

4. ULUSLARARASI ULUDAĞ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ

16-17 KASIM 2024- BURSA

www.isarconference.org



Editörler:

Doç. Dr. Mete Girgen

Doç.Dr. Vesna Karapetkovska- Hristova



KONGRE KİTABI

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

4. INTERNATIONAL ULUDAĞ SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

DATE AND PLACE

16-17 NOVEMBER 2024, BURSA ONLINE PRESENTATIONS

ORGANIZATION

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

GENERAL COORDINATOR

Uzm. Yasemin AĞAOĞLU

EDITOR

**Assoc. Prof. Dr. Mete Ünal Girgen
Vesna KARAPETKOVSKA- HRISTOVA**

ORGANIZING COMMITTEE

**Prof. Dr. Cenk YAVUZ
Prof. Dr. Mahire HÜSEYNOVA
Prof. Dr. İbrahim BAYRAMOV
Doç. Dr. Abdulkerim DİLER
Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE
Doç. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ
Doç. Dr. Gönül HASANOVA
Doç. Dr. Gönül SAMEDOVA
Doç. Dr. Malik YILMAZ
Doç. Dr. Neslihan ŞAHİN
Doç. Dr. Nursen IŞIK
Doç. Dr. Özlem ÜLGER DANACI
Doç. Dr. Sahure YARIŞ
Doç. Dr. Sancar BULUT
Doç. Dr. Şükrü KALAYCI
Doç. Dr. Tamer TURGUT
Doç. Dr. Volkan ŞENAY
Doç. Dr. Zamıg TEHMEZOV
Dr. Aykan ÇOŞKUN
Dr. Burcu AYDEMİR ŞENAY
Dr. Elvan CAFEROV
Dr. Hayri YILDIRIM
Dr. Müge PALANCI
Dr. Nazlı KARAMAN
Dr. Nevim TÜZÜN**

ISBN: '978-625-367-947-7'

17.11.2024
SUNDAY / 10:30-12:30

SESSION-2 HALL-4

MODERATOR: Assoc. Prof. Dr. Ashi ABDULVAHİTOĞLU

Albania-India-Morocco-Bulgaria-Nigeria-Romania-Kazakhstan-Pakistan-Saudi Africa-Portuga-Azerbeycan-Macedonia-Italy-Brezilya-Iran-Ukraine-China-Indonesia-Rohtak-Thailand-Malaysia-Algeria-Srilanka-Kırgızistan

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Elif EKER KAHVECİ Şifacan ŞAHİN	Sakarya University	Numerical Investigation On Forced Convective Heat Transfer From A Heat Sink With Mini Holes Located Inside The Fin
Dr. Adnan ABDULVAHİTOĞLU Assoc. Prof. Dr. Ashi ABDULVAHİTOĞLU	Mudanya University TechnologyUniversity	Electric Bus Selection For Public Transportation Systems Via Standard Deviation Integrated Mairca Method
Assoc. Prof. Dr. Ashi ABDULVAHİTOĞLU Dr. Adnan ABDULVAHİTOĞLU	Mudanya University TechnologyUniversity	Comparison Of Different Biodiesel Fuels With Entropy Integrated Mabac Method
İdris GÖKALP Özgür DUYGULU Yasemin YILDIRAN AVCU Egemen AVCU Rıdvan YAMANOĞLU	Kocaeli Üniversitesi TÜBİTAK	Analysis Of Compositionally Graded Ti6al4v/Graphite Composites Through Hardness Mapping
Elif IŞIK Aleyna TAŞKIN Mahmut Can ŞENEL	Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Comparison Of Mechanical Properties Of Al7075-Al ₂ O ₃ And Al7075-ZrO ₂ Composites
Assoc. Prof. Dr. Mustafa KILIÇ Resc. Assist. Mahir ŞAHİN	Alparslan Turkes Science and Technology University	Investigation Of The Effect Of Impeller Number And Blade Number On The Performance Of A Stirred Heat Exchanger
Assoc. Prof. Dr. Mustafa KILIÇ Resc. Assist. Mahir ŞAHİN	Alparslan Turkes Science and Technology University	Investigation Of The Effect Of Hemispherical Flow Turbulators On The Heat Transfer Performance Of Organic Phase Change Material In A Regenerative Heat Exchanger

FARKLI BİYODİZEL YAKITLARININ STANDART SAPMA TÜMLEŞİK MOOSRA YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Aslı ABDULVAHİTOĞLU

Department of Mechanical Engineering / Adana Alparslan TÜRKES Science and Technology University

ORCID:0000-0002-3603-6748

Adnan ABDULVAHİTOĞLU

Department of Industrial Engineering/Mudanya University Çağrısan

ORCID ID: 0000-0002-2659-6709

ÖZET

İnsanlığın en temel ve vazgeçilmez ihtiyaçlarından birisi de enerjidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan fosil enerji kaynakları hızla tükenmekte ve araştırmacılar yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Bu araştırmalar; fosil enerji kaynaklarının hesaplanan sürelerden çok daha önce tükenbilme olasılığı ile fosil yakıtların başta hava kirliliği olmak üzere küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli sebeplerinden olması nedeniyle hızlanarak devam etmektedir. Uzmanlar yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yoğunlaşırken, çevre kirliliğine sebep olan atıkların geri kazanılması da ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda önceleri alternatif bir yakıt olarak yağlı bitki tohumlarından biyodizel üretimi çalışılırken, atık ve atık yağların geri dönüştürülmesi sıfır atık projelerinin ana temalarından biri haline gelmiştir.

Diğer yandan dünya petrol rezervlerinin azalması, petrol fiyatlarındaki artış, artan küresel savaş riskleri nedeniyle yakıt teminindeki sıkıntılar, daha sürdürülebilir bir çevre için egzoz emisyonlarındaki sınırlamalar vb hususlar yenilenebilir alternatif yakıtların önemini daha da artmasına neden olmaktadır. Yenilenebilir alternatif yakıtlar Türkiye için büyük bir petrol ithalatçısı olarak stratejik ve ekonomik bir öneme sahiptir. Büyük bir tarım potansiyeline sahip olan Türkiye için biyokütle enerjisi öncelikli bir seçenektir. Bu, kırsal kesimin ekonomik yapısının güçlenmesi ve iş imkanlarının yanı sıra yan sanayinin gelişimine de katkı sağlayacaktır. Ancak biyokütle enerjisinin maliyetinin fazla olması ve gıda sektörünün hammaddesinden elde ediliyor olması çalışmaların hayata geçirilmesini yavaşlatmaktadır. Bu çalışmada yağlı tohumlardan elde edilen biyodizel yakıt özellikleri ele alınarak hangi biyodizelin optimal sonuçları verdiğinin tespiti amaçlanmıştır. Bu maksatla farklı biyodizellerin yakıt özellikleri Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden Standart Sapma ve MOOSRA yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif yakıtlar, Biyodizel, ÇKKV, Standart Sapma, MOOSRA

COMPARISON OF DIFFERENT BIODIESEL FUELS WITH STANDARD DEVIATION INTEGRATED MOOSRA METHOD

ABSTRACT

Energy is one of humanity's most fundamental and indispensable needs. Fossil energy sources, which are widely used today, are rapidly depleting, prompting researchers to explore renewable energy sources. These efforts have accelerated, driven by the possibility of fossil energy sources being depleted much earlier than estimated and by fossil fuels being major contributors to global warming, climate change, and especially air pollution. While experts focus on new and renewable energy sources, waste recycling-especially of materials causing environmental pollution-has also gained importance. In this context, biodiesel production from oily plant seeds was initially researched as an alternative fuel; however, waste and used oil recycling has now become a primary focus in zero-waste initiatives.

Moreover, the decline in global oil reserves, rising oil prices, supply chain challenges from increased global conflict risks, and stricter exhaust emission limitations for environmental sustainability further underscore the importance of renewable alternative fuels. Renewable alternative fuels have strategic and economic significance for Turkey, which is a major oil importer. Biomass energy is a particularly promising option for Turkey due to its significant agricultural potential, which could bolster the development of sub-industries, strengthen the economic structure of rural areas, and provide job opportunities. However, the high cost of biomass energy and its reliance on materials also used in the food sector have slowed the adoption of these technologies. In this study, the fuel properties of biodiesel derived from oilseeds were analyzed to identify which type of biodiesel yields optimal results. For this purpose, the fuel properties of different biodiesels were compared using the Standard deviation and MABAC methods, both of which are Multi-Criteria Decision Making techniques.

Keywords: Alternative fuels, Biodiesel, MCDM, Standard deviation, MOOSRA

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji talebinin artması ile birlikte alternatif yakıtlar ve sürdürülebilir enerji kaynakları giderek daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Fosil yakıtların tükenme ihtimaline yönelik yapılan projeksiyonlar, geleneksel fosil kaynakların çevreye ve insan sağlığına verdiği zararları da dikkate almaktadır. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynakları ile halen kullanılmakta olan petrol türevli yakıtların yerine kullanılabilecek yakıtlar öne çıkmaktadır. Yıllardır üzerinde çalışılan ve üretilen biyodizel, dizel yakıt ikameleri arasında benzersiz bir yere sahiptir. Araştırmalar, özellikle yenilenebilir kaynaklardan üretilen

biyodizelin sera gazı emisyonlarını azaltırken sınırlı fosil yakıtlara bağımlılığı da azaltılabileceğini göstermektedir.

Hızla küreselleşen, gelişen ve değişen dünyada, 1900'ü yıllardan itibaren petrol ve türevlerinden elde edilen enerji yoğun olarak kullanılmış, bütün araç ve gereçler bunlara göre tasarlanmıştır. Hayatın tüm aşamasında sadece yakıt olarak değil başka kullanım alanlarında da petrol kaynaklı maddelere olan ihtiyaç petrolü ve türevlerini hayatın vazgeçilmezi durumuna getirmiştir. Enerji kaynağı olarak her ne kadar alternatif çözümler ortaya çıksa da hayatın diğer alanlarında petrol türevli ürünlerin kullanımı ve hammadde ihtiyacı artarak devam etmektedir.

Bu bağlamda, daha sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş çabaları hızlandırılmaya çalışılırken, biyodizel geleneksel fosil yakıtların yerine umut vadeden alternatiflerden biri olarak var olmaya devam etmektedir. Özellikle yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyodizel, sadece sınırlı fosil yakıt rezervlerine bağımlılığı azaltmamakta, aynı zamanda sera gazı emisyonlarını da azaltmaktadır. Fosil yakıtların ekonomi üzerine etkilerinin yanında çok önemli diğer bir sorun da aşırı kullanımdan kaynaklanan karbondioksit (CO₂) salınımı ve küresel ısınmadır. Bu sorun günümüzde yerel bir sorun olmaktan çıkıp tüm dünyayı ilgilendiren küresel bir boyut kazanmıştır.

Küresel boyutta hızla artan ısınma ve iklim değişikliği gibi temel çevre felaketlerini önlemenin ilk adımı ivedilikle fosil kaynaklı yakıt tüketimini azaltmak olarak görülmektedir. Hava kirliliğine neden olan birçok sektör bulunmakta ve günümüzde sıfır emisyona ulaşmak imkânsız gibi gözükmektedir. Bu sorunun sektör, sektör ele alınması ile emisyon değerleri asgari seviyeye indirilebilir. Emisyonların neredeyse dörtte üçünü enerji sektörü oluşturmaktadır (Ritchie, 2020). Yeni tip enerji kaynaklarını kullanacak hibrit (elektrik, hidrojen, güneş enerjisi. v.s. ile çalışan) motor ve araçları üretmek veya fosil kaynaklı yakıtlarla aynı performansı verecek biyokütle (biyodizel, etanol, metanol... v.b.) enerjisinin kullanımını artırmak emisyon değerlerini azaltmada en etkili çözüm olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu bağlamda alternatif bitokütle enerji kaynaklarından biri olan biyodizel, petrole dayalı konvansiyonel dizel yakıt yerine geçecek veya onunla karıştırılabilecek şekilde tasarlanmış, yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve temiz yanan bir alternatif yakıttır. Son derece popüler bir alternatif olan biyodizel çalışmaları elektrikli araçların ortaya çıkışıyla beraber elektriğin elde edildiği kaynaklar sıfır emisyona ulaşınca kadar ve elektrikli araçlar hayatın her alanında kullanılan tüm diğer araçların yerini alana kadar hala en temiz seçeneklerden biri

özellikleri ÇKKV tekniklerinde Standart Sapma ve MOOSRA yöntemlerinin tümleşik kullanımı ile analiz edilmiştir. Bu çalışmanın aşamaları aşağıda Şekil 2.'de gösterilmiş olup, biyodizel ve yakıt özellikleri anlatıldıktan sonra Standart Sapma yöntemi ile yakıt özelliklerinin önem dereceleri belirlenmiştir. Daha sonra bu önem dereceleri kullanılarak farklı biyodizel yakıtları MOOSRA yöntemi ile analiz edilmiş ve biyodizel üretiminde kullanılan yağlı tohumlar en iyi özelliklere sahip olandan en kötüsüne doğru sıralanarak optimum sonucu veren yağlı tohum bitkisi belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın aşamaları

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada biyodizel üretiminde kullanılan yağlı tohum bitkileri ÇKKV tekniklerinden Standart Sapma ve MOOSRA yöntemlerinin tümleşik kullanımı ile en uygun olandan itibaren sıralanmıştır.

2.1. Alternatif Yakıtlar ve Biyodizel

Genellikle bitkisel yağlar, hayvansal yağlar veya geri dönüştürülmüş pişirme yağları gibi biyolojik materyallerden elde edilir. Bitkisel veya hayvansal yağlarda bulunan trigliseritleri dizel motor yakıtına dönüştürmenin dört temel yolu vardır. Bunlar; piroliz, mikro-emülsiyon, transesterifikasyon reaksiyonu ve doğrudan yağ karışımıdır. Tüm bu teknikler arasında en sık kullanılan yöntem transesterifikasyon reaksiyonudur. Transesterifikasyon süreci, normal dizel yakıtına oldukça benzer özelliklere sahip yakıt oluşturmak için çeşitli hammadde türlerinin kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Zaidi, 2020).

Bu yöntemlerden, transesterifikasyon, basitliği, verimliliği ve ölçeklenebilirliği nedeniyle biyodizel üretiminde hâlâ en yaygın ve ticari olarak geçerli bir yöntem olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Alternatif yöntemler genellikle daha düşük enerji tüketimi veya yenilebilir olmayan hammaddelerin kullanımı gibi avantajları nedeniyle araştırılmaktadır. Ancak bu

2.1.1. Biyodizel Yakıt Özellikleri

Biyodizelin yakıt kalitesinin sağlanması, mevcut dizel motor altyapısına başarıyla entegre edilmesi için önemlidir. Belirlenmiş standartlara uyum, sürekli araştırma ve izleme çalışmaları, yüksek kaliteli biyodizel yakıtlarının geliştirilmesine ve korunmasına katkı sağlamaktadır. Biyodizel yakıtının kalitesi, performansını, motor uyumluluğunu ve çevresel etkisini belirleyen önemli faktörlerden biridir. Taşıt yakıtı olarak kullanım uygunluğunu sağlaması için biyodizelin belirli özellik ve standartlara uygun olması gerekmektedir. Biyodizel yakıt kalitesini etkileyen temel faktörler aşağıda anlatılmıştır.

Setan sayısı: Özellikle ateşleme gecikmesi ile bağlantılı olması nedeniyle motorlardaki yanma verimliliğini etkileyen önemli bir faktördür. Ateşlemedeki gecikme, yakıt enjeksiyonu ile kendiliğinden ateşleme arasındaki süreyi gösterir ve setan sayısı ile ölçülür. Optimum setan sayısı, yakıtın motor içindeki yanma yeteneğini yansıttığı için önem taşır. Yakıtın yapısındaki karbon zincirinin uzunluğu arttıkça dallanma ve doymamışlık oranı azalır ve bu durum yakıtın kalorifik değerinde artışa neden olur. Bununla birlikte, viskozite ve setan sayısı, artan ısı değerle birlikte yükselir. Biyodizel ve dizel yakıtların setan sayıları karşılaştırıldığında, biyodizelin daha yüksek bir setan sayısına sahip olduğu görülmektedir. Setan Sayısının artması dizel motorda yanma prosesinin en önemli kısmını oluşturan tutuşma gecikmesi süresini kısaltmakta ve dolayısıyla ani yanma öncesi yanma odası içerisinde biriken yakıt miktarı azalmaktadır. Bu ise ani yanma safhasında basınç artış hızının azalmasına neden olmaktadır (Şen vd., 2004).

Parlama Noktası: Sıvı yakıtın üst kısmında yanabilir karışımın oluştuğu en düşük sıcaklıktır. Parlama noktası yakıtın tutuşma özelliğine bağlı olduğu kadar, yakıtın buhar basıncına da bağlıdır. Parlama noktası, yakıtın taşınması ve depolanması için güvenlik standartlarını belirleyen önemli bir parametredir (Kinast, 2003).

Viskozite: Motor yakıtları için önemli bir kriter olan viskozite, belirli bir sıcaklıkta sıvının akmaya karşı direncini ifade eder. Moleküler iç sürtünmeden kaynaklanan viskozite değeri düşük olduğunda, sıvı daha fazla akışkanlık gösterir. Biyodizel yakıtının saflığı viskoziteyi etkileyen önemli bir faktördür. Yüksek viskoziteye sahip bir yakıtın enjekte edilmesi, yakıtın yanma süresini etkileyerek motorun çalışma performansını düşürebilir. Ayrıca, viskozitenin istenen seviyenin üzerinde olması motor içerisinde kurum oluşumuna, yetersiz yakıt enjeksiyonuna ve enjektörlerde tıkanmalara yol açabilir (Tillem, 2005).

Bulutlanma noktası: Yakıt içerisinde vaks (mum-parafin) kristallerinin oluşumunun başladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklıkta yakıt içerisinde katı yapılar oluşmaya başlamıştır. Oluşan bu katı yakıt partikülleri yakıt filtresinin tıkanmasına neden olur (Steven vd., 2015).

Soğuk filtre tıkanma noktası: Belirli koşullar altında soğutulan belirli bir hacimdeki dizel tipi yakıtın belirli bir sürede standart bir filtreleme cihazından geçtiği en düşük sıcaklıktır. Santigrat derece (°C) olarak ifade edilir. Bu test, yakıtın belirli yakıt sistemlerinde sorunsuz akış sağlayacağı en düşük sıcaklık için bir tahmin verir. Soğuk ülkelerde yüksek bir soğuk filtre tıkanma noktası araç motorlarını daha kolay tıkanmasına neden olur (Steven vd., 2015).

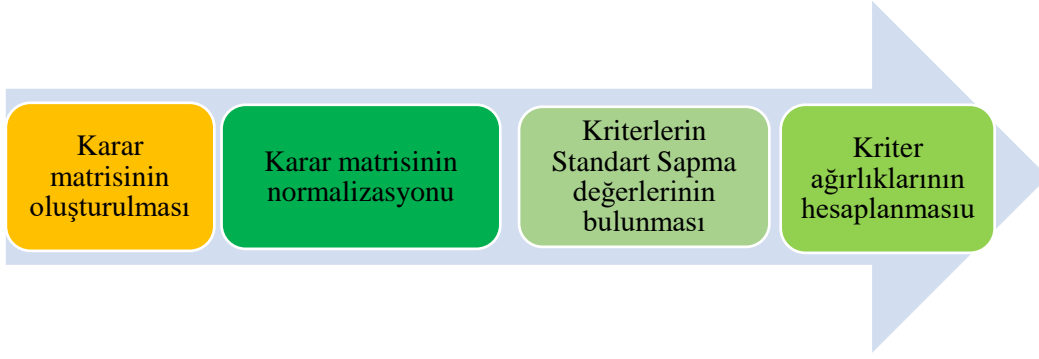
Akma noktası: Yakıtın akma özelliğini yani hareket kabiliyetini yitirdiği en düşük sıcaklığı ifade eder. Yakıtın jelleşmeye başladığı sıcaklıktır Düşük sıcaklıklarda akma noktası yüksek olan yakıtların kullanımındaki güçlükleri aşmak için yakıtın elektrikli ısıtıcı benzeri sistemler ile ısıtılması gerekmektedir (Gopinath vd., 2015).

Yoğunluk: Birim hacim başına ağırlıktır. Daha yoğun olan yağlar daha fazla enerji içerir. Daha yüksek yoğunluklu bir yakıt, yakıt sızıntısı olasılığını en aza indiren daha yüksek enerji konsantrasyonunu gösterir. Çok daha yüksek yoğunluk, daha fazla emisyonla birlikte zayıf yanmayla sonuçlanan püskürtme atomizasyon verimliliğinde önemli etkiye sahip olan daha yüksek viskozite sağlar (Sajjad vd., 2014).

Isıl değer: Yanma sonucu oluşan ürünlerin, yanma öncesi referans bir sıcaklığa göre toplam entalpilerinin yakıt kütlelerine bölünmesi ile elde edilen değere ısı değer denir. Yakıtların ısı değerleri genellikle birim kütlelerinin enerjisi ile verilmektedir (kJ/kg veya kcal/kg). Motorlardaki yanma sonu sıcaklıklarda su her zaman buhar olarak bulunduğu için, ısı değer, alt ısı değer olarak verilmelidir (Atadashi vd., 2010).

2.2. Standart Sapma Yöntemi

Çok fazla kriterin etkili olduğu karar problemlerinde kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmakta, kriter sayısı arttıkça problem daha da karmaşık bir hal almaktadır. Kriterlerin önem düzeylerinin karar alma süreçlerine etkisinin büyüklüğü bu rakamların objektif olarak ortaya konmasını gerektirmektedir (Petrović vd., 2023). Kriterlerin tamamına ait objektif veriler olması ve bu verilerin pozitif veya negatif olması durumuna bakmaksızın kullanılabilirdiği durumlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Yöntemin adımları Şekil 4.'de gösterilmiştir (Abdulvahitoğlu ve Abdulvahitoğlu, 2023)..



Şekil 4. Standart Sapma yönteminin aşamaları

Standart Sapma yöntemi 5 adımda uygulanır. Bunlar (Abdulvahitoğlu vd., 2023);

1.Adım. Karar matrisinin oluşturulması: Öncelikle (1) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi bir matris oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.Adım. Karar matrisinin normalize edilmesi: X Karar matrisi (2) numaralı formül ile normalize edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

3.Adım. Parametrelere ait Standart Sapma değerlerinin elde edilmesi: standart sapma değerleri (3) numaralı formül kullanılarak hesaplanır.

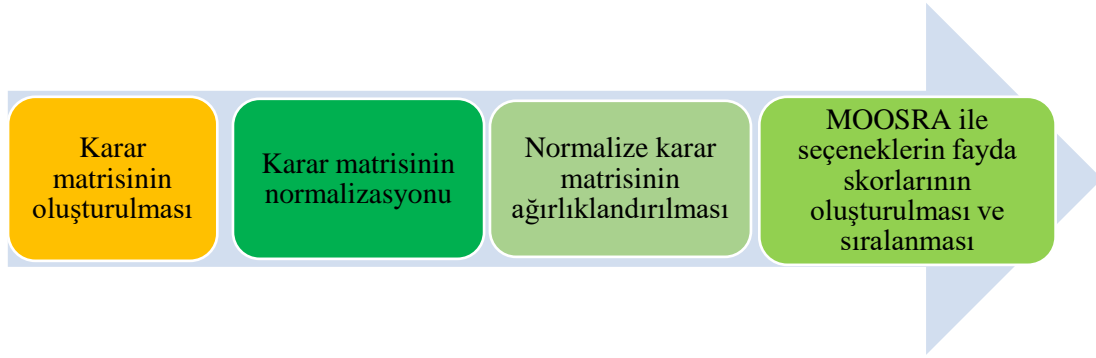
$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_{ij})^2}{m}} \quad (3)$$

4.Adım. Parametrelerin ağırlıklarının elde edilmesi: (4) numaralı formül ile her bir kriterin standart sapma değeri, standart sapma değerlerinin toplamına bölünür.

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{i=1}^n \sigma_j} \quad (4)$$

2.3. MOOSRA Yöntemi

2012 yılında Das vd tarafından geliştirilen MOOSRA yöntemi hesaplama zamanının kısa olması, matematiksel işlemlerin çok az olması, güvenilirliğin yüksek olması ve basit bir şekilde uygulanabilirliği nedeniyle tercih edilmektedir (Abdulvahitoğlu vd., 2024). MOOSRA yöntemi aşağıda belirtilen (5)-(8) numaralı eşitlikler kullanılarak dört adımda uygulanır (Das et al., 2013):



Şekil 5. MOOSRA yönteminin adımları

1.Adım. Karar matrisinin oluşturulması: Öncelikle (5) numaralı formülde gösterilen karar matrisi oluşturulur.

$$X^* = \begin{bmatrix} x_{11}^* & \dots & x_{1p}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1}^* & \dots & x_{mn}^* \end{bmatrix} \quad (i = 1, \dots, m \text{ and } j = 1, \dots, n) \quad (5)$$

2.Adım. Karar matrisinin normalize edilmesi: Karar matrisi (6) numaralı formül kullanılarak normalize edilir

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (6)$$

3. Adım. Normalize edilmiş matrisin ağırlıklandırılması: Normalize edilmiş matris standart sapma yöntemi ile elde edilmiş ağırlıklar (w_j) ile çarpılır.

$$a_{ij} = x_{ij}^* \cdot w_j \quad (7)$$

4. Adım Alternatiflerin fayda skorlarının hesaplanması: Her bir alternatife ait toplam fayda skoru (Y_i) (8) numaralı formül kullanılarak hesaplanır. Sonuçlar büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$Y_i = \frac{\sum_j^g x_{ij}^* \cdot w_j}{\sum_{j'=g+1}^n x_{ij'}^* \cdot w_j} \quad (8)$$

$Y_i = j = 1, 2, \dots, g$ fayda için

$j' = g + 1, g + 2, \dots, n$ maliyet için

Hesaplamalar sonucu elde edilen Y_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak seçenekler sıralanmış olur.

3.STANDART SAPMA TÜMLEŞİK MOOSRA YÖNTEMİ İLE FARKLI BİYODİZEL YAKITLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Değişik yağlı tohum bitkilerinden elde edilen biyodizel yakıt özellikleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi ve sağlıklı bir karşılaştırma

yapılabilmesi için dizel yakıtlar ile benzer değerlere sahip olan biyodizel yakıt özellikleri yukarıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Bu çalışmada farklı araştırmacılarca tespit edilmiş değişik yağlı tohum bitkilerinden elde edilen biyodizel yakıt özellikleri Çizelge 1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Farklı yağlı tohumlardan elde edilen biyodizel yakıt özellikleri (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Yağlar	Yoğunluk 15 C	Viskozite 40 C (mm ² /s)	Bulutlanma Noktası (c)	Akma Noktası (C)	Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	Setan Sayısı	Isıl Değer (MJ/kg)	Parlama Noktası (C)
Kanola	0,881	4,42	-3,25	-8	-13	55	40,748	137
Pamuk	0,883	4,33	1,7	-12,5	-12	56	39,75	175
Mısır	0,878	4,42	-3	-2	-13	56	43,1	171
Fındık	0,896	4,81	-7,65	-6	-3,35	62,95	39,58	172,7
Fıstık	0,8785	4,69	0,1	-9	-8	53	40,01	166
Haşhaş	0,889	4,37	-8	-18	-7	58	42,085	175
Kabak Çekirdeği	0,877	4,27	-18	-32	-9	51	38,08	152
Kolza	0,879	4,4	-3,5	-11	-12	54	41,1	169,5
Aspir	0,879	4,18	-4	-7	-6	51,1	42,2	174
Susam	0,867	4,23	0,5	-4	-1	58,97	40,25	176,67
Soya	0,882	4,15	0	-3,2	-3,67	44,7	39,84	140,1
Ayçiçeği	0,869	4,26	1,33	-8	-4	50	40,6	180,33
Ceviz	0,882	3,88	-6,1	-10	-9	54	41,18	170
Yabani Keten	0,885	4,11	2,5	-6,3	-2,8	48,91	45,2	150
Keten Tohumu	0,852	3,95	2,43	-9,6	-8	34,6	41,8	241

Çizelge 1.'de gösterilen başlangıç matrisi vektör normalizasyonu uygulanarak normalize edilerek Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Normalize edilmiş matris

Yağlar	Yoğunluk 15 C	Viskozite 40 C (mm ² /s)	Bulutlanma Noktası (c)	Akma Noktası (C)	Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	Setan Sayısı	Isıl Değer (MJ/kg)	Parlama Noktası (C)
Kanola	0,259	0,265	-0,139	-0,171	-0,401	0,268	0,256	0,206
Pamuk	0,260	0,260	0,073	-0,268	-0,370	0,273	0,250	0,263
Mısır	0,258	0,265	-0,128	-0,043	-0,401	0,273	0,271	0,257
Fındık	0,263	0,289	-0,327	-0,128	-0,103	0,307	0,249	0,260
Fıstık	0,258	0,281	0,004	-0,193	-0,247	0,258	0,252	0,250
Haşhaş	0,261	0,262	-0,342	-0,385	-0,216	0,283	0,265	0,263
Kabak Çekirdeği	0,258	0,256	-0,768	-0,685	-0,278	0,249	0,239	0,229
Kolza	0,258	0,264	-0,149	-0,236	-0,370	0,263	0,258	0,255
Aspir	0,258	0,251	-0,171	-0,150	-0,185	0,249	0,265	0,262
Susam	0,255	0,254	0,021	-0,086	-0,031	0,288	0,253	0,266
Soya	0,259	0,249	0,000	-0,069	-0,113	0,218	0,250	0,211
Ayçiçeği	0,255	0,256	0,057	-0,171	-0,123	0,244	0,255	0,271
Ceviz	0,259	0,233	-0,260	-0,214	-0,278	0,263	0,259	0,256
Yabani Keten	0,260	0,247	0,107	-0,135	-0,086	0,239	0,284	0,226
Keten Tohumu	0,250	0,237	0,104	-0,206	-0,247	0,169	0,263	0,363

Standart sapma yönteminin üç numaralı formülü ile Çizelge 3.'te gösterilen standart sapma değerleri, dört numaralı formülü ile de Çizelge 4.'te gösterilen kriter ağırlıkları bulunmuştur.

Çizelge 3. Kriterlerin standart sapması

	Yoğunluk 15 C	Viskozite 40 C (mm ² /s)	Bulutlanma Noktası (c)	Akma Noktası (C)	Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	Setan Sayısı	Isıl Değer (MJ/kg)	Parlama Noktası (C)
Kriterlerin standart sapması	0,002877	0,014161	0,224289	0,151255	0,117336	0,03139	0,010337	0,03473

Çizelge 4. Kiterlerin ağırlıkları

	Yoğunluk 15 C	Viskozite 40 C (mm ² /s)	Bulutlanma Noktası (c)	Akma Noktası (C)	Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	Setan Sayısı	Isıl Değer (MJ/kg)	Parlama Noktası (C)
Kriterler Ağırlıkları	0,004906	0,024151	0,382501	0,257949	0,2001	0,053532	0,017629	0,059229

Ağırlıklar hesaplandıktan sonra MOOSRA yöntemi uygulanır. MOOSRA yönteminde de başlangıç matrisi öncelikle normalize edilerek işleme başlanır. MOOSRA yönteminde normalize işlemi ile Standart Sapma yöntemindeki aynı olduğu için Çizelge 2.'deki değerler kullanılır. Bu matris Çizelge 4.'teki kriter ağırlıkları ile çarpılarak elde edilen ağırlıklandırılmış ile normalize matris Çizelge 5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. MOOSRA yönteminde ağırlıklandırılmış normalize matris

Yağlar	Yoğunluk 15 C	Viskozite 40 C (mm ² /s)	Bulutlanma Noktası (c)	Akma Noktası (C)	Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	Setan Sayısı	Isıl Değer (MJ/kg)	Parlama Noktası (C)
Kriter Yönü	min	min	min	min	min	max	max	max
Kanola	0,00127	0,0064	-0,0531	-0,0442	-0,0803	0,0144	0,0045	0,0122
Pamuk	0,00127	0,0063	0,0278	-0,0690	-0,0741	0,0146	0,0044	0,0156
Mısır	0,00127	0,0064	-0,0490	-0,0110	-0,0803	0,0146	0,0048	0,0152
Fındık	0,00129	0,0070	-0,1249	-0,0331	-0,0207	0,0164	0,0044	0,0154
Fıstık	0,00127	0,0068	0,0016	-0,0497	-0,0494	0,0138	0,0044	0,0148
Haşhaş	0,00128	0,0063	-0,1306	-0,0994	-0,0432	0,0151	0,0047	0,0156
Kabak Çekirdeği	0,00126	0,0062	-0,2939	-0,1767	-0,0556	0,0133	0,0042	0,0135
Kolza	0,00127	0,0064	-0,0572	-0,0608	-0,0741	0,0141	0,0046	0,0151
Aspir	0,00127	0,0061	-0,0653	-0,0387	-0,0370	0,0133	0,0047	0,0155
Susam	0,00125	0,0061	0,0082	-0,0221	-0,0062	0,0154	0,0045	0,0157
Soya	0,00127	0,0060	0,0000	-0,0177	-0,0227	0,0117	0,0044	0,0125
Ayçiçeği	0,00125	0,0062	0,0217	-0,0442	-0,0247	0,0131	0,0045	0,0161
Ceviz	0,00127	0,0056	-0,0996	-0,0552	-0,0556	0,0141	0,0046	0,0152
Yabani Keten	0,00128	0,0060	0,0408	-0,0348	-0,0173	0,0128	0,0050	0,0134
Keten Tohumu	0,00123	0,0057	0,0397	-0,0530	-0,0494	0,0090	0,0046	0,0215

Çizelge 5.'te belirtilen özelliklerden ilk beş tanesi maliyet yönlü müteakip 3 tanesi ise fayda yönlüdür. Bu yüzden sekiz numaralı formül ile max. yönlü kriterlerin toplamı min. yönlü kriterlerin toplamına bölünerek her bir alternatifin toplam fayda değerleri bulunur.

Çizelge 6. Alternatiflerin sıralanması

Yağlı tohum bitkisi	S_i^+	S_i^-	$\frac{S_i^+}{S_i^-}$	Sıralama
Kanola	0,031087	-0,16984	-0,183031	4
Pamuk	0,034624	-0,10781	-0,321143	9
Mısır	0,034639	-0,13263	-0,261174	8
Fındık	0,036215	-0,17049	-0,212418	6
Fıstık	0,033067	-0,0894	-0,369869	10
Haşhaş	0,035405	-0,26566	-0,133271	2
Kabak Çekirdeği	0,031083	-0,5188	-0,059915	1
Kolza	0,033761	-0,18435	-0,183134	5
Aspir	0,033527	-0,1337	-0,250759	7
Susam	0,035604	-0,01272	-2,798483	14
Soya	0,028573	-0,03305	-0,864605	13
Ayçiçeği	0,033627	-0,03974	-0,846274	12
Ceviz	0,033815	-0,20352	-0,166152	3
Yabani Keten	0,031149	-0,00403	-7,738606	15
Keten Tohumu	0,035147	-0,05578	-0,630128	11

Yapılan hesaplamalar sonucunda Kabak Çekirdeği, Haşhaş ve Ceviz bitkilerinin yağından elde edilen biyodizel ilk üç sırayı elde etmiştir. Bu bitkiler yiyecek maddesi olduğu için araştırmacılarca daha çok yemeklik olmayan yağlı tohumlar önerilmektedir. dolayısıyla 4, 5 ve 11'nci sırada yer alan sırasıyla kolza, aspir ve keten yemeklik olmayan yağlı tohum bitkileri içerisinde en iyi ilk üçü oluşturmuştur. Hesaplamalar Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır.

SONUÇ

Türkiye enerjide büyük oranda dışa bağımlı bir ülkedir. Yıllardır çok zor şartlarda yapılan üretim gelirleri çoğunlukla enerji ithalatını karşılamak için kullanılmıştır. Bu yüzden alternatif enerji kaynakları her zaman araştırmacıların ilgi odağında olmuştur. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren öncelikle alternatif yakıtlardan biyokütle enerjisi üretimine yoğunlaşan araştırmacılar, sonraları güneş, rüzgar vb. temiz enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Özellikle Elektrikli araç teknolojisindeki gelişmeler içten yanmalı motor yakıtlarına yönelik çalışmaların azalmasına neden olsa da özellikle geri dönüşüm ve atıklardan biyokütle enerjisi elde etme çalışmaları devam etmektedir.

Bu bağlamda dünya genelinde yapılan biyodizel temalı çalışmalar incelenmiş, araştırmacıların farklı yağlı tohum bitkilerinden elde ettikleri biyodizel yakıt özellikleri değerlendirmek üzere toplanmıştır. Biyodizel yakıtların değerlendirmesine etki eden sekiz yakıt özelliğine ait

verilerden bir karar matrisi oluşturulmuş, daha sonra bu veriler hayatın hemen hemen her alanında kullanılan ÇKKV yöntemleri ile analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda yağ bitkileri içinde yemeklik olmayanlardan sırasıyla Kolza, Aspir ve Ketan tohumu yağlarından elde edilen biyodizel yakıtların en iyi özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Bunlar içerisinde aspir kurak iklimde yetişebilmesi, ekonomik olması, verimli olması ve denenmiş ekim tecrübesi ile öne çıkmaktadır. Geniş tarım olanakları ve potansiyeli bulunan Türkiye’de biyodizel üretim imkanı yüksektir. Bu yüzden yağlı tohum üretimi desteklenerek çiftçilere de katma değer sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A. ve Cengiz, N., (2024)., A Comprehensive Analysis of Apricot Drying Methods via Multi-Criteria Decision Making Techniques. *Journal of Food Process Engineering*, 47:e14759, <https://doi.org/10.1111/jfpe.14759>.
- Abdulvahitoğlu, A. ve Abdulvahitoğlu, A. (2023). Standart Sapma Tabanlı COPRAS Yöntemi İle Akıllı Cep Telefonu Seçimi” ISARC 6. International Hasankeyf Scientific Research and Innovation Congress, 18-19 November 2023, Batman, Türkiye.
- Abdulvahitoğlu, A., (2023) Prioritization of Risk Factors Causing Juvenile Delinquency with SWARA Method: A Case Study from Türkiye, *Türk İdare Dergisi*, 95(496), 39-61.
- Abdulvahitoglu, A. ve Kilic, M., (2021), A new approach for selecting the most suitable oilseed for biodiesel production; the integrated AHP-TOPSIS method, *Ain Shams Engineering Journal*, 13(3),101604
- Abdulvahitoğlu, A. (2018). Using Analytic Hierarchy Process for Evaluating Different Biodiesels as an Alternative Fuel. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(3), 177-186.
- Abdulvahitoglu, A., & Tuccar, G. (2017). Evaluation of watermelon seed biodiesel as an alternative fuel in diesel engines. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(1), 189-194.
- Atadashi, I.M., Aroua, M.K., Abdul Aziz, A., 2010. High Quality Biodiesel and its Diesel Engine Application: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*;14(7), 1999-2008.
- Athar, M. S. Zaidi. (2020). A review of the feedstocks, catalysts, and intensification techniques for sustainable biodiesel production. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6), 104523.
- Cesur, C., Eryılmaz, T., Uskutoğlu, T., Doğan, H., Coşke Şenkal, B., Alniak Sezer, S., 2021, Haşhaş Tohum (Papaver somniferum L.) Yağının Biyodizel Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3), 797-808.
- Çoban, A. (2021). Biyodizel Karışımları ile Çalışan Bir Dizel Motorunda Performans, NO ve İş Emisyonlarını Etkileyen Faktör Seviyelerinin Taguchi Yöntemi ile Belirlenmesi. 9(2), 229–237.
- Das, M.C., Sarkar, B., Ray, S., 2013a. On the performance of Indian technical institutions: a combined SOWIA-MOORA approach. *Opsearch* 50 (3), 319e333. <https://doi.org/10.1007/s12597-012-0116-z>.
- Gopinath A., Sairam K., Velraj R., Kumaresan G., (2015). Effects of the properties and the structural configurations of fatty acid methyl esters on the properties of biodiesel fuel: a review, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.* 229, 357–390
- Petrović, N., Živanović, T., ve Mihajlović, J. (2023). Evaluating the Annual Operational Efficiency of Passenger and Freight Road Transport in Serbia Through Entropy and TOPSIS Methods. *Journal of Engineering Management and Systems Engineering*, 2(4), 204-211.
- Ritchie, H., (2020). Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector> ERT: 11 Ekim 2024.
- Sayyed S., Kumar, R. ve Kulkarni, D., (2022). Experimental Investigation for Evaluating the Performance and Emission Characteristics of DICI Engine Fueled with Dual Biodiesel Diesel Blends of Jatropha, Karanja, Mahua, and Nee *Energy* 238, 121787.
- Sajjad H. , Masjuki H.H. , Varman M. , Kalam M.A. , Arbab M.I. , Imtenan S. , Ashrafur Rahman S.M. (2014). Engine combustion, performance and emission characteristics of gas to liquid (GTL)

- fuels and its blends with diesel and bio-diesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, 961–986
- Steven A., Treese; Peter R., Pujado; David S. J., Jones , 2015. *Handbook of Petroleum Processing* (2 ed.). Springer. p. 79. ISBN 978-3-319-14528-0.
- Şahin, T., & Sural, T. (2020). Biyodizel Yan Ürünlerinin Hayvan Beslemede Kullanımı. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 199-206.
<https://doi.org/10.47495/okufbed.767249>.
- Şimşek, D., Çolak, N.Y., (2019). Investigation of The Effect of Biodiesel / Propanol Fuel Mixtures on Diesel Engine Emissions. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, Vol 6(1).
- Şen, Z., Karaosmanoğlu, F., Şahin, A. D., Öztopal, Ahmet., Çetinkaya, M., (2004). V. National Clean Energy Symposium; Water Foundation Publications, 26-28.
- Tillem, İ. (2005). Dizel Motorlar İçin Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi ve Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü y.Lisans Tezi, Denizli.
- Yıldırım R., Karadöl İ., (2024). Çok Kriterli Karar Verme Metodu İle Biyogaz Üretimindeki En İyi Enerji Bitkisinin Belirlenerek Türkiye Ölçeğindeki Enerji Potansiyelinin Hesaplanması. *Journal of Polytechnic*, DOI: 10.2339/politeknik.1370924
- Yürür, E. E., Abalı, Y. ve Çağlayan, B. (2021). Denizel Ekosistem Üzerine Olumsuz Etkisi Olan Bitkisel Atık Yağların Biyodizel Olarak Geri Kazanımı. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 1(31), 1-12.