



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

ELEKTRİKLİ BİR DİZEL MOTORLU
JENERATÖRDE FARKLI ELEKTİRİKSEL YÜK
VE YAKITLARDAKİ PERFORMANS ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim Halil AKBOĞA

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Musa YILMAZ

Eylül-2022
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İbrahim Halil AKBOĞA tarafından hazırlanan “ELEKTRİKLİ BİR DİZEL MOTORLU JENERATÖRDE FARKLI ELEKTİRİKSEL YÜK VE YAKITLARDAKİ PERFORMANS ANALİZİ” adlı tez çalışması 30/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yenilebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin Asker

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Musa Yılmaz

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Davut Sevim

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA
Enstitü Müdürü

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.

İbrahim Halil AKBOĞA

Tarih:30.09.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ BİR DİZEL MOTORLU JENERATÖRDE FARKLI ELEKTİRİKSEL YÜK VE YAKITLARDAKİ PERFORMANS ANALİZİ

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Musa YILMAZ

2022, 63 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Musa YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Davut SEVİM

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin ASKER

Yapılan bu çalışmada üç ayrı elektriksel yükle yüklenen bir jeneratörde dizel yakıt, biyodizel ve biyoetanol ve benzeri alternatif yakıtların dizel motorlu jeneratörde performans, özgül yakıt tüketimi, efektif verim ve egzoz emisyonu test edilmiştir. Petrol türevi dizel yakıt, biyodizel ve biyoetanol %30 ve %10 oranında hacimsel olarak katılarak hemen hemen aynı oksijen içeriği olan alternatif dizel yakıtlar elde edilmiştir. Elde edilen bu alternatif yakıtlar ve petrol türevi olan dizel yakıtı çoklu karar verme yöntemlerinde bütün şartlar eşit tutularak oda sıcaklığında bir gün bekletilerek test edilmiştir. Ayrıca bu yakıtlar 4- silindirli ve 4- zamanlı doğal emişli bir jeneratör setinde test edilmiştir. Yapılan deneyde elde edilen sonuca göre alternatif yakıt tüketiminde biyodizel yakıtı özgül yakıt tüketimi yaklaşık olarak %10.5 oranında bir artış gözlenmiştir. Efektif verimde ise önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Alkol karışımı alternatif yakıtlar özgül yakıt tüketimi dizel yakıtı göre %9-%11 daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Efektif verim ise %6 oranında artmıştır. HC emisyonu 3.6 kW en fazla E10 iken 10.2 kW ise dizel yakıt çıkmıştır. NO_x emisyonu ise fazla fark olmamasına karşın 3.6 kW dizel yakıt iken 10.2 kW B30 çıkmıştır. Alternatif yakıtlarda maksimum silindir gaz basıncı dizel yakıtla kıyaslandığında daha yüksek çıkmıştır. Alkol karışımı alternatif yakıtların yanma olayı dizel yakıtla kıyaslandığında daha geç başladığı gözlemlenirken biyodizel karışımı yakıtlar daha erken başladığı tespit edilmiştir.

Alternatif yakıtların uygulanabilirliğinin araştırıldığı motor testlerinde motor sonuçları performans, yanma ve egzoz emisyonları bir bütün olarak düşünülmelidir. Çok değişkenli deneylerde elde edilen çok sayıda sonuç nedeniyle optimal parametreleri belirlemek zordur. Enerji yönetimi ve enerji verimliliği gibi sorunların çözümünde çok kriterli karar verme (ÇKKV) tercih edilmektedir. Bu tezde sıkıştırma ateşlemesi için optimum yakıtı seçmek için yeni bir hibrit ÇKKV yöntemin bir uygulamasını ele almaktadır. Yapılan motor testinde 3.6 kW, 7 kW ve 10.2 kW yükte test edildi. Sonuçlar ÇKKV sürecinde kullanıldı. Bu çalışmada SWARA ve ARAS hibrit modeli tercih edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoetanol, Biyodizel, Elektrikli Dizel Jeneratör, SWARA Yöntemi

ABSTRACT

MS THESIS

ANALYSIS OF PERFORMANCE ON DIFFERENT ELECTRICAL LOADS AND FUELS IN AN ELECTRIC DIESEL ENGINE GENERATOR

İbrahim Halil AKBOĞA

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF BATMAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

Advisor: Asst. Prof. Dr. Musa YILMAZ

2022, 63 Pages

Jury

Asst.Prof.Dr. Musa YILMAZ

Asst.Prof.Dr. Davut Sevim

Asst.Prof.Dr. Mehmet Emin ASKER

In this study, the performance, specific fuel consumption, effective efficiency and exhaust emission of diesel fuel, biodiesel and bioethanol and similar alternative fuels in a diesel engine generator were tested in a generator loaded with three separate electrical loads. Alternative diesel fuels with almost the same oxygen content were obtained by adding biodiesel and bioethanol to the petroleum-derived diesel fuel at the rate of 30% and 10% by volume. These alternative fuels and diesel fuel, which is a petroleum derivative, were tested by keeping all conditions equal in multiple decision-making methods and waiting for one day at room temperature. In addition, these fuels were tested on a 4-cylinder and 4-stroke naturally aspirated generator set. According to the results obtained in the experiment, an increase of approximately 10.5% in the specific fuel consumption of biodiesel fuel was observed in alternative fuel consumption. No significant change was observed in the effective yield. It has been determined that the specific fuel consumption of alcohol blended alternative fuels is 9%-11% lower than diesel fuel. Effective efficiency increased by 6%. While HC emission was 3.6 kW at most, E10 was 10.2 kW diesel fuel. NO_x emission, on the other hand, was 3.6 kW diesel fuel, although there was not much difference, it was 10.2 kW B30. In alternative fuels, the maximum cylinder gas pressure was higher when compared to diesel fuel. It has been observed that the combustion of alcohol blended alternative fuels starts later when compared to diesel fuel, while biodiesel blended fuels start earlier.

Engine results, performance, combustion and exhaust emissions should be considered as a whole in engine tests where the applicability of alternative fuels is investigated. It is difficult to determine the optimal parameters due to the large number of results obtained in multivariate experiments. Multi-criteria decision making (MCDM) is preferred in solving problems such as energy management and energy efficiency. This thesis considers an application of a new hybrid MCDM method to select the optimum fuel for compression ignition. In the engine test, it was tested at 3.6 kW, 7 kW and 10.2 kW loads. The results were used in the MCDM process. In this study, SWARA and ARAS hybrid model was preferred.

Key Words: Bioethanol, Biodiesel, Electric Diesel Generator, SWARA Method

ÖNSÖZ

Bu Tez çalışmasında Elektrikli Bir Dizel Motorlu Jeneratörde Farklı Elektriksel Yük ve Yakıtlardaki Performans bir inceleme ve deney yapılmıştır.

Yüksek Lisans eğitimimin ve tez yazımının her safhasında yardımlarını eksik etmeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Musa YILMAZ'a, ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Heybet KILIÇ hocama katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İbrahim Halil AKBOĞA
BATMAN-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ.....	5
1.1. Enerji.....	5
1.2. Dizel Yakıtlar (Motorin)	5
1.3. Biodizel.....	6
1.4. Biyoetanol.....	7
1.5. Dizel Motorda Yanma Oluşma	7
1.6. Dünyada Benzin ve Yakıt Fiyatları	8
1.7. Türkiyede Enerji Durumu	10
1.8. Yakıtların Sınıflandırması.....	10
1.9. Fosil Tabanlı Kaynaklar.....	11
1.10. Yenilenebilir Kaynaklar	11
1.11. Hidrolik Tabanlı Kaynaklar.....	11
1.11.1. Jeotermal Enerji	12
1.11.2. Hidrolik Enerji	12
1.11.3. Akıntı-Dalga Hareketi	12
1.12. Güneş Tabanlı Kaynaklar	12
1.13. Rüzgâr Tabanlı Kaynaklar.....	13
1.14. Nükleer Tabanlı Kaynaklar.....	13
1.15. Biyokütle Tabanlı Kaynaklar.....	13
1.16. Biyokütle.....	14
2. DİZEL JENERATÖR	16
2.1. Jeneratör.....	16
2.2. Yakıt Tüketimi	16
2.3. Doğal Gazlı Jeneratör.....	16
2.4. LPG'Lİ Jeneratör	17
2.5. Dizel Jeneratör	17
2.6. DC Generatör	18
2.7. AC Generatör.....	19
2.8. Kullanım Amacı.....	19
2.9. Dizel Jeneratörde Kontrol Cihazı.....	19
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ VE ÇEŞİTLERİ.....	21

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Çeşitleri	22
3.2. Karar Verme KavramıÇ ve Karar Tipleri	22
3.3. Çok Kriterli Karar Verme Süreci	24
3.4. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri	26
3.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	27
3.5.1. Electre (Elimination and Choice Translating Reality) Yöntemi	27
3.5.2. Topsis (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemi	28
3.5.3. Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) Yöntemi	29
3.5.4. Vikor (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) Yöntemi	29
3.5.5. Moora (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) Yöntemi	30
3.5.6. Copras (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) Yöntemi	30
3.5.7. Macbeth (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) Yöntemi	31
3.5.8. Critic (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) Yöntem.....	31
3.5.9. Entropi Yöntemi	31
3.5.10. Aras (Additive Ratio Assesmnet) yöntemi	32
3.5.11. Swara (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) Yöntemi.....	35
4. KAYNAK ARAŞTIRMASI	38
5. MATERYAL YÖNTEM	42
5.1. Yakıtlar ve Özellikleri	42
5.2. Motor Performans Parametreleri	42
5.3. Dizel Motor Deney Seti	43
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	47
6.1. Motor Performansı	47
6.1.1. Özgül Yakıt Tüketimi	47
6.1.2. Efektif Verim	48
6.1.3. Yanma Karakteristikleri.....	50
6.1.4. HC Emisyonların İncelenmesi	52
6.1.5. Azot Oksit (NO _x) Emisyonları.....	53
6.1.6. Hesaplamalar	54
7. SONUÇ	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	64

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devleti
ARAS	: Additive Ratio Assessment
AÖN	: Alt Ölü Nokta
COPRAS	: Complex Proportional Assessment
CRITIC	: Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
HC	: Hidrokarbon
HCl	: Hidroklorik Asit
KAOH	: Potasyum Hidroksit
ELECTRE	: Elimination and Choice Translating Reality
MACBET	: Measuring Attractiveness by a Categorical Based
MADM	: Multi-Attribute Decision Making
MODM	: Multi-Objective Decision Making
MOORA	: Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis
NO	: Azot Oksit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
ÖYT	: Özgül Yakıt Tüketimi
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Evaluation Technique
SAW	: Simple Additive Weighting
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

SİMGELER

be	: Özgül yakıt tüketimi
B	: Yakıt tüketimi (gr/sn)
Pe	: Efektif verim (gr/sn)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Dizel motorlarında yanma safhaları.....	8
Şekil 1.2. Fosil kaynakların tahmini kalan ömürleri.....	9
Şekil 1.3. Ülke Ekonomilerin Enerji Yoğunluğu... ..	9
Şekil 1.4. Enerji Kaynakları.....	10
Şekil 1.5. Biyokütle Madde Kaynaklar.....	14
Şekil 2.1. Kontrol Cihazı Şekli.....	19
Şekil 3.1. Veri Toplama Süreci.....	25
Şekil 3.2. ÇKKV Problem Çeşitleri.....	26
Şekil 3.3. Aras Yönteminin Analiz Aşamaları.....	32
Şekil 5.1. Elektrikli Dizel Jeneratör.....	44
Şekil 5.2. Biodizel, Dizel ve Etanol Yakıtları.....	45
Şekil 5.3. Yakıt Ölçüm Cihazı.....	46
Şekil 5.4. Emisyon Ölçüm Cihazı.....	46
Şekil 6.1. Özgül Yakıt Tüketimi.....	48
Şekil 6.2. Efektif Verim.....	49
Şekil 6.3. Maksimum Silindir Gaz Basıncı.....	50
Şekil 6.4. 3.6 kW Silindir Gaz Basıncın Test Yakıtlarındaki Krank Mil Açısının Değişimi.....	51
Şekil 6.5. 7.2 kW Silindir Gaz Basıncın Test Yakıtlarındaki Krank Mil Açısının Değişimi.....	51
Şekil 6.6. 10.2 kW Silindir Gaz Basıncın Test Yakıt Krank Mil Açısının Değişimi.....	52
Şekil 6.7. Yanmamış HC Emisyonu.....	53
Şekil 6.8. NO _x Emisyonu.....	54

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 : Üretim için seviyelendirilmiş maliyet verileri.....	22
Tablo 5.1 : Elektrikli Dizel Jeneretör Özellikleri.....	44
Tablo 5.2 : Yakıtların Özellikleri	45



1.GİRİŞ

Dünyada tüketilen tüm enerjinin büyük bir kısmı petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil bazlı maddelerden sağlanmaktadır. Ancak bilindiği üzere bu enerji kaynakları hızla tükeniyor. Bu nedenle yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakların için alternatif kaynaklar büyük önem kazanmıştır. Ayrıca petrol ürünlerinin yükselen fiyatı, hava kirliliği ve küresel ısınma gibi diğer bazı sorunlar da yenilenebilir enerji kaynaklarıyla kısmen de olsa çözülebilir (Demirbaş, 2005).

Benzin, mazot, sıvılaştırılmış petrol gazı vb. fosil yakıtların potansiyel fosil rezervlerinin azalmasıyla modern insan yaşamının enerji talebini sürdürmek için yeni ikameler üretmek ve yakıt tüketimini en aza indirmek için yeni teknolojilere ihtiyaç vardır. Hem sanayileşmiş hem de gelişmekte olan ülkeler tarafından tüketilen enerjiyi azaltmak için birçok yeni teknolojilere ihtiyaç vardır. Artan petrol fiyatları petrol ve tüketimi ithal eden ülkeler için önemli miktarda dezavantaj oluşturmaktadır. (Balat, 2009; Humbad vd., 2009; Dinçer, 2008; Hacısaliçoğlu, 2009; Demirbaş, 2009a; Demirbaş, 2009). Ülkeler enerji yakıt giderlerini en aza indirmek ve yakıt tüketimi en aza indirmek için alternatif çözümler aramaktadır. Bu alternatif çözümlerden bir tanesi ise dizel motorlardır. Dizel motorların yakıt tüketimi benzinli motorlara göre daha düşüktür ve bu da dizel motoru ekonomik olarak daha uygun hale getirir.

Petrol bazlı ürünlerin fazla tüketilmesi ve rezervlerin sınırlı olmasının bir sonucu olarak maliyeti artırmaktadır. Hem artan maliyetler hem de fazla tüketime bağlı olarak, çevresel sorular artmakta ve petrol ithal eden ülkeler için fazladan döviz çıkışı olmaktadır. Bundan dolayı geleneksel enerji kullanımı tamamen veya kısmen değiştirilmesi gerekmektedir. Bu geleneksel yakıt tüketimin bir tanesi ise dizel yakıtlardır. Bunun bir çözümü de geleneksel dizel yakıtta özellikle potansiyel alternatif yakıtlar ve motorlar için en iyi yakıt verimliliği geliştirmeye odaklanmak olabilir.

Petrol ve türevi gibi yakıtları yerine alternatif yakıt kullanımı uygun olması ve yakıt verimliliği yüksek, fizibilitesi ekonomik, çevre dostu, yenilenebilir ve kolay erişilebilir olmasına bağlıdır. Dünya nüfusunun büyümesi, ekonomik aktivite ve gelişimin artması gibi etkenlerden dolayı enerji tüketimi sürekli arttı. Öte yandan, 2040 yılında enerji talebinin 2016 yılına göre %35 artacağı tahmin edilmektedir. Çevreye

duyarlılıklar, enerji stratejileri, yüksek verimli motor talebi gibi nedenlerle alternatif yakıtlar üzerine araştırmalar günümüzde hızlanmaya devam ediyor.

Petrol ürünlerinin giderek artan kullanımını yerel hava kirliliğini artıracak çevreyi ve dünyayı geri dönüşümü olmayan bir yere getirecektir. Bu ve bunlar gibi çeşitli etmenlerden dolayı çevresel kirliliği azaltmak için bir çözümde herhangi bir motor için en iyi yakıt belirleme gibi alternatif yollar açmıştır (Shay,1993). Geçtiğimiz yıllarda, fosil bazlı yakıtların yaygın kullanımının neden olduğu çevre sorunları, endüstrileşmiş dünyanın her yerinde daha az toksin, daha düşük emisyonlar, daha temiz ve alternatif üretim teknolojileri konusundaki farkındalığı artırmıştır. Zararlı emisyon kaynakları, kirleticiler ve tükenen kaynakları nedeniyle sürdürülemez olarak kabul edilir (Avrupa Komisyonu ve Eurostat, 2013).

Politika yapıcılar, birçok araca ve hedefe yönelik düzenlemelere izin vererek, Avrupa ülkelerinde alternatif yakıt ve enerji verimliliği gibi yakıtların kullanımını desteklemektedir (Avrupa Komisyonu ve Eurostat, 2013). Bundan bir tanesinde dizel motor benzinli motorlara göre daha az yakıt yakmaktadır. Dizel motorlarda bir üst aşaması olan acaba alternatif yakıtlarda kullanılabilir ve daha verimli hale gelir düşüncesi oluşmuştur.

Alternatif kaynaklar içerisinde biyoyakıtlar önemli potansiyeller sahiptir. Kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Biyoyakıtlar dünyada 2004 yılında 6 milyon iken, 2014' de 30 milyon yaklaşmıştır (Anonymous, 2015). Yapılan projeksiyonda git gide artacağı 2023 yılında 200 milyon tona varacağı görülüyor (navigantresearch.com).

Taşıma sektöründe de artan biyoyakıt kullanımı AB'de %4 Brezilya'da %23 ABD'de %5 olmuştur (iea.org/topics/biofuel/). Taşıma sektöründe kullanılan biyoyakıtların çoğu biyoetanol ve biyodizeldir. Üretilen biyoyakıtın yaklaşık %85'e yakını etanoldür (Yaşar, 2009; Bengisu; 2014). Dünyada 2013 yılında yaklaşık 88 milyar litre etanola karşı 23 milyar da biyodizel üretilmiştir (Üstün ve Genç, 2015). Biyodizel üretimi zaman gittikçe üretimi hızla artmaktadır (bp.com/en/global/corporate/about-bp). Hayvansal ve bitkisel yağlarda transesterifikasyon tepkimesiyle biyodizel üretilir ve üretilmiş biyodizel dizel motorlarda kullanılır ve biyokütle kaynaklardan üretilen biyoetanol benzinli ve dizel motorlarda kullanılır. Biyodizel üretilirken alkol olarak

değerlendirebildiği gibi doğrudan dizel yakıtlarda (motorin) katılarak da kullanılır (Usta vd., 2005).

Genelde dizel motorlar için alternatif yakıt olarak kabul edilen butanol, pronol, etanol alkol karışımı yakıtlar, sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlarda dizel ve karma yakıtlara katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Yılmaz ve Vigil, 2014).

İçten yanmalı motorlar için içerisinde alkol kullanımını yeni bir gelişme değildir. Alkollü yakıtların icadından bu yana motorlarda sürekli olarak kullanılmaktadır. Alkollü yakıtların kullanılan maddeler butanol, propanol, metanol ve etanol gibi birçok çeşidi vardır. Son zamanlarda biyoyakıtlar ve biyokütle, çevre dostu ve biyolojik olarak parçalanabilir olması gibi önemli avantajları nedeniyle tüm dünyada alternatif enerji kaynakları olarak görülmeye başlandı (Saidur vd., 2012). Etanolün ticari olarak yakıt olarak ilk kullanımı, Ford otomobil şirketinin Henry Ford'un Model T'sini ürettiği zaman başladı. 1908'de etanol olarak adlandırılan mısır alkolü kullanın (Imran vd., 2013). % 10 etanol karışımı benzin kullanımı, sera gazı etkisi olan gaz emisyonlarını azaltabilir (Surisetty vd., 2011). Alkollü yakıtlar dizel ve benzinin aksine ekstra oksijen içerir. Petrol ürünlerini alkollerle karıştırmak, fazladan oksijen varlığına bağlı olarak yakıtın daha iyi yanmasını sağlar, bu da yanma verimini artırır ve havayı kirliliğini azaltır. Yakıttaki alkol varlığı, ticari oksijenatlarda üretilen organik asit ve yakıt bileşimindeki yüksek su içeriğinden dolayı neden olduğu ve yakıt sistemi bileşenlerinde kullanılan metal parçalarda aşındırıcı etki gösterebilir. Alkol kullanımının diğer önemli dezavantajları, düşük kaynama noktaları ve yüksek buhar basınçları nedeniyle buhar kilitlemesidir (Karabektaş ve Hosoz, 2009). Sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlarda alkol kullanımının bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Alkoller genel olarak yakıt kalitesinin iyileştirilmesi için dizel ve biyodizel yakıtlar için katkı maddesi olarak kullanılır.

Dizel motorlarda dizel yakıtları ve alkol karışımı yakıtları test etme ihtiyacından dolayı motor parçaları ulaşmasının zor olması ve maliyetinin yüksek olması yakıt kullanımının fazla olması ve fazla zaman tüketmesinden dolayı simülasyon kullanılması daha uygun olacaktır.

Mevcut sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlar dizel yakıtla çalışmak üzere tasarlanmıştır. Bu nedenle, motorların çalışma koşullarını optimize etmek için alternatif

yakıtlar kullanacak şekilde modifiye edilmesi gerekiyor. Şu anda, doğaya ve insana zarar verdiği bilinen fosil yakıtlar hem sağlık endüstride hem de ulaşımda kullanılmaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar daha çevre dostu ve verimli olabilecek enerji kaynakları üzerinde çalışıyorlar. Bilimsel çalışmaların çıkış noktası, içten yanmalı motorlarda yanma verimini artırarak egzoz emisyonlarını azaltmak, motor performansını artırmak ve alternatif yakıtların bulunabilirliğini daha etkin hale getirmektir. Alternatif yakıtlar arasında, herhangi bir değişiklik yapılmadan doğrudan motorda kullanılabilir. Motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan biyodizel kullanıldığında, biyodizelin düşük ısı değeri nedeniyle yanma verimi ve motor performansı dizel yakıtı göre daha düşüktür.

Motor performansını ve yanma verimini artırmak için yanma odası elemanlarının seramik ile kaplanmasıyla deneysel çalışmalar yapılmıştır. Böylelikle biyodizel kullanıldığında daha yüksek motor performansı ve yanma verimi sağlanabilir. İçten yanmalı bir motorda yüksek erime sıcaklığı, yüksek sertlik, aşınma direnci, iyi korozyon direnci ve düşük ısı iletkenlik gibi üstün özelliklerinden dolayı termal bariyer olarak seramik malzemeler tercih edilmektedir. Seramik malzeme kullanımının pistonları yüksek basınç ve sıcaklıkla deforme etmek gibi şu sorunlara çözüm olduğu bildirildi. Alternatif yakıtların motorun performansını artırması beklenmektedir. Ayrıca motorun daha düşük emisyon oranlarının elde edilmesi de istenir. Bu nedenle ateşleme zamanlaması, sıkıştırma oranı ve hava fazlalık katsayısı gibi birçok işletme parametresi değiştirilerek alternatif yakıtın en uygun kullanım koşulları araştırılır. Deney sayısının fazla olması nedeniyle optimum noktaların araştırılmasında farklı istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır.

Biyodizel, oksijenli, biyolojik olarak parçalanabilen, kükürt içermeyen ve yenilenebilir özellikleri nedeniyle sıkıştırılmış ateşlemeli motorlar için en uygun alternatif yakıtlardan biridir. Bu alternatif yakıtlar basit alkoller bitkisel yağlar, hayvansal, yağlar ve atık yağlar gibi çeşitli kaynakların transesterifikasyonundan elde edilebilir. Biyodizel, modifiye edilmemiş bir sıkıştırılmış bir ateşlemeli bir motor kullanıldığında yanmamış hidrokarbon, partikül madde ve karbonmonoksit emisyonlarının dizel yakıtı kıyaslan önemli ölçüde azaldığını, frene özgü yakıt tüketimini ve nitrojen oksit emisyonunu artırdığını bir incelemede ifade etmiştir. Oksijen içeriği biyodizellerin kullanımı egzoz gazının azaltılmasında önemli bir faktördür ancak yakıtın kalorifik değerini düşürdüğü için frene özgü yakıt tüketiminde artışa neden olur

Başka bir çalışmada, göre alanında deneyimli uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmelere göre dokuz farklı alternatif yakıt arasından, ulaşım için maliyet, teknik, politika ve sosyal kriterler açısından en uygun yakıt seçimi PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment and Evaluations) yöntemi ile yapılmıştır. Sonuçlar, sıkıştırılmış doğal gaz ve sıvı petrol gazının hafif ticari araçlar için en uygun alternatif yakıt olduğunu göstermektedir. Yakıt seçimi için hibrit bir MCDM modeli kullandı. Bunda modelinde, gri ilişkisel analiz (GRA) ile belirlenen kriterlerin ağırlıkları elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar sıralanmıştır ve TOPSIS yöntemi ile değerlendirildi. Pongamia yağ bazlı biyodizel GRA-TOPSIS hibrit yöntemiyle en iyi yakıt seçildi. Bir başka çalışmada ise alanında deneyimli uzmanların yaptığı değerlendirmelere göre dokuz farklı alternatif yakıt arasından en uygun yakıt seçimi PROMETHEE tarafından yapılmıştır.

Yapılacak üç ayrı elektriksel yükü yüklenabilir jeneratörde dizel yakıt biyodizel ve etanol performans analizi için deneysel çalışmalar yapılacaktır. Deneyde kullanılacak alternatif yakıtlar petrol türevi olan dizel yakıt ve alkol karışımı olan biyoetanol ve biyodizeldir. Dizel motorlu bir jeneratörde özgül yakıt tüketimi efektif verimi yanma karakteristikleri HC emisyonu ve NO_x emisyonu incelenmiştir. Çoklu karar verme yöntemi (ÇKVY) SWARA yöntemi ağırlık sıralaması önem sırasına göre kriterler belirlenmiştir. ARAS yöntemi kullanarak da kendi aralarında kıyaslanma yapılmıştır.

1.1. Enerji

Enerji, maddenin ya da canlının eylem yapabilme becerisidir. Fiziki olarak hareket olmasa bile belli bir potansiyele sahip olmasıdır. Herhangi bir düzenin veya sistemi harekete geçirme kapasitesidir. Enerji kuvvetin yer değişim bileşenin etkisiyle yer değiştirme çarpımı olarak bilinir.

1.2. Dizel Yakıtlar (Motorin)

Motorin, ham petrolün 315-375 °C damıtmasıyla üretilir. Motorin genel formülü C₁₅H₃₂-C₁₈H₃₈ olarak gösterilir (Anonim, 2013). 2012-2015 yıllar arasında Türkiye’de en çok talep edilen yakıtlar arasına girmiştir. 2015 yılında 8.509.777 ton üretilirken buna karşılık 11.884.892 tonda ithal edilmiştir (Anonim, 2015a). Aynı yılda benzin talebi 5.212.722 ton dizel yakıt ise 20.601.315 olmuştur (Anonim, 2015a). Rakamlara bakıldığında motorin miktarı benzinle kıyaslandığında motorin çok fazla olduğu

görülmüştür. Motorin bu kadar fazla tüketilmesinin sebebi arasında yakıt fiyatlarının yüksek olması buda dizel motorları tercih etmiştir. Bundan dolayı dizel motorları araçlar sayısı artmaktadır. TÜİK 2016 yılının mart ayı verilerine bakıldığında dizel araç sayısı 20.252146 tane olmuştur. TÜİK verilerine bakıldığında dizel araçların çoğu taşımacılıkta kullanıldığı tespit edilmiştir (tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21603).

Türkiye’de yaklaşık %10 petrolü kendi kaynaklarında üretilmektedir ve geri kalan %90’nı ithal etmektedir. Bu verilere bakıldığında motorinde dışa bağımlı olduğunu göstermektedir. Küresel piyasada dalgalanma olduğunda ülkemizde de petrol ve motorinin fiyatında da dalgalanma olur (Anonim, 2015a).

1.3. Biodizel

Dizel motorlarda bitkisel ve hayvansal yağların direk yakıt olarak kullanılmamaktadır. Bitkisel ve hayvansal yakıtları kullanmak için viskozitelerin düşürülmesi gerekmektedir. Viskoziteleri düşürmek için transesterifikasyon, mikroemülsiyon piroliz ve seyreltme gibi işlemler uygulanmaktadır (Şanlı, 2005). Transesterifikasyon işleminde yağın trigliserit yapısını ayrıştırmak için alkol ve katalizör kullanılarak kimyasal tepkimeye sokulur. Bu işlem yapıldığında trigliserit yağ ayrışarak monoesterlere dönüşür. Monoesterlere dönüşen yağlar ağırlığın üçte ikisi gider. Bu işlemden sonra yüksek viskozitede ayrışarak petrol türevi olan dizel yakıtın viskozitesine yaklaşır. Üç mol ester ve yan ürün olarak bir mol gliserin elde etmek için stokiyometrik transesterifikasyon işleminde bir mol yağ ve üç mol alkol kullanılması gerekiyor. Katalizör bu gibi reaksiyonu daha da hızlandırmak ve ester dönüşümü artırmak için kullanılır (Alibaş ve Arslan, 2015). Katalizör olarak kullanılan asitler (H_2SO_4 , HCl) ve bazlar (NaOH, KOH) kullanılır. Reaksiyonda sonra oluşan ürünler gliserol, ester artık monogliserit, digliserit, trigliserit katalizör ve alkol karışımı oluşur (Şanlı, 2005; Alibaş ve Arslan, 2015).

Tarım ülkelerinden olan ülkemizde bitkisel ve hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel öncelikli ve önemli alternatif yakıtlardır. Biyodizel ülkemizde hem ekonomi için hem de çevre için önemli bir alternatif yakıttır. Fakat burada da önemli bir sorun olan biyodizelin yüksek maliyeti karşımıza çıkmaktadır. Türkiye biyodizel üretmek ve kullanmak içinde AB standartları içinde devamlı desteklemesi ve değerlendirme yapmaktadır (Alptekin ve Çanakçı, 2005).

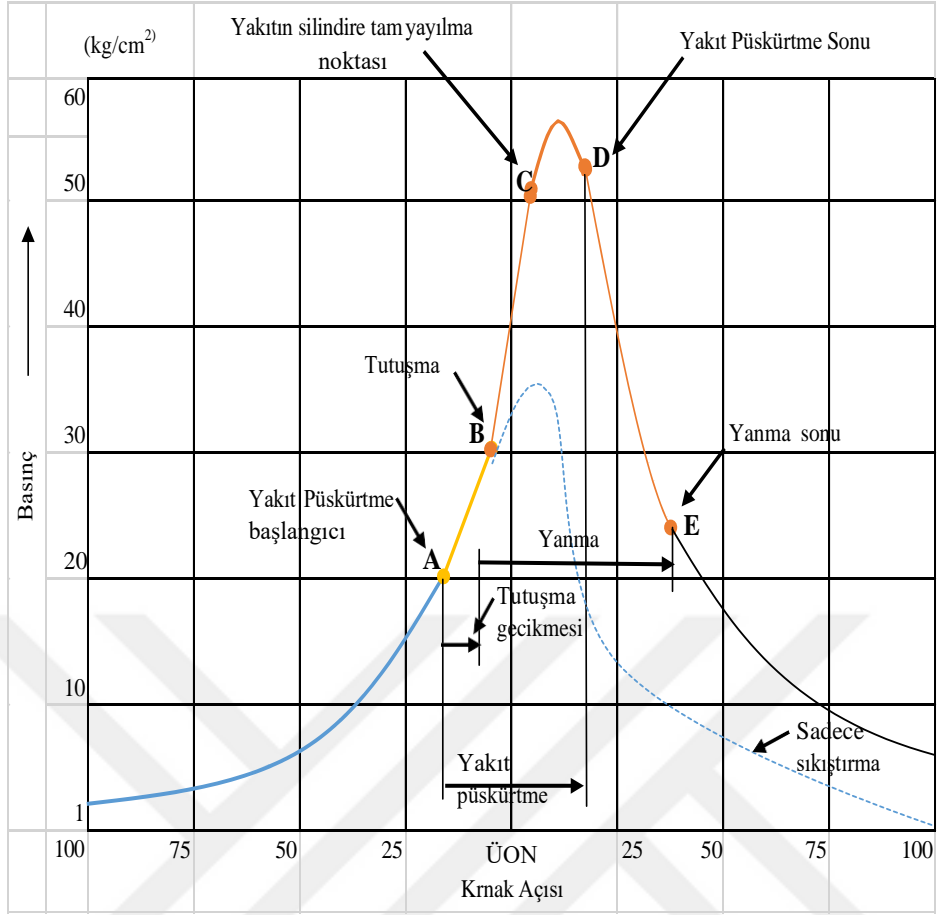
1.4. Biyoetanol

Biyoetanol fermantasyon yöntemiyle üretilir. Aynı zamanda yenilebilir bir yakıt olarak kullanılır. Biyoetanol içten yanmalı motorlarda petrol türevi yakıtlarla karıştırılarak kullandığı gibi direkt kullanılabılır. Etanolun üretimi şeker pancarı arpa, mısır gibi yenilenebilir kaynaktan üretilir (Çelikten, 2004; Melikoğlu ve Albaştan, 2010). Biyoetanol karbonhidrat içeren tüm moleküllerden kullanılır. Yapısında glikoz bulunan veya glikoza dönüşebilen nişasta, sukroz, lignoselülozik ve benzeri yenilenebilir ürünlerde üretilebilir (Meral ve Kanberoğlu, 2012).

Biyoetanol üretimi genellikle hammaddeye bağlı olmakla dört aşamada gerçekleşir. Bu dört basamak aşağıda belirtmiştir (Adıgüzel, 2013). İlk basamak ikinci basamağa hazırlık ve hidroliz verimi daha da artırmak için sukroz ve nişasta içeriğine sahip hammaddenin daha küçük parçacıklara ayırmak ve öğütme basamağıdır. İkinci basamakta ise hidroliz işlemiyle polimer kimyasallarda olan selüloz ve nişasta fermente ederek daha basit şekerlere dönüştürülür. Bu fermantasyonla daha basit şekere dönüştürülür. Üçüncü basamakta mikroorganizmalar tarafında fermente edilen şekerle bu basamakta etanola dönüşür. Dördüncü basamakta ise oluşan etanolun dizel yakıtı karışma aşamasıdır. Fakat burada da etanolun kimyasal yapısı nedeniyle dizel yakıt ile tam karışmamaktadır. Karışan kısmı ise homojen yapısı bozan sıcaklık değişimi, faz ayrımı gibi nedenlerle yakıtın kalitesini düşürür. Bu sorunu ortadan kaldırmak için ise hem dizeli hem de etanolü çözebilen maddelerden olan co-solvent çözücüler kullanılır (Adıgüzel, 2015; Meral ve Kanberoğlu, 2012).

1.5. Dizel Motorda Yanma Oluşma

Dizel motorda yanma oluşumu silindirden alınan havanın pistonun üst ölü noktasına 15^0-30^0 krank açısına kadar basınç uygulayarak ortamdaki sıcaklığı $500^0C - 700^0C$ yükseltildikten sonra yanma odasına enjektör aracılığıyla yakıt püskürtülür ve böylece yanma olayı oluşur (Anonim, 2006). Dizel motorda silindir basıncın krank mile göre değişimi aşağıdaki şekil.1.1 belirtilmiştir. Dizel motorda bu işlem dört bölümden oluşmuştur. Bu dört bölüm Şekil.1.1'de gösterilmiştir. Bunlar ani yanma, art yanma, kumandalı yanma ve yanma tutuşma gecikmesidir (tech-worm.com).



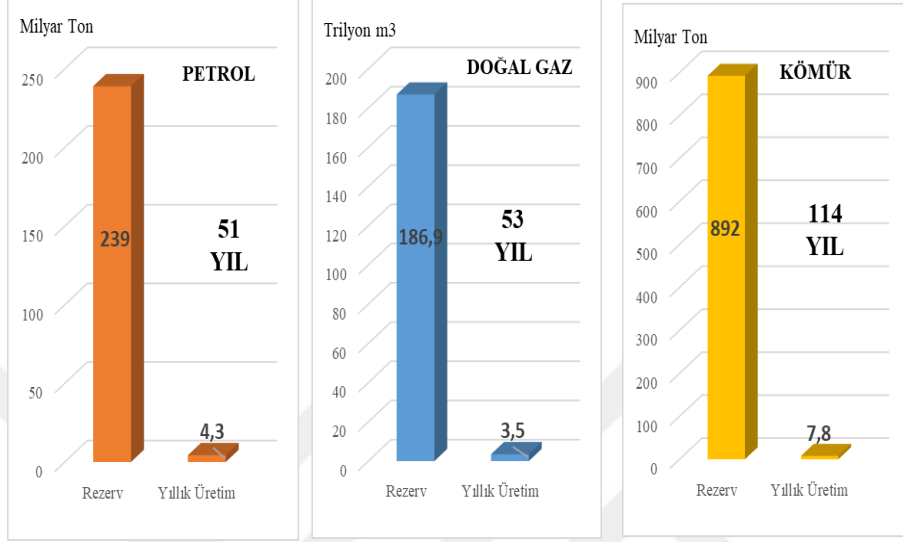
Şekil 1.1 Dizel motorlarında yanma safhaları (tech-worm.com).

Şekil 1.1'e bakıldığında yakıtın tutuşmaya başladığı zaman ile yakıtın püskürtülmeye başladığı zaman arasında geçen zaman aralığına biz tutuşma gecikmesi olarak adlandırırız. Geçen bu süre aralığında silindir içerisinde yakıt dolar. Yakıt aniden tutuşmaya başladığında basınç en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Basıncı ani yükselmesi motordan ses gelmeye başlar. Aniden yanmaya başlayan motor yakıt püskürtülerek yanma olayı devam etmesi sağlanır. Yakıt püskürtülmeye devam ettiği müddetçe silindir içinde basıncın ve sıcaklığı yüksek olmasında dolayı yakıt hemen yanar. Yanma olayı ise püskürtülen yakıt ile kontrol edilir. Püskürtme işlemi bittiğinde piston AÖN' ye iner. Eğer bu süreçte yanmamış yakıt varsa ve yakıtta fazla olduğunda eğer sıcaklıkta yüksek ise yeterli oksijen bulunduğu yanmamış yakıtlarda yanma olayına katılır (Anonim, 2006).

1.6. Dünyada Benzin ve Yakıt Fiyatları

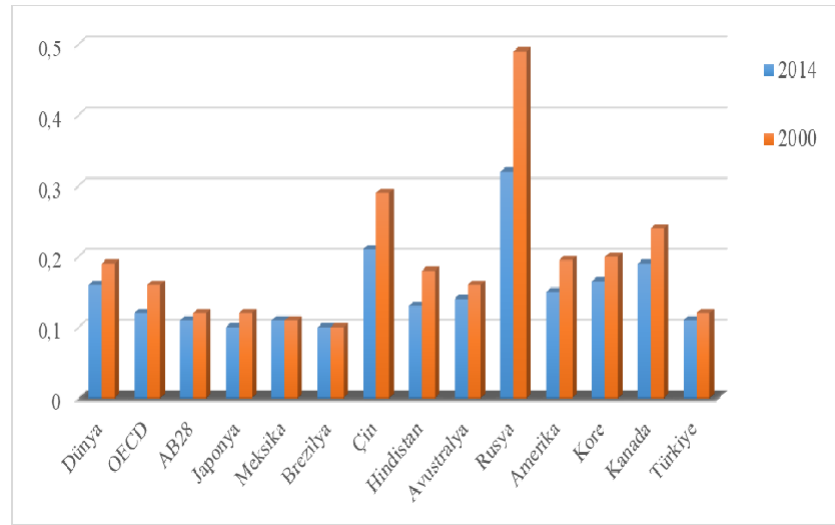
Gelişmiş ülkeler enerji taleplerini karşılamak, insan ve çevre sağlığını korumak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Çünkü fosil tabanlı kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesi söz konusudur. Ayrıca küresel ısınmanın en önemli etkenlerinden

biride fosil kaynakların kullanılmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tercihi ise tarım alanları büyük ve verimli olan ülkeler için biyokütle dolayısıyla alt ürünleri olan biyogaz, biyodizel ve biyoetanola olan ilginin artmasına sebep olur.



Şekil 1.2. Fosil kaynakların tahmini kalan ömürleri (Özcan, 2017)

Günümüzde fosil tabanlı kaynakların tükenmesi ile yakın zamanda enerji ihtiyacı oluşacak dolayısıyla bu kaynakların fiyatları çok hızlı artması beklenmektedir (Korkmaz, 2012). Şekil 1.2’de fosil tabanlı kaynakların yaklaşık yüzyıldan az bir sürede tükenebileceğini göstermektedir.



Şekil 1.3 Ülke ekonomilerinin enerji yoğunluğu (Özcan, 2017)

Türkiye birincil enerji tüketiminde 17. sıradayken üretiminde ise 19. sıradadır. Bu durum ülkemizin gelecek yıllarda enerji üretimini artırması gerektiğini göstermektedir (Şekil 1.2 ve Şekil 1.3).

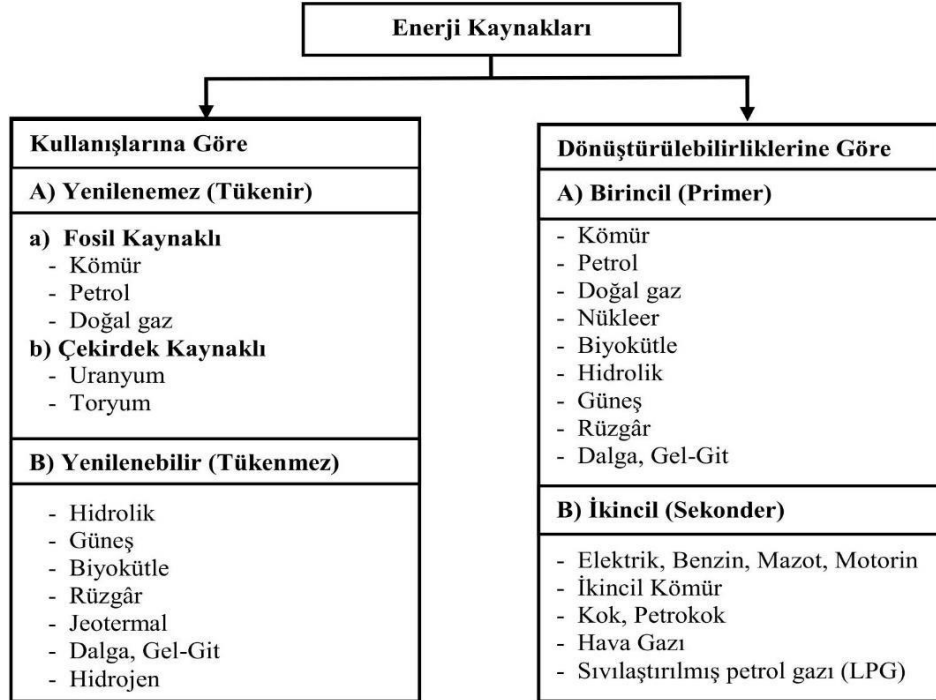
1.7. Türkiyede Enerji Durumu

Ülkemizin enerji tüketiminde ihtiyacının % 60'ını parayla satın alması ve sınırlı fosil tabanlı kaynaklara sahip olması doğal olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesini sağlamaktadır. Ülkenin gerek coğrafi konumu gerek tarıma elverişli topraklara sahip olması yenilenebilir enerji sistemlerine uygunluk açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Buna rağmen kendi potansiyelinin altında kullanılmaktadır (Korkmaz, 2012).

1.8. Yakıtların Sınıflandırması

Enerji en basit haliyle fiziksel, kimyasal ve nükleer enerji olarak sınıflandırılabilir. Bilimsel olarak ise yapılacak sınıflandırmaya göre daha göreceli türlere ayrılabilir. Enerji kavramının en temel sınıflandırılması ise sahip olunan enerjinin nerden elde edildiğinin yani enerjinin kaynağına göre yapılan sınıflandırmadır (Özcan, 2017).

Aşağıda Şekil 1.4'te enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 1.4: Enerji kaynakları (Koç ve Şenel, 2013)

1.9. Fosil Tabanlı Kaynaklar

Fosil kaynaklar organik ve inorganik maddelerin tabaka halinde sıkıştırılarak oksijensiz kalıp hidrokarbon ve karbon açısından zenginleşerek fiziksel ve kimyasal değişimler geçirerek oluşan yakıtlardır. Uzun yılların geçmesi, karbon ve hidrokarbon birikimi ile doğru orantılıdır. Bu yüzden aynı madde ile fosil halinin yakılması sonucunda fosil maddelerin doğal olarak daha fazla karbondioksit ortaya çıkmasını sağlar. CO₂ salınımının fazla olması, küresel ısınmanın sebeplerinden biri olan sera etkisini arttırmaktadır (Özcan, 2017).

1.10. Yenilenebilir Kaynaklar

Enerji oluşumunda Güneş'in birincil ya da ikincil olarak büyük bir rol oynadığı kaynaklardır. Güneş'in etkin bir rol oynaması dolayısıyla süreklilik açısından büyük bir avantajı vardır. Bu kaynaklar; güneş tabanlı, hidrolik tabanlı, rüzgâr tabanlı, radyoaktivite ve biyokütle (biomass) tabanlı olarak sınıflandırılabilir.

Yenilenebilir kaynakların oluşumu için uzun yıllar geçmediğinden kullanılması durumunda CO₂ salınımı fosil kaynakların kullanımı sırasında çıkan salınımına göre ihmal edilebilecek kadar azdır. Sera etkisi yapan gaz salınımının olmaması ya da çok az olması doğaya ve çevreye zararını fosil kaynaklara göre asgari düzeyde tutar. Kullanıldıktan sonra azalan kaynağın fosil kaynaklara göre çok az sürede tekrar eski hale gelebilmesi bu kavramın ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Dünya ekonomileri, küresel ısınmayla mücadele, enerji açığını kapatmak, çevre problemlerinin çözümü ve sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Fosil kökenli yakıtlara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına yüksek oranda sahip olan ülkemizde bu kaynakların mevcut kullanım oranı oldukça düşüktür (Kormaz, 2012).

1.11. Hidrolik Tabanlı Kaynaklar

Hidrolik tabanlı kaynaklar bir şekilde su ile bağlantılıdır. Bunlar; jeotermal enerji kaynakları, hidrolik enerji kaynakları ve akıntı-dalga hareketi enerji kaynakları sıralanabilir.

1.11.1. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun magma tabakasının etkisiyle bazı yer altı sularının ısınması ya da buharlaşması ve bunların hız ve basınç kazanarak yeryüzüne çıkması ile oluşan ısı enerjidir. Keşfedilmesi antik çağlara dayanmaktadır. Sıcak banyo, havuz ve ısıtma gibi işlevlerle ısınma ve barınma anlamında kullanılmışlardır. Günümüzde ise sağlık turizmi yanı sıra elektrik üretimi, konut ve sera ısıtması gibi alanlarda kullanımı vardır. Elektrik üretimi sıcak buharın direkt ya da yüksek sıcaklıktaki suyun tamamen buharlaştırılıp türbinlere gönderilmesi ve generatör ile mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşümüyle sağlanır.

1.11.2. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji; suyun kinetik enerjisi ya da dolaylı olarak kinetik enerjiye dönüştürülerek enerji elde edilen üretilen sistemdir. Temiz bir kaynak olması, ömrünün uzun olması ve işletim-bakım masraflarının az olması önemini artırmaktadır. Çevre kirliliğine yol açamamasına rağmen ekolojik sisteme zararları olmaktadır. Hidrolik santraller, termik santrallere ve doğal gaz santrallerine göre çevresel faktörler ve dünyadaki eğilimler karşılaştırıldığında daha avantajlı konumdadırlar (Çukurçayır ve Sağır, 2005).

1.11.3. Akıntı-Dalga Hareketi

Dünyanın dönmesi ile oluşan rüzgârlar med-cezir olayları okyanus ve denizlerde akıntı ve dalga hareketi yaparlar. Bunun sonucunda yatay ve dikey dalga enerjileri oluşur. Bu enerjiler dişli kutuları yardımı ile dalgasal enerjileri mekanik enerjiye dönüştürür. Mekanik enerjide generatörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür.

1.12. Güneş Tabanlı Kaynaklar

Güneş çekirdeğinde meydana gelen zincirleme reaksiyonlardan biri olan hidrojen gazının helyuma çevrimi sonucunda açığa çıkan ışık ve radyasyon enerjisi, güneş enerjisidir. Hayatın devamlılığı açısından en önemli enerji kaynağıdır. Bitkilerin fotosentez yapması, canlıların ısınması, kurutma gibi geniş bir kullanım alanı vardır.

Güneş ışınlarından elektrik üretimi ise güneş hücrelerine düşen fotonların diyot(yarı iletken) katmanlarını etkilemesi ile katmanlar arası elektron hareketi sağlanır. Bu elektron hareketi sonucunda oluşan akım ile elektrik üretilir.

Bu alanda araştırma yapan ve alanın öncü devletleri, ABD, Almanya ve Japonya, yılda yaklaşık bir milyar dolar civarında yatırımı, bu konuyla ilgili harcamalara yapmaktadırlar. 2050 yılında dünyadaki enerji tüketiminin %15'nin güneşten elde edilmesi planlanmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2005).

1.13. Rüzgâr Tabanlı Kaynaklar

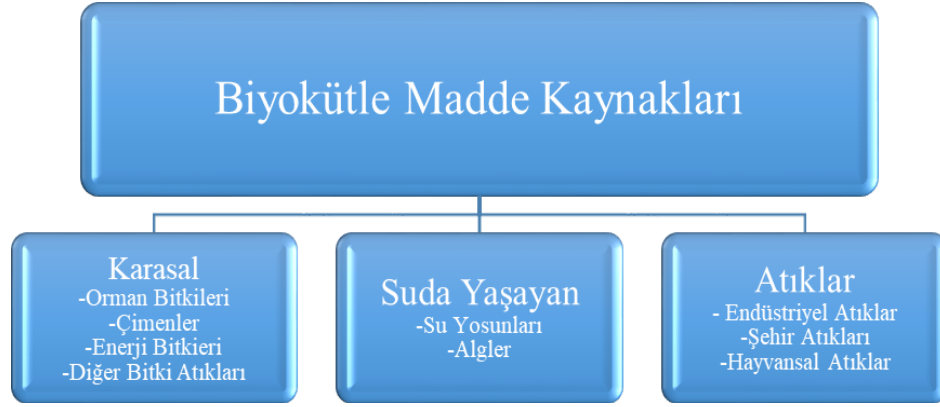
Dünyanın günlük ve yıllık hareketi ile basınç ve sıcaklık farklarından dolayı oluşan rüzgârlar ilk çağlardan beri faydalanan kaynaklardan olmuştur. Özellikle su taşımacılığında yelkenin keşfi ile uzun yıllar kullanılmış buhar makinelerinin keşfi ile önemi azalmıştır. Elektrik üretim teknolojilerinin gelişmesi ile tekrar önemli hale gelmiştir. Çevre kirliliğine sebep olmaz gürültü kirliliği ve bazı göçebe kuşların olumsuz etkilenmelerine sebep olurlar.

1.14. Nükleer Tabanlı Kaynaklar

Uranyum çubuklarının nötron bombardımanı sonucu oluşan enerjiye nükleer enerji denir. Filyon tepkimesi sonucu uranyum çubuklarının tekrardan işlenip zenginleştirilmesi ile tekrardan kullanımı söz konusudur. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları arasına girebilir. Fakat uranyum gibi elementlerinin rezervinin sınırlı olması açısından da ayrı bir başlık olarak sınıflandırılabilir. En büyük avantajı diğer tüm kaynaklardan çok daha büyük enerjiye sahip olmasıdır. Dezavantajı ise nükleer atıkların korunması ve güvenliğidir. Olabilecek bir radyasyon sızıntısı büyük felaketlere yol açabilmektedir (Özcan, 2017).

1.15. Biyokütle Tabanlı Kaynaklar

Canlı organizmaların; ürettiği besin ya da artıklar biyokütle (biomass) diye adlandırılır. Bir maddenin biyokütle olması için canlı çıkışlı olması ve çok uzun yıllar içinde kalmış olmaması gerekmektedir. Yani fosilleşmemesi temel şartlarından biridir. Biyokütle maddeden enerji üretimi için genel olarak doğrudan ya da dolaylı olarak yakılması gerekmektedir. Şekil 1.5'te görüldüğü gibi sınıflandırılabilir. biyokütle kavramını bir sonraki bölümde daha detaylı ele alınacaktır.



Şekil 1.5: Biyokütle madde kaynakları (Sözen et al., 2017)

1.16. Biyokütle

Canlı organizmaların ürettiği besin ya da atıkların oluşturduğu maddeye biyokütle denir. İnsanın zamanla doğayı tanıma merakı sayesinde biyokütlenin farkına varmış ve en bilindik kullanım şekli olan yakma ile ısınma ihtiyacını gidermiştir.

Yenilebilir diğer enerji kaynakları gibi doğaya zararı yok denebilecek kadar azdır. Hatta bazı yönleriyle çevreye olumlu etkileri olmaktadır. Çünkü günümüzde atıkların çevreye verdiği zararı indirgemesinde önemli rol oynamaktadır. Biyokütle enerjisi yenilebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Tarımsal ve hayvansal atıklar için çevresel açıdan kabul edilebilir en etkili çözüm yöntemlerinden biride biyokütle enerjisini kullanmaktır (Korkmaz, 2012). Biyoteknoloji, çevre kirliliğine neden olan atıkların arıtımını sağlaması açısından önemlidir (İlkiliç ve Deviren, 2011).

Biyogaz; Doğal olarak oluşmuş bataklıklarda milyonlarca yıldır mikroorganizmalar, oksijensiz veya sınırlı oksijenli ortamda kendi metabolik faaliyetleri için organik ve inorganik maddeler kullanarak metan, karbon dioksit ve eser miktarda hidrojen, azot ve hidrojen sülfür içeren bir gaz karışımı oluştururlar. Bu gaz, bataklık gazı, gübre gazı veya biyogaz gibi isimlerle anılmaktadır. Bu süreç, insanoğlunun çok sonra dikkatini çekmiş ve biyogaz üretim teknolojileri gelişmiştir. Biyogaz oluşumunda, biyokütle mikrobiyolojik bakteri faaliyetleri ile parçalanır, oksijensiz ortamda biyokimyasal fermantasyon gerçekleşir. 1 m³ lük biyogazın ortalama hacimsel bileşimi,

%54-80 CH₄, %20-45 CO₂, %0-1 N₂, %1-10 H₂, %0.1 CO, %0.1 O₂, eser miktar H₂S şeklindedir. (Üçgöl & Akgöl 2010). Biyoetanol; Biyokütle içerisinde yüksek oranda şeker bulunuyorsa bu çeşit biyokütle, enerji kaynağı olan alkol üretimi için kullanılabilir. Oksijensiz ortamda fermantasyon yoluyla alkol üretimi yapılır. Biyoetanol üretimi için yapısında karmaşık karbonhidrat polimerleri içeren biyokütle de kullanılabilir (Üçgöl ve Akgöl, 2010).

Biyodizel; Bitkisel ve hatta hayvansal yağlar biyodizel olarak kullanılmaktadır. Yağlar, yağ asitlerinin gliserin ile oluşturduğu esterlerdir, trigliseritlerdir. Trigliseritlerin hidrolizinden elde edilen doymuş ya da doymamış yağ asitleri, metanol veya etanol ile transesterifikasyon işlemine tabi tutulur. Oluşturulan yağ asidi metil-etil esterleri doymuş ya da doymamış hidrokarbon zinciri içerir. İşte bu hidrokarbon zinciri, kimyasal enerjinin çoğunu depolar. Biyodizel, kendi başına yakıt olarak kullanılabilmesi gibi geleneksel olarak kullanılan dizel yakıtlarla beraber de kullanılarak enerji üretilebilir (Üçgöl ve Agöl, 2010).

2. DİZEL JENERATÖR

2.1. Jeneratör

Jeneratörler en temel ifadeyle mekanik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilen makinedir. Mekanik enerji içten yanmalı motor, buhar türbinleri, su türbinlerinde elde edilebilir. Jeneratörler çalışma prensibi indüksiyonlar. Michael Faraday tarafında keşfedilen indüksiyon, iletken malzemelerden (bakır ve benzeri) yapılması bir bobinle başlar. Üzerinde akım geçen bobinin etrafında ve içinde manyetik alan oluşur. Biz bu olaya indüksiyon diyoruz. Elektrik üreten bu jeneratörler çalışma ilkesi elektromanyetik indüksiyon çalışma şekli faraday yasası ile açıklanır. Günlük yaşamamızda birçok çeşidi bulunan jeneratörlerin çalışma prensipleri birbirine benzemektedir. Bu benzerlik en basit tanımıyla tel halkaları manyetik bir ortamda çevirdiğimizde tel halkaların manyetik ortamda sabit bir hız ile çevrilme ilkesine göre çalışır. Jeneratör ürettikleri enerji tiplerine göre DC ve AC jeneratörler diye iki bölüme ayırılır (Karataş, 2018).

2.2. Yakıt Tüketimi

Jeneratörlerde kullanılan yakıtların tamamı fosil yakıtlardır. Fosil yakıtlar yüksek oranda karbon ve hidrokarbon içerdiğinden dolayı doğal enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıtlar oksijensiz ortamda canlıların ölümünden milyonlarca yıl geçerek çözülmesiyle oluşur.

2.3. Doğal Gazlı Jeneratör

Evlerde ve işletmelerde devamlı elektrik enerji sağlayan ya da stand –by olarak sağlayan doğalgazla çalışan makinalardır. Doğalgaz olarak kullanılmasının ana sebebi diğer fosil yakıtlara göre daha ucuz maliyetli olmasıdır. Doğalgazlı jeneratörlerin diğer bir avantajları ise yapılan araştırmalarla bol bol yeni doğalgaz yataklarına ulaşması ve bu kaynakların dünya üzerinde her ticari işletmeye ve eve ulaşması doğalgazın depolanmaya ihtiyacı bulunmaması ve diğer jeneratörlere göre daha sessiz çalışması diğer avantajlarıdır. Motorun çalışması sırasında kullanılan yakıtın verimi daha yüksek olması ve egzoz emisyon değeri uluslararası kabul edilen şartları sağlamaktadır.

2.4. LPG'Lİ Jeneratör

LPG'li jeneratörler daha çok elektrik kesinti olduğunda devreye giren küçük güçlere ihtiyacın olduğu iş yerlerinde ve evlerde kullanılır. Fosil yakıtlardan olan benzin ve dizel yakıtlardan daha ucuz olan maliyetin yanında ayrıca düşük emisyon ve benzin ve dizel jeneratörlerde göre daha sessizdir.

2.5. Dizel Jeneratör

Alternatör; bir şaft aracılığıyla dairesel mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren dairesel elektrik makineleridir. Akuplajı tamamlanmış dizel motorlu sistemlere dizel jeneratör denir. Tetikleme gücü olarak kullanılan yakıt cinsi motorindir. Motor içerisinde yanan motorin yakıtı nihayetinde kimyasal enerjiyi dairesel mekanik enerjiye dönüştürür. Dizel jeneratör aracılığıyla üretilen elektrik enerjisi; kontaktör, şalter, sigorta ve benzeri cihazlarla kontrol edilerek yük beslenmesine aktarılır. Dizel jeneratörde ayrıca önem parametreleri izleyen ve ölçen kontrol parametresi de vardır. Elektrikli dizel jeneratör setini gibi üç ana başlıkta inceleyebiliriz. Kontrol ünitesi, dizel motor ve alternatör şeklinde olacaktır. İçten yanmalı bir motor tipi olan dizel motor sıkıştırılan sıcak havanın içine aktarılan motorin ile çalışır. Gelişen sanayi ile birlikte artan güç talebin ihtiyacından doğmuştur. Dizel motorun gelişmesinde Almanya sanayisinin çok büyük katkısı olmuştur. Dizel motorlar ilk olarak 1922'de taşımacılıkta kullanılmıştır. Daha sonra denizcilik sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra 1929 yılında kara taşımacılığında ilk kez 45 beygir gücünde dizel motor üretildi. Dizel motoru 1982 yılında Alman mühendis olan Rudolf Diesel tarafında icat edildi. Dizel motorlar denizcilik, güç sistemleri, madencilik ve ağır sanayiye kadar birçok değişiklik büyüklükte üretilip günümüze kadar gelip halen kullanılıyor. Günümüzde tek silindirden başlayarak 24 silindire kadar çeşitli strok hacimde geniş bir alan içerisinde bulunuyor.

Alternatör: Bir akımın oluşması için herhangi bir telin üzerinde geçen manyetik alanın değişmesi sonucunda oluşur. Eğer teli dıştan bir güç ile çevrilirse buradan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüşümünü sağlamış oluruz. Michael Faraday 1831 yılında bu keşfi yapmıştır. Bu keşiften sonra elle çalışan jeneratör sistemi geliştirdi. Elle geliştirilen jeneratör sistemi elektrik jeneratörün temelini yapısını oluşturdu. 1892 yılında Nicola Tesla bu sistemi daha ileriye taşıyarak alternatif akımı üreten jeneratör geliştirdi. Alternatörlerin temel çalışma prensibi elektro-manyetik endüksiyondur. Herhangi bir

telin üzerinde manyetik alan değiştiğinde bu değişim bir akım oluşturur biz buna Elektromanyetik endüksiyon diyoruz. Bu tel eğer sürekli harici bir mekanik g¼ç ile d¼nd¼r¼l¼rse dairesel kinetik enerji elektrik enerjisine d¼n¼ř¼r. Rotoru d¼nd¼ren dairesel kinetik enerji sabit iletkenlerin etrafında manyetik alan değişmesi sonucu elektrik akımı ¼retir. Rotorun manyetik alanı elektro manyetik indüksiyona iletcek bir akım elde etmiş oluruz. Fırçasız tip alternat¼rde ¼alıřmasının temelinde ikaz ve ana sistemi olarak iki başlık altında toplayabiliriz. Ana sistemin hareketli kısmı olarak adlandırılan ana rotor kısmı devir sayısı kadar kutup oluşturur. Makinen d¼nmesiyle dairesel kinetik enerji sağlanmasıyla rotorda ana kutuplar oluşur. DC akım kutuplarda manyetik akımı oluşturur. DC akımı ana kutuplara ikaz sistemi ile iletilir. İkaz sistemi ¼alıřma prensibi şu şekilde a¼ıklanır: sargılar ve kutuplar ters, ana sistem ise d¼z bağlanmıştır. Hareketsiz olan ikaz rotoru üzerinde kutuplar var iken sargılar ise d¼nen ikaz rotorun üzerinde bulunur. AC akım voltaj reg¼l¼t¼r¼ ana statorda bulunan yardımcı sargılarda ge¼en akımı doğrultarak kutup sargıları iletilir. İletilen akımın ikaz motorun ¼zerindeki kutuplarda manyetik akımı engelleyen ¼ç fazlı AC akımı oluşmasına sebep olur. Oluşan bu AC akımlar k¼pr¼ diyotlar tarafında doğrulanır. Doğrulan akım DC' ye d¼n¼ř¼r. Kutuplara DC akımı olarak g¼nderilir. Fırçasız tipteki alternat¼rde y¼ke uygulanan voltajı aşırı d¼řt¼ę¼nde veya aşırı y¼kseldięinde bunun ¼n¼ne ge¼mek ve voltaj aralığını istenilen seviyede tutmak i¼in otomatik voltaj reg¼l¼t¼r¼ dediğimiz AVR kullanılır.

2.6. DC Generat¼r

Faraday yasasına g¼re akım meydana getirmek i¼in sabit manyetik ortam i¼inde d¼nebilen bir bobin olması gerekiyor. Bunun tam terside olsa bobin d¼nmeden tutulursa manyetik olan ortamı ¼evirirsek aynı şekilde bir gerilim elde edilebilir. Jenerat¼rlerin hemen hepsi aynı şekilde ¼alıřır. Jenerat¼rlerin mekanik bileşenleri stator denilen sabit par¼a ve d¼nebilen rotor elektriksel kısımlar ise end¼vi ve ind¼kt¼rd¼r. Jenerat¼rlerde gerilimin meydana geldiği kısım end¼vi manyetik alan oluşturduğu b¼l¼m ise ind¼kt¼rd¼r.

DC jenerat¼r¼n ind¼kt¼r¼ stator, end¼visi ise statordur. Kom¼tat¼rle AC olan bir sinyali DC sinyale ¼evrilerek ¼ıkıř elde edilir. DC jenerat¼rlerin sabit olan mıknatısın d¼ř¼k gerilim elde edilmesinden dolayı bunların yerine elektromıknatıslar yerleştrilmiştir.

2.7. AC Generatör

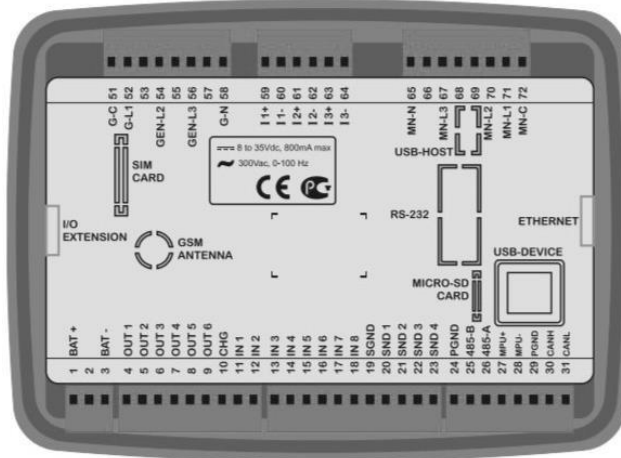
Düşük kapasiteli olan jeneratörlerin endüvi dönen çekli karşı karşıya kalırız. Daha güçlü olan jeneratörlerin ise endüvisi dönmeyen cinstendir. Alternatörde dış bir kaynak gücüyle bir manyetik ortam oluşturulur. Rotoru bir DC kaynağıyla akım verildiğinde manyetik bir ortam meydana gelir. Rotor harekete geçtikten sonra manyetik ortamda stator AC gerilim oluşturur. Bu manyetik ortamda yalnızca rotor yada yalnızca mıknatıs kullanarak AC gerilimde oluşturabilir. İndüksiyon jeneratörlerde veya asenkron jeneratörlerde manyetik ortamı oluşturmak için indüksiyon yöntemi yapılarak oluşturulur diğer jeneratörünlerde farklı olarak sabit frekans ve hız oluşmaz. Hemen hemen çoğu zaman sabit olmayan hızlı motorlar kullanılır.

2.8. Kullanım Amacı

Jeneratör parçalarının ana amacı ek güç kaynağı olarak kullanılır. Enerji kesilmesi durumunda hem teknolojik hem de stratejik açıdan önemli bölgeler olan askeri bölgeler hastaneler bilişim teknoloji kurumlar gibi yerler ek güç kaynağı şeklinde birçok kullanımlı şekli olarak senkronizasyon sistemler birlikte uyum şeklinde kullanılır.

2.9. Dizel Jeneratörde Kontrol Cihazı

Jeneratörün kontrol cihazı denilen elektronik ekipman dizel jeneratörün otomatik çalıştırılması veya çalıştırılması esnasında dizel jeneratörden veya alternatörden veya dışarıdan bağlı olan cihazlardan devamlı verilerin toplanması ve yöneten parçadır. Bu parçalara dizel jeneratörün beyni denilir. Bu parça makine çalışma esnasında devamlı ölçüm değerlerini güncelleyerek kaydı tutulur.



Şekil 2.1. Kontrol cihazı şekli ((Karataş, 2018))

Şekil 2.1.'de kontrol cihaz görselinde dizel jeneratörde ait basınç, yakıt, sıcaklık gibi bilgileri motor çalışması, anlık motor devri bilgisini akü şarjının gerilimi akü voltajın durumu gibi bilgiler mevcuttur. AC alternatöre ait olan PN-PP voltunu izlenen akım gerilimi, şebeke gerilimin harmonik şekli şebeke ve jeneratör fazı üzerinde akan akım değeri nötr üzerinde akan akım değeri ve sistemde çekilen faz başına KVA, KVAR, $\cos\theta$, KW gibi ölçümleri izlenebilir.

Kontrol cihaz paneli izleme ölçüm yapabilir ve aynı zaman sistemi korumak için alarm ve ikaz gibi otomatik önlemler alır. Sistemde düşük akü, KW aşırı yük, şarj arızası gibi uyarı verebilir. Sistemin duruşunu ve sabitlemesini engellemek için belirttiğimiz ön alarm uygulaması bulunmaktadır, örnek olarak düşük ve yüksek motorun sıcaklığı, yüksek ve düşük hız yüksek düşük frekans ve düşük yüksek voltaj düşük yağ basıncı ön-alarmda bulunur.

Kontrol cihazında tanımlanan sistemde dışardan bağlanan donanımın analog ya da dijital giriş/çıkış verileriyle olması gereken güvenli çalışma set değeri içerisinde yazılımla düzenlenmektedir.

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ VE ÇEŞİTLERİ

Çok kriterli karar verme çağımızda bilmeden karar verme süreçlerini yöntemler bütünü temelini oluşturur. Karar verme süresi boyunca maksimum verim ve fayda veren tercihler yaptığımızda hangisinin en çok verim ve fayda analiz yapma alternatifini oluşturur. Böyle olunca da alternatifler çağımızda düşündüğümüzde karar verme süresinde önümüze çıkan bir iki alternatif yerine birçok değerlendirme yapmamız kriterler karşımıza çıkar. Örnek vermek gerekirse tezim konusu olan elektrikli bir dizel motorlu bir jeneratörde farklı elektrik yüklerinde yakıtlar üzerindeki performans analizi yapılırken yakıtı belirlediğimiz amaca göre yakıt seçerken neye dikkat etmemiz gerektiği tercih ederken burada alternatif seçenekler elenir. Böyle olduğunda çoklu karar verme süreçleri boyunca alternatif seçenekler arasında kolay bir şekilde karşılaştırma yapılırken hangisi en fazla verimi verir hangisi çevreyi daha az kirletir motor için hangi yakıtın daha iyi olacağını alternatife yöneliriz. Kararlar verme süresinde sorunun çözümünde hangisi daha çok bilimsel ve mantıksal alternatifler seçim tekniklerinde faydalanılır. İşte bu noktada tamda çoklu ÇKKV dediğimiz daha verimli daha sağlıklı ve daha nitelikli değerlendirme yapabiliriz.

Günümüzde artan çevresel sorunlardan dolayı küresel ısınma çevre kirliliği doğal yaşam alanları azalması gibi daha sayamadığımız birçok nedenden dolayı çevreyi en çok kirleten enerji sektörünü olduğundan dolayı ÇKKV gibi yöntemler daha da önem kazanıyor. Dünyada artan çevresel farkındalıktan dolayı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler çevresel sorunla ilgilenmekte bununla ilgili birçok yasalar yapmaktadır. Bu da enerji sektörünü daha da kısıtlamaktadır. Enerji sektörü de bu ve bunun gibi birçok etkenden dolayı karar alma süreçlerinde doğru yöntemi kullanması gerektirmektedir.

Karar alma süre boyunca enerji sektörü dönemsel veya ileride hangi sorun ile karşılaşma adına durumu incelemek ve en doğru ve en nitelikli karar verme açısından kendilerine göre belirttikleri kriterlere göre çeşitli analiz seçeneklere gerek duymaktadır. Bu ve bunun gibi etmenlerden dolayı çoklu karar verme de eldeki verilerin değerlendirmesinde bilimsel teknik kullanmak daha objektif sonuçların bulunmasında sağlamaktadır. Bu süre boyunca çeşitli etmenler göz önünde bulundurması en uygun tekniğin uygulanması çok önemlidir. Bundan dolayı bu süre boyunca karar alınırken

ÇKKV yöntemi bu konuda yöneticilere çok geniş imkanlar sunmaktadır. Yöneticilerde bunu çok kullanmaktadır (Soner ve Önüt, 2006).

Ek olarak da yeni müteşebbislerde ve yatırımcılar yeni seçenekleri göz önünde bulundururken doğru karar vermek için ÇKKV yöntemi kullanır.

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Çeşitleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri iki farklı açıdan değerlendiren birçok araştırmacı ele almıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKV) ilk farklılık “Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)” (Multi-Objektive Decision Making - MODM) iken diğeri “Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV)” (Multi –Attribute Decision Making- -MADM) dir. Karar konu olan problemin amaçsal ve niteliksel değerlendirmesi bulunan tasarım ve seçim sorunu kullanılmaktadır (Hwang ve Lin, 2012).

Tablo 3.1’de aşağıda çoklu karar verme yöntemlerinin maliyet sınıflandırması gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Üretim için seviyelendirilmiş maliyet verileri (Çınar, Y. (2004).

Çok Kriterli Karar Verme	Çok Nitelikli Karar Verme	Çok Amaçlı Karar Verme
Kriterlerin Tanımlanması	Nitelikler tarafından	Amaçlar tarafından
Amaçların Tanımlanması	Örtlük/Zımnî olarak	Açık/Belirgin olarak
Niteliklerin Tanımlanması	Açık/Belirgin olarak	Örtlük/Zımnî olarak
Kısıtlılıklar	Aktif değil	Aktif
Alternatifler	Sonlu sayıda	Sonsuz sayıda
Karar Verici ile Etkileşim	Çok fazla değil	Sürekli
Kullanım Amacı, Problem Türü	Seçim/Değerlendirme	Çoğunlukla

3.2. Karar Verme Kavramı ve Karar Tipleri

Karar vermek bir problemde veya bir konuda nihayete erdirmektir. Hayatımız boyunca hemen hemen her konuda karar vermek veya seçim yapmak durumundayız. Hayatımız boyunca hemen hemen her konuda sezgisel karar vermek durumunda kalıyoruz. Fakat kriterler ve alternatif durumların fazla olduğunda birçok uzman görüşüne

başvurmak ihtiyacı doğuyor. Yaşam boyunca hayatta kalma ve gelecek öngörüsü adına karar verme süreci çok önem arz etmektedir. Karar verme hayatımızın dışında da finansçıların ve müteşebbislerin işletmecilerin şirketlerin gelecekte de hayatta kalma adına bilimsel verilerden de yardım almak durumunda kalmıştır.

Karar verme yönetim olarak istediği şekilde son buldurmak ve hedeflerine ulaşmak adına alternatifler arasında en uygun seçimi yapmak sürecidir. Hedeflenen hedefe ulaşmak için gerçekleşmesi için yönetim ve planlanan çevresinde karar vermekle başlar (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Karar vermeyi yönetsel bazda düşünürse uygun kriterle alternatifleri düşünerek hedefe ulaşılır. Değerlendirme kriterlerinde olması gereken kriter üst ve alt kriterler ölçümü olmayabilir veya somutta olmayabilir. Bunlar göz önünde bulundurarak karar verme süreci ayrı bir olarak değerlendirilmiştir. Kriterleri ve alternatifleri kendileri için öncelikli ise bir rehberlik hizmeti sunulmaktadır (Saaty, 2008a).

Karar verme süreç olarak birçok değişkenlik göstermektedir. Bundan dolayı herhangi bir olay karşısında doğru tercih seçmek için uygun şartlara ve yeterli bilgiye sahip olmayabiliriz. Fakat yönetimde bulunan grupların karar verme sürecinde birçok farklı görüş ve farklı seçimler sunacağından dolayı alternatif grupların kriter çeşitlenecektir. Karar verme sürecinden var olan durum ve şartlar çok büyük değer kazanmaktadır. Bundan dolayı karar verirken gelecekte göz önünde bulundurulur. Gelecekte tahmini doğru değerlendirmek üzerine verilen kararın çok büyük bir değer kazanmaktadır. Bundan dolayı karar verme yetkisine sahip olan yöneticilerin risk ortamlarında veya belirsizlik veya belirlilik ortamında baş başa kalmaktadır (Uygur, 2016).

Belirlilik halinde karar verme: Her şeyin belli olduğu kara problemdir. Seçimler ve seçim alternatifi ve sonucu bellidir.

Risk halinde karar verme: Probleme Seçimlerin doğuracak sonuçların olasılıkları bellidir. Karar problemlerinde diğer alternatiflerin belli olmadığı durumdur.

Belirsizlik halinde karar verme: Karar probleminde ilgili olayın, alternatiflerin ve olasılıkların belli olmadığı durumlardır.

Karar verme durumunda olan yöneteciler karar verirken bulunduğu durum ve o andaki şartlar ve gelecekte ne gibi sonucu olacak durumunda olmasından dolayı çok önemlidir. Bundan dolayı karar verirken süreci çok iyi yönetilmesi gerekir. Durumu iyi bilmesi getirilerin ve götürülerin çok iyi anlaşılması gerekir.

Bu durumu daha iyi tanımak için karar verme süreci aşağıdaki şekilde gibi yapılabilir (Akat vd., 2002):

Karar verme sürecinde maliyet durumudur. Bu maliyet durumu Karar alınırken toplanacak verilerin ve analizlerin yapılması esnasında oluşur.

Karar verme süreci geleceği öngörür. Bundan dolayı gelecekte ne gibi bir durumun olacağını ne konuşulacağı ne gibi durumların ortaya çıkacağı göz önünde bulundurulur. Bundan dolayı vereceği kararın gelecekte ne gibi bir ses getirecek durumunun önemli şekilde değerlendirmesi gerekir.

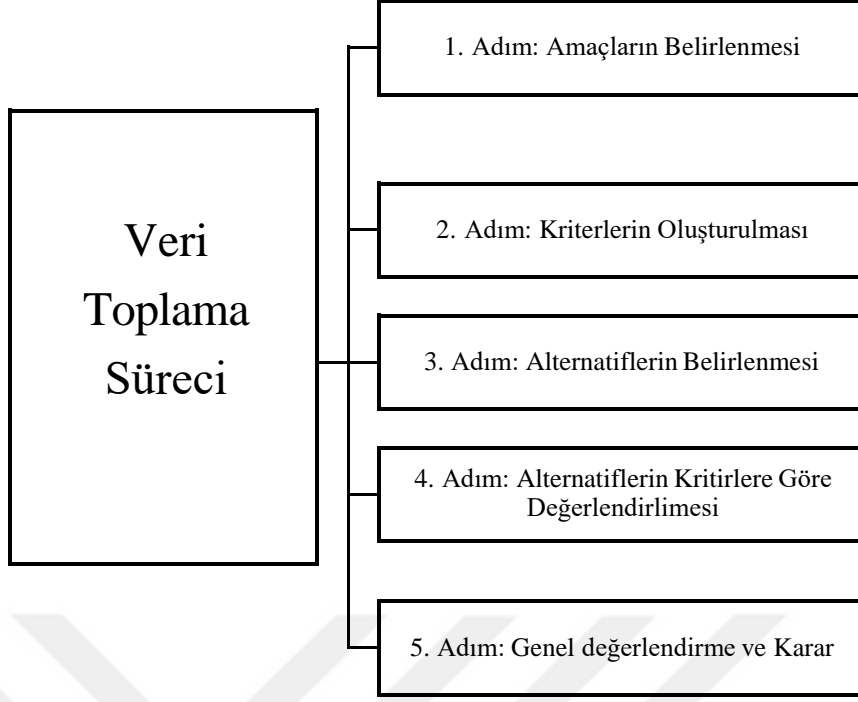
Karar verme süreci problemi başlatır. Var olan durumdan gelecekteki duruma geçmesi için alınması gereken kararın problem sürecini başlatır.

3.3. Çok Kriterli Karar Verme Süreci

Çoklu karar verme süreci birden çok seçenektan tek seçeneği düşürme işlemidir. Bu süreci yaklaşırken yavaş yavaş takip edilen adımlara karar alma süreci diyoruz (Osuri ve Gade, 2014).

Karar alma süreci en sonunda bir sonuç almayı gösterir. Süreci başlatan durum karar vericiler problemin ortaya çıktıktan sonra başlar. Karar verme sürecine konu olan sorunun tercihlerin ve seçimlerin belirleme dışında konuyu daha derine inerek kriterlerin ve alternatiflerin analiz ederek karar vermek gerekir.

Bu karar verme süreci Şekil 3.1'de aşağıda gösterilmiş beş aşamada gösterebilir (Kocamustafaoğulları, 2007).



Şekil 3.1. Veri Toplama Süreci

Bu bölümde 5 aşamada aşağıda belirtmiştir.

Amaçların belirlenmesi: Karar vericiler hedeflediği amaçlar ulaşmak ve geleceğe atılan adımları iyileştirme ve geliştirmeyi hedeflemektir. Herkesçe anlaşılması için gerçeğe uygun, ölçülebilir ve açık nitelikte olmalıdır. Sürecin kısa olmasından dolayı amacı belirlerken yakın orta ve uzun vadede olmalıdır.

Kriterlerin oluşturması: Kriter belirlerken amaca yönelik olması en önemli unsurdur. Karar problemin minimal yapısı ve ölçülebilir olması gerekir ve en iyi şekilde çözüme nasıl ulaşılır şekilde olmalıdır.

Alternatiflerin belirlenmesi: Karar problemiyle ilgili olarak birçok seçenek önceden bilinir fakat olası seçimlere ve şartlara göre birçok yeni seçenek belirlenebilir.

Alternatiflerin kriterlerine göre değerlendirilmesi: Seçenekler her adımın bir kriter üzerinde değerlendirilmelidir ve hangi uygulanabilir bir metotla arasında ilişki karşılaştırabilmesi gerekir ve veriler sayısal olmaması durumunda veriler sayısal veri olarak dönüştürebilir.

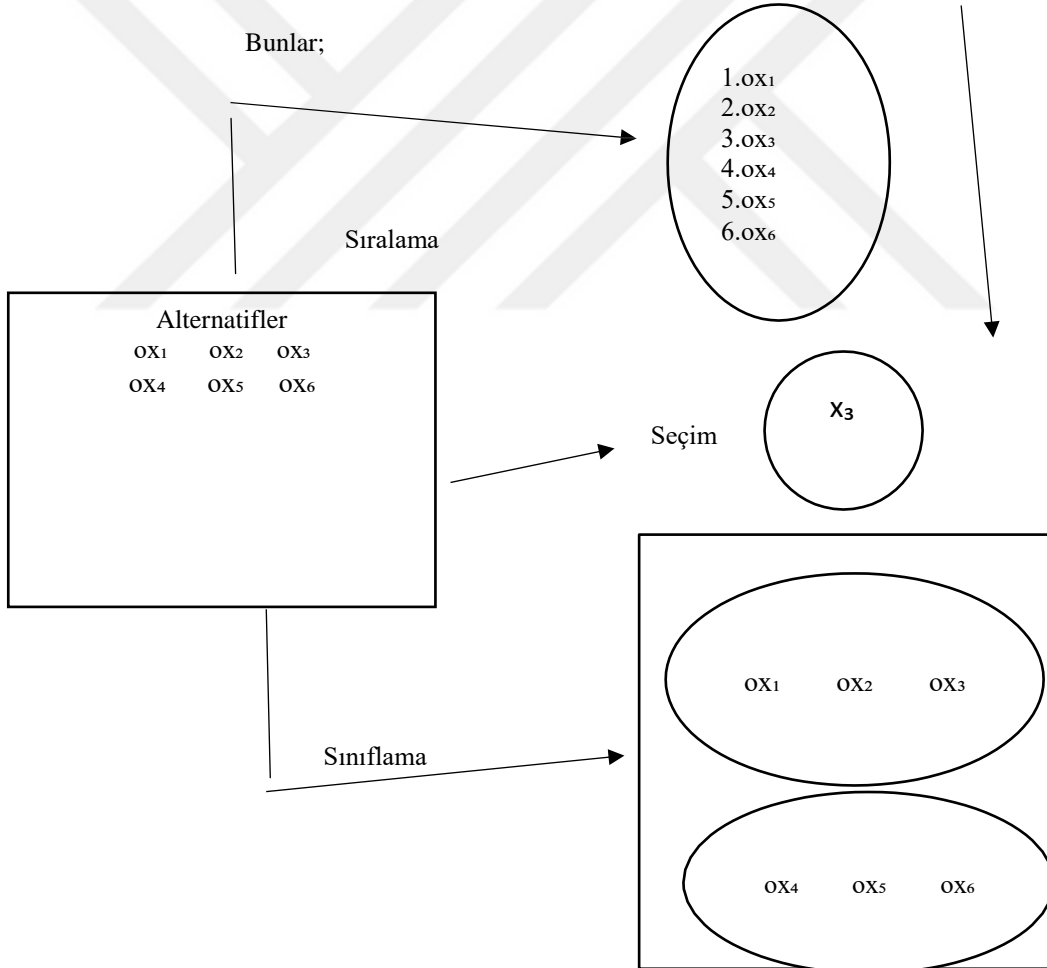
Genel değerlendirme ve karar: Belirlenen kritere göre seçeneklerin birbirine göre önem ve ağırlıkları hesaplanır ve karar vericinin istediği şekilde değerlendirmesine uygun şekilde sunulur.

3.4. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri

Çoklu kriterli karar verme problemin ortaya çıkması için birden çok seçenek durumun oluşması lazım ve bu seçeneğin birden çok çelişen yöntemin olması lazım ki bu problem ÇKKV yöntemiyle çözülsün (Ersoy, 2020).

Karar vericiler ÇKKV problemi ortaya çıkması durumunda ilk hedefi problemin hedefi ve amacı değerlendirilmeli ve belirlenmesi gerekir. (Gök, 2015).

ÇKKV problemi aşağıdaki gibi Şekil 3.2' de üç ana başlıkta incelenir.



Şekil 3.2 ÇKKV Problem Çeşitleri Kaynak: Wang, T. (2015).

-Sıralama problemi: Hemen hemen her problemde kullanılan eleme yöntemi kötüden iyiye büyükten küçüğe gibi birçoğu çizilen amaca göre sıralanır.

-Şeçim problemi: Birçok alternatifin olduğu birbiriyle kıyaslamının zor olduğu durumunda en iyi şeçim ve alternatifin bulunması için yapıldığı durumdur. Bu problem türünde hedef, alternatifin en iyi doğru grup içerisinde şeçime dayanmaktadır.

-Sınıflama problemi: Belirli kriterler ve tercihler ışılıtısında tercihler kümesinde elenerek belirleme esasına dayanır (Turan, 2018).

Belli modeller kapsamında belirlenen kriterler ağırlıklarına göre uygulanan yöntem, ÇKKV, CRITIC, SAW, AHP, yöntemlerinden MACBETH COPRAS, MOORA ELECTRE, VIKOR, PROMETHEE TOPSIS, ENTROPİ ve ARAS gibi şeçim yöntemleri ve ağırlıklandırma yöntemleri arasında en uygun şeçimi yapmak ve en önemli aşaması ise karar verme süreçleridir. Buraya en sonda ÇKVV yöntemlerinden ARAS ve kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden ENTROPİ yöntemleri çalışmamızın “Yöntem” kısmında ayrıca açıklanacaktır.

3.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

1960’lı yıllardan itibaren çok kriterli karar verme yöntemi gerek kurumsal analiz gerekse kişisel analizlerin zorunluluğundan dolayı hemen hemen birçok alanda yaygın şekilde günümüze kadar kullanılmaktadır. Alternatifleri bulunması durumunda finans, bankacılık mühendislik, endüstriyel ve politik karar probleminde gibi birçok alanda kullanımı pratikliği sayesinde çabuk sonuca ulaşabilmesinin kolay olmasında dolayı birçok alanda analiz kaynağın temel olarak kullanılmıştır. Bu yöntemler aşağıda bazıları açıklamıştır.

3.5.1. Electre (Elimination and Choice Translating Reality) Yöntemi

İlk kez 1966 yılında Roy ve Beneyoun tarafından kullanılan electre yöntemi (Elimination and Choice Translating Reality) ÇKKV yöntemi ile kullanılmıştır.

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde olan electre yöntemi alternatiflerin arasında karşılaştırma yapmaya dayanan yöntemleridir.

Electre yöntemi karşılaştırma sonucu en iyinin tercihi belirlemek ve öne çıkan sonucu karar veren kişilerin kıyaslama sonucu ile öne çıkan sıralama tutulan ve sıralama arasından en iyiden en kötüye doğru sıralamasıdır (Urfalıoğlu ve Genç, 2013).

Alternatifleri birbiriyle kriterlerle değerlendiren electre yöntemi önem sırasına göre uyumsuzluk ve uyum sınırını belirleyen alternatifler arasında uyumsuzluk ve uyum sonucu sorgular (Eryürek ve Tanyaş, 2003).

Alternatif karar noktaları arasında seçilen yöntemlerin ikili arasında üstünlükleri kıyaslayarak sonuca ulaşır. Buna üstünlük ilişkisi denir. Her ölçüt için bir kriter ve önem ölçüsü tespit edilir. Bunun sonucunda önem ölçülerine göre her bir seçenek için bir ağırlık belirlenir (Evren ve Ülengin, 1992).

Electre yöntemi I, II, III ve IV olan matematiksel programlama tekniğidir.

3.5.2. Topsis (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yöntemi

Topsis yöntemi (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 1981 yılında Yoon K. ve Hwang C.L. tarafından geliştirildi. Alternatif seçimler arasındadır. Burada en kısa mesafe negatif ideal çözümden en uzak mesafe pozitif ideal çözüm seçilmesidir (Özer vd., 2010).

Genel itibarıyla Topsis yöntemi Electre yöntemin yaklaşım tarzını kabullenmiştir. Topsis yöntemin çözümü süresi Electre çözüm süresine göre daha kısadır (Sakarya vd., 2015).

Topsis yöntemi niteliklerin bağımsız hareket etmesinden dolayı oldukça kullanışlı bir programdır. Topsis yöntemin kullanılması karar problemin rakam taşınması aynı zamanda maliyet ve fayda kriterini hareket özellikleriyle ölçülebilir (Behzadian vd., 2012).

3.5.3. Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) Yöntemi

1982 yılında Brans ve arkadaşlarıyla birlikte Promethee yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), geliştirildi. Bu yöntem her kriter için ikili olarak karşılaştırma yaparak öncelik belirlemek amacıyla kullanılır. Değerlendirme yapılarak farklı alternatifleri farklı kriterlerin örneğin alternatif x1'in x2'ye göre karşılaştırma yaparak tercih edilmesi gücünü gösterir (Rao vd., 2010).

ÇKKV yöntemi ile karşılaştırıldığında, promethee yöntemi daha kolaydır. İki tip veri olması durumunda Promethee yöntemi karar vericinin önem ağırlıklarına göre belirlediği kriterler her alternatifin tercih edilmesidir (Dinçer vd., 2017).

Bu yöntem uygulanması için değişim fonksiyonu için her bir kriter meydana getirilir. Negatif değerler zayıf iken pozitif değerler daha baskınlı gösterir. Bu süre zarfında bu yöntem uygulanırken Promethee I adımıyla seçenekleri sıralar. Seçenekler arasında baskın değerler yani pozitif değerler bir ve birden fazla çıkarsa II adım karar vericiye yardımcı olur (Akkaya ve Demireli, 2010).

3.5.4. Vikor (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) Yöntemi

İlk olarak 1988 yılında Tzen ve Opricovic tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinde olan Vikor Yöntemi (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), kullanılmaya başlandı (Dinçer vd., 2011).

Çok kriterli karmaşık sistemlerin optimizasyonlarında Vikor Yöntemi kullanılır. Bu yöntemde ağırlıklı karar aralıkları uzlaşma sıralama listesi uzlaşma çözümü belirlenir. İlk ağırlıkları tercih edilen uzlaşma çözümünde elde edilmiş olur. Vikor Yöntemi çatışma ve sıralama olduğunda alternatif kümesi kriteri yapılarak oluşturulur. Bu yöntemi kullanmak için temel alınan yakınlık ve ideal çözüm ölçüsünü için bir indeks (dizin) meydana getirilir. Oluşturan alternatiflerin değerlendirildiği düşünülerek her fonksiyon kriterine göre ideal alternatif yakınlığı ölçmek için uzlaşma karşılaştırması yapılarak bulunur (Opricovic vd., 2004).

Topsis ve AHP yöntemlerinde farkı olan Vikor yöntemi sıralamada 1' en yakın olan değil 1'e en uzak olanın tercih edilmesi sıralamaya göre en uygun olan tercih edilir.

Bundan dolayı sıralama yaparken 1'e en uzak değil en yakın tercih edilir. Yani en düşük olan tercih edilir (İpeksaç, 2014).

3.5.5. Moora (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) Yöntemi

Bu yöntem ilk olarak 2006 yılında Edmundas Kazimieras Zavadskas ile Willem Karel M. Brauers tarafın Moora yöntemi (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) Cybernetics and Control ismi olarak bilinmektedir. Buna ek olarak Moora-Tam Çarpım Formu, Moora Oran Yöntemi, Moora-Önem Katsayısı, Multi-Moora, Moora-Referans Noktası Yaklaşımı ve Moora Oran Yöntemi gibi çeşitli yöntemlerde geliştirilmiştir. Bu yöntem çeşitleri en çıkan başlıca yöntemleri aşağıda belirtilmiştir (Ersöz ve Atav, 2011):

-Alternatifler ile amaçlar hepsi tam olarak bir bütün şekilde ele alınarak değerlendirilmesi,

-Karar probleminde alternatiflerin ve amaçların dikkate alınarak değerlendirilmesi,

-Amaçlar hedefinde öznel olmayan değerlerin dikkate alınması gerekir. Öznellerin dikkate alınmaması gerekir.

Moora yöntemi amaçlanan alternatiflerin oran matrisi oluşturularak karar problemin çözümüne başlatılır. Birden çok hedefli optimizasyon işlemi için bir referans noktası alınarak işlem başlatılır. Başlatılan işlem önem katsayısı sıralamasına göre en uygun olan tercihte bulunur (Brauers ve Zavadskas, 2006).

3.5.6. Copras (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis) Yöntemi

1966 yılında kullanılmaya başlanmıştır. İlk kullanan Zavadskas be Kaklauskas'tır. Copras yöntemi (Complex Proportional Assessment), ÇKKV yöntemlerinden en çok kullanılan yöntemlerden biridir. En iyi alternatif çözüme odaklı olan ve bir çok sayıda karar problemlerinde rahatlıkla uygulanabilen yöntemidir (Yazdani vd., 2011).

Copras Yöntemi AHP ve TOPSİS ve benzeri gibi birçok ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırıldığında uygulanan adımlar daha kolay ve daha kısadır bundan dolayı hem

minimize hem maximize edilmek istenmesi ve istenilen kriterleri ayrı ayrı hesaplayabilmektedir. Seçeneklerin yararlı derecelerine bakarak karşılaştırma yapabildiği gibi yüzde olarak da gösterebildiğinden dolayı incelenme olasılığı bulunur. Bu yöntem sayesinde karar probleminde hem nitel hem nicel olarak uygulanabilir (Mulliner vd., 2013).

3.5.7. Macbeth (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) Yöntemi

1990'lı yıllarda macbeth yöntemi (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), J.M De Corte J.C. Vansnick C.A. Bana e Costa tarafından geliştirildi. Macbet yöntemi ortaya çıkmasının sebebi nitel karar probleminin nicel karar problemine dönüştürme ihtiyacından ortaya çıkmasıdır. Bu yöntem kolay anlaşılın diye nitel problemi nicel olarak adlandırılan doğru sonuca varmak adına "güçlü" ve "zayıf" şeklinde kolay anlaşılması için Macbeth yöntemi oluşturuldu (Costa vd., 2003).

Macbet yöntemi birçok kullanıcı açısından diğer karar verme yöntemleriyle benzer özellikler göstermiştir. İkili karşılaştırıldığında diğer yöntemlerde olduğu gibi karşılaştırma sonuçlarını göstermeye dayanır. Diğer ölçekler oran ölçeği kullanırken Macbet yöntemi ise diğerlerinden farklı olarak aralıklı ölçek kullanılır (Burgazoğlu vd., 2018).

3.5.8. Critic (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) Yöntem

Bu yöntem Diakoulaki vd. tarafından 1995 yılında yapılan çalışmayla kazandırılmıştır. Critic Yöntem (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation), karar aşamasında ÇKKV yöntemlerinin kriter derecelerinin önemine göre nesnel belirlemek için kullanılır.

3.5.9. Entropi Yöntemi

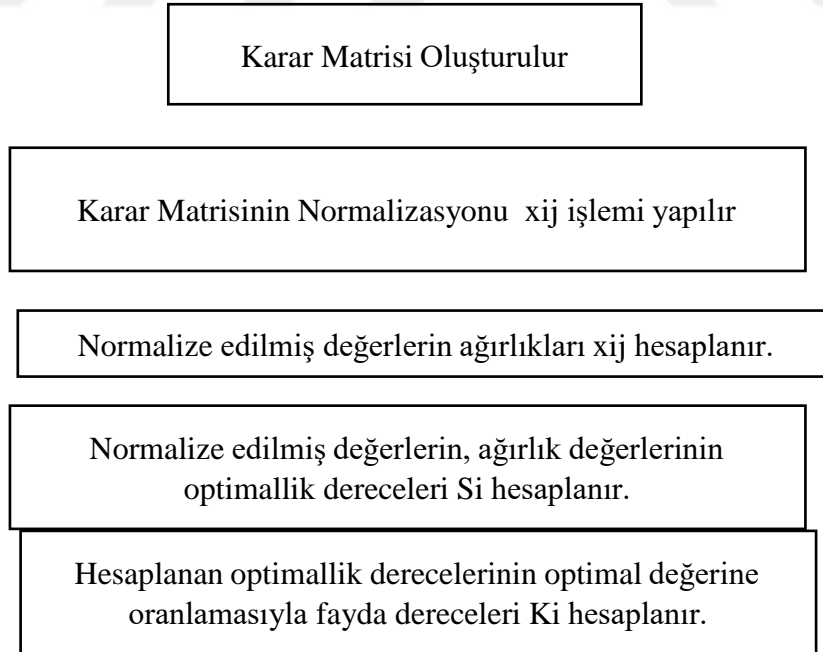
ÇKKV yöntemlerinden olan Entropi yönteminde kriterler sıralanırken önem düzeyine göre belirlenir. Bu yöntemin öne çıkmasının en iyi yanı kullanıcı değerlendirme yapmadan kriterleri objektif sıralamasını önem düzeyine göre yapar. Burada yalnızca karar matrisi oluşturularak değerlendirme yapmak için yeterlidir. Bundan dolayı çok basit bir ÇKKV yöntemidir (Demircioğlu ve Çoşkun, 2018).

3.5.10. Aras (Additive Ratio Assesment) yöntemi

ÇKKV probleminde çözümü için E.K Zavadskas, Sliogeriene ve Zurskis tarafından yeni bir yaklaşım olarak literatüre sokulan Aras yöntemi (Additive Ratio Assesment) entropi gri teori tabanlı ve bulanık mantık olarak çalışabilir (Zavadskas ve Turskis, 2010).

Aras yönteminde karar kriteri fayda değerini alternatif değerler ile karşılatırır (Shariati vd., 2014, s. 411). Bu yöntemde ideal olarak belirlenen kriterler alternatif performans değeri ile analiz edilerek karşılaştırılır (Zavadkas vd., 2010, s. 127). Örnek olarak bir kriterin optimal değerinin 10 olduğu varsayımı altında en büyük skorun ise 9 olduğu hesaplanmışsa, kriterin optimal değeri diğer yöntemlere kıyasla 1.0 olarak değil 0.9 olarak kabul edilir ve böylece objektiflik korunmuş olur (Ecer, 2016, s. 91). Aras yöntemi incelenmesi aşağıdaki adımlar gibi yapılmaktadır (Stanujkic ve Jovanovic, 2012, ; Dahooie vd.,2018; Balezentiene ve Kusta, 2012).

Bu yöntemin incelenme aşaması Şekil 3.3'de aşağıda kısa bir şekilde açıklanmaktadır.



Şekil 3.3. Aras Yönteminin Analiz Aşamaları

Adım 1: Karar Matrisini Oluşturma:

Bu yöntemde, diğer çoklu karar verme yöntemleri gibi Eşitlik (3.1)'de ki gibi karar matrisi oluşturulur.

$$X = x_{01} \quad (3.1)$$

Bu oluşturulan matris için n tane değerlendirme m tanede alternatif kriterden meydana gelmiştir. Kritere ait referans değeri yoksa yada bilinmiyorsa optimal değer hesaplanması için Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) kullanılır. Bu karar matrisini oluşturan x_{ij} değerlerinde, i. tane alternatif kriterinde j tane değerlendirme kriteri oluştuğunu gösterir. (j, değerlendirme kriteri sayısı j= 1,2,3 ,n i ise karar alternatif sayısı

$$i = 1,2,3 \dots, m).$$

En iyi değerlendirmenin hesaplanması için Eşitlik(3.2) ve Eşitlik(3.3) aracılığıyla hesaplanır.

$$x_{0j} = \max_i x_{ij} \quad (3.2)$$

$$x_{0j} = \min_i x_{ij} \quad (3.3)$$

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu (X_{ij}):

0 ile 1 aralığındaki kriterleri standart hale getirme işlemine normalizasyon işlemidir. Bundan dolayı farklı kriter değer ölçeği farklı olan aynı boyutta incelenebilir. Eşitlik(3.4) Eşitlik(3.5) normalizasyon hesaplanır.

Maksimum kriterleri için:

$$X_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (3.4)$$

Minimum kriter için:

$$X_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=0}^m 1/x_{ij}} \quad (3.5)$$

Adım 3: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi (X_{ij}) Elde Edilmesi:

Kriterlerin normalize edilmiş değeri normalizasyon işleminden sonra ağırlıklandırma işlemi yapılır. $0 < w_{ij} < 1$ koşulu kritere ilişkin normalizasyon değeri olması gerekir (Zavadskas ve Turskis, 2010). Eşitlik(3.6) yardımıyla normalize yapılmış ağırlıklar hesaplanır.

$$x_{ij} = x_{ij} w_{ij} ; \quad (i=0,1,2,\dots, m) \quad (3.6)$$

Eşitlikteki x_{ij} j kriteri normalize edilmiş değeri gösterirken w_{ij} ise swara yöntemi ile ağırlığı ifade eder.

Adım 4: Optimallik Fonksiyonun (S_i) Hesaplanması:

Optimalik derecesi normalize edilmiş kriter değeri bu adımda hesaplanır. Eşitlik (7)'deki gibi optimalik derecesi hesaplanabilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (i=0,1,2,3,4,\dots,m) \quad (3.7)$$

S_i , i optimalik fonksiyon derecesidir. Bundan sonra yapılması gereken işlem S_i 'nin değeri S_0 'nın değerine oranlanır. S_i değeri ne kadar yüksekse tercih edilmesi o kadar yüksektir.

Adım 5: Fayda Derecesinin (K_i) Hesaplanması:

K_i fayda derecesi S_i 'nin S_0 'a oranlanmasıyla bulunur. Sıralanırken büyükten küçüğe doğru sıralama işlemi yapılır. Eşitlik (8)'deki gibi fayda dereceleri belirlenebilir.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} ; \quad (i=0,1,2,3,\dots,m) \quad (3.8)$$

Bu işlemler yapıldıktan sonra karar problemin objektif hesaplanması yapılır. Hesaplanma sonucu olarak büyükten küçüğe doğru sıralanır sonra tercih göre seçim yapılır.

3.5.11. Swara (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) Yöntemi

Turskis, Keršulienne ve Zavadka tarafında literatüre kazandırılan Swara(Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) Yöntemi Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi olarak Türkçeye çevrilir. Seçilen alternatiften en önemli kriter ağırlığı daha büyük olandan ağırlı daha düşük olan değere göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Burada önemli olan uzman veya karar verici tarafından değerlendirilen kritere göre önemsiz kriter elenir (İpekçi, 2019).

Bu yöntemi ortaya koyan Keršulienne vd. (2010) göre herhangi bir problem hakkında konusunda uzmanlar tarafından elde edilen bilgiler ışığında bilgiler değerlendirmesi bakımında önem arz etmektedir. SWARA yöntemini en önemli özelliği kriter ağırlıkların belirlenmesinde uzmanlar tarafından değerlendirerek önem derecesine göre belirlenir (Gümüş ve Öziç, 2018). SWARA Yöntemi aşağıdaki gibi adımlar şekilde gösterebilir (Bilge, 2018):

1. Adım: Kriter değerlendirmesine göre en önemliden en önemsiz olana doğru sıralanır.

2. Adım: Her bir kriter için önem derecesine göre belirlenir. Bu doğrultuda, j kriteri için önceki (j-1) kriter ile karşılaştırılır. Keršulienne vd. (2010), s_j ile simgeleştirmiştir ve bu oranı ortalama değer karşılaştırma oranı olarak belirtilmiştir.

3. Adım: Aşağıda gösterilen katsayı (k_j) belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j = 1 \end{cases} \quad (3.9)$$

4. Adım: q_j önem vektörünün eşitliği aşağıda gösterilmiştir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j \\ \frac{x_{j+1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (3.10)$$

5. Adım: Aşağıdaki işlemlerle kriter ait ağırlıklandırma (w_j) hesaplanır.

$$w_j = \left\{ \frac{q_j}{\sum_k^n q_k} \right\} \quad (3.11)$$

Swara Yöntemi kriterlerin önem derecesi belirlenmesinde kullanacak yöntemin kolay olmasından dolayı birçok bilim tek başına ya da başka ÇKKV yöntemleri ile birlikte kullanılır. Swara Yönteminin literatürde bazı çalışma esaslar aşağıda belirtilmiştir;

Turskıs (2011) ile Keršulienė mimar seçim çalışmalarında, kriter ağırlıkların kullanmasında SWARA yöntemi kullanmıştır. SWARA yöntemi ve ARAS yöntemini bir araya getirdikten sonra değerlendirmesinden sonra mimarın seçilmesinde ARAS yöntemin kullanılması daha uygun görmüştür.

Aghdaie, Alimardani, Tamosaitiene (2013) ve Zolfani kullandıkları yöntem VIKOR ve SWARA yöntemidir. Bu yöntemleri de tedarik seçiminde kullanmıştır. Bu yöntemi de maliyet, teknoloji, esneklik ve performans olarak dört kritere dayandırarak birlikte kullanmayı uygun görmüştür. Uygun gördüğü bu çalışmayı test etmek için bir vaka çalışmasında ortaya koymuştur.

Arefi (2013), Bitarafan, Esfahani ve Zavadskas bu dört kişi tünellerde biriken kirli havayı temizlemek için uygun gördüğü alternatif ağırlıkların belirlemek için son seçimini VIKOR ve SWARA yöntemleri ile beraber kullanmıştır.

Turkis (2013), Zolfani ve Zavadskas, ürün üretim ve tasarımında çalışmasında Yin-Yang dengesi (YYB) teorisini kullanmak suretiyle yöntem kriteri olarak SWARA benimsemiştir.

Zavadskas (2013) ile Zolfani yaşadığı iklime göre belirlemek için binaların sürdürülebilirliği sağlamlığı belirlemek için kullandığı alternatif yöntemlerinde SWARA yöntemini benimsemiş ve kullanmıştır. SWARA yöntemiyle belirlemiş olduğu 5 kriteri önem derecelerine göre dikkate almış ve en yüksek ağırlıktan başlayarak sıralamıştır. Bu 5 kriterin COPRAS yöntemi ile değerlendirmiş ve kullanmıştır.

Bahrami (2014) ile Zolfani, ülkenin gelişmesinde en önemli faktörlerinden biride yüksek teknolojidir. Yüksek teknolojinde bahsederken ülkelerin yatırım yapması için hangi sıraya öncelik vermesi göz önünde bulundurarak bir çalışma yapmıştır. COPRAS ve SWARA yöntemleri kullanarak belirlediği kritere göre Nano Teknoloji, Biyomedikal Mühendisliği, Biyoteknoloji ve Mikro Elektromekanik Sistemleri dört ileri teknoloji yatırım için karar verirken ilk sıra Nano Teknoloji olarak belirlemiştir.



4. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde dizel jeneratör setinde kullanılacak dizel yakıtla birlikte alternatif yakıtlar olan biyodizel ve biyoetanolla kullanılarak dizel jeneratör de yakıt tüketimi, efektif verimi, özgül yakıt tüketimi HC emisyonu ve NO_x emisyonu ve motor performansı incelenmiştir. Günümüzde en çok kullanılan alternatif yakıtlardan bazıları biyodizel ve etanoldür. Biyodizelle birlikte biyoetanol-dizel, biyodizel-dizel yakıt karışımı üzerinde birçok çalışma yürütülmüştür.

Uslu (2006) tek silindirli ve direk püskürtmeli bir dizel motorda değişik motor hızlarında (1000-1800 dev/dak arasında) ve 15 Nm ve 30 Nm gibi sabit yüklerde dizel yakıtı ve dizel-etanol püskürtme avans yakıtları denemiştir. Özgül yakıt tüketimi püskürtme avansı değiştiğinde artışı belirtilmiştir.

Erkal (2010) kaynaktaki çalışmada doğal emişli turbo şarjlı dört silindir direkt püskürtmeli bir dizel motorda dizel – etanol karışımli yakıt kullanarak motor performansı incelenmiştir. Alternatif yakıt olarak kullanılan dizel-etanol karışımında özgül yakıt tüketimi artışı görülmüştür.

Çelikten (2004) yaptığı çalışmada indirekt püskürtmeli bir dizel motorda %10 etanol karışımı (E10) ile dizel karışımı yakıt olarak kullanılmıştır. Çalışmasında elde ettiği sonuç dizel yakıt Etanol (10) göre emisyon artışı görülmüştür.

Özsezen (2007) yaptığı bir çalışmada indirekt püskürtmeli dizel motorda, atık palmye yağında elde ettiği biyodizel ile dizel yakıtı test etmiştir. Dizel kullanımına göre biyodizeli sonuçları karşılaştırmıştır. Emisyonu önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir.

Özsezen ve Çanakçı (2009) dizel yakıtı kanola metil esteri ve atık palmye karşılaştırarak test ettiklerinde şu sonuçları elde etmiştir. Kullanılan iki biyodizelin özgül yakıt tüketimi artmasına karşılık motorun verimi ve gücü düştüğü gözlenmiştir. Kullanılan bu iki biyodizelin yakıtın maksimum silindir gaz basıncın üst ölü noktaya daha fazla yaklaştığı, yanma safhası erken başladığı ve tutuşma gecikmesi kısaldığı tespit edilmiştir.

Aydın ve Keskin (2000) yaptıkları çalışmada dizel motorlarda pamuk yağı metil esteri-dizel karışımları kullanılmasında bir sakınca görülmediği tespit edilmiştir. Araçlarda kullanılan yakıt karışımı egzoz emisyon testinde olumlu şekilde geçtiği tespit edilmiştir.

Altun ve Lapuerta (2014) biyodizel üretiminde kullanılan endüstriyel atıkları incelemiştir. Endüstriyel atık yağdan üretilen bu iki biyodizel yakıtın hem ASTM 6751 hem de EN 14214 kabul gören standartları sağladığı tespit edilmiştir.

Behçet ve ark. (2015) yaptığı bir çalışmada atık hayvansal yağdan elde ettiği bir biyodizeli %20 oranında dizel yakıtla karıştırmıştır. Bu biyodizel yakıtı dizel motorda kullandığında petrol dizeline göre çevreyi daha az kirlettiği tespit edilmiştir.

Doğru ve ark. (2013) dizel motorlu bir traktör motorunda yaptığı bir çalışmada kanolu ve etanol yağında ürettiği biyodizeli ve dizel yakıtı test etmiştir ve şu sonuçlara varmıştır. Dizel motorda dizel yakıtı etanol veya biyodizel eklenmesi motorun performansı düştüğü gözlemlenmiştir.

Rakopoulos ve ark. (2011) dizel motorda mısır, ayçiçek, pamuk ve zeytinyağı ile dizel yakıtı motor performansı test etmiştir. Yüksek viskoziteli bitkisel yağları viskozitenin azaltmanın en ekonomik yöntemin dizel yakıtta küçük oranda karıştırmam olduğu vurgulanmıştır. Buradan yola çıkarak ham olan bitkisel yağları %10 ve %20 oranlarda bir dizel yakıtla karıştırmıştır. Yaptığı bu çalışmada tüm yük kademelerinde ve devirlerde özgül yakıt tüketimi dizel yakıtın değerlerine yakın olduğu tespit etmiştir.

Keskin ve ark. (2007) kağıt fabrikasında atık yağ olan tall yağında biyodizel üretmiştir. Ürettiği biyodizeli ile bir çalışma yapmıştır. Direk enjeksiyonlu tek silindirli bir dizel motorda biyodizel dizel yakıtı %80 oranında karışımı test etmiştir. Dizel yakıtla kıyaslandığında biyodizelin yakıt tüketimi artmasına karşılık performans değerleri pek fazla değişmediği görülmüştür.

Altun ve ark. (2011) direk püskürtmeli, dört silindirli doğal emişli bir dizel motorda tam yükte dizel yakıtı biyodizel–dizel –etanol (BDE) yakıtları B20 ile simgelenen biyodizel-dizel yakıtı ile deneysel bir çalışma yapmıştır. Biyodizeli atık yağdan elde etmiştir. Atık yağdan elde edilen biyodizeli dizel yakıt ile karşılaştırmıştır. Yaptığı bu çalışmada biyodizelin dizel yakıtı göre özgül yakıt tüketimi artışı tespit edilmiştir.

Rosa ve ark. (2014) dizel motorlu bir jeneratörde petrol kökenli dizel yakıtı ve crambe yağında elde ettiği biyodizel ile bir çalışma yapmıştır. Farklı yük kademelerinde yaptığı bu çalışmada biyodizel ile dizel yakıtın efektif verimi ve özgül yakıt tüketimi hemen hemen birbirine yakın olduğu tespit etmiştir.

Valenta ve ark. (2010) bir dizel motorlu jeneratörde yaptığı çalışmada dizel yakıtı, castor ve soya yağında elde ettiği biyodizeli karıştırdığında şu sonuçlara ulaşmıştır. Yaptığı çalışmada dizel yakıtın içerisindeki biyodizel oranı ne kadar artarsa özgül yakıt tüketiminin de artışı gözlenmiştir.

Paulo ve ark. (2016) Brezilyada iki silindirli bir motorda atık soya fasulye kızartmasında elde ettiği biyodizel yakıtın %20, %30, %50 ve %70 oranında karışımı test etmiştir. Ayrıca Brezilyada %5 biyodizeli ticari olarak satılmaktadır. Yapılan deneyde bu dört biyodizel yakıtın en iyi motor performansı %5 ve %30 oranında olduğu tespit edilmiştir. Fakat yakıt tüketiminin en az olduğu %20 biyodizel karışım olduğu tespit edilmiştir.

Silva ve ark. (2013) dizel motorlu jeneratörde tavuk ve sığırdan ayçiçeği ve soya fasulyesinde ürettiği biyodizel yakıtı, dizel yakıtla birlikte aralarında karşılaştırma yaparak test etmiştir. Yaptığı bu çalışmada biyodizel yakıtın verimi ve özgül yakıt tüketimi dizel yakıtı göre daha iyi sonuç verdiği tespit etmiştir. Ayrıca biyodizelleri kendi aralarında da en iyi sonucu birinci ayçiçeği ikincisi ise soya yağı olduğu tespit etmiştir.

Alptekin (2013) direk püskürtmeli, dört zamanlı, altı silindirli turbo dizelde, motorin ve etanol yakıtını ve tavuk ve deri yağında ürettiği biyodizel yakıtlarını test etmiştir. Farklı yük şartlarında ve sabit devirde yaptığı çalışmada etanol karışımli ve biyodizellerin, dizel yakıtı göre özgül yakıt tüketim değerleri daha yüksek çıkmıştır.

Yapılan bu literatür çalışmasında alternatif yakıtlardan dizel-etanol karışımı yakıtın motor gücünün düşmesine karşılık özgül yakıt tüketimi artışı görülmüştür. Dizel yakıt ile biodizel-dizel karışımı alternatif yakıtları kullandığında motor performansında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Fakat yapılan bu literatür çalışmasında dizel motorlu jeneratör setinde yakıt karışımı alternatif yakıtlarında yakıt tüketimi farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Ancak yukarıda verilen literatür çalışmalarından da anlaşılacağı üzere bu yakıt karışımlarının dizel motorlu jeneratör setlerinde kullanılmaları durumunda özellikle yakıt tüketimi ve yanmamış HC emisyonlarında farklı sonuçlar bildirilmiştir.



5. MATERYAL YÖNTEM

5.1. Yakıtlar ve Özellikleri

Yapılacak olan deneyde elde edilen yakıtların petrol ve türevlerinde olan dizel yakıtın (DY) referans alındı. Dizel yakıtların kullanılması ve verileri karşılaştırmıştır. Dizel yakıtlara değişkenlik olarak B30, E10 alternatif olarak biyodizel, dizel yakıt, biyoetanol yakıtlar kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında elde edilen pamuk yağı esaslı atık kızartma yağlarında üretilen biyodizel ve %98.88 saflıkta üretilen biyodizel kullanılmıştır. Biyoetanol mısır fermantasyonunun da elde edilmiş saflığı %98,77 tespit edilmiştir. Biyodizel, biyoetenol ve dizel yakıtlar hazırlanmıştır. Bu yakıtlar hacimsel karıştırılarak %30, %10 ve karıştırılarak B30, E10 ve dizel yakıtlara alternatif yakıtlar hazırlanmıştır. E10 yüzde %10 hacimsel olarak biyoetenol petrol türevi dizel yakıtlar ile kıyaslayarak oluşan bu karışım sıcaklık skalası geniş olduğunda ve stabil olduğunda (lapuerta vd., 2007) buna ek olarak düşük miktarda kullanılan biyoetenol motorda çok fazla bir değişiklik oluşturmaması ve eşit miktarda eklenen biyodizel ekstra oksijen sağlaması gibi çeşitli sebeplerden dolayı ele alınmıştır. Günümüzde alternatif olarak biyoetenolde daha iyi alternatif olarak düşünülen hacimsel olarak dizel eklenerek E10 ile eşit oksijen miktarı elde edilmek istenilmiştir (Armas vd., 2012 lapuerta vd., 2010b). Genellikle düşük oranlarda kullanılan %20'lik biyodizeller karşılık olarak burada %30 oranında biyodizel alkol-dizel karışımı oluşturularak birbirlerine yaklaşık olarak aynı oksijen içeriğine ulaşılacak istenmiştir. Yüzde 30 olarak adlandırılır ve B30 olarak gösterilir. B30 Avrupa tüketilen yakıt olmasına ek olarak (Lapuerta ve diğ.,2010b) petrol dizeline hem motor kullanımında hem de yakıt özellikleri açısından herhangi bir değişime gerek kalmamasından dolayı alternatif yakıt olarak düşünülmüştür (Ali vd., 2016; Millo vd., 2015).

5.2. Motor Performans Parametreleri

Yakıt tüketimi Dijital kronometreli ve 1 gram hassasiyete sahip elektronik terazilerle belirlenmiştir. Belirlenen bir zaman ölçeğinde yakıtın kütle değişimi dijital terazide yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Efektif verim ve özgül yakıt tüketimi (ÖYT) yakıtların ısı değeri birlikte ölçülen yakıt tüketimi ve çıkış gücü hesaplanır. Aşağıda özgül yakıt tüketimi formülü verilmiştir.

$$be = \frac{B}{Pe} * 3600 \quad (6.1)$$

$$be: \text{Özgöl yakıt tüketimi} \quad (6.2)$$

$$B: \text{Yakıt tüketimi (gr/sn)} \quad (6.3)$$

$$Pe: \text{Efektif verim (gr/sn)} \quad (6.4)$$

Efektif verim ise bu formülünden hesaplanmıştır.

5.3. Dizel Motor Deney Seti

Gaziantep Şehit Kamil Paşa sanayi sitesin de doğal emişli, direk püskürtmeli 4 silindirli ve 4 zamanlı 230/400 V elektrikli bir dizel motorlu bir jeneratörde farklı elektrik yüklerinde yakıtlar üzerindeki performans analizi test edilmiştir. Şekil 5.1'de jeneratörün görseli verilmiştir. Tablo 5.1'de aşağıda elektrikli bir dizel jeneratör özellikleri gösterilmiştir. Şekil 5.2'de yakıtların görseli verilmiştir. Tablo 5.2'de aşağıda elektrikli bir dizel jeneratör kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri gösterilmiştir. Aşağıda Şekil 5.3'de otomatik yakıt ölçüm cihazı görseli verilmiştir. Aşağıda Şekil 5.4'de emisyon ölçüm cihazı görseli verilmiştir.

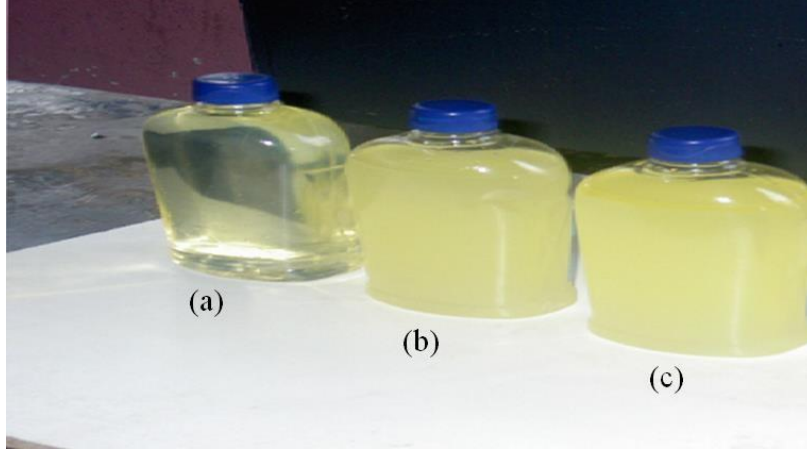
Jeneratörde çıkış gücünü dijital set üzerinde entegre edilen voltmetre ve ampermetre hesaplayarak elde edilmiştir. Deneyde kullanılan jeneratörün fotoğrafı ve teknik özellikleri aşağıda belirtilmiştir. Deneyde sağlıklı veri elde etmek için motor öncede çalıştırılarak ısınması sağlanmıştır. Motor çalışarak 1500 dev/dak karalı hale ulaştığında çıkış gücü %20 olan 3,6 KW, %40 olan 7.2 KW ve %60 olan 10.2 KW deney yapılmıştır. Deney sırasında çoklu karar vermede kullanıldığım ortamın sıcaklığı, yakıtın sıcaklığı ve ortamın nemi kullanılmıştır ve bunların sürekli sabit olması için ve sağlıklı sonuç elde etmek için sürekli dijital gösterge ile kontrol edilmiştir. Kontrol panelinde bulunan gösterge soğutma sıvısının sıcaklığı sürekli okunmuştur.



Şekil 5.1. Elektrikli Dizel Jeneratör

Tablo 5.1 Elektrikli Dizel Jeneratör Özellikleri

Marka ve Model	KJ POWER
Çıkış Gücü	1500 dev/dak
Silindir Sayısı	4
Enjektör sayısı	4
Kullanılan Yakıt	Dizel
Sıkıştırma Oranı	17.2:1
Soğutma Modeli	Su Soğutma
Faz	3



Şekil 5.2.a: Dizel Yakıtı, b: Etanol c: Biodizel

Tablo 5.2 Dizel Yakıtı, E10 ve B30 Yakıtların Özellikleri

Özellik	Biodize	Etanol	Dizel
Kimyasal Formülü	$C_{19}H_{35.2}O$	C_2H_5OH	$C_{12}H_{23}$
Mol Kütlesi	295	46,06	173
C/H oranı	0,25	0,333	0,52
Yoğunluk (kg/m^3)	796	788	835
Isıl Değeri (MJ/kg)	20,11	26,9	43,1
Stokiyometrik oran (H/Y oranı)	6,45	9	14,6
Buharlaşma ısısı (kJ/kg)	1200	960	578
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı ($^{\circ}C$)	470	425	380
Araştırma oktan sayısı (AOS)	108,7	108,6	0
Motor oktan sayısı (MOS)	88,6	89,7	51
Kaynama noktası ($^{\circ}C$)	64,5	78,3	350
Donma Noktası ($^{\circ}C$)	-97,8	-114,3	10
Kinematik Viskozite (mm^2/s , $40^{\circ}C$)	4,3	1,19	2.6-4,1
Buhar basıncı (kPa, $38^{\circ}C$)	32	15,9	45-50



Şekil 5.3. Yakıt Ölçüm Cihazı



Şekil 5.4.Emisyon Ölçüm Cihazı

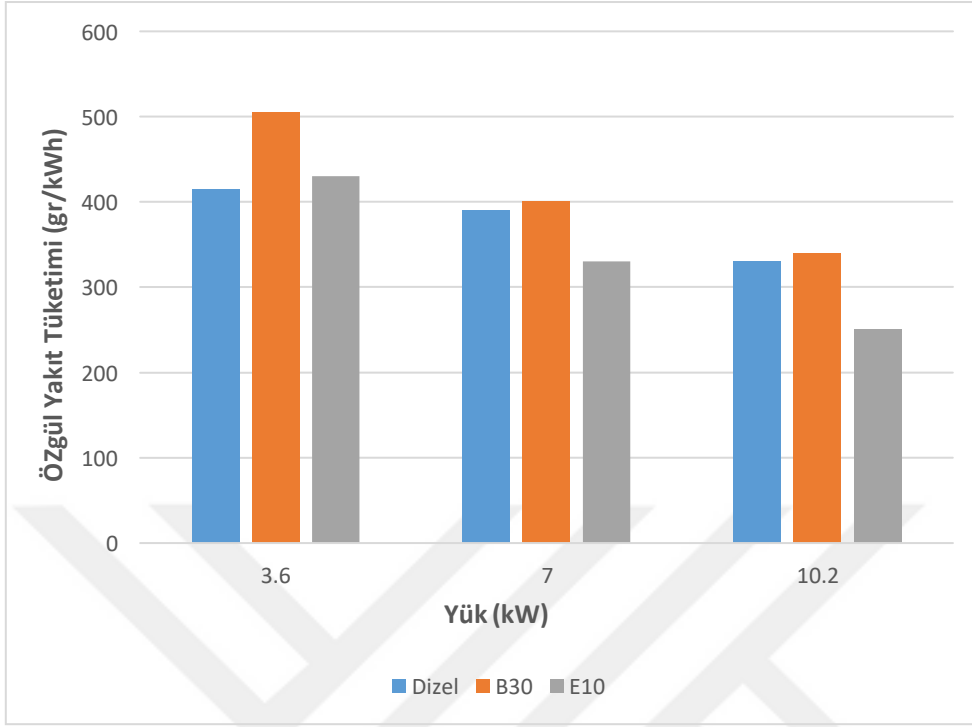
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Burada yapılacak olan araştırma B30 (%30 Biyodizel + % 70 Dizel), E10 (%10 Biyoetanol + %90 Dizel) ve dizel yakıtı (DY) bu üç yakıt deney motorunda 3.6 kW, 7kW ve 10.2 kW üç farklı test aşamasında performans ve yanma değerleri grafik şeklinde gösterilmiştir.

6.1. Motor Performansı

6.1.1. Özgül Yakıt Tüketimi

Yapılan tüm deney yakıtlarında yük artığında özgül yakıt tüketimi azalmıştır. Özgül yakıt tüketimi düşük yükte dizel yakıtı göre artarken yüksek ve orta yükte alkol karışımı kısmen azaldığı görülmüştür. Bunu rağmen B30 biyodizel-dizel yakıtı kullanımı yükün her kademesinde dizel göre özgül yakıt tüketimi artmıştır. 3.6 kW yük şartları altında dizel yakıtı göre özgül yakıt tüketimi B30 için çıkan sonuç %10.55 ve E10 için çıkan sonuç %3.19 oranında ÖYT daha da artığı görülmüştür. B30 yakıtı 10.2 kW yükte dizel yakıtı göre ÖYT %5.7 artığı 7.2 kW göre %7.8 artığı görüldü. E10 için ise %11.9 -%20.1 oranında düştüğü görüldü. Yapılan deneyde yükün tüm kademelerinde B30 en yüksek ÖYT çıkmıştır. 10kW yükte ise E10, 6kW yükte en düşüğü dizel yakıt kullanımı olduğu tespit etmiştir. Dizel yakıtın alternatif yakıtlara göre ÖYT ortalaması göre B30 ortalama olarak %11.9 azalış olduğu tespit edilirken E10 için ise %9 oranında artış olduğu tespit edildi. Bu üç yakıt kendi aralarında karşılaştırıldığında B30 bunlar arasında en fazla ÖYT olduğu tespit edilmiştir. B30 yakıtını 3.6kW yük deneyinde ortalama E10 yakıtına göre %16.9 özgül yakıt tüketimi artış olmuştur. Bu artış oranları 7.2kW ve 10.2kW yükte de gözlenmiştir. Şekil 6.1'de özgül yakıt tüketimi grafikte gösterilmiştir. Dizel yakıtına göre daha düşük ısı değere sahip olan karışımın aynı çıkış gücünü elde etmek için daha fazla yakıtın kullanılma ihtiyacı vardır. Yaptığımız bu deney incelendiğinde oluşan sonuç şudur: ÖYT' nin biyodizel katkılı yakıtlarda artığı görülürken ÖYT alkol katkılı yakıt karışımlarında ise düşüş olduğu saptanmıştır. Yapılan bu deneyde alkol kullanımı yanmayı iyileştirdiği kanaatine varılır.

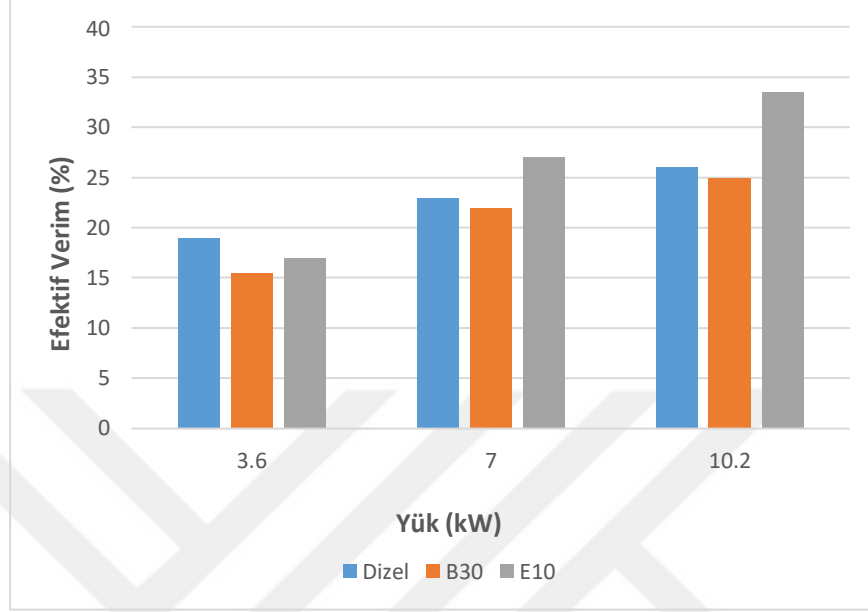


Şekil 6.1. Özgül Yakıt Tüketimi

6.1.2. Efektif Verim

Üç farklı yakıtlarla yapılan deneyde efektif verim artığında motorun çıkış gücünde arttırdığı gözlenmiştir. Dizel yakıtın efektif verimi bütün test kademelerinde B30 alternatif yakıtına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dizel yakıtı E10 3.6 kW ile kıyaslandığında efektif verimi dizel yakıtın efektif verimi daha yüksek çıkmıştır. Ancak 7.2 kW ve 10.2 kW göre dizel yakıtın efektif verimi E10 göre daha düşük çıkmıştır. Dizel yakıtın 10.2 kW ve 7kW efektif verimi E10 için ise %4-%7.3 efektif verimi azalmış olduğu tespit edilmiştir. Aşağıda Şekil 6.2’de farklı güçte efektif verimleri gösterilmiştir.Yapılan bu çalışmada dizel yakıtı alkol eklendiğinde efektif verimi artırmıştır. Alkol ilavesi biyodizelle eklendiğinde aşırı yükte kayda değer bir değişim olmadığı halde biraz düştüğü gözlemlendi. Yapılan bütün test kademelerinde efektif verimi en düşük olan B30 olduğu görülürken en yüksek ise 10.2 kW da E10, 7 kW da E10, 3.6 kW da ise dizel yakıt olduğu görüldüğü tespit edilmiştir. Bu alternatif yakıtların efektif verimin ortalamaları dizel yakıt ile karşılaştırıldığında E10 için ise %3.79 artışı görülürken B30 için ise %1.38 azaldığı saptanmıştır. B30 diğer yakıtlarla kıyaslandığında efektif verimi 3.6kW yükte E10 için ise %2.78 oranında bir azalma olduğu tespit

edilmiştir. 7kW ve 10.2 kW ise daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneyde alternatif yakıtların efektif verimi çıkış gücü artığında ya da artırıldığında efektif verimde artışı saptandı.

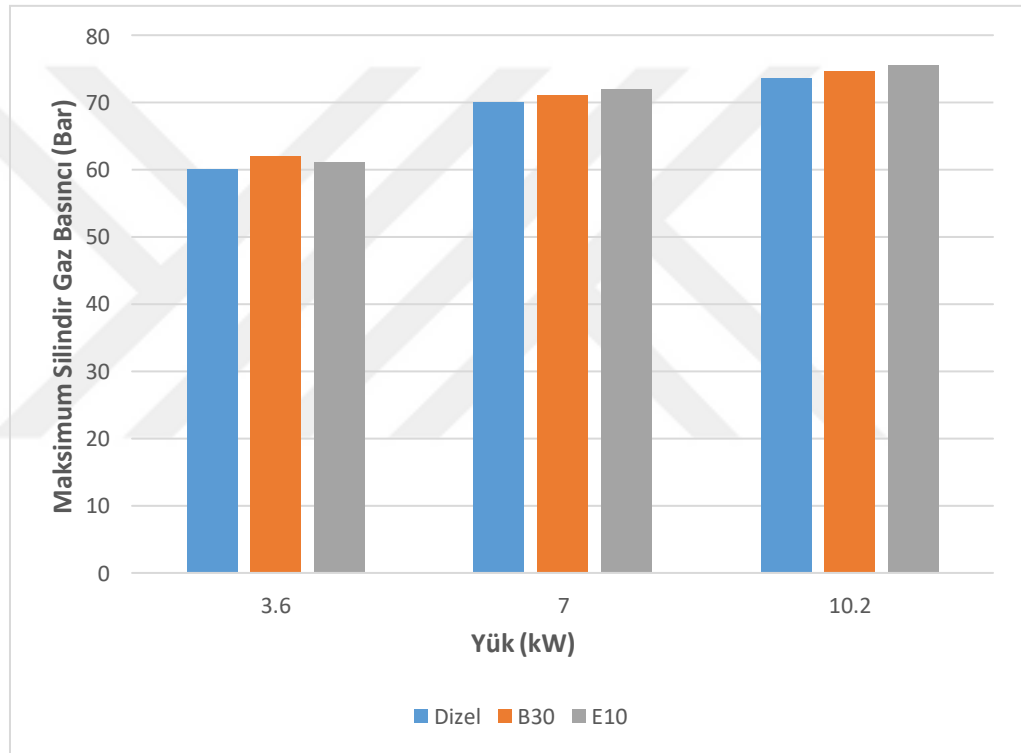


Şekil 6.2. Efektif verim

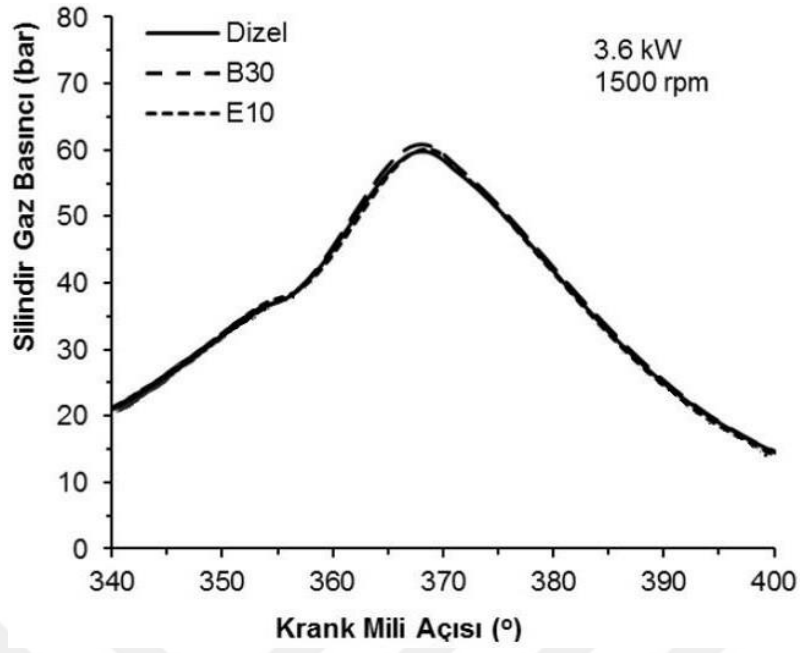
Dizel yakıtı B30 ile kıyaslandığında üç farklı test kademesinde de dizel yakıtın efektif verimi daha yüksek çıkmıştır. Dizel yakıtı 3.6kW yükte E10 karşılaştırıldığında efektif verimi daha yüksek çıkarken fakat 7 kW göre dizel yakıtı E10 ile kıyaslandığında %3.9 oranında daha az çıktığı gözlemlendi. Dizel yakıtı diğer alternatif yakıt ile 10kW yükte kıyaslandığında ise E10 için ise %6.8 daha az çıktığı saptanmıştır. Yapılan bu testlerde efektif verimi dizele alkol eklendiğinde artırdığı tespit edilmiştir fakat biodizel ilavesi ise büyük bir değişim olmadığı ve hatta verimi biraz düşürdüğü gözlenmiştir. 3.6kW, 7 kW ve 10.2 kW yapılan test kademelerinde efektif verimi en düşük olan yakıt B30 yakıtı olduğu tespit edildi. Efektif verimi en yüksek olan 3.6 kW yükte dizel yakıt, 7.2 kW ve 10.2 kW yükte ise E10 olduğu tespit edilmiştir. Dizel yakıtın ortalama efektif verimi E10 ile kıyasladığında %3.79 azaldığı saptanmıştır. Bu sonuçları elde edilmesinde efektif verimin yüksek çıkması yakıtlara alkol eklenmesi buharlaşan alkolün düşük setandan dolayı yakıtın geç tutuşması, silindirin ısı kaybının azaltılması sonucunda ön karışimli yanma evresinde yakıtın daha fazla yanması nedenleri arasında gösterebilir (Di vd., 2009; Li ve hansen, 2005).

6.1.3. Yanma Karakteristikleri

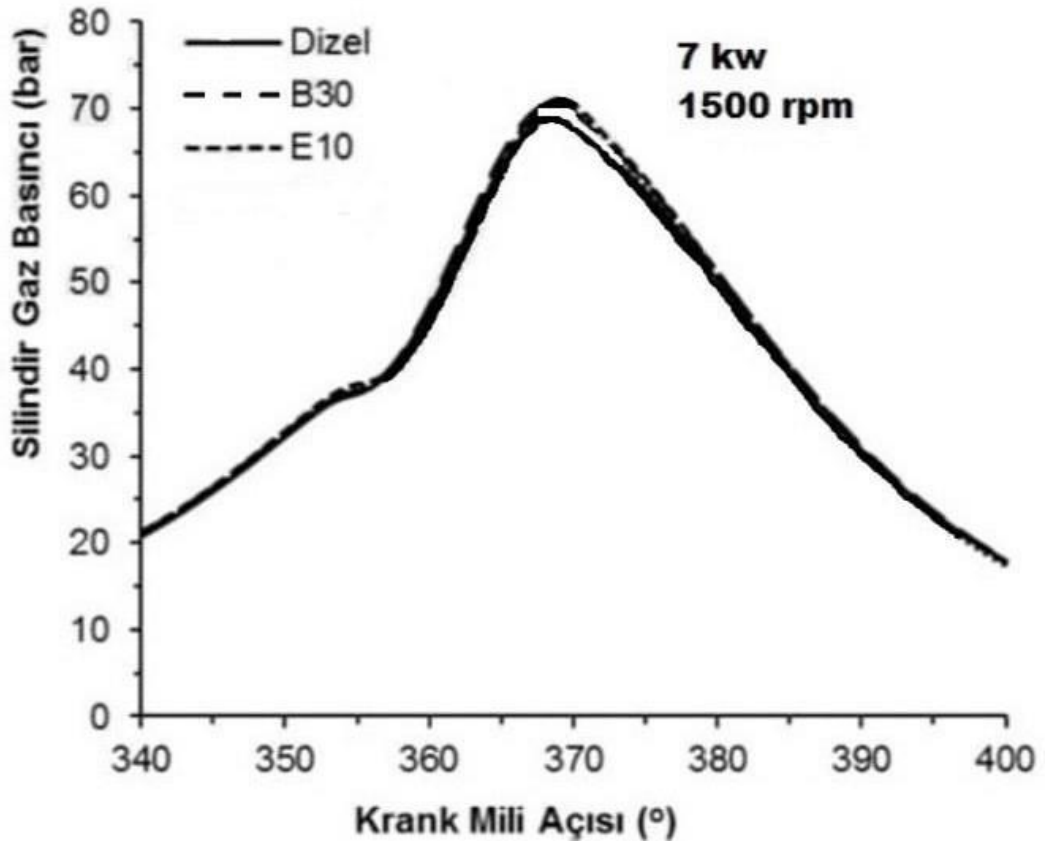
Alternatif yakıtlarla yapılan deneyde silindir gaz basıncı artığı durumunda yükünde artığı görüldü. Alternatif yakıtlar ve dizel yakıtların 3.6 kW, 7 kW ve 10.2 kW 3 farklı yük kademelerinde yapılan deneyde krank mili silindir basıncına göre değişimleri verilmiştir. Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Yapılan deneyde test yakıtlarında silindir basıncı en yüksek olan 10.2 kW olduğu görüldü. Bu üç farklı yük şartlarında en fazla silindir gaz basıncı B30 için 74.9 bar DY için 74.01 bar ve E10 için 75.2 bar olarak tespit edildi. Motor yükü ile maksimum silindir gaz basıncının değişimi gösterilmiştir.



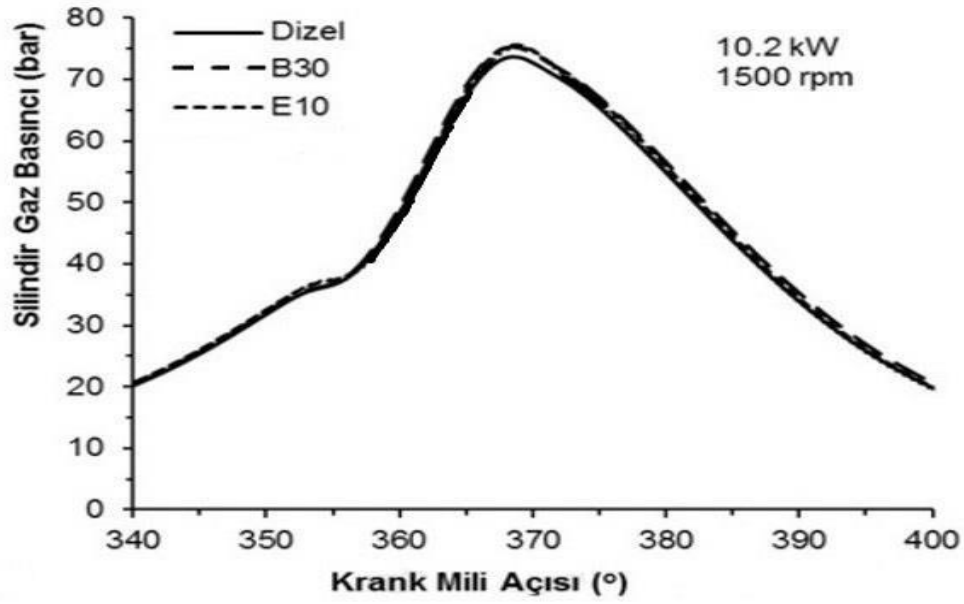
Şekil 6.3. Maksimum silindir gaz basıncı



Şekil 6.4. 3.6 kW silindir gaz basıncı test yakıtlarındaki krank mil açısının değişimi (Balki vd., 2020)



Şekil 6.5. 7.2 kW silindir gaz basıncı test yakıtlarındaki krank mil açısının değişimi (Balki vd., 2020)

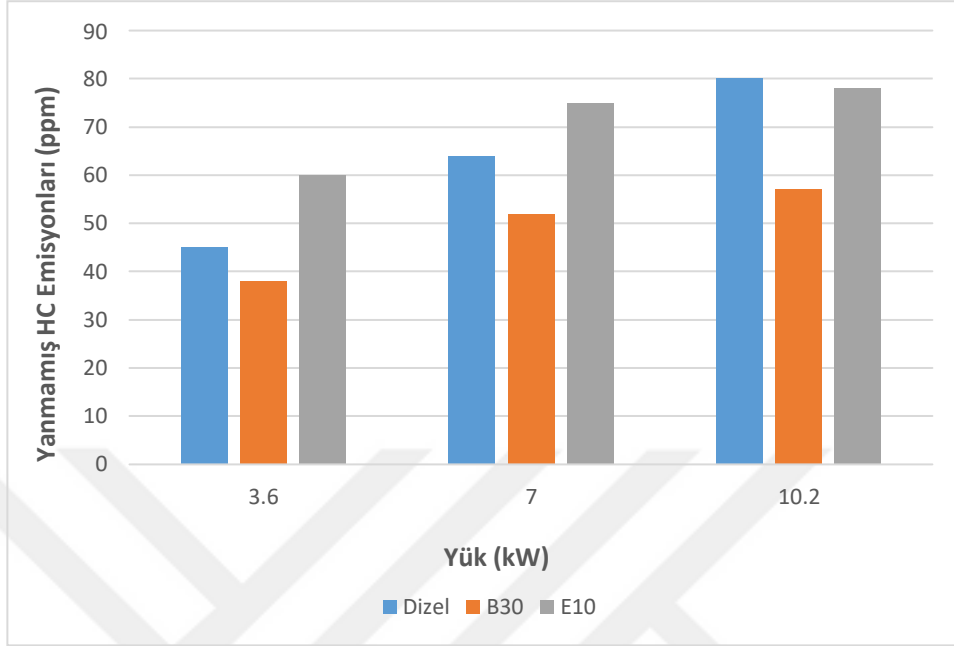


Şekil 6.6. 10.2 kW silindir gaz basıncının test yakıtlarındaki krank mil açısının değişimi (Balki vd., 2020)

6.1.4 HC Emisyonlarının İncelenmesi

Alternatif yakıtların sabit motor devrinde farklı yük kademelerinde hidrokarbon salınımları aşağıda gösterilmiştir. HC emisyonu motorun güç kademesi arttıkça arttığı gözlenmiştir. Farklı güç kademelerinde dizel yakıtı göre alkol karışımlı yakıtların hidrokarbon salınımı artarken biyodizel karışımlı hidrokarbon salınımı düşmüştür. 3.6 kW B30 yakıtı kullanımı dizel yakıtı kıyaslandığında %14 HC azalmıştır ama E10 yakıtı HC miktarı %32 artmıştır. 7 kW yükte E10 yakıtı DY yakıtı göre HC emisyonu ortalama %13 artarken B30 için %20 azalmıştır. 10 kW alternatif yakıtların DY göre emisyonları E10 için %3 ve B30 için %24 düştüğü gözlenmiştir. Yapılan farklı güç kademelerindeki teste göre HC ortama emisyonu B30 yaklaşık %21 daha düşük olduğu E10 için %10 oranında yüksek yüksek çıkmıştır. B30 yakıtı ortalama emisyonu E10 kullandığında %42 artış olduğu görülmüştür. Şekil 6.7’de farklı güçteki HC emisyon incelenmesi aşağıda gösterilmiştir. Alptekin (2013) yaptığı deneyde etanol karışımları yakıtlarda etanol miktarı arttıkça HC emisyonu arttığı görülmüştür. Sukjit ve ark., (2012)’ de etanol karışımının kullanılması aynı oksijen içeriğine sahip biyodizel karışımı kullanılmasına göre HC emisyonu arttığı görülmüştür. Alkol katkılı yakıt karışımı kullanıldığında HC emisyonu yüksek çıkmasının nedeni buharlaşma ısısını yüksek olması olabilir (lapuerta vd., 2008; li ve vd., 2005). Buharlaşma ve atomizasyon düşük yük şartlarında daha az elverişli olduğunda yanmamış HC emisyonu alkol katkılı karışımların kullandığında daha

fazla artması ve yüksek yük kademelerinde artışın daha az olması bu kanıyı desteklemektedir.

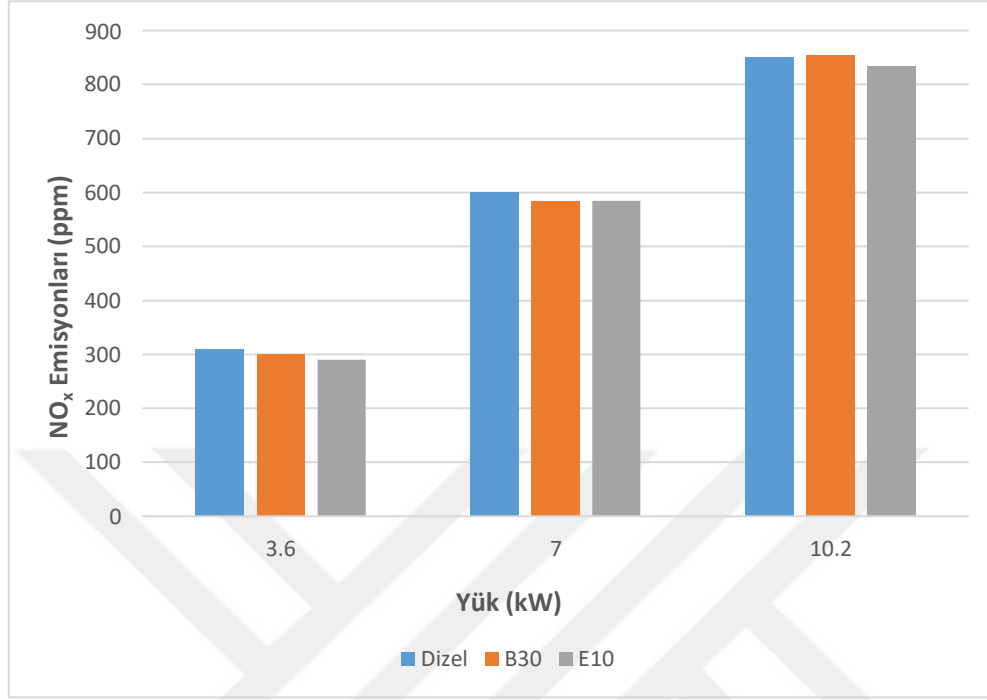


Şekil 6.7. Yanmamış HC emisyonu

6.1.5. Azot Oksit (NO_x) Emisyonları

Azot oksit (NO_x) emisyonu farklı yük şartlarında değişimi Şekil 6.8’de gösterilmiştir. NO_x emisyonu yük artığında artığı şekilde görülmüştür. NO_x emisyonu alternatif yakıların DY kullanımına göre düşük ve orta yük kademesinde bira daha düşük olduğu görülürken Yüksek yük kademesinde NO_x emisyonu biyodizel yakıt kullanımında biraz artığı görülmüştür. NO_x emisyonu 3.6 kW yük kademesinde DY yakıtı göre E10 için %6, B30 için %3 oranında azaldığı görülmüştür. NO_x emisyonu 7kW alternatif yakıtların DY kullanıma göre %3-6 oranında daha az görülmüştür. NO_x emisyonu 10.2 kW yükte DY ile B30 yakıtı birbirine yakın iken E10 için DY göre ise % 4 yakın bir düşük olduğu görülmüştür. Şekil 6.8’de NO_x emisyonu farklı güçteki oranları verilmiştir. Burada NO_x emisyonu ortalama değerine bakıldığında DY değerine göre B30 ve E10 için sırasıyla 10 ppm ve 22 ppm azalma olmuştur. NO_x emisyonu dizel yakıtı biyodizel yakıt eklenmesi önemli bir değişim olmadığı görülmemesine rağmen alkol karışımlı yakıtlarda biraz düşüş olduğu görülmüştür. NO_x emisyonu alkol karışımlı yakıtlarda daha az olması buharlaşma hızı yüksek olması bağlı olabilir. Bu alternatif yakıtlar kendi aralarında karşılaştırıldığında NO_x emisyonu çıkan B30 yakıtı E10 daha fazla olduğu görülmüştür. NO_x emisyonu 3.6 kW yükte B30 yakıtı kullanımı E10 yakıtının kullanımına göre %6

oranında artma olmuştur. NO_x emisyonu 7 kW yükte bu oranlar bu oran azalmıştır. NO_x emisyonu 10.2 kW yükte bu oran %5 olmuştur.



Şekil 6.8. NO_x Emisyonu

6.1.6. Hesaplamalar

Bu bölümde elektrikli bir dizel motorlu bir jeneratörde farklı elektrik yüklerinde yakıtlar üzerindeki performans analizi dizel yakıt, biyodizel ve biyoetanol ve benzeri alternatif yakıtların performansı, özgül yakıt tüketimi, etkin verimi ve egzoz emisyonu üç ayrı elektrik yükü ile yüklü bir jeneratörde test edilmiştir. En iyi yakıt seçimini için kriter belirlemek için swara yöntemi kullanılmıştır. Kriterlerin göreceli olan önem ilişkilere göre belirlerken beş karar vericiden kriterleri sıralamaları istendi. Sonra kriterler bir karar vericini bireysel yargılarına göre önem derecelerine göre sıralanır. Sonraki adım karar verici tarafından ortalama değer (sj) karşılaştırmalı önemi” değeridir. İkinci kriter ilk kriter ile kıyaslanır. İkinci kriterin ilk kriter göre ne kadar önemli olduğuna karar verilir.

7. SONUÇ

Dünyada tüketilen tüm enerjinin büyük bir kısmı petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil bazlı maddelerden sağlanmaktadır. Ancak bilindiği üzere bu enerji kaynakları hızla tükeniyor. Bu nedenle yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının araştırmaları büyük önem kazanmıştır. Ayrıca petrol ürünlerinin yükselen fiyatı, hava kirliliği ve küresel ısınma gibi diğer bazı sorunlar da yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çözülebilir. Benzin, mazot, sıvılaştırılmış petrol gazı vb. fosil yakıtların potansiyel fosil rezervlerinin azalmasıyla modern insan yaşamının artan enerji talebini devam ettirmek için yeni ikameler üretmek ve yakıt tüketimini en aza indirmek için yeni teknolojilere ihtiyaç vardır. Hem sanayileşmiş hem de gelişmekte olan ülkeler tarafından tüketilen enerjiyi ve cari giderlerini en aza indirmek için yeni teknolojilere ihtiyaç vardır. Ayrıca çevre sorunları, enerji güvenliği sorunları ve benzeri sorunlarda vardır. Bu sorunları çözmek için elektrikli bir dizel motorlu bir jeneratörde farklı elektrik yüklerinde yakıtlar üzerindeki performans analizi dizel yakıt, biyodizel ve biyoetanol ve benzeri alternatif yakıtların performansı, özgül yakıt tüketimi, etkin verimi ve egzoz emisyonu üç ayrı elektriksel yükü ile yüklü bir jeneratörde test edilmiştir. Artan güç kaynağı olarak kullanılan dizel jeneratör de alternatif yakıtların kullanılması ve en ucuz ve çevre için en az zararlı olan yakıtı bulmayı amaçlanmıştır. Her parametre için optimal yakıtlar belirlenir ve araştırmacılar tarafından yakıtlar hakkında yorumlar yapılır. Ancak kolay uygulama yoktur. Araştırmacılar bütünsel bir yaklaşımla ARAS gibi parametreler değerlendirir. Eğer böyle bir model gelişirse karar verme süreçleri kolaylaşacak. Bu nedenle, sorunu çözmek için etkili bir karar verme yaklaşımına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar çok kriterli karar verme modelleri ile değerlendirilmiş ve birçok açıdan en uygun yakıtlar tanımlanmıştır. İlk olarak, bir karar verme grubu oluşturuldu ve çalışmaya başladı. Grup üyeleri elektrikli bir dizel motorlu bir jeneratörde içten yanmalı motorlar konusunda deneyimli ve alternatif yakıtlar konusunda çalışmış akademisyenlerden seçilmiştir. Grup üyeleri değerlendirme kriterleri belirlendikten sonra karar vericilerin subjektif görüşleri ARAS ve SWARA yöntemleri kullanan geometrik ortalama yöntemi ile birleştirilmiştir. Böylece karar vericilerin kişisel düşünceleri iki farklı yaklaşımla yorumlanmıştır. Kriter ağırlıkları bireysel görüşlere göre belirlendiğinden sonuçların tutarlılığını test etmek için farklı uygulamalı iki model tercih edilmiştir. Her iki yöntemde de kriterlerin ağırlıkları birbirine çok yakın belirlenmiştir. Bu, karar vericilerin görüşlerinin tutarlı olduğunun bir göstergesidir. İki hibrit yöntem de birbiriyle karşılaştırıldığında, SWARA yönteminin ikili karşılaştırma sayısı olarak

bulunmuştur. ARAS yöntemiyle karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşüktür. Son olarak, test sonuçları ARAS yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve SWARA yaklaşımı kullanılarak yakıtlardan en uygun olanı seçilmiştir. Sonuçlara göre en iyi yakıt sıralaması ARAS ve SWARA hibrit yöntemlerinin çok benzer bulundu. Bu sonuçlar seçtiğimiz kriterlere göre çıkmıştır. Sonuçlar seçilen kriterlerin çeşitliliğine göre değiştirilebilir. Alternatif yakıtlar dizel ile karışımlarından üretilen biyodizel, dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmıştır. Belirlenen kriterlere göre alternatif yakıtlar sıralanmıştır.

Yapılan deneyde, elektrikli bir dizel motorlu bir jeneratörde farklı elektrik yüklerinde yakıtlar üzerindeki performans analizi dizel yakıt, biyodizel ve biyoetanol ve benzeri alternatif yakıtların performansı, özgül yakıt tüketimi, etkin verimi ve egzoz emisyonu üç ayrı elektrik yükü ile yüklü bir jeneratörde test edilmiştir. Test yakıtları hepsinde yük arttığında özgül yakıt tüketimi azalmıştır. Dizel yakıtın özgül yakıt tüketimi B30 kıyaslandığında daha az çıkmıştır. B30'un özgül yakıt tüketimi E10 göre yüksek çıkmıştır. Dizel yakıtın yanma başlangıcı B30'a biraz geç krank mili açısından oluşurken alkol karışımların krank mil açısı daha geç olduğu görülmüştür. Bu üç alternatif yakıtları yanma sürelerini karşılaştırıldığında etanol yanma süresi B30'un yanma süresini göre daha kısa olduğu gözlemlendi. B30'un ise yanma süreleri bu yakıtlara göre daha uzun olduğu tespit edildi.

Yapılan çalışmada yük ile NO_x emisyonu paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Test yakıtları için yükün arttığında NO_x emisyonu arttığı yükün azalmasıyla azaldığı tespit edilmiştir. Test yakıtların NO_x emisyonu dizel yakıtı göre daha düşük çıkmıştır. Dizel yakıtı B30 yakıtı ile kıyaslandığında yanmamış HC emisyonu dizel yakıtın belirli bir şekilde yüksek çıktığı, B30 yakıtı E10 yakıtı ile kıyaslandığında yanmamış HC emisyonu arttığı görülmüştür. Alternatif yakıtların bu değişikli göstermesinin nedeni aynı oksijen değerlere sahip olduğunda alkolün yüksek gizli buharlaşmasına bağlanabilir.

Yapılan bu çalışmada elektrikli bir dizel motorlu bir jeneratörde farklı elektrik yüklerinde yakıtlar kullanılan yakıtta petrol türevi olan dizel yakıtın yerine kullanılan alkol karışımı dizel yakıtlar, dizel yakıtlara göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Adıgüzel, A.O., 2013, Biyoetanolün genel özellikleri ve üretimi için gerekli hammadde kaynakları, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 204-220.
- Akat, İ., Budak, G. ve Budak, G. (2002). İşletme Yönetimi. 4. Baskı. İzmir: *Barış Yayınları*.
- Alibaş, K., ve Arslan, M., 2015, Laboratuvar Ölçekli Biyodizel Üretim Tesisinin
- Alptekin, E. ve Çanakçı, M., 2005, Biyodizel ve Türkiye'deki durumu, *Mühendis ve Makine*, 47, 561, 57-64.
- Alptekin, E. ve Çanakçı, M., 2005, Biyodizel ve Türkiye'deki durumu, *Mühendis ve Makine*, 47, 561, 57-64.
- Alptekin, E., Hayvansal atık yağlardan biyodizel üretimi ve bir dizel motorda kullanımının incelenmesi, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 2013, 182.
- Altun, Ş. and Lapuerta, M., 2014, Properties and emission indicators of biodiesel fuels obtained from waste oils from the Turkish industry, *Fuel*, 128, 288–295.
- Altun, Ş., Öner, C., Yaşar, F., ve Fırat, M., 2011, Dizel motoru emisyonlarında yakıt olarak biyodizel-dizel-etanol karışımının etkisi, *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 1-6.
- Anonim, 2006, Motorlu Araçlar Teknolojisi Dizel Yakıt Sistemleri, *MEGEP*, Ankara, 13-14.
- Anonim, 2006, Motorlu Araçlar Teknolojisi Dizel Yakıt Sistemleri, *MEGEP*, Ankara, 13-14.
- Anonim, 2006, Motorlu Araçlar Teknolojisi Dizel Yakıt Sistemleri, *MEGEP*, Ankara, 13-14.
- Anonim, 2015a, *2014 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu*, TPAO, 4-58.
- Anonymous, 2015, *BP Statistical Review of World Energy June 2015*, BP, 64 sayı, 39.
- Aydın, K. ve Keskin, A., 2000, Dizel motorlarda motorin, bitkisel yağlar ve alkol karışımlarının performans ve emisyon etkilerinin araştırılması, *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü V. Ulusal Sempozyumu*, Elazığ, 149-158.
- Balat, M., 2007a, An overview of biofuels and policies in the European Union, *Energy Sources Part B*, 2:167–81.
- Balat, M., 2007b, Production of biodiesel from vegetable oils: a survey, *Energy Sources Part A*, 29:895–913.

- Balat, M., 2008, Biodiesel fuel production from vegetable oils via supercritical ethanol transesterification, *Energy Sources Part A*, 30:429–40.
- Balat, M., 2009, New biofuel production technologies. *Energy Educ Sci Technol Part A*, 22:147–61.
- Balezentiene, L. and Kusta, A., 2012, Reducing Greenhouse gas emissions in grassland ecosystems of the central lithuania: multi-criteria evaluation on a basis of the ARAS method, *The Scientific World Journal*, 3, 1-11.
- Balki, M.B., Erdogan, S., Aydın, S., ve Cenk S., 2020, The optimization of engine operating parameters via SWARA and ARAS hybrid method in a small SI engine using alternative fuels, *Journal of Cleaner Production*, 5-7.
- Behçet, R., Oktay, H., Çakmak, A. ve Aydın, H., 2015, Comparison of exhaust emissions of biodiesel–diesel fuel blends produced from animal fats, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46, 157–165.
- Behzadian, M., Yazdani, M., Otaghsara, S. K. ve Ignatius, J., 2012, A state-of the-art survey of Topsis applications, *Expert Systems with Applications*, 13051–13069.
- Bilge, E., 2018, Kurumsal müşterilerin banka tercihinde çok kriterli karar verme yöntemleri: Aydın ilinde bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Aydın.
- Brauers, W.K. and Zavadskas, E.K., 2006, The MOORA method and its application to privatization in a transition economy, *Control and Cybernetics*, (35), 447-468.
- Burgazoğlu, H., Yıldırım, B.F. ve Önder, E., 2018, İşletmeciler, mühendisler ve yöneticiler için operasyonel, yönetsel ve stratejik problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemleri, Avcılar: DORA Yayın Basım Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul.
- Costa, C.A., De Corte, J.M. and Vansnick, J.C., 2003, Macbeth. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 11(2), 359-387.
- Çelikten, İ., 2004, Tam yükte çalışan indirekt püskürtmeli bir dizel motorunda, dizel ve dizel-etanol yakıt karışımlarının performans ve emisyon değişimlerine etkisi, *Teknoloji Dergisi*, 7, 1, 11-18.
- Çınar, Y., 2004, Çok nitelikli karar verme ve bankaların mali performanslarının değerlendirilmesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme AnaBilim Dalı*, Ankara.
- Çukurçayır, M.A. ve Sağır, H., 2005, Enerji sorunu, *Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları*, 22.
- Dahooie, J. H., Zavadskas, E. K., Abolhasani, M., Vanaki, A. and Turskis, Z., 2018, A novel approach for evaluation of projects using an interval–valued fuzzy additive

- ratio assessment (ARAS) method: A Case Study of Oil and Gas Well Drilling Projects. *Symmetry* , 10(45), 1-32.
- Demirbas, A., 2003, Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and noncatalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: A survey. *Energy Conversion Management*, 44, 2093–2109.
- Demirbas, A., 2005, Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods, *Progress in Energy and Combustion Science*, 31, 466–87.
- Demirbas, A., 2008a, Comparison of transesterification methods for production of biodiesel from vegetable oils and fats, *Energy Conversion & Management*, 49, 125-130.
- Demirbas, A., 2008b, Economic and environmental impacts of the liquid biofuels. *Energy Education ScienceTechnology*, 22, 37–58.
- Demirbas, A., 2008c, Recent progress in biorenewable feedstocks, *Energy Education ScienceTechnology*, 22, 69–95.
- Demirbas, A., 2009a, Biodegradability of biodiesel and petrodiesel fuels, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(2), 169-174.
- Demirbas, A., 2009b, Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review, *Applied Energy*, 86, 108-117.
- Dincer K., 2008, Lower emissions from biodiesel combustion, *Energy Sources Part A*, 30, 963–8.
- Ecer, F., 2016, ARAS yöntemi kullanılarak kurumsal kaynak planlaması yazılımı seçimi, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 89-98.
- Erkal, G., 2010, Comparison of engine performance and emissions for conventional petroleum diesel fuel and diesel-ethanol blends, *Master of Science in Mechanical Engineering Department Middle East Technical University, Ankara*.
- Ersöz, N., 2020, Finansal performansın gri ilişkisel analiz yöntemi ile değerlendirilmesi: borsa istanbul ulaştırma endeksi'ndeki şirketler üzerine bir araştırma, *Muhasebe ve Finansman Dergisi (MUFAD)*, 86, 223-246.
- Ersöz, F. ve Atav, A., 2011, Çok kriterli karar verme problemlerinde MOORA yöntemi. Kho Savunma Bilimleri Enstitüsü, Harekat Araştırması ABD. *YAEM Yöneylem Araştırması Ve Endüstri Mühendisliği 31. Ulusal Kongre*, Sakarya Üniversitesi, 1(38). 1-18.
- Ersöz, T., Türkoğlu Elitaş, M.N., El, L. ve Ersöz, F., 2015, CD ülkelerinde biyokütle enerji üretimin çok boyutlu ölçekleme analizi ile incelenmesi, 11.

- Eryürek, Ö. F. ve Tanyaş, M., 2003, Hata türü ve etkileri analizi yönteminde maliyet odaklı yeni bir karar verme yaklaşımı, *itüdergisi/d İTÜ İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü*, 2(6), 31-40.
- European Commission And Eurostat 2013, Energy, transport and environment indicators - 2013 edition. 252.
- Evren, R. ve Ülengin, F., 1992, Yönetimde çok amaçlı karar verme, Gümüşsuyu: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Gök, M., 2015, G20 ülkelerinin enerji göstergeleri açısından çok kriterli karar verme teknikleri ile sıralanması. Yüksek Lisans Tezi, T.C. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı*, Ankara.
- Gümüş, U.T. ve Öziç H.C., 2018, Finansal performans değerlendirme kriterlerinin ağırlıkların hesaplanmasında AHP ve SWARA yöntemlerinin karşılaştırılması, *Social, Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 4(14), 1324-1332.
- Hacisalioglu, S., 2009, Ethanol–gasoline and ethanol–diesel fuel blends. *Energy Education Science Technol Part A*, 22, 133–46.
- <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-worldenergy2013>
- <http://www.iea.org/topics/biofuels/> [Ziyaret Tarihi: 09 Temmuz 2016].
- <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21603> [Ziyaret Tarihi: 10 Ağustos 2016].
- Hwang, C.L. and Lin, M.J., 2012, Group Decision Making under Multiple Criteria: Methods and Applications. Lecture Notes in Economics and Mathematical System, *Berlin: Springer Science and Business Media*.
- Imran, A., Varman, M., Masjuki, H.H. ve Kalam, M.A., 2013, Review on alcohol fumigation on diesel engine: A viable alternative dual fuel technology for satisfactory engine performance and reduction of environment concerning emission, *Renewable and Sustaniable Energy Reviews*, 26, 739-751.
- İlkiliç, C. ve Deviren, H., 2011, Biyogazın üretimi ve üretimi etkileyen faktörler, 6.
- İpekçi, A., 2019, Türkiye'de yapılması planlanan sualtı akıntı enerji tesisi kurulumu için SWARA ve WASPAS yöntemleri ile yer seçimi, Yüksek Lisans Tezi, *Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- İpeksaç, E., 2014, Çok kriterli karar analizinde AHP, TOPSİS, VİKOR çözümleri ve bir yazılım uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Gediz Üniversitesi*, İzmir.
- Karabektas, M. and Hosoz, M., 2009, Performance and emission characteristics of a diesel engine using isobutanol–diesel fuel blends, *Renewable Energy*, 34, 1554-1559.

- Keskin, A., Metin, G.Ü.R.Ü. ve Altınparmak, D., 2007, Tall ağı biyodizeli üretimi ve B80 oranının dizel yakıtı olarak kullanımı, *Politeknik Dergisi*, 10(4), 391-394.
- Kocamustafaoğulları, E., 2007, Çok amaçlı karar verme [multicriteria decision making, *TEPAV*, 2-37. Web: <https://www.tepav.org.tr/tr/haberler/s/250> [Erişim Tarihi: 09.03.2020].
- Koç, E. ve Şenel, M.C., 2013, Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu, *Genel Değerleme*, 7.
- Korkmaz, Y., Aykanat, S. ve Çil, A., 2012, Organik atıklarda biyogaz ve enerji üretimi, 9.
- Krawczyk, T., 1996, Biodiesel Alternative fuel makes inroads but hurdles remain, *INFORM*, 7, 801-829.
- Kurt, G. ve Koçer, N.N., 2010, Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi, 8.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N., 2001, Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları., *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, 83-105.
- Meral, R. ve Kanberoğlu G.S., 2012, Tahıllardan Etanol Üretimi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Iğdır, 2 (3), 61-68.
- Mulliner, E., Smallbone, K. and Maliene, V., 2013, An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method, *Omega*, 41, 270-279.
- Opricovic, S. and Tzeng, H.G., 2004, Decision aiding compromise solution by MCDM methods: A Comparative Analysis of *VIKOR and TOPSIS*. *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
- Osuri, M. and Gade, P.K., 2014, Evaluation of multi criteria decision making methods for potential use in application, Master Thesis, *School of Computing Blekinge Institute of Technology*, Sweden.
- Özer, A., Öztürk, M. ve Kaya, A., 2010, İşletmelerde Etkinlik ve Performans Ölçümünde VZA, Kümeleme ve TOPSIS Analizlerinin Kullanımı: İMKB İşletmeleri Üzerine bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 233-260.
- Özsezen, A.N. ve Çanakçı, M., 2009, Atık palmiye ve kanola yağı metil esterlerinin kullanıldığı direkt püskürtmeli bir dizel motorda performans ve yanma, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(2), 275-289.
- Paulo, A.A., Costa, R.S., Rahde, S.B., Vecchia, F.D., Seferin, M. ve Santos, C.A.D., 2015, Projelendirilerek İmal Edilmesi ve Bu Tesiste Çeşitli Bitkisel Yağ Kaynaklarından Biyodizel Üretimi, *Uludağ Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29, 1, 107-103.

- Rakopoulos, C.D., Giakoumis, E.G., Dimaratos, A.M. and Founti, M.A., 2011, Comparative environmental behavior of bus engine operating on blends of diesel fuel with four straight vegetable oils of Greek origin, Sunflower, cottonseed, corn and olive, *Fuel*, 90, 3439-3446.
- Rosa, H.A., Wazilewski, W.T., Secco, D., Chaves, L.I., Veloso, G., Souza, S.N.M., Silva, M.J. ve Santos R.F., 2014, Biodiesel produced from crambe oilin Brazil—A study of performance and emissions in a diesel cycle engine generator, *Fuel*, 38,651-655.
- Saaty, T.L., 2008, Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-97.
- Saidur, R., Boroumandjazi, G., Mekhilef, S. and Mohammed, H.A., 2012, A review on exergy analysis of biomass based fuels, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1217-1222.
- Sakarya, Ş., Yıldırım, H.H. ve Akkuş, H.T., 2015, BIST'te işlem gören enerji şirketlerinin finansal performanslarının TOPSİS çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi, *19. Finans Sempozyumu*. Hitit Üniversitesi, 601-615, Çorum.
- Shariati, S., Chamzini, A. Y., Salsani, A. ve Tamosaitiene, J., 2014, Proposing a new model for waste dump site selection: Case study of ayerma. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 25(4), 410-419.
- Shay, E.G., 1993, Diesel fuel from vegetable oils: status and opportunities, *Biomass and Bioenergy*, 4, 227-242.
- Silva, M.J., Souza, S.N., Chaves, L.C., Rosa, H.A., Secco, D., Santos, R.F., Baricatti, R.A. and Nogueira, C.E.C., 2013, Comparative analysis of engine generator performance using diesel oil and biodiesels available in Parana' State, Brazil, *Fuel*, 17, 278–282.
- Soner, S. ve Semih, Ö., 2006, Çok kriterli tedarikçi seçimi: Bir Electre-AHP Uygulaması, *Sigma*, 24(4), 110-120.
- Sözen, E., Gündüz, G., Aydemir, D. ve Güngör, E., 2017, Biyokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13.
- Stanujkic, D. and Jovanovic, R., 2012, Measuring a quality Of faculty website using ARAS method, *Contemporary Issues in Business, Management and Education' 2012*, 545-554.
- Surisetty, V.R., Dalai, A.K. and Kozinski, J., 2011, Alcohols as alternative fuels: An overview, *Technology*, 90, 229–40.
- Şanlı, H., 2005, Farklı alkol ve katalizör kullanımının biyodizel üretimindeki etkileri, *Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 33-34.

- Şanlı, H. ve Çanakçı, M., 2005, Dizel motorlar için yükselen bir alternatif yakıt: Biyodizel, 3. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Yeksem 2005*, 19-21 Ekim, Mersin, 1, 233-237.
- Turan, G., Yıldırım, B., F. ve Önder, E., 2018, İşletmeciler, mühendisler ve yöneticiler için operasyonel, yönetsel ve stratejik problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemleri, Avcılar: DORA Yayın Basım Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul.
- Urfalıoğlu F. ve Genç, T., 2013, Çok kriterli karar verme teknikleri ile türkiye'nin ekonomik performansının Avrupa Birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi*, 35(2), 329-360.
- Uslu, K., 2006, Dizel motorlarında farklı püskürtme avanslarında dizel yakıtı etanol kullanımının performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 72-73.
- Usta, N., Can, Ö. ve Öztürk, E., 2005, Alternatif dizel motor yakıtı olarak biyodizel ve etanolün karşılaştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Denizli, 11, 3, 325-33.
- Uygur, M.N., 2016, *İşletmelerde Stratejik Karar Verme Süreci Ve Başarısını Etkileyen Temel Faktörler*, Mersin İli Merkezli Uluslararası Taşımacılık Sektörü.
- Üstün, G.E. ve Genç, B., 2015, Dünya'da ve Türkiye'de biyoyakıtların durumu, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Bursa, 29 (2), 157-164.
- Valente, O.S., Silva, M.J., Pasa, V.M.D., Belchior, C.R.P., Sodré, J.R. and Wang, T., 2015, Decision making and modelling uncertainty for the multi-criteria analysis of complex energy systems, *Paris, France: Ecole Centrale*, Paris.
- Yazdani, M., Alidoosti, A. and Zavadskas, E.K., 2011, Risk analysis of critical infrastructures using fuzzy copras, *Ekonomika istraživanja*, 24(1), 27-40.
- Yılmaz, N. and Vigil, F.M., 2014, Potential use of a blend of diesel, biodiesel, alcohols and vegetable oil in compression ignition engines, *Fuel*, 124: 168- 172.
- Zavadskas, E.K. ve Turskis, Z., 2010, A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, *Technological and Economic Development* , 16 (2), 159-172.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z. and Vilutiene, T., 2010, Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying additive ratio assessment (ARAS) method, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(3), 123-141