



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ALKOL VE ANTI İCİNG KATKI
MADDELERİNİN JET YAKITI
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

Murat AVCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman
Doç. Dr. Fevzi YAŞAR

Ocak-2022
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Murat AVCI tarafından hazırlanan “Alkol ve Anti İcing Katkı Maddelerinin Jet Yakıtı Özellikleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 14/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Selman AYDIN

.....

Danışman

Doç. Dr. Fevzi YAŞAR

.....

Üye

Doç. Dr. Mustafa KAYA

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Tarık ARAL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür V.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Murat AVCI

Tarih: 14/01/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALKOL VE ANTİ İCİNG KATKI MADDELERİNİN JET YAKITI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Murat AVCI
BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Fevzi YAŞAR

2022, 60 Sayfa

Jüri

Danışman: Doç. Dr. Fevzi YAŞAR

Üye: Doç. Dr. Selman AYDIN

Üye: Doç. Dr. Mustafa KAYA

Bu tez çalışmasında jet yakıtına belirli oranlarda katılan metanol, etanol, izopropanol ve Dietilen glikol monometil eter (di-EGME)'in jet yakıtının; yoğunluk, viskozite, donma noktası ve parlama noktası gibi özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yukarıda belirtilen her bir katkı maddesinden %2, %5, %7 ve %10 oranlarında JP-8 yakıtına ilave edilerek, gerekli karışım elde edilmiş olup ilgili cihazlarda analiz edilmiştir. Tezin ilgili bölümünde detaylı olarak açıklanan cihazlardan elde edilen veriler tablo ve grafikler yardımı ile yorumlanmıştır.

Yapılan çalışmaların sonucunda: JP-8 yakıtının yoğunluk değerinin 797 kg/m^3 olduğu ve bu değerin karıştırılan; metanol, etanol ve izopropil alkolde çok büyük bir değişkenlik göstermediği fakat di-EGME'nin eklenmesi ile kayda değer bir artış göstererek $814,5 \text{ kg/m}^3$ seviyesine kadar çıktığı tespit edilmiştir. Viskozite değerinin: metanol ve etanolün eklenmesi ile büyük bir değişkenlik göstermeyip, izopropil alkolün %10 eklenmesi ile $1,298 \text{ mm}^2/\text{s}$, di-EGME'nin eklenmesi ile $1,98 \text{ mm}^2/\text{s}$ seviyesine kadar yükseldiği görülmüştür. JP-8 yakıtının 46°C olan parlama noktası değeri: metanolün %10 eklenmesi ile 40°C , etanolün %10 eklenmesi ile $43,4^\circ\text{C}$, izopropanolün %10 eklenmesi ile $42,9^\circ\text{C}$ ve di-EGME'nin eklenmesi ile $55,4^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür. JP-8 yakıtının $-56,7^\circ\text{C}$ olan donma noktası değeri: metanolün %10 eklenmesi ile $-61,7^\circ\text{C}$, etanolün %10 eklenmesi ile $-62,1^\circ\text{C}$, izopropanolün %10 eklenmesi ile $-57,6^\circ\text{C}$ ve di-EGME'nin eklenmesi ile $-54,6^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Di-egme, etanol, izopropanol, jet yakıtı, metanol

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ALCOHOL AND ANTI-ICING ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF JET FUEL

Murat AVCI

**INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
OF BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Fevzi YAŞAR

2022, 60 Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Fevzi YAŞAR

Assoc. Prof. Dr. Selman AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Mustafa KAYA

In this thesis study, the effects of methanol, ethanol, isopropanol and Diethylene glycol monomethyl ether (di-EGME) added to the jet fuel in certain proportions were investigated in terms of density, viscosity, freezing point and flash point of jet fuel. By adding 2%, 5%, 7% and 10% of each additive to the JP-8 fuel, the necessary mixture was obtained and tested on the relevant devices. The data obtained from the devices which were explained in detail in the relevant section of the thesis were interpreted with the help of tables and graphics.

As a result of the studies, it was discovered that the density value of JP-8 fuel is 797 kg/m³ and this value did not show much variation in mixed methanol, ethanol and isopropyl alcohol, however, it increased significantly with the addition of di-EGME and reaches 814,5 kg/m³. It was observed that the viscosity value did not change much with the addition of methanol and ethanol, but it increased to 1.298 mm/s² with the addition of 10% isopropyl alcohol, and up to 1.98 mm/s² with the addition of di-EGME. The flash point value of JP-8 fuel at 46 °C was measured as: 40 °C with the addition of 10% methanol, 43,4 °C with the addition of 10% ethanol, 42,9 °C with the addition of 10% isopropanol, and 55,4 °C with the addition of di-EGME. The freezing point value of JP-8 fuel at -56.7 °C was measured as: -61.7 °C with the addition of 10% methanol, -62.1 °C with the addition of 10% ethanol, -57.6 °C with the addition of 10% isopropanol and -54,6 °C with the addition of di-EGME.

Keywords: Di-egme, ethanol, isopropanol, jet fuel, methanol

ÖNSÖZ

Dünyada ve ülkemizde enerjinin önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Enerji kaynaklarının varlığı kadar kullanım şeklinin de önem arz ettiği bu durumda, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları ve verimli enerji kullanımı üzerine çalışmalar giderek artmaktadır.

İcra etmekte olduğum matematik öğretmenliği görevimde, küçüklüğümde beri ilgi duyduğum teknik konulardaki alakamı bilimsel bir desteğe kavuşturma ihtiyacı hissettim. Bu bağlamda öncelikle enerji sistemleri, akabinde de makine mühendisliklerini bitirdim. Lisans eğitimimi bir adım daha ileriye taşımak için 2018 yılında başladığım lisansüstü eğitiminde, yukarıda sözü edilen sebepler ve danışman hocamın telkinleri doğrultusunda jet yakıtları üzerine bir çalışma yapmayı uygun bulduk.

Bu çalışmada jet yakıtına ayrı ayrı ilave edilen katkı maddelerinin, jet yakıtı özellikleri üzerindeki etkileri inceledi. Sonuçlar tablo ve grafikler yardımı ile yorumlandı. Bilimin yaşadığımız dünyayı ve evreni anlamlandırmaya çalışırken bizlere ışık tuttuğu bu yolda, bir okyanusa dönüşen kümülatif insan hafızasında bir damla olabilmeyi başardıysak ne mutlu bize.

Pandeminin başlaması ve zorunlu bazı sebeplerden dolayı olması gerekenden daha uzun süren bu tezin bitirilmesi sürecinde; desteklerini esirgemeyen başta danışman hocam Doç. Dr. Fevzi YAŞAR'a, hayatımı düzene sokup daha yaşanılır kılan ve bu çalışmalar sırasında ailemize karşı olan sorumluluklarımda oluşan açığı büyük bir özveri ile kapatan sevgili eşim Leyla BASBOĞA AVCI'ya, büyük bir moral kaynağı olan kızlarım, Sarya, Arin Peri ve Dilvin'e çok teşekkür ediyorum.

Murat AVCI
BATMAN-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Bir Enerji Kaynağı Olarak Petrolün Yeri	3
1.1.1. Petrolün Dünyada Ve Türkiye’de Durumu	3
1.2. Biyoyakıtlar ve Sınıflandırılması	7
1.2.1. Birinci nesil biyoyakıtlar	7
1.2.2. İkinci nesil biyoyakıtlar	8
1.2.3. Üçüncü nesil biyoyakıtlar	9
1.2.4. Biyoyakıtların avantajları	9
1.3. Başlıca Biyoyakıtlar	11
1.3.1. Biyoetanol.....	11
1.3.2. Biyodizel.....	11
1.4. Dünyada Biyoyakıt Kullanımı	13
1.5. Türkiye’de Biyoyakıt Kullanımı	15
1.6. JP-8 Yakıtının Genel Özellikleri.....	16
1.7. Uçakların Çalışma Koşulları.....	17
1.8. Alkolün Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi	18
1.9. Alkollerin Ülkemizde ve Dünyada Üretimi ve Kullanımı	18
1.9.1. Etanol.....	19
1.9.2. Metanol.....	21
1.9.3. Dünyada metanol ticaretine genel bakış.....	22
1.10. İzopropil Alkol	24
1.10.1. Kullanım Alanları.....	24
1.11. Alkolün İçten Yanmalı Motorlarda Kullanım Şekilleri.....	25
1.12. Fosil Yakıtlara Alternatif Olarak Çevre Dostu Biyoyakıtlar	25
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1. Çalışmada Kullanılan Yakıt ve Katkı Maddeleri.....	32
3.1.1. Jet yakıtı.....	32
3.1.1.1. Jet yakıtı karakterizasyonu ve özellikleri	32
3.1.1.2. Jet yakıtları ile ilgili uluslararası standartlar ve şartnameler	34
3.1.1.3. Alternatif jet yakıtları için askeri yakıt onay sürecine genel bakış	35
3.1.1.4. Alternatif jet yakıtları için sivil yakıt onay sürecine genel bakış	36
3.1.1.5. Jet yakıtlarının sivil uçaklarda kullanım koşulları	37
3.1.1.6. Alternatif yollardan yakıt onayı.....	38

3.1.2.	Metanol.....	39
3.1.3.	Etanol.....	40
3.1.4.	İzopropanol.....	40
3.1.5.	Anti-icing (dietilen glikol monometil eter(di-egme)	41
3.2.	Kullanılan Test Cihazları.....	43
3.2.1.	Yoğunluk Test Cihazı.....	43
3.2.2.	Viskozite Ölçüm Cihazı	44
3.2.3.	Donma Noktası Ölçüm Cihazı.....	45
3.2.4.	Parlama Noktası Test Cihazı	47
3.3.	Test Örneklerinin Hazırlanması	49
4.	ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	50
4.1.	Çalışmada Kullanılan Katkı Maddelerinin Yakıt Özelliklerine Etkileri	50
4.1.1.	Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının yoğunluğu üzerindeki etkisi	51
4.1.2.	Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının viskozitesi üzerindeki etkisi	52
4.1.3.	Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının parlama noktası üzerindeki etkisi	55
4.1.4.	Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının donma noktası üzerindeki etkisi	56
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	58
5.1.	Sonuçlar	58
5.2.	Öneriler	60
6.	KAYNAKLAR.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece (Sıcaklık)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Etanol
$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	Bütanol
CH_3OH	Metanol
CO	Karbon monoksit
CO_2	Karbon dioksit
NO_2	Nitrik oksit

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASTM	American Society for Testing and Materials
AO	Antioksidan
CNG	Compressed Natural Gas (Sıkıştırılmış doğalgaz)
DEF STAN	United States Military Standard
di-EGME	dietilen glikol mono metil eter
E100	%100 etanol
E20	%20 etanol+ %80 benzin
E25	%25 etanol+ %75 benzin
E85	%85 etanol+ %15 benzin
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FSII	Yakıt Sistemi Buzlanma Önleyici
FT	Fischer-Tropsch (doğal gazları sıvıya dönüştüren tepkime türü)
GES:	Güneş enerji santrali
HES:	Hidroelektrik santral
IATA	Uluslararası Hava Taşımacılığı Kurumu
ICAO	Uluslararası sivil havacılık örgütü
İPA:	İzopropanol
LIA	Yağlayıcılık İyileştirici Katkı Maddesi
LNG	Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış doğalgaz)
LPG	Liquid Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış petrol gazı)
MDA	Metal Deaktivatör Katkı Maddesi
MTEP	Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
NATO:	North Atlantic Treaty Organization (Kuzey Atlantik Antlaşma Örgütü)
OEM	Orijinal Ekipman Üreticileri
RES:	Rüzgâr enerji santrali
SDA	Statik Dağıtıcı Katkı Maddesi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Bölgelere göre görünür petrol rezervleri.....	4
Tablo 1.2. 2000-2014 Dönemi bölgelere göre dünya petrol üretimi.....	4
Tablo 1.3. Ülkelerin yıllara göre petrol rezervleri	6
Tablo 1.4. Bazı Ülkelerin Biyoetanol Üretim Miktarları	20
Tablo 1.5. Bazı ülkelerin biyokütleden metanol üretme kapasitesi	22
Tablo 1.6. Etanol, Metanol, Benzin ve E85 ‘in kimyasal-fiziksel özellikleri	23
Tablo 3.1. kerosenin uluslar arası kod ve standartları	32
Tablo 3.5. Metanolun Teknik Özellikleri	39
Tablo 3.6. Etanolun Teknik Özellikleri	40
Tablo 3.7. İzopropanol Teknik Özellikleri	41
Tablo 3.8. Dietilen Glikol Monometil Eter Teknik Özellikleri	43
Tablo 3.9. Yoğunluk Test Cihazının Teknik Özellikleri	44
Tablo 3.10. Viskosite ölçüm cihazı özellikleri	45
Tablo 3.11. Donma Noktası Ölçüm Cihazı Özellikleri	46
Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan JP-8 ve katkı maddelerinin yakıt özellikleri	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. 2016 yılına ait Ortadoğu ülkelerinin petrol rezerv ve ihracatları	5
Şekil 1.2. Birinci ve ikinci nesil biyoyakıtların karşılaştırmalı üretim prosesleri	9
Şekil 1.3. Biyoyakıtın üretim süreçleri.....	13
Şekil 1.4. Dünyada tüketilen enerji kaynakları içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri.....	14
Şekil 1.5. Etanol üretim basamakları.....	20
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan jet yakıtı	32
Şekil 3.2. ASTM D4054 Yakıt ve Katkı Maddesi Onay süreci prosesleri	38
Şekil 3.3. Metanol	39
Şekil 3.4. Etanol	40
Şekil 3.5. İzopropanol.....	41
Şekil 3.6. Dietilen Glikol Monometil Eter.....	42
Şekil 3.7. Yoğunluk Test Cihazı	43
Şekil 3.8. Viskosite ölçüm cihazı.....	45
Şekil 3.9. Donma Noktası Ölçüm Cihazı	46
Şekil 3.10. Parlama Noktası Test Cihazı	47
Şekil 3.11. Parlama noktası belirleme cihazı.....	48
Şekil 4.1. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin yoğunluk değişimleri	52
Şekil 4.2. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin kinematik viskozite değişimleri.....	54
Şekil 4.3. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin parlama noktası değişimleri	56
Şekil 4.4. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin donma noktası değişimleri	57

1. GİRİŞ

Enerji canlı yaşamının vazgeçilmez bir ihtiyacıdır. İnsanoğlu var olduğu günden beri kullandığı enerji miktarı sürekli artmıştır. Birincil enerji kaynakları tüketimine bakıldığında 2012 yılındaki enerji tüketimi 2011 yılına göre %2,5 artış göstermiştir(Yılmaz ve Atmanlı,2016). Bunda; çok fazla işi kısa zamanda yapabilmek isteginin insanları araç ve makineler geliştirmeye itmeleri etkili oldu, olmaya devam ediyor. İnsan yaşamında hızlilik denilince akla ilk gelen şey havayolu taşımacılığı olur. Ürünlerin hızlı bir şekilde ulaştırılma isteği, kargo transferleri ve askeri lojistik alanında havayolu araçlarının çok sık kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Bu hızlı araçlar ve dolayısıyla kullandıkları enerji kaynakları da bu şekilde önemli hale gelmiştir (Yılmaz ve Atmanlı, 2016).

Jetler de diğer araç ve makineler gibi enerji harcarlar. Harcadıkları bu yüksek miktarda enerjiyi kullandıkları sıvı yakıttan elde ederler. Jet yakıtı olarak bilinen bu sıvı yakıt birçok yakıt türü gibi fosil yakıt kökenli olup petrol türevidir. Fosil ve karbon kökenli bir ham madde olan petrolün rafinerilerde ayrıştırılmasıyla çeşitli petrol eterleri, benzinler, jet yakıtı, motorin, gaz yağı, makine yağları, vazelin, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve asfalt gibi ürünler elde edilir. BP'nin 2020 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporu'na göre 2019 yılında dünyada petrol üretimi günlük 95 milyon 192 bin varil olarak gerçekleşti. 1989 yılında bu rakam 2,8 milyon varil olarak kayıtlara geçmiş olup arada geçen 30 yıllık sürede artış %3300 olarak çarpıcı bir boyuttadır (Erik ve Koşaroğlu 2016). 1981 yılında 678 milyar varil olan dünya ispatlanmış petrol rezervleri 2020 yılında 1779 milyar varil olarak ölçülmüştür(Özel, 2003). Arada geçen neredeyse 40 yıllık sürede gelişen teknoloji ve maden arama tekniklerine rağmen artış % 200'ü bile bulamamıştır. Bu rakamlardan yola çıkarak petrolün önümüzdeki yıllarda bitebileceğini söyleyemezsek bile, dünya ihtiyacını karşılayamayacak duruma geleceğini rahatlıkla söyleyebiliriz. Dünyadaki enerjinin birçoğunun tüketilme şekli olan elektrik günümüzde alternatif kaynaklardan üretilmektedir. GES (Güneş enerji santrali), HES (hidroelektrik santrali), RES (Rüzgâr enerji santrali) ve nükleer enerji bunlardan sadece bazılarıdır. Fakat jetlerin kullandığı enerjiyi anlık olarak günümüzde bu tür enerji kaynakları ile karşılamak pek mümkün gözüküyor. İşte tam da bu noktada jet yakıtlarının alternatifi olabilecek veya jet yakıtlarına çeşitli oranlarda karıştırılabilecek alternatif sıvı yakıt arayışı ortaya çıkmıştır. Bu arayışta çevre kirliliği, karbon salınımı ve küresel ısınmaya sebebiyet veren fosil yakıtların dünyaya verdiği zarar da önemli derecede etkili olmuştur (Luque ve ark., 2008).

Biyoyakıtlar (tarımsal anlamına gelen agro ön adıyla agroyakıtlar olarak ta bilinirler) en geniş tanımıyla orman ve tarımsal alanlardan elde edilen organik biyokütleden üretilen alternatif yakıtlardır. Genel olarak petrol türevi olan fosil kökenli yakıtlardan farklı olarak, biyolojik kaynaklardan (bitkisel veya hayvansal) elde edilen yakıtlara biyo-yakıtlar denir. Ulaştırma sektörünün en önemli ayağı olan havacılıkta alternatif yakıt olarak en büyük potansiyel biyokütleden elde edilen biyo- yakıtlardadır (Sidibe ve ark., 2010). Başlıca biyoyakıtlar; biyodizel ve biyoetanol, biyometanol, biyobütanol olmak üzere biyoalkoller olarak sıralanabilir.

Biyoyakıtlar günümüzde alternatif yakıtlar olarak anılsa da çok uzun bir geçmişe sahiptirler. İçten yanmalı motorun Alman mucidi Nikolaus August Otto, icadını etanol üzerinde çalışarak şekillendirdi. 1898'de Rudolph Dizel motorunda yer fıstığı yağı (orijinal biyodizel) kullandı. Paris'te düzenlenen dünya sergisinde tanıtımı yapılan sıkıştırılmalı içten yanmalı motorda bitkisel yağlar kullanıldı (Luque ve ark., 2008).

Biyodizel; biyolojik olduğu anlamına gelen “Biyo” ve yaygın olarak kullanılan bir yakıt türü olan “Dizel” sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuş, çok farklı şekilde elde edilebilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Kökdemir,2019). Günümüzde bir çok ülkede kullanılan yakıtlara biyodizel karıştırma zorunluluğu vardır. Ülkemiz enerji konusunda dışa bağımlı olup cari açığın büyük bir kısmını maalesef enerji giderleri oluşturmaktadır. Aynı zamanda ülkemizdeki tarım ve bitki çeşitliliği biyodizel üretimi konusunda büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Biyoalkoller; buğday, şeker pancarı, şeker kamışı, mısır, odun ve bitkisel atıklar gibi birçok üründen farklı yöntemler ile elde edilebilen, biyoetanol, biyometanol, biyobütanol gibi başlıca çeşitleri olan geniş kullanım alanlarına sahip alternatif yakıtlardır. Biyoetanolün Ülkemizde ve dünyanın birçok yerinde belirli oranlarda benzine karıştırılma zorunluluğu vardır.

Bu çalışmada ülkemizde ve diğer NATO ülkelerinde jet yakıtı olarak kullanılan JP-8 (F-34) yakıtına, ilave edilerek kullanılma potansiyeline sahip olan; etanol, metanol, dietilen glikol mono metil eter (di-EGME) ve izopropanol (İPA) belirli oranlarda eklenerek jet yakıtının, yoğunluk, kinematik viskozite, parlama noktası ve donma noktası gibi özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yüksek irtifada çalışan jetlerin yakıt sistemlerinin maruz kaldığı çok düşük sıcaklıklar yakıtın donmasına ve boruların tıkanmasına sebep olarak güvenlik sorunu oluşturmaktadır. Katkı maddesi olarak seçilen maddelerden di-EGME anti-icing (buzlanma önleyici) olarak belirlenmiştir.

Yakıtlar özellik açısından birçok parametreye sahipken, laboratuvarında sahip olduğumuz imkânlar ve jetlerin çalışma koşulları göz önünde bulundurularak bu özelliklerden dört tanesi incelenmiştir.

1.1. Bir Enerji Kaynağı Olarak Petrolün Yeri

Petrol temel olarak hidrojen ve karbon atomları ile birlikte, az miktarda oksijen, kükürt ve nitrojen atomlarından meydana gelen çok karmaşık kimyasal formüle sahip bir bileşimdir. Normal şartlar altında sıvı halde iken gaz ve katı halde de bulunabilir. Gaz halindeki petrol doğal gaz olarak adlandırılır. Yapısında hidrojen ve karbon ağırlıkta olduğu için hidrokarbon olarak adlandırılır.

1.1.1. Petrolün Dünyada Ve Türkiye’de Durumu

2018 yılı itibarıyla dünyada ispatlanmış petrol rezervleri 1.729,7 milyar varil olarak tespit edilmiştir. Bu rezervlerin % 48,3 (836 milyar varil)’ ü orta doğuda,%13,7’si kuzey Amerika ülkelerinde ve % 18,8 ‘i güney Afrika ülkelerinde, bulunmaktadır. 2018 yılı verilerine göre dünyadaki petrol üretimi günde 94,7 milyon varile ulaşmıştır. Dünyadaki birincil enerji talebini karşılamakta stratejik bir öneme sahip olan petrol bu ihtiyacın %31,4’ ünü karşılamaktadır.

Dünyadaki üretilebilir petrolün neredeyse % 70’i Türkiye’nin yakınlarında yer almaktadır. Tablo 1.1’ de Bölgelere göre görünür petrol rezervleri verilmiştir (Yaşar, 2016) bu açıdan jeopolitik bir öneme sahip olan ülkemiz, petrol üreticileri ve tüketicileri arasında önemli bir merkez haline gelmiştir. Petrolün transferi konusunda büyük projelerde yer almakta ve desteklemekte olan Türkiye, Avrupa pazarı, Orta Asya, Hazar ve Orta Doğu arasında önemli bir enerji merkezi haline gelmiştir. Sadece 2018 yılında 21 milyon ton petrol ve 17, 7 milyon ton petrol türevi ürün ithal eden Türkiye buna karşın 8,9 milyon ton petrol ürününü ihraç edebilmiştir. 2030 yılına kadar dünya genelinde petrol ihtiyacının %40 oranında artması beklenmektedir Türkiye ithal ettiği petrol ve petrol türevi ürünlerden dolayı sürekli cari açık veren bir ülke durumundadır. Bu cari açığın azalması ve enerjide dışa bağımlılığın ortadan kaldırılması için çeşitli petrol sahalarında arayışlar içinde olan Türkiye Akdeniz ve Karadeniz sahalarında çalışmalarına ivme kazandırmıştır (Anonim, 2020a).

Tablo 1.1. Bölgelere göre görünür petrol rezervleri

Bölge	Miktar (Milyar varil)	Dünyadaki Payı (%)
Orta Doğu	811	47.54
Güney ve Orta Amerika	325	19.05
Kuzey Amerika	233	13.66
Avrupa ve Avrasya	158	9.26
Afrika	130	7.62
Asya ve Okyanus	49	2.87
Dünya Toplamı	1,706	100

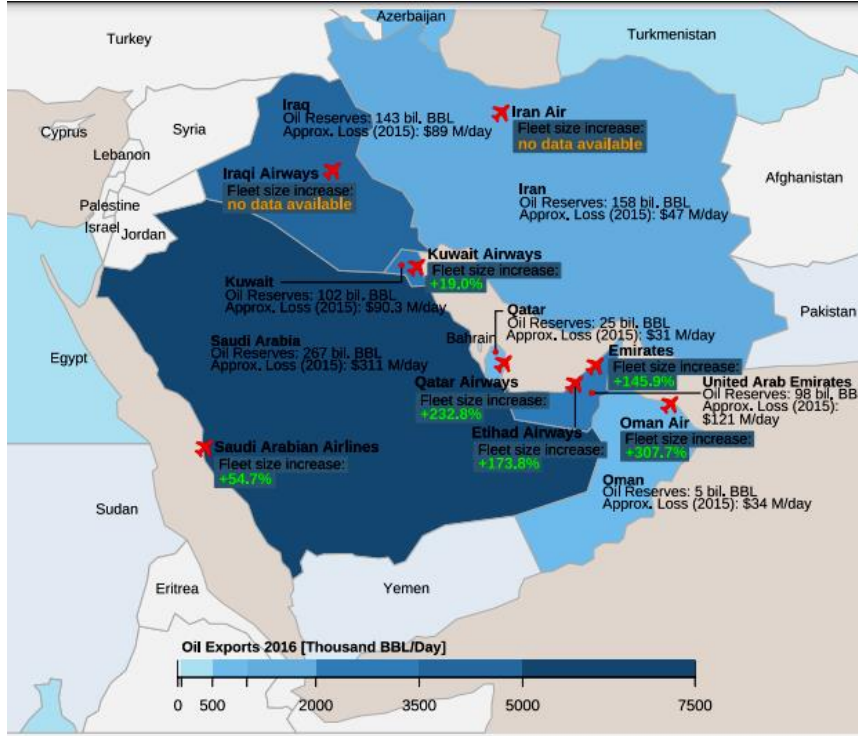
Dünya petrol rezervlerinin durumu, üretimin yakında düşeceğine inanan bir kesim ile on yıllarca yetecek kadar petrol olduğunu söyleyen büyük petrol şirketleri arasında kutuplaşan tartışmalı bir konudur. Bu tartışma ve anlaşmazlığın çoğu, petrol rezerv hacimlerini tahmin etmek için kullanılan derece, tür ve raporlama şekillerinin net bir şekilde tanımlanması yoluyla çözülebilir. Yerin altında kesinlikle çok büyük miktarda fosil yakıt kaynağı kalmış olsa da, küresel ekonominin alıştığı fiyatlarla ticari olarak kullanılabilecek petrol hacmi sınırlıdır ve yakında düşecektir. Gelecekteki akaryakıt talebinin sunduğu hizmetleri karşılama kapasitesi, akaryakıt karışımının hızlı ve acil bir şekilde çeşitlendirilmesine, gerektiğinde alternatif enerji kaynaklarına geçiş ve davranış değişikliği gibi tedbirlere bağlıdır (Owen ve ark., 2010).

Tablo 1.2. 2000-2014 Dönemi bölgelere göre dünya petrol üretimi

Bölgeler	Ortalama Üretim (milyon varil/gün)			
	2000	2005	2010	2014
Kuzey Amerika	15,0	15,2	16,1	21,2
Orta ve Güney Amerika	7,3	7,2	7,9	8,4
Avrupa	7,2	6,2	4,7	3,0
Avrasya	8,2	11,8	13,4	13,9
Ortadoğu	23,5	26,1	26,2	27,9
Afrika	8,0	10,1	10,7	8,7
Asya Pasifik	8,3	8,5	9,2	9,1
Toplam	77,7	85,1	88,1	92,2

2020'de dünyanın kanıtlanmış ham petrol rezervlerinin %48,04'ü yalnızca yedi körfez ülkelerinde bulunuyor. Şekil 1.1'de bu ülkelerin 2016 yılına ait ham petrol ihracatları verilmiştir (Güntner ve Öhlinger, 2021).

Tükenebilir ham petrol rezervleri karşısında, Basra Körfezi petrol ihraç eden ekonomiler, son zamanlarda havacılık ve turizm sektöründe önemli yatırımlara imza attı. Avrupa, Afrika ve Asya arasında bir merkez olan Doha, bu açıdan büyük bir üstünlüğe sahiptir.



Şekil 1.1. 2016 yılına ait Ortadoğu ülkelerinin petrol rezerv ve ihracatları

ABD veya Batı Avrupa'daki merkezler üzerinden. Dünya petrol fiyatlarının tarihsel oynaklığı göz önüne alındığında, petrol ihraç eden ekonomiler önemli finansal risklere maruz kalmaktadır. Petrol rezervlerinin tükenme bilirliliği ve son dönemde yaşanan dalgalanmalar ışığında, dünya petrol fiyatlarının artmasıyla birlikte petrol gelirleri, kısa ve uzun vadeli büyük zorlukları beraberinde getirdi (Güntner ve Öhlinger, 2021).

Onlarca yıldır uzmanlar, geleneksel petrol rezervlerinin keşfi ve üretiminde bir zirvenin zamanlamasını tartışıyorlar. 1998'de jeolog Colin Campbell, küresel konvansiyonel petrol üretiminin 10 yıl içinde azalmaya başlayacağını öngördü.

Dünya petrol kaynaklarına yönelik bu tükenme odaklı görüşün bir parçası ve parseli, Batı dünyasında olgunlaşmış alanlar hızla tükenirken, kalan son varillerin Orta Doğu'nun en üretken petrol havzalarında bulunacağı şeklindeki geleneksel inanıştır.

Argümana göre, sürekli artan petrol talebini karşılamak için petrol fiyatları, kaya yataklarından, petrol kumlarından ve diğer petrol ve doğal gaz gibi daha pahalı, teknik olarak karmaşık geleneksel olmayan kaynakların sömürülmesine uyum sağlamak için önemli ölçüde yükselmek zorunda kalacak. Bu jeolojik temelli dünya petrol piyasası yapısının, önümüzdeki yıllarda Orta Doğulu üreticilere kalan kıt tedarikleri için giderek daha yüksek getiriler getireceği öngörülmektedir. Kuzey Amerika, Latin Amerika, Afrika ve Asya gibi diğer bölgelerdeki konvansiyonel kaynaklardan gelen rekabet, tükenmeyle birlikte ortadan kalkıyor. Dünya petrol piyasasına ilişkin bu görüş, 2000'li yıllarda petrol fiyatları tırmanırken yeniden popülerlik kazandı. Yükselen fiyatlar, Orta Doğu da dahil olmak üzere dünya genelinde artan tükenmenin kanıtı olarak açıklandı ve yorumcular ufukta yaklaşan bir krizin olduğu yönünde spekülasyon yaptılar. Bu kriz neredeyse tüm enerji kaynaklarını giderek birbirinin yerine kullanılabilir hale getirdi. Petrol için diğer yakıtların artan ikame edilebilirliği, petrol talebini ve fiyatlarını azaltacaktır (Jaffe ve ark., 2011).

2000'li yıllarda dünya petrol üretim oranlarının düşmeye başlayacağına dair korkunç tahminler aslında gerçekleşmedi. Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) dışındaki ülkelere daha fazla petrol üretme kabiliyetimiz, kazanç oranı yavaşlamış olsa da, son yıllarda fiilen azalmadı. Tablo 1.3 'te 1991-2018 yılları arasında başlıca ülkelerin petrol rezervleri verilmiştir (Anonim, 2020b).

Tablo 1.3. Ülkelerin yıllara göre petrol rezervleri

Ülke	1991 Yılı Rezervleri	2001 Yılı Rezervleri	2013 Yılı Rezervleri	2015 Yılı Rezervleri	2018 Yılı Rezervleri
Venezuela	62,6	77,7	298,3	300,9	303,2
S.Arabistan	260,9	262,7	265,9	266,6	266,2
Kanada	40,1	180,9	174,3	177,2	168,9
İran	92,9	99,1	157	157,8	157,2
Irak	100	115	150	143,1	148,8
Kuveyt	96,5	96,5	101,5	101,5	101,5
BAE	98,1	97,8	97,8	97,8	97,8
Rusya	---	73	93	102,4	106,2
Libya	22,8	36	48,5	48,4	48,4
Nijerya	20	31,5	37,1	37,1	37,5
ABD	32,1	30,4	44,2	55	50
Kazakistan	---	5,4	30	30	36
Katar	3	16,8	25,1	25,7	25,2
Diğer	203,7	144,6	163,9	163,9	151,8
Toplam	1.032,70	1.267,40	1.687,90	1.697,60	1.696,60

1.2. Biyoyakıtlar ve Sınıflandırılması

Bilim insanları geleneksel petrol türevi yakıtların sınırlı ve tükenmeye yüz tutmuş olması nedeniyle yenilenebilir alternatif yakıt arayışları içine girmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen yenilenebilir enerji kaynakları dünyanın enerji ihtiyacını karşılamakla birlikte sera gazları salınımını da azaltmaktadır. Biyoyakıt üretmenin birçok yöntemi olmakla birlikte ticari üretim metotları üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Biyoyakıt üretimini etkileyen parametrelerin başında, enerji tüketimi, çevresel sorunlar da dahil olmak üzere nitrik oksit (NO₂) ve karbon emisyon seviyeleridir (Atabani ve ark., 2014). Gelişmiş ülkelere bakıldığında, biyoyakıt endüstrisini geliştirmek için özellikle ulaşım sektöründeki kullanımı üzerine yoğunlaştıklarını görmekteyiz.

1.2.1. Birinci nesil biyoyakıtlar

Genel olarak; şeker, nişasta, yağ ve bitkisel yağdan elde edilen yakıtlara denir ve aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler.

i. Biyodizel: Biyodizel transesterleşme adı verilen gliserinin yağ veya bitkisel yağdan ayrıldığı bir kimyasal metot ile elde edilir. Avrupa ülkelerinde bu yakıtlar doğrudan veya diğer yakıtlara karıştırılarak motorlarda kullanılmaktadır (Ünlü , 2019).

ii. Bitkisel yağ: kızartma veya pişirme amaçlı kullanılan bitkisel yağlar da çeşitli kiyasal süreçlerin ardından biyoyakıta dönüştürülebilmektedir. Fakat bu durum gıda sorunları doğurma potansiyeline sahip olduğundan çok tercih edilmemektedir. Günümüzde kullanılmış atık yağlar biyoyakıta dönüştürülerek kullanılmaktadır.

iii. Biyogaz: En genel anlamda organik atıklardan gaz elde edilmesidir. Organik atıkların oksijensiz ortamda mikrobiyolojik organizmaların etkisiyle karbondioksit ve metan gazlarına dönüştürülmesi sağlanır. Gününüzde büyük çaplarda(megawatt) düzeyinde üretim yapan tesislerin varlığı ile birlikte tek bir evin ihtiyacını karşılayacak düzeyde de üretim yapan tesisler mevcuttur.

iv. Alkoller: Biyopolimerler adı verilen uzun zincirlerden oluşan Nişasta ve selüloz gibi maddelerin fermentasyonu ile değişik tipte alkoller üretilmektedir. Üretilen bu alkollerden başta etanol ve metanol olmak üzere bazıları, diğer yakıtlar ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır.

Son zamanlarda bütanolün deneysel oranda kalsa bile doğrudan benzinin yerine kullanılabileceği gösterilmiştir (Ünlü , 2019).

v. **Sentez gazı:** Ana kullanım yeri olarak elektrik üretiminin gösterilebileceği bu ara ürün genellikle kömürün gazlaştırılmasıyla ortaya çıkar. Hidrojen ve karbon monoksit başta olmak üzere metan ve karbon monoksit gibi gaz karışımlarından meydana gelir. Bu gaz genellikle metanol ve amonyak eldesi için ara ürün niteliği taşır. Ayrıca bu gaz yanma özellikleri bakımından içten yanmalı motorlarda yakıt olarak ta kullanılmıştır nitekim 2. Dünya savaşında benzin tedariğinin yetersiz kalması sonucu araçlarda odun gazı kullanılmıştır (Anonim,2020c).

1.2.2. İkinci nesil biyoyakıtlar

Selülozik biyokütleden (selüloz, hemiselüloz ve lignin) elde edilen biyoyakıtlar, ikinci nesil biyoyakıtlar olarak tanımlanırlar. İkinci nesil biyoyakıtlar, karbondioksit konsantrasyonu üzerindeki etkilerinden dolayı genellikle karbon nötr veya karbon negatif olarak adlandırılır. Bitkisel kökenli gıda dışı hammadde kaynaklarından elde edilmesi, ikinci nesil biyoyakıtları birinci nesil biyoyakıtlara göre daha ekonomik kılmaktadır. Biyoetanol, dimetil-eter, biyodizel gibi ikinci nesil biyoyakıtlar hidroliz, , esterifikasyon, fermantasyon ve/veya gazlaştırma yoluyla üretilir. Biyoetanol, benzin için bir alternatif yakıt olarak kabul edilmiştir. Ancak sentez gazı, özellikle dizel, metan, gazyağı ve dimetil-eter olmak üzere sıvı hidrokarbonlara dönüştürülebilir. 2. nesil biyoyakıtları geleneksel petrol bazlı yakıtlarla harmanlayarak, içten yanmalı motorlara alternatif olarak kullanılabilirken mevcut altyapı ile dağıtılıp içten yanmalı motorlu hafif uyarlanmış araçlar için yakıt olarak tahsis edilebilir. Bu ikinci nesil biyoyakıtlar, önemli bir değişiklik olmaksızın mevcut altyapıdan dağıtılabilir (Dandona, L. Ve ark., 2017). Şekil 1.2' de birinci ve ikinci nesil biyoyakıtların karşılaştırmalı üretim aşamaları verilmiştir.

Çevreye olan faydaları sayesinde, biyoyakıtın otomotiv sektörünün yakıt pazarındaki payının önümüzdeki on yılda artması beklenmektedir. Biyoyakıtların birçok avantajı olmakla beraber başlıcaları şöyle sıralanabilir:

- a) Biyoyakıtlar yaygın olarak biyokütle kaynaklarından az maliyetle temin edilebilir.
- b) Yanması sonucunda bir karbondioksit döngüsü meydana gelir.
- c) Biyoyakıtların azımsanmayacak derecede çevre dostu olma potansiyeli vardır.
- d) Biyoyakıt kullanımının ekonomiyeye, çevreye ve tüketicilere çok sayıda faydası olduğu söylenebilir.
- e) Biyolojik olarak daha kolay parçalanabilirler ve sürdürülebilir olma özelliğine sahip oldukları söylenebilir.

Biyoyakıtlar ve petrol türevi yakıtlar arasındaki en büyük fark içerdikleri oksijen miktarıdır. Biyoyakıtlar % 10 ile %45 arasında oksijen seviyelerine sahipken, petrol türevi yakıtlar oksijen içermez ve kimyasal yapı bakımından biyoyakıtlar ile petrol türleri çok farklıdır. Biyoyakıtların hepsi çok düşük kükürt seviyesi ve birçoğu da düşük azot seviyelerine sahiptir. Biyokütle, biyolojik ve termokimyasal yollar ile sıvı ve gaz formundaki yakıtlara dönüştürülebilir. Biyokütleyi cazip hale getiren üç temel faktörden bahsedebiliriz. Öncelikle, gelecekte sürdürülebilir şekilde geliştirilebilir ve yenilenebilir bir kaynaktır. İkinci olarak, yok denebilecek kadar az bir karbondioksit salınımının olması ve çok düşük olan kükürt içeriği sayesinde önemli derecede olumlu çevresel etkilere sahiptir. Üçüncüsü, fosil kökenli yakıtların her geçen gün artan fiyatları biyokütleyi önemli bir ekonomik alternatif yapmaktadır. Biyokütle enerjisi sahip olduğu potansiyel ile yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde dünya genelinde kullanılabilirliği dolayısıyla gelecek vadeden bir enerji kaynağıdır. Bununla birlikte, biyokütle enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları dışındaki yakıtlar arasında başlangıç noktasından uzakta depolanabilen, taşınabilen ve kullanılabilen katı, sıvı ve gaz yakıtları sağlayabilmek gibi eşsiz avantajlara sahiptir. Neredeyse ihmal edilebilir oranda kükürt ve azot içermesi nedeniyle, biyokütle çevre kirliliği oluşturmayacak düzeydedir. Biyoyakıtlar genellikle sürdürülebilirlik, bölgesel kalkınma, sera gazı emisyonlarının azaltılması, sosyal yapı ve tarım, arz güvenliği sunan birçok önceliğe sahiptir (Demirbaş, 2008).

1.3. Başlıca Biyoyakıtlar

1.3.1. Biyoetanol

Biyoetanol; mısır, buğday samanı, patates, şeker pancarı gibi tarım ürünlerinin biyokütlesinden üretildiğinden; üretimin fazla olduğu ve yakıt olarak kullanıldığı ülkeler genellikle Brezilya ve ABD gibi bu tür tarım ürünlerinin çok fazla yetiştirildiği ülkelerdir. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak etanol (biyoetanol), sağladığı ekonomik ve çevresel faydalar sayesinde fosil yakıtlara göre avantajlar sağlamaktadır. Etanol, karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan sıvı bir alkol olup, nişasta gibi şekere dönüştürülebilen (karbonhidratlar) veya şeker içeren (tahıl taneleri gibi) herhangi bir biyolojik kaynaktan üretilebilir. Dünyada etanol, esas olarak mısır taneleri ve tahıllar gibi tohumlardan damıtma yoluyla üretilir. Selülozik etanol teknolojisi tarafına bakıldığında; halen gelişmekte olan bir sektör olup konvansiyonel üretim süreçleri ile fiyat karşılaştırmaları yapılmamasına rağmen, tarım ve ağaç artıkları ile erken gelişen ağaç ve otlar gibi selüloz içerikli malzemelerden de etanol üretilebilmektedir. Biyoetanolün yaygın olarak üretimi ve kullanımı ile tarım sektörünün ürünleri daha iyi değerlendirilme fırsatı bulacak ve bunun çiftçiye yansması kaçınılmaz olacaktır. Etanolün yapısına bakıldığında berrak, renksiz ve toksik olmayan bir sıvı olduğu söylenebilir. Etanol, otomobillerde ve diğer motorlu taşıtlarda tek başına yakıt olarak kullanılabildiği gibi benzinle karıştırılarak katkı maddesi olarak ta kullanılabilir. Biyoetanol benzinle birlikte kullanıldığında oktan sayısını artırma özelliğine sahip olup, oktan sayısının yüksek olması içten yanmalı motorlarda kullanım için bir avantajdır. Etanol, tam yanma sağlayarak hidrokarbonlarda olduğu gibi CO gibi zararlı gazların emisyonlarını azaltır. Bundan dolayı, hava kirliliğini azaltmak veya petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak için benzine farklı oranlarda karıştırılabilir. En yaygın uygulamalar, E10 %10 oranında etanol, E85 ise %85 oranında etanol içeren karışımlardır.

1.3.2. Biyodizel

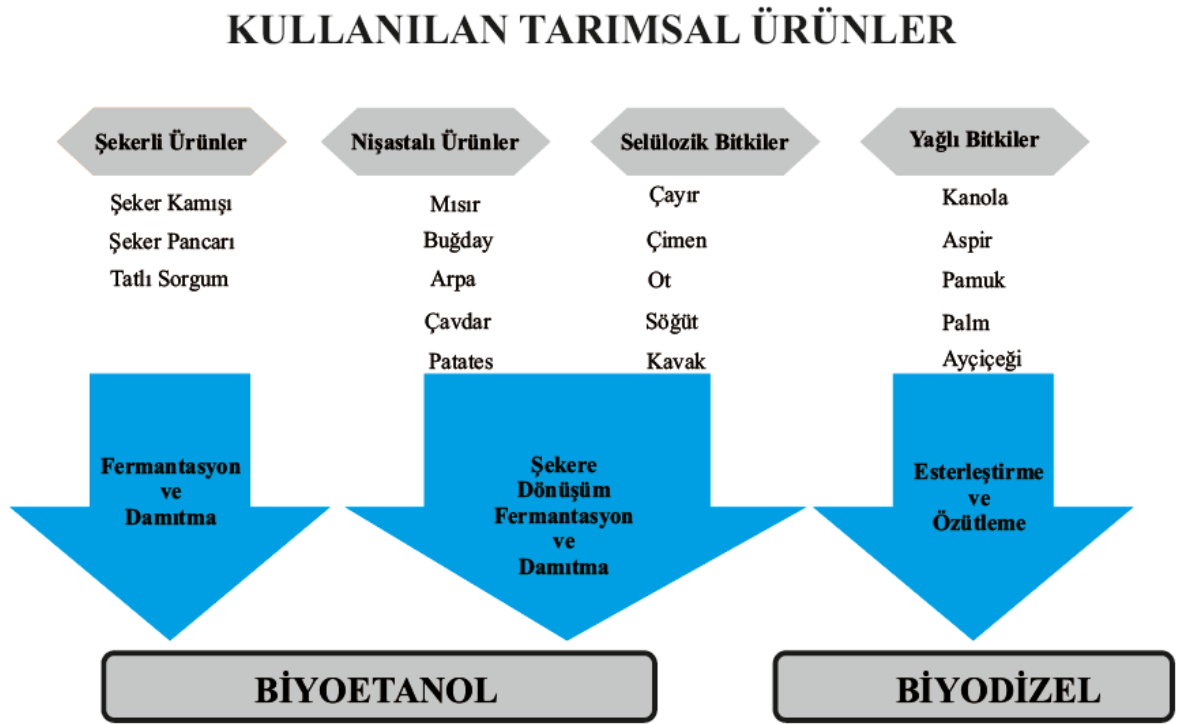
Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan (keten, kanola, pamuk, yer fıstığı, soya fasulyesi, kolza tohumu, hindistancevizi ve hurma bitkilerinden), kullanılmış kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve organik her türlü yağa, katalizör görevi gören, kısa zincirli bir alkolün(etanol veya metanol) ilave edilmesi ile elde edilir.

Katalizör eşliğinde reaksiyon sonucunda oluşan ve yakıt olarak kullanılan yağ asidi metil esteri alternatif bir enerji kaynağıdır (Hari ve ark., 2015). Biyodizel üretimi, petrol türevi yakıtlara göre avantajları nedeniyle son yıllarda sürekli artmaktadır. ENSCON'19 (Uluslararası Enerji, Ekonomi ve Güvenlik Kongresi)'da; biyodizel yenilenebilir bir enerji kaynağı, biyolojik olarak parçalanabilir, toksik olmayan, kükürtlü veya aromatik türler içermeyen bir yakıt olarak öne çıkmıştır. (Gonçalves vd., 2013). Biyodizelin bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Biyodizelin ticari kullanımının önündeki en önemli engel, üretim maliyetinin yüksek olmasıdır. Düşük maliyetli ve gıda hammaddesi olmayan kaynakları kullanılarak üretim maliyetlerini düşürmek ve karlı üretim elde etmek mümkündür. Bu nedenle çalışmalar bu amaçla yapılmalıdır. Biyodizelin ticari üretimi başta; ABD, Brezilya, Avrupa ülkeleri(Avusturya, İtalya, Almanya ve Fransa gibi) olmak üzere bir çok ülkede gerçekleştirilmektedir. Biyodizel üretiminin ve kullanımının artırılması, üretimine ek olarak uygulanacak vergilerin düşük tutulmasıyla mümkündür. Biyodizelin yaygınlaşmamasının önemli bir nedeni de maliyetlerin büyük bir kısmını oluşturan ham madde tedarikidir (Sabancı vd.,2006). Yaygın olarak kullanılan petrol kökenli Benzin ve dizel ile rekabet edebilmek için öncelikle biyodizelin hammadde maliyetinin düşürülmesi gerekmektedir. Bu nedenle atık yağların ve tarımsal atıkların biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanımının arttırılması gerekmektedir. Ayrıca atık yağların ve bitkisel atıkların biyodizel üretiminde kullanılması yeryüzündeki atık miktarının azalmasına sağlamakta ve tarım ürünlerine ikinci bir katma değer kazandırabilmektedir. Biyodizel toksik olmayan, çevre dostu ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyodizelin yapısını oluşturan metil esterler kolaylıkla parçalanabilir özelliğe sahip olup bu durum aynı zamanda biyodizelin doğada kolayca bozunmasını da sağlamaktadır. Ayrıca biyodizel, uygun bir yanma emisyon profili ortaya çıkarmaktadır, petrol türevi yakıtlara kıyasla daha az CO ve yanmamış hidrokarbon emisyonu vardır. Biyodizel, petrol türevi dizel yakıtlardan daha yüksek bir tutuşma hızına ve parlama noktasına sahip olup bu özelliği sayesinde depolanma ve taşınma koşulları daha kolaydır. Biyodizel yakıtlar, yağlayıcı özelliklerinden dolayı motor ömrünü uzatırken, dizel yakıtlara kıyasla daha yüksek setan sayısı motorun daha sessiz çalışmasını sağlar. Bütün bu özellikler biyodizelin petrol türevi yakıtlara göre önemli bir alternatif yakıt olduğunu göstermektedir.

Biyodizelin bir diğer önemli avantajı da ülke ekonomisine katkısıdır; Kullanımı petrole olan bağımlılığı azaltmakta ve tarıma dayalı kaynakları kullanarak kırsal kesimde yaşayan insanlar için istihdam olanakları yaratmaktadır.

Böylece ülke ekonomisine de önemli katkı sağlamaktadır. Ayrıca biyodizel kullanımının yaygınlaşması ile petrol kaynaklı devletlerarası sorunların daha çözülebilir hale gelmesi mümkündür. Alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi, petrol fiyatlarındaki artışı dengeleyerek yakıt talebinin büyük bir kısmını karşılayabilir (Mudge ve Pereira, 1999).

Şekil 1.3’ te Biyoyakıtların üretim süreçleri, yapımında kullanılan tarımsal ürün çeşitleri ve elde edilen biyoyakıtlar özetlenmiştir. Şekilde de görüleceği gibi; selülozik ve nişastalı bitkiler şekere dönüştürülüp damıtma ve fermantasyon işlemine alınırken, şekerli bitkiler doğrudan damıtma ve fermantasyon işlemine tabi tutularak biyoetanol elde ediliyor. Diğer yandan, ekstraksiyon (özütleme) ve esterleştirme işlemleri sonucu yağlı tohumlu bitkilerden biyodizel elde edilmektedir (Hatunoğlu,2010).



Şekil 1.3. Biyoyakıtın üretim süreçleri

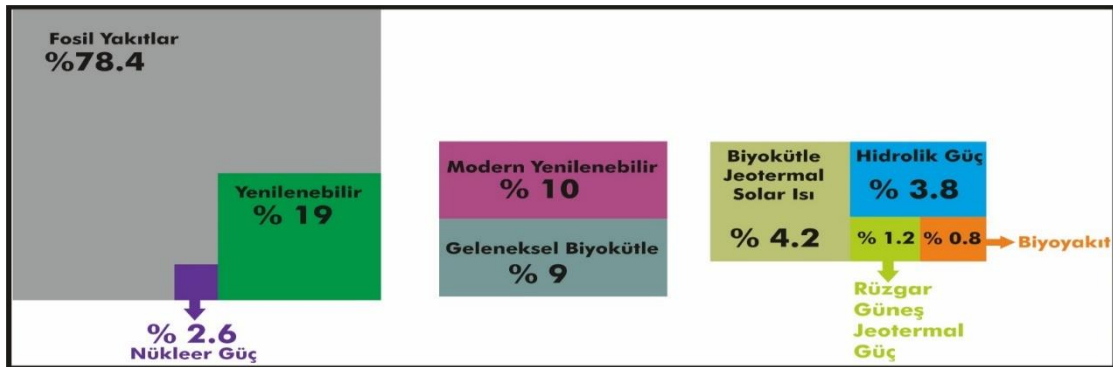
1.4. Dünyada Biyoyakıt Kullanımı

Dünya ülkelerinin teknolojik birikimleri ve kullanılabilecek tarımsal maddeler biyoyakıt üretiminde önemli bir etkiye sahiptir. Dünyanın önde gelen etanol üreticisi olan Amerika Birleşik Devletleri, genel olarak mısırdan etanol, soyadan da biyodizel üretmektedir.

2008 yılında kurulan tesislerle yıllık etanol miktarı 40 milyar litreye kadar çıkarılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri 1900 etanol doldurma ünitesine sahiptir (Nayir ve Uzun, 2018).

Biyoetanol üretiminde önemli rol oynayan bir diğer ülke ise Brezilya'dır. Etanol üretiminde ABD'den sonra büyük paya sahip olan Brezilya'da etanol üretiminde şeker kamışı kullanılmaktadır. 2008'de Brezilya'da 400 büyük ölçekli etanol tesisi ve 60 biyodizel tesisi vardı. Arjantin biyodizel üretiminde önemli bir noktaya sahip ülkelerden bir diğeridir. Yıllık 1,8 milyar litre üretim kapasitesine sahip 18 büyük üretim tesisi ile biyodizel üreten Arjantin, ürettiği biyodizeli ihraç etmektedir. Biyodizel üretiminde dünya lideri olan Avrupa ülkelerinde kolza ve yağlı tohumlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Almanya, Fransa ve İspanya gibi Avrupa ülkelerinde 200'den fazla biyodizel tesisi olmakla beraber bu ülkelerin yıllık 3 milyar litre biyoetanol üretim kapasitesi vardır. 2015 yılında dünyanın Biyoyakıt üretim kapasitesi yüzde 0,9 arttı. Bu büyüme 2000'den beri görülen en düşük büyüme hızı olarak kayıtlara geçmiştir. 2050 yılına kadar Biyoyakıt kullanımının 3 katına çıkacağı öngörülmektedir. Bu durumda biyokütleden üretilen enerjinin dünyadaki elektrik talebinin yüzde 7,5'ini aynı şekilde ulaşımda kullanılan yakıtın da yüzde 27'sini karşılama potansiyeline sahip olacağı öngörülmektedir (Güllü ve Bayraç, 2017).

Şekil 1.4'te de görüldüğü gibi fosil enerji kaynakları %78,4 ile dünya enerji tüketiminde en büyük paya sahiptir. İkinci sırada %19 ile tüm yenilenebilir enerji türleri gelmektedir. Nükleer enerjinin total enerji tüketimindeki payı %2,6'dır. Geleneksel biyokütle, yenilenebilir kaynakların %9'unu oluştururken, %10 luk paya sahip modern yenilenebilir kaynak arasında; biyokütle- güneş- jeotermal enerjileri (%4,2), hidrolik güç (%3,8), biyoyakıtlar (%0,8) ve rüzgar-güneş-biyokütle-jeotermal güç (%1,2) orana sahiptir(Hemsworth ve ark, 2013).



Şekil 1.4. Dünyada tüketilen enerji kaynakları içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri

1.5. Türkiye'de Biyoyakıt Kullanımı

Türkiye’de biyoyakıt enerjisinin kullanımı giderek artmasına karşın diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına göre oldukça düşük miktarlardadır. Özellikle lignoselülozik kaynaklardan biyoyakıt üretimi için ülkemiz oldukça büyük kaynağa sahiptir. Orman bakımından zengin bir ülkeye sahip olduğumuz için bu ormanlardan elde edilebilecek olan toplam atık miktarı 4,8 milyon ton yani 1,5 milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP)dir (Anonim,2020d). Enerji Bakanlığının web sayfasında yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’nde de yıllık bitkisel atık miktarı 96 milyon 451 bin 145 tondur. Daha açık bir şekilde ifade edilirse Türkiye selülozik temelli biyokütle potansiyelini tamamen kullanırsa, ülkemizde toplam biyokütle enerjisinden çok daha yüksek miktarda enerji elde edilmesi mümkündür. Sadece tarla ve bahçelerdeki toplam kullanılabilir atık miktarı 15,3 milyon ton ve bu miktarın sahip olduğu enerji ise 7,24 MTEP dir (Anonim,2020d). Bu rakamlar Türkiye’nin oldukça büyük miktarda biyokütle kaynağına sahip olduğunu göstermektedir. Ancak ülkemizde biyokütle kaynaklarını kullanarak enerji üretme noktasında çok fazla ilerleme kaydedilmemiştir. Ayrıca diğer enerji kaynaklarına daha fazla finansman desteği sağlanması biyokütle temelli biyoyakıt sektörünün geri planda kalmasına neden olmuştur. Türkiye’de toplam enerjinin %31.9’u yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilirken, bu yüzde içerisinde biyokütle temelli biyoyakıtların payı sadece % 0.44’e karşılık gelmektedir. Son yıllarda güneş ve rüzgar enerji santrallerinde kayda değer şekilde yaşanan artış biyokütlenin yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki yüzdesini daha da geriletmiştir (Koç ve ark., 2018). Türkiye’de biyoyakıt kullanımının teşvik edilmesi için 16 Haziran 2017 tarihli Resmi Gazete’de alınan karar gereği benzin ve türlerine en az %3 oranında yerli tarım ürünlerinden imal edilmiş olan biyoetanol eklenmesi zorunlu hale getirilmiştir. 28 Şubat 2019 tarihli Resmi Gazete’ye göre ilgili kurum tarafından yapılan düzenlemeler gereğince "Biyodizel, etanol ve benzeri maddeleri harmanlama yükümlülüğü bulunan işletmelere, eksik harmanladıkları her bir metreküp ürün için iki yüz elli Türk Lirası idari para cezası uygulanır." ibaresi getirilerek biyoyakıt kullanımı teşvik edilmiştir. 16 Haziran 2017 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan bir Tebliğ’de de enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, kaynak çeşitliliğinin arttırılması, bitkisel atık yağların etkin olarak geri kazanımının sağlanması, çevre kirliliğinin azaltılması ve Avrupa Birliğinin yenilenebilir enerji politikalarına uyum sağlanması hedeflenmiştir.

Bu Tebliğ'de de "Dağıtıcı lisansı sahipleri tarafından, bir takvim yılı içerisinde, ithal edilen ve kara tankeri dolum üniteleri hariç rafinericiden temin edilen motorininin toplamına, en az %0,5 (V/V) oranında yerli tarım ürünlerinden veya bitkisel atık yağlardan üretilmiş biyodizelin harmanlanmış olması zorunludur." ibaresi ile biyodizel kullanımı teşvik edilmesi amaçlanmıştır. Bu ibare ile akaryakıt piyasasında satılan her 200 litre motorinde, en az 1 litre biyodizel kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Türkiye'de toplam akaryakıt satışlarının yüzde 84'ünü motorin satışı oluşturmaktadır (Anonim,2020e). 2016 yılında 2015 yılına göre motorin tüketimi yüzde 8,5 artarak 22,3 milyon tona yükselmiştir. Bu durumda motorin tüketim miktarına binde 5'lik biyodizel ilavesinin zorunlu hale getirilmesiyle bu miktarının karşılanması için 2018'de yaklaşık yıllık 115 bin ton biyodizel üretilmesi gerekmektedir. Türkiye'de 2007 yılında 666 ton biyodizel satışı gerçekleşmişken 2017'de bu rakam 74 bin tona ulaşmıştır. Hedef ise 105 bin tondur. Yakıta ilave oranı Avrupa'daki miktarın yarısı kadar olsa Türkiye'nin biyodizel üretimi için hammadde kaynaklarının üretiminde de büyük miktarda artış olacaktır (Ünlü, 2019).

1.6. JP-8 Yakıtının Genel Özellikleri

Havacılık sektöründe çok yaygın olarak kullanılan ve yet yakıtı olarak bilinen JP-8 1980'li yıllarda NATO ülkeleri tarafından askeri yakıt olarak kabul görmüştür. Kimyasal yapısı incelendiğinde % 99,8 i kerosenden oluşur (Yamık ve ark., 2013). Kerosen sanayide çok sık kullanılan petrolün 150 °C ile 270 °C arasında damıtılmasıyla elde edilen bir yakıttır (Anonim,2020f). En önemli özelliklerinden biri donma noktasının -40 °C nin altında olmasıdır. En yaygın kullanılan havacılık yakıtları şunlardır; JET A1, JP-8, JP-4 diğerleri daha çok sivil havacılıkta kullanılıyorken JP-8, standardın sağlanması ve yüksek harcamaların önüne geçilmesi açısından askeri havacılıkta kullanılmaktadır (Drown ve ark., 2001).

JP-8 yakıtının %99,8 gibi büyük bir kısmını oluşturan kerosenin yapısında; büyük oranda üretim prosesine göre değişebilmekle beraber genel olarak şu hidrokarbonlar vardır. Aromatikler (%20), parafinler ve izo-parafinler(%60), siklo-parafinler (%20).

Kerosen; gaz yağı olarak bilinen maddenin, daha gelişmiş ve içerik açısından süzölmüş halidir. Benzin 7-11 aralığında hidrokarbon içerirken, Kerosen ise 12-15 aralığında hidrokarbon içermektedir. Sanayide pas giderici olarak çok sık kullanılan Kerosen Japon sobalarında da yakıt olarak kullanılır.

Petrolden elde edilen benzin, dizel ve gaz yağının yapısında bulunan parafin düşük sıcaklıklarda akışkanlığı azalttığından dolayı uçaklarda kullanılamıyor. Kerosen yanıcılığının yüksek olmasının yanı sıra düşük sıcaklıklarda da akışkanlık özelliğini koruduğu için jet motorlarında yakıt olarak büyük oranda kullanılmaktadır.

Kerosen petrolün 150 °C ile 270 °C arasında ince bir şekilde damıtılmasıyla açığa çıkar. Parlama noktası 40 °C olan kerosenin donma noktası -47 °C ile -49 °C arasındadır. Jet yakıtlarında Kerosen ihtiva eden ve en yaygın olarak kullanılan yakıt cinsleri şunlardır; JET-A, JET-A1, JET-B, JP-4, JP-5, JP-8

EPDK' nın petrol raporuna göre Türkiye'de 2018 yılında 4,786 milyon ton jet yakıtı üretildi (Anonim,2020g).

1.7. Uçakların Çalışma Koşulları

Neredeyse dünyanın her yerinde her türlü iklim şartlarında çalışmakta olan uçaklar vardır. Uçaklar ortalama 10-12 km yükseklikte uçarlar ve bu yükseklikte hava sıcaklığı -55 ile -60 °C aralığına kadar düşer. Uçaklarda kullanılan yakıtın ham maddesi olan Kerosen -47 °C de donar (Yılanli, 2019). Bu yüzden kokpitte yakıt sıcaklığı büyük bir titizlikle sürekli kontrol edilir. Aynı şekilde bu sıcaklıklarda uçak kanatları da buzlanırlar. Bu durum hava akımını etkileyerek uçak güvenliğini tehlikeye düşürebilmektedir. Uçak kanatları ve aerodinamiği etkileyen yüzeylerde donmayı engelleyen koruyucu spreylere kullanılırken, yakıtın donmaması için de anti-icing katkı maddeleri kullanılmaktadır (Anonim,2020h). Öte yandan havanın soğuk olması uçak motorlarının daha verimli çalışması için uygun şartlar oluşturmaktadır. Zira düşük sıcaklıkta havanın yoğunluğu daha fazla olur, böylece daha zengin bir yanma gerçekleşir.

2013-2018 yılları aralığında hava yolunu kullanan yolcu sayısı % 38 arttı ve Uluslararası Hava Taşımacılığı Kurumu (IATA)' ya göre 2037 yılına kadar yıllık yolcu sayısının mevcut sayı olan 8,2 milyarın iki katına çıkmasını bekliyor (Müdürlüğü, S. H. G., 2019). Bu durum aynı zamanda havacılık sektöründe karbon salınımını da artıracaktır. Bu durumda havacılık sektöründe artan karbon emisyonlarına çözüm bulmak da küresel bir sorun haline geldi.

2009 yılında küresel havacılık sektörü 2020 yılı itibarıyla karbon salınımı azaltma hedefi koydu. Konulan hedeflerden biri de 2050 yılına kadar havacılıkta karbon emisyonlarını net olarak yüzde 50 azaltmak.

Ancak gelinen noktada ticari uçuşların etkisi ile karbon emisyonları tahmin edilenden daha hızlı bir şekilde % 70'e varan bir artış gösterdiği bildirildi (Anonim,2020).

1.8. Alkolün Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi

Günümüzde gerek içten yanmalı motorlarda gerek jet motorlarında alkolün kullanım sebebi; emisyonları azaltmak ya da alternatif yakıt arayışından kaynaklanmaktadır. Son yıllarda ülkelerin motorlu taşıtlarda emisyonları azaltmak gibi hedefler belirlemesi de bu konudaki çalışmaları hızlandırmıştır. Araçların emisyonlarını azaltmak için motor tasarımındaki değişimler son derece maliyetli olduğundan alternatif ve çevreci yakıt arayışı daha fazla önem kazanmıştır. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), biyodizel ve alkoller; içten yanmalı motorlar için doğrudan veya mevcut yakıtlara karıştırılarak kullanılabilir alternatif yakıtlardandır (Candan, 2012).

Alkollerin çok farklılaşan kimyasal yapısı, yakıt olarak kullanıldıklarında farklı emisyon ve güç eğrilerinin oluşmasına sebebiyet vermektedir (Özer, 2014). Yakıt olarak doğrudan veya başka yakıta karıştırılarak en sık kullanılan alkol türleri şunlardır; etanol (C_2H_5OH), metanol (CH_3OH) ve bütanol (C_4H_9OH)'dür (Özer, 2014). Alkollerin bünyelerinde oksijen içermeleri daha küçük moleküler yapıya sahip olmalarına sebep olmaktadır, kükürt, ağır metaller ve kanserojen maddeler içermemeleri, egzoz emisyonlarının olmaması veya çok düşük olmasını sağlamaktadır (Akyaz, 2007).

1.9. Alkollerin Ülkemizde ve Dünyada Üretimi ve Kullanımı

Alkollerin genel formülü, $C_nH_{2n+2}O$ şeklindedir. Renksiz keskin bir kokuya sahip olan alkoller; gıda, kozmetik, boya ve temizlik gibi alanlarda çok sık kullanılmaktadır.

Alkol bitkisel atıklardan elde edilebildiği gibi, biyolojik birçok kaynaktan da elde edilebilmektedir. Bu da alkolü yenilenebilir yapmaktadır (T.A.G müdürlüğü, 2008). Alkol patates, arpa, pirinç ve benzer nişastalı tarımsal atıklardan elde edilebildiği gibi üzüm, çavdar ve değişik meyvelerden de elde edilebiliyor. Bu nedenle tarım açısından çok gelişmiş ülkelerde alkolün üretimi ve kullanımı çok yaygındır. Bu ülkelerin başında Amerika ve Brezilya geliyor (Oğuzcan, 2007). Motorlarda herhangi bir yapısal değişikliğe gidilmeden alkollerin kullanılabilir olması, alternatif bir yakıt olarak kullanım potansiyelini arttırmıştır.

Brezilya başta olmak üzere Amerika, Kanada, Hindistan ve Avrupa Birliği alkolün çeşitli oranlarda yakıtlara karıştırılarak kullanımını teşvik etmektedir. Türkiye’ de bezine %3 oranında alkol karıştırma zorunluluğu vardır (Anonim,2020i).

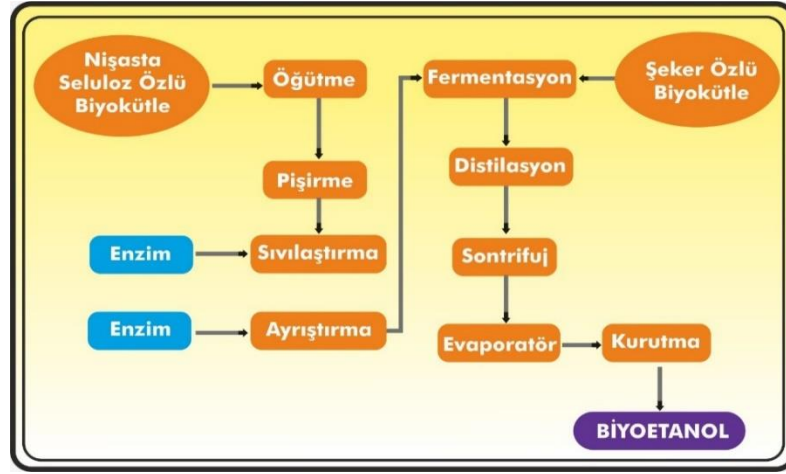
Petrole olan bağımlılığın ekonomiyi sarsması üzerine Brezilya 1975’ de şeker kamışından etanol üretimine başlamıştır. Brezilya yaptığı yatırımlar neticesinde 1975-2002 yılları arasında petrol ithalatından 52,1 milyar dolar tasarruf etmiştir (Özer, 2014). Yine Brezilya’da E100 (%100 etanol) ve E25 (%25 etanol, %75 benzin) diye adlandırılan yakıtlar otobüs ve diğer araçlarda kullanılmaktadır(Salman ve Sümer, 1999). Alkolün motor yakıtı olarak kullanılması üzerine Ford ve Chrysler gibi büyük markalar geleneksel yakıtların dışında alternatif yakıtlar ile çalışan araçlar geliştirdiler. Günümüzde Brezilya’da 4 milyon Amerika’da 2 milyonun üzerinde buna benzer taşıt bulunmaktadır (Coelho ve Goldemberg, 2004).

1.9.1. Etanol

Etanol fermantasyon yolu ile üretilen, motorlu araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılan sıvı bir yakıttır. En büyük avantajlarından biri yandığı zaman açığa çıkardığı sera gazı fosil yakıtlara kıyasla yok denecek kadar az olmasıdır. Yakıt olarak yaygınlaşması sera etkisinin azaltılmasında ciddi derecede rol alabilir (Meral ve Kamberoğlu, 2012).

Dünyadaki etanolün nerdeyse dörtte üçünü tek başına Amerika ve Brezilya üretmektedir. Amerika etanol üretiminde mısır kullanırken brezilya ise daha çok şeker kamışı kullanmaktadır. Brezilya’da yaklaşık 6 milyon hektar alana şeker kamışı ekilmişken, 1 milyondan fazla insan da bu alanda istihdam edilmektedir. Otomobil firmaları hibrit denilebilecek, gerektiğinde benzin ile gerektiğinde de etanol ile çalışabilen motorlar üretmiştir. Bu motorlar donatılmış araçlar “Toyal- Flex” ya da kısaca “Flex” olarak adlandırılmaktadır. Yakın bir gelecekte trafikteki araçların tamamına yakınının bu araçların oluşturacağı belirtilmektedir. Petrol üretiminde söz sahibi olan bir takım ülkeler etanole atfedilen bu ilgiyi, siyasi amaçla petrolü değersizleştirme girişimleri olarak görse de birçok ülke Brezilya ve Amerika ile iş birliği içine girerek yatırımlar yapmaktadır. Brezilya ile ciddi temaslar içinde olan Türkiye 1 milyar doların üzerinde ikili ticaret hacmine sahiptir. Etanol yatırımları konusunda da Türkiye’nin ciddi yatırımları mevcut olduğu halde talep yetersizliğinden dolayı istenilen seviyeye gelememiştir (Kaplan ve ark., 2009).

Mevcut durumda alkol üretimi; ağırlıkta Bursa ilimizde bulunan “TARKİM” tarafından yapılmakta olup Antalya, Manisa, İzmir, Konya, İstanbul, Kırıkkaleli ve Adana’da da üretilmektedir (Anonim,2020j).



Şekil 1.5. Etanol üretim basamakları

Glukozun maya ile fermente edilmesi sonucu biyoetanol üretilir. Şekil 1.5 te biyoetanolün farklı hammaddelerden üretim prosesleri gösterilmektedir (Bayrakçı, 2009). Bitkiler güneşten aldıkları enerjiyi fotosentez yolu ile kimyasal yapı taşları olan polisakkarit, nişasta ve selüloz olarak saklarlar. Kimyasal yöntemler ile bitki ve tahılların bünyesinde bulunan bu nişasta ve selüloz glukozuza dönüştürülür. Kimyasal olarak etanol ve biyoetanol arasında bir farklılık yoktur. İkisi arasındaki temel fark; etanolün petrokimyasal bir ürün olmasına karşın biyoetanolün biyolojik ürünlerden mayalanma vasıtasıyla üretilmesidir (Melikoğlu ve Albostan, 2011). Tablo 1.4’ te dünyada biyoetanol üretiminde ön sırada bulunan ülkelerin, üretim kapasiteleri verilmiştir (Anonim,2020k).

Tablo 1.4. Bazı Ülkelerin Biyoetanol Üretim Miktarları

Ülke Adı	Üretim Kapasitesi (Milyar Lt.)
A.B.D.	41
Brezilya	26
Fransa	0,9
Almanya	0,3
Çin	3,1
Arjantin	~0
Kanada	1,1
İspanya	0,4
Tayland	0,4

1.9.2. Metanol

Kimyasal formülü, CH_3OH olan metil alkol, su ile her oranda karışabilen berrak ve sıvı organik bir bileşiktir.

Erime noktası -97°C , Kaynama noktası $64,7^\circ\text{C}$ ve parlama noktası 11°C olan metanolün kendi kendine tutuşma sıcaklığı 455°C dir. Renksiz bir alev yapısına sahip olan metanol tam yanmaya uğradığında karbondioksit ve su açığa çıkar.

Etil alkol bitki ve meyvelerden elde edilen şekerin fermantasyonu ile Metanol ise odunun damıtılmasıyla elde edilir. Yani hem etil alkol hem de metil alkol bitki kaynaklı alkollerdir denilebilir (Anonim,2020l). İlk kez 1661’de odunun kuru bir şekilde damıtılmasıyla elde edilen metanolün yanı sıra diğer ürünler şöyle; % 0,5 aseton, % 10 asetik asit ve başka bileşenler bulunmaktadır.

İki temel proses ile elde edilebilen metanol başta doğal gaz olmak üzere; odun,belediye katı atıkları, evsel atıklar gibi organik ham maddeler kullanılarak elde edilebilir. Temel olarak kullanılan iki süreç şunlardır;

1.Yüksek basınç prosesi

2.Düşük basınç prosesi

Yüksek basınç prosesinde reaksiyonun gerçekleşmesi için 300 atm basınç gerekliken düşük basınçlı proseste reaksiyon, 50 – 100 atm basınçta gerçekleşmektedir. İşletim maliyetinin düşük olması düşük basınçlı prosesin yüksek basınçlı prosesinin yerini almasına neden olmuştur. Düşük basınç yönteminde, 1 ton metanol eldesi için, yaklaşık 33,3-36,6 milyon BTU enerjiye sahip doğal gaz kullanılması gerekmektedir. Normal bir metanol üretim tesisinde ilk olarak doğal gaz; karbon monoksit (CO), su (H_2O), hidrojen (H_2) ve karbondioksit (CO_2)içeren bir sentez gazına dönüştürülür. Bu işlem genel olarak besleme gazının buhar kullanılarak parçalanmak suretiyle sağlanır. Diğer bir yöntem ise oksidasyondur.

Metanolün kullanımında birtakım problem ile karşılaşılır bunların başında; aşırı derecede korozyon etkisi yapması gelir. Bu korozyon etkisinden kurtulmak için bazı önlemler almak gerekir bunlar; yakıt depoları, yakıt sistemleri ve yakıt püskürtme pompaları özel olarak korozyondan etkilenmeyen malzemeden imal edilir. Aynı şekilde metil alkol silindir yüzeylerinde yağ kaldırıcı etkiye sahip olduğundan özel yağlar kullanılmaz (Anonim,2020l).

Benzinli sistemlerde karbüratör vb. aksanlar çelikten imal edilirken metanollü sistemde korozif etkilerden dolayı alüminyum veya çinkodan üretilmelidir.

Metanol benzine kıyasla daha fazla nem tutma özelliğine sahiptir. Bu özelliği yüzünden metanol benzin veya metanol Kerosen karışımında faz ayrışmasına sebep olabilir. Çünkü metanol tek başına yakıtlar ile homojen karışabiliyorken içerisinde nem varsa yakıt ile homojen karışmaz farklı fazlar oluşabilir. Metanolün diğer bir olumsuz tarafı zehirli ve gözü tahriş edici nitelikte olmasıdır.

1.9.3. Dünyada metanol ticaretine genel bakış

Metanol dünya genelinde 12 milyar dolar civarında ekonomik değer taşıyan bir sektör olmakla birlikte doğrudan veya dolaylı olarak bu sektörde yaklaşık 100.000 insan istihdam edilmektedir.

Günümüzde, dünyada toplam metanol ihtiyacı, yıllık olarak yaklaşık 35-40 milyon ton civarındadır. Aynı şekilde bu miktar, her yıl yaklaşık olarak % 2 – 3 oranında artış göstermektedir. 1980’lerin başlarında metanol üretmek için, kurulmuş olan küçük ölçekli tesisler yerini, daha verimli çalışan düşük-basınç teknolojisi ile metanol üretimi yapılan büyük ölçekli fabrikalara bırakmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte metanol kullanım alanları da farklılaşmaktadır. Avrupa’da metanol fiyatlarının akaryakıt fiyatından daha az olduğu zaman diliminde, metanolün akaryakıtı karıştırılması zorunlu olmuş. Ancak daha sonra akaryakıt fiyatlarının düşmesi nedeniyle bu uygulama son bulmuştur(Anonim,2020-13).

90’lı yıllarda çok düşük bir ticaret hacmine sahip olan metanol 21. Yüzyılda özellikle Çin’in tahmin edilemeyen oranda artan talebi üzerine fiyatları yukarı çıkmaya başlamış olup ciddi bir sektör haline gelmiştir.

Tablo 1.5. Bazı ülkelerin biyokütleden metanol üretme kapasitesi

AB Ülkeleri	Biyokütleden Metanol Üretim Kapasitesi (milyon ton/yıl)
Avusturya	0,38
Belçika	0,14
Finlandiya	4
Fransa	0,91
Portekiz	0,93
İspanya	0,9
İsveç	3,9
TOPLAM	11,16

Metanol önemli bir temel endüstriyel kimyasaldır. Tablo 1.5’ te metanol üretiminde söz sahibi bazı ülkelerin kapasiteleri verilmiştir. Şu anda, kömürden metanol üretimi, Çin’de kullanılan ana üretim şeklidir, ancak kömür madenciliğinin neredeyse geri döndürülemez çevresel etkileri vardır. Bu nedenle, kömürü bol biyokütle kaynaklarıyla değiştirerek metanol üretmek, umut verici bir alternatif yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Biyokütleden metanol üretilmesinin çevresel etkilerini ve enerji tüketimini incelemek gerekir. Biyokütleden ve kömürden etanol üretilmesi süreçleri için yaşam döngüsü enerji tüketimi, küresel ısınma potansiyeli, asitlenme potansiyeli ve insan toksisite potansiyeli incelenmelidir. Yapılan çalışmalarda; Aynı üretim kapasitesi altında, biyokütleden metanol üretilmesi proseslerinin yaşam döngüsü enerji tüketimi, kömürden metaol üretilmesi proseslerine göre daha düşük olduğu ve özellikle sera gazı emisyonlarının azaltılmasında çevresel etkiler açısından büyük avantajlar sağladığı görülmüştür. Karşılaştırmalı sonuçlardan, metanol üretmek için kömür yerine biyokütle kaynaklarının kullanılması uygun bir alternatif olarak tanımlanmaktadır (Liu ve ark., 2020).

Tablo 1.6. Etanol, Metanol, Benzin ve E85 ‘in kimyasal-fiziksel özellikleri

Özellik	Metanol	Etanol	Benzin (87 oktan)	E85
Kimyasal Formül	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₄ -C ₁₂ Zinciri	*
Ana Maddeler (o/o ağırlık)	38C,12H,50O	52C, 13H,35O	85-88C, 12-15H	57C,13H,30O
Oktan (R+M)/2	100	98-100	86-94	96
Alt Isı Değeri (Btu/lb)	8,570	11,500	18,000-19,000	12,500
Galon Eşdeğeri	1,8	1,5	1	1,4
Benzine Göre Galon Başına Yapılan mil	%55	%70	...	%72
Üretim İçin Bağlı Tank Boyutu	1,8 kat büyük	1,5 kat büyük	1	1,4 kat büyük
Reid Buhar Basıncı (psi)	4,6	2,3	8-15	6-12
Tutuşma Noktası: Havadaki Yakıt (%)	7-36	3-19	1-8	*
Sıcaklık (°F)	800	850	495	*
Özgül Ağırlık (60-65 °F)	0,796	0,794	0,72-0,78	0,78
Soğukta Çalışma	Zayıf	Zayıf	iyi	iyi
Araç Gücü	%4 güç artışı	%5 güç artışı	Standart	%3-5 güç artışı
Teorik Hava/Yakıt oranı (ağırlık)	6,45	9	14,7	10

1.10. İzopropil Alkol

İzopropil alkol, düşük denebilecek derecede toksit özelliğe ve hafif bir kokuya sahip olup renksiz, uçucu, yanıcı bir sıvıdır. Başlıca kullanım alanları arasında, tıp ve endüstride solvent olarak uygulanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki izopropil alkolün çoğunluğu, zayıf sülfürik asit işleminde propilenin dolaylı hidrasyonu ile üretilir. Amerika Birleşik Devletleri dışında, propilen işlemlerinin birkaç asit katalizli doğrudan hidrasyonu da kullanılmaktadır. Dolaylı proses, rafineri sınıfı propilen akışlarını kullanabilir ve doğrudan prosese göre daha düşük işletme basınçları kullanabilir, ancak daha yüksek korozyon ve bakım maliyetleri gibi dezavantajları vardır. Kimyasal bir ara madde olarak artan kullanım nedeniyle talebin biraz artması bekleniyor. İzoproil alkol aseton üretiminde kullanımının yanı sıra daha yüksek ketonlar, esterler, aminler ve diğer kimyasalların üretiminde de tüketilmektedir. Diizopropil eterin yakıt oksijenatı olarak kullanılması, izopropil alkol için önemli bir uygulama alanı olabilir.

İzopropil alkol, isopropanol, izopropil, isopro, iso veya kısaltmada IPA olarak adlandırılabilir. Berrak olup aseton ve etanol karışımına yakın bir kokuya sahip; yanıcı bir alkoldür. Su, aseton, etanol, benzen ve kloroform ile neredeyse her oranda çözelti oluşturabilme özelliğine sahiptir. İkincil alkollerin tüm temel reaksiyonlarına maruz kalabilmekte, güçlü okside edici ajanlarla karşın tepkimeler vermektedir. Birçok uygulamada düşük maliyetli çözücü olarak kullanılan izopropil alkol, evaporasyon ve çözücü özellikleri hızı yönüyle etil alkole benzemektedir. Yandığında ayrışmaya uğrayarak toksit özelliği olan karbon monoksit gazı meydana getirmektedir.

1.10.1. Kullanım Alanları

Solvent (çözücü) olarak; hayvansal ve bitkisel yağlar, zambak reçineleri, renk maddeleri, vakslar, alkaloidler, aromalar, aljinatlar ve vitaminler gibi doğal ürünlerin saflaştırılması ve ekstraksiyonunda, gıda maddelerinin imalatında taşıyıcı olarak, organik kimyasalların; kristalizasyonu, saflaştırılması ve çöktürülmesinde; nitroselüloz laklar ve fenolik verniklerle beraber diğer sentetik polimerlerde uygulama alanı vardır. Ayrıca; parfümler, saç tonikleri, saç boyama durulayıcıları, kozmetik, cilt temizleyiciler, cilt losyonları, oje gibi daha birçok ürünün formülasyonlarında yer bulmaktadır.

İzopropil alkol (IPA); ayrıca aseton ve onun türevlerinin üretiminde, diizopropil eter, izopropilamin, herbisidal esterler, yağ asidi esterleri ve alüminyum izopropoksit gibi kimyasalların üretilmesinde de kullanılmaktadır (Anonim,2020m).

1.11. Alkolün İçten Yanmalı Motorlarda Kullanım Şekilleri

Alkollerin kendi kendine tutuşma sıcaklıkları ve buharlaşma ısıları yüksektir. Bu nedenle benzinli motorlarda kullanımları daha yaygındır. Yukarıda sözü edilen özellikler sayesinde benzinli motorlarda sıkıştırma oranını yükselttiği için daha yüksek güç eldesi sağlarlar (Çelik ve Çolak, 2008). Alkollerin motorlarda genel olarak kullanım şekilleri aşağıda sıralanmıştır.

- Buhar halinde verilerek veya emme manifolduna püskürtülerek,
Bu yöntemde emme manifolduna püskürtülen alkol motor içindeki yakıt ile zengin bir karışım oluşturur ve yanar.
- Her bir yakıt için ayrı bir enjeksiyon sisteminin kullanılması,
Motorda kullanılan yakıtı çeşitli oranlarda karıştırılarak.
Bu yöntemde alkol mevcut yakıt içerisinde hacimsel veya kütsel olarak belirli oranlarda karıştırılarak kullanılır.

Motor yakıtlarında % 10 üzerinde kullanılan alkol plastik aksanlarda moleküler yapının bozulmasına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir (Ejder, 2007). Bu nedenle alkol kullanılan motorlarda plastik aksanlar teflon veya flor malzemesi ile kaplanması, metal malzemelerin paslanmaz çelikten imal edilmesi gerekmektedir (Özer, 2014).

1.12. Fosil Yakıtlara Alternatif Olarak Çevre Dostu Biyoyakıtlar

Birinci nesil biyoyakıtlar insanların gıda malzemesi olarak tükettiği, şeker ve nişasta gibi biyokütlelerin verimsiz kullanımına sebebiyet verdiğinden üretim maliyetlerini arttırmaktadır. İkinci nesil biyoyakıtlar ise; lignoselülozik biyokütlelerden talaş, odun, çimen, mahsul atıkları gibi gıda olarak tüketilmeyen atıklardan elde edildiğinden dolayı daha verimli biyoyakıtlar olarak nitelebilirler (Üçgül ve Akgül, 2010). İkinci nesil biyoyakıtların birinci nesil biyoyakıtlara göre dezavantajlı durumlarının az olmasının yanı sıra üretim prosesleri de daha fazla adımdan oluşmaktadır (Ünlü, 2019).

Suda yaşıyan, alg benzeri hammaddelerden üretilen yakıt türlerine üçüncü nesil biyoyakıtlar denir.

Avantajları olmakla beraber bu yakıt türünün biyokütle maliyetlerinin yüksek olması ve üretilen biyoyakıtın diğer kaynaklardan üretilenlere nispeten daha az kararlı olması gibi dezavantajları da vardır. Halen geliştirilmekte olan dördüncü nesil biyoyakıtlarda ise biyomühendislik ürünü olan mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Bu biyoyakıtlar etanol, bütanol, metan, hidrojen, bitkisel yağ, izopren, biyodizel, benzin ve jet yakıtı gibi farklı yakıtların üretilmesinde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda fosil yakıtlara alternatif olabilecek özelliğe sahip biyoyakıtlar incelenerek avantajları ve dezavantajları, yakıt veya yakıt karışımı olarak kullanılabilme potansiyelleri irdelenmiştir. Biyoyakıtların Türkiye'de ve dünyada kullanımı birçok çalışmaya konu olmuş incelenmeye devam edilmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yılmaz ve Atmanlı (2016) yaptıkları havacılıkta alternatif yakıt kullanımı adlı çalışmada; havacılık yakıtlarına alternatif olabilecek en büyük potansiyelin biyo yakıtlarda olduğunu ifade etmişlerdir. Biyo yakıtların fosil kökenli yakıtlara nispeten daha az çevre kirliliği ve ekonomik kazanç anlamına geldiğini belirtmişlerdir. Uluslar arası havayolu taşımacıları birliği (IATA) ve uluslar arası sivil havacılık örgütü (ICAO) nün havacılıkta alternatif yakıtların kullanımını desteklemesine dikkat çekilen çalışmada, ticari uçuşlarda kullanılacak yakıtın; parlama noktası, oktan sayısı ve donma noktası gibi önemli özelliklerin belirlenmesinin uçuş güvenliği için gerekliliğine değinmişler. Yine üretilecek alternatif yakıtın; hangi hammadden elde edileceği, üretim prosesi, yakıtın depolanabilmesi, özelliklerinin standartlara uyması ve taşınabilmesi gibi yönleriyle olumlu sonuç vermesi gerekliliğine vurgu yapmışlardır. Alkollerin alternatif yakıt olarak kullanımının önündeki en büyük engelin, düşük ısı değeri ve hızlı buharlaşma özelliği olduğunu ancak teknolojik gelişmeler ışığında alkollerin kimyasal özelliklerinin istenilen doğrultuda değiştirilebildiğini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak ta havacılık sektöründen dolayı alternatif yakıt üretimi için yeni endüstrilerin kurulmasının maliyetli ve zahmetli oluşuna dikkat çekmekle birlikte mevcut şekilde elde edilen alternatif yakıtların geliştirilerek havacılık sektörüne uyumlu hale getirilebileceğini belirtmişlerdir.

Özer (2014) çalışmasında alkollerin içten yanmalı motorlarda kullanımını incelemiştir. Son yıllarda motorlu taşıtların egzoz emisyonlarının azaltılması için yapılan yasal değişikliklere dikkat çekilen bu çalışmada Biyodizel, etanol (CH_3OH) ve metanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) gibi alternatif yakıtların üretim prosesleri ve kaynakları hakkında bilgi verilmiştir. Özellikle tarım noktasında çok ileride olan Amerika ve Brezilya gibi ülkelerin şeker kamışı ve mısır üretiminden dolayı alkol pazarında dünyada sözü geçen ülkeler olduklarına ve ürettikleri alkollerini kendi araçlarında da belirli oranlarda kullanımını zorunlu kıldıklarını belirtmiştir. Alkollerin içten yanmalı motorlarda kullanımının herhangi bir yapısal değişiklik gerektirmemesi alternatif yakıt olma yolundaki potansiyelini arttırmaktadır. Brezilya'nın 1975-2002 yılları arasında alkol üretimi ve alternatif yakıt olarak tüketimi neticesinde petrol ithalatından yaklaşık olarak 52,1 milyar dolar tasarruf sağladığını, etanol üretimi için 2008 yılına kadar 321 fabrika kurduğunu ve bu fabrikalarda üretilen etanolün E100 (%100 etanol yakıtı), E25 (%25 etanol+%75 benzin) yakıtları şeklinde ulaşım araçlarında kullanıldığını paylaşmıştır.

Etanolun içten yanmalı motorlarda hangi yöntemler ile kullanıldığının sıralandığı çalışmada, alkollerinde yapısında bulunan oksijen yüzünden ısı değeri düşük olması ama yine aynı sebepten dolayı silindir içerisinde zengin bir yanmanın gerçekleşmesine yol açtığı vurgulanmıştır. Alkollerin setan sayısının düşük olması dizel motorlarda kullanılmaya engel teşkil ederken oktan sayısının yüksek olması da bezine karıştırılabileceğini göstermektedir. Aynı şekilde yakıtın viskozitesinin etkisi ile ilgili şu ifadeler yer almaktadır; viskozite büyüdükçe akışkanlık azalır bu da yakıtın aktarımını zorlaştırır. Viskozitenin aşırı düşük oluşu da enjektörlerde kaçaklara yol açmakla beraber silindir içerisinde aşırı atomize olarak silindir cidarlarına çarpmaya sebebiyet vermektedir. Alkollerde buharlaşma ısısının yüksek olduğu ve buharlaşma ısısının motorda ilk kalkış hareketini zorlaştırdığını belirtmiştir. Alkollerin benzinli motorlarda; kendi kendine tutuşma sıcaklığı, buharlaşma ısıları ve oktan sayılarının yüksek olması gibi sebeplerle kullanımın yaygın olması da sonuç olarak yazılmıştır.

Yamık ve ark.(2013) tek silindirli bir dizel motorda JP-8 havacılık yakıtı ve dizel karışımlarının egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. 1980'li yılların sonuna doğru NATO ülkelerinin JP-8 yakıtını ortak askeri yakıt olarak belirlediğini böylece kullanılan yakıtta standardizasyonun sağlandığını belirtildiği çalışmada; JP-8 yakıtının %99,8'ine yakınının kerosenden meydana geldiğini böylece donma noktasının -40°C 'nin altında olduğu vurgusu yapılmıştır. Çalışmada; JP-8 %5, %10, %25 ve %50 oranında karıştırılarak deneyler yapılmıştır. Sonuç olarak çalışmada; dizel yakıtına JP-8 ilavesi arttıkça motor momentinin azaldığı, özgül yakıt tüketiminin arttığı (düşük yoğunluk ve düşük setan sayısı yüzünden olabilir), egzoz emisyonlardan NO_x değerinin azaldığı, CO değerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Çildir ve Çanakçı (2006) yaptıkları çalışmada bazı bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel üretiminde, katalizör ve alkol kullanımının yakıtın özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Alternatif yakıtlara olan ilginin 1973 petrol krizinden sonra arttığı ifade edilen çalışmada, biyodizelin üretim yöntemleri ve miktarı ile ilgili sayısal veriler paylaşılmıştır. 2002 yılında Amerika'da hayvansal yağlardan $2,4 \cdot 10^4$ tondan fazla Biyodizel üretildiğine değinilen çalışmada en yaygın kullanılan Biyodizel üretim yöntemi iç ester değişimi olarak ifade edilmiştir. İç ester değişiminde metanol, bütanol ve etanol kullanılabilirken en ekonomikleri olan metanolun çalışmalarında kullanıldığı belirtilmiştir.

Çalışma neticesinde; 1:3 molar oranı ile elde edilen esterlerin dönüşüm oranlarının düşük kaldığı, yoğunluğun ise diğer esterlere nispeten yüksek olduğu, viskozite değerinin ise ASTM standartlarından yüksek olduğu dile getirilmiştir.

Ünlü (2019) yaptığı fosil kökenli yakıtlara alternatif biyoyakıtlar adlı çalışmasında birinci nesil biyoyakıtlardan dördüncü nesil biyoyakıtlara kadar olan gelişimi, Türkiye ve dünyada ilerleyişi ve çevresel etkilerini incelemiştir. Uluslararası enerji ajansının çizdiği senaryoya göre 2060 yılına kadar CO₂ salınımının %70 oranında azaltılmasının öngörüsünü paylaşan Ünlü, Türkiye'nin 2016 yılı itibarıyla 467 MW olan biyokütle enerjisinin 2023 yılına kadar 2000 MW seviyelerine çıkarılma hedefi bilgisini dile getirmiştir. Biyoyakıt üretiminde düşük maliyet yüksek verim süreçlerinin geliştirilmesi gerektiğini ifade etmekle birlikte bu süreçlerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli bürokratik adımların da atılması gerekliliğine değinilmiştir.

Kamberoğlu (2012) çalışmalarında etanol üretiminde kullanılan başta tahıllar olmak üzere hammaddelerin özellikleri irdelenmiştir. Etanolün üretim proseslerinin detaylı olarak anlatıldığı çalışmada hangi hammaddede ne kadar etanol üretim potansiyeli olduğu da sayısal verilerle sunulmuştur. Sonuç olarak ta çalışmada etanol üretiminin ve tüketiminin çevre kirliliğinin azaltılması ve yeni istihdam alanlarının oluşturulması üzerindeki olumlu etkisi vurgulanmış olmakla beraber gıda ürünlerinin etanol üretiminde kullanımının kısıtlıya neden olacağı düşüncesinden dolayı alternatif alkol üretim yöntemlerinin de geliştirildiği dile getirilmiştir (Meral, R. ve Kamberoğlu, G. S.,2012).

Melikoğlu ve Albostan (2011) biyoetanolün Türkiye'de üretim potansiyeli adlı çalışmalarında; mevcut durumda üretilen buğday hasadının %4-%7 si kadarının kullanılarak E5 ve E10 kullanımının mümkün olabileceğini aynı zamanda ekilmeyen arazilerin tarıma kazandırılmasıyla patates, buğday ve şeker pancarı ekilerek yılda 13,7 milyar litre biyoetanol üretilebileceğini belirtmişlerdir. Önümüzdeki 50 yıllık süreçte başta biyoetanol olmak üzere biyoyakıtların önemli bir pazara sahip olacağının ifade edildiği çalışmada, Türkiye'de ekilmeyen fakat ekildiğinde ne kadar biyoetanol üretim potansiyeline sahip olabilecek araziler sayısal veriler ile sunulmuştur. Çalışmada sonuç olarak petrol ihtiyacının % 90'ından fazlasını ithal eden Türkiye'de mevcut durumda hiçbir tarımsal ürünün etanol üretim ihtiyacını karşılayamayacağı ancak ekilmeyen 1,9 milyon hektar alanın değerlendirilmesi ile bu ihtiyacın giderileceği ifade edilmiştir.

Aksoy ve ark.(2010) dizel motorlarında emisyonların nasıl azaltılabileceği ile ilgili çalışmalarında tek silindirli, direk enjeksiyonlu bir dizel motorda yakıt, oksijen içerdiği için %5-%10 IPA ilave ederek motor performansını test etmişlerdir.

Çalışmanın sonucunda dizel yakıtta %5 IPA ilavesinde motor gücünde %2,24, %10 IPA ilavesinde ise motor gücünde %3,8 azalmanın görüldüğünü ifade etmişlerdir. Bunun beraberinde CO emisyonlarında azalmanın NO_x değerlerinde ise artışın gözlemlendiğini dile getirmişlerdir.

Çoban ve ark. (2017) mini bir turbojet motorunda kullanılan farklı yakıtların eksergoekonomik ve ekserjetik performansını incelemişlerdir. Turbojet ekserji veriminde yapılan bir çok çalışmadan verilerin paylaşıldığı makalede; Yapılan testler sonucunda aşağıdaki parametreler ölçüldüğü belirtilmiştir: Kompresör giriş ve çıkış basıncı (P_1 , P_2), Ortam basınç ve sıcaklığı (P_0 , T_0), Türbin çıkış sıcaklığı (T_4) Kompresör giriş ve çıkış sıcaklığı (T_1 , T_2) Türbin çıkış basıncı (P_4) İtke (N), Yakıt tüketimi ($\dot{m}_f$) Giriş hava debisi ($\dot{m}_a$) .Çalışmanın sonucunda; hava kompresörü, gaz türbini ve yanma odası bileşenlerinin ekserji verimi, biyoyakıtlı çalışan durumlarda sırasıyla %74.52, %99.00 ve %47.68 olarak ölçülmüştür. diğer yandan, jetmotor, konvansiyonel havacılık yakıtıyla çalışırken, hava kompresörü, gaz türbini ve yanma odası bileşenlerinin ekserji verimi % 75.22, %98.44 ve %48.34olarak hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak, konvansiyonel havacılıkta kullanılan yakıtın ve biyoyakıtın saat başınamaliyetleri sırasıyla 7.070 dolar ve 8.215 dolar olarak tespit edildiği belirtilmiştir.

Zabarnick ve ark.(2010) “DiEGME ve TriEGME Yakıt Sistemi Buzlanma İnhibitör Katkılarının BMS 10-39 Uçak Tank Son Kat Malzemesi ile Uyumluluğu” adlı çalışmalarında; Son yıllarda, yakıt sistemi buzlanma önleyicisi (FSII) olarak kullanılan dietilen glikol monometil eter (DiEGME)’in, B-52 ve diğer askeri uçaklardaki entegre kanat tanklarının boşluğunda son kat malzemesinin soyulmasına neden olması üzerine Çalışmalar yapmışlardır. JP-8 yakıtında DiEGME kombinasyonu için, buzlanma önleyici katkı maddesinin tank boşluğunda yoğunlaşabileceğini ve soğutulmuş tank duvarlarında yüksek konsantrasyonlarda yoğunlaşabileceğini, bu yüksek DiEGME konsantrasyonları, epoksi bazlı son katın şişmesine ve ardından soyulmasına neden olduğunu, burada, DiEGME yerine trietilen, glikol monometil eterin (TriEGME)’nin uyumluluğunu test etmişlerdir. Testler, buzlanma önleyici alım analizleri ve kalem sertliği değerlendirmeleri ile ölçülen sonraki son kat bozulmasıyla birlikte yakıt deposu duvar maruziyetlerini simüle etmek için tasarlanmış. TriEGME'nin JP-8 yakıt bileşenlerine göre daha düşük uçuculuğu, DiEGME'ye kıyasla, tank boşluğunda daha az konsantre olmasına ve son kat bozulmasına neden olduğu tespit etmişlerdir. Bu boşlukta, yoğunlaştırılmış buharlarda ve açıkta kalan son kaplama malzemesinde ölçülen daha düşük katkı seviyeleri ile doğrulanmış.

Yakıt buharlarına maruz kalan son kaplama malzemesinin sertliği, DiEGME'den TriEGME'ye geçildiğinde önemli ölçüde iyileştirildiğini saptamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışmada Kullanılan Yakıt ve Katkı Maddeleri

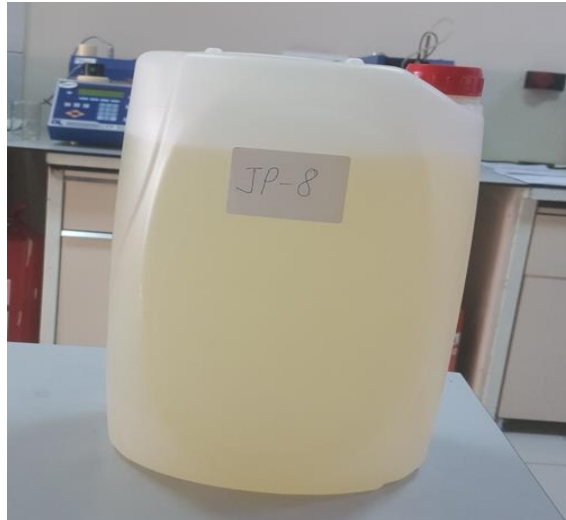
3.1.1. Jet yakıtı

Bu çalışmada kullanılan yakıt ticari bir firmadan temin edilmiştir. Jetlerde, temel bileşeni Kerosen olan yakıtlar kullanılmaktadır. Kerosen petrolün 150 °C ile 270 °C arasında ince bir şekilde damıtılması sonucu açığa çıkar. Parlama noktası 40 °C olan kerosenin donma noktası -49 °C'dir. Jet yakıtlarında Kerosen ihtiva eden ve en yaygın olarak kullanılan yakıt cinsleri şunlardır; JET-A, JET-A1, JET-B, JP-4, JP-5, JP-8 . Şekil 3.1'de deneylerde kullanılan JP-8 yakıtı görülmektedir.

3.1.1.1. Jet yakıtı karakterizasyonu ve özellikleri

Tablo 3.1. kerosenin uluslar arası kod ve standartları

AVCAT/FSII	9130-99- 2202148	F-44	JP-5	-	MIL-DTL- 5624U	DEF STAN 91-86
------------	---------------------	------	------	---	-------------------	----------------



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan jet yakıtı

Jet yakıtları genel anlamda kerosenden meydana gelmekle birlikte kimyasal ve fiziksel yapılarında farklılıklar olabilmektedir. Bu farklılıkların temel sebebi yakıtın kullanım alanı ve koşullarıdır.

Tablo 3.2. JP-8'in Kimyasal ve fiziksel özellikleri ve test yöntemleri

Özellik	Min	Max	ASTM or IP Test Method
Renk			D156 or D6045
Toplam asit sayısı, mg KOH/g		0.015	D3242
Aromatikler, yüzde hacim		25.0	D1319
Kükürt, toplam, kütle yüzdesi		0.30	D129, D1266, D2622, D3120 , D4294 , or D5453
Kükürt, merkaptan, kütle yüzdesi		0.002	D3227
Volatilité			
Damıtma sıcaklığı, °C			D86 , D2887, or D7345
Parlama noktası, °C	38		D56, D93 , D3828, or IP 170
Yoğunluk			D1298, D4052 , or D7777
Yoğunluk, kg/L 15 °C'de veya Yerçekimi, 60 °F'de API	0.775 37.0	0.840 51.0	
Donma noktası, °C		-47	D2386 , D5972, D7153, or D7154
Viskozite, -20 °C'de, mm ² /s		8.0	D445 or D7042
Net yanma ısısı, MJ/kg	42.8		D3338, D4529, or D4809
Hidrojen içeriği, kütle yüzdesi	13.Nis		D3343, D3701, D5291, or D7171
Duman noktası, mm	25.0		D1322
Duman noktası, mm ve	19.0		D1322
AŞINMA			
Bakır şerit korozyonu, 100 °C'de (212 °F) 2 saat		No. 1	D130
TERMAL KARARLILIK			
Termal stabilite (260 °C'de 2,5 saat) 10			D3241
Basınç düşüşündeki değişiklik, mm Hg Tüp derecesi:		25	
Aşağıdaki gereksinimlerden biri karşılanmalıdır:			
(1) Ek A1 VTR veya			
(2) Ek A3 ETR veya Ek A2 ITR, ortalama tortu kalınlığı, nm, 2,5 mm ² alan üzerinde		<3 85	
KATKI MADDELERİ			
Yakıt sistemi buzlanma önleyici, hacim yüzdesi	0.07	0.10	D5006
Yakıt elektrik iletkenliği, pS/m 12			D2624
KONTAMİNANTLAR			
Mevcut sakız, mg/100 mL 13		7	D381 or IP 540
Su reaksiyonu arayüz derecesi		1b	D1094
Mikroseparator Derecesi 14			D3948 or D7224

Tablo 3.2’ de JP-8’in Kimyasal ve fiziksel özellikleri ve test yöntemleri görülmektedir (NATO, 1999). Bu bilgilerin yanı sıra deneylerde kullanmadan önce biz de laboratuvar ortamında JP-8 yakıtının kimyasal ve fiziksel temel özelliklerini inceledik.

JP-8; askeri yakıt katkı paketi içeren kerosen tipi havacılık yakıtıdır: Statik Dağıtıcı Katkı Maddesi (SDA), Yağlayıcılık İyileştirici Katkı Maddesi (LIA) (önceden korozyon önleyici/yağlayıcılık artırıcı katkı maddesi olarak anılırdı) ve Yakıt Sistemi Buzlanma Önleyici (FSII-3) ve Antioksidan (AO) ve Metal Deaktivatör Katkı Maddesi (MDA) içerebilir. F-34, tüm NATO ülkelerinde karada konuşlu askeri gaz türbini motorlu kara araçları ve teçhizatı tarafından kullanılmaktadır. F-34, JP-8 veya AVTUR/FSII olarak da bilinir (ASTM, 2009). Tablo 3.2’ de ASTM’ ye göre tanımlanmış yakıtların referansları ve teknik onay süreçleri verilmiştir (DEFSTAN, 2016).

Tablo 3.3. Çeşitli Yakıt şartnamelerinde Sentetik Yakıtlara ve ASTM D7566 Onaylı Eklere Referanslar

Yakı Tanımı		Sentetik karışım referansları	ASTM D7566 referansı	Akaryakıt teknik onayı gerekli mi?
STANAG/ AFLP 3747		Evet	Evet	Evet
TL 9130-0012 E	F-34	Hayır	Hayır	Not applicable
DCSEA 144/D	F-44	Evet	Hayır	Evet
DCSEA 134/D	F-34	Evet	Hayır	Evet
Def Stan 91-87 Iss 6	F-34	Evet yarı-sentetik ve tam sentetik	Hayır	Evet
Def Stan 91-091 Iss 9	Jet A-1/F-35	FT-SPK, HEFA-SPK, SIP, FT-SPK/A, yarı-sentetik ve tam sentetik	Evet	Kapsama giren diğer sentetik yakıtlar için ASTM D7566
CGSB-3.24-2016	F-34/F-44	Evet	Evet	Hayır
MIL-DTL-5624W	JP-5/F-44	Sadece FT-SPK, HEFA-SPK, SIP	Evet	Hayır
MIL-DTL-83133J	JP-8/F-34	Sadece FT-SPK, HEFA-SPK	Hayır	Hayır
ASTM D1655-16c	Jet A/A-1	Evet	Evet	Hayır

3.1.1.2. Jet yakıtları ile ilgili uluslararası standartlar ve şartnameler

Sentetik bileşenlerin kullanımına ilişkin olarak, MIL-DTL-83133J şunları belirtir: “Bütün ABD Donanması ve ABD Hava Kuvvetleri uçakları, FT-SPK ve HEFA-SPK içeren yakıt kullanımı için sertifikalandırılmıştır.

ABD Ordusu Kara filosundaki tüm taktik/savaş teçhizatı/araçları, FT-SPK ve HEFA-SPK içeren yakıtı kullanmak için onaylanmıştır. “ABD Ordusu Havacılığı için platform sertifikasyon/onay süreci halen devam ediyor.” Sentezlenmiş Malzemeler. Hem tedarik faaliyetinin hem de aşağıda listelenen ilgili yakıt teknik yetkililerinin onayı ile, bitmiş yakıtın toplam hacminin yüzde 50'sine kadarı, gereksinimleri karşılayan bir Fischer-Tropsch (FT) sürecinden türetilen Sentezlenmiş Parafinik Gazyağı (SPK) içerebilir. Jet yakıtında sentetik bileşenlerin karıştırılmasına izin verilmesiyle ilgili olarak, farklı sivil ve askeri jet yakıtı şartnamelerinde bu sentetik bileşenlerin kullanımını nasıl ele aldığını incelemek önemlidir.

ASTM D7566-16b, sentezlenmiş hidrokarbonlar içeren Havacılık Türbin Yakıtı için standart özelliştir. D7566 şartnamesinin tüm gerekliliklerine göre üretilen ve piyasaya sürülen bir karışım, ASTM şartnamesi D1655'in gerekliliklerini karşılar. Tablo 3.3' te sivil havacılıkta kullanılan yakıtların askeri alandaki karşılıkları verilmiştir.

Tablo 3.4. Sivil ve Askeri Jet Yakıtları Sınıflandırmaları

Sivil Jet Yakıt Tanımı	Askeri Jet Yakıtı Tanımı
Jet A	None
Jet A + askeri katkı paketi	F-24
Jet A-1	F-35 (LIA içerebilir)
Jet A-1+ askeri katkı paketi	F-34/JP-8
Hiç biri	F-44/JP-5

3.1.1.3. Alternatif jet yakıtları için askeri yakıt onay sürecine genel bakış

Sentetik bileşenler içeren herhangi bir alternatif jet yakıtı bir NATO uçağına teslim edilmeden önce, kullanımına izin veren uygun izin belgelerinin alınmış olduğundan emin olunmalıdır. Tipik olarak, yakıtın belirli bir platformda kullanılmasına ilişkin izinler, askeri yakıt Teknik Otoritesi (TA) ve askeri platform TA (askeri tip sertifika sahibi, silah sistemi yöneticisi, uçuşa elverişlilik otoritesi, uçak mühendisliği görevlisi, vb.) tarafından ortaklaşa sağlanacaktır. Orijinal Ekipman Üreticileri (OEM) ile işbirliği.

Bununla birlikte, sentetik jet yakıtları için ASTM International onay süreci ile yeterince entegre olmayan OEM'lerin, askeri platformlarına girmeden önce ASTM D7566 onaylı yakıtların ayrıntılı testlerini aradıkları bir eğilim bazen kaydedilmiştir. Bu, çaba zaten gereksiz olduğunda bu tür platformların bireysel sertifikasyonu için önemli maliyet, zaman ve çaba ekler. ABD ordusu, askeri havacılık yakıtı kullanımı ve taşıma ekipmanında kullanım için yakıtları ve yakıt katkı maddelerini değerlendirmek, onaylamak ve sertifikalandırmak için MIL-HDBK-510A 'da belgelenen bir süreç geliştirdi. Bu süreç, bilinen bir bilgi boşluğunu doldurmak ve sistem değerlendirmesi yoluyla tüm askeri platformları temizlemek için tek bir entegre ve uygun maliyetli süreç sağlamak için geliştirilmiştir. MIL-HDBK-510A'nın ilk versiyonu 1 Ekim 2007'de yayınlandığından, ASTM D4054-09 alternatif yakıt onay sürecinin ticari bir versiyonunu sağlamak üzere tasarlanmış ve modifiye edilmiştir (Cox ve Davis, 2016).

Akaryakıt onayı ve platform sertifikasyon sürecinin ölçeği belirginleştikçe, iki ayrı süreç yerine ticari ve askeri süreçleri bir araya getirme kararı alındı, askeri süreç ticari sürecin yanında (ASTM D4054) ek süreç olarak sağlandı. Bu düzenleme, yakıtların paralel olarak askeri ve ticari kullanım için onaylanmasına izin verirken, sertifikasyon için askeriye özel bazı gereksinimlerin varlığı, bu alanlarda şartnamelerin aynı olmasını engelleyebileceği kabul edilerek yapılmalıdır. Teknik otoriteler bir ürünü alternatif yakıt olarak kullanacak şekilde sertifikalandırırken askeri ihtiyaçları ve performans özelliğinin yeterli şekilde dikkate alınmasını sağlamak durumundadır (Hari ve ark., 2015).

3.1.1.4. Alternatif jet yakıtları için sivil yakıt onay sürecine genel bakış

Bir uçaktaki belirli kullanım koşulları nedeniyle (tanklarda soğuğa maruz kalma, yüksek enerji içeriği ihtiyacı vb.), jet yakıtlarının uçuş güvenliğini garanti altına almak için sıkı kalite özelliklerini karşılaması gerekir. Bu şartnameler, uluslararası standartlar (ASTM, Def Stan) tarafından denetlenmekte ve alternatif jet yakıtlarına uyarlanması, belirli bir yeni onay süreci ve standardının tanımlanmasını gerektirmiştir.

İlk onaylı alternatif jet yakıtları, ya Fischer-Tropsch (FT) işlemiyle ya da bitkisel yağlar ve hayvansal yağların işlenmesiyle elde edildi. Parafinler (doğrusal veya izomerize alkanlar) içerirler. Bu moleküller, bir fosil jet yakıtında bulunabilecek moleküllerin yaklaşık %60'ını zaten temsil ediyor. Bu alternatif yakıtlar aromatik içermediği için ancak %50 oranına kadar fosil jet yakıtı ile karıştırılarak kullanılabilir.

Mevcut sistemlerdeki malzemelerle yakıt uyumluluğunu garanti etmek için minimum düzeyde aromatik bileşikler gereklidir. Bu yakıtların onaylanması sırasında, “düşürme” olduklarından emin olmak için geleneksel Jet A-1'e mümkün olduğunca yakın olması gerekiyordu. Ancak, yakıt özellikleri için kabul edilen limitler her zaman mutlak bir teknik gerekçeyle sahip değildir. Örneğin, aromatikler için belirlenen minimum %8'lik yüzde, tarihsel olarak gözlemlenen ve sızıntı gibi hiçbir malzeme uyumluluğu sorununun bilinmediği minimum değerden seçilmiştir (Harvey, 2016).

Jet yakıtı aralığı ve deneyimi içindeki hidrokarbonlar olmasına rağmen, saf, karıştırılmamış ürünleri geleneksel Jet A-1 veya Jet A ile daha büyük farklılıklara sahip olan yeni prosesler ortaya çıkmaktadır. molekül sayısı. Fosil aromatiklerin, yakıt özellikleri üzerindeki etkilerinin anlaşılmasını gerektirebilecek sentetik aromatiklerle ikame edilmesi de öngörülmektedir (Hari ve ark., 2015).

3.1.1.5. Jet yakıtlarının sivil uçaklarda kullanım koşulları

Bir uçakta kullanılmak için, bir jet yakıtının özellikleri, bir dizi fiziksel ve kimyasal özelliğe sınırlamalar getiren bir şartnamede belirlenir. Bu şartnamelerin en iyi bilinenleri, eski adıyla Def Stan 91-91 olan ASTM D1655 ve Def Stan 91-091 dir.

Ancak gerekli tüm özellikler şartname tarafından açıkça tanımlanmamıştır; şartname, menşei ve üretim koşulları çerçevelenmiş ve hâlihazırda onaylanmış bir ürün için az sayıda parametreyi kontrol eder. Yeni onay süreci, jet yakıtı fiziko-kimyasal özelliklerinden bileşenlere veya komple motor testlerine kadar uzanan bir dizi testi içermektedir.

Havacılıkta yeni yakıtların tanıtılması konusu esas olarak süreci tanımlamaktan oluşuyordu şimdi ASTM D4054 tarafından kodlanmıştır (DEFSTAN, 2016). Tek kaynağı artık tarihi bir petrol kaynağı olmayan ve bu nedenle özellikleri fosil kerosenlerinden önemli ölçüde farklı olan ürünlerin ortaya çıkması, resmileştirilmesini zorunlu kıldı.

Uyumsuz bir yakıtın piyasaya sürülmesinden kaynaklanan operasyonel problemler ve altyapı maliyetleri nedeniyle, yeni yakıtların “düşürme” karakterinin sağlanması, artık kullanımlarının bir koşulu olarak görülüyor. Jet A-1 veya Jet A alınır

Onay sürecinde referans olarak ve aday yakıt, uygun şekilde karıştırıldığında, mümkün olduğunca geleneksel Jet A-1 veya Jet A gibi davranarak, sergiledikleri bilinen özellik ve performans özellikleri aralığına uymalıdır.

3.1.2. Metanol

Alkollerin yakıtlara alternatif olarak kullanılmasının uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Fakat üretim proseslerinin maliyeti, yeterince yaygınlaşmasının önünde engel olmuştur. Artan petrol fiyatları alkollerin son yıllarda yaygınlaşmasına olanak tanımıştır. Metil alkolün bir çok yakıt araştırmalarında kullanılması ve ülkemizde de devamlılığının sağlanması potansiyelinden dolayı bu araştırmada etken madde olarak kullanılmıştır (Reşitoğlu ve Keskin , 2018).



Şekil 3.3. Metanol

Tablo 3.2. Metanolün Teknik Özellikleri

Özelliği	Açıklama
Kimyasal Adı	Metanol
Kimyasal Formülü	CH ₃ OH
Görünüm	Berrak Sıvı
Molar Kütle	32,04 g/mol
Erime Noktası	-97,6 °C
Cas Numarası	67-56-1
Yoğunluk	792 kg/m ³

3.1.3. Etanol

Alkollerin sahip oldukları yüksek oktan sayısı ; yüksek sıkıştırma oranlarında bile kullanılmalarını sağlamaktadır(Keskin, 2010). Etil alkol de yapısı gereği yakıt olarak kullanıldığında emisyonları düşürmekle birlikte motor performansını artırıcı özelliğe sahiptir. Bu çalışmada etil alkolün jet yakıtı üzerinde nasıl bir etkiye sahip olacağını görmek için katkı maddesi olarak belirlendi.



Şekil 3.4. Etanol

Tablo 3.3. Etanolun Teknik Özellikleri

Özelliği	Açıklama
Kimyasal Adı	Etanol
Kimyasal Formülü	C_2H_5OH
Görünüm	Renksiz Sıvı
Molar Kütle	46,07 g/mol
Erime Noktası	-114,1°C
Cas Numarası	64-17-1
Yoğunluk	789 kg/m ³

3.1.4. İzopropanol

İzopropil alkol, İPA gibi isimler ile bilinen bu alkol türü yapısı bakımından etil alkole benzemekte olup endüstride daha çok solvent (çözücü) olarak kullanılmaktadır.

Yakıtlar ile her oranda iyi çözünebilen ve güçlü bir okside etkisi oluşturduğu için çalışmada bu alkol türünü de katkı maddesi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.5. İzopropanol

Tablo 3.4. İzopropanol Teknik Özellikleri

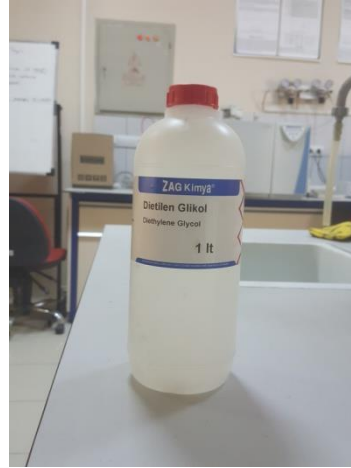
Özelliği	Açıklama
Kimyasal Adı	İzopropanol
Kimyasal Formülü	C_3H_8O
Görünüm	Renksiz Sıvı
Molar Kütle	60,1 g/mol
Kaynama Noktası	82,5°C
Cas Numarası	67-63-0
Yoğunluk	786 kg/m ³

3.1.5. Anti-icing (dietilen glikol monometil eter(di-egme))

Kimya ve boya endüstrilerinde nitro selüloz, reçineler ve solventler için çözücü olarak kullanılır. Saflaştırılmış di-EGME (>%99), kozmetik ve dermatolojik preparatlarda da çözücü olarak kullanılır. Bazı ilaç ürünlerinde di-EGME deri yoluyla perkütan emilimi artırır di-EGME Türkiye'de kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır.%5'e kadar konsantrasyonda şampuanlar (durulama) ve konsantrasyonda kremler (bırakma) %2 'ye kadar. di-EGME, tuvalet malzemeleri, cilt bakımı, saç bakımı veya güneş bakım ürünlerinde kullanılmaktadır. Ağız hijyenine yönelik ürünlerde kullanılmamalıdır. (Ether, 2013).

Renksiz bir sıvıdır. Ticari uygulamaları arasında boyalar, nitroselüloz, mürekkepler ve reçineler için bir çözücü olarak kullanılması öne çıkmaktadır. Tekstil ürünlerinin baskısında, tekstil sabunlarında, cilalarda, kozmetikte penetrasyon arttırıcıda, kurutma cilalarında, emayelerde, fren sıvılarında ve ahşap boyaların bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Madeni yağ-sabun, madeni yağ-sülfatlı yağ karışımlarında (suda ince dispersiyonlar vererek) nötr çözücü olarak ve yağların sabunlaşma değerlerinin belirlenmesinde kullanılır. di-EGME çok polar, yavaş buharlaşan, suyla karışabilen, kokusuz bir çözücüdür. Selüloz asetat, nitroselüloz, epoksi reçineler ve diğer birçok kaplama malzemesi için aktif bir çözücüdür.

Dietilen glikol monometil eter yanıcı bir sıvı olmakla beraber önerilen koşullar altında stabildir. Saklanma ve muhafazası için karbon çeliğinden, paslanmaz çelikten veya fenolik astarlı çelikten yapılmış saklama kapları tavsiye edilmektedir. Güçlü asitler, güçlü bazlar ve güçlü oksitleyicilerle temastan da kaçınılmalıdır. Dietilen glikol monometil eter, kararsız peroksitler oluşturabilme durumundan dolayı tamamıyla kuruyana kadar damıtılmamalıdır. Dietilen glikol monoemtil eter yüksek sıcaklıklarda oksitlenebilmektedir. Termal bozunma ürünleri şunları içerebilir ve bunlarla sınırlı değildir: aldehitler, ketonlar ve organik asitler. Sıcak lifli yalıtımlar üzerine di-EGME dahil olmak üzere glikol eterlerin dökülmesi, kendiliğinden tutuşma sıcaklıklarının düşmesine ve muhtemelen kendiliğinden yanmaya neden olabilir, yanıcı bir sıvıdır ve önerilen koşullar altında kararlıdır (Anonim,2020n).



Şekil 3.6. Dietilen Glikol Monometil Eter

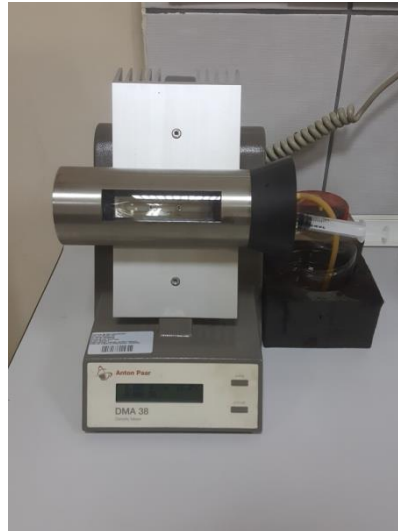
Tablo 3.5. Dietilen Glikol Monometil Eter Teknik Özellikleri

Özelliği	Açıklama
Kimyasal Adı	Dietilen Glikol Monometil Eter
Kimyasal Formülü	$C_5H_{12}O_3$
Görünüm	Renksiz Sıvı
Molar Kütle	120,148 g/mol
Kaynama Noktası	194 ⁰ C
Cas Numarası	111-77-3
Yoğunluk	1020 kg/m ³
Donma Noktası	-69 ⁰ C

3.2. Kullanılan Test Cihazları

3.2.1. Yoğunluk Test Cihazı

Anton Paar DMA 38 Yoğunluk Ölçer, sıvılar için tasarlanmıştır. Kullanımı geleneksel hidrometrelere göre daha pratik olup, 0.001 g/cm³ hassasiyetinde ölçüm imkanı sunmaktadır. Konsantrasyon tayini, yiyecek, içecek, fotoğrafçılık, ilaç, kozmetik, polimer, kimya ve petrokimya endüstrilerinde genel kalite kontrol ve hızlı ürün tanımlama amacıyla kullanılır (Anonim,2020o).



Şekil 3.7. Yoğunluk Test Cihazı

Tablo 3.9’da yoğunluk test cihazının teknik özellikleri verilmiştir (Anonim,2020ö)

Tablo 3.6. Yoğunluk Test Cihazının Teknik Özellikleri

Özellği	Açıklama
Ölçüm aralığı	Yoğunluk: 0 . 3g/cm ³ Sıcaklık+15 - +40 °C (0,1 °C aralıklarla) +59 +104 ‘F (1 °F aralıklarla)
Belirsizlik	Yoğunluk: ± 0.001 g/cm ³ Sıcaklık: ± 0.3 °C
Tekrarlanabilirlik	Yoğunluk: ± 0.0002 g/cm ³ Sıcaklık: ±0.1°C
Sıcaklık eşitleme zamanı	0.5 . 3.5 dak.
Basınç	10 Bar (150 psi)
Tipik ölçme zamanı	1 ... 8 dak
Gösterge	Gerçek yoğunluk Spesifik gravite Konsantrasyon Yoğunlukla ilgili diğer değerler
Güç kaynağı	85 ... 260 Vac. 43 .. 65 Hz.
Güç gereksinimi	20 VA
Örnek hacmi	Yaklaşık 0.7 ml
Boyutlar	280 x210x270 mm
Ağırlık	10 kg.
Arabirim	Yazıcı ve PC için iki RS232 arabirimi

3.2.2. Viskozite Ölçüm Cihazı

ASTM D445, ASTM D446, IP 71, ISO 3104, ISO 3105, GOST 33, GB/T 265 standartlarına uygun olan bu cihaz; tam otomatik olarak şeffaf ve opak sıvıların doğrudan kinematik viskozitesini belirler. Kullanımı kolay viskozimetre, 100 kat ölçüm aralığına sahip aralıklı kapiler içerir, 18 ml numune ile kesin sonuçlar verir. Otomatik numune alıcısı sürekli çalışma imkanı sunar, kullanılmış numune şişeleri otomatik olarak boşaltılır ve herhangi bir zamanda yeni numunelerin eklenmesine izin verir. 0,5 ila 600 mm²/s viskozite aralığında ölçüm yapar (Anonim,2020p). Tablo 3.10’da Viskosite ölçüm aracının teknik özellikleri verilmiştir (Anonim,2020r).



Şekil 3.8. Viskosite ölçüm cihazı

Tablo 3.7. Viskosite ölçüm cihazı özellikleri

Özellği	Açıklama
Cihazın Adı	HVM 472 Otomatik Kinematik Viskozite Tayin Cihazı
Ölçüm Aralığı	100 kat
Ölçülebilen Viskozite aralığı	0.5 - 600 mm ² /s
Banyo sıcaklık Kontrolü	20-150 °C
Standart Test Yöntemleri	ASTM D445, IP 71 Section 1, ISO 3104, EN ISO 3104

3.2.3. Donma Noktası Ölçüm Cihazı

Yüksek irtifada uzun süreli uçuş, uçak yakıt tanklarını çok düşük sıcaklıklara maruz bırakır ve hidrokarbon kristal oluşumu nedeniyle yakıt hattı ve filtre tıkanması tehdidi oluşur. Ağır hidrokarbonlar ve/veya mum içeren ürünler, yakıtın soğuk davranış özelliklerini değiştirerek önemli uçuş güvenliği riski oluşturabilir. Bu nedenle, dağıtım sistemi içindeki, yükleme noktaları da dahil olmak üzere, üretim ve uçak yakıt ikmali arasındaki tüm aşamalarda havacılık yakıtlarının donma noktasının sıkı kontrolü önemlidir.

FZP 5G2s, -100°C'ye (-148F) kadar son derece hassas donma noktası belirlemeleri sağlayarak, havacılık yakıtınızın düşük sıcaklıkta akış performansını belirlemeye yardımcı olur. Kompakt ve kullanımı kolay olan bu ürün yaklaşık 10 ml numune enjekte edilerek çalıştırılır. Ünite, test ilerlemesini otomatik olarak kontrol eder ve 15 dakikadan daha kısa sürede kesin sonuçlar verir. Kendi kendini temizleme işlemi testi hızlandırır ve basitleştirir, akıllı yazılım özellikleri ise zor ve kontamine numunelerin doğru şekilde test edilmesini sağlar(Anonim,2020s).



Şekil 3.9. Donma Noktası Ölçüm Cihazı

Tablo 3.8. Donma Noktası Ölçüm Cihazı Özellikleri

Özelliği	Açıklama
Cihazın Adı	FZP 5G2s Freezing Point Analyze
Ölçüm Sıcaklık Aralığı	-148 °C ye kadar
Test Süresi	15 dk
Numune Hacmi	10-20 ml
Veri Depolama	50 test raporu

3.2.4. Parlama Noktası Test Cihazı

HFP 339 Otomatik Kapalı Kaplı Pensky-Martens marka Parlama Noktası cihazı, yeni nesil bir cihazdır. Zamandan ve tezgah alanından tasarruf etmeyi sağlayan HFP 339, uygun test yöntemiyle parlama noktasını otomatik olarak belirler. HFP 339, yüksek parlama noktalarına sahip ürünlerin testinde de kullanılabilen bir cihazdır. Son dokuz sonuç üniteye saklanır ve otomatik olarak isteğe bağlı bir yazıcıya veya bilgisayar sistemine (LIM) çıkarılabilir.



Şekil 3.10. Parlama Noktası Test Cihazı

Parlama noktası: ASTM' ye göre şöyle tanımlanabilir; tutuşma potansiyeli olan bir yanıcı numune buharının belli koşullar altında tutuşmaya başladığı en düşük sıcaklıktır. Yanıcı sıvıların özellikle nakliye ve muhafazasında parlama noktası önemli bir parametredir. Söz konusu maddenin; parlama noktası gibi güvenliği etkileyen önemli özellikleri, malzeme güvenlik bilgi formunda açıkça belirtilir. Uçuculuk bir sıvının parlama noktasını doğrudan etkileyen bir faktördür. SEA (Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında Yönetmelik)' ya göre parlama noktası 60°C' yi aşmayan sıvılar, alevlenir sıvı olarak tanımlar. Bu sıvılar 3 kategoriye ayrılırlar.

1. Kategori: Parlama noktası 23°C' den az ve başlangıç kaynama noktası 35°C'den fazla olmayanlar
2. Kategori: Parlama noktası 23°C' den ve başlangıç kaynama noktası 35°C'den fazla olanlar
3. Kategori: Parlama noktası 23°C'den az olmayan ve başlangıç kaynama noktası 60 C° 'den fazla olmayanlar

Parlama noktası bir ürünün sevk ve depolanmasında ayrıca yönetmenliklere uygun olarak sınıflandırılmasında kullanılır. Parlama noktasının tayini ürüne bağlı olarak birkaç farklı şekilde yapılır. Bunların en sık kullanılanı “Kapalı kap parlama noktası tayini” yöntemidir. Şekil 3.12’de gösterildiği gibi bu yöntemde pirinçten yapılmış bir test kabına numune doldurulur. Kap numuneye bağlı olarak belirli oranlarda ısıtılıp sürekli olarak karıştırılır. Bir ateşleyici belirli aralıklarla numenin içine daldırılır. Fincanın içinde yayılan bir parlama görülene dek bu işlem tekrar edilir. Bu parlamanın görüldüğü sıcaklık numunenin parlama noktası olarak tayin edilir. Bu test ASTM tarafından ilk olarak 1924 yılında standartlaştırılmıştır. Kullanılan diğer parlama noktası teknikleri aşağıdaki gibidir.

Pensky Marten (ASTM D93)

Etiket Kapalı Kupası (ASTM D56)

Etiket Açık fincan (ASTM D1310)

Seta Flash / Küçük Ölçekli Test Cihazı (ASTM D3828 / 3278)



Şekil 3.11. Parlama noktası belirleme cihazı

Parlama noktası tayinin gerekliliği ile ilgili benzin ve dizel örnek verecek olursak; benzinin parlama noktası -43°C iken dizelin parlama noktası 52°C dir. Buna mukabil, Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkındaki Yönetmeliğe göre; benzin için depolanma sınırı 10 ton iken dizel için bu sınır 5000 tondur. Bu örnekten de anlaşılacağı üzere parlama noktası yaktın tehlikeli oluşu üzerinde önemli bir faktördür (Anonim,2020ş).

3.3. Test Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada dört farklı katkı maddesinin her biri belirtilen oranlarda dört farklı özelliğin tayini için ilgili cihazlarda teste tabi tutulmuştur. Kullanılan JP-8 yakıtı ve katkı maddeleri, teste tabi tutulan cihazların numune alım kapasiteleri ve yapılacak deney sayıları dikkate alınarak aşağıdaki esasa göre hazırlanmıştır.

Ör: %2 lik metanol karışımı için:

Ortalama karışım ihtiyacı= JP-8 + JP-8*0,02(metanol)

153 ml karışım= 150 ml(JP-8) + 3 ml(metanol)

Yoğunluk test cihazının test örnek hacmi yaklaşık 10 ml civarındadır. Bu durumda yoğunluk testinde 21 deney için toplam $21 \times 10 = 210$ ml yakıt karışımına ihtiyaç var.

Viskozite ölçüm cihazının numune alma hacmi 18 ml' dir. Bu durumda bu cihaz için hazırladığımız yakıt karışımı; $21 \times 18 = 378$ ml ~ 400 ml oldu.

Donma noktası ölçüm cihazının test örneği hacmi 20 ml dir. Bu cihazda yapılan deneyler için; $21 \times 20 = 420$ ml yakıt karışımı hazırlandı.

Parlama noktası test cihazının test örneği hacmi de 20 ml civarındadır. Bu cihazda yapılan testler için; $21 \times 20 = 420$ ml yakıt karışımı hazırlandı.

Bu durumda yapılan deneyler için toplamda;

$210 + 400 + 420 + 420 = 1450$ ml, deney tekrarları ve karışım zayıyatını da göz önünde bulundurarak 2500 ml(2,5 L) yakıt karışımı hazırlandı.

Bu karışımın hacimce % 25'i JP-8 – etanol , % 25'i JP-8 – metanol, % 25'i JP-8 – izopropanol, % 25'i ise JP-8 – diEGME' den oluşmaktadır.

Her bir yakıt karışımına da; %2, %5, %7 ve %10 olmak üzere farklı oranlarda katkı maddesi eklenerek hazırlandı.



Şekil 3.13. Deneylerde kullanılan yakıt karışımları

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Çalışmada Kullanılan Katkı Maddelerinin Yakıt Özelliklerine Etkileri

Bu çalışmada metanol, etanol, izopropanol ve anti-icing gibi katkı maddeleri %2, %5, %7 ve %10 oranlarında jet yakıtı (JP-8)'na katılarak elde edilen karışımların yoğunluk, viskozite, parlama noktası ve donma noktası gibi yakıt özellikleri incelenmiştir. Tablo 4.1' de JP-8 yakıtına ilave edilen katkı maddeleriyle yapılan tüm deneylerin toplu sonuçları verilmiştir. Tabloda yakıt ve katkı maddelerinin saf hallerinin sonuçlarının yanı sıra belirtilen oranlarda jet yakıtına eklenen katkı maddelerinin her birinin yakıt özelliklerine etkilerinin sonuçları da görülmektedir.

Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan JP-8 ve katkı maddelerinin yakıt özellikleri

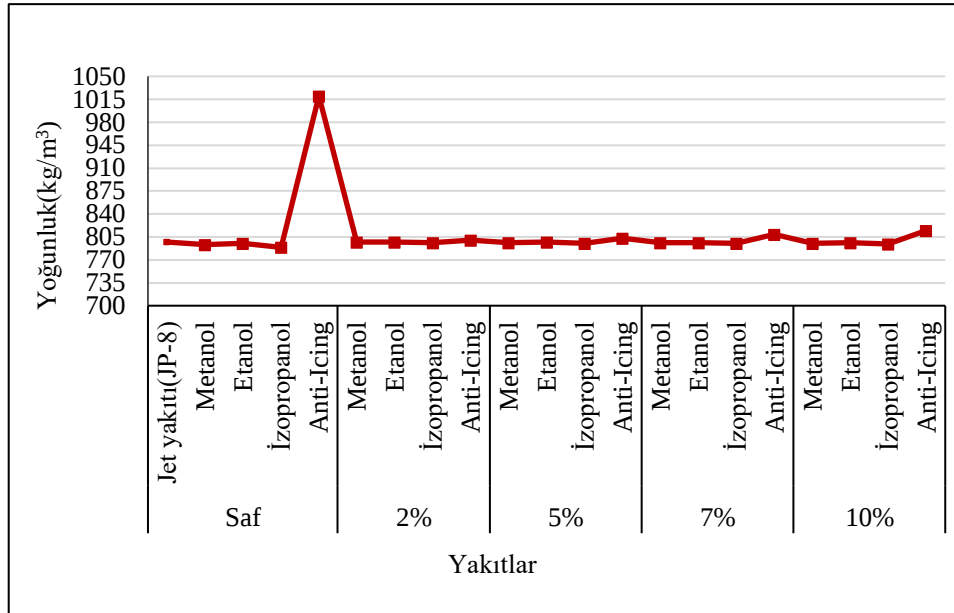
	Yakıtlar / Özellikler	Yoğunluk 15 °C (kg/m ³)	Kinematik Viskozite 40 °C(mm/s ²)	Parlama Noktası (°C)	Donma Noktası (°C)
	Jet yakıtı(JP-8)	797,0	1,198	46,0	-56,7
	Metanol	793,0	0,597	12,0	-97,8
Saf	Etanol	795,0	1,102	13,0	-114,1
	İzopropanol	789,0	1,768	11,7	-89,0
	Anti-Icing(di-EGM)	1020	3,680	96,0	-69,0
	Metanol	796,8	1,156	45,3	-56,9
2%	Etanol	796,9	1,160	45,5	-58,6
	İzopropanol	796,1	1,201	45,0	-56,2
	Anti-Icing	799,8	1,410	47,4	-56,3
	Metanol	796,5	1,144	43,9	-57,9
5%	Etanol	796,7	1,140	44,6	-59,2
	İzopropanol	795,6	1,255	44,4	-56,8
	Anti-Icing	803,4	1,530	50,1	-55,8
	Metanol	796,1	1,126	42,0	-59,8
7%	Etanol	796,5	1,138	44,0	-60,8
	İzopropanol	795,0	1,270	43,7	-57,0
	Anti-Icing	808,6	1,750	53,3	-55,1
	Metanol	795,5	1,109	40,0	-61,7
10%	Etanol	796,2	1,130	43,4	-62,1
	İzopropanol	794,4	1,298	42,9	-57,6
	Anti-Icing	814,5	1,980	55,4	-54,6

4.1.1. Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının yoğunluğu üzerindeki etkisi

Yoğunluk; benzin, dizel jet yakıtı ve diğer bütün yakıtlar için önemli bir parametredir. Ürünün tanımı ve diğer özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılır. Yoğunluğun yüksek olması; uluslararası ürün ticareti için, düşük hacimde daha fazla enerjinin taşınımı anlamına da gelir.

Yoğunluk (diğer adıyla özgül ağırlık) yakıtın birim hacmine düşen ağırlık miktarının bir göstergesidir. Yoğunluk tüm yakıtlar için temel bir parametredir. Yoğunluk arttıkça, birim hacim başına düşen enerji miktarı da artar. Yakıt içerisindeki her bir hidrokarbonun barındırdığı enerjisi farklı olduğundan jet yakıtı karışımındaki bileşenlerin türleri ve miktarları çok önemlidir. Yakıtın yoğunluğu, bileşiminin kimyasal yapısının bir tezahürü olduğundan enerji değerinin de bir göstergesi olma özelliğine sahiptir. Genel olarak yoğunluğu düşük olan yakıtlara bakıldığında gravimetrik enerji içeriklerinin, yoğunluğu yüksek olanların ise volumetrik enerji içeriklerinin fazla olduğu görülür (Beşergil, 2008). Uçaklarda yüksek volumetrik enerjili, yani yoğunluğu fazla olan yakıtlar tercih edilmektedir. Çünkü birim hacime düşen volumetrik enerji daha fazla olduğundan uçaktaki bir depo yakıtla daha uzun mesafeler kat edilmektedir.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi saf JP-8’in yoğunluğu saf metanol, etanol ve izopropanole göre daha yüksek olduğundan bahsedilen alkoller JP-8’e belirtilen oranlarda katıldığından elde edilen yakıt karışımının yoğunluklarında çok olmasa da kısmi bir azalmanın olduğu görülmektedir. Ancak çalışmada kullanılan Anti-icing katkı maddesinin yoğunluğu JP-8’e göre çok daha yüksek olduğundan JP-8’e belirtilen oranlarda katıldığında elde edilen yakıt karışımlarının yoğunluklarında göreceli bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yakıtın motora sabit oranda enjekte edildiği göz önüne alınırsa, motora sağlanan enerjinin yoğunlukla arttığı ve bu sayede motor performansının artacağı anlamına gelmektedir. Öte yandan, yoğunluk azaldıkça yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı hacimsel yakıt tüketiminin artacağı söylenebilir.



Şekil 4.1. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin yoğunluk değişimleri

4.1.2. Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının viskozitesi üzerindeki etkisi

Viskozite, sıvı veya gaz halindeki bir akışkanın akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Başka bir ifadeyle, sıvı veya gaz halindeki bir akışkanın bir kısmının yanındaki bir bölüme göre yer değiştirmesine karşı gösterdiği dirence denir. Dilimize akamazlık olarak çevrilen viskozite, bir akışkan için harekete zorlanan bölümü, bitişik bölümlerini de kendisiyle sürükleyeceğinden moleküller arasındaki çekme kuvveti olarak da düşünülebilir. Böyle bir kuvvet, akışkan içinde hız farklılıklarının oluşmasına engel olur.

Akışkanların boru hatları ile bir yerden başka bir yere iletilmesi veya yağlama malzemesi olarak kullanılabilmesi için, akışa karşı koyan kuvvetlerin belirlenmesinde en önemli etkenlerden biri de viskozitedir. Ayrıca aşağıdaki belirtilen işlemlerde sıvı akışının düzenlenmesinde viskoziteden faydalanılır:

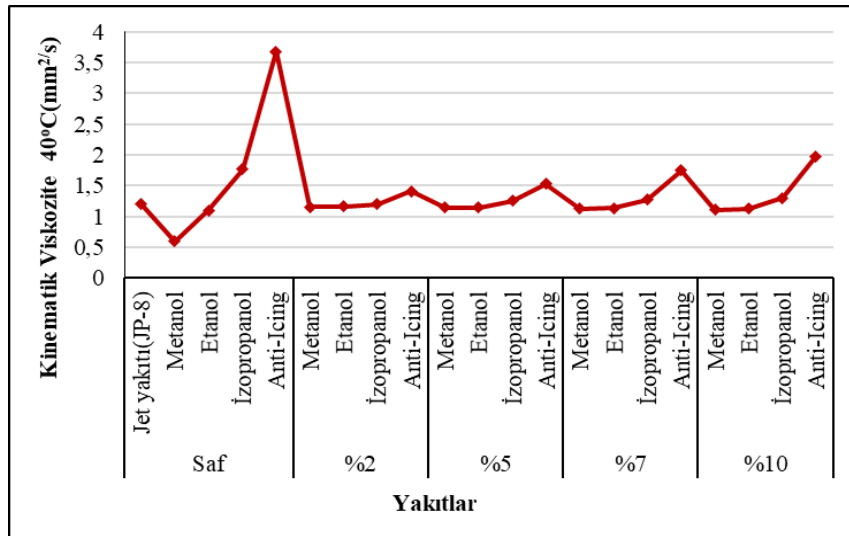
- **Püskürtme döküm**
- **Püskürtme**
- **Yüzey kaplama**

Sıcaklığın yükselmesi sonucu sıvıların viskozitesi azalırken, gazların viskozitesi ise hızla artar. Bu yüzden sıvılar ısıtılınca daha kolay gazlar ise daha zor akar. Bunun ile birlikte yakıt viskozitesi düştükçe, motorda sızıntılar sonucu yeterli yakıt beslemesi olmayacağından önemli bir güç kaybına neden olacaktır.

Yakıt viskozitesinin yüksek olması, enjeksiyon pompasının yakıt odasını doldurmak için yeteri kadar yakıt sağlayamamasına sebep olabilmektedir. Yeteri kadar yakıt sağlanamaması yine motorda güç kaybına sebep olacaktır. Jet yakıtı uçağın kanatlarında bulunan yakıt tankından uçak yakıt sistemi yoluyla motorlara kolaylıkla akabilmelidir. İrtifa arttıkça sıcaklık düştüğünden uçağın tanklarındaki yakıt soğur, aynı şekilde yerdeki tanklardaki yakıt kış mevsimlerinde donma riski ile karşı karşıya kalır. Tüm şartlar altında jet yakıtının akışkanlığını koruması, donmaması yani viskozlaşmaması gerekir. Gazyağı-tip jet yakıtlarının viskoziteleri ve donma noktaları Wide-cut tip jet yakıtlarına göre daha yüksek olduğu için soğuk iklim şartlarına daha az uygundurlar. Jet yakıtının fiziksel özelliklerinden donma noktası ve viskozite, akışkanlığının önemli birer ölçütüdür. Jet yakıtı, türbin motorunun yanma bölümüne nozullardan enjekte edilir. Sistem, yakıt damlacıklarını ince sprej halinde püskürterek havayla karışımını sağlarken hemen buharlaşmasını da tetikler. Söz konusu damlacıkların büyüklüğü ve şekillenmesi yakıtın viskozitesi ile çok ilişkilidir. Yakıtın viskozitesi olması gereken değerden yüksek ise motor kalkışta zorlanır. Bu durum yakıt sistemi hatlarında basınç düşmesine ve sabit yakıt akış hızını sürdürebilmek için yakıt pompasının fazla güçle çalışmasına sebep olur. Bu nedenlerle şartnamelerde viskozite maksimum değerlerle sınırlandırılır (Beşergil, 2008, s.119).

Çok yüksek viskozite, jet yakıtının yeterince atomize olmasını engeller. Uçaklar; motor yakıt sistemleri, yakıt hatları, valfler ve pompalar minimum boyut ve ağırlıkta olup, belirli bir viskozite aralığına sahip sıvı yakıtlarla çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Jet yakıtlarının viskozitesi büyük ölçüde sıcaklığa bağlı olduğundan, yakıtın minimum çalışma sıcaklığındaki viskozitesi bilinmelidir. Ayrıca viskozitenin yakıt atomizasyonu üzerindeki etkisi de önemlidir. Basınçlı ve hava destekli enjeksiyonların performansı büyük ölçüde yakıt viskozitesine bağlıdır. Yakıtın daha sonra buharlaşması ve yanıcı bir karışım oluşturmak için yakıtın hava ile karıştırılması, yakıt memesinin performansına büyük ölçüde bağlıdır. Motor üreticileri, güvenilir motor çalıştırma performansı için maksimum yakıt viskozitesini 12 santistok olması gerektiğini belirtir; bu, JP-5, JP-8, Jet A veya Jet A-1 gazyağı yakıtları kullanılırken motoru çalıştırmayı -20 °C ila -30 °C sıcaklıklarla sınırlayacaktır. Kinematik viskozite, önceden belirlenmiş bir sıcaklıkta sabit hacimdeki yakıtın kalibre edilmiş bir kılcal borudan akması için gereken süre ölçülerek belirlenir. Viskozite, akış süresinden ve kılcal boru çapı ve uzunluğundan hesaplanır.

1945 ve 1950'lerde standart viskozite test sıcaklığı -40°C idi, ancak son yıllarda uluslararası standardizasyon ajansları -4°C test sıcaklığına karar verdi. Standart viskozite test yöntemi ASTM D 445, Şeffaf Kinematik Viskozitesidir (Viswanath ve ark., 2007). Şekil 4.2 incelendiğinde çalışmada kullandığımız JP-8'in kinematik viskozitesi ($1,198 \text{ mm}^2/\text{s}$), katkı maddesi olarak kullanılan metanol ve etanole (sırasıyla $0,597 \text{ mm}^2/\text{s}$ ve $1,102 \text{ mm}^2/\text{s}$) göre yüksektir. Dolayısıyla JP-8'e belirtilen oranlarda bu alkoller eklendiğinde elde edilen yakıt karışımlarının viskoziteleri de göreceli olarak düştüğü görülmüştür. Bu durum uçaklar yükseğe çıktıkça yakıt viskozitesinin düşük olması nedeniyle yakıtın motora kolaylıkla akabileceği bir gerçektir. Çalışmada kullandığımız izopropanol ve Anti-icing katkı maddelerinin viskoziteleri (sırasıyla $1,768$ ve $3,680 \text{ mm}^2/\text{s}$) JP-8'e göre daha yüksek olması deneysel çalışmalarımızda belirtilen oranlarda yakıta katıldığında ölçümler sonucunda elde edilen karışımların değerleri kısmen yükseldiği görülmektedir. Bu durumun tolere edilebileceği ve bu katkı maddelerinin belirtilen oranlarda yakıta katılmasında uçuşlarda bir problem yaratmayacağı öngörülmektedir.



Şekil 4.2. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin kinematik viskozite değişimleri

4.1.3. Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının parlama noktası üzerindeki etkisi

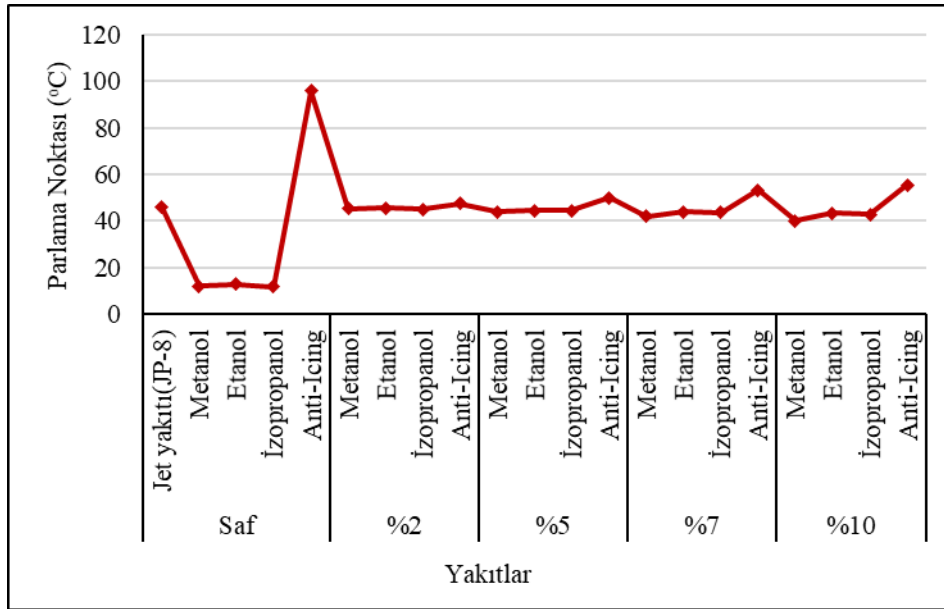
Parlama noktası, ASTM' ye göre yanıcı bir madde numunesinin belirli koşullar altında buharının tutuşmasına sebep olduğu en düşük sıcaklıktır. Parlama noktası yanıcı sıvıların tehlikesinin belirlenmesinde en önemli kıstaslardan biridir. Bir yanıcı sıvının bir saniyelik alev oluşturabilecek kadar buharının üretebileceği en düşük sıcaklık değeri de denilebilir. Parlama noktası, genellikle kendiliğinden ateşleme sıcaklığıyla karıştırılır. Alevlenme noktası, yakıt buharının tutuşma kaynağı ortamdan çıkarıldıktan sonra da yanmaya devam edeceği en düşük sıcaklıktır. Alevlenme noktası, parlama noktasına göre daha yüksektir, çünkü parlama noktasında, yanmayı devam ettirecek kadar hızlı bir şekilde buhar açığa çıkmayabilir. Parlama noktası ateşleme kaynağı sıcaklığına doğrudan bağlı değildir, bununla birlikte ateşleme kaynağı sıcaklığı, parlama noktasından daha yüksektir. Alevlenebilen yakıtlar arasında parlama noktası ayırt edici bir özelliktir. Yakıtların yangın tehlikelerini tanımlamak için de parlama noktası önemli bir parametredir. Parlama noktası 37.8 °C'den az olan yakıtlar alevlenebilir olarak tanımlanırken, bu sıcaklığın üzerindeki parlama noktasına sahip olan yakıtlara da yanıcı yakıtlar denir. Gaz türbinleri ve jet motorlarında, az maliyetli daha yüksek parlama noktasına sahip yakıtlar tercih edilmektedir. Bu tür yakıtların taşınması ve işlenmesi daha güvenlidir.

Bir sıvının parlama noktası, tutuşabilecek (pilot ateşleme) bir “buhar/hava” karışımı oluşturmak için yeterli miktarda buhar ürettiği en düşük sıcaklık olarak tanımlanır. Bu sıcaklıkta sıvının buhar basıncı, alt yanıcılık sınırına eşit bir buhar konsantrasyonu sağlar. Sıvı parlama noktasına ulaştığında ateşlemeye çalışılırsa, parlama alevi oluşacak ancak alev devam etmeyecektir. Bulut yanacak ve yangın kendi kendine sönecektir, çünkü yanma sonucu açığa çıkan enerji, kalan yakıtı aktarılır ve kalan yakıtta buhar üretmek için yeterli değildir.

Parlama noktası, belirli bir sıvı ile yangın riskinin bulunduğu en düşük sıcaklık olduğu için yangın incelemesi ve yangından korunmada önemli bir kavramdır. Soruşturma sürecinde bazı sıvıların varlığını tespit etmek ve parlama noktalarını bilmek birçok durumda çok önemlidir (Stauffer ve ark, 2007).

Düşük karbon içeriğine sahip yakıtlarda parlama noktası oldukça önemlidir. JP-8'in parlama noktası (36 °C), JP-4'ün parlama noktasına(-18 °C) göre oldukça yüksek ve güvenlidir.

Şekil 4.3’ te görüldüğü gibi metanol (12 °C), etanol (13 °C) ve izopropanol (11,7 °C)’ün parlama noktaları JP-8’e göre çok daha düşüktür. Çalışmada belirtilen değerlerde bu alkoller JP-8’ eklendiklerinde çok yüksek olmazsa da karışımların parlama noktaları kısmen düştüğü görülmektedir. Ancak bu düşüş miktarının yakıtın taşınmasında ve işlenmesinde herhangi bir problem teşkil etmeyeceği düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan anti-icing katkı maddesinin parlama noktası (96 °C), JP-8’e göre çok daha yüksek olduğundan %2, %5, %7 ve %10 oranlarında yakıtı (JP-8) katıldığında karışımların parlama noktaları sırasıyla; 47,4 °C, 50,1 °C, 53,3°C ve 55,4 °C olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu değerlere göre yakıtın minimum 38 °C olması gereken parlama noktasının, yukarı çekilerek daha güvenilir bir noktaya geldiği görülmektedir.



Şekil 4.3. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin parlama noktası değişimleri

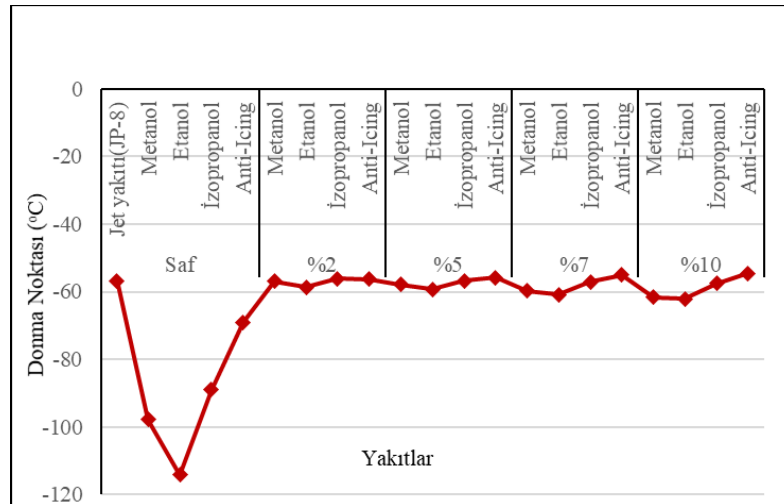
4.1.4. Katkı maddelerinin JP-8 yakıtının donma noktası üzerindeki etkisi

Jet yakıtlarında donma noktası, wax kristalleri oluşuncaya kadar soğutulan test numunesinin ısıtıldığında içerisinde bulunan son waks kristallerinin de eridiği sıcaklık olarak tanımlanır. Bu durumda donma noktası yakıtın katılma noktasından daha yüksek bir sıcaklıktır. Bir yakıt sisteminin en önemli özelliklerinden biri de tanklarda bulunan yakıtı motora pompalama performanslarıdır. Pompanın yakıtı pompalayabilme kabiliyeti yakıtın akışkanlığına ve sistemin dizaynına da bağlıdır.

Yakıtlar ile ilgili Testler yapılırken düşük sıcaklıkta pompalanabilme kriteri olarak yakıtın donma noktası baz alınır. Jet yakıtları donma noktasından 4°C-15°C daha düşük sıcaklıklarda bile pompalanabilir (Beşergil, 2008, s.87).

Donma noktası yakıtın soğuk havalarda kullanılma kabiliyetidir. Belli bir sıcaklığa kadar soğuyan yakıt molekülleri kristalleşir ve sıcaklık daha fazla düşünce donar. Kristalleşmiş yakıt, yakıt sistemini tıkayarak yakıtın akışına engel olur. Bu nedenle yakıtların donma noktası bölgenin dış hava sıcaklığından yaklaşık 10 °C daha düşük olmalıdır. Donma noktası, motor soğuk iken ve ilk hareket esnasında yakıtın tanktan motora aktarımı için oldukça önemlidir (Kabak, 2005). Donma noktası ile viskozite arasında doğrudan bir ilişki olmadığı halde donma noktası viskozite ile birlikte yükselir veya azalır. Yüksek donma noktası, yakıtın ısıtılması istisna edilirse, ilk hareket zorluklarına neden olmaktadır. Motorların donma noktası dolayındaki sıcaklıklarda çalıştırılmaları sırasında yakıt filtreleri tıkanır. Bu nedenle gerekli donma noktası makinenin en düşük işletme sıcaklığına bağlıdır (Özen, 2014).

Şekil 4.4'te de görüldüğü gibi çalışmada kullanılan alkoller ve anti-icing'in donma noktaları JP-8'e göre çok daha düşüktürler. Dolayısıyla bu katkı maddeleri belirtilen oranlarda (%2, %5, %7 ve %10) JP-8'e katıldıklarında elde edilen yeni yakıtların donma noktaları da kademeli bir şekilde düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum uçakların irtifasının artmasıyla yakıtta donma gibi bir problemin teşkil edilemeyeceği de düşünülmektedir.



Şekil 4.4. Saf haldeki ve belirtilen oranlarda kullanılan katkı maddelerinin donma noktası değişimleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

1. Dünyadaki birçok ülke gibi ülkemiz de fosil kaynaklı yakıtlar açısından oldukça düşük rezervlere sahip bir ülkedir. Bu durum enerjide dışa bağımlılığı dolayısıyla beraberinde yerli sermayenin dışa aktarılmasına sebep olmaktadır.

2. Türkiye artan nüfusu ile özellikle enerji alanında olmak üzere endüstride ve savunma sanayinde, Avrupa, Orta Asya ve Orta Doğuda önemli bir merkez haline gelmiştir.

3. Ülkemiz son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının üretilmesi ve kullanılması konusunda oldukça önemli bir noktaya ulaşmıştır. 2021 yılının son çeyreğindeki verilere göre toplam enerjinin % 55'i yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmiştir.

4. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyoyakıtların önemi oldukça yüksektir. Bu anlamda biyoetanol, biyometanol, biyodizel, biyoizopropanol, biyogaz ve hidrojen gibi yakıtların önemi her geçen gün artmaktadır.

5. Çalışmada katkı maddesi olarak kullanılan; etanol, metanol ve izopropanol tek başlarına yakıt olarak kullanılabildiği gibi, bazı yakıtlara birtakım özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla eklenerek te kullanılabilir.

6. çalışmada kullanılan alkollerin (etanol, metanol, izopropanol) yoğunlukları JP-8 yakıtına göre daha düşüktür. Bu alkollerden %2, %5, %7 ve %10 oranında JP-8 yakıtına ilave edilince oluşan karışımların yoğunlukları JP-8 yakıtının yoğunluğuna göre bir miktar düşmüştür. Bu alkollerin ilave edilmesi ile yakıtın yoğunluğunda meydana gelen düşüş beraberinde enerji değerlerinde de düşüşü getirecektir. Ancak meydana gelecek olan bu küçük miktardaki enerji düşüşünün tolere edilebilir seviyede olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yukarıda söz edilen alkollerin dışında yakıtı ilave edilen anti-icing maddesinin yoğunluğu JP-8 yakıtına kıyasla çok daha yüksek olup ilave oranın artması ile karışımın yoğunluğunu yukarı doğru çekmektedir. Bu durumda yakıt karışımının enerji değerinin yükseleceği öngörülmektedir.

7. Özellikle hava araçlarında kullanılan yakıtların viskoziteleri çok önem arz etmektedir. Çalışmada kullanılan metanolün viskozitesi (0,597 mm²/s) JP-8 yakıtının viskozitesine göre düşük olduğundan yakıtı karıştırılan metanolün oranı arttıkça

karışımın viskozitesinin azaldığı da tespit edilmiştir. Bu sayede yakıtın depodan motora daha rahat akması mümkün olacaktır. Etanolün viskozite değeri 1,10 mm²/s olup ana yakıtımız olan JP-8 yakıtına çok yakın olduğundan %2, %5, %7 ve %10 oranlarında karıştırıldığında karışımın viskozite değerinde çok önemli bir değişikliğin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak izopropanol ve anti-icing katkı maddelerinin viskozite değerleri (1,768 mm²/s ve 3,680 mm²/s) JP-8 yakıtına göre çok yüksek olduğundan çalışmada belirtilen oranlarda ana yakıtı eklendiğinde oluşan yeni karışım yakıtlarının viskozitelerinde belirgin bir artışın olduğu görülmüştür. Ancak bu artışların uçuş sırasında viskozite kaynaklı bir problem teşkil etmeyecek düzeyde olduğu düşünülmektedir.

8. jet yakıtlarının önemli özelliklerinden biri de parlama noktasıdır. Çalışmada kullanılan alkollerin parlama noktası değerleri (12 °C, 13 °C, 11 °C, 7 °C) jp-8 (46 °C) yakıtına göre çok daha düşük olduklarından belirtilen miktarlarda ana yakıtı eklendiklerinde elde edilen yakıt karışımlarının parlama noktası değerleri göreceli düşmüştür. Ancak bu düşüş miktarları yakıtın taşınmasında ve işlenmesinde bir risk taşımayacağı düşünülmektedir. Katkı maddesi olarak kullanılan anti-icingin parlama noktası (96 °C) değeri jp-8 e göre oldukça yüksektir. Çalışmada belirtilen oranlarda ana yakıtı eklendiğinde oluşan yakıt karışımlarının parlama noktası değerlerinin de kademeli olarak arttığı görülmektedir. Parlama noktası değerlerinin artması ile yakıt karışımlarının taşınması ve kullanılması daha da güvenilir hale gelmiştir.

9. Jet yakıtlarında aranan en önemli özelliklerin başında yakıtın donma noktası gelmektedir. Çalışmada kullanılan jp-8 in donma noktası -56,7 °C olup kullanılan katkı maddelerinin tamamından yüksektir. Bu durumda yakıtı %2, %5, %7 ve %10 oranlarında ilave edilen katkı maddeleriyle yakıt karışımlarının donma noktası değerlerinin kademeli bir şekilde düştüğü gözlemlenmiştir. Çok yüksek irtifalarda seyir eden uçaklar düşük sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Bu çok düşük sıcaklıklar yakıtlar için donma riskini beraberinde getirmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi çeşitli oranlarda jet yakıtına ilave edilen katkı maddeleri ile kayda değer şekilde düşürülen donma noktası sayesinde bu risklerin azaltılacağı düşünülmektedir.

5.2. Öneriler

Yapılan bu çalışmada jet yakıtına belirli oranlarda ilave edilen alkol ve katkı maddelerinin etkileri araştırılmıştır. Yukarıda belirtilen sonuçlardan yola çıkarak aşağıdaki öneriler sıralanabilir.

1. İlave edilen alkol ve katkı maddelerinin etkisi ile yoğunluk değişiminin yakıt enerjisi üzerindeki etkisi test cihazları ile ölçülerek ortaya konulabilir.
2. Jet yakıtına eklenen katkı maddelerinin etkisi ile değişen viskozitenin, yakıt aktarımı noktasında yakıt pompası yükünü azaltıp azaltmayacağı araştırılabilir.
3. Çalışmada kullanılan alkol ve anti- ıcing katkılarının her biri jet yakıtına ayrı ayrı ilave edilerek etkileri incelenmiştir. Bu katkı maddelerinin iki veya daha fazlası birlikte jet yakıtına katılarak iyileştirici etkileri birlikte değerlendirilebilir.
4. Anti- ıcing katkısı olarak kullanılan di-egme nin jet yakıtının donma noktası, parlama noktası ve yoğunluk üzerinde olumlu etki ettiği fakat viskozite üzerinde nispeten daha olumsuz etkide bulunduğu gözlemlendi. Anti- ıcing olarak di-egme yerine viskoziteyi de iyileştirici etkisi olan farklı bir alkol kullanılarak deneyler tekrar edilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Aksoy, F., & Bayrakçeken, H. (2010). Dizel Yakıtına% 5 ve% 10 İzopropil Alkol (IPA) İlavesinin Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi. *Electronic Journal of Vehicle Technologies/Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(3).
- Akyaz, S. (2007). Benzin–tersiyer bütıl alkol ve benzin naftalin karışımlarının buji ateşlemeli motorun performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ali, K. O. Ç., YAĞLI, H., Yıldız, K. O. Ç., & Uğurlu, İ. (2018). dünyada ve türkiye’de enerji görünümünün genel değeriendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(692), 86-114.
- Anonim,2020a <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> 07.07.2020/14.53
- Anonim,2020b <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/dunyada-petrol-uretimi/> 08.07.2020/00.26
- Anonim,2020c https://tr.wikipedia.org/wiki/Sentez_gaz%C4%B1
- Anonim,2020d https://tr.wikipedia.org/wiki/Sentez_gaz%C4%B1
- Anonim,2020e <https://www.bloomberght.com/benzine-etanol-karistirma-zorunlulugu-kolonya-ve-dezenfektan-uretimi-icin-askiya-alindi-2249321>
- Anonim,2020f <http://www.istemiparman.com.tr/metanol-ticareti-kosullari-sanayi-verileri-ve-metanolun-insan-sagligi-acisindan-degerlendirilmesi> /08.07.2020/21.20
- Anonim,2020g <https://www.haberturk.com/jet-yakiti-yerine-motorin-uretiyorlar-2636256-ekonomi> 09.06.2020/ 15.36
- Anonim,2020h <http://boardinginfo.com/ucaklar-havanin-soguk-olmasini-ister/> 07.07.2020 /00.43
- Anonim,2020ı <https://www.enerjiportali.com/biyoyakitlar-havacilikta-karbon-notr-olmak-icin-kullanilacak/> 24.06.2020/08.05
- Anonim,2020i <https://atamankimya.com/sayfalar.asp?LanguageID=3&id=12&id2=8405>
- Anonim,2020j <http://ankaenstitusu.com/turkiyenin-enerji-kaynaklari-biyokutle/>
- Anonim,2020k <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyoetanol.aspx> 22.07.2020/12.52
- Anonim,2020l <http://www.ucakteknisyeni.com/havacilik/temel-havacilik/226-ucak-yakiti-kerosen.html> 09.07.2020/12.24

- Anonim,2020m <https://www.sorhocam.com/etiket.asp?sid=6790&izopropil-alkol-nerede-kullanilir/> 09.07.2020/08.28
- Anonim,2020n-15 https://assets.publishing.service.gov.uk/government/750134/701_Sentinel_.pdf
- Anonim,2020o <https://profcontrol.de/Anton-Paar-DMA-38-Density-Meter-Dichtemessgeraet-0-3-g-cm3-iDP-460-Dot-Printer>
- Anonim,2020ö <https://www.labomar.net/antonpaardma38.htm>
- Anonim,2020p https://www.paclp.com/lab_instruments/brand/herzog/product/23/hvm-472-multirange-viscometer
- Anonim,2020r <https://www.paclp.com/tenants/pac/documents/hvm472-brochure.pdf>
- Anonim,2020s <https://www.armgate.lv/en/products/laboratory-equipment/petroleum-testing-equipment/fzp-5g2s-01284.html>
- Anonim,2020ş <https://haliccevre.com/parlama-noktasi-flash-point/>
- ASTM D7566-09, Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009
- Atabani, A. E., Badruddin, I. A., Badarudin, A., Khayoon, M. S., & Triwahyono, S. (2014). Recent scenario and technologies to utilize non-edible oils for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 840-851.
- Bellare, M., Canetti, R., & Krawczyk, H. (1996, August). Keying hash functions for message authentication. In *Annual international cryptology conference* (pp. 1-15). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Beşergil, B.(2008). A guide to citation.[https://drive.google.com/file/d/1qe-owdJMPPXp27ye5gxp98_XHo0Oav9e/view]
- Buresova, I., Hrivna, L., 2011. Effect of wheat gluten proteins on bioethanol yield from grain. *Applied Energy*, 88: 1205-1210.
- Candan, F. (2012). Dizel metanol ve katkı maddelerinin dizel motor performansı ve emisyonu etkisinin araştırılması (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances*, 25(3), 294-306.
- Coelho, S. T. Goldemberg, J. (2004) Alternative Transportation Fuels: Contemporary Case Studies. In: Cutler J. Cleveland (Ed.), *Encyclopedia of Energy*. Elsevier Inc., New York, Article Number: NRGY No: 00177.

- Colket, M., Heyne, J., Rumizen, M., Gupta, M., Edwards, T., Roquemore, W. M., ... & Sankaran, V. (2017). Overview of the national jet fuels combustion program. *AiAA Journal*, 55(4), 1087-1104.
- Cox, D., & Davis, T. (2016). Certification Report: Army Aviation Alternative Fuels Certification Program. Commander, US Army Research, Development, and Engineering Command Redstone Arsenal United States.
- Çelik M. B. Çolak, A. (2008). Buji ateşlemeli bir motorda alternatif yakıt olarak saf etanol'un kullanılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, 23(3): 622–625.
- Çoban, K., Şöhret, Y., Çolpan, C. Ö., & Karakoç, T. H. Küçük Bir Turbojet Motorun Farklı Yakıt Kullanımlarında Ekserjetik Ve Eksergoekonomik Performansının Karşılaştırılması.
- Dandona, L., Dandona, R., Kumar, G. A., Shukla, D. K., Paul, V. K., Balakrishnan, K., ... & Thakur, J. S. (2017). Nations within a nation: variations in epidemiological transition across the states of India, 1990–2016 in the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*, 390(10111), 2437-2460.
- DEFSTAN 91-091, Turbine Fuel, Aviation Kerosine Type, Jet A-1, NATO Code: F-35, JSD: AVTUR, (Latest version, Revision I9, published 3 October2016).
- Demirbas, A. (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy conversion and management*, 49(8), 2106-2116.
- Drown, D. C., Harper, K., & Frame, E. (2001). Screening vegetable oil alcohol esters as fuel lubricity enhancers. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(6), 579-584.
- Ehyaei, M. A., Anjiridezfuli, A., & Rosen, M. A. (2013). Exergetic analysis of an aircraft turbojet engine with an afterburner. *Thermal science*, 17(4), 1181-1194.
- Ejder, S. B. (2007) "Etanol - dizel, biyodizel - dizel yakıt karışımlarının kullanımının motor performansına etkilerinin deneysel araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Güntner, J. ve Öhlinger, P. (2021). Petrol Fiyatı Şokları ve Havayolu Yatırımlarının Riskten Korunma Faydası (No. 2021-14).
- Güllü, M., & BAYRAÇ, H. N. B. (2017). Biyoyakıt Üretimi, Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Amerika, Brezilya ve Almanya Örnekleri. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (64), 18-34.
- Hari, T. K., Yaakob, Z., & Binitha, N. N. (2015). Aviation biofuel from renewable resources: Routes, opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1234-1244.

- Harvey C., United Airlines is Flying on Biofuels. Here's Why That's a Really Big Deal, The Washington Post, 11 March 2016.
- Hatunoğlu, E. E. (2010). Biyoyakıt politikalarının tarım sektörüne etkileri. DPT.
- Hemsworth, G. R., Taylor, E. J., Kim, R. Q., Gregory, R. C., Lewis, S. J., Turkenburg, J. P., ... & Walton, P. H. (2013). The copper active site of CBM33 polysaccharide oxygenases. *Journal of the American Chemical Society*, 135(16), 6069-6077.
- Jaffe, A. M., Medlock III, K. B., & Soligo, R. (2011). The status of world oil reserves: conventional and unconventional resources in the future supply mix.
- Kabak, N. (2005). Dizel motorlarda JP-8 yakıtı uygulamaları (Master's thesis, ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kaplan, M. Aydın, S. Fidan, S. (2009) Geleceğin Alternatif Enerji Kaynağı Biyoetanolün
- Keskin, A. (2010). The influence of ethanol–gasoline blends on spark ignition engine vibration characteristics and noise emissions. *Energy sources, part a: recovery, utilization, and environmental effects*, 32(20), 1851-1860.
- Liu, Y., Li, G., Chen, Z., Shen, Y., Zhang, H., Wang, S., ... & Gao, J. (2020). Comprehensive analysis of environmental impacts and energy consumption of biomass-to-methanol and coal-to-methanol via life cycle assessment. *Energy*, 204, 117961.
- Luque, R., Herrero-Davila, L., Campelo, J. M., Clark, J. H., Hidalgo, J. M., Luna, D., ... & Romero, A. A. (2008). Biofuels: a technological perspective. *Energy & Environmental Science*, 1(5), 542-564.
- Makbule Gülşah Kökdemir, (2019) Atık Kızartma Yağlarından Farklı Yöntemlerle Biyodizel Elde Edilmesi Ve Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi
- Melikoğlu, M., & Albostan, A. (2011). Türkiye'de Biyoetanol Üretimi Ve Potansiyeli. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 26(1).
- Meral, R., & KAMBEROĞLU, G. S. (2012). Tahıllardan etanol üretimi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(3), 61-68.
- Mudge ve Pereira, 1999; Speidel ve diğerleri, 2000; Zhang ve diğerleri, 2003
- NATO, (1999). Turbine Fuels, Aviation, Kerosene Types, Nato F-34 (Jp-8), Nato F-35, And Jp-8+100
- Müdürlüğü, S. H. G. (2019). Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu 2018. TC Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ankara.
- Müdürlüğü, T. A. G. Çukurova yöresinde bazı tarımsal atık (biyokütle) potansiyelinin belirlenerek geleneksel enerji kaynaklarıyla karşılaştırılması.

- Oğuzcan, Z. (2007). Alternatif yakıtlar. Akdeniz İhracatçı Birlikleri, 46(10).
- Owen, NA, Inderwildi, OR ve King, DA (2010). Konvansiyonel dünya petrol rezervlerinin durumu - Aldatma mı yoksa endişe nedeni mi?. Enerji politikası , 38 (8), 4743-4749.
- Önemi ve Sorgum Bitkisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 24-33.
- Özel, P. (2003). Petrol sanayiinde dikey bütünleşme ve Türkiye'de uygulanabilirliği. DPT.
- Özen, F. (2014). Kömür ve atık pamuk yağının birlikte pirolizi ile elde edilen sıvı yakıtın dizel motorlarda kullanılabilirliği (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Reşitoğlu, İ. A., & Keskin, A. (2018). Propanol-Metanol Kullanılan Benzinli Motora Ait Egzoz Emisyon Karakteristikleri. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2), 505-509.
- Sabancı, A., Mehmet, A. T. A. L., & Yaşar, A. (2006). Türkiye'de Biyodizel Kullanım Olanakları. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2(1), 33-39.
- Salih, Özer. (2014). Alkollerin içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılması. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 19(1), 97-114.
- Salman, M. S., & Sümer, M. (1999). Effect of using ethanol and ethanol-gasoline mixture on engine performance in spark ignition engines. Journal of Polytechnic, 2(2), 27-35.
- Sidibé, S. S., Blin, J., Vaitilingom, G., & Azoumah, Y. (2010). Use of crude filtered vegetable oil as a fuel in diesel engines state of the art: Literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 2748-2759.
- Stauffer, E., Dolan, J. A., & Newman, R. (2007). Fire debris analysis. Academic Press., CHAPTER 4
- Üçgül, İ., & Akgül, G. (2010). Biyokütle teknolojisi. SDÜ Yekarum e-Dergi, 1(1).
- Ünlü, D. (2019) Fosil Yakıtlara Çevre Dostu Yenilenebilir Bir Alternatif: “Biyoyakıtlar”, Intern A Tı Onal Co N Gress Of Energ Y Econom Y An D Secu Rity: 30-39.
- Viswanath, DS, Ghosh, TK, Prasad, DH, Dutt, NV ve Rani, KY (2007). *Sıvıların viskozitesi: teori, tahmin, deney ve veri* . Springer Bilim ve İş Medyası.
- Yalçın Erik, N. A. Z. A. N., & Koşaroğlu, Ş. M. (2016). Tarihsel Süreç Boyunca Değişen Petrol Fiyatları; Şeyl Gazı Etkisi Ve Bazı Öngörüler. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 17(2), 119-143.

- Yamık, H., Calam, A., Solmaz, H., & İingür, Y. (2013). Havacılık Yakıtı Jp-8 Ve Dizel Karışımlarının Tek Silindirli Bir Dizel Motorunda Performans Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 28(4).
- Yaşar, F. (2016). Yosun yağından biyodizel üretimi ve bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılması.
- Yeşilyurt, M. K., Arslan, M., & Eryılmaz, T. (2018). Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarına Etanol Katılmasının Performans, Yanma Ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Deneysel İncelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniğı Dergisi*, 38(2), 129-150.
- Yılanlı, M. (2019). Uçak yakıt sisteminin termal balans etkilerinin performans üzerine etkileri (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- Yılmaz, N., & Atmanlı, A.(2016) Havacılıkta Alternatif Yakıt Kullanılmasının İncelenmesi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 3-10.
- Zabarnick, S., Adams, R., West, Z., DeWitt, M. J., Shafer, L., Striebich, R., ... & Phelps, D. K. (2010). Compatibility of DiEGME and TriEGME Fuel System Icing Inhibitor additives with BMS 10-39 aircraft tank topcoat material. *Energy & Fuels*, 24(4), 2614-2627.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Murat AVCI
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: Yüzüncü Yıl Üniveraitesi, Merkez, Van (İlköğretim Matematik Öğr.)	2009
	Batman Üniversitesi, Merkez, Batman (Enerji Sistemleri Mühendisliği)	2014
	Batman Üniversitesi, Merkez, Batman (Makine Mühendisliği)	2018
Yüksek Lisans :		
Doktora :		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009-Halen	MEB	Öğretmen

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

YAYINLAR

YILMAZ, A., & Murat, A. V. C. I. (2019). Increasing Efficiency by Integrating Thermoelectric Materials into Fuel Cell. *Engineering Sciences*, 14(3), 104-111.