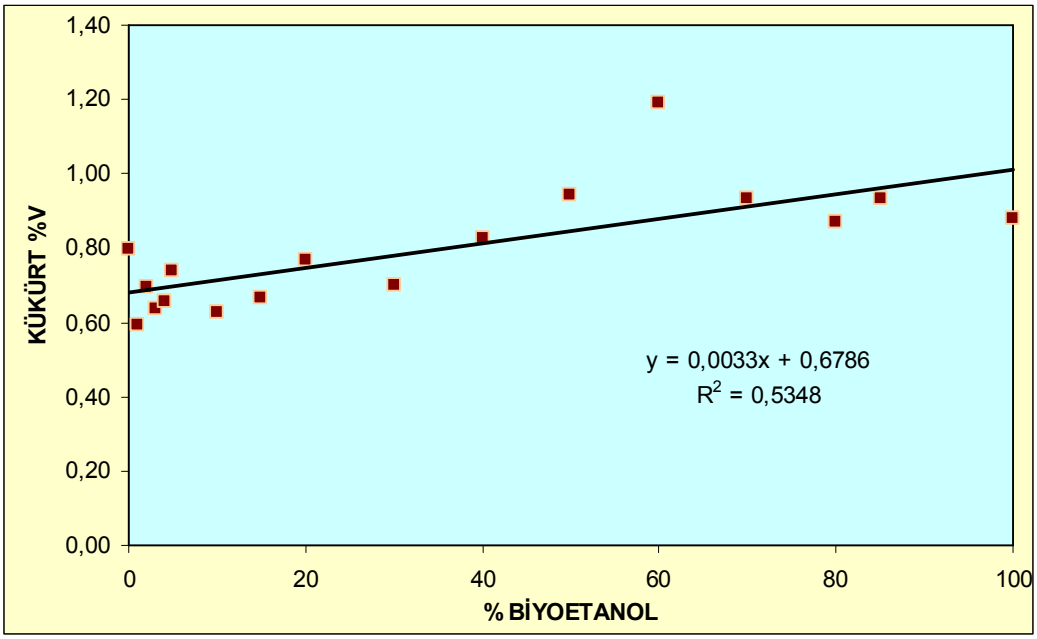
Şekil 4,6'da sırası ile E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85 ve E100 yakıtlarının, hidrojen ölçüm sonuçları gösterilmiştir.E0 yakıtından E4 yakıtına kadar hidrojende azalma olmuştur. E4 yakıtından E5 yakıtına geçildiğinde artma olmuştur. En düşük hidrojen miktarı ölçümü E1 yakıtında ölçülmüştür. Karışım yakıtında max hidrojen E60 yakıtında ölçülmüştür. E1 yakıtıyla E60 yakıtı arasındaki fark %50 olmuştur. E50 yakıtından E60 yakıtına geçildiğinde artış olmuştur. E60 yakıtından E80 yakıtına kadar düşme olmuştur.



Şekil 4.6. Karışım yakıtlarının hidrojen grafiği

4.6. Kükürt

Şekil 4.7'de sırası ile E0, E1, E2, E3, E4, E5, E10, E15, E20, E30, E40, E50, E60, E70, E80, E85 ve E100 yakıtlarının, kükürt ölçüm sonuçları gösterilmiştir. En düşük kükürt ölçümü E1 yakıtında görülmüştür. En yüksek kükürt ölçümü E60 yakıtında görülmüştür. E60 yakıtından sonra azalmıştır. E100 yakıtında ise E0 yakıtına göre %10'luk bir artış gözlemlenmiştir. Biyoetanol üretiminde fermantasyon ünitesinde ph ayarlaması sırasında alkollü mayşenin içerisine sülfirik asit (H_2SO_4) katılır. Bu da biyoetanolün içerisindeki kükürt miktarının artmasına neden olur.



Şekil 4.7. Karışım yakıtlarının kükürt grafiği

Genel tablolar ise Ek.10- Ek.12' de verilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öncelikle bölge ve ülkemiz için büyük önem arz eden biyoetanol + 95 oktan kurşunsuz benzin karışımlarının bazı yakıt özellikleri, bu yakıt özelliklerinin alt ısıl değere etkisi belirlenmiştir. Yine bunun yanında kurşunsuz 95 oktanlı benzin ve biyoetanol karışımlarının kimyasal özellikleri de ortaya konmuştur.

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, karışım yakıtlarındaki yoğunluk ölçüm sonuçları E0'dan başlayarak E100 yakıtına kadar artmıştır. Benzinin sıcaklığına göre yoğunluk değişimi az olmasına karsın biyoetanolün ki çok fazla değişmektedir. Bu yoğunluk artışı karışım yakıtındaki biyoetanol miktarı ile doğru orantılı olarak artmıştır. Bunun nedeni olarak biyoetanolün yoğunluğunun benzinin yoğunluğuna nazaran daha fazla olmasıdır. Bulunan bu sonuç; Örs (2007), Pang ve ark. (2007), Topgül (2006), Abdel-Rahman ve ark.(1995), Al-Baghdadi (2004), Apace araştırma şirketi (1998)'nin bulmuş olduğu sonuçlar ile uyumludur.

Şekil 4.2-3'te görüldüğü gibi, karışım yakıtlarındaki su miktarı ölçüm sonuçları E0'dan başlayarak E100 yakıtına kadar artmıştır. Su miktarı karışım yakıtındaki biyoetanol miktarının artmasıyla doğru orantılıdır. Su miktarındaki artışın nedeni, biyoetanolün su çekici özelliğinden dolayı açıklanabilir. Biyoetanol katkılı benzinler, biyoetanolün higroskopik özelliklerinden dolayı, pratik olarak benzin-biyoetanol-sudan oluşan üçlü bir karışımdır. Karışım yakıtları içerisinde bulunan su, yakıt donanımında ve emme sistemi üzerinde korozif etki yapmakta, ateşleme ve yakıt donanımı zarar görmektedir. Plastik, kauçuk ve elastomerleri bozabilmektedir. Benzin içindeki biyoetanol miktarı % 10'u geçince içerisindeki su miktarı TS EN 288 benzin standardına göre tolerans değeri su miktarını aştığından dolayı uygun değildir. Ayrıca daima homojen olması gereken sistemde iki ayrı fazın oluşması ihtimalidir. Bu fazın engellenmesi için yakıt sistemlerinde, soğuk havalarda devreye girecek bir ısıtıcı sistem kullanılmalıdır. Bu yüzden benzin + biyoetanol karışımlarıyla ilgili üretici firmaların garanti kapsamları da göz önüne alındığında E2 – E5 ve E10 kullanımı öncelikle tercih edilmelidir. Ya da şu anda dünyada prototipleri mevcut yakıt sistemleri biyoetanole karşı hassas olmayan yakıt kitleri ile değiştirilmelidir. Biyoetanol, aracın deposundaki ve yakıt sistemindeki tortu ve kalıntıları çözer yakıt filtresini kısa aralıklarda değiştirmek gerekebilir ya da yakıt filtrelerinde paslanmaz çelik kullanılmalıdır. Bulunan bu sonuçlar; Apace araştırma

şirketi (1998), Downstream Alternatives şirketi (2002), Lapuerta ve ark. (2007), Leong ve ark. (2002), Örs (2007)'ün bulmuş olduğu sonuçlar ile uyumludur.

Şekil 4.4.'te görüldüğü gibi, yapmış olduğumuz çalışmada biyoetanol-benzin karışımı yakıtların alt ısıl değerleri, E0 yakıtından başlayarak E100 yakıtına %38,5 oranına kadar düşme eğilimi göstermiştir. Yakıtlarda bulunan karbon, hidrojen atom sayısı ne kadar fazla olursa yakıtın ısıl değeri o kadar artar. Biyoetanol benzin karışımı yakıtlarda karbon sayısının düştüğünü ve bu düşüşe paralel olarak alt ısıl değerin düşme eğilimi gösterdiği yorumlanmıştır. Hidrojen oranındaki artma tek başına alt ısıl değeri yükseltmeye yeterli değildir. Sonuç olarak biyoetanol benzin karışımı yakıt kullanımının alt ısıl değer düşmesi göz önüne alınarak E10 yakıtı kullanımı tavsiye edilebilir.E10 yakıtından sonraki karışımlarda su içeriğinin tolerans sınırlarını geçerek korozyon, faz ayrışması oluşması ve alt ısıl değerdeki düşüşlere paralel olarak özgül yakıt tüketiminin arttırdığı için tavsiye edilmemektedir. Benzin yerine biyoetanol kullanıldığında aynı yolu gitmek için yaklaşık benzinin 1,4 katı kadar yakıt deposu gerekmektedir. Ancak biyoetanolün çevre ve ülkeye yerli kaynak olarak katkısı düşünüldüğünde bu durum göz ardı edilebilir. Bulunan bu sonuç; Abdel-Rahman ve ark. (1995), Al-Baghdadi (2004), Al-Farayedhi (2002), Ameri ve ark. (2007), Davis (2006) Hsieh ve ark. (2002), Lapuerta ve ark. (2007), Minteer (2006)'in bulmuş olduğu sonuçlar ile uyumludur.

Şekil 4.5'de görüldüğü gibi karbon miktarında E0 dan E100'kadar azalma olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni olarak biyoetanolün benzine nazaran karbon miktarı olarak daha az karbon içermesinden kaynaklandığı yorumlanmıştır. Ayrıca karışımdaki karbon miktarının direk alt ısıl değere etkisi olduğundan karışım yakıtı olarak E10 yakıtı kullanılabilir. Çünkü E10 yakıtından sonraki karışımlarda karbon oranındaki düşüşler alt ısıl değerini de düşürmekte olduğundan tavsiye edilmemektedir. Bulunan bu sonuçlar; Al-Baghdadi (2004), He ve ark. (2003), Kelly ve ark. (1996), Pang ve ark. (2007)'nın bulmuş olduğu sonuçlar ile uyumludur.

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi hidrojen miktarında E0 dan E100'kadar artma olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni olarak biyoetanolün hidrojen olarak benzine göre zengin olmasından kaynaklandığı yorumlanmıştır. Bulunan bu sonuçlar Hsieh ve ark. (2002), Kelly ve ark. (1996)'nın bulmuş olduğu sonuçlarla uyumludur.

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi kükürt miktarında E0 dan E100'kadar artma olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarak kullanılan biyoetanolün içerisindeki kükürt miktarı benzine nazaran daha fazladır. Bulunan bu sonuç Topgül (2006)'ün bulmuş olduğu sonuçla uyumludur.

Günümüzde Dünya Ticaret Örgütü verilerine göre dünyada her gün 1 milyar dolar çiftçilere destek yapılmaktadır. Bunun yarısı ABD ve AB'ye aittir. Bu ise Türkiye dâhil yüzlerce ülkenin rekabet gücünü felç etmektedir. Petrol ihtiyacını büyük oranda ithalat yoluyla karşılayan ülkemizin "Enerji tarımı" dışa bağımlılığını azaltacak, aynı zamanda pancar üretimimizin kota ile ilgili sorunlarını çözebilecek bir fırsat olarak görmesi ve değerlendirmesi stratejik açıdan önemlidir. Çünkü ülkemiz sahip olduğu potansiyel ve tarımsal avantajlarıyla bölgesinde söz sahibi olabilecek konumdadır." Türkiye tarımsal potansiyelleri ve Biyomotorin ve biyoetanoldeki kurulu kapasiteleri itibariyle Avrupa Birliği'ne önemli bir tedarik merkezi olabilecek konumdadır. Planlama ve düzenlemelerle çok kısa bir sürede Türkiye AB'nin biyoyakıt tedarikçisi olabilir.

Bundan sonraki aşamalar ise motorlar ve taşıtlarda emisyon ve güç değerlerinin belirlenmesi, biyoetanol üretim kaynağına göre (şeker pancarı, mısır, selülozik materyal vb) bunların detaylı olarak incelenmesidir. Bu hem biyoetanol karışımlı yakıt sistemleri için doğru bir temel oluşturacak hem de kavram kargaşasını ortadan kaldıracaktır. Biyoetanol yakıtları, mısır veya şeker pancarından üretilme ve üretilirken kullanılan teknoloji nedeniyle özelliklerinde faklılıklar gösterebilirler.

Bu yüzden biyoetanolün üretildiği kaynaklar dikkate alınarak yakıt özellikleri, her kaynak için (Ş. Pancarı, mısır, buğday vb) ortaya konmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Abdel-Rahman, A.A., Osman, M.M. 1997. Experimental Investigation on Varying The Compression Ratio of SI Engine Working under Different Ethanol-Gasoline Fuel Blends, International Journal of Energy Research, 21:31-40.

Acaroğlu, M. 2007. Alternatif Enerji Kaynakları,Genişletilmiş İkinci Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Ltd.Şti., ISBN 978-605-395-047-9.

Acaroğlu M., Oğuz H., Ünaldı M., 2004. Türkiye İçin Alternatif Bir Yakıt:Biyoetanol, Yakıt Olarak Kullanımı ve Emisyon Değerleri, Biyoenerji 2004 Sempozyumu, 20-22 Ekim 2004 Ege Üniversitesi, İzmir.

Al-Baghdadi, M.A.R.S. 2004. A Simulation Model for a Single Cylinder Four-Stroke Spark Ignition Engine Fueled with Alternative Fuels, Turkish J. Eng. Env. Sci.30 (2006) , 331 – 350.TÜBİTAK.

Al-Fahreydi, A.A. 2002. Effects of Octan Number on Exhaust Emissions of a Spark İgnition Engine, International Journal of Energy Research, 26:279-289.

Ameri, M., Ghobadianb, B., Baratiana, I. 2007. Technical comparison of a CHP using various blends of gasohol in an IC engine, Renewable Energy 33 (2008) 1469–1474.

Apace Research Ltd, 1998. Intensive Field Trial Of Ethanol/Petrol Blend in Vehicles, ERDC Project No. 2511.

Bayındırlı, C. 2007. Biyoetanol'ün Özellikleri, Otto Ve Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Bonnema, G., Guse, G., Senecal, N., Gupta, R.,Dr. Jones, B., Professor Ready, K., L., 1999. Use Of Mıd-Range Ethanol/Gasolıne Blends In Unmodıfied Passenger Cars And Lıght Duty Trucks, Minnesota Center for Automotive Research, Minnesota State University.

Borat O., Balcı M., Sürmen A. 1995. İçten Yanmalı Motorlar Cilt I 4.Baskı ISBN:975-95300-0-7.

Caro, P.S., Mouloungui, Z., Vaitilingom, G., Berge, J.C. 2001. Interest of Combining an Additive with Diesel-Ethanol Blends for Use in Diesel Engines, Fuel, 80:565-574.

Chen, H., Shuai, S.J., Wang, J.X. 2007. Study on Combustion Characteristics and PM Emission of Diesel Engines Using Ester-Ethanol-Diesel Blended Fuels, Proceedings of The Combustion Institute, 31(2007) XXX-XXX

Çelikten H. 2007. Otto Motorlarında Biyoetanol Kullanımı Ve Biyoetanol Özellikleri, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Çolak, A. 2006. Buji Ateşlemeli Bir Motorda Farklı Sıkıştırma Oranlarında Etanol Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

Delgado, C.O.B.R., Araujo, A.S., Fernandes Jr.V.J., 2006. Properties of Brazilian Gasoline Mixed With Hydrated Ethanol For Flex-Fuel Technology, Fuel Processing Technology 88 (2007) 365–368.

Dereli V.A. 2007 Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş.Çumra Şeker Biyoetanol Fabrikası Proses Raporu.

Downstream Alternatives Inc. 2002. Fuel Specıfıcatıons And Fuel Property Issues And Theır Potentıal Impact On The Use Of Ethanol As a Transportatıon Fuel, Phase III Project Deliverable Report, Oak Ridge National Laboratory, Ethanol Project, Subcontract No. 4500010570.

Graham, L.A., Belisle, S.L., Baas, C.L., 2008. Emissions From Light Duty Gasoline Vehicles Operating on Low Blend Ethanol Gasoline and E85, Atmospheric Environment 42 (2008) 4498–4516.

He, B.Q., Shuai, S.J., Wang, J.X., He, Hong. 2003. The Effect of Ethanol Blended Diesel Fuels on Emissions from a Diesel Engine, Atmospheric Environment, 37:4965-4971.

Hsieh, W.D., Chen, R.H., Wu, T.L., Lin, T.H. 2002. Engine Performance and Pollutant Emission of an SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels, Atmospheric Environment, 36:403-410.

İmrağ, H. 2006. Benzinli Motorlarda Biyoetanol Kullanımının Motor Karakteristik Değerlerine ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerini Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir

Kelly, K.J., Bailey, B.K., Coburn, T.C. 1996. Federal Test Procedure Emission Test Result from Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Luminas, SAE Paper No: 961092.

Koç, M. 2006. E85 Ve E50 Kullanımının Yüksek Sıkıştırma Oranlarında Benzin Motoru Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Lamberty, R. 2007. Optımal Ethanol Blend-Level Investıgatıon Final Report

Lapuerta, M., Armas, O., Contreras, R.G., 2007a. Stability of Diesel–Bioethanol Blends For Use in Diesel Engines, Fuel 86 (2008) 1351–1357.

Lapuerta, M., Armas, O., Herreros, J.M. 2007b. Emissions From a Diesel–Bioethanol Blend in an Automotive Diesel Engine, Fuel 87 (2008) 25–31.

Leong, S.T., Muttamara, S., Laortanakul, P., 2002. Applicability of Gasoline Containing Ethanol as Thailand's Alternative Fuel to Curb Toxic VOC Pollutants From Automobile Emission, Atmospheric Environment 36 (2002) 3495–3503.

Minteer, S. 2006. Alcoholic Fuels, Chapter-7, Ethanol Blends: E10 and E-Diesel, International Standard Book Number-10: 0-8493-3944-8, Published in 2006 by, CRC Pres, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742.

Minteer, S., Davis, G.W. 2006. Alcoholic Fuels, Chapter-8, Using E85 in Vehicles, International Standard Book Number-10: 0-8493-3944-8, Published in 2006 by, CRC Pres, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742.

Orbital Engine Company, 2002. A Literature Review Based Assessment on the Impacts of a 10% and 20% Ethanol Gasoline Fuel Blend on Non-Automotive Engines, Report to Environment Australia.

Örs, İ. 2007. Benzin-Etanol Karışımlarının Taşıt Performansına Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Pang, X., Mu, Y., Yuan, J., He, H., 2007. Carbonyls Emission From Ethanol-Blended Gasoline and Biodiesel-Ethanol-Diesel Used in Engines, Atmospheric Environment 42 (2008) 1349–1358.

Pikūnas, A., Pukalskas, S., Grabys, J. 2003. Influence of Composıtıon of Gasolıne – Ethanol Blends on Parameters of Internal Combustıon Engınes, Journal of KONES Internal Combustion Engines 2003, vol. 10, 3-4.

Poulopoulos, S.G., Samaras, D.P., Philippopoulos, C.J. 2001. Regulated and Unregulated Emissions from an Internal combustion Engine Operating on Ethanol-Containing Fuels, Atmospheric Environment, 35:4399-4406.

Pumphrey, J.A., Brand, J.I., Scheller, W.A, 1998. Vapour Pressure Measurements and Predictions For Alcohol–Gasoline Blends, Fuel 79 (2000) 1405–1411.

Sierra Research Inc, 2000. Potential Evaporative Emission Impacts Associated With the Introduction of Ethanol-Gasoline Blends in California, Report No. SR00-01-01.

Smith, C.H., Fang, J., Powders, M., Aabakken, J. 2002. Issues Associated With the Use of Higher Ethanol Blends, Technical Report, National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Boulevard Golden, Colorado 80401-3393.

Song, C.L., Zhang, W.M., Pei, Y.Q., Fan, G.L., Xu, G.P. 2005. Comparative Effects of MTBE and Ethanol Additions into Gasoline on Exhaust Emissions, Atmospheric Environment, 40 (2006) 1957-1970.

Tarkim Tarımsal Kimya Teknolojileri&Biyoetanol, Türkiye'nin İlk Biyoetanol Üreticisi Tarımsal Kimya Teknolojileri A.Ş.(TARKİM)

Topgül, T. 2006. Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Etil Alkol-Benzin Karışımı Kullanımında Optimum Çalışma Parametrelerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Vilar, R.B.C., Silva, R.D., Schossler, P., Veses, R.C., Piatnicki, C.M.S., Samios, D., Caramão, E.B., 2003. Preliminary Characterization of Anhydrous Ethanol Used in Brazil as Automotive Fuel, Journal of Chromatography A, 985 (2003) 367–373.

Xing-cai, L., Jian-guang, Y., Wu-gao, Z., Zhen, H. 2003. Effect of Cetane Number Improver on Heat Release Rate and Emissions of High Speed Diesel Engine Fueled with Ethanol Diesel Blend Fuel, Fuel, 83 (2004) 2013-2020.

Zhai, H., Frey, H.C., Rouphail, N.M., Gonçalves, G.A., Farias, T.L. 2007 Fuel Consumption and Emissions Comparisons Between Ethanol 85 and Gasoline

Fuels for Flexible Fuel Vehicles, Paper No. 2007-AWMA-444, Proceedings, 100th Annual Meeting of the Air & Waste Management Association, Pittsburgh, PA, June 26-28, 2007.

http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/retail/retail_turkey/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/b/bp_kursunsuz_teknik.pdf

http://www.dersimizkimya.com/kimya_odevleri_pdf/siviyakitveturevleri.pdf

http://www.sekeris.org.tr/yazi_ayrinti.php?yazi_no=337

http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/yakitlar_yaglar/siviyakitlar.htm

EK-1

*** Kullanılan Değişkenler ***

Bağımlı Değişken: ALT ISIL DEĞER

Bağımsız Değişkenler: KARBON(C), HİDROJEN(H), KÜKÜRT(S)

R E G R E S Y O N A N A L İ Z T A B L O S U

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Tablo Değeri % 5	Tablo Değeri %1
Toplam	16	1449310779.694	90581923.731			
Regresyon	3	269720466.111	89906822.037	0.991ns	3.410	5.740
Regresyondan Sapma	13	1179590313.583	90737716.429			

r kare: 0.186102574

r : 0.431396075

Ayarlanmış r kare: -0.001719909

Katsayılar, önem kontrolü, standart hataları ve t-hesap

a katsayısı : 52012.857131ns (26687.99973 1.948923)

b1(KARBON) katsayısı : 380.376667ns (774.793215 0.490940)

b2(HİDROJEN) katsayısı : -4801.399920ns (9111.386517 0.526967)

b3(KÜKÜRT) katsayısı : -11632.752937ns (24676.19413 0.471416)

(** = %1, * = %5 alfa seviyesinde önemli; ns=önemsiz)

ALT ISIL DEĞER = 52012.85 + 380.376*C – 4801.39*H – 1163.75*S

EK-2

*** Kullanılan Değişkenler ***

Bağımlı Değişken: ALT ISIL DEĞER

Bağımsız Değişkenler: YOĞUNLUK (Y)

R E G R E S Y O N A N A L İ Z T A B L O S U

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Tablo Değeri % 5	Tablo Değeri %1
Toplam	16	1449310779.694	90581923.731			
Regresyon	2	346083284.213	173041642.107	2.196ns	3.740	6.510
Regresyondan Sapma	14	1103227495.481	78801963.963			

r kare : 0.239

r : 0.489

Ayarlanmış r kare 0.188

Katsayılar, standart hataları ve önem kontrolü

a katsayısı: 2275858.228ns (3725262.019)

b1 katsayısı: -5933.94316ns (10211.92273)

b2 katsayısı: 3.916235ns (6.993191)

(** = %1, * = %5 alfa seviyesinde önemli; ns=önemsiz)

ALT ISIL DEĞER = 2275858.23 - 5933.94*Y + 3.91* Y^2

EK-3

*** Kullanılan Değişkenler ***

Bağımlı Değişken: ALT ISIL DEĞER

Bağımsız Değişkenler: NEM MİKTARI (NM)

R E G R E S Y O N A N A L İ Z T A B L O S U

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Tablo Değeri % 5	Tablo Değeri %1
Toplam	16	1449310779.694	90581923.731			
Regresyon	2	384287428.609	192143714.304	2.526ns	3.740	6.510
Regresyondan Sapma	14	1065023351.085	76073096.506			

r kare : 0.265

r : 0.515

Ayarlanmış r kare : 0.216

Katsayılar, standart hataları ve önem kontrolü

a katsayısı: 43804.69117** (6007.624590)

b1 katsayısı: -15.812510ns (13.845903)

b2 katsayısı: 0.003982ns (0.005885)

(** = %1, * = %5 alfa seviyesinde önemli; ns=önemsiz)

ALT ISIL DEĞER= 43804.69-15.812*NM+0.00398*NM^2

EK-4

*** Kullanılan Değişkenler ***

Bağımlı Değişken: ALT ISIL DEĞER

Bağımsız Değişkenler: KARBON(C)

R E G R E S Y O N A N A L İ Z T A B L O S U

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Tablo Değeri % 5	Tablo Değeri %1
Toplam	16	1449310779.694	90581923.731			
Regresyon	2	146207429.545	73103714.773	0.785ns	3.740	6.510
Regresyondan Sapma	14	1303103350.149	93078810.725			

r kare : 0.101

r : 0.318

Ayarlanmış r kare: 0.041

Katsayılar, standart hataları ve önem kontrolü

a katsayısı: -14361.6003ns (52440.72630)

b1 katsayısı: 5105.863163ns (6319.597603)

b2 katsayısı: -129.190674ns (185.973917)

(** = %1, * = %5 alfa seviyesinde önemli; ns=önemsiz)

ALT ISIL DEĞER = -14361.6 + 5105.86*C – 129.19*C^2

EK-5

*** Kullanılan Değişkenler ***

Bağımlı Değişken: ALT ISIL DEĞER

Bağımsız Değişkenler: HİDROJEN (H)

R E G R E S Y O N A N A L İ Z T A B L O S U

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Tablo Değeri % 5	Tablo Değeri %1
Toplam	16	1449310779.694	90581923.731			
Regresyon	2	319866288.619	159933144.310	1.982ns	3.740	6.510
Regresyondan Sapma	14	1129444491.075	80674606.505			

r kare : 0.221

r : 0.470

Ayarlanmış r kare: 0.169

Katsayılar, standart hataları ve önem kontrolü

a katsayısı : 221104.4842ns (134151.1019)

b1 katsayısı : -106812.478ns (82479.78036)

b2 katsayısı : 14915.38849ns (12553.83662)

(** = %1, * = %5 alfa seviyesinde önemli; ns=önemsiz)

ALT ISIL DEĞER = 221104.48 – 106812.47*H + 14915.39*H^2

EK-6

*** Kullanılan Değişkenler ***

Bağımlı Değişken: ALT ISIL DEĞER

Bağımsız Değişkenler: KÜKÜRT (S)

R E G R E S Y O N A N A L İ Z T A B L O S U

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Tablo Değeri % 5	Tablo Değeri %1
Toplam	16	1449310779.694	90581923.731			
Regresyon	2	365322287.469	182661143.734	2.359ns	3.740	6.510
Regresyondan Sapma	14	1083988492.225	77427749.445			

r kare : 0.252

r : 0.502

Ayarlanmış r kare: 0.202

Katsayılar, standart hataları ve önem kontrol

a katsayısı: 121895.1602* (52357.81232)

b1 katsayısı: -189548.267ns (124186.5470)

b2 katsayısı: 96099.20374ns (71720.41278)

(** = %1, * = %5 alfa seviyesinde önemli; ns=önemsiz)

ALT ISIL DEĞER= 121895.16 – 189548.27*S + 96099.2*S^2

EK-7. Alt Isıl Değer – Yoğunluk t-testi sonuçları

t - T E S T a n a l i z i

	Alt Isıl değer	Yoğunluk
Ortalama	34243.546	723.361
Varyans	90581923.731	432.468
Gözlem adedi	17	17
Müş.Varyans	45291178.099	
S.D. [D.F.]	32	
t-Hesaplanan	14.521**	

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

EK-8 Alt Isıl Değer – Nem Miktarı t-testi sonuçları

t - T E S T a n a l i z i

	Alt Isıl değer	Nem miktarı
Ortalama	34243.546	945.705
Varyans	90581923.731	488702.136
Gözlem ad.	17	17
Müş.Varyans	45535312.933	
S.D. [D.F.]	32	
t-Hesaplanan	14.386**	

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

EK-9. PATH ANALİZİ

Korelasyon katsayıları matriksi

	ALT ISIL DEGER	YOĞUNLUK	NEM MİKTARI	KARBON	HİDROJEN	KÜKÜRT
ALT ISIL DEGER	1.000	-0.471ns	-0.491*	0.264ns	-0.377ns	-0.395ns
YOĞUNLUK	-0.471ns	1.000	0.998**	-0.843**	0.567*	0.730**
NEM MİKTARI	-0.491*	0.998**	1.000	-0.820**	0.589*	0.739**
KARBON	0.264ns	-0.843**	-0.820**	1.000	-0.257ns	-0.410ns
HİDROJEN	-0.377ns	0.567*	0.589*	-0.257ns	1.000	0.750**
KÜKÜRT	-0.395ns	0.730**	0.739**	-0.410ns	0.750**	1.000

Değişkenlerin Doğrudan ve Dolaylı Etkileri için PATH katsayıları ve korelasyon katsayısı içindeki yüzdeleri

YOĞUNLUK için	PATH katsayısı	Yüzdesi
Doğrudan etkisi	2.9224	% 42.6124
Dolaylı etkileri		
NEM MİKTARI üzerinden	-3.6645	% 53.4331
KARBON üzerinden	0.2087	% 3.0426
HİDROJEN üzerinden	0.0024	% 0.0351
KÜKÜRT üzerinden	0.0601	% 0.8769

NEM MİKTARI için	PATH katsayısı	Yüzdesi
Doğrudan etkisi	-3.6730	% 53.5817
Dolaylı etkileri		
YOĞUNLUK üzerinden	2.9157	% 42.5343
KARBON üzerinden	0.2028	% 2.9591
HİDROJEN üzerinden	0.0025	% 0.0364
KÜKÜRT üzerinden	0.0609	% 0.8885

KARBON için	PATH katsayısı	Yüzdesi
Doğrudan etkisi	-0.2474	% 4.2963
Dolaylı etkileri		
YOĞUNLUK üzerinden	-2.4648	% 42.8026
NEM MİKTARI üzerinden	3.0114	% 52.2954
HİDROJEN üzerinden	-0.0011	% 0.0189
KÜKÜRT üzerinden	-0.0338	% 0.5868

HİDROJEN için	PATH katsayısı	Yüzdesi
Doğrudan etkisi	0.0042	%0.1073
Dolaylı etkileri		
YOĞUNLUK üzerinden	1.6578	% 41.9521
NEM MİKTARI üzerinden	-2.1643	% 54.7702
KARBON üzerinden	0.0635	% 1.6074
KÜKÜRT üzerinden	0.0618	% 1.5631

KÜKÜRT için	PATH katsayısı	Yüzdesi
Doğrudan etkisi	0.0824	% 1.6351
Dolaylı etkileri		
YOĞUNLUK üzerinden	2.1339	% 42.3641
NEM MİKTARI üzerinden	-2.7161	% 53.9225
KARBON üzerinden	0.1015	%2.0152
HİDROJEN üzerinden	0.0032	%0.0631

Deney Yakıtı	Su Oranı (% V)	Su Miktarı (PPM)
E0	0,017	174,17
E1	0,025	253,29
E2	0,029	292,82
E3	0,032	322,42
E4	0,035	354,33
E5	0,035	358,39
E10	0,039	399,52
E15	0,061	619,34
E20	0,071	715,01
E30	0,087	871,29
E40	0,110	1102
E50	0,127	1268
E60	0,156	1560,3
E70	0,161	1605,8
E80	0,186	1863,2
E85	0,201	2006,9
E100	0,231	2310,2

Ek 10. Deney yakıtları su içeriği(nem) değerleri

Deney Yakıtı	Karbon (% V)	Hidrojen (% V)	Kükürt (% V)
E0	19,351	3,123	0,796
E1	16,983	2,718	0,592
E2	22,048	2,748	0,697
E3	20,037	2,741	0,638
E4	21,469	2,675	0,659
E5	22,970	3,449	0,738
E10	16,815	2,800	0,627
E15	19158	3,457	0,664
E20	20,848	3,303	0,767
E30	18,271	3,416	0,698
E40	18,488	2,972	0,829
E50	17,317	3,112	0,944
E60	17,640	4,076	1,193
E70	16,436	3,753	0,932
E80	11,500	3,205	0,872
E85	13,736	3,479	0,934
E100	11,041	3,376	0,878

Ek 11. Deney yakıtları Karbon, Hidrojen, Kükürt değerleri

Deney Yakıtı	Yoğunluk gr/cm^3 (20 ºC)	Alt Isıl Değer J/gr
E0	0,70360	42328,92
E1	0,70382	40924,66
E2	0,70403	39617,48
E3	0,70463	41577,07
E4	0,70509	40893,58
E5	0,70556	39442,90
E10	0,70849	40565,90
E15	0,71143	40092,04
E20	0,71453	39666,26
E30	0,72068	38818,61
E40	0,72699	36664,09
E50	0,73313	32570,37
E60	0,73944	31744,38
E70	0,74382	31081,52
E80	0,75206	28603,41
E85	0,75536	27237,65
E100	0,76447	26011,85

Ek 12. Deney yakıtları Yoğunluk, Alt Isıl Değerleri