

Makine ve Ekipman Seçim Kriterleri İçerisinde Dizel Jeneratör Setlerinin AHP Yaklaşımı ile Sınıflandırılması

Sezin GÜLERYÜZ*, Adem KOCABAŞ

Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Türkiye

*(sezinguleryuz@gmail.com)

(Geliş Tarihi: 11 Temmuz 2023, Kabul Tarihi: 24 Temmuz 2023)

(5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2023, July 10 - 12, 2023)

ATIF/REFERENCE: Gülerüz, S. & Kocabaş, A. (2023). Makine ve Ekipman Seçim Kriterleri İçerisinde Dizel Jeneratör Setlerinin AHP Yaklaşımı ile Sınıflandırılması. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(6), 293-300.

Özet – Makine ekipmanları seçiminde, jeneratör setlerinin sınıflandırılmasında, seçilmesinde, projelendirilmesinde ve tesis edilmesi aşamasında karşılaşılan aksaklıkların çözümünde doğru seçim kriterlerinin çözüme dâhil edilmesi, karşılaşılabilecek özel durumlarda ne tür kararlar verileceği, yapıların ve kullanıcıların taleplerine uygunluğu belirlenmelidir. Sanayi, turizm tarımsal faaliyet, askeri tesisler vb. gibi birçok farklı sektördeki alan için elektrik enerjisindeki devamlılığı sağlamak büyük önem arz etmektedir. Özellikle elektrik şebekesi ve alt yapı yatırım maliyetlerinin çok yüksek derecede finansal maliyet oluşturduğu ya da coğrafi nedenlerden dolayı enerji iletim maliyetlerinin yatırım bütçesinin üzerinde olduğu yerlerde ana kuvvet merkezleri biçiminde kritik noktalarda asıl (gerçek) enerji kaynağı olarak da dizel jeneratörler kullanılmaktadır. Yatırım maliyeti ve finansal durumlar göz önüne alındığında karar verme karar verici için ciddi derecede önem arz etmektedir. Karar vericilerin tercihleri sırasında kararlarını etkileyecek olan tüm kriterleri önem derecesine göre göz önüne alması ve değerlendirme yapması gerekir. Bu çalışmada Çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaklaşımı incelenmiştir. Bu çerçevede Hava Kuvvetleri Birliklerinde en çok tercih edilen ve 3 farklı Dizel jeneratörün, karar vericiler tarafından belirlenen kriterleri göz önünde tutulmuş, AHP yaklaşımı ile en çok tercih edilen dizel jeneratörler sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler – Dizel Jeneratör Seçimi, Karar Vericiler, Çok Kriterli Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Makine ve Ekipman

I. GİRİŞ

Zamanımız ekonomik dünyası, kar yüksekliğini sağlamak ve rekabette rakiplerinin önüne geçebilmek için işletmeler büyük gayret sarf etmektedirler. İdareciler, üretilen ürünlerin yüksek derecede kalitesini müşteri odaklı memnuniyetini yükseltecek ve ürün birim maliyetlerini düşürücü uygulamalar geliştirmek ve tatbik etmek zorundadırlar. Bu yaklaşımlar çerçevesinde de en

efektif çözümü sunacak gerekli finansal yatırımları tatbik etmek durumundadırlar.

Karar verme, alternatifler içerisinde istenilene yakın en etkin olanın tercih edilmesidir ve o anlık oluşan yargıyı değil bir süreci ifade eder [1]. Meydana gelen süreçte karar vericinin birçok kriteri ve alternatifini değerlendirmeye tabi tutması hususu olmaktadır. Kriter ve alternatif sayısı fazlalaştıkça karar vericinin karar verebilme süreci daha da

güçleşmektedir. Karar vericiler için karar verme süreci ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda; mantık çerçevesinde bir kullanıcının nasıl kararlar alması gerektiğini, kullanıcıların uygulamada nasıl karar verebildikleri ve insanlara etkin olan en net kararı verebilmeleri için nasıl aracı olunacağı sorularına yanıt aranılmaktadır. Bilim dünyası karar vericilere yardımcı olabilmek için alternatif teknikleri geliştirmede gerekli çalışmaları yapmada yardımcı olmaktadır. Uzun yıllar aralıksız devam eden çalışmalar çerçevesinde birçok Çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri geliştirilmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi sık kullanılan karar verme tekniklerinden biridir [2]. Karar verme sorunları yaşamımızın her alanında önümüze çıkan ve verdiğimiz her karar sonucunda yaşamımızı etkileyen bir sorunsaldır. Özellikle tesisler ve tesislerdeki karar vericiler için büyük derecede öneme sahip olan karar verme sorunları, tesislerin geleceğine yön vermektedir. Ülkemizde makine ve ekipman seçiminde yüksek düzeyde şebeke enerjisine alternatif (yedek) güç kaynağı olarak kullanılan jeneratör üniteleri, dünya genelinde birçok alanda kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte elektrik enerjisine olan ihtiyaç, teknolojiyle birlikte sürekli büyüyerek artmaktadır. Sanayi, turizm tarımsal faaliyet, askeri tesisler vb. gibi birçok farklı sektördeki alan için elektrik enerjisindeki devamlılığı sağlamak büyük önem arz etmektedir. Özellikle elektrik şebekesi ve alt yapı yatırım maliyetlerinin çok yüksek derecede finansal maliyet oluşturduğu ya da coğrafi nedenlerden dolayı enerji iletim maliyetlerinin yatırım bütçesinin üzerinde olduğu yerlerde ana kuvvet merkezleri biçiminde kritik noktalarda asıl (gerçek) enerji kaynağı olarak da kullanılmaktadır.

Bu çalışmamda tesislere ve literatüre fayda sağlamak amacıyla AHP yöntemi kullanılarak dizel jeneratör seçimi karar verme hususuna bir çözüm alternatifi sunulmuştur. Alternatifler arasında en uygun olanı seçmek amaçlanmıştır. Ele alınan modelle, karar vericilerin karar aşamasında iyileştirme gereken yönlerini fark etmelerine ve gerekli değişiklikleri uygulamalarına yardımcı olmaktadır. Tüm araştırmacıların ulaşabileceği ve kullanabileceği model, uygulamada ilgili diğer bilimsel çalışmaların gerçekleştirilmesini kolaylaştıracaktır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. AHP

ÇKKV teknikleri, yüksek düzeyde belirsizlik, çelişen amaçlar, çoklu çıkarlar içeren karmaşık problemlerin ele alınması için uygundur [3],[4]. Bu karmaşıklığa uygun çözüm, konuya hâkim uzmanlara ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Ancak Karar Vericilerin (KV) değerlendirmeleri ve sunulan bilgiler yetersiz olduğu durumlarda en uygun çözüme karar vermek oldukça zordur Bu çalışmada, Saaty tarafından önerilen ve sıklıkla kullanılan ÇKKV araçlarından biri olan AHP tekniği kullanılmıştır. AHP, sayısal teknikler kullanarak karmaşık problemleri daha basit yapılara indirgeyerek ÇKKV kapsamında kararların önceliklendirilmesine yardımcı olmaktadır [5].

AHP, elde edilen tecrübe ve bilginin de en az kullanılan veriler kadar önem arz ettiği prensibine dayanır. İş hayatı ve ekonominin birçok alanında çok kişili, çok seçenekli karmaşık kararların tasarlanmasında kullanımının yüksek derecede başarılı olduğunu ispatlayan güçlü bir yönetim karar aracıdır [6]. AHP, karar verme yaklaşımında zengin uygulamaları olan, nicel ve nitel faktörleri efektif birleştirme olanağı sunan güçlü ve oldukça da kolay anlaşılır bir yöntemdir. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen yöntem belirlilik ya da belirsizlik altında çok sayıda kriter arasından tercih yaparken, kendi alanında uzman karar vericilerin yer aldığı, çok kriterli ve çok seçenekli bir karar verme halinde kullanılır. Karar verme sürecinde yer alan seçeneklerin belirlenmesi adımından sonraki adımda ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir [7].

Ticari araçlar, elektronik cihazlar, makine endüstrisi, ateşli silahlar üretimi vb. gibi farklı alanlarda satın alma veya seçim problemlerinde ÇKKV azami derecede kullanım alanı bulmaktadır. Bu uygulama alanından örnekler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Güngör ve Didar [8] tarafından ele alınan çalışmada otomobil seçimi AHP tekniğiyle analiz edilmiştir. Araçların fiyatları, aynı araçların ikinci el piyasa durumları, araçların yakıt tüketim oranları, araçların konfor-güvenlik karşılaştırmaları, bakım bütçelerinin araştırılması, 0-100 Km. çıkma hızları, AHP ile çözüm önerisi sunmuşlardır.

Kurşunoğlu ve Önder [9] ise kömür madenlerinde fan seçimi için AHP yöntemi ile seçim çalışması icra etmişlerdir. Yazarlar kömür madenlerinde kullanılacak araç ve gereçlerinin insan sağlığına etkisinin azami önemde olduğundan hareketle çalışmalarında en iyi araç-gereç seçimi için sürecin başlatılması yoluna gidilmiştir.

Uzun [10] ise gemi yapım sürecinde AHP yöntemini kullanmıştır. Bu çalışma ile gemi yapımında kullanılacak olan makine ve jeneratör seçimlerinin optimal bir şekilde sürece dahil edilmesine çalışılmıştır. Yazar AHS, TOPSIS ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemlerini kullanarak söz konusu makine ve jeneratör seçimi için 5 ölçüt ortaya koymuştur. Uzun, en uygun makine ve jeneratör seçimi yapabilmek amacıyla ana ölçütlerini ortaya çıkarıp bu ana ölçütlere bağlı olarak 10 ana ölçüt belirlemiştir. Yapılan bu çalışmalardan sonra ise uygun olmayan makine ve araçlar tasnif edilerek elde kalanlar arasından 7 makine ve jeneratör seçim sürecine adapte edilmiştir.

AHP modelini analizlerinde kullanan diğer bir çalışmada ise Karim ve Karmaker [11], "*Machine Selection by AHP and TOPSIS Methods*" isimli eserlerinde makine seçimi özelinde çalışmışlardır. Bu çalışmada yazarlar makine seçimi için bir süreç oluşturarak 3 makine arasından en uygun olanı çıkarım yapmışlardır. Makinelerin seçimi sürecinde 7 ana ölçüt ortaya çıkarılarak çözüm elde etmeye çalışılmıştır. Yazarlar ölçüt olarak makinelerin verimli çalışması, esnek olabilmesi, maliyet açısından etkin olması, kalite ölçütünün işletmeye uygunluğu, güvenli olması, servis seçeneklerinin etkin işleme ve emniyet açısından en uygun seçenek olması gibi ölçütler verilmiştir. Bu ölçütler kapsamında ise yazarlarca 26 alt seçenek belirlenmiştir.

Özkök ve Kaçtıoğlu [12] ise AHP ve TOPSIS yöntemi ile dizel jeneratör seçimi için bir çalışma ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada yazarlar 10 kişilik bir karar verici grup oluşturmuşlardır. Bu grubun oluşturulması ile jeneratör seçiminde firmanın imaj durumu, jeneratörün teknik kapasitesi, bakım-onarım durumu ve maliyet açısından en uygun makinenin seçilmesi 4 ana unsur belirlenmiştir ve seçimlerin en uygun olanı ortaya konmaya çalışılmıştır.

Güleryüz ve Coşmuş [13] çalışmalarında AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak lojistik köy seçimi için henüz proje olan alternatifler arasından en uygunu seçim üzerinde yoğunlaşmışlardır. Yapılan AHP ve TOPSIS analizleri sonucunda Filyos lojistik köyü ilk sırada yer almıştır.

Literatürden seçilen çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda AHP ve entegre yaklaşımların sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Farklı sektörlerde uygulamalara ek olarak bu çalışmada makina ekipman seçimi özelinde jeneratör seçimi üzerinde durularak karar vericilerin daha bilimsel olarak seçimlerini yapmalarına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

B. AHP ADIMLARI

Çalışmada kullanılan AHP yöntemi dört temel adımdan meydana gelmektedir ve aşağıdaki gibi sıralandırılmıştır [12],[14].

Adım 1; Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşinin Oluşturulması: Bu süreçte ilk olarak sürece ait problematik tanımlanır. Kriterler, İstenilen amaç ve kriterler belirlenir. Bu adımda uzmanların görüş önerileri, geçmiş tecrübe ve mesleki deneyimlerinden faydalanılır ve hiyerarşik yapı oluşturulur. Oluşturulan Hiyerarşik yapının en tepesinde amaç bulunur. Bir alt seviyesinde ise kriterler bulunurken en alttaki katmanda ise alternatifler yer almaktadır.

Adım 2; Ölçütlerin ve Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması ve Normalize Edilmesi:

İkili karşılaştırmalar yapılırken ilk olarak kriterler kendi aralarında önem sıralarına göre karşılaştırmaları yapılır. Bu karşılaştırmalar için Tablo 1.'de verilen karşılaştırma çizelgesi kullanılır. Oluşturulan İkili karşılaştırmaya ait matriste, örneğin Ö ölçütü, K ölçütüne göre (tx) kat önemli ise, K ölçütü de Ö ölçütüne göre 1/tx kat önemli olacaktır. Amaç, Ölçütler ve alt seçeneklerin belirlenmeleri yapıldıktan sonra ölçütlerin ve alt seçeneklerin kendi aralarında önem sıralarının belirlenmesi için, Ölçüt sayısı "n" olarak alınarak; "nxn" boyutlu, köşegen bileşenleri "1" olan Ö kare matrisi (nxn) ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karar verici ölçütlerin matrisi veya seçenek matrisi için ölçütleri veya seçenekleri ikili olarak karşılaştırır [12].

Tablo 1. Saaty önem ölçeği

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki ölçüt eşit değerdedir
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	
Yukarıdaki değerlerin karşılığı	a elemanı ile b elemanı karşılaştırıldığında yukarıdakilerden x gibi bir sayısal değer atandığında b elemanı a elemanı ile karşılaştırıldığında 1/x değerini alır	

Bir sonraki aşamada elde edilmiş ağırlıklardan yola çıkılarak seçeneklere yönelik öncelikli değerler elde edilerek, en büyük olan değer belirlenir. AHP' nin belirgin özelliğinden biri, ikili karşılaştırmalar aşamasında kararı veren tarafından sunulan yargı değerlerinin tutarlılığının belirlenebilmesi hususudur.

Tutarlılığa ait değer, ikili karşılaştırmalarda tutarsızlık derecesini bulabilmek için kullanılır. AHP yönteminde incelemeye alınan sorunsal için tutarlılığın varsayımından sayısal olarak sapma derecesi ile ilgilendiği kabul edilir. Saaty için tutarlılık oranını üst limit noktasının 0,10 olduğu belirtilmiştir. 0,10' un üzerindeki bir değer, tutarlılık oranı açısından yargıları tutarsız kabul edeceğinden karar vericilerin, yargılarının kalitesi yine karar vericiler tarafınca iyileştirilmelidir. Böyle bir durumda yargıların karar vericiler ile tekrar ele alınıp yeniden değerlendirilmesi ya da oluşturulan problematiğin doğru bir formatta yeniden tasarlanıp, sürecin ilk etaptan itibaren tekrardan ele alınması gerekecektir. Bu çalışmada verilerin geometrik ortalaması ile değerler Excel'e aktarılmış yargılamalara ait değerlendirmeler hesaplanarak uygun olan tutarlılık oranlarının sonuçları tespit edilmiştir. Analizin son kısmı elde edilen verilerin normalize edilip sıralanması ve sonuçların incelenmesidir. Sıralama işleminin belirlenebilmesi için satırların ve sütunların toplamı ile satır ve sütunlarda bulunan değerlerin karşılaştırmaları yapılır [15]. İkili karşılaştırmalara ait matrisler oluşturulduktan sonra, matristeki her bir eleman bulunduğu sütununun toplamına bölünür. Bu şekilde ikili karşılaştırma matrisi normalize edilmiş olur.

Adım 3; Öncelik Vektörünün ve Tutarlılık Oranının Hesaplanması:

Normalizasyonu yapılmış matriste her bir satır ortalamaları alınır. Elde edilen bu veriler önem derecesi ağırlıklarıdır. Bu ağırlıklar öncelik vektörü olarak da isimlendirilir. Sonrasında yapılan karşılaştırmaların tutarlılık oranları ölçülür. Tutarlılık oranını hesaplayabilmek için Random İndeks (RI) değerinin belirlenmesi indeks tablosundan bulunması gerekir. Her bir matris boyutuna n için karşılık gelen RI değeri Tablo 2'de gösterilmiştir. Matriste elemanların sayısal değeri arttıkça tutarlılık oranını elde edebilmekte zorlaşacağından; RI, boyutu en fazla 15 olan matrislerin hesaplanabilmesi yapılabilmektedir. Tabloda sadece 6 değere kadar olan bölüm eklenmiştir. İkili karşılaştırmalara ait matrislerin oluşturulması sonrasında ilk adım, ilgili matrislerde her bir öğenin diğer öğelere göre önemini gösteren özvektörün hesaplama işleminin yapılmasıdır. Matrisin $n \times 1$ boyutunda özvektörü şu şekilde belirlenir:

Tablo 2: Matrisler için Random Index Değerleri

N	1	2	3	4	5	6
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24

$i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere;

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için $W = [w_i]_{n \times 1}$ şeklindeki sütun vektörlerinin hesaplanmasının yapılması gerekmektedir. W sütun vektörü, 2. numaralı eşitlikte belirtilen b_{ij} değerlerinin meydana getirdiği matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalamasından elde edilir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (1)$$

Adım 4; Seçeneklerin Sıralanması:

Seçenekler arasında ulaşılması istenen amaca yönelik sıralamayı bulmak için girdi yapılan dinamiklerin birbirleri arasında alternatifleri analiz etmek gerekmektedir. Analize alınacak dinamiklerde her bir kriter için ikili karşılaştırma matrisi tanzim edilecek ve bunun neticesinde vektör belirleme işlemi yapılacaktır. Ele alınacak kriterlere yönelik tercih değerleri kontrol edilerek tüm alternatiflerin ağırlık değerlerinin belirlenmesi

işlemi gerçekleştirilir. Tüm kriterlerin ağırlıklı değer ölçütleri toplanarak alternatiflerin sıralama değerlerinin bulunması işlemi gerçekleştirilir. Bu bağlamda bulunan sıralama değerlerinin tasnifi yapılarak büyük olandan küçük olana doğru sıralama işlemi gerçekleştirilerek doğru dizilimin bulunması sağlanır ve seçenekler arasından en uygun alternatif seçilir.

III. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama bölümünde Hava Kuvvetleri Birliklerinde en çok tercih edilen 3 farklı Dizel jeneratörün seçim problemi, AHP işlem adımları uygulanarak en uygun markanın tercih edilmesi amaçlanmıştır.

Adım 1; Problem Tanımlaması ile İşlem Hiyerarşisinin Ortaya Çıkarılması:

Jeneratör setlerinin kurulumunun yapılacağı bölgeler için; seçimlerinde dikkate alınması gereken uygun olan kriterler ve uygun jeneratör markaları; mesleğinde bilgi birikimi iyi derecede olan jeneratör operatörleri, kurumların sistem yöneticileri ve alanında ehil jeneratör teknisyenlerinin dâhil olduğu 7 kişiden meydana gelen karar verecek olan grup tarafından belirlenecektir. Bilimsel etik kapsamında tespit edilen jeneratör üreticilerine ait marka ve modellerin işletme verileri çalışmamızda açıklanmamıştır. Jeneratör marka ve modelleri "As" şeklinde çalışma içerisinde kullanılmıştır. Uzmanların görüşleri çerçevesinde 3 Jeneratör seçeneği, Jeneratör seçiminde kullanılmak üzere 4 ana temel kriter belirlenmiştir [12,16-18]. Belirlenen temel kriterler aşağıdaki kısaltmalarda tanımlanmıştır ve Şekil 1'de hiyerarşik olarak sunulmuştur.

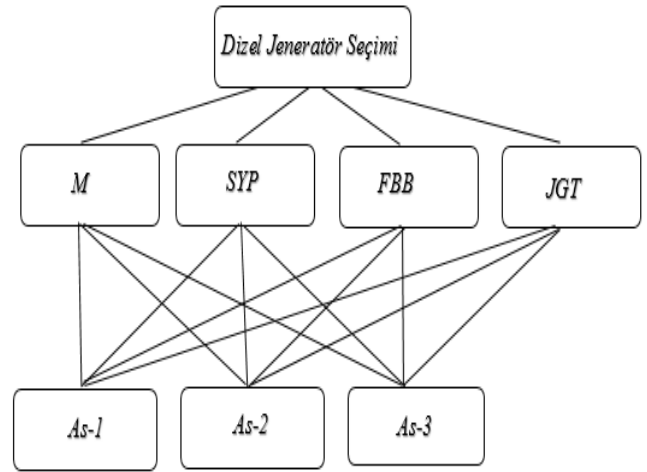
Maliyet (M): Bu kriter kapsamında ilk olarak jeneratörün ilk yatırım maliyeti ile işletme ve bakım maliyetleri çözüm sürecine dahil edilmiştir. Karar vericilerin bilgisi olması için, anket esnasında düşük maliyetin değil efektif (etkin) maliyetin tercih edilebilir bir husus olması gerektiği hatırlatılmıştır.

Satış Sonrası Yedek Parça Tedariği (SYP): Bu ölçütte satış sonrası jeneratör setlerinin arıza vermesi halinde; yetkili servis hizmetlerinin yeterliliği, yedek parça hizmetleri ve kurulum sonrası jeneratörde oluşacak arıza durumlarında ivedilikle müdahale edebilecek servislerin durumları dikkate alınmıştır.

Firma Bilinirliği ve Bayi Ağı (FBB): Bu ölçütte firmanın referansları, kurum için yapılan işleri, ilgili

markanın bilinirliği bayi ağı ile firmanın sahip olduğu yeterlilik hususu ve sahip oldukları TSE, ISO belgeleri dikkate alınmıştır.

Jeneratör Kurulum Gücü ve Teknik Özellikleri (JGT): Bu ölçütte jeneratör setinin kurulumu yapılacak bölge için nasıl olacağı, bölgenin iklim koşullarına ve coğrafi yapısına uygunluğu hangi güçte olması gerektiği ve yer tespiti, teknik özellikleri, kalitesi, işletme bakım kolaylığı ve setlerin arıza yapma hususları gibi detaylı hususların titizlikle dikkate alınması hatırlatılmıştır.



Şekil 1. Modelin hiyerarşik yapısı

Adım 2; Ölçütler ile Seçeneklerin İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması ve Normalize Edilmesi:

Bu adımda belirlenen kriterler için ve seçeneklerin kriterlere göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur ve normalize edilir. İkili karşılaştırmalarda, Tablo 1.'de verilen Saaty'nin karşılaştırma ölçeğine göre yapılmıştır. Matrisler alanında uzman yedi karar vericinin yaptığı değerlendirmelerin geometrik ortalamaları alınarak oluşturulmuştur. Her uzman karar vericinin Saaty ölçeğine göre kriterlerin birbirlerine olan önem değeri ve üstünlükleri karşılaştırılmıştır. Kriterlerin ikili karşılaştırılmasında, birbirlerine göre önem düzeyi belirtilir. Örnek köşegenin üstü için Maliyetin, Satış Sonrası Yedek Parça Tedariği kriterine göre önemi bir alt satırda Satış Sonrası Yedek Parça desteğinin önce Firma bilinirliği ve Bayi ağı sonrasında, Jeneratör Kurulum Gücü ve Teknik özellikleri ne göre derecelendirilir bu çerçevede; Köşegenin 1'in altında kalan kısımlar için 1/X değeri yazılır. Karar vericilerin kriterler için belirtmiş oldukları Saaty ölçeğine göre

puanlamaları Tablo 3'te, bu puanlamalar neticesinde kriterlerin ikili karşılaştırmalarına ait matris tablosu da Tablo 4'te verilmiştir. Tarafımızca tanzim edilen Tablo 3 neticesinde elde edilen bilgiler ışığında yedi karar vericinin değerlendirmeleri; Maliyet Ortalaması **2.42**, SYP ortalaması **3.57**, FBB ortalaması **2.14**, JGT ortalaması **2.85**'tür. Kriterlerin aritmetik ağırlık ortalaması ise ($W_k=2,74$)'tür.

Tablo 3: Karar Vericilerin Jeneratör Seçimi İçin Kriter Puanlaması

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	OR.
M	3	3	2	2	3	2	2	2,42
SYP	3	4	3	4	4	3	4	3,57
FBB	2	2	2	3	2	2	2	2,14
JGT	2	3	3	3	3	3	3	2,85

Bu değerler çerçevesinde; Tablo 4'teki ikili karşılaştırmalar oluşturulur. Kriterlerin birbirlerine olan üstünlükleri $A/B * W_k$ (Maliyetin, Satış Sonrası Desteğe olan üstünlüğünün ortalama ağırlık ile çarpımı sonucu, 1,857 değeri bulunur) kriterlerin ikili karşılaştırmaları belirlenir Buna göre, örneğin Satış Sonrası Yedek Parça Tedariği kriteri, Firma Bilinirliği ve Bayi ağı kriterine 4,570 kat daha önemlidir. Belirlenen kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi normalize edilir. Buna göre örneğin Maliyet kriterinin bulunduğu sütundaki tüm satırlar ayrı ayrı olarak ilgili sütun toplamına bölünür. 1.Sütun 1.satırda yer alan bölüm için $(1 / 1+0,539+0,323+0,430 = 0,436)$ Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisine ait normalize matris, Tablo 5'te verilmiştir.

Belirlenen seçeneklerin, jeneratör seçeneklerine göre ikili karşılaştırma matrisleri ile normalize edilmiş matrisleri sayfa kısıtı sebebiyle eklenmemiş olup yukardaki hesaplama basamakları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 4: Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi (C)

Krt	M	SYP	FBB	JGT
M	1	1,857	3,098	2,326
SYP	0,539	1	4,570	3,432
FBB	0,323	0,219	1	2,057
JGT	0,430	0,291	0,486	1

Tablo 5: Kriterlerin İkili Karşılaştırma Normalize Matrisi

Krt	M	SYP	FBB	JGT
M	0,436	0,551	0,338	0,264
SYP	0,235	0,297	0,499	0,389
FBB	0,141	0,065	0,109	0,233
JGT	0,188	0,087	0,053	0,113

Adım 3; Öncelik Vektörlerinin ve Tutarlılık Oranlarının Hesaplanması:

Bu adımda normalize matrislerin öncelik vektörleri hesaplanır. Buna göre ikili karşılaştırma normalize matrisi satırlarının aritmetik ortalaması alınarak öncelik vektörü (w) hesaplanmıştır.

Örnek olarak JGT için öncelik vektörü (w_4), Tablo 5'te verilen matrisin 4. satırının $(0,188, 0,087, 0,053, 0,113)$ değerleri için) ortalaması alınarak $w_4 = 0,188+0,087+0,053+0,113 = 0,438$ hesaplanmıştır. Kriterlerin normalize edilmesinden sonra Tablo 5'te yer alan satırlar ayrı ayrı toplanarak dörde bölünür ve Kriterlerin önem değerleri matrisi [Sütun vektöründen (w)] faydalanılarak bulunur. Daha öncesinde (w_4) için 0,110 değeri hesaplanmıştır. (w_1) vektörü için ayrıca örnekleme yaptığımızda $0,436+0,551+0,338+0,264/4 = 0,398$ sonucu bulunur.

Bu çerçevede; değerlerin tamamı tüm satırlar için bu işlem uygulanır ve sonrasında; ağırlık hesabı işlem adımına geçilir. CW Ağırlık hesabı için her sütun vektöründe yer alan değer ile ikili karşılaştırma matrisinde Tablo 4'te yer alan her satır değerleri ile çarpılarak toplanır. Örnek;

$(w_1 * 1 + w_2 * 1,857 + w_3 * 3,098 + w_4 * 2,326 = 1,738)$ Tablo 6' da yer alan önem değerleri ağırlık (CW) matrisi elde edilir. Ağırlık değeri hesaplanan CW önem değerleri vektöründeki her satır, sütun vektöründe (w) bulunan değerlere bölünür.

Tablo 6: Kriterlerin önem değerleri (ağırlıkları) matrisi [CW]

(w_1)	0,398	CW=	1,738
(w_2)	0,355		1,574
(w_3)	0,137		0,570
(w_4)	0,110		0,451

(w) =Sütun Vektörü

Örnek $(1,738 / w_1 = 4,372)$ değeri bulunur bu değerler, Tablo 7' de λ (Lambda) temel değerler

tablosuna yazılır. Sonrasında tüm sütunlar toplanır ve dörde bölünerek örnek:

$$(4,372+4,432+4,156+4,095/4 = 4,264) \quad \lambda_{\max}$$

değeri bulunur.

Tablo 7: λ (Lambda) Temel Değerin Hesaplanması

λ	D
$\lambda_{\max} = 4,264$	4,372
	4,432
	4,156
	4,095

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 değerini hesaplayabilmek için öncelikle, Tablo 7’ de yer alan (λ_{\max}) temel değeri kullanılır, $TI = \lambda_{\max} - n/n - 1$ kullanılarak hesaplanır. Sonuç 0,08792 olarak çıkmaktadır. $TI = 4,264 - 4 / 4 - 1 = 0,08792$.

Tutarlılık Oranı (TO) bulmak için gerekli olan RI değeri Tablo 2’den ($n=4$ için; Kriter sayısı 4 olduğu için $RI = 0,90$) hesaplamaya alınır ve TO aşağıdaki gibi bulunur. Kriterler için yapılan işlem sonucunda karar vericilerin her bir kriter için verdiği değerlerin tutarlı olduğu hesaplanmıştır. $TO = TI/RI$; $TO = 0,08792/0,9 = 0,0977 < 0,10$ Tutarlı olarak kabul edilmiştir. Çalışmadaki tüm matrislerin tutarlılıklarına bakılır ve sonuçlar uygun değilse revize edilir.

Adım 4; Alternatiflerin Sıralanması:

Kriterlerin ağırlığı ile seçeneklerin ilgili kritere göre ağırlıkları çarpılarak böylece seçeneklerin toplam öncelik değerleri elde edilerek seçenekler sıralanır. Tablo 8’de alternatiflerin sıralaması verilmiştir. Tablo 8’de görüldüğü gibi karar vericiler için seçenek 1 %56 ile en çok tercih edilen jeneratör markası olmuştur.

Tablo 8: Alternatiflerin sıralanması

Kriterlerin Ağırlıkları (w)				As1*	As2*	As3*	
	As1	As2	As3	(w)	(w)	(w)	
M	0,398	0,506	0,341	0,153	0,201	0,136	0,061
SYP	0,355	0,600	0,296	0,103	0,213	0,105	0,037
FBB	0,137	0,588	0,285	0,127	0,081	0,039	0,017
JGT	0,110	0,626	0,279	0,095	0,069	0,031	0,010
Toplam					0,564	0,311	0,125
Sıralama					1	2	3

Seçenek 2 %31 ile ikinci tercih edilen marka jeneratör olurken Seçenek 3’te karar vericiler tarafınca; %12 ile, en az yüzde ile 3.tercih edilen jeneratör olmuştur.

IV. SONUÇLAR

Karar verme problemleri pek çok işletmede ve tesiste karar verici için ciddi derecede önem arz etmektedir. Karar vericilerin tercihleri sırasında kararlarını etkileyecek olan tüm kriterleri önem derecesine göre göz önüne alması ve değerlendirme yapması gerekir. Bu çalışmada çok kriterli karar verme aracı olan AHP yaklaşımı incelenmiştir. Bu çerçevede Hava Kuvvetleri Birliklerinde en çok tercih edilen ve (As) kısaltması ile ifade edilmiş 3 farklı Dizel jeneratörün, karar vericiler tarafınca belirlenen kriterleri göz önünde tutulmuş, AHP yaklaşımı ile en çok tercih edilen 1.seçim de yer alan dizel jeneratör olduğu görülmüştür.

Ele alınan modellerde, karar vericilerin karar aşamasında iyileştirme gereken yönlerini fark etmelerine ve gerekli değişiklikleri uygulamalarına yardımcı olmaktadır. Tüm araştırmacıların ulaşabileceği ve kullanabileceği model, uygulamada ilgili diğer bilimsel çalışmaların gerçekleştirilmesini kolaylaştıracaktır.

Önerilen metodolojinin değerlendirme kriterleri arasındaki etkileşimleri dikkate almadığı da unutulmamalıdır. Gelecekteki çalışmalar için perspektiflerden biri, değerlendirme kriterleri arasındaki bağımlılığı ve etkileşimi dikkate almak olabilir. Bu sorunu ele almak için, bu model bulanık

ortamda ANP yaklaşımı (Saaty, 1996) kullanılarak genişletilebilir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan verilerin temini için Sayın Serhat GÜZEL'e; veri toplama, kaynak yardımı, analiz ve yorumlama konusunda katkı sağlayan Orman Endüstri Yüksek Mühendisi Sayın Fadime YURDAKURBAN KOCABAŞ'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- [1] G. Büyüközkan ve S. Güleriyüz, "Evaluation of Renewable Energy Resources in Turkey using an integrated MCDM approach with linguistic interval fuzzy preference relations," *Energy*, 123, 2017.
- [2] T.L. Saaty, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytical Hierarchy Process*. RWS Publications, Pittsburg 1984.
- [3] G. Büyüközkan ve S. Güleriyüz, "A new GDM based AHP framework with linguistic interval fuzzy preference relations for renewable energy planning," *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 27,6, 2014.
- [4] G. Büyüközkan ve S. Güleriyüz, "A new integrated intuitionistic fuzzy group decision-making approach for product development partner selection," *Computers and Industrial Engineering*, 102, 383–395, 2016.
- [5] Z. Xu ve Liao, H., "Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*," 22,4, 749–761, 2014.
- [6] Karabacak, G. *Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Topçulukta Mühimmat Seçimi [Yüksek Lisans Tezi]*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, 2011.
- [7] T.L. Saaty, *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. *International Journal of Services Sciences*, 1,1, 83-86, 2008.
- [8] İ. Güngör, ve, İ. Didar Büyüker, "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi", *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*. 21-33, 2005.
- [9] N. Kuşunoğlu, ve M. Önder, "Selection of an appropriate fan for an underground coal mine using the Analytic Hierarchy Process". *Tunnelling and Underground Space Technology*, 48,101-109, 2015.
- [10] S. Uzun, *Gemi inşa sürecinde ana makine ve jeneratör seçimi: AHP, TOPSIS ve PROMETHEE uygulaması [Yüksek Lisans Tezi]*. Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kocaeli, 2015.
- [11] R. Karim, ve C. L. Karmaker, "Machine selection by AHP and TOPSIS methods", *American Journal of Industrial Engineering*, 4(1), 7-13, 2016.
- [12] V. Özkök, ve S. Kaçtıoğlu, *Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bir Uygulama: "Dizel Jeneratör Seçimi"*, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 20, 40, 195-211, 2021.
- [13] S. Güleriyüz ve Ş. Coşmuş, *Lojistik Köy Seçimi için AHP-TOPSIS Temelli Bir Karar Verme Yaklaşımı*. *Journal of Transportation and Logistics*, 7, 2, 2022.
- [14] A. Özbek, ve T. Eren, "Üçüncü Parti Lojistik (3PL) firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle (AHS) belirlenmesi", *International Journal of Engineering Research and Developmen*, 4(2), 46-54, 2012.
- [15] A. Kuruüzüm, ve N. Atsan, "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları", *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, 83-105, 2001.
- [16] Özdemir,B.T., "Jeneratör Seçimi ve Senkronizasyon" https://www.emo.org.tr/ekler/2b9c931bc3ff6c8_ek.pdf. Erişim tarihi: 09.07.2023
- [17] Korkmaz,K., "Jeneratör Seçim Kriterleri" https://www.emo.org.tr/ekler/cf3687b0b741b2f_ek.pdf. Erişim tarihi: 09.07.2023.
- [18] Hava Kuvvetleri Komutanlığı, (2012) HKY 23-8 (B) "Elektrik Takat Kaynakları İşletme ve Bakım Yönergesi" ,Hv.Bas.ve Neş.Md.lüğü Ankara, (Kapalı Kaynak)