



# İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

*Istanbul Commerce University Journal of Science*

<http://dergipark.org.tr/ticaretfbid>



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ İLE BİR UYGULAMA: DİZEL JENERATÖR SEÇİMİ\*

AN APPLICATION WITH THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS:  
SELECTION OF DIESEL GENERATORS

Vedat ÖZKÖK<sup>1</sup>

Sibkat KAÇTIOĞLU<sup>2</sup>

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author*  
vedatozkok@gmail.com

*Geliş Tarihi / Received*  
04.05.2021

*Kabul Tarihi / Accepted*  
08.06.2021

### Öz

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. AHS, çok sayıda ölçütü hiyerarşik yapıda bir araya getirerek kullanıcının düşünce ve deneyimlerinin karara yansıtılmasına imkân veren başarılı bir karar verme yöntemidir. TOPSIS, seçeneklerden pozitif ideal çözüme en kısa mesafede ve negatif ideal çözüme en uzak mesafede olan en iyi karar seçeneği olduğunun kabul edildiği karar verme tekniğidir. Çalışmada dizel jeneratör seçimi için Maliyet, Firma İmajı, Teknik Özellikler ve Satış Sonrası Hizmetler olmak üzere 4 ana ölçüt belirlenmiş AHS ve TOPSIS yöntemleri ile çözüm modeli oluşturulmuş ve sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik hiyerarşi süreci, dizel jeneratör seçimi, karar verme, TOPSIS.

### Abstract

Analytical Hierarchy Process (AHS) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) are widely used in decision making problems. AHP is a successful decision-making method that brings together many criteria in a hierarchical structure and enables the reflection of the user's thoughts and experiences to the decision. TOPSIS is a decision-making technique in which it is accepted that the one with the shortest distance from the positive ideal solution and the farthest distance from the negative ideal solution is accepted as the best decision option. In the study, 4 main criteria were determined for the selection of diesel generators, namely Cost, Company Image, Technical Specifications and After Sales Services, and a solution model was created with AHS and TOPSIS methods and the results were compared and evaluated.

**Keywords:** Analytical hierarchy process, decision making, diesel generator selection, TOPSIS

\*Bu yayın Vedat ÖZKÖK isimli öğrencinin İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Programındaki Lisansüstü tezinden üretilmiştir.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye. vedatozkok@gmail.com, Orcid.org/0000-0002-8115-564X.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye. skactioglu@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-8529-3775.

## 1. GİRİŞ

Karar verme, seçenekler arasından amaca en uygun olanın tercih edilmesidir ve o anda varılan bir yargıyı değil bir süreci ifade eder. Bu süreçte karar verici birçok ölçütü ve seçeneği değerlendirmek durumunda kalmaktadır. Seçenek ve ölçüt sayısı arttıkça karar verici için karar vermek zorlaşmaktadır. Karar verme ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda; mantıklı bir insanın nasıl karar vermesi gerektiği, insanların gerçekte nasıl karar verdikleri ve insanlara doğru kararı vermeleri için nasıl yardımcı olunabileceği sorularına cevap aranmaktadır. Bilim insanları karar vericilere yardımcı olabilecek teknikler geliştirmeye çalışmaktadırlar. Yıllardır süren çalışmalar neticesinde pek çok karar verme tekniği geliştirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemleri en sık kullanılan karar verme tekniklerindedir.

Gelişen teknoloji elektrik enerjisine olan ihtiyacı arttırmaktadır. Sağlık, güvenlik, sanayi, turizm vb. gibi birçok sektör için elektrik enerjisinin sürekliliği önem arz etmektedir. Çeşitli nedenlerden dolayı elektrik enerjisinin arzı kesintiye uğrayabilmektedir. Kurum ve kuruluşlar elektrik enerjisi arzının kesintiye uğraması durumlarına karşı tedbir amaçlı olarak jeneratör kullanmaktadır.

Jeneratör seçimi, birçok alternatif arasından en uygun olanı amaçlayan bir Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemidir. Literatürde ÇÖKV yöntemlerinin kullanıldığı dizel jeneratör seçimi ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada sektöre ve literatüre katkı sağlamak düşüncesiyle AHS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak dizel jeneratör seçimi problemine bir çözüm önerisi sunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde AHS ve TOPSIS yöntemleri ile yapılan çalışmalar incelenmiştir. AHS ve TOPSIS yöntemlerinin birçok ÇÖKV probleminin çözümünde kullanıldığı görülmüş ancak dizel jeneratör seçimi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Makine, ticari araç, silah, elektronik cihaz vb. gibi birçok satın alma veya seçim problemlerinde ÇÖKV yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Karar verme tekniklerinden en çok tercih edilen AHS ve TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığı örnek çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Güngör ve Didar (2005), Otomobil seçimi problemine AHS ile çözüm önerisi sunmuşlardır. Yazarlar, Fiyat, İkinci El Fiyatı, Yakıt Tüketimi, 0-100 km'de Hızlanması, Konfor, Güvenlik, Bakım Maliyeti, Genişlik ve Sevgi Derecesi olmak üzere 9 ölçüt belirlemiş ve 8 alternatif otomobil arasından seçim yapmıştır.

Phogat ve Singh (2013), çalışmalarında bir yol inşaatında kullanılacak kazı makinesi seçim problemi için AHS, TOPSIS, PROMETHEE, SAW (Simple Additive Weights Method) ve ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemlerini kullanmışlardır. 3 ana ölçüt ve 18 alt ölçüte göre 7 adet kazı makinesi arasından en iyi alternatif olarak D80 Dozer seçilmiştir.

Kurşunoğlu ve Önder (2015), yer altı kömür madeninin havalandırması için fan seçimini AHS ile yapmıştır. Yazarlar, teknik, işletme, çevre ve ekonomik olmak üzere dört ana ölçüt ve 10 alt ölçüte göre değerlendirme yapmıştır.

Uzun (2015), İnşa sürecindeki bir gemi için ana makine ve jeneratör seçimi amacıyla yaptığı çalışmada AHS, TOPSIS ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for

Enrichment Evaluations) yöntemlerini kullanmıştır. Yazar ana makine ve jeneratör seçimini 5 ana ölçüt ve 10 alt ölçüte göre 7 seçenek arasından yapmıştır.

Karim ve Karmaker (2016), “Machine Selection by AHP and TOPSIS Methods” başlıklı çalışmalarında makine seçimini AHS ve TOPSIS yöntemleri ile yapmışlardır. Yazarlar makine seçimini 3 seçenek arasından 7 ana ölçüt (Verimlilik, Esneklik, Maliyet, Kalite, Güvenilirlik, Servis imkânı, Emniyet) ve 26 alt ölçüte göre yapmıştır.

Hasnain ve ark. (2020), Soda külü üretim tesisi için endüstriyel kazan seçimini AHS ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak yapmışlardır. Çalışmada 5 seçenek arasından 17 ölçüte göre seçim yapılmıştır. Çalışmada, endüstriyel tesisler için kazan seçilirken buhar kapasitesi, işletme basıncı/sıcaklığı, yakıt tüketimi vb. gibi faktörlerin tercih edildiği görülmüştür.

### 3. DİZEL JENERATÖRLER

Jeneratörler şebeke elektriğinin kısa süreli kesintilerinde veya şebeke enerjisinin hiç olmadığı yerlerde elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılırlar ve kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye çeviren bir motor ve bu motorun ürettiği mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren bir alternatörden oluşurlar. Jeneratörler, kullanılan yakıt tipi, kullanım amacı ve yeri gibi özelliklerine göre çeşitlere ayrılmaktadır.

Dizel jeneratörler, yakıt olarak motorin kullanılan ve nispeten büyük güçler için üretilen makinelerdir. Birçok bileşenden meydana gelen bir dizel jeneratörün en önemli 3 bileşeni; dizel motor, alternatör ve kumanda panelidir. Bu üç bileşenin dışında, yakıt tankı, soğutma sistemi, egzoz sistemi, akü ve elektrik panosu gibi bileşenler de dizel jeneratörü oluşturan unsurlardır.

Dizel jeneratörler uzun süre sorunsuz şekilde çalışması beklentisi ile satın alınan görece pahalı cihazlardır. Tüm bileşenlerinin kaliteli malzemeler olması ve üretici firmanın yetkili servis hizmetlerinin yeterliliği bu beklentiyi karşılayacak olan önemli etmenlerdir. Dizel jeneratör satın alınırken üretici firmanın referansları, sektördeki tecrübesi ve satış sonrası hizmetleri dikkate alınması gereken hususlardır. Bir jeneratör satın alma kararı verildiğinde öncelikle güç ihtiyacı tespit edilmelidir. Gücünün çok altında veya çok üstünde çalıştırmak jeneratöre zarar vererek ömrünün kısalmasına neden olur. Ayrıca yakıt tipi, çalışma şekli ve jeneratör tipi de öncelikle belirlenmesi gereken özelliklerdir.

### 4. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), karmaşık karar problemlerinde seçenek ve ölçütlere göreceli önem değerleri verilerek suretiyle yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılması esasına dayanan bir, çok ölçütlü karar verme yöntemidir. AHS, karar teorisinde zengin uygulamaları olan, nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı sunan güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntemdir. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen yöntem belirlilik ya da belirsizlik altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok ölçütlü ve çok amaçlı bir karar verme durumunda kullanılır. AHS, tecrübe ve bilginin de en az kullanılan veriler kadar değerli olduğu prensibine dayanır. İş ve ekonomide çok kişili, çok ölçütlü karmaşık kararların planlamasında çok kullanışlı olduğunu kanıtlayan güçlü bir yönetim karar aracıdır (Karabacak, 2011).

#### 4.1. AHS'nin Olumlu Yönleri

AHS'nin, uygulamadaki olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (Aydın, 2008; Banuelas & Antony, 2004; Kahraman ve ark., 2004; Kuruüzüm & Atsan, 2001 ):

- AHS, çok sayıda ölçüt ile uygulanabilir,
- İleri seviye teknikler gerektirmediği için diğer yöntemlere göre uygulaması daha kolaydır,
- AHS, nitel ve nicel faktörleri değerlendirebilir,
- Karar vericinin tercihlerini doğru tespit etmesine olanak verir.
- İnsan tercihlerini, deneyimlerini, bilgilerini, sezgilerini ve yargılarını karar sürecine dahil edebilir.
- Ağır matematiksel hesaplamalar içermez.
- Farklı koşullara uygulanabilir.
- İkili karşılaştırmaların tutarlık derecesi ölçülebilir.
- Sistemik yapısı sayesinde, çok karmaşık problemleri bile basitleştiren bir sürece sahiptir.
- Grup kararlarının alınması için çok uygun bir yöntemdir.
- AHS birçok karar verme problemine uygulanabilir.
- Duyarlık analizi sayesinde sonucun esnekliğini analiz etmek mümkündür.

#### 4.2. AHS'nin Olumsuz Yönleri

AHS'nin uygulamadaki bazı zorluklardan dolayı eleştiriye uğrayan veya olumsuz sayılabilecek yönleri şu şekilde sıralanabilir (Aydın, 2008; Banuelas & Antony, 2004; Kahraman ve ark., 2004; Kuruüzüm & Atsan, 2001):

- Hiyerarşinin oluşturulması zor ve sübjektiflik içermesinden dolayı kesin sonuca varılamayabilir
- Karşılaştırma işlemleri daha çok gruplar tarafından yapılmasından dolayı zaman almaktadır.
- Bir seçenek eklendiğinde veya çıkarıldığında seçeneklerin sırası değişmektedir.
- Yukarıdan aşağıya doğru modellenmesi nedeniyle faktörler arası etkileşim dikkate alınmamaktadır.
- Değerlendirme faktörlerinin doğru seçilememesi, sonucun yanlış çıkmasına neden olabilir.
- Ölçütlerin seçeneklerden bağımsız değerlendirilmesi sorunlara neden olabilmektedir.
- Modelin ve ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında deneyimli ve uzman kişilere ihtiyaç vardır.

#### 4.3. AHS Adımları

AHS dört adımdan oluşmaktadır. AHS adımları aşağıdaki gibidir (Özbek & Eren, 2012; Saaty, 1994;).

**Adım 1 Problemin tanımlanması ve hiyerarşinin oluşturulması:** Bu adımda problem tanımlanır. Amaç, ölçütler ve seçenekler belirlenir. Bu adımda uzman görüşleri ve geçmiş deneyimlerden faydalanılır. Daha sonra hiyerarşik yapı oluşturulur. Hiyerarşinin tepesinde amaç yer alır. Bir alt seviyede ölçütler yer alırken en alt seviyede ise seçenekler yer alır.

**Adım 2 Ölçütlerin ve seçeneklerin ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve normalize edilmesi:** İkili karşılaştırmalarda öncelikle ölçütler birbirleri ile önem derecelerine göre karşılaştırılır. Bu karşılaştırmalarda Tablo 1.'de verilen karşılaştırma ölçeği kullanılır. İkili

karşılaştırma matrisinde, örneğin A ölçütü, B ölçütüne göre  $x$  kat önemli ise, B ölçütü de A ölçütüne göre  $1/x$  kat önemli olmalıdır.

Tablo 1. Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 2008)

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki ölçüt eşit değerde
3	Biraz önemli	Bir ölçüt diğerine göre daha önemli sayılmıştır
5	Fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemli sayılmıştır
7	Çok fazla önemli	Ölçüt diğer ölçüte göre kesinlikle çok fazla önemli sayılmıştır
9	Son derece önemli	Bir ölçütün diğerine göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır
2,4,6,8	Ara değerler	

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, matrisin her bir elemanı bulunduğu sütununun toplamına bölünür. Böylece matris normalize edilmiş olur.

**Adım 3 Öncelik vektörünün ve tutarlılık oranının hesaplanması:** Normalize edilmiş matrisin her bir satırın ortalaması alınır. Bulunan bu değerler önem ağırlıklarıdır. Bu ağırlıklar öncelik vektörü olarak adlandırılır. Daha sonra yapılmış olan karşılaştırmaların tutarlılık oranları hesaplanır. Tutarlılık oranını hesaplayabilmek için Random İndeks(RI) değerinin bilinmesi gerekir. Her bir matris boyutu  $n$  için karşılık gelen RI değeri Tablo 2’de verilmiştir. Matris eleman sayısı arttıkça tutarlılık elde edebilmek zorlaşacağından dolayı RI, boyutu en çok 15 olan matrisler için hesaplanabilmektedir.

Tablo 2. Matrisler için RI Değerleri (Özbek, 2017)

$n$	RI
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,53
13	1,56
14	1,57
15	1,59

**Adım 4 Seçeneklerin sıralanması:** Seçeneklerin amaca göre nihai sıralamasını belirlemek için ölçütlerin kendi aralarında ve seçeneklerin ise her bir ölçüte göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak öncelik vektörleri belirlenir. Her bir ölçütün ağırlığı ile seçeneklerin o ölçüte göre olan tercih değerleri çarpılarak her bir seçeneğin ağırlıklı değeri belirlenir. Her bir seçeneğin ağırlıklı değerleri toplanarak o seçeneğin sıralama değeri bulunur. Seçeneklerin sıralama değerleri büyükten küçüğe doğru dizilerek, en uygun seçenek bulunur.

## 5. TOPSIS

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir. Birçok alanda uygulanma imkanı bulmuş olan yöntem pozitif ideal çözüme en kısa mesafede ve negatif ideal çözüme en uzak mesafede olan seçeneği bulma temeline dayanmaktadır. Pozitif ideal çözüm maliyet ölçütünün en az, fayda ölçütünün en fazla olduğu çözümdür. Negatif ideal çözüm ise fayda ölçütünün en az maliyet ölçütünün de en fazla olduğu çözümdür. Seçeneklerin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan mesafeleri Öklid uzaklığı yardımıyla hesaplanır. Yöntemin uygulanabilmesi için öncelikle ölçütler belirlenmelidir ve en az iki seçenek bulunmalıdır. Ölçütlerin ağırlıklarını belirlemek için yöntemde bir uygulama yoktur. Ağırlıkları bulmak için AHS gibi yöntemler kullanılabilir. Yöntemin uygulama adımları aşağıda verilmiştir (Özbek, 2017).

**Adım 1 Karar matrisinin (A) oluşturulması:** Seçenekler ve ölçütler belirlendikten sonra satırlarında seçeneklerin, sütunlarında ise ölçütlerin bulunduğu karar matrisi (A) oluşturulur.

**Adım 2 Standart karar matrisinin (R) oluşturulması:** Karar matrisinin her bir elemanı, bulunduğu sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek standart karar matrisi (R) elde edilir.

**Adım 3 Ağırlıklı standart karar matrisinin (V) oluşturulması:** Ölçütlere ilişkin ağırlık değerleri ile standart karar matrisinin elemanları çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur.

**Adım 4 İdeal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm kümelerinin oluşturulması:** İdeal çözümün oluşturulabilmesi için ağırlıklı standart karar matrisindeki ölçütlerin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilir.

**Adım 5 Ayırım ölçülerinin hesaplanması:** TOPSIS yönteminde her bir seçeneğe ilişkin ölçüt değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Öklid uzaklık yaklaşımından faydalanılmaktadır. Buradan elde edilen seçeneklere ait sapma değerleri ise İdeal Ayırım ( $S_i^*$ ) ve Negatif İdeal Ayırım ( $S_i^-$ ) ölçütü olarak adlandırılmaktadır.

**Adım 6 İdeal çözüme görelî yakınlığın hesaplanması:** Seçeneklerin ideal çözüme görelî yakınlığının ( $C_i^*$ ) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılmaktadır.  $C_i^*$ , 0 ile 1 arasında bir değer alır.  $C_i^*=1$ ,  $i$ . karar seçeneğinin pozitif ideal çözüm noktasında olduğunu,  $C_i^*=0$  ise karar seçeneğinin pozitif ideal çözüm noktasında olduğunu gösterir.

## 6. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama kısmında dizel jeneratör seçimi problemi, AHS ve TOPSIS işlem adımları uygulanarak en uygun markanın tercih edilmesi amaçlanmıştır.

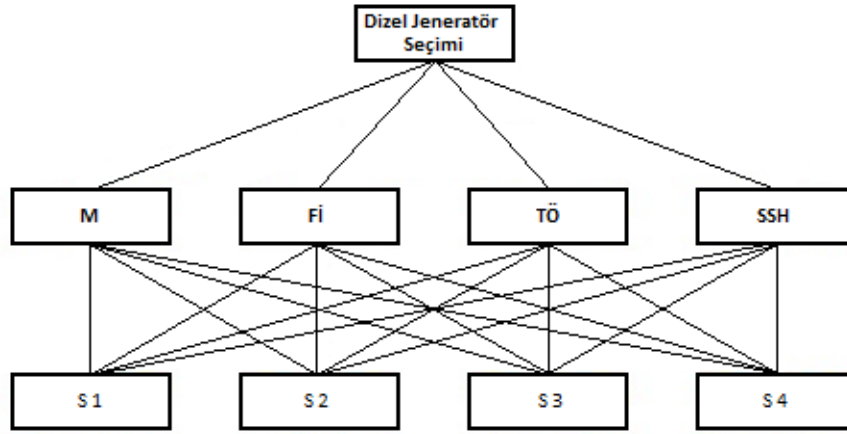
### 6.1. AHS Yöntemiyle Çözüm Modeli Oluşturulması

**Adım 1 Problemin tanımlanması ve hiyerarşinin oluşturulması:** Dizel jeneratör seçiminde dikkate alınması uygun olan ölçütler ve uygun dizel jeneratör modelleri; kuruluş temsilcileri, jeneratör firma temsilcileri, jeneratör operatörleri ve jeneratör teknisyenlerinden oluşan 10 kişilik karar verici grup tarafından belirlenmiştir. Bilimsel etik açısından belirlenen jeneratör modellerine ait marka ve model bilgileri bu çalışmada belirtilmemiştir. Seçenekler “Sn” olarak ifade edilmiştir.

Dizel jeneratör seçiminde kullanılmak üzere 4 ölçüt belirlenmiştir. Belirlenen ölçütler aşağıda verilmiştir.

- Maliyet (M): Bu ölçütte jeneratörün ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve bakım maliyeti dikkate alınmıştır. Karar vericilere anket esnasında düşük maliyetin tercih edilen özellik olması gerektiği hatırlatılmıştır.
- Firma İmajı (Fİ): Bu ölçütte firmanın referansları, markanın bilinirliği ile firmanın sahip olduğu yeterlilik ve standart belgeleri dikkate alınmıştır.
- Teknik Özellikler (TÖ): Bu ölçütte ürünün teknik özellikleri, kalitesi, bakım kolaylığı ve ürünlerin arıza yapma oranları dikkate alınmıştır.
- Satış Sonrası Hizmetler (SSH): Bu ölçütte firmanın yetkili servis hizmetleri, yedek parça hizmetleri ve sözleşme ile belirlenebilecek satış sonrası hizmetler dikkate alınmıştır.

Belirlenen ana ve alt ölçütlere ait hiyerarşik yapı şeması Şekil 1’te verilmiştir.



Şekil 1. Hiyerarşik yapı

**Adım 2 Ölçütler ile seçeneklerin ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve normalize edilmesi:** Bu adımda belirlenen ölçütler için ve seçeneklerin ölçütlere göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur ve normalize edilir. İkili karşılaştırmalar, Tablo 1.’de verilen ölçeğe göre yapılmıştır. Matrisler karar vericilerin yaptığı değerlendirmelerin geometrik ortalamaları alınarak oluşturulmuştur. Ölçütlerin ikili karşılaştırılmasında, ölçütlerin birbirlerine göre önem düzeyi belirtilir. Tablo 3’te ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi verilmiştir. Buna göre, örneğin teknik özellikler ölçütü, satış sonrası hizmetler ölçütüne göre 1,473 kat daha fazla önemlidir.

Tablo 3. Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	M	Fİ	TÖ	SSH
M	1,000	1,578	0,577	1,282
Fİ	0,634	1,000	0,568	1,149
TÖ	1,732	1,762	1,000	1,473
SSH	0,780	0,871	0,679	1,000

Belirlenen ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi Eşitlik (1) kullanılarak normalize edilir. Buna göre örneğin teknik özellikler ölçütünün bulunduğu sütundaki tüm satırlar ayrı ayrı olarak ilgili sütun toplamına bölünür. Ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisine ait normalize matris, Tablo 4’te verilmiştir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$a'_{11} = \frac{1,000}{1,000 + 0,634 + 1,732 + 0,780} = 0,241$$

Tablo 4. Ölçütlerin İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

	M	Fİ	TÖ	SSH
M	0,241	0,303	0,204	0,261
Fİ	0,153	0,192	0,201	0,234
TÖ	0,418	0,338	0,354	0,300
SSH	0,188	0,167	0,240	0,204

Seçenekler de her bir ölçüte göre ikili olarak karşılaştırılırlar ve normalize edilirler. Seçeneklerin ikili karşılaştırma metrisleri ve normalize metrisleri Tablo 5-12 de verilmiştir.

Tablo 5. M Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Matrisi

M	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	1,000	1,133	0,908	2,600
S 2	0,882	1,000	0,977	2,661
S 3	1,101	1,023	1,000	2,946
S 4	0,385	0,376	0,339	1,000

Tablo 6. M Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

M'	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	0,297	0,321	0,282	0,282
S 2	0,262	0,283	0,303	0,289
S 3	0,327	0,290	0,310	0,320
S 4	0,114	0,106	0,105	0,109

Tablo 7. Fİ Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Matrisi

Fİ	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	1,000	1,406	0,879	2,107
S 2	0,711	1,000	0,867	2,079
S 3	1,138	1,153	1,000	2,298
S 4	0,475	0,481	0,435	1,000

Tablo 8. Fİ Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

Fİ'	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	0,301	0,348	0,276	0,282
S 2	0,214	0,247	0,273	0,278
S 3	0,342	0,285	0,314	0,307
S 4	0,143	0,119	0,137	0,134



Tablo 9. TÖ Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Matrisi

TÖ	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	1,000	1,522	0,887	2,124
S 2	0,657	1,000	0,692	1,974
S 3	1,127	1,445	1,000	2,407
S 4	0,471	0,507	0,415	1,000

Tablo 10. TÖ Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

TÖ'	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	0,307	0,340	0,296	0,283
S 2	0,202	0,224	0,231	0,263
S 3	0,346	0,323	0,334	0,321
S 4	0,145	0,113	0,139	0,133

Tablo 11. SSH Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Matrisi

SSH	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	1,000	1,063	0,755	1,479
S 2	0,940	1,000	0,773	1,728
S 3	1,325	1,294	1,000	2,091
S 4	0,676	0,579	0,478	1,000

Tablo 12. SSH Göre Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

SSH'	S 1	S 2	S 3	S 4
S 1	0,254	0,270	0,251	0,235
S 2	0,239	0,254	0,257	0,274
S 3	0,336	0,329	0,333	0,332
S 4	0,172	0,147	0,159	0,159

**Adım 3 Öncelik vektörlerinin ve tutarlılık oranlarının hesaplanması:** Bu adımda normalize matrislerin öncelik vektörleri Eşitlik (2) kullanılarak hesaplanır. Buna göre ikili karşılaştırma normalize matrisinin satırlarının aritmetik ortalaması alınarak öncelik vektörü ( $w$ ) hesaplanır. Örneğin TÖ için öncelik vektörü, Tablo 4.'te verilen matrisin 3. Satırının ortalaması alınarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$w_3 = \frac{0,418+0,338+0,354+0,300}{4} = 0,353$$

İkili karşılaştırma matrisini oluşturduktan sonra bu karşılaştırma yargısının tutarlı olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir. Bunun için “tutarlılık indeksi” (TI) adı verilen katsayının hesaplanması gerekir. TI değeri Eşitlik (3) kullanılarak hesaplanır.

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

TI değerini hesaplayabilmek için öncelikle, Eşitlik (4) ile özdeğer ( $\lambda_{\max}$ ) bulunmalıdır.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} * w_j}{w_i} \right] \quad (4)$$

Özdeğer ( $\lambda_{\max}$ ) hesaplamak için, ikili karşılaştırma matrisi ile öncelik vektörü çarpılarak ağırlıklı toplam vektör ( $A*w$ ) bulunur. Daha sonra ağırlıklı toplam vektörün her bir elemanı öncelik vektörünün aynı elemanına bölünerek her bir değerlendirme ölçütüne ait değer bulunur ve bulunan bu değerlerin ortalaması alınır. İkili karşılaştırma matrisinin tam tutarlı olması ( $TO=0$ ) halinde  $\lambda_{\max}$ , matrisin boyutuna eşit olur (Özbek, 2017).

Özdeğer aşağıdaki işlem adımları ile de hesaplanabilir (Özbek, 2017).

Öncelikle ağırlıklı toplam vektör ( $A*w$ ) Eşitlik (5) ile bulunur. Örnek olarak 2. satırdaki değer, Tablo 3'te verilen Fİ satırı ile Tablo 13'te verilen  $w$  sütununa ait değerlerin matris çarpımı yapılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$A \cdot w = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$A*w=(0,634*0,253)+(1,000*0,195)+(0,568*0,353)+(1,049*0,200) = 0,785$$

Daha sonra Eşitlik (6) ile ağırlıklı toplam vektörün ( $A*w$ ) her bir elemanı öncelik vektörünün ( $w$ ) aynı indisli elemanına bölünerek her bir değerlendirme ölçütüne ilişkin değer ( $D$ ) elde edilir. Örneğin, Tablo 13'te verilen  $D$  sütununun 4. satırı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$d_i = \frac{x_i}{w_i} \quad (6)$$

$$d_4 = \frac{0,806}{0,200} = 4,032$$

Eşitlik (7) ile Tablo 13.'te verilen  $D$  sütununun değerlerinin ortalaması alınarak  $\lambda_{\max}$  hesaplanır.

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (7)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{4,040 + 4,024 + 4,050 + 4,032}{4} = 4,037$$

$\lambda_{\max}$  değeri bulunduktan sonra, Eşitlik (3) ile Tutarlılık indeksi (TI), hesaplanır En son olarak Eşitlik (8) ile Tutarlılık Oranı (TO) hesaplanır.  $TO < 0,10$  olması halinde karşılaştırmanın tutarlı olduğu kabul edilir. Aksi halde ise karşılaştırma gözden geçirilerek işlemler tekrarlanır (Özbek, 2017). Tutarlılık İndeksi (TI) aşağıdaki gibi bulunur.

$$TI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$TI = \frac{4,037 - 4}{3} = 0,012$$

Eşitlik (8) ile Tutarlılık Oranı (TO) bulmak için gerekli olan RI değeri Tablo 2'den ( $n=4$  için  $RI=0,90$ ) bulunur. TO aşağıdaki gibi bulunur.

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (8)$$

$$TO = \frac{0,012}{0,90} = 0,014$$

Ölçütlerin öncelik vektörü ve tutarlılık oranı Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Ölçütlerin Öncelik Vektörü ve Tutarlılık Oranı

	w	A*w	D	$\lambda_{max}$	TI	TO
M	0,253	1,020	4,040	4,037	0,012	0,014
Fİ	0,195	0,785	4,024			
TÖ	0,353	1,428	4,050			
SSH	0,200	0,806	4,032			

TO = 0,014 < 0,10 olduğundan karşılaştırma tutarlı olarak kabul edilmektedir.

Seçeneklerin ölçütlere göre ikili karşılaştırmalarına ait öncelik vektörü ve tutarlılık oranı hesaplamaları aynı şekilde yapılmış ve Tablo 14-17'de verilmiştir.

Tablo 14. M Göre Öncelik Vektörü ve Tutarlılık Oranı

	w	A*w	D	$\lambda_{max}$	TI	TO
S 1	0,295	1,183	4,004	4,004	0,001	0,002
S 2	0,284	1,139	4,005			
S 3	0,312	1,248	4,004			
S 4	0,109	0,435	4,004			

TO = 0,002 < 0,10 olduğundan karşılaştırma tutarlı olarak kabul edilmektedir.

Tablo 15. Fİ Göre Öncelik Vektörü ve Tutarlılık Oranı

	w	A*w	D	$\lambda_{max}$	TI	TO
S 1	0,302	1,212	4,018	4,014	0,005	0,005
S 2	0,253	1,015	4,012			
S 3	0,312	1,253	4,012			
S 4	0,133	0,534	4,012			

TO = 0,005 < 0,10 olduğundan karşılaştırma tutarlı olarak kabul edilmektedir.

Tablo 16. TÖ Göre Öncelik Vektörü ve Tutarlılık Oranı

	w	A*w	D	$\lambda_{max}$	TI	TO
S 1	0,307	1,232	4,016	4,011	0,004	0,004
S 2	0,230	0,922	4,010			
S 3	0,331	1,328	4,011			
S 4	0,132	0,531	4,007			

TO = 0,004 < 0,10 olduğundan karşılaştırma tutarlı olarak kabul edilmektedir.

Tablo 17. SSH Göre Öncelik Vektörü ve Tutarlılık Oranı

	w	A*w	D	$\lambda_{max}$	TI	TO
S 1	0,251	1,001	4,004	4,004	0,001	0,001
S 2	0,257	1,025	4,004			
S 3	0,333	1,331	4,004			
S 4	0,159	0,637	4,003			

TO = 0,002 < 0,10 olduğundan karşılaştırma tutarlı olarak kabul edilmektedir.

**Adım 4 Seçeneklerin Sıralanması:** Ölçütlerin ağırlığı ile seçeneklerin ilgili ölçüte göre ağırlıkları çarpılarak seçeneklerin toplam öncelik değerleri elde edilir ve seçenekler sıralanır. Tablo 18’de seçeneklerin sıralaması verilmiştir.

Tablo 18. Seçeneklerin Sıralanması

Ölçütlerin ağırlıkları	Seçeneklerin ağırlıkları								
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
M	0,253	0,295	0,284	0,312	0,109	0,075	0,072	0,079	0,027
Fİ	0,195	0,302	0,253	0,312	0,133	0,059	0,049	0,061	0,026
TÖ	0,353	0,307	0,230	0,331	0,132	0,108	0,081	0,117	0,047
SSH	0,200	0,252	0,256	0,332	0,159	0,050	0,051	0,066	0,032
Toplam						0,292	0,253	0,323	0,132
Sıralama						2	3	1	4

Tablo 18.de de görüldüğü gibi Seçenek 3 %32 ile en çok tercih edilen jeneratör markası olmuştur. Seçenek 2 % 29 ile ikinci tercih edilen marka jeneratör olurken Seçenek 3 %25 ile 3.tercih edilen marka ve Seçenek 4 ise %13 ile 4. tercih edilen marka olmuştur.

## 6.2. TOPSIS Yöntemiyle Çözüm Modeli Oluşturulması

**Adım 1 Karar matrisinin (A) oluşturulması:** TOPSIS yönteminde ilk adım olarak karar matrisi (A) oluşturulur. Karar matrisinin satırlarında seçenekler, sütunlarında ise ölçütler yer alır. Karar matrisi Tablo 19’da verilmiştir. Karar matrisinde, AHS yöntemiyle oluşturulan çözüm modelinde kullanılan seçenek ve ölçütler kullanılmıştır. Maliyet (M) ölçütü minimizasyon yönlü iken Firma İmajı (Fİ), Teknik Özellikler (TÖ) ve Satış Sonrası Hizmetler (SSH) ölçütleri maksimizasyon yönlüdür.

Tablo 19. Karar Matrisi

	M	Fİ	TÖ	SSH
S 1	5	6	5	6
S 2	6	5	6	5
S 3	6	7	7	7
S 4	7	5	6	4

**Adım 2 Standart karar matrisinin (R) oluşturulması:** Karar matrisinin her bir elemanı, bulunduğu sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek standart karar matrisi (R) oluşturulur. Karar matrisi Eşitlik (9) yardımıyla normalize edilir. Standart karar matrisi Tablo 20’de verilmiştir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (9)$$

Tablo 20. Standart Karar Matrisi

	M	Fİ	TÖ	SSH
S 1	0,414	0,516	0,414	0,535
S 2	0,497	0,430	0,497	0,445
S 3	0,497	0,602	0,579	0,624
S 4	0,579	0,430	0,497	0,356

Örneğin  $r_{11}$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$r_{ij} = \frac{5}{\sqrt{5^2 + 6^2 + 6^2 + 7^2}} = 0,414$$

**Adım 3 Ağırlıklı standart karar matrisinin (V) oluşturulması:** Bu adımda AHS yöntemi ile belirlenen ve Tablo 21’de verilen ölçüt ağırlıkları ( $w_i$ ) ile standart karar matrisinin (R) elemanları çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi (V) elde edilir. Tablo 22’de ağırlıklı standart karar matrisi (V) verilmiştir.

Tablo 21. Ölçütlerin Ağırlıkları

	M	Fİ	TÖ	SSH
$w_i$	0,253	0,194	0,353	0,200

Tablo 22. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

	M	Fİ	TÖ	SSH
S 1	0,105	0,100	0,146	0,107
S 2	0,126	0,083	0,175	0,089
S 3	0,126	0,117	0,205	0,125
S 4	0,147	0,083	0,175	0,071

Örneğin Tablo 22’de verilen  $v_{12}$  değeri, Tablo 20’de verilen  $r_{12}$  değeri ile Tablo 21’de verilen  $w_2$  değeriyle çarpılarak elde edilmiştir.

$$v_{12} = 0,516 * 0,194 = 0,100$$

**Adım 4 İdeal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm kümelerinin oluşturulması:** Ağırlıklı standart karar matrisinden Pozitif İdeal Çözüm (PİÇ) ve Negatif İdeal Çözüm (NİÇ) olmak üzere iki çözüm kümesi elde edilir. Değerlendirme ölçütleri maksimizasyon yönlü olduğunda PİÇ ( $A^*$ ), ağırlıklı standart karar matrisinin sütunlarındaki en iyi değerlerden oluşmaktadır. Değerlendirme ölçütleri minimizasyon yönlü olduğunda ise NİÇ ( $A^-$ ), ağırlıklı standart karar matrisinin sütunlarındaki en kötü değerlerden oluşmaktadır.

Pozitif ideal çözüm seti Eşitlik 10 yardımıyla elde edilir.

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (10)$$

Eşitlik 10 ile oluşturulan pozitif ideal çözüm kümesi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\}$$

Negatif ideal çözüm seti Eşitlik 11 yardımıyla elde edilir.

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (11)$$

Eşitlik 11 ile oluşturulan negatif ideal çözüm kümesi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\}$$

Her iki eşitlikte de  $J$  fayda (maksimizasyon),  $J'$  ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 kullanılarak oluşturulan çözüm kümeleri aşağıda verilmiştir.

$$A^* = \{0,105, 0,117, 0,205, 0,125\}$$

$$A^- = \{0,147, 0,083, 0,146, 0,071\}$$

**Adım 5 Ayrım ölçülerinin hesaplanması:** TOPSIS yönteminde her bir seçenek için pozitif ideal ayırım ( $S_i^*$ ) ve negatif ideal ayırım ( $S_i^-$ ) adında iki ayırım ölçüsü oluşmaktadır.

Pozitif ideal ayırım ölçüsü ( $S_i^*$ ) Eşitlik 12 ile hesaplanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (12)$$

Negatif ideal ayırım ölçüsü ( $S_i^-$ ) Eşitlik 13 ile hesaplanır.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (13)$$

Hesaplanan ayırım ölçüsü değerleri Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. Ayrım Ölçüleri

	$S^*$	$S^-$
S 1	0,063	0,057
S 2	0,061	0,040
S 3	0,021	0,088
S 4	0,081	0,029

Örneğin  $S_1^*$  ve  $S_4^-$  değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S_1^* = \sqrt{(0,105 - 0,105)^2 + (0,100 - 0,117)^2 + (0,146 - 0,205)^2 + (0,107 - 0,125)^2}$$

$$= 0,063$$

$$S_4^- = \sqrt{(0,147 - 0,147)^2 + (0,083 - 0,083)^2 + (0,175 - 0,146)^2 + (0,071 - 0,071)^2}$$

$$= 0,029$$

**Adım 6 İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması:**  $S_i^*$  ve  $S_i^-$  ayırım ölçülerinden yararlanılarak her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığı  $C_i^*$  Eşitlik 14 ile hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- - S_i^*} \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (14)$$

Burada  $C_i^*$  değeri  $0 \leq C_i^* \leq 1$  aralığında değer alır ve  $C_i^* = 1$  ilgili karar noktasının ideal çözüme,  $C_i^* = 0$  ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

İdeal çözüme göre yakınlık değerleri ve sıralamaları Tablo 24'te verilmiştir. Örnek olarak  $C_3^*$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$C_{i3}^* = \frac{S_3^-}{S_3^- - S_4^*} = \frac{0,088}{0,088 - 0,021} = 0,809$$

Tablo 24. İdeal Çözüme Göre Yakınlık Değerleri ve Sıralamaları

	Değer	Sıralama
$C_1^*$	0,476	2
$C_2^*$	0,398	3
$C_3^*$	0,809	1
$C_4^*$	0,265	4

Tablo 24 incelendiğinde S3 olarak ifade edilen dizel jeneratörün en uygun seçenek olduğu görülmektedir.

## 7. SONUÇ

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri olan AHS ve TOPSIS ile dizel jeneratör seçimi yapılmıştır. Karar probleminin amacı uygun dizel jeneratörün seçimidir. Seçim 4 ölçüte göre 4 dizel jeneratör arasından yapılmıştır. Dizel jeneratörlerin marka ve modeline karar verilirken yerli üretim olmasına ve piyasada en fazla bilinen ürünler olmasına dikkat edilmiştir.

TOPSIS yöntemi karmaşık algoritmalar ve matematiksel modeller içermemektedir. Kullanım kolaylığı, sonuçların yorumlanmasının kolay olması ve kolay anlaşılması gibi nedenlerle birçok alanda kullanılmaktadır. AHS, kişilerin deneyimlerini ve düşüncelerini karar verme sürecine dahil etmesine imkan veren bir tekniktir. Karar vericilerin değişmesi halinde ölçütlerin ve ağırlıklarının değişmesi söz konusu olabilir. Aynı şekilde seçenekler ve önem dereceleri de karar vericilerin bireysel tercihlerini yansıtmaktadır. Dolayısı ile karar verici değiştiğinde bu unsurlarında değişmesi olasıdır.

Dizel jeneratörler belirli standartlara uygun olarak üretilmek durumunda olduklarından dolayı nicel özellikler arasındaki farklar göz ardı edilebilecek kadar azdır. Ancak göreceli özellikler, kişilerin tecrübelerine ve değerlendirmelerine göre puanlandırılmıştır.

Jeneratör seçim problemi için AHS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak çözüm modelleri geliştirilmiştir. AHS yöntemi ile oluşturulan modelde öncelikle problem tanımlanmış ve uzman yardımı ile satın alınacak dizel jeneratörün gücü 1000 KVA olarak belirlenmiştir. Daha sonra piyasa araştırması yapılarak dizel jeneratör fiyatları ve modelleri arasından 4 adet seçenek oluşturulmuştur. Jeneratör teknisyeni, jeneratör operatörü, jeneratör firması temsilcisi ve kuruluş temsilcilerinden oluşan 10 kişilik bir grup ile ölçütler belirlenmiştir. AHS işlem adımları uygulanması sonucunda, S 3 olarak temsil edilen dizel jeneratör 1. öncelikli olarak bulunmuştur.

Dizel jeneratör seçimi için TOPSIS yöntemi ile kurulan modelde, AHS ile oluşturulan modeldeki ölçüt, seçenek ve ağırlıklar kullanılmıştır. TOPSIS işlem adımları uygulanması sonucunda, S 3 olarak temsil edilen dizel jeneratör 1. öncelikli olarak tercih edilmiştir. Yöntem ile oluşturulan modelin sonuçları AHS modeli ile uyumlu olarak bulunmuştur. Her iki yöntemle göre bulunan sıralama sonuçları Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. AHS ve TOPSIS Yöntemlerine Göre Seçeneklerin Sıralama Sonuçları

	AHS	TOPSIS
S 1	2	2
S 2	3	3
S 3	1	1
S 4	4	4

Tablo 25'te de görüldüğü gibi her iki yöntemin sonucunda seçeneklerin sıralamaları aynı bulunmuştur. Çalışma dizel jeneratör seçimi için bir model oluşturularak literatüre ve sektöre katkı sağlamak amacı ile yapılmıştır. Bulunan sonuçlar çalışmadaki karar vericilerin belirlediği ölçüt ve seçeneklere göre oluşmuştur. Müteakip çalışmalarda diğer karar verme yöntemleri hatta farklı ölçüt ve seçenekler kullanılarak çözüm modelleri geliştirilebilir.

### Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

### Teşekkür

Yazarlar çalışmada kullanılan verilerin temini için Sayın Ömer KÜÇÜKTEMEL'e; veri toplama, kaynak yardımı, analiz ve yorumlama konusunda katkı sağlayan Doç. Dr. Sayın Berk AYVAZ'a teşekkürlerini sunar.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Aydın, G. (2008). *Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve bir sanayi işletmesinde uygulanması* [Yüksek Lisans Tezi]. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kocaeli.
- Aytekin, A. ve Kuvat, O. (2018). Dizüstü bilgisayar seçiminde değerlendirilen kriterlerin önem düzeylerinin AHP ile belirlenmesi: 1. ve 2. sınıf bilgisayar mühendisliği öğrencileri uygulaması. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 7(4), 193-211.
- Banuelas, R. ve Antony J. (2004). Modified Analytic Hierarchy Process to incorporate uncertainty and managerial aspects. *International Journal of Production Research*. 42(18), 3851-3872.
- Byun, D-H. (2001). The AHP approach for selecting an automobile purchase model, *Information & Management*. 38, 289-297.
- Güngör, İ. ve Didar Büyüker, İ. (2005). Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile otomobil seçimi, *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*. 21-33.
- Hasnain, S., Ali, M K., Akhter, J., Ahmed, B. ve Abbas, N. (2020). Selection of an industrial Boiler for a soda-ash production plant using Analytical Hierarchy Process and TOPSIS approaches. *Case Studies in Thermal Engineering*. 19, 11-14. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100636>



- Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. *International Journal of Production Economics*. 87(2), 171-184.
- Karabacak, G. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi ile topçulukta mühimmat seçimi* [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Karim, R. ve Karmaker, C. L. (2016). Machine selection by AHP and TOPSIS methods. *American Journal of Industrial Engineering*. 4(1), 7-13.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N. (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, 83-105.
- Kurşunoğlu, N. ve Önder, M. (2015). Selection of an appropriate fan for an underground coal mine using the Analytic Hierarchy Process. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 48, 101-109.
- Özbek, A. (2017). Çok kriterli karar verme yöntemleri ve excel ile problem çözümü. *Seçkin Yayıncılık*, Ankara.
- Özbek, A. ve Eren, T. (2012). Üçüncü Parti Lojistik (3PL) firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle (AHS) belirlenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*. 4(2), 46-54.
- Phogat, M.V.S. ve Singh, A.P. (2013). Selection of Equipment for Constructio of a Hilly Road using Multi Criteria Approach, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 104, 282 – 291.
- Saaty, T.L. (1994). Fundamentals of decision making and priority theory with the Analytical Hierarchy Process. *RWS Publications*, Pittsburg.
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*. 1(1), 83-86.
- Uzun, S., (2015). *Gemi inşa sürecinde ana makine ve jeneratör seçimi: AHP, TOPSIS ve PROMETHEE uygulaması* [Yüksek Lisans Tezi]. Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kocaeli.