

DÜNYANIN VE TÜRKİYE' NİN DOĞAL GAZ TALEP SENARYOSU WORLD AND TURKEY'S NATURAL GAS DEMAND SCENARIO

Dr. Çetin Önder İNCEKARA 

BOTAŞ, Müdür

BOTAŞ Genel Müdürlüğü, Bilkent /ANKARA

Geliş Tarihi / Received: 24.05.2021
Kabul Tarihi / Accepted: 19.09.2021

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.610

ÖZET

Küresel enerji talebi ülkeden ülkeye farklılık göstermesine rağmen küresel ölçekte bakıldığında sürekli bir artış içindedir. IEA' a göre 2040 yılına kadar küresel enerji talep artışında iki enerji kaynağı kullanımı (%12 ile yenilenebilir ve %28 ile doğal gaz) sürekli artış gösterecektir. Çalışmada yüksek ve düşük talep senaryolarında kullanılan kriterler ve alt kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi için enerji sektöründe çalışan uzman, müdür, yönetici 48 kişi ile (KV) görüşülmüş, görüşmeler neticesinde 10 ana kriter ve 43 alt kriterler oluşturulmuştur. Çalışmada yüksek ve düşük doğal gaz talep senaryoları altında küresel ve ülkemizin doğalgaz talebini hesaplamak için bulanık çok amaçlı matematiksel model (Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri) kullanılarak geliştirilmiştir. Matematiksel model yardımıyla 2020-2030 yılları arasında küresel ve ülkemizin doğalgaz kullanım miktarı hesaplanmıştır. Yüksek talep senaryosu altında 2020-2030 yılları arasında yaklaşık % 26 artarak, 2030 yılında küresel doğal gaz kullanım miktarı 4.800 bcm'e ulaşacağı hesaplanmıştır. Düşük talep senaryosu altında 2020-2030 yılları arasında yaklaşık % 5 artarak, 2030 yılında küresel doğal gaz kullanım miktarı 4.000 bcm'e ulaşmıştır. Çevreyi kirletmeyen temiz bir enerji kaynağı olduğu için 2030 yılından sonra büyümesi beklenen tek fosil enerji kaynağıdır. Yüksek talep senaryosu altında 2030 yılında bölgelere göre doğal gaz talebi dağılımı şu şekilde olacağı hesaplanmıştır: Kuzey Amerika: 1250 bcm, Orta ve Güney Amerika: 250 bcm, Avrupa: 650 bcm, Orta Doğu: 750 bcm, Avrasya: 650 bcm, Asya Pasifik: 1250 bcm. Çalışmada, yüksek talep senaryosu altında 2020-2030 yılları arasında Türkiye'de doğalgaz kullanımı % 52 artarak yaklaşık 76 bcm' e ulaşacak, düşük talep senaryosunda Türkiye'nin toplam doğal gaz talebi yaklaşık olarak % 9 azalarak yaklaşık 45 bcm' e ulaşacağı hesaplanmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi ile çalışmada 10 sektör incelenmiş, küresel ve ülkemiz doğal gaz talep senaryosu açısından sektörlerinin sıralamasında birinci Enerji sektörü ve ikinci Sanayi sektörü olmuştur. Çalışmada 2030 yılında fosil yakıtlar arasında küresel enerji karışımında kullanım oranının yükselmesi beklenen/hesaplanan tek fosil kaynağı doğal gazdır. Bu durumda küresel gaz rezervinin fazla olması (doğal gaz rezervinin 206 trilyon m³ ve geleneksel olmayan keşfedilmemiş rezervlerin 354 trilyon m³) yanında temiz ve çevreci bir enerji kaynağı olmasının büyük bir payı vardır. Diğer fosil kaynaklar ile kıyaslandığında özellikle doğayı ve havayı çok daha az kirletmesi ve minimum sera gazı emisyonu/salınımından dolayı çevreci bir fosil yakıt olmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Doğal Gaz Talep Tahmini, Enerji, Bulanık Mantık, Çok Kriterli Karar Verme, AHP/Bulanık TOPSIS, Türkiye, Dünya.

ABSTRACT

Although the global energy demand varies from country to country, it is constantly increasing on a global scale. As per IEA's projections, the usage of two energy sources will increase (renewable with 12% and natural gas with 28%) in the global energy demand until 2040. In the study, 48 number of experts/managers (Decision Makers-DM) working in the energy sector were interviewed to establish/determine 10 main criteria and 43 sub-criteria used in demand scenarios. In the study, fuzzy multi-objective mathematical model (by using fuzzy AHP, and fuzzy TOPSIS) is developed to calculate World's and Turkey's natural gas demand under high and low demand scenarios. By the help of model, the usage of natural gas amount in World by regions between 2020 and 2030 is

calculated. In Scenario-High it will increase by approx. 26 % between 2020 and 2030 and reached 4.800 bcm in 2040. In Scenario-Low it will increase by approx. 5 % from 2020 to 2030 and reached 4.000 bcm in 2030. It is the only fossil fuel expected to grow beyond 2030 since it is clean energy source. In Scenario-High natural gas demand by region is calculated/projected as follows: in 2030 North America 1250 bcm, Central and South America 250 bcm, Europe 650 bcm, Middle East 750 bcm, Eurasia 650 bcm, Asia Pacific 1250 bcm. In the study, under the high demand scenario it has been calculated that the usage of natural gas in Turkey will increase by 52% between 2020 and 2030 and reach approximately 76 bcm, and in the low demand scenario Turkey's total natural gas demand will decrease by approximately 9% and reach approximately 45 bcm. In the study by using Fuzzy TOPSIS method, 10 number of sectors are examined and “Energy sector” was the first and “Industry sector” was the second in the ranking of the sectors in terms of global and Turkey’s natural gas demand scenario. In the study, the usage of natural gas is the only fossil resource that is expected to increase in the global energy mix among fossil fuels in 2030. This is due to high reserve amount of natural gas, i.e. global conventional natural gas reserves with 206 trillion m³ and unconventional unexplored natural gas reserves with 354 trillion m³, and as well as being a clean and environmental-friendly energy source. Since it is a clean fossil fuel and it pollutes nature & air much less than other fossil fuels and has a minimum greenhouse gas emission amount compared to other fossil sources.

Keywords: Natural Gas Demand, Energy, Fuzzy Logic, Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy AHP/Fuzzy TOPSIS, Turkey, World.

1. GİRİŞ

Gelişen dünyada enerji günlük hayatımızın bir parçası olmuştur. Küresel enerji talebi ülkeden ülkeye farklılık göstermesine rağmen küresel ölçekte bakıldığında sürekli bir artış içindedir. Küresel enerji talep artışını karşılamak için enerji yatırımlarının paralel bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ülkeler enerji yatırımlarını kısıtlı bütçeleri içinde gerçekleştirdikleri için enerji projeksiyonlarını doğru bir şekilde yapması, enerji yatırımlarının çok iyi planlanması çok önemlidir. Ülkelerin kalkınmasında bugün alacakları enerji yatırım kararları ile ülkeler enerji geleceğini şekillendirecektir. Bugün seçilen enerji senaryosu ve enerji politikası; ülkelerin enerji geleceğini ve sanayide kullanılan enerjinin fiyatını ve dolayısıyla ürünün üretim maliyetini belirleyeceği için çok önemlidir.

Doğalgaz verimi yüksek, kullanım alanı geniş ülkelerin sürdürülebilir büyümesi için büyük önem taşıyan fosil türevli bir enerji kaynağıdır. Doğalgazın kesintisiz, temiz, çevreci ve her zaman kullanıma açık bir enerji kaynağı olması doğalgazın değerini ve kullanım miktarını yükseltmektedir. Doğalgaz günümüzde stratejik bir enerji kaynağı olarak; konutlarda, işyerlerinde, fabrikalarda, elektrik üretiminde ve endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. DOĞAL GAZ

Doğal gaz diğer yakıt türlerine göre daha temiz bir yakıttır. Doğal gaz insan sağlığına ve çevreye zarar vermez. İçerisinde kükürt ve organik kükürt bileşikleri yok denecek kadar azdır. Böylece yanma sonucunda kükürtlü gazların atmosferi kirletmesi söz konusu değildir. Karbon içeriğinin düşük olması nedeniyle atmosferde sera etkisi oluşturan ve insan sağlığı bakımından zehirleyici olan karbondioksit gazı emisyonu, katı yakıtlara göre yarı yarıyadır.

Havayla çok iyi karıştığı için yanma verimi yüksektir. Isı geçişini kısa sürede yapabilen modern doğal gaz yakıcı cihazlar sayesinde, her türlü iklim koşulunda kolay ve hassas kontrol edilebilmesi sayesinde standart ısı üreterek konfor ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca doğal gaz diğer yakıtlara göre en az %10 mertebesinde ilave işletme ekonomisi sağlamaktadır.

2.1. Küresel Doğal Gaz Tüketimi

Uluslararası Enerji Ajansı(IEA)'nın 2018 yılında yayınladığı raporun Yeni Politikalar Senaryosunda; gaz talebinin 2035 yılına kadar ortalama yıllık % 1,6 artış göstererek yaklaşık 5.000 bcm (milyar m³)'e ulaşması ve bu artışın % 85'inin OECD dışı ülkelerin talebinden kaynaklanması beklenmektedir. Asya Pasifik'te, enerji tüketimindeki payı sınırlı olan gaz talebinin, özellikle Çin'de beklenen yüksek enerji talebine bağlı olarak dört kat artacağı tahmin edilmiştir.

Avrupa Birliği (AB) enerji ihtiyacının yaklaşık %52'sine yakını ithal enerji kaynaklarına/dışa bağımlıdır ve bu rakamın 2027 yılına kadar %70'e ulaşması beklenmektedir. AB ülkelerine ihraç edilen doğalgaz ve petrolün %30'u Rusya Federasyonu'ndan gelmektedir. Orta Doğu'nun AB enerji arzındaki payı ise % 45'tir. AB gelecekte en büyük gaz ithalatçı konumunu sürdürecektir.

IEA (2020)' a göre 2040 yılına kadar küresel enerji talep artışında iki enerji kaynağı kullanımı sürekli artış gösterecektir. 2040 yılında küresel enerji karışımında (energy mix) kullanım oranları şu şekilde olacaktır: %12 ile yenilenebilir, %28 ile fosil kaynaklı doğal gazdır. Doğal gaz kullanımındaki artışın nedeni ise; küresel doğal gaz ve kaya gazı (shale gas) rezervlerinin fazla olması yanında gazın temiz ve çevreci bir enerji kaynağı olmasıdır. Diğer fosil kaynaklar ile kıyaslandığında özellikle doğayı ve havayı çok daha az kirletmesi ve minimum sera gazı emisyonu/salınımından dolayı çevreci bir yakıt olmasıdır. Son on yılda toplam küresel enerji talebinin hızla büyümesi sebebiyle enerji talebinin neredeyse üçte birine yakını en hızlı büyüyen yakıt olan doğal gaz; enerji karışımında diğer tüm enerji kaynaklarından daha fazla katkıda bulunmuştur.

2.2. Türkiye'nin Doğal Gaz Tüketimi

2019 yılında Türkiye'nin toplam doğal gaz tüketimi 2018 yılına göre %8 azalarak 44,9 milyar m³ olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de son 5 yılda toplam doğal gaz tüketimi ortalama 45,3 milyar m³ seviyesinde olmuştur. 2019 yılında son 5 yılın tüketim ortalamasının %0,8 altında tüketim gerçekleşmiştir. Türkiye'nin doğalgaz sistemine giren toplam miktar, 2020'de bir önceki yıla göre yüzde 6,75 artarak 50 milyar metreküpe yükselmişti.

Türkiye'nin artan enerji talebi ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi amacıyla BOTAŞ 18 Eylül 1984 tarihinde Türkiye ile Sovyetler Birliği arasında Hükümetler arası Anlaşma çerçevesinde, BOTAŞ ile SOYUZGAZEXPORT arasında 14.02.1986 tarihinde 6 milyar m³/yıl miktar için ilk Doğal Gaz Alım Satım Anlaşması imzalanmıştır. Ülkemizin doğal gaz arz çeşitlendirilmesi, arz güvenliğinin ve arz esnekliğinin sağlanması için çeşitli anlaşmalar imzalanmış olup doğal gaz anlaşmalarımız Çizelge 1.'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Doğal Gaz Alım ve Satış Anlaşmaları (BOTAŞ, 2016)

Mevcut Anlaşmalar	Miktar (Plato) (milyar m ³ /yıl)	İmzalanma Tarihi	Süre (yıl)
Rus. Fed. (Batı)	6	14 Şubat 1986	25
Cezayir (LNG*)	4	14 Nisan 1988	20
Nijerya (LNG*)	1,2	9 Kasım 1995	22
İran	10	8 Ağustos 1996	25
Rus. Fed. (Mavi Akım)	16	15 Aralık 1997	25
Rus. Fed. (Batı)	8	18 Şubat 1998	23
Türkmenistan	16	21 Mayıs 1999	30
Azerbaycan (Faz 1)	6,6	12 Mart 2001	15
Azerbaycan (Faz 2)	6	25 Ekim 2011	15
Azerbaycan (TANAP)	16 (6 bcm Türkiye için)	20 May 2014	49
Rusya (Türk Akım)	31.5 (yarısı Türkiye için)	10 Kasım 2016	49
Yunanistan (Satış)	0,75	10 Nisan 2007	15

*LNG: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz

ETKB doğal gaz arz güvenliğini sağlamak için LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz), FSRU (yüzer LNG depolama ve gazlaştırma ünitesi) ve depolama projeleriyle sisteme günlük gaz verme kapasitesinin 339 milyon metreküpe çıkarılmıştır. Ülkemiz 18.01.2021 tarihinde 274 milyon metreküp doğalgaz tüketimiyle tüm zamanların rekoru kırmış olup ülkemiz enerji arz güvenliğini sağlamıştır.

Ülkemiz 2018 yılında sektörel bazda en fazla tüketim %37 pay ile enerji sektöründe -elektrik santrallerinde, konutlarda toplam tüketimin %26'sı, sanayide ise %25'i gerçekleşmiştir. Resmi dairelerin ve ticarethanelerin yer aldığı Hizmet sektöründe ise toplam tüketimin %8'i gerçekleşmiştir. EPDK verilerine göre; 2018 yılı sonu itibariyle Türkiye'nin doğal gaz dağıtım şebekesi 137.535 kilometreye ulaşmıştır. 2018 yılında toplam 10.708 kilometre şebeke inşası yapılmıştır. Gerçekleştirilen yatırımlar ile dağıtım şebekesi %8 büyümüştür.

Ülkemiz doğalgazda yüzde 99 oranında dışa bağımlı bir ülkedir. Türkiye 2019 yılında 44,9 milyar metreküp doğalgaz ithal etmiş ve söz konusu miktar için yaklaşık 12 milyar dolar vermiştir. TPAO'nun Karadeniz'de keşfettiği 320 milyar metreküp doğal gaz, Karadeniz ve Doğu Akdeniz'de keşfedeceği yeni doğalgaz rezervleri ile ülkemiz ekonomisine katkı sağlayarak dış ticaret açığımıza azaltacaktır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Gerçek dünya karmaşıktır ve bu karmaşıklık, genel olarak belirsizlik ve kesin karar verilemeyeşten kaynaklanmaktadır. Günümüzde birçok konuda; sosyal ve teknik konular dâhil tam bir karara varamadığımızdan, kesin kararımızı tam olarak ifade edemediğimizden dolayı günlük hayatımızda her zaman belirsizlikler yer almaktadır. Bu nedenle bilimsel dünyada karar verme sürecine bulanık mantık teorisinin dâhil edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık; karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgilere dayanarak tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan düşünme ve karar verme mekanizmasıdır (İncekara, 2019; 2020).

3.1 Bulanık Mantık Teorisi

Bulanık mantık teorisi ilk olarak 1965 yılında Zadeh (1965) tarafından “Bulanık Kümeler” isimli makalesinde bulanık kümeler teorisinin temel kavramlarını ve matematiksel özellikleri literatürde ilk defa ele alınmıştır. Zadeh, klasik kümelerdeki bir takım özellikleri, bulanık kümelerde uygulanacak şekilde tanımlamıştır. Zadeh tarafından bulanık küme; “sürekli üyelik derecelerine sahip olan ve her elemana 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesi atayan bir üyelik fonksiyonuyla tanımlanan bir küme” olarak tanımlanmıştır (İncekara, 2019). Bulanık mantıkta, herhangi bir problemin yaklaşık olarak modellenmesine, matematiksel olarak karmaşık olmayacak çözümlerle denetim altına alınması hedeflenmektedir. Bulanık mantıkta karar vericilerin değerlendirmelerinin dilsel değişkenler vasıtasıyla çözüm sürecine dâhil edilmiştir. Dilsel değişkenlerin bulanık sayılarla çözüm sürece dâhil edilmesinin çok kriterli karar verme problemlerinde karşılaşılan belirsizliklerin giderilmesini sağladığı için literatürde sıklıkla kullanılmaktadır.

3.2. Bulanık AHP Yöntemi

Bulanık AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), karar vericilerin değerlendirmelerinin dilsel değişkenler vasıtasıyla çözüm sürecine dâhil edildiği; bulanık mantığın ve AHP'nin avantajlarını bünyesinde barındıran bir yöntemdir. Dilsel değişkenlerin bulanık sayılarla çözüm sürece dâhil edildiği zaman çok kriterli karar verme problemlerinde karşılaşılan belirsizlikler giderilmektedir. İlk Zadeh ile başlayan bulanık mantık kullanımı sonrasında literatürde çok sık kullanılmıştır, çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmada kullanılan Bulanık AHP yöntemi ile literatürde pek çok çalışma (Chan vd, 2007; Buckley, 1985, Chang, 1996; Chen vd, 1992; Deng, 1999; Kahraman, vd, 2003; Klir, 1995; Leung, 2000; Shukla, 2014; Thengane, 2014; Wang, 2008; İncekara, 2019; İncekara, 2020) yapılmıştır. Çalışmada üçgen bulanık sayılar kullanılmış olup çalışmada kullanılan dilsel ifadeler, karşılık gelen ilgili bulanık sayıları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Çalışmada Kullanılan Dilsel ifadeler ile bunlara Karşılık Gelen Bulanık Sayılar

Dilsel ifadeler	Bulanık Sayılar	Ters Bulanık Sayılar
Eşit Önem	(1, 1, 3)	(1/3, 1, 1)
Biraz Daha Önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Oldukça Önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok Önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Son Derece Önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Çalışmada bulanık sayıların ağırlıklarını hesaplanmak için Bulanık AHP yöntemi adımları aşağıda özetlenmiştir (İncekara 2020).

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_p\}$ nesne seti ve $L = \{l_1, l_2, \dots, l_r\}$ amaç seti; her amaç için “r ölçüde” analiz yapılmıştır.

$$X^1_{hi}, X^2_{hi}, \dots, X^r_{hi} \quad (i=1,2,\dots,p; j=1,2,\dots,r) \tag{1}$$

Burada, tüm X^j_{hi} ($i=1,2,\dots,r$) bulanık sayılar olup i. için ilgili bulanık sentetik mertebesi formül (2) ile gösterilmiştir.

$$S_i = \sum_{j=1}^r X^j_{hi} \otimes \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^r X^j_{hi} \right]^{-1} \tag{2}$$

$X_1 \geq X$ 'nin olabilirlik derecesi formül (3) ile gösterilmiştir.

$$B(X_1 \geq X_2) = \sup_{k \geq t} [\min(\mu_{X_1}(k), \mu_{X_2}(t))] \tag{3}$$

$h \geq t$ ve $\mu_{X_1}(k) = \mu_{X_2}(t)$ durumunu sağlayan (k, t) gibi bir çift varsa; $B(X_1 \geq X_2) = 1$ 'dir. X_1 ve X_2 ; konveks bulanık sayılardır;

$$X_1 \geq X_2 ; B(X_1 \geq X_2) = \mu_{X_1}(e) \tag{4}$$

Burada e, μ_{X_1} ve μ_{X_2} arasında en yüksek kesişim noktası E'nin ordinatıdır.

$X_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $X_2 = (a_2, b_2, c_2)$ olduğunda; E'nin ordinatı Denklem (5) ile hesaplanır.

$$B(X_2 \geq X_1) = \frac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)} \tag{5}$$

X_1 ve X_2 'nin karşılaştırılmasının yapılabilmesi için $B(X_1 \geq X_2)$ ve $B(X_2 \geq X_1)$ değerlerine ihtiyaç vardır.

$$B(X \geq X_1, X_2, \dots, X_f) = B[(X \geq X_1)] \vee [(X \geq X_2)]$$

$$\begin{aligned} & \text{ve...ve } [(X \geq X_f)] \\ & = \min B (X \geq X_i), \quad (i=1,2,3,\dots,f) \end{aligned} \quad (6)$$

$d'(A_i) = \min B (S_i \geq S_f)$ ve $k = 1,2,3,\dots,v; f \neq i$ ağırlık vektörü Denklem (7) ile gösterilmiştir.

$$W' = (d'(Z_1), d'(Z_2), \dots, d'(Z_f))^T \quad (7)$$

“W” bulanık olmayan bir sayı olup; normalize ağırlık vektörü Denklem (8) ile gösterilmiştir:

$$W = (d(Z_1), d(Z_2), \dots, d(Z_i))^T \quad (i= 1,2,\dots,f) \quad (8)$$

3.3. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Bulanık TOPSIS yöntemini ilk kez Chen (2000) bir sistem analizi mühendisi seçim probleminin çözümü için kullanmıştır. Bulanık TOPSIS nicel ve nitel çok kriterli karar problemlerinde alternatiflerin seçim sıralama ve değerlendirilmesinde yararlanılan bir karar verme yöntemidir. Bulanık nitelikteki durum ve olaylarda TOPSIS yönteminin kullanılması halinde insan yargı ve düşüncelerini çözüme yansıtma mümkün olmamaktadır. Bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık TOPSIS karar problemlerinde bulanık ortamlarda karar verilebilmesine imkân vermektedir. Yöntemin uygulanması sırasında karar vericiler, karar kriterleri ve alternatiflerle ilgili değerlendirmelerini dilsel olarak ifade ederler. Hesaplanan yakınlık katsayıları yardımıyla alternatifler sıralanarak çözüm ortaya konur. Çalışmada kullanılan alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ile karşılık gelen ilgili bulanık sayıları Çizelge 3’te sunulmuştur (İncekara 2020).

Çizelge 3. Değerlendirilmede Kullanılan Sözel Değişkenler ve ilgili Bulanık Sayısı

Dilsel Değişken	İlgili Bulanık Sayı
Çok Kötü	[0,0,1]
Kötü	[0,1,3]
Biraz Kötü	[1,3,5]
Orta	[3,5,7]
Biraz İyi	[5,7,9]
İyi	[7,9,10]
Çok İyi	[9,10,10]

Çalışmada bulanık sayıların ağırlıklarının hesaplanmak için Bulanık TOPSIS yöntemi adımları aşağıda özetlenmiştir (İncekara 2020).

w_j^K için j nci karar kriterlerinin önem ağırlığı formül (9) ile gösterilmiştir.

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{w}_{ij}^1 \oplus \tilde{w}_{ij}^2 \oplus \tilde{w}_{ij}^K] \quad (9)$$

X_{ij}^K nın i nci önem ağırlığı formül (10) ile gösterilmiştir:

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{X}_{ij}^1 \oplus \tilde{X}_{ij}^2 \oplus \tilde{X}_{ij}^K] \quad (10)$$

Çok kriterli bir karar verme problemi formül (11) ile gösterilmiştir:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2 \dots \tilde{w}_n] \quad (11)$$

Burada \tilde{x}_{ij} ve \tilde{w}_j dilsel değişkenlerdir. $A_1, A_2, A_3 \dots A_m$, alternatifler, $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ karar kriterleri gösterir. Burada \tilde{W} bulanık matrisi ifade etmektedir, bulanık sayılar ise $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ dir. Bulanık karar matrisi oluşturulur, sonrasında formül (12) ile gösteren normalize edilmiş karar matrisi (bulanık) elde edilir:

$$\tilde{N} = [\tilde{n}_{ij}]_{p \times r} \quad i=1,2, \dots, p \quad j=1,2, \dots, r \quad (12)$$

Normalize edilmiş karar matrisi (bulanık) hesaplanması; formül (13 ve 14) ile gösterilmiştir.

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right), \quad c_j^+ = \max c_{ij} \quad (13)$$

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \min a_{ij} \quad (14)$$

Formülden de görüleceği gibi normalize edilmiş karar matrisinde (bulanık); bulanık sayı değerleri $[0,1]$ aralığındadır. Kriterlerin önem ağırlığı ile $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$ şeklinde gösterilen (weighted) ağırlıklandırılarak normalize edilmiş karar matrisi hesaplanır (formül (8) ile).

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{n}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (15)$$

\tilde{V} matrisi hesabı; formül (16) ile gösterilmiştir.

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 \tilde{n}_{11} & \cdots & \tilde{w}_r \tilde{n}_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{w}_1 \tilde{n}_{p1} & \cdots & \tilde{w}_r \tilde{n}_{pr} \end{bmatrix} \quad (16)$$

\tilde{V} matrisinin hesabından sonra pozitif ideal çözüm (bulanık) A^+ ile negatif ideal çözüm (bulanık) A^- hesaplanır:

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_r^+\}$$

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

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij3}\} \text{ ve } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\} \quad (17)$$

$i=1,2,3,\dots,p$ ve $j=1,2,3,\dots,r$

ile hesaplanır. Formül (17) ile hesaplanan A^+ ve A^- dan sonra d uzaklıkların formül (18 ve 19) ile hesabı yapılır.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+); i=1,2, \dots,p \quad (18)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i=1,2, \dots,p \quad (19)$$

Vertex metodu kullanılarak ideal çözüme yakınlıkları hesaplanır. İki üçgen bulanık sayı olan $\tilde{A}=(a_1,a_2,a_3)$ ve $\tilde{B}=(b_1,b_2,b_3)$ arasındaki uzaklık(d) hesaplanması; formül (20) ile gösterilmiştir.

$$d_v(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (20)$$

Alternatifler arasında karşılaştırma yapılabilmesi için yakınlık katsayıları(CC) hesaplanması; formül (21) ile gösterilmiştir (Chen et al. 2006).

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (21)$$

Alternatifler için yakınlık katsayısı CC_i değerlerine göre sıralanarak karar verilir.

3.4. Uygulama

Çalışmada Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile bütünleşik bir karar destek modeli önerilmiştir. Yöntemde enerji sektöründe çalışan yöneticilerle yapılan görüşmeler sonrasında yapılan anket çalışması ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda doğal gaz sektörünün geleceği, doğal gaz sektöründeki beklentiler değerlendirilmiş; konu Bulanık AHP+Bulanık TOPSIS yöntemleri ile araştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada; karar vermede etkili olan kriterlerin önem ağırlıkları Bulanık AHP ile belirlenmiş, alternatiflerin sıralaması ise Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmada enerji uzmanları tarafından küresel ve ülkemizin doğal gaz talebi için 2030 yılında olması muhtemel iki doğal gaz talep senaryosu (yüksek ve düşük talep senaryosu) çalışılmıştır. Bu kapsamda iki doğal gaz senaryosunun kriterleri ağırlıkları bulanık AHP yöntemi ile belirlenirken, sıralaması Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır.

Bulanık AHP (sözel karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, değerlerin ortalaması alınmış, bulanık üçgen sayıların geometrik ortalaması bulunmuş, bulanık ağırlık değerleri hesaplanmış, durulaştırılmış, son aşamada normalize edilmiştir) ve Bulanık TOPSIS yöntemi (kriterler KV'ler vasıtasıyla değerlendirilmiş bulanık sayılara dönüştürülmüş, yakınlık katsayısı hesaplanmış, hesaplanan yakınlık katsayıları yardımıyla alternatifler sıralanarak çözüm hesaplanmıştır)

kullanılarak oluşturulan/doldurulan anketler ve görüşmeler neticesinde değerlendirilerek, küresel ve ülkemiz için iki doğalgaz senaryosu (düşük ve yüksek talep senaryosu) oluşturulmuştur.

Covid-19 pandemisi nedeniyle küresel doğal gaz tüketimi; 2020 yılında yaklaşık % 4 oranında düşerek 3,840 bcm'e ulaşmıştır. Çalışmada yüksek ve düşük talep senaryolarında kullanılan kriterler ve alt kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi için enerji sektöründe çalışan uzman, müdür, yönetici 48 kişi ile (KV) görüşülmüş, görüşmeler neticesinde kriterler ve alt kriterlerin oluşturulmuştur. Oluşturulan kriterler ve alt kriterler (10 ana kriterler/43 alt kriterler) değerlendirilmiştir. Çalışmada yüksek ve düşük doğal gaz talep senaryoları altında küresel ve ülkemizin doğalgaz talebini hesaplamak için bulanık çok amaçlı matematiksel model (Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS) kullanılarak geliştirilmiştir. Matematiksel model yardımıyla 2020-2030 yılları arasında küresel ve ülkemizin doğalgaz kullanım miktarı (bölgelere göre) hesaplanmıştır.

Bulanık AHP ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre Bulanık TOPSIS yöntemi ile KV' lerle görüşülerek oluşturulan 10 kriter/sektör değerlendirilmiş, sektörler arasında sıralama ve seçim gerçekleştirilmiştir. Küresel ve ülkemiz için iki doğalgaz senaryosunda etkili olan kriterlere göre KV' lerin değerlendirilmeleri sırasında kullanılan sözel değişkenlerin bulanık değer karşılıkları Çizelge 4' te sunulmuştur.

Çizelge 4. Ana Kriterlerin Göre Bulanık İkili Karşılaştırmalar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	(1,1,1)	(3,5,7)	(5,7,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(5,7,9)	(7,9,9)	(3,5,7)	(3,5,7)
C2	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(5,7,9)
C3	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(5,7,9)	(5,7,9)
C4	(1/7,1/5,1/3)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,1,1)	(3,5,7)	(1/5,1/3,1)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)
C5	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
C6	(1/5,1/3,1)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,9)
C7	(1/9,1/7,1/5)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(5,7,9)	(1,1,1)	(7,9,9)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)
C8	(1/9,1/9,1/7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/9,1/7)	(1,1,1)	(5,7,9)	(1,3,5)
C9	(1/7,1/5,1/3)	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1,3,5)	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/7)
C10	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(3,5,7)	(1/9,1/9,1/7)	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	(7,9,9)	(1,1,1)

Kriterlerin minimum olabilirlik dereceleri belirlenerek; normalize ağırlık vektörü Denklem (8) ile hesaplanmıştır. Ana kriterler ve ilgili alt kriterlere ait hesaplanan önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çalışmada 10 ana kriterler; Teknik Kriterler (C1), Ekonomik Kriterler (C2), Doğal Gaz Hub/Merkez Oluşturma Kriterleri (C3), Sosyo-Politik Kriterleri (C4), Çevresel Kriterler (C5), Doğal Gaz İletim Sistemi Kriterleri (C6) , Risk Kriterleri (C7), Karbon Ayak İzi Kriterleri (C8), Sürdürülebilirlik Kriterleri (C9). Düşük Karbonlu Büyüme Kriterleri (C10) ile ilgili 43 alt kriter uzmanlar/KV'ler tarafından değerlendirilmiştir. Hesaplanan kriterlere göre doğal gaz talep ağırlıkları; en önemli değerlendirme boyutu/ana kriterler 0.158 önem ağırlığı ile “Çevresel Kriterler”, ikinci önemli değerlendirme boyutu 0.129 önem ağırlığı ile “Ekonomik Kriterler” ve üçüncü önemli değerlendirme boyutu 0.118 önem ağırlığı ile “Sürdürülebilirlik Kriterleri” dir.

Daha sonra bu kriter ağırlıkları kullanılarak küresel ve ülkemiz doğal gaz talep senaryosu için incelenen 10 alternatif/sektör, bunlar Enerji sektörü(S1), Sanayi sektörü(S2), Ulaşım sektörü(S3), Yerleşimler/Konut sektörü(S4), Hizmet sektörü(S5), İnşaat sektörü(S6), Maden sektörü(S7), Turizm sektörü(S8), Tarım ve Balıkçılık (TB) sektörü(S9), Sağlık sektörü(S10) olup Çizelge 3'teki ölçeğe göre Bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmeleri yapılmıştır. İncelenen sektörlerin

pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları ve bu değerlerle hesaplanan yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Yakınlık katsayısı 1'e en yakın değer en uygun ve aranan niteliklerdeki sektörü ifade ederken "0" değerine en yakın değer ise uygun olmayan şirketi ifade etmektedir.

Bulanık TOPSIS yöntemine göre; küresel 10 alternatifin/ sektörün sıralaması ise şu şekildedir: Enerji (birinci sıra), Sanayi (ikinci sıra), Ulaşım (üçüncü sıra), Yerleşimler/Konutlar (dördüncü sıra). Ülkemizin 10 alternatifin/ sektörün sıralaması ise şu şekildedir: Enerji (birinci sıra), Sanayi (ikinci sıra), Yerleşimler/Konutlar (üçüncü sıra), Ulaşım (dördüncü sıra). Küresel ve ülkemizin sektörlerin sıralamasında birinci (Enerji) ve ikinci (Sanayi) sıra aynı olmasına rağmen üçüncü ve dördüncü sıra değişmiştir. Enerji sektörü seçiminin sebebi; enerji sektöründe doğal gaz yakıtlı santraller işletme esnekliğe sahip olması, doğalgazın hem mevsimsel hem de kısa vadeli talep dalgalanmalarına cevap vermesi ve güç sistemlerinde elektrik arz güvenliğini artırmasına olanak tanınmasıdır.

Çalışmada yüksek talep senaryosu altında 2020-2030 yılları arasında yaklaşık % 26 artarak, 2030 yılında küresel doğal gaz kullanım miktarı 4.800 bcm'e ulaşacağı hesaplanmıştır. Düşük talep senaryosu altında 2020-2030 yılları arasında yaklaşık % 5 artarak, 2030 yılında küresel doğal gaz kullanım miktarı 4.000 bcm'e ulaşmıştır. Çevreyi kirletmeyen temiz bir enerji kaynağı olduğu için 2030 yılından sonra büyümesi beklenen tek fosil enerji kaynağı doğal gazdır. Yüksek talep senaryosu altında 2030 yılında dünyanın bölgelerine göre doğal gaz talebi dağılımı Çizelge 5'e gösterilmiş olup dağılımı şu şekilde olacağı hesaplanmıştır: Kuzey Amerika: 1250 bcm, Orta ve Güney Amerika: 250 bcm, Avrupa: 650 bcm, Orta Doğu: 750 bcm, Avrasya: 650 bcm, Asya Pasifik: 1250 bcm.

Çizelge 5. Bölgelere göre doğal gaz talebi (2030 yılı için) (Senaryo-Yüksek)

Bölgeler	Doğal Gaz Talebi (2030 yılı)
Kuzey Amerika	1250
Orta ve Güney Amerika	250
Avrupa	650
Orta Doğu	750
Avrasya	650
Asya Pasifik	1250

Çalışmada, yüksek talep senaryosu altında 2020-2030 yılları arasında Türkiye'de doğalgaz kullanımını % 52 artarak yaklaşık 76 bcm' e ulaşacak, ve düşük talep senaryosunda Türkiye'nin toplam doğal gaz talebi yaklaşık olarak % 9 azalarak yaklaşık 45 bcm' e ulaşacağı hesaplanmıştır. Oxford Enerji Araştırmaları Enstitüsü (OIES), Türkiye'deki doğal gaz talebinin istikrarlı bir şekilde artacağını ve 2030'a kadar 67-70 bcm' e ulaşabileceğini tahmin etmiştir.

4. SONUÇ

Covid-19 pandemisi nedeniyle küresel doğal gaz tüketimi 2020 yılında yaklaşık % 4 oranında düşerek 3,840 bcm' e ulaşmıştır. Çalışmada bulanık mantıklı bir matematiksel model (Bulanık AHP+Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanarak) ile küresel ve ülkemizin doğalgaz miktarı yüksek ve düşük talep senaryoları altında hesaplanmıştır. Bulanık AHP (sözel karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, değerlerin ortalaması alınmış, bulanık üçgen sayıların geometrik ortalaması bulunmuş, bulanık ağırlık değerleri hesaplanmış, durulaştırılmış, son aşamada normalize edilmiştir) ve Bulanık TOPSIS yöntemleri (Alternatiflerin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları ve bu değerlerle hesaplanan yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Yakınlık katsayısı 1'e en yakın değer en uygun ve aranan niteliklerdeki çözümü ifade ederken '0' değerine en yakın değer ise uygun olmayan çözümü ifade etmektedir) kullanılarak oluşturulan/doldurulan anketler ve

görüşmeler neticesinde değerlendirilerek/önceliklendirilerek/ağırlıklandırılarak, küresel ve ülkemiz için iki doğal gaz senaryosu oluşturulmuştur. Çalışmada enerji uzmanları tarafından küresel ve ülkemizin doğal gaz talebi için yüksek ve düşük iki doğal gaz senaryosu kriterlerinin ağırlıkları Bulanık AHP yöntemi ile belirlenirken, sektör sıralaması ise Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmada Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak, en uygun seçim kararının alınması hedeflenmiştir.

Dünyada doğal gaz talebini; doğalgazın satış fiyatı belirlemede olup satış fiyatı birçok faktöre göre değişmektedir. Çalışmada yüksek ve düşük talep senaryolarında kullanılan kriterler ve alt kriterlerinin ve ağırlıklarının belirlenmesi için enerji sektöründe çalışan uzman, müdür, yönetici 48 kişi ile (KV) görüşülmüştür. Çalışmada enerji sektöründe çalışan yöneticilerle yapılan görüşmeler neticesinde kriterler ve alt kriterlerin oluşturulmuştur. Sonrasında oluşturulan kriterler ve alt kriterlerin (10 ana kriterler/43 alt kriterler) değerlendirilmiştir.

Çalışmada 10 ana kriterler; Teknik Kriterler (C1), Ekonomik Kriterler (C2), Doğal Gaz Hub/Merkez Oluşturma Kriterleri (C3), Sosyo-Politik Kriterleri (C4), Çevresel Kriterler (C5), Doğal Gaz İletim Sistemi Kriterleri (C6), Risk Kriterleri (C7), Karbon Ayak İzi Kriterleri (C8), Sürdürülebilirlik Kriterleri (C9), Düşük Karbonlu Büyüme Kriterleri (C10) ile ilgili 43 alt kriter uzmanlar/KV'ler tarafından değerlendirilmiştir. Hesaplanan kriterlere göre doğal gaz talep ağırlıkları; en önemli değerlendirme boyutu/ana kriterler 0.158 önem ağırlığı ile “Çevresel Kriterler”, ikinci önemli değerlendirme boyutu 0.129 önem ağırlığı ile “Ekonomik Kriterler” ve üçüncü önemli değerlendirme boyutu 0.118 önem ağırlığı ile “Sürdürülebilirlik Kriterleri” dir.

Bulanık TOPSIS yöntemine göre; küresel ve ülkemiz doğal gaz açısından incelenen 10 alternatif/sektör incelenmiş olup bunlar; Enerji sektörü(S1), Sanayi sektörü(S2), Ulaşım sektörü(S3), Yerleşimler/Konut sektörü(S4), Hizmet sektörü(S5), İnşaat sektörü(S6), Maden sektörü(S7), Turizm sektörü(S8), Tarım ve Balıkçılık (TB) sektörü(S9), Sağlık sektörü(S10) dür. Küresel açıdan 10 alternatifin/sektörün sıralaması ise şu şekildedir: Enerji (birinci sıra), Sanayi (ikinci sıra), Ulaşım (üçüncü sıra), Yerleşimler/Konutlar (dördüncü sıra). Ülkemiz için 10 alternatifin/sektörün sıralaması ise şu şekildedir: Enerji (birinci sıra), Sanayi (ikinci sıra), Yerleşimler/Konutlar (üçüncü sıra), Ulaşım (dördüncü sıra). Küresel ve ülkemizin sektörlerin sıralamasında birinci (Enerji) ve ikinci (Sanayi) sıra aynı olmasına rağmen üçüncü ve dördüncü sıra/sektörler değişmiştir. Enerji sektörü seçiminin sebebi; enerji sektöründe doğal gaz yakıtlı santraller işletme esnekliğe sahip olması, doğalgazın hem mevsimsel hem de kısa vadeli talep dalgalanmalarına cevap vermesi ve güç sistemlerinde elektrik arz güvenliğini artırmasına olanak tanınmasıdır.

2020 ile 2030 yılları arasında yüksek talep senaryosuna göre küresel doğal gaz kullanımı yaklaşık % 26 oranında artarak 4.800 bcm' e ulaşacağı hesaplanmıştır. Düşük talep senaryosuna göre küresel doğal gaz kullanımı yaklaşık % 5 oranında artarak 4.000 bcm' e ulaşacağı hesaplanmıştır. Yüksek talep senaryosu altında 2030 yılında bölgelere göre doğal gaz talebi dağılımı şu şekilde olacağı hesaplanmıştır: Kuzey Amerika: 1250 bcm, Orta ve Güney Amerika: 250 bcm, Avrupa: 650 bcm, Orta Doğu: 750 bcm, Avrasya: 650 bcm, Asya Pasifik: 1250 bcm.

Çalışmada, yüksek talep senaryosu altında 2020-2030 yılları arasında Türkiye'de doğalgaz kullanımı % 52 artarak yaklaşık 76 bcm' e ulaşacak, ve düşük talep senaryosunda Türkiye'nin toplam doğal gaz talebi yaklaşık olarak % 9 azalarak yaklaşık 45 bcm' e ulaşacağı hesaplanmıştır. Ülkemiz 2030 yılı yüksek talep senaryosu altında küresel doğal gaz artışının (artış oranı: %26) yaklaşık iki katı bir artış ile %52 artması beklenmektedir.

Çalışmadaki küresel doğal gaz yüksek ve düşük talep senaryosunda; Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın doğalgaz talebinin (küresel) 2018-2035 döneminde yüzde 40 artış beklemesinin ve LNG talebinin yüzde 100'ün üzerinde artarak 750 milyar metreküp seviyelerine çıkması, LNG' nin yüzde 32'lik payının 2035 yılında % 50'e çıkmasını öngörmesinin etkisi büyük olmuştur. IEA' a göre; günümüzde dünya doğalgaz ticaretinin yüzde 32'sini LNG oluştururken, kalan yüzde 68'i boru gazından gelmektedir. ABD' nin küresel LNG piyasasındaki payının 2030' da % 20' e yükseltecek

olması (kendi kaya gazını LNG yapması ile) ve bu kapsamda doğal gaz fiyatlarının (özellikle boru gaz fiyatlarının) çok fazla düşecek olması tahmini ile; dünyada doğal gazın daha yaygın olarak kullanılacak olması görüşü etkisiyle küresel doğal gaz kullanımının artacağı beklenmektedir.

Çalışma kapsamında 2030 yılında fosil yakıtlar arasında küresel enerji karışımında kullanım oranının yükselmesi beklenen/hesaplanan tek fosil kaynağı doğal gazdır. Bunda -KVlerin değerlendirmesinde-; geleneksel (conventional) doğal gaz rezervinin 206 trilyon m³ ve geleneksel olmayan (unconventional) (shale gazı, kömür yatağı metanı ve sıkıştırılmış gaz) rezervlerinin ve keşfedilmemiş rezervlerin 354 trilyon m³ civarında olmasının büyük bir rolü vardır. Çalışma sonucunda; AB, ABD ve dünya ekonomilerinin karbondan arındırılması stratejisi/hedefi, net sıfır emisyon hedefine ulaşılma hedefi irdelenmiş ve 2030 yılına kadar doğal gazın kullanımının artmasından dolayı, emisyonların sıfıra düşürülmesi hedefine ulaşılmasının imkansız olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Borges, A.R., Antunes, C.H. (2003). A fuzzy multiple objective decision support model for energy-economy planning. *European Journal of Operational Research*. Vol. 145: 304-316.
- BP, (2020). *Statistical Review of World Energy 2019*. 12-36.
- Chang, D. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. 95, 649-655.
- Chen, G., & Pham, T. T. (2001). *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems*, CRC Press, LLC.
- Chen, J. F., Hsieh, H. N. & Do, Q. H. (2015). Evaluating teaching performance based on Fuzzy AHP and comprehensive evaluation approach. *Applied Soft Computing*, 28, 100-108.
- Deng, H. (1999). Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*. 21, 215-231.
- Deshmukh, S.S., Deshmukh, M.K. (2009). A new approach to micro-level energy planning—A case of northern parts of Rajasthan, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13, 634-642.
- Deng, H. (1999). Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21, 215-231.
- Enea, M., & Piazza, T. (2004). Project Selection by Constrained Fuzzy AHP. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 3, 39-62.
- EU Directive 2012/27/EU, (2012). Energy Efficiency. Amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC.
- Gu, X. & Zhu, Q. (2006). Fuzzy-Multi Attribute Decision-Making Method Based on Eigenvector of Fuzzy Attribute Evaluation Space. *Decision Support Systems*. 41, 400 – 410.
- Ho, L.W., Lie, T.T., Leong, P.T., Clear, T. (2018). Developing Offshore Wind Farm Siting Criteria by Using an International Delphi Method. *Energy Policy*. 113, 53–67.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*. Berlin: Springer.
- IEA, (2019). *World Energy Outlook*. 181
- Incekara, C.O., 2020. Turkey 's natural gas demand projection in electricity generation. *Journal of Turkish Operations Management*. Volume 4, Issue 2, 494-508.

- Incekara, C.O., 2020. Turkey's natural gas demand projections. *EJONS International Journal On Mathematics, Engineering & Natural Sciences*. Volume 4, issue 15, 489-550. doi: <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.269>
- Incekara, C.O., 2020. ISO 50001 Energy Management System application in industrial sector with Fuzzy Logic. *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*. Volume 20, Issue 6, 991-1013. doi: <https://doi.org/10.35414/akufemubid.819645>
- Incekara, C.O. (2020). Evaluation of Turkey's International Energy Projects by Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methods. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering Natural & Medical Sciences*. IEDSR, Volume8. Issue 9. 206-217. doi: <http://dx.doi.org/10.38065/euroasiaorg.143>
- Incekara, C.O. (2019). Use of an Optimization Model for Optimization of Turkey's Energy Management by inclusion of Renewable Energy Sources. *International Journal of Environmental Science and Technology*. Springer, 121-133. doi: <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02221-w>
- Incekara, C.O. (2019). Türkiye ve AB'nin Enerji Hedefleri. *Journal of Turkish Operations Management*. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Cilt 3, Sayı 2, 298-313.
- Incekara, C.O. (2020). Enerji Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir İşletmede İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Cilt 4, Sayı 1. 152-177. doi: [doi: doi.org/10.31200/makuubd.678400](https://doi.org/10.31200/makuubd.678400)
- Incekara, C.O. (2019). Turkey's Energy Management Plan by using Fuzzy Modelling Approach. *Scholars' Press. Book*, 38-52. ISBN-10 : 6138829697. ISBN-13 : 978-6138829690
- Incekara, C.O. (2019). AB ve Türkiye'nin 2030 Yılı Enerji Hedefleri. *YAEM 2019*. Başkent Üniversitesi.
- Incekara, C.O. (2018). Ülkemizdeki Enerji Santral Yatırımlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 33 (4). doi: <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.525228>
- Incekara, C.O. and Ogulata, S.N. (2017). Turkey's energy planning considering global environmental concerns. *Ecological Engineering*. Elsevier, 589-595. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.033>
- Incekara, C.O. (2013). Turkey's Energy Strategies. *SOSBİLKO 2013*.
- Iniyana, S., Suganthi, L. and Samuel, A. (2006). Energy models for commercial energy prediction and substitution of renewable energy sources. *Energy Policy*. Vol. 34, 2640–2653.
- International Energy Agency, (2017). *Global Energy & CO2 Status Report*. 106-129.
- International Energy Agency, (2020). *World Energy Outlook 2019*. IEA, 356-438.
- Isaai, M. T., Kanani, A., Tootoonchi, M., & Afzali, H. R. (2011). Intelligent timetable evaluation using Fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*. 38, 3718-3723.
- IPCC, (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change-Fourth Assessment Report on Climate Change*.
- Kumar, A., Shankar, R., & Debnath, R.M. (2015). Analyzing customer preference and measuring relative efficiency in telecom sector: a hybrid Fuzzy AHP/DEA study. *Telematics and Informatics*. 32, 447-462.
- Lee, S. K., Mogi, G., Lee S. K., Hui, K. S. & Kim, J.W. (2010). Econometric Analysis of the R&D Performance in the National Hydrogen Energy Technology Development For Measuring Relative Efficiency: The Fuzzy AHP/DEA Integrated Model Approach. *International Journal of Hydrogen Energy*. 35, 2236 – 2246.

- Mangla, S. K., Kumar, P., & Mukesh K. B. (2015). Risk Analysis in Green Supply Chain Using Fuzzy AHP Approach: A Case Study. *Resources, Conservations and Recycling*. 104, 375 – 390.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V.A. (2005). A Multiple-Item Scale for Assessing Electronic Service Quality. *Journal of Service Research*. 7, X,1-21.
- Pokharel, S., Chandrashekara, M. (1998). A Multi objective approach to rural energy policy analysis. *Energy*. Vol. 23, No. 4: 325-336.
- Russell S. O. and Campbell, P.F. (1996). Reservoir Operating Rules with Fuzzy Programming. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 165-170.
- Saaty (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*. 1(1):83-98.
- Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Springer Science & Business Media, New York.
- Satrovic, E. (2018). The Human Development Relies on Renewable Energy: Evidence from Turkey. 3rd International Energy & Engineering Congress, 19-27.
- Song, W., Ming, X., Wu, Z., & Zhu, B. (2013). Failure modes and effects analysis using integrated weight-based Fuzzy TOPSIS. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 26, 1172-1186.
- UNFCCC, (1997). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, United Nations, NewYork.
- UNFCCC, (2009). *Report of the Conference of the Parties on 15th Climate Change*. United Nations, NewYork.
- Viswanadham, N. & Samvedi, A. (2013). Supplier selection based on supply chain ecosystem, performance and risk criteria. *International Journal of Production Research*. 51, 6484-6498.
- Yue, Z. (2013). An avoiding information loss approach to group decision making. *Applied Mathematical Modeling*. 37, 112-126.
- Wang, C.N., Huang, Y.F., Chai, Y.C., Nguyen, V.N. (2018). A Multi-Criteria Decision Making (MCDM) for Renewable Energy Plants Location Selection in Vietnam under a Fuzzy Environment. *Appl. Sci*. 8, 2069.
- Wang, J., Jing, Y., Zhang, C. and Zhao, J. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol, 13, 2263–2278.
- WEO (2019). *World Energy Assessment. Overview 2018*.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Inf. Control*, 8, 338–353.