GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

ÜS BÖLGESİ ENERJİ İHTİYACININ KARŞILANMASI KAPSAMINDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMİ

Özer EROĞLU

DOKTORA TEZİ
HAREKÂT ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Özer EROĞLU

15/06/2021

ÜS BÖLGESİ ENERJİ İHTİYACININ KARŞILANMASI KAPSAMINDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMİ

(Doktora Tezi)

Özer EROĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2021

ÖZET

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının askeri bölgelerde kullanımına ilişkin bir karar destek sistemi önerilmiştir. Modelin oluşturulmasında genellikle üs bölgelerinin bulunduğu rakım ve konum itibari ile rüzgâr ve güneş enerjisinden faydalanmayı kolaylaştıran uygun bölgelerde, rüzgâr ya da güneş enerjisinden elde edilebilecek enerjinin öncelikle üs bölgesinin kendi kendine yetmesi, gereksiz iş gücü kaybının önüne geçilmesi, çevreyi kirletmeyen ve sabit üs bölgesi özelinde, ihtiyaç duyulan enerjinin kesintiye uğramadan kullanımını sağlayacak bir sistem üzerine yoğunlaşılmıştır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynağı alternatifleri belirlenirken aynı anda uzman personelden görüş alınarak kriterler tespit edilmiştir. Literatürde yer alan yenilenebilir enerji kaynağı seçimine ilişkin kriterlere askeri açıdan öne çıkan kriterler de ilave edilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında karmaşık ve birbirine girmiş problem gruplarını geliştirmek, hiyerarşik yapıda uygulanabilir çözümlerin tanımlanmasına katkıda bulunmak amacıyla önerilen ve kriterler arasında var olan ilişkiyi de ortaya çıkarmaya yarayan DEMATEL Yöntemi ile diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine nispeten daha az matematiksel işlem içeren ayrıca uzmanlık zorunluluğu gerektirmeyen konularda tercih edilen SWARA Yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin tercihi/sıralamasında ise bilgilerin; şüpheli, kesin olmayan, kayıp veya eksik olduğu durumlarda kullanılabilen SMAA-2 Yöntemi kullanılmıştır. SMAA-2 Yönteminin diğer bir özelliği olan kriter ağırlık bilgisi girilmeden ve kriterlerin sadece önem sırasına göre değerlendirilerek sonuç veren yönü de alternatif çözümler içinde sunulmuştur. Bulunan alternatif sonuçlar BORDA Yöntemi ile bileştirilerek beş ayrı bölge için değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu	:	90620
Anahtar Kelimeler	:	Yenilenebilir Enerji, Karar Destek Sistemi, DEMATEL Yöntemi, SWARA Yöntemi, SMAA-2, BORDA Yöntemi.
Sayfa Adedi	:	153
Danışman	:	Prof. Dr. Cevriye GENCER

MULTI-CRITERIA DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SELECTION OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES WITHIN THE SCOPE OF THE ENERGY NEEDS OF THE BASE REGION

(Ph. D. Thesis)

Özer EROĞLU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2021

ABSTRACT

In this study, a decision support system for the utilization of renewable energy resources in military areas is proposed. In the creation of the system, it was focused on a system that can be obtained from wind or solar energy generally depending on the altitude and location of the base regions to be a self-sufficient in the base area, avoid unnecessary labor loss and ensure the use of the energy needed in the base region without any interruption. In this context, while determining renewable energy source alternatives, the criteria were determined by consulting expert personnel at the same time. Criteria for the selection of renewable energy sources in the literature have been added to the criteria prominent in the military issue. In the weighting of the criteria; The DEMATEL Method, which was developed to solve complex and interwined problem groups to contribute to the definition of applicable solutions in a hierarchical structure also reveal the relationship between the criteria and the SWARA Method, which includes less mathematical operations compared to other multi-criteria decision-making methods was used. In the choice/ranking of the alternatives, the SMAA-2 Method which can be used in cases where there is doubtful, uncertain, missing information, was used. Another features of the SMAA-2 Method, which are without entering the criterion weight information and evaluating the criteria only in order of importance, is presented as alternative solutions. The alternative results were combined with the BORDA Method and evaluated for five separate regions.

Science Code	:	90620
Key Words	:	Renewable Energy, Decision Support System, DEMATEL Method, SWARA Method, SMAA-2, BORDA Method.
Page Number	:	153
Supervisor	:	Prof. Dr. Cevriye GENCER

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlanmama imkân sağlayan, ihtiyaç duyulan her anda değerli zamanını ayıran danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cevriye GENCER' e; çalışma süresince yönlendirmeleri ile katkı sağlayan Tez İzleme Jüri üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Adnan SÖZEN ve Prof. Dr. Mustafa İLBAŞ'a, sağladıkları tüm imkân ve desteklerden dolayı enstitü personeline ve bana olan sevgi, güven ve desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim ve canım oğluma teşekkür ederim. Çalışmanın tüm ilgililere yararlı olmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xiii

RESİMLERİN LİSTESİ xiv

HARİTALARIN LİSTESİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR xvi

1. GİRİŞ 1

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ 5

2.1. Güneş Enerjisi 9

2.2. Rüzgâr Enerjisi 13

2.3. Jeotermal Enerji 15

2.4. Hidrolik (Hidroelektrik) Enerji 18

2.5. Biyokütle Enerjisi 19

2.6. Hidrojen Enerjisi 22

3. ASKERİ ÜS BÖLGESİ ENERJİ İHTİYACI 25

4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME 27

4.1. DEMATEL Yöntemi 28

4.1.1.Eşik Değer 32

4.1.2. Etki Diyagramı 33

Sayfa

4.1.3. Özel Durum 34
4.2. SWARA Yöntemi 36
4.2.1. SWARA Yönteminin Değişik Uygulamaları 39
4.3. SMAA-2 Yöntemi 41
4.3.1. Sıra Kabuledilebilirlik İndeksi 44
4.3.2. Merkezi Ağırlık Vektörü 45
4.3.3. Güvenilirlik Faktörü 45
4.3.4. JSMAA Yazılımı 45
4.4. BORDA Sayım Yöntemi 50
4.5. Literatür Tarması 51
5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI SEÇİMİ 65
5.1. Problemin Tanımlanması 67
5.2. Bölgelerin Özellikleri 68
5.2.1. A Bölgesi 68
5.2.2. B Bölgesi 68
5.2.3. C Bölgesi 69
5.2.4. D Bölgesi 69
5.2.5. E Bölgesi 69
5.3. Alternatifler 70
5.4. Kriterlerin Belirlenmesi 71
5.5. Yazılımların Tanıtılması 78
5.5.1. DEMATEL Yazılımı 79
5.5.2. SWARA Yazılımı 84
5.6. Uygulama 86

Sayfa

5.6.1. DEMATEL Yöntemi ile Kriter Ağırlılarının Belirlenmesi 87

5.6.2. SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlılarının Belirlenmesi 92

5.6.3. SMAA-2 Yöntemi ile Alternatiflerin Seçimi 95

5.6.4. BORDA Sayım Yöntemi ile Sonuçların Birleştirilmesi 99

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 105

KAYNAKLAR 107

EKLER 127

EK-1. Karar vericilerin . Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisleri 128

EK-2. Karar vericilerin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisleri 133

EK-3. Karar vericilerin Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisleri 138

EK-4 Senaryo 1'e göre SWARA İşlemleri 141

EK-5 Senaryo 2'ye göre SWARA İşlemleri 144

EK-6 Senaryo 3'e göre SWARA İşlemleri 147

EK-7 SMAA-2 Sonuçları 149

ÖZGEÇMİŞ 152

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Kaynağına göre kurulu güç durumu 7

Çizelge 2.2. 2010–2019 yılları arasında Türkiye'de elektrik enerji tüketimi 8

Çizelge 2.3. 2021–2030 yılları arasında Türkiye'de elektrik enerji tüketim tahmini 8

Çizelge 2.4. Türkye'nin toplam elektrik üretiminde hidrolik enerjinin payı 19

Çizelge 2.5 Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli (Hayvansal/bitkisel) 21

Çizelge 2.6 Türkiye'de belediye atıkları ile elde edebilecek biyokütle enerji potansiyeli 22

Çizelge 2.7. Türkiye'de orman artıkları ile elde edebilecek biyokütle enerji potansiyeli 22

Çizelge 3.1. Farklı bölgelerde konuşlu birliklerin bir yıllık ortalama enerji ihtiyacı 26

Çizelge 4.1. DEMATEL Metodu ikili karşılaştırma ölçeği (Dey ve diğerleri, 2012) 29

Çizelge 4.2. DEMATEL Metodu ikili karşılaştırma ölçeği (Shieh ve diğerleri, 2010).. 30

Çizelge 4.3. KV1'in değerlendirmesi (X1) 30

Çizelge 4.4. Örnek indeks değerleri 33

Çizelge 4.5. İki karar vericiye ait Direkt İlişki Matrisleri (Lee ve diğerleri, 2013)..... 34

Çizelge 4.5. İki karar vericiye ait Direkt İlişki Matrisleri 34

Çizelge 4.6. Normalize Direkt İlişki Matrisi 35

Çizelge 4.7. Birim Matristen çıkarıldıktan sonra elde edilen matris ve tersi 35

Çizelge 4.8. Ɛ=0.00001 eklendikten sonraki Normalize Direkt İlişki Matrisi 35

Çizelge 4.9. $(I-C)^{-1}$ işlemi sonucu 36

Çizelge 4.10. BORDA Sayım Yöntemi Örnek Uygulaması 51

Çizelge 4.11. Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimde kullanılan ÇKKV Yöntemleri 52

Çizelge 4.12. DEMATEL Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları 56

Çizelge 4.13. SWARA Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları 59

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.14. SMAA-2 Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları 61

Çizelge 5.1. Kriter-1 Bilgileri 72

Çizelge 5.2. Kriter-2 Bilgileri 73

Çizelge 5.3. Kriter-3 Bilgileri 73

Çizelge 5.4. Kriter-4 Bilgileri 74

Çizelge 5.5. Kriter-5 Bilgileri 74

Çizelge 5.6. Kriter-6 Bilgileri 75

Çizelge 5.7. Kriter-7 Bilgileri 75

Çizelge 5.8. Kriter-8 Bilgileri 76

Çizelge 5.9. Kriter-9 Bilgileri 76

Çizelge 5.10. Kriter-10 Bilgileri 77

Çizelge 5.11. Kriter-11 Bilgileri 77

Çizelge 5.12. Kriter-12 Bilgileri 78

Çizelge 5.13. Kriter-13 Bilgileri 78

Çizelge 5.14. Senayo 1'e ait Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č) 87

Çizelge 5.15. Senayo 2'ye ait Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č) 88

Çizelge 5.16. Senayo 3'e ait Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č) 88

Çizelge 5.17. Senaryo 1'e ait Normalize Direkt İlişki Matrisi (C) 89

Çizelge 5.18. Senaryo 2'ye ait Normalize Direkt İlişki Matrisi (C) 89

Çizelge 5.19. Seanryo 3'e ait Normalize Direkt İlişki Matrisi (C) 89

Çizelge 5.20. Senaryo 1'e ait Toplam İlişki Matrisi (F) 90

Çizelge 5.21. Senaryo 2'ye ait Toplam İlişki Matrisi (F) 90

Çizelge 5.22. Senaryo 3'e ait Toplam İlişki Matrisi (F) 90

Çizelge 5.23. Senaryo 1'e ait gönderici/alıcı grupları ve kriter ağırlıkları 91

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.24. Senaryo 2'ye ait gönderici/alıcı grupları ve kriter ağırlıkları 91

Çizelge 5.25. Senaryo 3'e ait gönderici/alıcı grupları ve kriter ağırlıkları 92

Çizelge 5.26. Senaryo 1'e göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)..... 93

Çizelge 5.27. Senaryo 2'ye göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)..... 93

Çizelge 5.28. Senaryo 3'e göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)..... 94

Çizelge 5.29. SWARA Yöntemine göre ağırlıklar ve önem sıralamaları..... 95

Çizelge 5.30. 1'nci sırada tercih edilen alternatifler ve sıra kabul edilebilirlik indisleri 96

Çizelge 5.31. Senaryo 1'in BORDA Sayım Yöntemine göre sonucu 100

Çizelge 5.32. Senaryo 2'nin BORDA Sayım Yöntemine göre sonucu 102

Çizelge 5.33.Senaryo 3'ün BORDA Sayım Yöntemine göre sonucu 103

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Kaynağına göre kurulu güç durumu (Aralık 2020 sonu) 6

Şekil 2.2. Aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri 9

Şekil 2.3. Güneşlenme süreleri (Saat) 10

Şekil 4.1. Örnek etki diyagramı 34

Şekil 4.2. Ağırlık uzayı 43

Şekil 5.1. Karar Destek Sistemi 66

Şekil 5.2. DEMATEL Yöntemi Başlangıç Arayüzü 79

Şekil 5.3. DEMATEL Yöntemi Uzman Görüşü Arayüzü 80

Şekil 5.4. Toplam ve Ortalama Sekmesi 81

Şekil 5.5. İşlemler ve Sonuç Sayfası (Normalize Direkt İlişki Matrisi) 82

Şekil 5.6. İşlemler ve Sonuç Sayfası (Toplam İlişki Matrisi) 83

Şekil 5.7. İşlemler ve Sonuç Sayfası (İndeksler ve Ağırlıklar) 83

Şekil 5.8. SWARA Yöntemi Başlangıç Arayüzü 84

Şekil 5.9. SWARA Yöntemi Uzman Görüşü Arayüzü 85

Şekil 5.10. SWARA Yazılımı İşlemler ve Sonuç Sayfası 86

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 4.1. Geleneksel Yaklaşım (En iyiyi bulma çözümü) 42

Resim 4.2. Ters Ağırlık Uzayı Yaklaşımı (Muhtemel Çözümler)..... 42

Resim 4.3. JSMAA ara yüzü..... 46

Resim 4.4. JSMAA model seçimi..... 46

Resim 4.5. Alternatives menüsü bilgi girişi..... 47

Resim 4.6. Criteria menüsü bilgi girişi 48

Resim 4.7. Preferences menüsü bilgi girişi..... 49

Resim 4.8. Sıra kabul edilebilirlik indeksi..... 49

Resim 4.9. Merkezi ağırlık vektörü ve güvenilirlik faktörü 50

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita **Sayfa**

Harita 2.1. Almanya'nın güneş enerjisi potansiyeli 11

Harita 2.2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli 12

Harita 2.3. Türkiye'nin 50 m. yükseklikteki rüzgâr güç yoğunluğu haritası..... 14

Harita 2.4. Türkiye'nin 50 m. yükseklikteki rüzgâr hızı haritası..... 15

Harita 2.5. Türkiye'nin jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı 17

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
GW	Gigawatt
GW/h	Gigawatt/saat
kW	Kilowatt
kW/h	Kilowatt/saat
m/sn.	Metre/saniye
m²	Metrekare
m^3	Metreküp
MJ/kg	Megajoule/kilogram
MTEP	Milyon ton eşdeğer (eşidi) petrol
MTon	Milyon ton
MW	Megawatt
MW/h	Megawatt/saat
MW_e veya MWe	Megawatt elektrik gücü
MW_t, MW_{th}, MWt veya MWth	Isısal Megawatt
Ster	1 m^3 boşluk içerisine istif edilmiş odun
TEP	Ton eşdeğer (eşidi) petrol
TW	Terawatt
TW/h	Terawatt/saat
W/m²	Watt/metrekare

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
BEPA	Türkiye Biyokütle Enerji Atlası
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme

Kısaltmalar	Açıklamalar
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory **(**Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı**)**
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
KDS	Karar Destek Sistemi
MTA	Maden Tetkik Arama
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	Rüzgâr Enerjisi Santrali
SMAA-2	Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi)
SWARA	Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
vb.	Ve benzeri, Ve bunun gibi, Ve başkaları

1. GİRİŞ

Enerji talebi ve arzı geçmişten günümüze kadar insanlığın ana problem sahalarından birisi olmuştur. Tarihte birçok ülke su kaynakları, yer altı zenginlikleri, yollar gibi önemli kaynaklara sahip olmaya çalışırken enerji kaynaklarını da gözen kaçırmamış, sahip olmak için savaşlar dahi çıkarmışlardır. Gelişen dünya ve bunun paralelinde artan teknoloji, enerji ihtiyacını daha da artırmıştır. Gerek bireysel ihtiyaçlarda tüketilen enerji gerekse sanayi de kullanılan enerji artışı ülke politikarına dahi yön vermiştir. Günümüzde ülkelerin refah düzeyi belirlenmesinde kişi başına düşen enerji miktarı ile gösteren çalışmalar da yer almaktadır.

Hali hazırda yaygın olarak fosil kökenli kaynaklar kullanılmakla beraber; bu kaynakların tükeneceği gerçeği de bilim insanlarının çalışmalarına yön tutmuş, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmıştır. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamada alternatif yollar aramaya başlamışlardır. Fosil kökenli enerji kaynaklarından petrolün 51 yıl, kömürün 114 yıl, doğal gazın ise 53 yıl içinde tükeneceği, kullanım oranı ve artışına bağlı olarak değişeceği de bilinmektedir. Birçok ülke dışa bağımlı olan enerji ihtiyacını azaltmak maksadı ile politikalar geliştirip, yatırımlar yapmaya başlamıştır.

Sanayinin yanı sıra kamu kuruluşlarının da belirli oranda enerji ihtiyacı artmıştır. Askeri birlikler genel olarak bu çerçevede değerlendirilebilecek ancak yaşam koşulları ve görevleri itibariyle enerjiye ihtiyacı fazla olan stratejik önemi haiz kurumlardandır.

Günümüzde değişen terör tehlikesi ile birlikte tehdit algısı sürekli olarak yenilenmektedir. Değişen ve artış gösteren tehdit algılarını ortadan kaldırmak, muharebe sahasında meydana gelen belirsizliği en aza indirmek adına yeni harekât planları oluşturulmaktadır. Bu değişim ise başta askeri personelin eğitimi olmak üzere yeni sistemlerin geliştirilmesi ve idamesi gibi birçok konuyu beraberinde getirmektedir.

Askeri birlikler genel olarak kendi kendine yetebilen, uzun süren görevlerde dışarıdan herhangi bir şekilde destek almayacak şekilde (Birliklerin kendi lojistik imkânları hariç) teşkil edilmişlerdir. Birliklerin; yiyecek, içecek gibi tüketime yönelik ihtiyaçları belirli gün ve sayıda olmak üzere personel üstünde bulundurulurken, enerji gibi teçhizatlarını

(Aydınlatma, pil şarjı, silah sitemlerini çalıştıracak enerji kaynakları vb.) doğrudan doğruya olumsuz etkileyebilecek ihtiyaçları jeneratör gibi yakıtla çalışan sistemler ile karşılanmaktadır. Askeri birlikler barış zamanında kışlalarda (Sabit tesisler) kalıp eğitim faaliyetlerini sürdürürken; görev aldıklarında genellikle ve çoğunlukla geçici/kalıcı bir üs bölgesinde faaliyetlerini sürdürmektedir.

Askeri birliklerin geçici olarak bulundukları bölgelerde enerji ihtiyacı seyyar ünitelerle (Jeneratör, yakıt tankerleri vb.) giderilirken; sabit tesislerde bu ihtiyaç genellikle bulundukları bölgelerdeki şehir şebekelerinden karşılanmaktadır. Sabit kışlalarda enerji; karargâh, kolaylık tesisleri (Mutfak, banyo, koğuşlar, gazinolar, kapalı eğitim alanları vb.), depolar, garaj, nöbet kuleleri, çevre aydınlatma sistemleri, bakım/onarım atölyeleri, muhabere sistemleri, ısınma, soğuk hava depoları, kazan daireleri gibi birçok noktada ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tesislerde genel olarak elektrik, fuel-oil, mazot, doğal gaz gibi enerji kaynaklarından yararlanılmaktadır. Herhangi bir kesinti kışladaki hayatı birçok noktada olumsuz yönde etkilediği gibi yiyecek depolarından dolayı erzakın bozulması ile beraber çevre emniyetinin aksaması gibi emniyet hususunda da sorunlara/aksaklıklara sebebiyet vermektedir. Ayrıca hudut karakolları gibi şehirlere uzak, özellikle kış aylarında ulaşım sorunlarının yaşandığı bölgelerde tamamen hayatın durması anlamına gelmektedir. Bu durum; askeri kışlalardaki tüm lojistik ve idari faaliyetlerle beraber emniyet konusunda da büyük bir problem sahası olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu problemlerin aşılmasında jeneratör desteği gibi yedek planlar da devreye alınmakla beraber bu plan da belli bir süreyi ihtiva etmekte, zaman zaman askeri kışlaların enerji kesintisinde; bu süre arızanın giderileceği süreden daha kısa olmaktadır. Destek enerjisi de tükendiği halde enerji kesintisi devam ederken halen arızanın giderilememesi durumu ile karşılaşılabilmektedir.

Üs bölgesi; askeri teçhizat ve personel barındıran, operasyonların yönetildiği veya eğitim yapılan, lojistik destek veya diğer destek birimlerinin yer aldığı tesislerdir. Üs bölgeleri genel olarak yerleşim yeri dışında ve bir askeri operasyonu gerçekleştirmek üzere kalıcı veya geçici olarak tesis edilmiş yerleşkelerdir. Bu tür bölgeler seçilirken öncelikle düşmanın yaklaşma istikameti, sorumluluk sahaları ve savunma/taarruz harekâtlarına katkıları değerlendirilmeye alınmaktadır. Tesis yerine/konumuna lojistik anlamda en çok etki eden husus ise ana ikmal yollarının belirlenmesidir. Bu yerin belirlenmesinde gerekirse geçici yollar yapılır, bu mümkün değilse öncelikli ihtiyaçlardan olan barınma ve beslenme desteği için uzun süreli gıda depoları veya havadan ikmal yöntemleri uygulanır. Sonuç olarak üs

bölgelerinin kendi kendine yetebilmeleri öncelikle moral motivasyon ardından ülke güvenliği açısından önem arz etmektedir.

Üs bölgelerinde enerji ihtiyacı kapsamında yaşanan problemler; sık elektrik kesintileri ve müdahalenin gecikmesi (Sorumlu birimin ulaşım sıkıntısı, elektrik dağıtımın özelleştirilmesi sebebi ile firma öncelikleri, vb.), ilgili yönetmelikler gereği kompanzasyon panosu takılması ve işletilmesi (Yeterli miktarda personel bulunmayışı), ilgili yönetmelikler gereği faturalara yansıyan reaktif bedel ile gecikme faizlerinin kişilerden rücu edilmesi, arızaya müdahalede yetki karmaşası, kazan dairesi işletilmesi kapsamında zehirlenmeler, kazancı kursu olan personelin diğer görevlere katılamayışı, kazan dairelerinin bakımı, basınç testleri ile baca temizlikleri, kazan dairesi arızalarına müdahale, LPG tüplerinin depolanması, gaz kaçakları ile sık bütünleme ihtiyacı ile bazı üs bölgelerine ulaşım sorunları nedeni ile ihtiyaç duyulan yer ve zamanda hizmetin götürülememesi, özellikle gözetleme kulelerinde elektrik kesintilerinin üs bölgesi güvenliğini de zora sokması, elektrik kesintileri sebebi elektronik cihazlarda sık arıza olması (kamera vb.), jeneratörlere yakıt ikmali güçlüğü, jeneratörlerin bakım sıklığı ve çıkardığı gürültü sebebi ile doğrudan emniyet zafiyeti şeklinde sıralanabilir.

Bu tez çalışmasında; üs bölgesinin öncelikle kendi kendine yetmesi, gereksiz iş gücü kaybının önüne geçilmesi, çevreyi kirletmeyen, genellikle üs bölgelerinin bulundukları rakım ve konum itibari ile rüzgâr ve güneş enerjisinden faydalanmayı kolaylaştıran, uygun bölgelerde, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebilecek enerjinin alternatif olarak kullanımı değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, yukarıda bahsedilen problem sahalarının önüne geçmek ve bir kamu kurumu olan askeri birliklerin enerji ihtiyacını kendine yeter, sürdürülebilir ve kesintisiz bir şekilde sağlamak maksadı ile karar vericilere bir karar destek sisteminden müteşekkil bir çözüm modeli sunmaktır.

Bu amaç doğrultusunda; askeri üs bölgelerinin enerji ihtiyacının karşılanması hususunda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusu; karar vericiler, alternatifler ve kriterlerin bulunması sebebi ile Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemi olarak ele alınarak başka problemlerde de kullanılabilecek Karar Destek Sistemi (KDS) önerilmiştir.

Enerji santrali kurulumu genel olarak maliyetleri fazla olan bir yatırım olduğundan özellikle mevcudu ve enerji ihtiyacı büyük olan askeri birlikler için çalışma yapılmıştır. Bu nedenle birliğin büyüklüğünün en az 1-2 tugay seviyesinde olması gerektiği değerlendirilmiş ve personel mevcudu 3 000 kişiden fazla olan birlikler için mevcut durumdaki enerji ihtiyaçları ve alınan veriler itibari ile maliyetleri hesaplanmış, bu bölgedeki yenilenebilir enerji kaynağı mevcudiyeti ve kullanılabilirlik durumu incelenmiş, uzman kişilerce yenilenebilir enerji kaynağı seçiminde kurulabilecek enerji santral alternatifleri tespit edilmiş, literatür ve uzman görüşlerinden faydalanılarak askeri açıdan önemli olan kriterler dahil edilmiştir.

Çalışma; ilk defa askeri bölgede olması ve askeri ihtiyaçların öne çıkarılması açısından literatüre katkı sağlamış, aynı zamanda diğer problem sahalarında kullanılabilecek hibrit bir karar destek sistemi kullanıcılara sunulmuştur.

Çalışma; her biri 3 000 kişiden fazla personel barındıran askeri alanlar için belirlenen 8 alternatif, 13 kriter ve 10 uzman görüşü alınarak literatürde yer alan yenilenebilir enerji kaynağı seçiminde kullanılan seçim kriterlerine, askeri ihtiyaçları içeren kriterler de ilave edilerek; 4 adet ÇKKV Yöntemi ile oluşturulan KDS, 5 bölge için 3 ayrı senaryoda uygulanmıştır. Senaryolar ÇKKV yöntemlerinden SMAA-2 Yönteminin kullanıcılara sağladığı kriterlerin ağırlık bilgisinin olduğu, kriterlerin ağırlık bilgisi yerine önem sıralamalarının olduğu ve herhangi bir ağırlık veya sıralama bilgisinin olmadığı durumlar şeklinde belirlenmiştir.

Sonuç olarak; 5 bölge için Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) ve Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) ile uyumlu sonuçlar veren bir karar destek sistemi oluşturulurken, yenilenebilir enerji kaynaklarının askeri bölgelerde ihtiyaçları destekleyecek şekilde kullanılabilecek ve askeri kriterlerin genel sonucu etkileyebileceği konusu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tez çalışmasının diğer bölümlerinde; yenilenebilir enerji kaynaklarının tanıtılması, bir askeri üs bölgesi için enerji ihtiyacı, seçilen ÇKKV yöntemlerinin tanıtılması ve literatür taraması ve önerilen Karar Destek Sistemi kapsamında uygulama ve sonuç bölümleri yer almaktadır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Enerji; maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç, erke olarak tanımlanırken, 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile görevleri Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'ne devredilen Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'ne göre iş yapabilme yeteneğidir. Tıpkı uzunluklar gibi skaler büyüklüktür, ölçülebilir. Doğrudan gözlemlenemese de değişik formlarda bulunabilir. Değişik biçimleri kimyasal, ısı, potansiyel, kinetik, mekanik, elektrik, manyetik, nükleer, ışık, ses enerjisi olarak sayılabilirken yeni türler de zaman içinde eklenebilir.

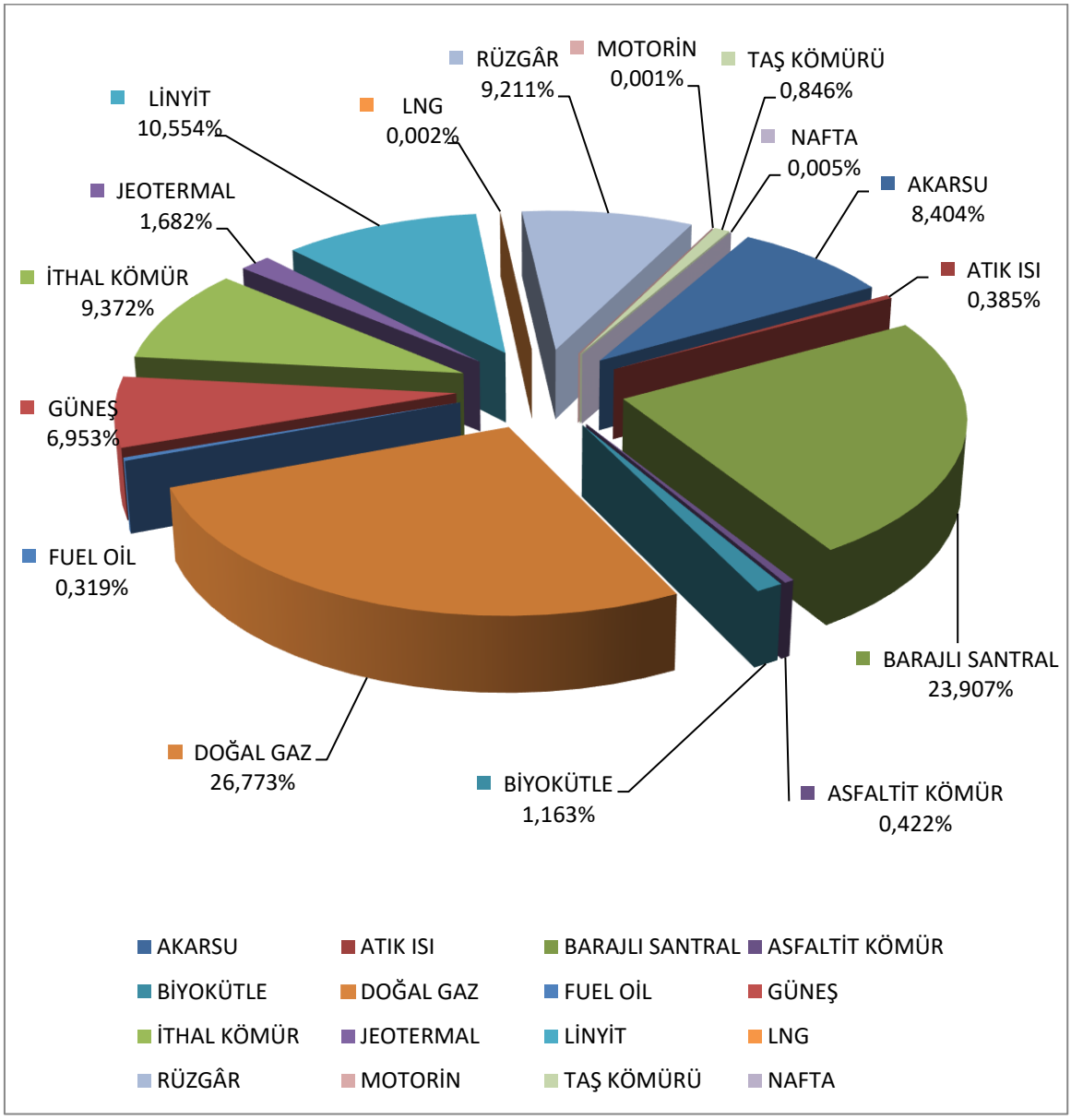
Yenilenebilir enerji; Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nce sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerji olarak tanımlanırken, O'riordan (1999)'a göre doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen doğal enerji kaynağı olarak nitelendirilmiştir (Sağıroğlu, 2016).

Enerji kaynakları çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Yeraltı ve yerüstünde bulunmalarına göre fosil yakıtlar; petrol, doğalgaz, kömür; fosil yakıt olmamasına rağmen uranyum, toryum ve jeotermal enerji kaynakları da bu sınıflandırma içerisinde yer almaktadır. Bir diğer sınıflandırma ise birincil (primer) ve bu kaynakların dönüştürülmesi sonucunda elde edilen ikincil (sekonder) enerji kaynakları şeklindedir. Buna göre; petrol, taşkömürü, linyit, hidrolik, nükleer, jeotermal, doğalgaz, güneş, rüzgâr, odun ve denizden elde edilen enerji (gel-git) birincil; elektrik, kok-briket, havagazı (şehir gazı), biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ise ikincil enerji kaynakları arasında sayılmaktadır (Koçaslan, 2006).

Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, biokütle gibi kendini yenileme özelliği olan, doğaya, çevreye ve doğal döngüye zarar vermeyen, çoğunlukla doğadan herhangi bir üretim işlemine ihtiyaç duymadan temin edilebilen, üretiminde CO_2 emisyonu çok az seviyede gerçekleşen enerji türüdür.

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli yönünden fosil kaynaklara göre daha avantajlı durumdadır. Özellikle; hidrolik, rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjilerin potansiyeli oldukça yüksektir (Yılmaz, 2012).

Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketim ve üretim verileri incelendiğinde; Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından yayımlanan verilere göre Türkiye'nin 2020 Aralık sonu itibariyle kurulu santral gücü 95 890,6 MW'tır. Aralık 2020 sonu itibariyle kurulu santrallerde 305,4 TW/h elektrik üretilmiş, 2,5 TW/h elektrik ihraç edilirken, 1,9 TW/h elektrik ithal edilmiştir (Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Türkiye'de Elektrik İletimi, Rakamlarla İletim İstatistikleri, 2020). Kaynağına göre kurulu güç durumu Şekil 2.1.'de sunulmuştur.



Şekil 2.1. Kaynağına göre kurulu güç durumu (Aralık 2020 sonu)

Kaynağına göre santral adedi ve kurulu güç durumu Çizelge 2.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Kaynağına göre kurulu güç durumu

Birincil Kaynak	Santral Adedi	%	Kurulu Güç (MW)	%
Akarsu	577	6.14	8 058,9	8.40
Atık ısı	83	0.88	369,1	0.38
Barajlı santral	133	1.41	22 925	23.91
Asfaltit kömür	1	0.01	405	0.42
Biyokütle	275	2.92	1 115,6	1.16
Doğal gaz	343	3.65	25 672,9	26.77
Fuel oil	11	0.12	305,9	0.32
Güneş	7518	79.96	6 667,4	6.95
İthal kömür	15	0.16	8 986,9	9.37
Jeotermal	60	0.64	1 613,2	1.68
Linyit	47	0.50	10 119,9	10.55
Lng	1	0.01	2	0.002
Rüzgâr	332	3.53	8 832,4	9.21
Motorin	1	0.01	1	0.00
Taş kömürü	4	0.04	810,8	0.85
Nafta	1	0.01	4,7	0.005
Toplam	9402	100	95 890,6	100

Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinde; yenilenebilir enerji kaynaklarının katkısı 49 212,5 MW ile toplam üretilen gücün % 51,32'sine denk gelmektedir. TEİAŞ tarafından Kasım 2020'de yayımlanan rapora göre elektrik enerjisi brüt tüketimi (Türkiye brüt üretimi+dış alım–dış satım) 2018 yılında % 2,5 artarak 304,167 Milyar kWh, 2019 yılında ise % 0,2 azalış ile 303,320 Milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. 10 yıllık tüketim verileri Çizelge 2.2.'de sunulmuştur (Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, 10 yıllık talep tahminleri raporu, 2020).

Çizelge 2.2. 2010 – 2019 yılları arasında Türkiye'de elektrik enerji tüketimi

Yıl	Güç Talebi (MW)	Artış (%)	Enerji Talebi (GWh)	Artış (%)	Min.Yük. (MW)	Min.Yük. / Yük Oranı (%)
2010	33 392	11,8	210 434	8,4	13 513	40
2011	36 122	8,2	230 306	9,4	14 822	41
2012	39 045	8,1	242 370	5,2	13 922	36
2013	38 274	-2,0	246 357	1,6	14 800	39
2014	41 003	7,1	257 220	4,4	14 927	36
2015	43 289	5,6	265 724	3,3	16 269	38
2016	44 734	3,3	279 286	5,1	17 448	39
2017	48 807	9,1	296 702	6,2	18 336	38
2018	49 304	1,0	304 167	2,5	18 212	37
2019	49 281	-0,05	303 320	-0,2	18 300	37

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü tarafından mevcut veriler ışığında 2021-2030 yılları arasında üç senaryoda değerlendirilen elektrik enerji tüketim tahmini Çizelge 2.3.'te sunulmuştur. TEİAŞ tarafından talep tahmini yapıldığı esnada 2020 verileri henüz belirlenmediğinden artış oranı verilmemiştir (Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, 10 yıllık talep tahminleri raporu, 2020).

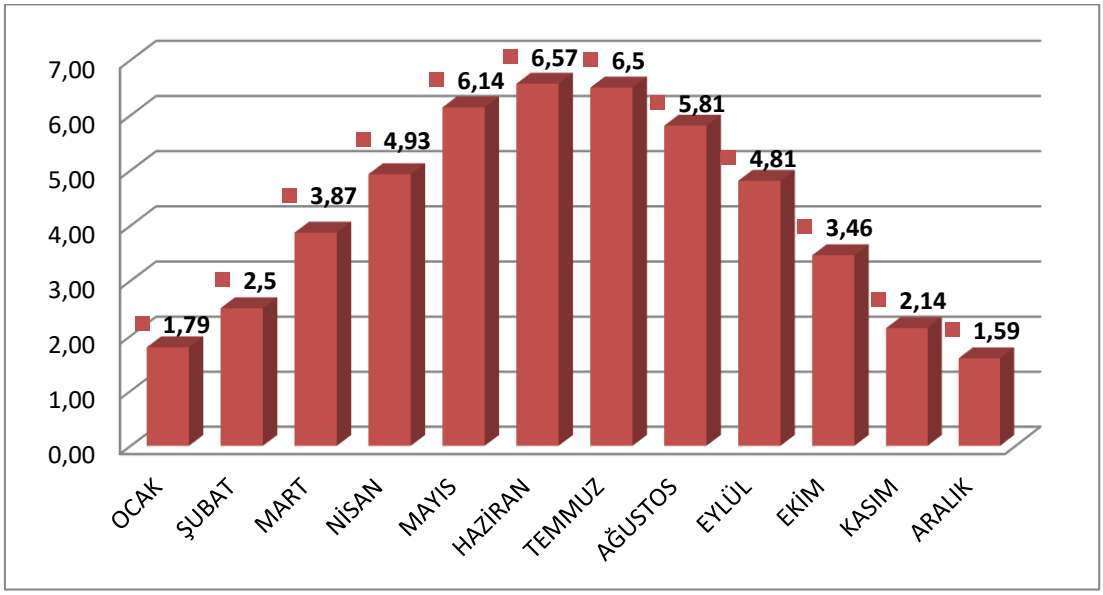
Çizelge 2.3. 2021 – 2030 yılları arasında Türkiye'de elektrik enerji tüketim tahmini

	Düşük Senaryo		Baz Senaryo		Yüksek Senaryo	
Yıl	Enerji Talebi (GWh)	Artış (%)	Enerji Talebi (GWh)	Artış (%)	Enerji Talebi (GWh)	Artış (%)
2021	284 773		295 913		307 753	
2022	293 486	3.1	307 045	3.8	331 924	7.9
2023	305 258	4.0	321 445	4.7	349 759	5.4
2024	313 490	2.7	333 023	3.6	365 321	4.4
2025	321 022	2.4	342 994	3.0	378 540	3.6
2026	328 180	2.2	352 695	2.8	391 763	3.5
2027	335 631	2.3	362 732	2.8	405 552	3.5
2028	343 534	2.4	373 772	3.0	421 543	3.9
2029	351 246	2.2	384 443	2.9	436 600	3.6
2030	359 252	2.3	395 918	3.0	453 590	3.9

Çizelge 2.3. incelendiğinde; verilen bilgiler çerçevesinde değerlendirme yapıldığında; Türkiye'nin elektrik enerjisi kapsamında arz talep dengesini sağlayabildiği ancak talebin yıllar içerisinde artacağı ön görüldüğünden çeşitli alternatif yatırımlar yapması gerektiği aşikârdır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli incelenerek bu kaynaklara yatırım yapmanın uygun olacağı değerlendirilmektedir.

2.1. Güneş Enerjisi

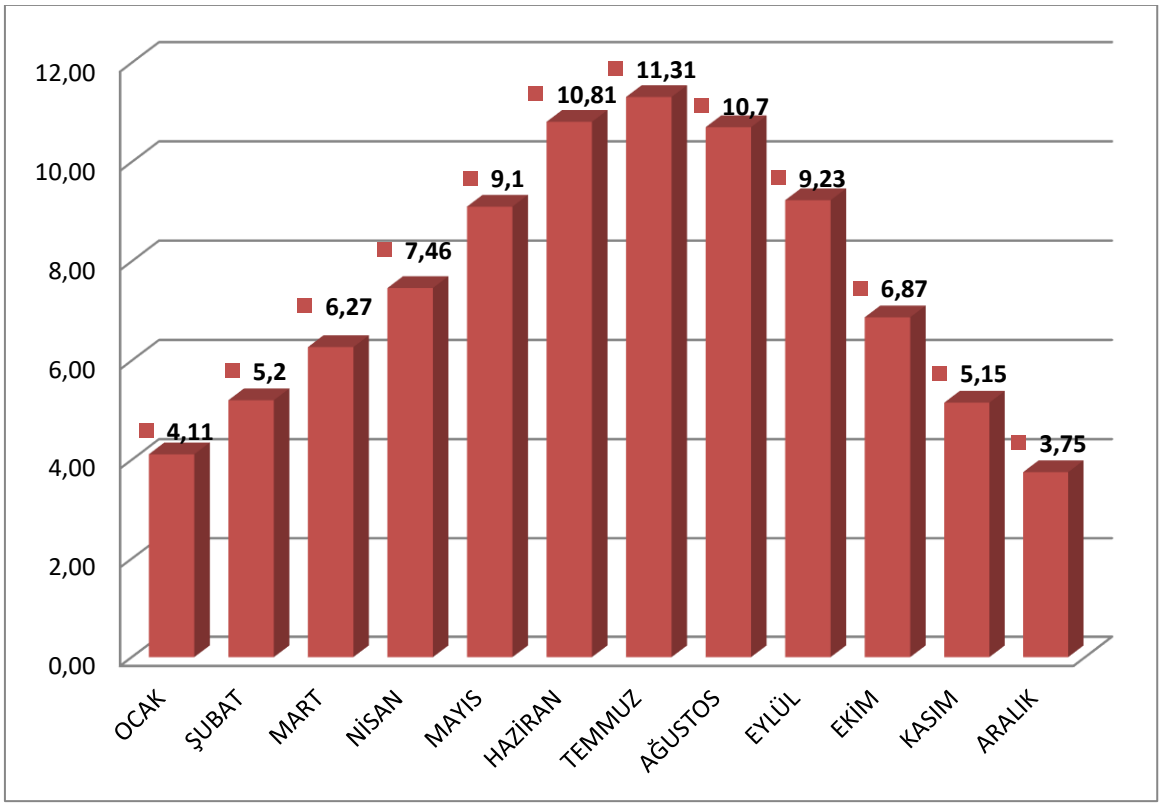
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün resmi web sitesinde yer alan bilgilere göre güneş enerjisi, kurulum ve kullanım kolaylığı sağlayan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Atmosfer dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m²'dir. Ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı 0-1100 W/m^2 değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, 2020). Türkiye; Dünya üzerinde bulunduğu coğrafi konumu açısından oldukça fazla güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. GEPA'ya göre, Türkiye'de yıllık toplam güneşlenme süresinin 2 737 saat (7,49 saat/gün), yıllık toplam güneş ışınımın 1 524,18 kWh/m²-yıl (4,18 kWh/m²-gün) olduğu bilinmektedir (Cebeci, 2017). Mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi (2011 yılında görev ve yetkileri Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne devredildi, bu kurum ise 2019 yılında görev ve sorumlulukları itibariyle Enerji İşleri Genel Müdürlüğüne devredildi.) tespitine göre Türkiye; teknik potansiyeli 405 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli ise 380 milyar kWh/yıl olarak tahmin edilen güneşe dayalı elektrik üretim kapasitesine sahiptir.



Şekil 2.2. Aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerleri

Şekil 2.2.'de verilen değerler ülkemizin aylık bazda ortalama günlük global radyasyon değerlerini göstermektedir. Türkiye'nin aylık bazda ortalama günlük ışınım şiddetinin 4,18 kWh/m²-gün, yıllık ortalama toplam global radyasyon değerinin ise 1 524,18 kWh/m²-yıl olduğu görülmektedir.

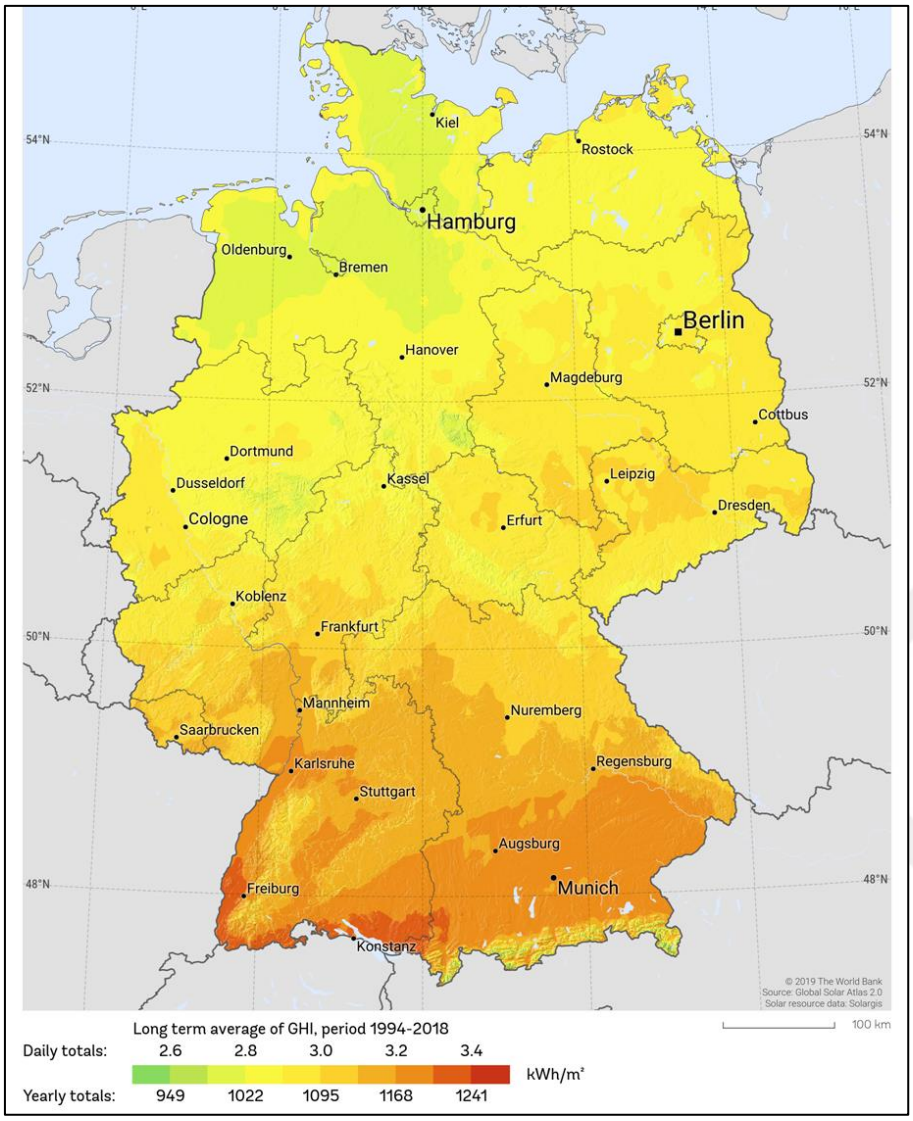
Şekil 2.3.'te ülkemizin aylık bazda ortalama güneşlenme süreleri mevcuttur. Güneşlenme süresinin maksimum olduğu ay Temmuz, minimum olduğu ay Aralıktır. Türkiye'nin aylık ortalama günlük güneşlenme süresi 7,49 saat/gün, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi ise 2 736,89 saat/yıl'dır (Sarıkaya, 2009).



Şekil 2.3. Güneşlenme Süreleri (Saat)

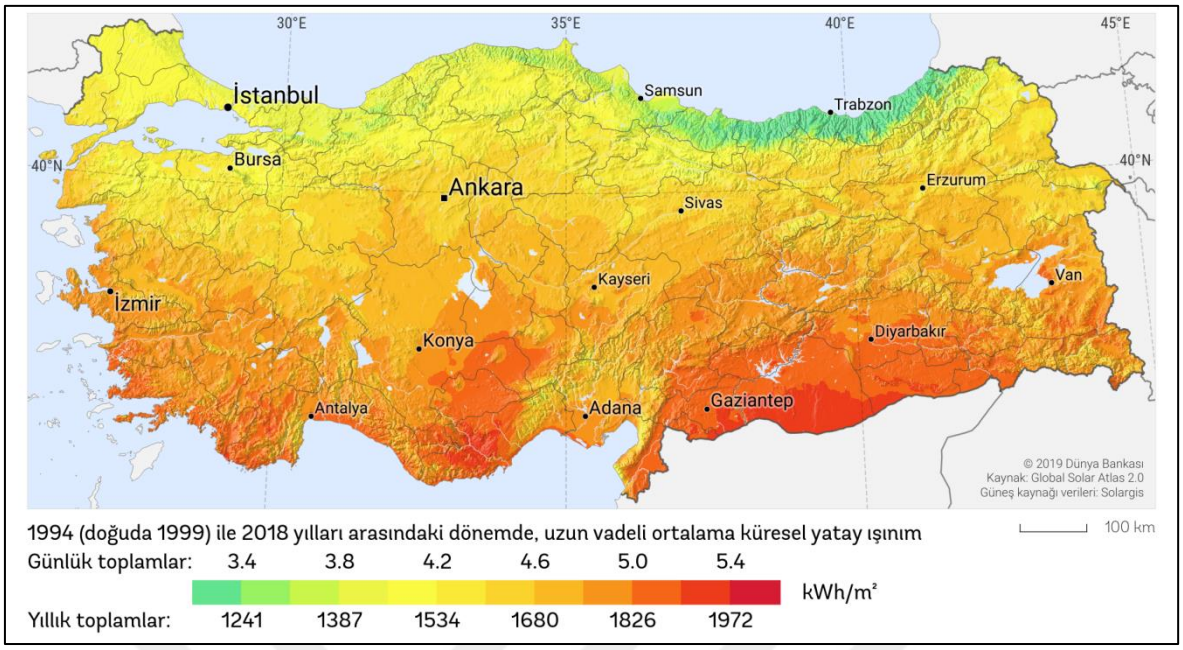
Türkiye'nin 2020 yılı sonu itibari ile 7 518 adet güneş enerjisi santrali (GES) ile kurulu gücü 6 667,4 MW'tır. 2008-2019 yılları arasında güneş enerjisinden Türkiye genelinde 15 600,3 MWh elektrik üretilmiştir.

Yukarıda arz edilen hususlara ilave olarak genel bir bakış açısı kazanmak maksadıyla Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini Almanya ile karşılaştırmak için Harita 2.1. ve Harita 2.2. sunulmuştur.



Harita 2.1. Almanya'nın güneş enerjisi potansiyeli

Harita 2.1. incelendiğinde Almanya'nın güneş enerjisi potansiyelinin 1994-2018 yılları arasında ortalama günlük ışınım şiddetinin bölgesel olarak 2,6-3,4 kWh/m^2 arasında olduğu görülmektedir. Yıllık bazda da çok az bir bölge için ışınım şiddetinin 1 241 kWh/m^2 olduğu gözlemlenmiştir. Bu noktada oldukça az bir güneş enerjisi potansiyeli olduğu değerlendirilmektedir (Globalsolaratlas.info, 2021).



Harita 2.2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli

Harita 2.2. incelendiğinde Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin 1994-2018 yılları arasında ortalama günlük ışınım şiddetinin bölgesel olarak 3,4-5,4 kWh/m^2 arasında olduğu görülmektedir. Yıllık bazda ise ülkenin özellikle güney kesimlerinin güneş enerjisi potansiyelin santral kurmak için oldukça uygun olduğu görülmektedir (Globalsolaratlas.info, 2021).

Haritalardan da anlaşılacağı üzere Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin neredeyse Almanya'nın iki katı olduğu; Almanya'nın güneş enerjisinden verimli bir şekilde yararlanması için çok az bir bölgesi bulunmasına karşın Türkiye'nin en az güneş alan kesimi olan Karadeniz Bölgesinin bile güneş enerjisi potansiyelinin Almanya'dan fazla olduğu görülmektedir. Ancak kurulu güç ve elektrik üretimine konusunda karşılaştırma yapıldığında Türkiye'nin yarı potansiyeline sahip Almanya'da Kasım 2018 yılı itibari ile 45 500 MW'lık bir kurulu güç var iken; Türkiye'de Ağustos 2020 itibari ile 6 667,4 MW'lık bir kurulu güç bulunmaktadır. Ayrıca iki ülkenin nüfusu 2020 yılı itibari ile hemen hemen eşitken; Türkiye'nin yüz ölçümü Almanya'nın iki katından biraz daha fazladır.

Bu durumda; Türkiye'de mevcut potansiyel ve yüz ölçümü açısından yaklaşık iki kat avantajlı olmasına rağmen potansiyelin kullanılmadığı ve yatırıma ihtiyaç duyulduğu nettir.

Güneş enerji santralinin olumsuz yanları ise güneşten gelen enerjinin tamamının elektriğe dönüştürülememesi (yaklaşık % 20'si) ile beraber mevsim şartlarına göre değişken üretim ve santral için arazi ihtiyacıdır (1 MW'lık santral için yaklaşık 20 000 m^2 lik alana ihtiyaç duyulmaktadır (Kaynar, 2020).

2.2. Rüzgâr Enerjisi

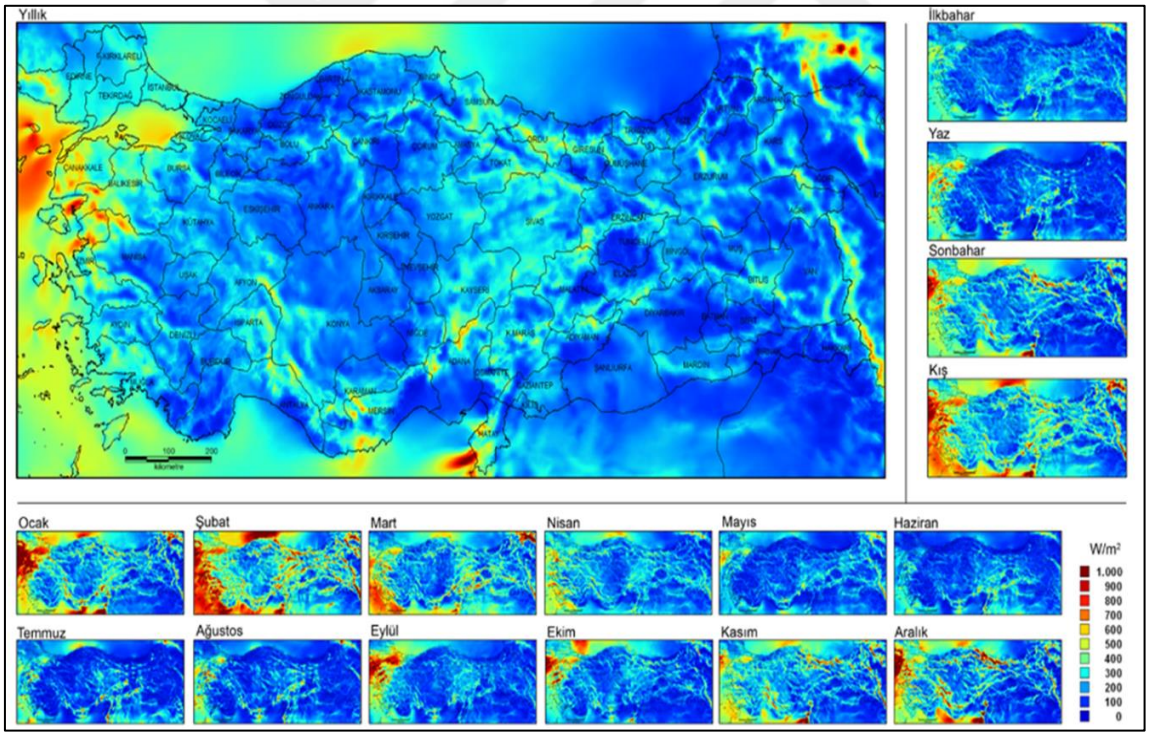
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün resmi web sitesinde yer alan bilgilere göre rüzgâr enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin % 1-2 gibi küçük bir miktarı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtamamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlesinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine rüzgâr adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle rüzgâr; birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Rüzgârlar yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına akarken; dünyanın kendi ekseni etrafında dönmesi, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılımı, rüzgâr önündeki farklı atmosferik olaylar ve arazinin topografik yapısı gibi nedenlerden dolayı şekillenir. Rüzgârın özellikleri, yerel coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zamansal ve yöresel değişiklik gösterir. Rüzgâr enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajlarının yanında; atmosferde bol ve serbest olarak bulunması, kaynağının güvenilir, tükenme ve zamanla fiyatının artma riskinin olmaması, bakım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, istihdam yaratması, hammaddesinin yerli olması itibariyle dışa bağımlılık yaratmaması şeklinde avantajları vardır (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; Rüzgâr Enerjisi, 2020).

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin incelediği çalışmalarda; van Wijk ve Coelingh (1993); rüzgâr enerjisi teknik potansiyelinin 83 000 MW; ekonomik potansiyelinin ise 166 TWh/yıl olduğunu; Güler (2007); teknik potansiyelin 83 000 MW; ekonomik potansiyelin ise 10 000 MW olduğunu belirtmişlerdir (van Wijk ve Coelingh, 1993; Güler, 2007).

Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı web sayfasından alınan bilgilere göre;

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santralı kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48 000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün % 1,30'una denk gelmektedir.

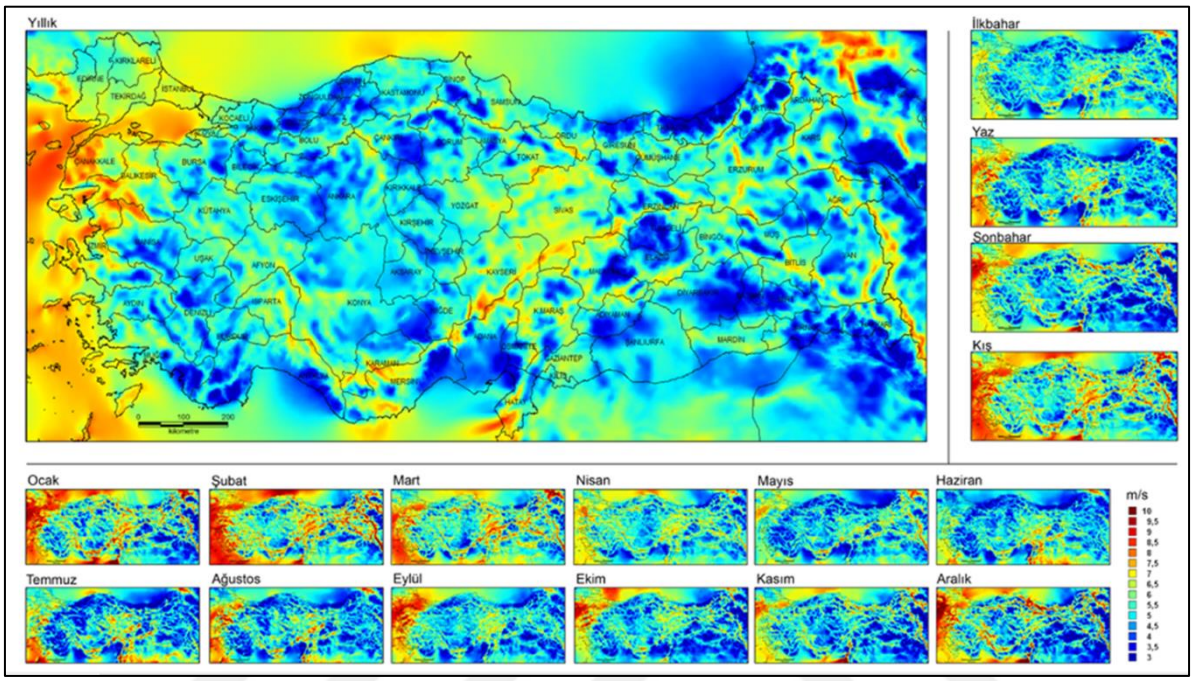
Bu haritalarda; 30, 50, 70 ve 100 m. yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük rüzgâr hız ortalamaları, 50 ve 100 m. yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr güç yoğunlukları, bir rüzgâr türbini için 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü öğrenilebilmektedir. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelini gösteren 50 m. yükseklikteki rüzgâr güç yoğunluğu haritası Harita 2.3.'te, rüzgâr hızı haritası Harita 2.4.'te verilmiştir.



Harita 2.3. Türkiye'nin 50 m. yükseklikteki rüzgâr güç yoğunluğu haritası

Haritalar incelendiğinde; rüzgâr potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanan "Türkiye Rüzgâr Atlasına göre yerleşim alanları dışında 50 m. yükseklikteki rüzgâr hızları, Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Karadeniz kıyılarında 6,0–7,0 m/sn., iç kesimlerde ise 5,5–

6,5 m/sn. civarında, Batı Akdeniz kıyılarında 5,0–6,0 m/sn., iç kesimlerde 4,5–5,5 m/sn., Kuzey-Batı Ege de ise kıyılarda 7,0–8,5 m/sn., iç kesimlerde ise 6,5–7,0 m/sn.'dir (Güler, 2007).



Harita 2.4. Türkiye'nin 50 m. yükseklikteki rüzgâr hızı haritası

Ekonomik RES yatırımı için rüzgâr hızının 7 m/sn. ve kapasite faktörünün %35 ve üstü olduğu alanlar tercih edilmektedir. Türkiye'nin 2020 yılı sonu itibari ile 332 adet RES santrali ile kurulu gücü 8 832,4 MW ve 2020 yılı sonu itibari ile kurulu enerji santralleri içinde payı % 9,211'dir. 2008-2019 rüzgâr enerjisinden yılları arasında Türkiye genelinde 44 221,4 MW elektrik üretilmiştir.

2.3. Jeotermal Enerji

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün resmi web sitesinde yer alan bilgilere göre jeotermal enerji yerkürenin iç ısısıdır. Bu ısı, merkezdeki sıcak bölgeden yeryüzüne doğru yayılır. Isı kaynağı; ısıyı yeraltından yüzeye taşıyan akışkan durumu ve suyun dolaşımını sağlamaya yeterli kayaç geçirgenliği; jeotermal kaynakların önemli bileşenleridir. Jeotermal alanlarda sıcak kayaç ve yüksek yeraltı suyu, sıcaklığı normal alanlara göre daha sığ yerlerde bulunur. Bunun nedeni magmanın kabuğa doğru yükselmesi ve dolayısıyla ısıyı taşıması, yerkabuğunun inceldiği yerlerde yüksek sıcaklık farkı sonucunda oluşan ısı akışı, yeraltı

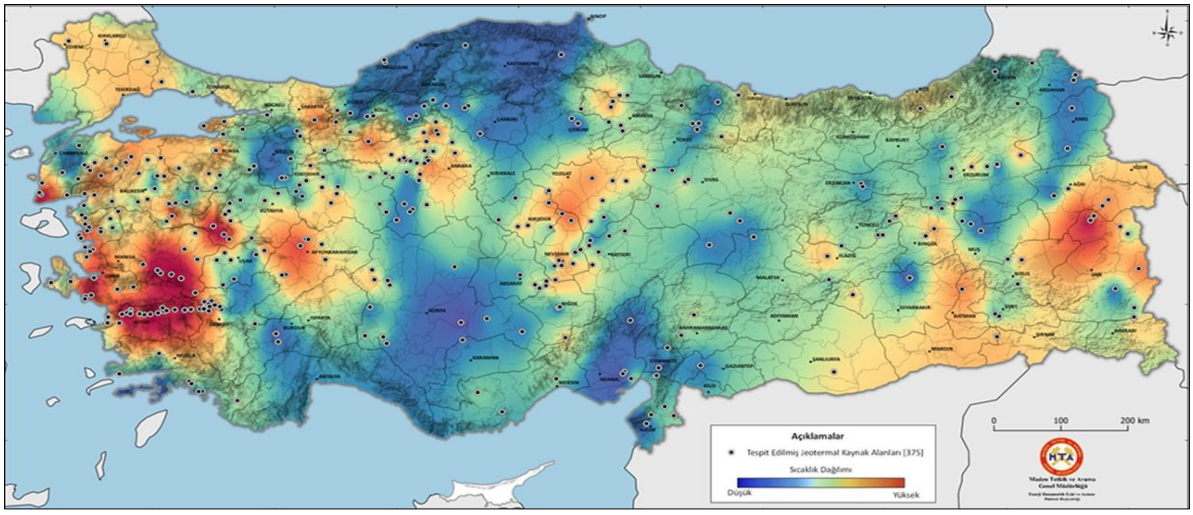
suyunun birkaç kilometre derine inip ısındıktan sonra yüzeye doğru yükselmesidir (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; Jeotermal Enerji Nedir?, 2020).

Sıcaklığı 40 °C'den yüksek jeotermal akışkanlar; binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada, seraların ısıtılmasında, bitki, balık, tavuk ve hayvan çiftliklerini ısıtılmasında; havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi ve diğer turistik tesislerde; kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayiinde, dokuma ve boyamacılıkta, kimyasal madde üretiminde kullanılabilirken; 100-150 °C'de elektrik üretimi için kullanılır (Akkuş ve Alan, 2016).

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü resmi web sitesi verilerine göre; Türkiye'nin yaklaşık 1 000 adet doğal çıkış şeklinde ve değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynağı bulunmaktadır. Türkiye'de elde edilen jeotermal enerjiden elektrik üretimi, ısıtma (sera ve konut), termal ve sağlık turizmi, endüstriyel mineral eldesi, balıkçılık, vb. gibi alanlarda yararlanılmaktadır.

Türkiye'nin jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı Harita 2.5.'de verilmiştir. Jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olan Türkiye'de; potansiyel alanların % 78'i Batı Anadolu'da, % 9'u İç Anadolu'da, % 7'si Marmara Bölgesinde, % 5'i Doğu Anadolu'da ve % 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır.

Jeotermal kaynakların; % 90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olduğundan ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanımı, % 10'unun ise elektrik enerjisi üretimi için uygun olduğu değerlendirilmektedir. (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü; Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları, 2020).



Harita 2.5. Türkiye'nin jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı

Türkiye'deki jeotermal enerji potansiyeli; teknoloji gelişimi ve yeni kaynak sahalarının tespitine bağlı olarak çeşitli kaynaklarda verilmiştir. Arslan, Darıcı ve Karahan (2001) Türkiye'deki jeotermal alanlar kapsamındaki çalışmalarında; Türkiye'nin muhtemel jeotermal ısı potansiyelinin 31 500 MWt olarak tahmin edildiğini; 2000 yılı sonu itibariyle 304 adet jeotermal sondaja göre muhtemel potansiyelin 2 046 MWt'nın ısıtmaya yönelik görünür potansiyel olarak kesinleştiğini ve doğal sıcak su çıkışlarının 600 MWt olan potansiyeli de bu rakama dâhil edildiğinde toplam görünür jeotermal potansiyel 2 646 MWt ulaştığını belirtmiş; Satman (2007); Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli kapsamında yaptığı araştırmada; Türkiye'de çalışmanın yapıldığı tarih itibariyle ülke genelinde 280'e yakın alanda jeotermal etkinliğin olduğu, bunlar arasında geliştirilmiş 25 kadar jeotermal sahanın doğrudan amaçlı olarak veya elektrik üretiminde kullanıldığı ve birçok jeotermal alanda ise yerel halkın ılıca, kaplıca gibi amaçlı kullanımının söz konusu olduğunu tespit etmiştir. Bu kapsamda; o dönemde tanımlanmış mevcut kapasitenin, 20 ^{o}C sıcaklık yukarısındaki ısı söz konusu olduğunda, potansiyelin 3 700 MWt kadar olduğu ve bunun 1 436 MWt'ının sıcaklığı 140 ^{o}C'tan büyük olan jeotermal sahaların olduğu ve elektrik üretimine uygun olduğunu belirtmiştir. Zaim ve Çavşi (2018) ise 2018'e kadar MTA tarafından 227 adet jeotermal bölge keşfedildiğini; doğrudan kullanım ve elektrik üretimi amaçlı 550 tanesinin toplamda yaklaşık 1 100 adet jeotermal sondaj kuyusu açılarak teorik jeotermal enerji potansiyelinin 31 500 ile 60 000 MWt arasında tahmin edildiğini belirtmiş; fiili kullanılabilir teknik kapasitenin ise 4 809 MWt olarak hesaplandığını tespit etmiştir. Aynı çalışmada; sıcaklıkları 20-242 arasında değişen 1 500 adet sıcak ve mineralli su kaynağı ile 90 000 konut eşdeğeri bina, 3 000 000 m^2 sera ve 400 SPA tesisinin jeotermal

enerjiyle ısıtıldığını aktarmıştır. Özgür, Koçar ve Eryaşar (2020); çalışmalarında 2019 yılı itibariyle Türkiye'de üretilen elektik enerjisinin yaklaşık % 3'ünün jeotermal kaynaklardan sağlandığını belirtmiştir.

Türkiye'de jeotermal kaynakların çokluğu ve halen yeni alanları tespit ediliyor olması elektrik üretimine de uygun alanların olacağı anlamına gelmekle beraber jeotermal enerjiden istifade ile yeni elektrik üretim santrallerinin kurulabileceği ve bu santraller sayesinde fosil kaynaklı elektrik üretiminin azalacağı değerlendirilmektedir.

2.4. Hidrolik (Hidroelektrik) Enerji

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün resmi web sitesinde yer alan bilgilere göre hidroelektrik santraller (HES) akan suyun gücünü elektriğe dönüştürürler. Akan su içindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş hızı tayin eder. Büyük bir nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Ya da su çok yüksek bir noktadan düşürüldüğünde de yine yüksek miktarda enerji elde edilir. Her iki yolla da kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akar, elektrik üretimi için pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Hidroelektrik santralleri; sera gazı emisyonu yaratmamaları, inşasının yerli imkânlarla yapılabilmesi, teknik ömrünün uzun olması, yakıt giderlerinin olmaması, işletme bakım giderlerinin düşük olması ve istihdam imkânı yaratması açısından avantajlıdır (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; Hidroelektrik Enerjisi Nedir?, 2020).

Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığın verilerine göre, teorik olarak dünya potansiyelinin %1'i (433 milyar kWh), ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelin %16'sı (140 milyar kWh/yıl) kadardır. Türkiye'de kurulu gücün yaklaşık % 32'sini hidroelektrik santralleri oluşturmaktadır (Şahin, 2020).

Türkiye'de son on yılda üretilen toplam elektrik miktarında hidroelektrik santralleri tarafından üretilen pay Çizelge 2.4.'te sunulmuştur. Çizelge 2.4. incelendiğinde son on yılda arz edilen toplam elektriğin % 23'ün hidroelektrik santralleri vasıtası ile üretildiği tespiti yapılmaktadır.

Çizelge 2.4. Türkiye'nin toplam elektrik üretiminde hidrolik enerjinin payı

Yıllar	Toplam Üretim (GW/h)	Hidrolik Enerji Üretimi (GW/h)	Pay (%)
2010	229 395	51 976	22,66
2011	239 496	52 339	21,85
2012	240 154	57 865	24,09
2013	251 962	59 420	23,58
2014	261 783	40 645	15,53
2015	261 783	67 146	25,65
2016	274 407	67 231	24,50
2017	295 510	58 450	19,78
2018	304 802	59 938	19,66
2019	304 252	88 886	29,21
2020	304 852	78 119	25,63
Toplam	2 968 396	682 015	22,98

HES'lerin yenilenebilir ve doğayı kirletmeden elektrik üretiminin yanı sıra tarım alanlarının sulanması, uzun ömürlü olması, yapılan yatırımların karşılığının kısa vadede geri alınması, içme suyu sağlanması, kurulumda yapılan ıslah çalışmalarından dolayı sel ve taşkınları önleme, erozyonu önleme, su ürünleri üretimi gibi faydaları bulunmaktadır.

Ancak HES'ler inşa edilirken dere/akarsu içerisinde yaşayan canlıların yaşamına müdahale edilmekte bu durumda o canlıların ölümüne neden olmakta, barajlarda yüksek oranda buharlaşma meydana geldiğinden çevre iklim/ekosistem değişimi gözlemlenmekte, toprakların tuz oranını arttırmakta ve toprağın verimliliğini azaltmaktadır. Hidroelektrik santralin tesis edilebilmesi için oldukça büyük ölçekli arazilere ihtiyaç duyulduğundan ve üretilen enerjinin ana şebekeye aktarılması gerektiğinden yatırım maliyetleri artmaktadır.

Ancak fosil kaynakların bitmesi ve fosil kaynaklar ile üretilen elektrik enerjisi değerlendirildiğinde yine de hidroelektrik santrallerinden üretilen temiz enerjinin olumsuz yönlerine rağmen enerji ihtiyacının karşılamasında çok büyük fayda sağladığı değerlendirilmektedir.

2.5. Biyokütle Enerjisi

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün resmi web sitesinde yer alan bilgilere göre biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerden elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar

için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır. Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, genelde güneş enerjisinin fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezleşirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni de atmosfere verir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre CO_2 salımı açısından korunmuş olur. Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; Biyokütle Enerjisi Nedir?, 2020).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü resmi web sitesinde Türkiye Biyokütle Enerji Atlası (BEPA) oluşturulan bir arayüz ile yayımlanmıştır (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Biyokütle Enerji Atlası).

Oluşturulan ara yüzde; biyokütle kaynağının il ve ilçelere göre miktarı ayrıca teknik ve ekonomik potansiyeli TEP cinsinden hesaplanarak kullanıcılara sunulmaktadır. Bu özelliklere ilave olarak harita üzerinde ölçüm cetveli yardımı ile uzaklık ve alan ölçümü; "information" sekmesi ile bölgenin genel bilgileri, harita katmaları ile de çeşitli tematik görüntüler alınabilmektedir.

BEPA ara yüzünde verilen genel bilgilere göre Türkiye'de yaklaşık 422 832 adet büyük ve küçük baş hayvan bulunduğu; bu hayvan atıklarının yılda yaklaşık 193 878 ton olduğu ve üretilebilecek teorik/ekonomik enerji potansiyelin 4 385 370/1 804 500 TEP olduğu; bitkisel üretim miktarının 171 400 002 ton, bitkisel atık miktarının yaklaşık 62 206 750 ton ve üretilebilecek teorik/ekonomik enerji potansiyelin 25 384 268/ 1 462 159 TEP olduğu bilgilerine yer verilmiştir.

Yayımlanan enerji atlasına göre kaynaklar bazında Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyelinin özeti Çizelge 2.5., Çizelge 2.6. ve Çizelge 2.7.'de sunulmuştur.

Çizelge 2.5. Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli (Hayvasan/Bitkisel)

Kaynak	Hayvan sayısı (Adet)/ Bitkisel üretim (Ton)	Atık miktarı (Ton)	Teorik enerji eşdeğeri (TEP/Yıl)	Ekonomik enerji eşdeğeri (TEP/Yıl)	Teknoloji türü
At	108 076	591 716,10	3 167,80	887	Biyometanizasyon
Deve	1 708	17 455,80	140,2	39,2	
Eşek	133 953	366 696,30	1 177,90	329,8	
Katır	30 837	135 066,10	578,5	162	
Manda	178 397	1 302 298,10	9 760,60	2 733,00	
Sığır (melez)	7 030 297	46 189 051,30	296 727,70	83 083,80	
Keçi (kıl)	10 698 553	7 809 943,70	12 543,20	1 003,50	
Koyun (yerli)	32 513 293	35 602 055,80	85 768,00	6 861,40	
Et tavuğu	229 506 689	6 196 680,60	1 549 449,00	376 516,10	Yakma
Hindi	4 043 332	151 625,00	37 913,10	9 212,90	
Arpa	7 416 963	5 600 000,00	2 332 270,10	300 336,40	
Ayçiçeği	1 949 229	4 483 226,70	1 787 714,80	239 701,30	
Buğday	20 348 160	20 000 000,00	8 236 718,10	9 802,70	
Haşhaş	53 982	80 973,00	35 610,00	3 930,00	
Mercimek	310 000	465 000,00	193 813,00	318,1	
Mısır (Dane)	5 700 000	6 840 000,00	2 826 612,60	380 786,50	
Nohut	630 000	945 000,00	380 197,40	2 372,70	
Pamuk	5 088 600	2 747 844,00	1 184 878,90	157 161,00	
Patates	4 550 493	910 098,60	303 328,50	2 019,60	
Şekerpancarı	18 900 000	756 000,00	265 881,20	94,9	
Armut	519 451	13 194,70	5 994,10	809,2	
Badem	100 000	25 314,80	10 416,40	1 406,20	
Ceviz	215 000	55 887,50	23 242,20	3 137,70	
Çilek	440 968	8 051,10	3 265,30	440,8	
İncir	306 499	20 555,70	8 589,70	1 159,60	
Kayısı	750 000	62 878,00	26 375,80	3 560,70	
Kiraz	639 564	42 043,30	19 124,70	2 581,80	
Muz	498 888	342 733,50	134 238,60	18 122,20	

Çizelge 2.5.'te Türkiye'de ağırlıkla yetiştirilen/üretilen hayvansal ve bitkisel ürünler sunulmuştur. Üretim yıllık olarak değişmekle beraber hayvansal ve bitkisel biyokütleden elde edilebilecek elektrik enerjisi teorik olarak yaklaşık 20 milton TEP; ekonomik olarak ise 1,6 milyon TEP; diğer bir değişle; ekonomik potansiyel 18 560 GW/h elektrik enerjisine eşit olacaktır.

Çizelge 2.6. Türkiye'nin belediye atıkları ile elde edebileceği biyokütle enerji potansiyeli

Biyo-metanizasyona uygun (Mton/yıl)	Yakmaya uygun (Mton/yıl)	Teorik		Ekonomik	
		Biyo-metanizasyon (TEP/Yıl)	Yakma (MTEP/Yıl)	Biyo-metanizasyon (TEP/Yıl)	Yakma (TEP/Yıl)
14,476	17 694	466 881,3	2,9	93 395,7	392 462

Çizelge 2.6. incelendiğinde belediye atıkları ile elde edilebilecek enerjinin de ekonomik olarak değerlendirilebileceği ve özellikle belediyelerin bu tür bir tesise yatırım yapmaları durumunda hem atıkların bertarafı hem de elektrik enerji üretimi kaynağı olarak belediye bütçelerine katkıda bulunulabileceği aşikardır.

Çizelge 2.7. Türkiye'nin orman varlığı artıkları ile elde edebileceği biyokütle enerji potansiyeli

Endüstriyel olarak değerlendirilemeyen (ster/yıl)	Süceyrattan elde edilebilecekler (ster/yıl)	Toplam enerji değeri (TEP/Yıl)
3 529 319	385 585	859 898,7

Çizelge 2.7. incelendiğinde orman varlığı atıkları ile elde edilebilecek enerjinin de ekonomik olarak değerlendirilebileceği ancak orman varlığını durumuna göre değişim olabileceği kıymetlendirilmiştir.

Halen Türkiye'nin kurulu gücü içerisinde biyokütle enerji santralleri % 1,163 (1 115,6 MW)'lık oran ile mevcut potansiyele rağmen yatırımın yetersiz olduğu görülmektedir. Bu hususun değerlendirilmesi ülke enerji politikasına bağımlı olmakla beraber potansiyel kullanımın atıl kaldığı söylenebilir.

2.6. Hidrojen Enerjisi

Varlığı 1500'lü yıllarda keşfedilen; yanabilme özelliği ise ancak 1700'lü yıllarda farkına varılan hidrojen elementi renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Hidrojen dünyada en çok bulunan elementlerden biridir. Doğada saf halde bulunmaz ancak bileşikler halinde bulunabilir. En çok bilinen bileşiği ise sudur. Çeşitli yöntemlerle hidrojen elde edilebilir (Koçaslan, 2006).

Hidrojen gazı tipik olarak yaklaşık -253°C'de (-423°F) sıvılaştırılarak depolanabilmektedir. Sıvı hidrojenin hacmi gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ü kadardır ve bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (Üst ısıl değeri 140,9 MJ/kg, alt ısıl değeri 120,7 MJ/kg). 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir.

Birincil enerji kaynakları kullanarak hidrojen üretilip bunun gereksinim duyulan yerlere iletilerek çeşitli yöntemlerle enerjiye çevrilmesine hidrojen enerji sistemi denir. Hidrojen bazlı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olduğundan çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı veya zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu olmamaktadır (Koçaslan, 2006).

Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Hidrojen, gaz halinde, sıvı halinde veya bir kimyasal bileşik içinde depolanabilir. Daha çok gaz halinde saklanmaktadır. Fakat düşük yoğunluklu olduğundan çok yer kaplar. Bunun için basınçlı tanklarda ve tüplerde sıkıştırılmış olarak saklanır. Sıvı hidrojen daha az yer kaplar. Fakat hidrojenin sıvılaştırılması için çok yüksek enerji (sıvılaştırılan hidrojenin enerji değerinin 1/3'ü kadar) gerekir. Katı şekilde hidrojen depolaması için metal hidritler kullanılmaktadır. Hidrojen gazı metal hidrit tarafından sünger gibi çekilerek gözenekleri içinde depolanır. Ancak metal hidritler çok ağırdır. Daha hafif malzeme olarak karbon nano yapıları (Yaklaşık 10 kat daha hafifi) geliştirilmektedir (Öztürk ve diğerleri, 2009).

Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Bu kapsamda yakıt pili teknolojileri geliştirilmiştir. Uzay çalışmalarında kullanılmaya başlayan yakıt pillerinin, son yıllarda özellikle ulaştırma sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde de kullanım alanları sunulmuştur. Yakıt pilleri, taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları gibi mobil uygulamalar için kullanılabildiği gibi elektrik santralleri için de uygun güç sağlayıcılardır.

Benzinin maliyeti 0,3 $/lt (1,25 $/gallon) iken doğalgazdan buharla reaksiyon yöntemi ile elde edilen gaz haldeki hidrojenin maliyeti 0,53 $/lt.b.e. (litre benzin eşdeğeri)'dir. Elektrolizle hidrojen üretiminde, kullanılan elektriğin fiyatı, maliyeti doğrudan

etkilemektedir. Elektrik fiyatı 3 cent/kWs olarak kabul edilirse elektrolizle hidrojen üretiminin maliyete etkisi 0.42 lt.b.e.'dir. Elektrolizle üretilen sıvı hidrojenin maliyeti 0,78 $/lt.b.e.'dir. Ancak yakıt pillerinin halihazırdaki maliyetleri çok daha yüksektir. Otomobiller için üretilen 5 000 saat ömürlü yakıt pillerinin yaklaşık maliyeti 300 $/kW'dır. Mevcut koşullarda hidrojen diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat daha pahalıdır.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün resmi web sitesinde yer alan bilgilere göre; Türkiye'de Suni Gübre Sanayii (25 000 m^3), bitkisel yağ (margarin) üretimi (16 000 m^3), petrol arıtım evleri (rafineri) (1 200 m^3), petrokimya endüstrisi (30 000 m^3), hidrojene hayvansal yağ üretimi (200-300 m^3) ve çeşitli yerlerde kullanılmak üzere basınçlı silindirlerde gaz veya sıvı hidrojen üretimi (6 000 m^3) sadece sanayide kullanılmak üzere yapılmaktadır. Enerji üretimi amacıyla ticari boyutlu hidrojen üretimi mevcut değildir (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü; Hidrojen Üretimi, 2020).

Dünyanın giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknolojinin hidrojen enerji sistemi olduğu bugün kabul edilmekle beraber halen teknoloji gelişim çalışmaları devam etmektedir.

3. ASKERİ ÜS BÖLGESİ ENERJİ İHTİYACI

Tipik bir kışla/üs bölgesinde enerji gereksinimi/ihtiyacı olan tesisler; personel ofislerinin yer aldığı daha çok yönetim ve idari kadronun bulunduğu karargâh binaları; daha çok erbaş ve erlerin bulunduğu/barındığı bölük/batarya binaları (Koğuş, banyo, bölük/batarya karargâhı, silahlıklar ve kısmen alarm depolarının bulunduğu binalar); kullanıcı bakımlarının yapıldığı ve araçların park edildiği garajlar (Gece güvenlik sebebi ile aydınlatılır.); birlik seviyesi bakım ve onarım; motor tahliyesi, boya, kaynak, kaporta vb. işlerin yapıldığı kademe binaları; alarm verildiğinde personelin alacağı ve sahraya yönelik malzemelerin bulunduğu alarm malzemelikleri; kışlanın ve birliğin büyüklüğüne göre işletilen benzinlik, itfaiye binası, mutfak, fırın, yemekhaneler, gazinolar, açık/kapalı spor alanları, açık ve kapalı eğitim/simülasyon alanları, atış alanları; emniyet sistemi aydınlatması dahil yol ve çevre aydınlatma sistemi; muhabere sistemlerinin 24 saat esasına göre işletildiği Telsiz Parkı; tören alanları; kötü hava şartlarında kullanılan kapalı alanlar ile özel eğitimlerin verildiği kapalı dershaneler; erbaş ve erlerin boş zamanları geçirdikleri ve kolaylık tesislerinin bulunduğu kantin/gazinolar (Berber, terzi, kantin şubesi, fast food vb. kolaylık tesisleri.); birçok birlikte birden fazla bulunan ısı/teshin merkezleri; birliği büyüklüğüne göre değişen nizamiye binaları, ziyaretçi alanı, revir, su deposu, mescit; kuru erzak ve yedek parça ve giyim kuşam gibi malzemelerin bulunduğu yüksek tonajlı saymanlık depoları; tüketim malzemelerinin bulunduğu, yiyecek malzemelerinin saklama koşullarına göre şekillendirilen/ayarlanabilen soğuk hava depoları ve cephaneliklerdir.

Birliklerin kuruluş/taşınma/tesislerinin yenilenmesi gibi sebeplerle değişik türde enerji kullanımı olmaktadır. Askeri birliklerde elektrik enerjisinin yanında; ısınma/pişirme/aydınlatma/barınma gibi ihtiyaçlar için fuel oil, benzin, motorin, kömür ve doğal gaz kullanılmaktadır. Her birliğin tesislerine göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca enerji ihtiyacı için ihtiyaç duyulan elektrik/yakıt cinsi 4734 sayılı Kamu İhale Kanununa göre tedarik edilmekte ve bölgesel olarak maliyetler de değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 3.1.'de farklı bölgelerde konuşlu birliklerin bir yıllık ortalama enerji ihtiyacı (Enerji çeşitliliğinden dolayı TEP cinsinden hesaplanmıştır.) ve konuşlu olduğu ildeki rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyeli sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Farklı bölgelerde konuşlu birliklerin bir yıllık ortalama enerji ihtiyacı

Bölge	Ortalama Mevcut (Personel)	Ortalama Enerji İhtiyacı (TEP)	Bulunduğu İldeki	
			GES Potansiyeli (KWh/Yıl)	RES Potansiyeli (MW)
Karadeniz	3 000	988	24 000	117,12
Akdeniz	5 000	1 121	28 000	1 423,12
Doğu Anadolu	2 000	1 078	26 000	0,24
	1 500	921	26 000	3,36
	1 700	1 269	25 000	9,20
Güney Doğu Anadolu	3 500	1 228	27 000	15,04
	3 500	473	26 000	508,88
	5 000	1 134	28 000	29,44
	7 000	1 281	28 000	
	7 000	1 007	28 000	

Çizelge 3.1. incelendiğinde, ortalama enerji tüketimi ile personel mevcudu arasında bir oranın olmadığı göze çarpmaktadır. Bunun iki sebebi vardır. Birincisi 10 ayrı birliğin kadro görevleri arasındaki fark, buna bağlı olarak görev ve teçhizatındaki farklılık ayrıca konuşlu oldukları kışlalardaki bina/tesis alt yapılarının/cinslerinin aynı olmamasıdır. İkinci fark ise ihtiyaç duyulan enerjinin büyük çoğunluğunun 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ve buna bağlı kanun ve yönetmelikler çerçevesinde mahallinden farklı fiyatlarla tedarik edilmesidir.

4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Karar alma/verme hem bireylerin hem de her büyüklükteki/çaptaki organizasyon yöneticilerinin karşı karşıya kaldığı bir durumdur. Bu nedenle karar verme ve süreçleri çok eski zamanlardan beri bilim insanlarının ilgisini çekmiş ve insanların karar verme süreci, çeşitleri, şartları ve yöntemleri her zaman bir araştırma konusu olmuştur.

Ersöz ve Kabak (2010); çalışmalarında karar vermenin, bugünün sosyal ve iş çevrelerinde karmaşık bir işlem haline geldiğini, gelecek hakkındaki belirsizlik ve yarışma ortamının doğası gereği en iyi seçeneğin bulunmasının oldukça zor bir iş olduğunu belirtmişlerdir.

Karar verme; Yılmaz ve Dağdeviren (2010) tarafından en genel anlamda; bir seçenek kümesinden en az bir amaç veya ölçüte göre en uygun seçeneğin seçimi; Dağdeviren ve Eren (2001) tarafından ise bir amaç veya ölçüte göre seçenekler arasından bir seçim olarak tanımlanmıştır.

Karar alma süreci ise birbirileri ile çelişen veya direkt/dolaylı ilişki içerisinde bulunan kriterlerin en doğru şekilde alternatifleri nasıl ve ne kadar etkilediğini tespit ederek kararı bunun üzerine inşa etmektir. Karar verme sürecinde; karar vericiler birden fazla kriterin, birbiri arasındaki etkileşimlerini dikkate alırlar. Kriterler aynı zamanda kısıtlardır.

Karara alma/verme süreci birçok alternatif ve bu alternatiflerin değerlendirilmesini sağlayacak kriterlerin olduğu ortamda; karar vericilerin eğitim durumu, eğilimleri, uzmanlık alanları, amaçlarına göre değişkenlik gösteren oldukça karmaşık bir eylemdir. Bu nedenle literatürde matematiksel modeller, simülasyolar, çok kriterli karar verme yöntemleri gibi deterministik ve stokastik çalışmalar yapılmıştır.

ÇKKV problemleri için geliştirilen birçok yönteme, çok amaçlı karar verme ve çok ölçütlü/nitelikli/kriterli karar verme isimleri ile ulaşılabilmektedir. Buradaki temel fark çok amaçlı karar verme yöntemlerinin genel olarak tasarım problemlerine uygun yapıda olması, çok kriterli/ölçütlü/nitelikli karar verme yöntemlerinin ise seçim problemlerinde kullanılabilmesidir. Pratikte aynı yöntemler olmasına rağmen kullanım şekillerinde fark vardır. Kabak ve Çınar (2020:13) çalışmalarında bu ayrımı imalat yapan bir firmanın

üreteceği ürün için hangi miktarda ne kadar malzemeden koyması gerektiğini içeren bir problemi çok amaçlı karar verme; aynı firmanın üretim yapacağı üründe kullanılacak teknolojinin seçimini ise çok krtierli karar verme problemi olarak örneklemiştir.

Hangi adla tanımlanırsa tanımlansın ÇKKV problemlerinin bileşenleri; karar vericiler (Uzmanlar), alternatifler kümesi ve kriterler (ölçütler) kümesidir. Bu çalışmanın esas hedefi ÇKKV Yöntemlerinden hibrit bir karar destek sistemi kurmak olduğundan tercih edilen DEMATEL, SWARA ve SMAA-2 ÇKKV Yöntemlerine ve farklı ÇKKV Yöntemlerinden elde edilen sonuçların sıralanmasında kullanılan BORDA Yöntemine ilişkin detaylı anlatım sunulmuştur.

4.1. DEMATEL Yöntemi

The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) Metodu; 1972-1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri Programı çerçevesinde geliştirilmiştir. DEMATEL Metodu; karmaşık ve birbirine girmiş problem gruplarının/kümelerinin hiyerarşik yapıda uygulanabilir çözümlerin belirlenmesi maksadıyla kriterleri sebep/sonuç gruplarına bölerek çözme imkânı verir (Aksakal ve Dağdeviren, 2010). Graf Teorisi (Düğümler ve düğümleri birbirine bağlayan kenarlardan oluşan ağ yapısını inceleyen teori) temeline dayanan DEMATEL Yöntemi; Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) gibi unsurların bağımsız olduğu varsayımı yerine unsurların arasında var olan ilişkiyi de ortaya çıkarmaya yarayan bir yöntemdir (Shieh ve diğerleri, 2010). Bu yöntemin en önemli avantajı; kriterler arasında var olan yapı ve ilişkilerin dolaylı ve doğrudan etkilerinin ortaya çıkarılması ve sonuçta sebep (etkileyen) ve sonuç (etkilenen) kriterlerinin ayırt edilebilmesidir.

DEMATEL Yöntemi; kriterleri, ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu kabul edilen kriterler, sebep kriterleri, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu kabul edilen kriterler ise sonuç kriterleri olarak adlandırılır (Aksakal ve Dağdeviren, 2010).

Ayrıca kullanıcılar bu yöntemde isteğe bağlı olarak bir eşik değer (Threshold value) belirleyip bu değerin altındaki indeksleri dikkate almayarak çalışmalarını sadeleştirebilir.

Bununla beraber x ve y eksenleri Aşama 6'da belirtilen indeks değerleri olmak üzere etki diyagramı oluşturulabilir. Yine eşik değer altında kalan değerler bu diyagrama dahil edilmeyerek çalışmalar daha sade bir hale getirilebilir. Yaygın bir kullanım alanı olan DEMATEL Yönteminin 7 aşaması aşağıdaki gibidir (Eroğlu, 2014).

Aşama 1 Karar Verici (Uzman) Grubun ve Kriterlerin Belirlenmesi, İkili Karşılaştırma Ölçeğinin Tespit Edilmesi

Karar verici grup veya uzman ekip problemin yapısına göre genellikle yöneticiler, yatırımcılar ve çözümü araştırılan problemin paydaşlarından seçilebilir. DEMATEL Yönteminde karar verici grup ve kriterler için belirlenmiş bir sayı yoktur. Ancak konunun uzmanı, yatırımcılar, yöneticiler veya çalışanlardan makul miktarda personel seçmek ve kriterleri belirlemek doğru bir yaklaşım olacaktır. Kriter sayısı arttıkça çözüm sonucunda elde edilen ağırlıkların da çok küçük sayılar olacağı bilinmelidir. Bu durumda karar vericilerin ana odak noktası değişebilir. Ayrıca uzman sayısının çok olmasının; her birinin farklı görüşte olabilme olasılığı nedeni ile, elde edilecek sonuçları olumsuz yönde etkilenebileceği göz önüne alınmalıdır.

Karar vericiler belirlendikten sonra literatür araştırması, anket, uzman kişilerle yapılan yüz yüze görüşme yoluyla probleme uygun kriterler belirlenebilir. Bunula beraber; literatürde sıklıkla kullanılmış ve kullanımı ispatlanmış ikili karşılaştırma ölçekleri de; problemde kullanılmak üzere seçilebilir. Ayrıca sezgisel ve çıkarımsal yöntemler de kullanılarak değişik türde ikili karşılaştırma ölçeği oluşturulabilir. Literatürde sık kullanılan ikili karşılaştırma ölçekleri Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de sunulmuştur. Bu çalışmada Çizelge 4.1.'de sunulan ikili karşılaştırma ölçeği kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. DEMATEL Metodu ikili karşılaştırma ölçeği (Dey ve diğerleri, 2012)

Tanım	Sayısal Karşılık
Etkisiz	0
Düşük Etkili	1
Orta Etkili	2
Yüksek Etkili	3
Çok Yüksek Etkili	4

Çizelge 4.2. DEMATEL Metodu ikili karşılaştırma ölçeği (Shieh ve diğerleri, 2010)

Tanım	Sayısal Karşılık
Etkisiz	0
Düşük Etkili	1
Orta Etkili	2
Yüksek Etkili	3

Aşama 2 Direkt İlişki Matrislerinin Oluşturulması (X)

Bu aşamada belirlenen kriterlerin arasındaki ilişki düzeyi (Birbirilerini ne şekilde/kaç kat etkilediği) karar verici veya uzmanlardan ikili karşılaştırma yapmaları yöntemiyle istenir. Karar verici veya uzmanlara kriterlerden müteşekkil bir matris sunulur ve "Hangi kriter hangi kriteri ne düzeyde etkiliyor?" sorusuna cevap vermesi beklenir.

Karar verici sayısı (H) kadar elde edilen matrislerin (X^H); köşegen elemanları "0", diğer elemanları ise a_{ij}'dir. a_{ij} kriter i'den kriter j'ye olan direkt ilişkiyi gösterir ve Cj kriterleri temsil etmek üzere Cj*Cj boyutundaki matris Direkt İlişki Matrisi (X) olarak adlandırılır.

Bu matris AHP yöntemindeki gibi simetrik değildir. Çünkü bu yöntem kriterlerin kendi aralarındaki çatışmaları da göz önünde bulundurduğundan; bir kriter başka bir kriteri örneğin; 4 kat veya diğer bir değişle çok yüksek önem düzeyinde etkilerken; tersi için de aynı veya başka bir önem düzeyine sahiptir, şeklinde değerlendirme olanağı sağlar.

Örnek bir direkt ilişki matrisi (KV1, Karar Verici 1) Çizelge 4.3.'te sunulmuştur. Bu çizelgede de görüleceği üzere karar verici; C_1 kriterini C_2 kriteri ile karşılaştırmasında C_1'in C_2'yi 4 kat (Çok yüksek etkili) etkilediğini değerlendirmiş; tersi olan C_2'nin C_1'i karşılaştırmasında ise 3 kat (Yüksek etkili) etkilediğini değerlendirmiştir.

Çizelge 4.3. KV1'in değerlendirmesi (X^1)

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
X^1=	C_1	0	4	3	0	1
	C_2	3	0	2	4	2
	C_3	2	4	0	1	1
	C_4	3	2	1	0	4
	C_5	4	1	2	2	0

Aşama 3 Ortalama Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması (Č)

Karar vericilerden H ($x^1, x^2 \dots x^H$) adet elde edilen Direkt İlişki Matrisleri (X) toplanarak ortalaması (Eş. 4.1) alınır. Diğer bir değişle toplam matris karar verici (H) sayısına bölünür.

$$x_{ij} = \frac{1}{H} \sum_{n=1}^{H} a_{ij} \tag{4.1}$$

Elde edilen yeni ve tek matris Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č) olarak adlandırılır. Bu matrisin köşegen elemanları "0", diğer elemanları x_{ij} ve (Cj*Cj) boyutundadır.

Aşama 4 Normalize Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması (C)

Bir önceki aşamada oluşturulan Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č); Eş. 4.2 ve Eş. 4.3 kullanılarak normalize edilir. Burada s değişkeni Direkt İlişki Matrisinin satır ve sütun toplamı yapılarak elde edilen sayıların en büyüğüdür. İşlemlerden sonra elde edilen matris Normalize Direkt İlişki Matrisi (C)'dir. Bu matrisin de köşegen elemanları "0", diğer elemanları x_{ij} ve (Cj*Cj) boyutundadır.

$$C = \frac{\check{C}}{S} \tag{4.2}$$

$$s = maks\left(maks \sum_{j=1}^{n} x_{ij}, maks \sum_{i=1}^{n} x_{ij}\right) \tag{4.3}$$

Aşama 5 Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması (F)

Normalize Direkt İlişki Matrisi (C)'nin sonsuza yaklaşan limiti Toplam İlişki Matrisi (F)'ni verir. Matematiksel notasyonu Eş. 4.4'te, yapılacak matematiksel işlem Eş. 4.5'te verilmiştir. Toplam İlişki Matrisi (F); Cj*Cj boyutunda ve tüm elemanları x_{ij} şeklindedir.

$$\lim_{H\to\infty} C^1 + C^2 + C^3 + \cdots + C^H \tag{4.4}$$

$$\mathrm{F} = C^2 + C^2 + C^3 + \cdots + C^H = \mathrm{C}(I - \mathrm{C})^{-1} \tag{4.5}$$

Eş. 4.5'te verilen "I"; Birim (Identity) Matrisidir. Birim matrisi; köşegen elemanları "1"; diğer elemanları "0" ve Cj*Cj boyutundadır.

Aşama 6 Etkilenen ve Etkileyen (Gönderici ve Alıcı) Grupların Belirlenmesi

Bir önceki aşamada elde edilen Toplam İlişki Matrisi (F)'deki j'nci satır toplamı (Rj); bu kriterin diğer kriterlere gönderdiği doğrudan ve dolaylı etkilerin toplamını gösterir. j'nci sütun toplamı (Cj) ise bu kriterin diğer kriterlerden doğrudan ya da dolaylı olarak aldığı etkileri diğer bir ifade ile diğer kriterlerden gelen toplam etkiyi gösterir.

j'inci satır/sütun toplamı ile elde edilen (Rj+Cj) indeksi/göstergesi ise sistemde j'inci kritere gönderilen ve alınan toplam etki derecesini göstermektedir. (Rj-Cj) indeksi/göstergesi ise j'inci kriterin sisteme yaptığı net etkiyi gösterir. (Rj-Cj) indeksinin pozitif olması j'inci kriterin "Net etkileyen"; negatif olması ise "Net etkilenen" olduğunu gösterir.

Özetle bir kriter için (Rj) sisteme gönderilen etkiler, Cj sistemden alınan etkiler, (Rj+Cj) indeksi merkezi rol decesi ve (Rj-Cj) etki derecesi olarak değerlendirilebilir (Çınar, 2013).

Aşama 7 Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kriter ağırlıkları bir önceki adımda belirlenen (Rj+Cj) ve (Rj-Cj) indeksleri yardımı ile Eş. 4.6 ve Eş. 4.7'deki işlemlerden elde edilir (Organ, 2013).

$$W_i = \sqrt{\left(R_j + C_j\right)^2 + \left(R_j - C_j\right)^2} \tag{4.6}$$

$$w_j = \frac{W_i}{\sum_{j=1}^{n} W_i} \tag{4.7}$$

4.1.1. Eşik Değer

Karar vericilerin isteğine göre belirlenebilecek bir değişken olan eşik değer (ŧ) daha yüksek öncelikli ve dikkat çekici kriterlerin tespitini kolaylaştırmak açısından problemin çözümüne destek sağlar. Eşik değer hesaplanması geleneksel bir yaklaşımdır. Ancak eşik değerin

uzman sayısı arttığında tespiti zorlaşmaktadır. Eşik değer karar vericiler tarafından belirlenebilmesinin yanında Toplam İlişki Matrisi (F)'nin ortalaması alınarak da tespit edilebilir (Li ve Tzeng, 2009).

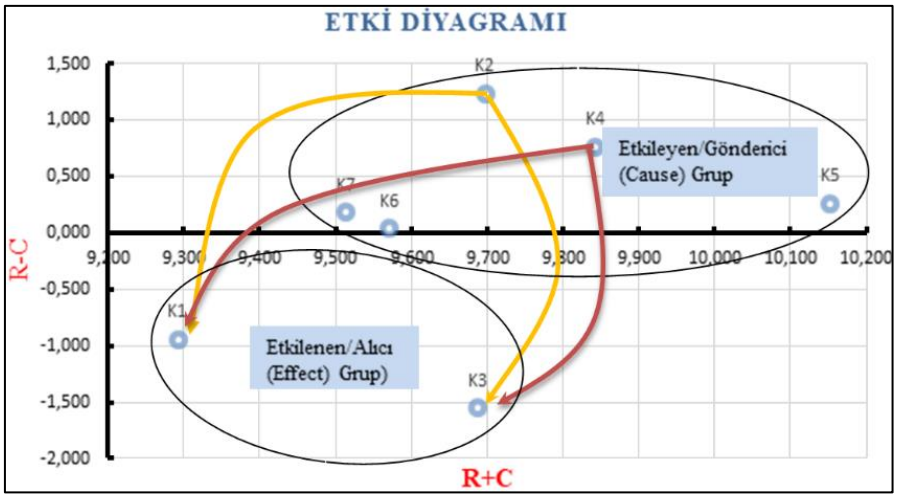
4.1.2. Etki Diyagramı

Etki diyagramı; x ekseni (Rj+Cj) ve y ekseni (Rj-Cj) indekslerinden oluşturulan bir diyagramdır. Eşik değer belirlenirse bu değerin altında kalan değerler diyagramda genel olarak gösterilmez. Böylece karmaşık bir görüntü ortaya çıkmadığı gibi gerçekten etki değeri yüksek kriterler ön plana çıkar. Etki diyagramının oluşturulması; çalışmada öne çıkan etkilerin görsel olarak sunulmasını sağlar. Örnek bir çalışmaya ait indeks değerleri Çizelge 4.4.'te ve bu çalışmaya ait etki diyagramı Şekil 4.1.'da sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Örnek indeks değerleri

	Rj	Cj	Rj+Cj	Rj-Cj	AĞIRLIKLAR (wj)	
K1	4,175	5,116	9,291	-0,941	0,137	Eşik değer
K2	5,465	4,231	9,696	1,235	0,144	
K3	4,068	5,618	9,687	-1,550	0,144	
K4	5,304	4,537	9,841	0,767	0,145	0,691
K5	5,207	4,945	10,152	0,262	0,149	
K6	4,805	4,765	9,570	0,039	0,141	
K7	4,850	4,663	9,513	0,188	0,140	

Çizelge 4.4. incelendiğinde K1 ve K3 kriterleri net etkilenen durumundadır. K2 ise sisteme en çok etki eden kriterdir. Ağırlık değerleri de bu durumu desteklemektedir. Eşik değer ise Toplam İlişki Matrisinin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Bu değerin altındaki değerler etki diyagramında dikkate alınmayacaktır.



Şekil 4.1. Örnek Etki Diyagramı

4.1.3. Özel Durum

DEMATEL Yönteminde işlemler matrislere bağlı olarak yapılmaktadır. Örneğin; Normalize Direkt İlişki Matrisi tüm elemanları "0" olarak elde edilebileceği gibi tersi olmayan bir matris olarak da elde edilebilir. Bu durumda işlemlere devam edilememekte ve Toplam İlişki Matrisi elde edilememektedir.

Lee ve diğerleri (2013) bu problemi aşmak ve Toplam İlişki Matrisi elde ederek işlemlere devam etmek için kullanılan Eş. 4.3'e ε=0.00001 değişkeni ekleyerek revize etmiş; Eş. 4.8'deki işlem ile matrisin tersinin alınabileceğini önermişlerdir.

$$s = maks\left(maks\ \sum_{j=1}^{n} x_{ij} + \varepsilon\ ;\ maks\ \sum_{i=1}^{n} x_{ij}\right) \qquad (4.8)$$

Lee ve diğerleri (2013)'nin çalışmasında yer alan örneklerden bir tanesi aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.5. İki karar vericiye ait Direkt İlişki Matrisleri (Lee ve diğerleri, 2013)

X^1=		C_1	C_2	C_3	C_4
	C_1	0	3	2	0
	C_2	4	0	0	1
	C_3	2	0	0	3
	C_4	0	2	4	0

X^2=		C_1	C_2	C_3	C_4
	C_1	0	4	0	1
	C_2	4	0	1	0
	C_3	0	0	0	5
	C_4	0	1	3	0

Çizelge 4.5'te iki karar vericiye ait örnek bir direkt ilişki matrisi sunulmuştur. Bu matrislere sırasıyla Eş. 4.1, Eş. 4.2 ve Eş. 4.3 uygulandığında elde edilen Normalize Direkt ilişki matrisi Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Normalize Direkt İlişki Matrisi

		C_1	C_2	C_3	C_4
C	C_1	0,000	0,700	0,200	0,100
	C_2	0,800	0,000	0,100	0,100
	C_3	0,200	0,000	0,000	0,800
	C_4	0,000	0,300	0,700	0,000

Toplam İlişki Matrisini oluşturmak için Eş. 4.5 uygulandığında ise Birim Matristen çıkarılan Normalize Direkt İlişki Matrisinin sonucunda çıkan matrisin tersinin olmadığı $[(I-C)^{-1}]$ Çizelge 4.7.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Birim Matristen çıkarıldıktan sonra elde edilen matris ve tersi

		C_1	C_2	C_3	C_4
C	C_1	1,000	-0,700	-0,200	-0,100
	C_2	-0,800	1,000	-0,100	-0,100
	C_3	-0,200	0,000	1,000	-0,800
	C_4	0,000	-0,300	-0,700	1,000

		C_1	C_2	C_3	C_4
$(I-C)^{-1}$	C_1	Inf.	Inf.	Inf.	Inf.
	C_2	Inf.	Inf.	Inf.	Inf.
	C_3	Inf.	Inf.	Inf.	Inf.
	C_4	Inf.	Inf.	Inf.	Inf.

Lee ve diğerleri (2013)'nin önerisinde sunduğu şekliyle işlemler yapılacak olursa Eş. 4.2 ve Eş. 4.3 yerine Eş. 4.8'deki işlem uygulanmış ve elde edilen Normalize Direkt İlişki Marisi Çizelge 5.8.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. ε=0.00001 eklendikten sonraki Normalize Direkt İlişki Matrisi

		C_1	C_2	C_3	C_4
C	C_1	0,00000	0,799998	0	0,2
	C_2	0,799998	0	0,2	0
	C_3	0	0	0	0,999998
	C_4	0	0,2	0,599999	0

Toplam İlişki Matrisinin oluşturulması için işlemlere devam ettiğimizde Eş. 4.5'in bir parçası olan "Tersini alma" işlemin sonucu Çizelge 4.9.'da sunulmuştur. ε=0.00001

değişkeni eklendikten sonra elde matrisin Birim Matristen çıkarılmasından sora tersi alınabildiğinden (Tersinir matris) işlemlere devam edilebilir.

Çizelge 4.9. $(I-C)^{-1}$ işlemi sonucu

$(I-C)^{-1}$		C_1	C_2	C_3	C_4
	C_1	4,999876	4,999854	3,999855	4,99982
	C_2	4,444319	5,55541	4,110965	4,999819
	C_3	2,222137	2,777677	4,555447	4,999864
	C_4	2,222142	2,777683	3,555454	4,999874

Bu işlemden sonra DEMATEL Yönteminin aşamaları uygulandığında örnek matrislerdeki değerlendirmeler neticesindeki kriter ağırlıkları C_1= 0,249078, C_2= 0,265375, C_3= 0,229325 ve C_4= 0,256222 olarak bulunur.

4.2. SWARA Yöntemi

SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis/Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi) Yöntemi; karar vericilerin, karar almada uzlaşamadığı veya kendi uzmanlık alanları dışındaki bir alanda değerlendirme yapmak zorunda bulunduğu durumlarda kullanılabilen bir ÇKKV yöntemidir. İlk olarak 2010 yılında Keršuliene, Zavadskas ve Turskis tarafından Litvanya Mahkemelerinde uyuşmazlıkların çözümü için kullanılan yöntemlerin seçiminde tespit ettikleri 6 kriterin önem derecelerini belirlemek maksadıyla önerilmiştir. Bundan sonra da birçok ÇKKV probleminde kriter ağırlıklarının tespiti için kullanılmıştır.

Herhangi bir skala/ölçek kullanılmayan (AHP'de 1-9 arası bir ölçekte, DEMATEL Yönteminde; 1-3, 1-4 arası bir ölçekte ikili karşılaştırma yapılır.) SWARA Yönteminde; karar vericiler nispeten diğer ÇKKV yöntemlerine göre daha az ikili karşılaştırma yaparlar ve fikirlerini daha kolay ifade edebilirler. Yine diğer ÇKKV Yöntemlerine göre nispeten matematiksel işlemlerin azlığı, herhangi bir simülasyon ya da yazılım gerektirmeden elle hesaplanabilen bu yöntem literatürde sıklıkla karşılaşılan ve uygulama alanı çok geniş olarak tercih edilen bir yöntemdir (Eroğlu ve Gencer, 2020).

SWARA Yönteminin başarısı; uzmanların veya çıkar gruplarının, çalışmış oldukları konu/alanda tespit etmiş oldukları niteliklerin/kriterlerin önem derecelerini/ağırlıklarını tahmin etme olasılıklarına bağlıdır (Keršuliene ve diğerleri, 2010). Yöntemde uzmanlarca; belirlenen alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler en önemliden başlayarak önemsize doğru sıralanmakta ve oylama yapılarak önemsiz kriterler elenmektedir. Kalan kriterlerin önem ağırlıklarını hesaplarken her bir karar vericinin kendisine göre oluşturduğu sıralama dikkate alınmaktadır (Yurdoğlu ve Kundakçı, 2017).

Karar verici sayısı kadar kriter sıralama setti ve dolayısıyla kriter ağırlık kümesi ortaya çıkar. Daha sonra bu ağırlıkların ortalaması alınarak nihai ağırlık değerleri hesaplanır. Bunun yanında her bir karar vericinin kriterleri ikili karşılaştırma yaptıktan sonra elde edilen değerlerin ortalaması alınıp, çıkan ortalamaya göre de kriterleri yeniden önem sırasına dizerek yapılan çalışmalarda literatürde yer almaktadır (Hashemkhani ve Bahrami, 2014). Bu durumda her bir karar vericinin değerlendirmesine göre ayrı ayrı ağırlıklar (Ağırlık kümesi) bulunmaz.

Literatürde farklı uygulama şekilleri (Adımlarının uygulama farklılıkları) olan SWARA Yönteminin genel/yaygın kullanım aşamaları aşağıda verilmiştir. Yaygın kullanım şekline göre 5 aşamadan oluşmaktadır.

Aşama 1 Karar Verici (Uzman) Grubun ve Kriterlerin Belirlenmesi

Karar verici grup veya uzman ekip problemin yapısına göre genellikle yöneticiler, yatırımcılar ve çözümü araştırılan problemin paydaşlarından seçilebilir. SWARA Yönteminde karar verici grup ve kriterler için belirlenmiş bir sayı yoktur. Ancak konunun uzmanı, yatırımcılar, yöneticiler veya çalışanlardan makul miktarda personel seçmek ve kriter belirlemek doğru bir yaklaşım olacaktır.

Karar vericiler belirlendikten sonra literatür araştırması, anket, uzman kişilerle yapılan yüz yüze görüşme yoluyla probleme uygun kriterler belirlenir. Uzmanlar kriterlerin sayısı konusunda anlaşamadığında (Konsensus sağlanmadığında) bütün kriterler değerlendirmeye alınabilir veya oylama ile sayısı bu aşamada azaltılabilir.

Bu aşama aynı zamanda başlangıç safhası olduğundan; uzman ve kriter sayısının çok fazla veya az olmasının sonucu etkileyebileceği hususuna da dikkat edilmesi gerekmektedir. Fazla uzman/karar verici birçok görüş sebebi ile sonuçları dağıtabilir, çok fazla kriter ise ağırlıkların ondalık olarak çok küçük sayılara karşılık geleceğinden karar vericilerin asıl dikkate alması gereken önem derecesindeki kriterlere odaklanamaması ve problemin özünü kaçırması ile sonuçlanabilir.

Aşama 2 Kriterlerin sıralanması ve göreli önem puanlarının belirlenmesi (sj).

Karar vericiler (KV) daha önceden belirlenmiş olan/belirledikleri kriterleri (cj) kendi belirlediği önem derecesine göre sıralar. Daha sonra en önemli kritere herhangi bir değer vermeyerek kriterlerin önem düzeylerini belirlemeye başlarlar. İkinci kriterden itibaren her bir kriteri (j) bir önceki kriter (j-1) ile karşılaştırarak kriterlere; 0-1 arasında olmak üzere bir değer (sj) atarlar. Kriterlere verilen değerler $0 \leq sj \leq 1$ olmalıdır. İkili karşılaştırmalarda önem değeri 5'in katları olacak şekilde atanabilir (Hashemkhani ve Bahrami, 2014).

Aşama 3 Katsayı değerinin hesaplanması (Önem Vektörü) (kj).

Karar vericilerin değerlendirmesi sonucunda tespit edilen göreli önem puanlarına Eş. 4.9'a göre işlem yapılır ve katsayı değerleri bulunur. En üst sıradaki kritere (En önemli olduğu değerlendirilen) "1" değeri verilir.

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ s_j + 1, & j > 1 \end{cases} \tag{4.9}$$

Aşama 4 Düzeltilmiş ağırlıkların (Yeni önem vektörü) hesaplanması (vj).

Bu işlemde bir önceki aşamada en önemli olarak belirlenen (Sıralamada en üstte) kriter yine "1" değerini alır ve Eş. 4.10 kullanılarak düzeltilmiş ağırlıklar (Yeni önem vektörü) hesaplanır.

$$v_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{v_{j-1}}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \tag{4.10}$$

Aşama 5 Her karar vericin göreli kriter ağırlıklarının hesaplanması (wj).

Her bir karar verici için göreli kriter ağırlıkları Eş. 4.11 kullanılarak elde edilir. Böylece karar verici sayısı kadar ağırlık kümesi/setti/vektörü elde edilmiş olur.

$$w_j = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^{n} v_j} \tag{4.11}$$

Aşama 6 Nihai ağırlıklarının hesaplanması (Wj).

Her karar vericinin değerlendirmesinden hesaplanan göreli ağırlıkların (Ağırlıklar setti) aritmetik ortalaması alınarak nihai ağırlıklar hesaplanır.

Bu çalışmada; daha yaygın olarak kullanılan ve yukarıda izah edilen adımlar uygulanmıştır.

4.2.1. SWARA Yönteminin Değişik Uygulamaları

SWARA Yöntemi grup karar verme yöntemlerinden birisi olduğu için literatürde de değişik tipte uygulamaları bulunmaktadır. Veri setleri ve adımları tam olarak belirtilmiş yayımların incelenmesi neticesinde herhangi bir gerekçe belirtilmeksizin bazı adımlarında küçük uygulama değişiklikleri yapıldığı görülmüştür. Bu kapsamda bu bölümde değişik uygulama tipleri 4 kategoriye bölünerek sunulmuştur.

<u>Kategori-1</u>

Bu kategori; ilk olarak 2010 yılında Keršuliene, Zavadskas ve Turskis tarafından Litvanya Mahkemelerinde uyuşmazlıkların çözümü için kullanılan yöntemde uygulanan işlem adımları ile örtüşmektedir. Bu çalışmada; her ne kadar Keršuliene, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından açıkça belirtmemiş olsa da "Aşama 2 Kriterlerin sıralanması ve göreli önem puanlarının belirlenmesi (sj)" safhasında, kriterlerin önem sırası karar vericilerin tercihlerine göre oranlanarak belirlenmiş ve bu sayede konsensus sağlanmış bir kriter sıralaması belirlenebildiği makalenin işlenişi ve akışından değerlendirilmiştir. Daha sonra

bu değerlerin kendi içlerinde farkı alınarak nihai bir kriter önem sıralaması oluşturulmuş ve SWARA Yönteminin adımları uygulanmıştır.

Yurdoğlu ve Kundakçı (2017); Yücenur ve diğerleri (2020) çalışmalarında her bir karar vericiye önce kriterlerin önem sıralamasını yaptırmış daha sonra göreli önem puanlarının (sj) verdirerek bu değerlerin ortalamasını almış ve yeni bir sıralama elde etmiştir. Keršuliene, Zavadskas ve Turskis (2010)'ın çalışmasına benzer şekilde bu değerlerin farklarını alarak SWARA Yönteminin adımlarını uygulamıştır.

Bu kategoride karar vericilerden kişisel değerlendirmeleri alınarak kriter sıralamalarına ilişkin konsensus; işlemleri icra eden ekip tarafından matematiksel yöntemler ile sağlanmıştır.

Kategori-2

Bu kategoriye giren çalışmalarda önce karar vericilerden kriterleri kendi düşüncelerine göre önem sırasına dizilmesi istenmiş, karar vericilerden alınan önceliklendirmenin sıra numaralarına bir matematiksel işlem (Aritmetik ortalama, Geometrik ortalama vb.) yapılarak nihai bir (Konsensus sağlanmış) sıralama elde edilmiştir.

Bu sıralama tekrar karar vericilere dağıtılarak bu defa göreli önem puanlarının (sj) değerlendirilmesi sağlanmış, her bir uzmanın görüşüne göre SWARA Yönteminin adımları uygulanmış ve karar verici sayısı kadar elde edilen kriter ağırlık setlerinin ortalaması alınarak nihai ağırlıklar tespit edilmiştir.

Keršulienė ve Turskis (2011); Karabašević, Stanujkić ve Urošević (2015); Stanujkic, Djordjevic ve Karabasevic (2015); Özbek ve Demirkol (2018); Toklu ve diğerleri (2018), Özbek ve Erol (2018)'un çalışmalar Kategori-2 kapsamında değerlendirilmiştir.

Kategori-3

Bu kategorideki çalışmalarda uzmanların kriter öncelik sıralamalarına karar verdiği (Konsensus sağlandığı) başka bir değişle kriter öncelik sırlamasının hazır

olduğu/belirlendiği tespit edilmiştir. Hazır sıralamanın karar vericiler tarafından göreli önem puanlarının (sj) değerlendirilmesi yapılmış ve bu puanlamanın ortalaması alınarak SWARA Yönteminin adımları uygulanmıştır. Böylece göreli önem puanlarının (sj) ortalaması ilk adımda alınarak tek/nihai ağırlık bulunmuştur.

Aghdaie, Zolfani ve Zavadskas (2013); Zolfani ve Saparauskas (2013); Zolfani, Zavadskas ve Turskis (2013); Zolfani vd, (2013); Ruzgys ve diğerleri (2014); Zolfani ve Bahrami (2014); Vafaeipour ve diğerleri (2014); Karabasevic ve diğerleri (2015); Zolfani ve diğerleri (2015); Dehnavi ve diğerleri (2015); Stanujkic, Karabasevic ve Zavadskas (2015); Adalı ve Tuş (2017); Zavadskas ve diğerleri (2017); Radović ve Stević (2018); Zarbakhshnia, Soleimani ve Ghaderi (2018); Eghbali-Zarch ve diğerleri (2018); Vesković ve diğerleri (2018); Akhanova ve diğerleri (2020) çalışmalarını Kategori-3 çerçevesinde yapmışlardır.

Kategori-4

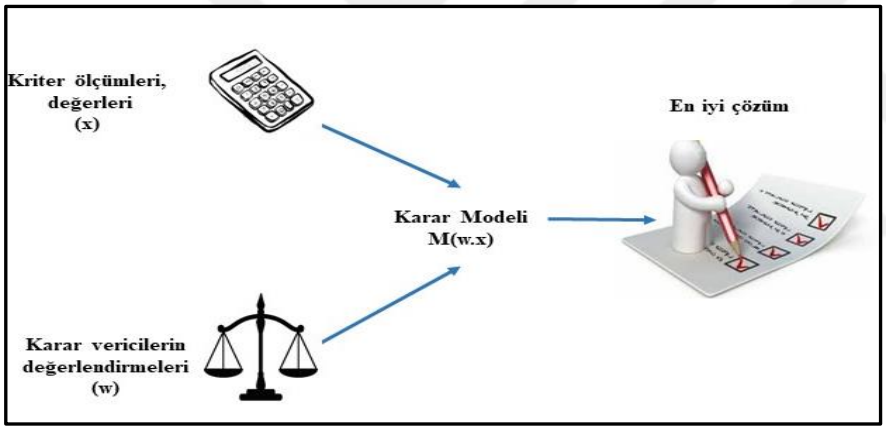
Bu kategorideki çalışmalarda ise her karar verici bireysel olarak sıralama tercihi ve göreli önem puanı (sj) değerlendirmesini yapmış ve her bir uzman için ayrı ayrı ağırlıklar hesaplanmıştır. En son adımda ağırlıkların ortalaması alınmıştır. Diğer bir değişle bireysel değerlendirmeler neticesinde sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Kriterler dışında herhangi bir şekilde konsensus yoktur. Karar vericiler sadece kriterleri belirlemiş (Konsensus sağlamış) daha sonra her bireysel değerlendirmeye ayrı ayrı işlem yapılmıştır.

Çakır (2017); Çakır ve Karabıyık (2017); Çakır, Akel ve Doğaner (2018); Ayyıldız ve Demirci (2018); Bakır (2019); Balki ve diğerleri (2020)'nin çalışmalarında; uzmanlar bireysel olarak değerlendirme yapmış ve kriter ağırlıklarını bulmuş, sonunda ise bu ağırlık setlerinin ortalamasının alınması ile nihai ağırlıklar tespit edilmiştir.

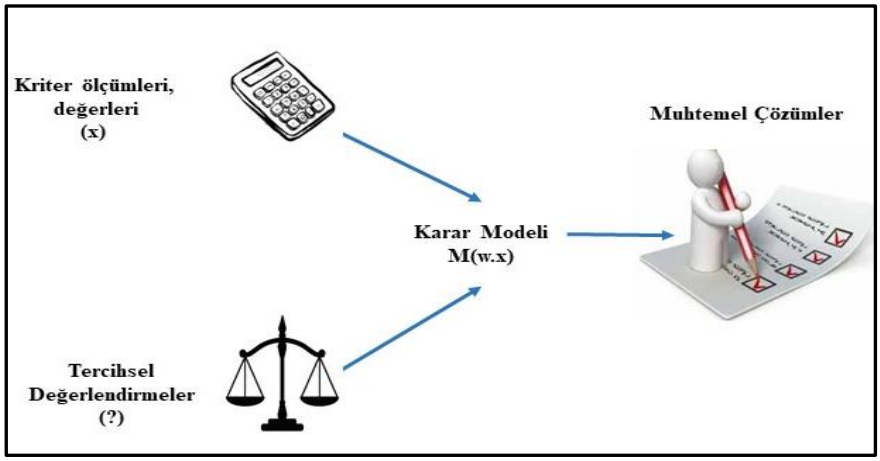
4.3. SMAA-2 Yöntemi

Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis (Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi) şüpheli, kesin olmayan, kayıp ya da eksik bilgilerle karar desteği sağlayabilen bir çok kriterli karar verme yöntemidir. İlk defa Lahdelma, Hakkanen ve Salminen (1998) tarafından önerilmiş; Lahdelma ve Salminen (2001) tarafından yönteme fayda fonksiyonu

ilave edilerek en iyi alternatifi belirleme (SMAA) ve alternatiflerin karar vericilerin tercihleri çerçevesinde sıralaması (SMAA-2) şeklinde genişletilmiştir. SMAA Yöntemleri karar vericilere; uygun çözüm uzayında çok boyutlu integral hesaplamaları ile karar desteği sağlar. Yöntem; problemi karakterize eden tanımlayıcı indeksler elde etmek için simülasyona dayanmaktadır. Bu indeksler pratikte çok boyutlu integrallerle hesaplanmasına rağmen gerçekte Monte Carlo Simülasyonu ile tespit edilir. (Lahdelma ve Salminen, 2010:289). Lahdelma ve Salminen (2010:285) SMAA Yönteminin ters ağırlık uzayına göre simülasyonlu işlemler yaptığını; ağırlık bilgisi olmadan geleneksel ÇKKV Yöntemleri ile çözüm bulunamayacağını buna karşın ters ağırlık uzayında rastgele ağırlık bilgisi atanarak simülasyon yapılmasının; üzerinde çalışılan problemindeki alternatiflerin karar vericiler tarafından tercih edilme oranlarının karakterize edilebileceğini belirtmişlerdir (Resim 4.1. ve Resim 4.2.).



Resim 4.1. Geleneksel Yaklaşım (En iyiyi bulma çözümü)



Resim 4.2. Ters Ağırlık Uzayı Yaklaşımı (Muhtemel Çözümler)

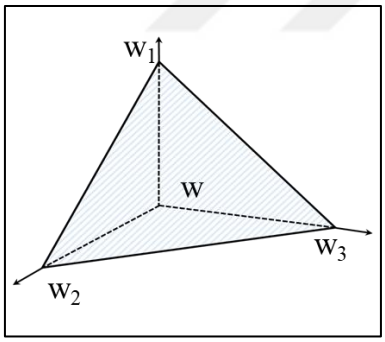
SMAA-2 Yöntemi ile ele alınan karar verme problemlerinde; X alternatif setti (X= x_1, x_2, x_3,…, x_m); G kriter setti (G = g_1, g_2, g_3,…., g_m) çerçevesinde değerlendirilir. Alternatif x_i'in g_j kriteri üzerindeki değerlendirilmesi $g_j(x_i)$ olarak belirtilir. Karar modeli; her biri temsil edilebilir bir tercih yapısına sahip olan birden fazla karar vericiyi bireysel ağırlık vektörü w ve gerçek değerli bir fayda fonksiyonu u(x_i, w) aracılığıyla dikkate alır. Doğrusal fayda fonksiyonu Eş. 4.12'de gösterilmiştir (Tervonen, 2007).

$$u(x_i, w) = \sum_{j=1}^{n} w_j g_j(x_i) \tag{4.12}$$

Ağırlıklar pozitif ve normalize; uygun ağırlık uzayı (Feasible weight space) ise Eş. 4.13'te gösterildiği gibi olacaktır.

$$W = \{w \in R^n : w \geq 0 \; ve \sum_{j=1}^{n} w_j = 1\} \tag{4.13}$$

Ağırlık bilgisi olmayan 3 kriterli bir problemin ağırlık uzayı Şekil 4.2.'de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Ağırlık Uzayı

SMAA Yöntemi, kriter ağırlık bilgisi, kriterlere ait diğer bilgiler veya diğer parametrelere ait bilgilerin kesin olmayıp, eksik veya kayıp olduğunda kullanılabilen bir metot olduğundan; eksik ya da kayıp bilgilere ait değerler; X $\subseteq R^{mxn}$ uzayında yoğunluk fonsiyonu $f_x(\xi)$ ile deterministik değerlendirmelere karşılık gelen stokastik değişken (ξ_{ij}) ile temsil edilir (Tervonen, 2007).

Benzer şekilde karar vericilerin eksik ya da tam olmayan tercihleri de çözüm uzayında ağırlığa bağlı yoğunluk fonksiyonu $f_W(w)$ ile temsil edilir ve ağırlıklar için toplam bilgi eksikliği Eş. 4.14 ile gösterilir (Tervonen, 2007).

$$f_W(w) = 1/Vol(w) \tag{4.14}$$

Fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlarda ağırlıklar ölçekleme faktörüdür. Ağırlıklar kısmi fayda fonksiyonlarının değerlerini kriterin önem derecesini yeniden belirleyecek şekilde yeniden ölçeklendirir. SMAA Yönteminin temel mantığı; tanımlayıcı ölçümleri stokastik parametreler üzerinde çok katlı integrallerle hesaplamaktır. Elle (Manuel) olarak hesaplanamayan bu işlemler Monte Carlo Simülasyonu ile yapılmaktadır. Tahminlemedeki hatalar Monte Carlo Simülasyonun iterasyon sayasına göre dikkate alınmayacak kadar küçüktür.

SMAA-2 sonuçlarında üç tip belirleyici indeks elde edilmektedir. Bunlar; sıra kabul edilebilirlik indisi, merkezi ağırlık vektörü ve güvenilirlik faktörüdür. Bu indisler karar vericilere kesin sonucu vermekten ziyade probleme daha geniş açıdan bakma şansı sağlarlar.

4.3.1. Sıra Kabul Edilebilirlik İndeksi (Rank Acceptability Index, b_i^r)

SMAA-2 Yönteminde sıralama fonksiyonu Eş. 5.15'teki gibidir (Lahdelma ve Salminen 2001). Burada; $\rho\ (true) = 1,\ \rho(false = 0\ ve\ rank\ (i, \xi, w) \in \{1, \dots \dots, m\}$ 'dir. Tercih edilen sıralama fonksiyonu ise Eş. 4.16'dadır.

$$rank(i, \xi, w) = 1 + \sum_{k \neq i} \rho(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w)) \tag{4.15}$$

$$W_i^r(\xi) = \{w \in W : rank(i, \xi, w) = r\} \tag{4.16}$$

Sıra kabul edilebilirlik indeksi; girilen parametreler çerçevesinde bir alternatifin tercih edilme olasılığını temsil eder ve Eş. 4.17'deki işlemle yapılır.

$$b_i^r = \int_{\xi \in X} f_x(\xi) \int_{w \in W_i^r(\xi)} f_W\ (w) dw d\xi \tag{4.17}$$

En iyi alternatif en yüksek sıra kabul edilebilirlik değerini alır. Başka bir değişle sıra kabul edilebilirlik indeksi 0 olan alternatif karar vericiler tarafından hiçbir zaman tercih edilmeyecektir.

4.3.2. Merkezi Ağırlık Vektörü (Central Weight Vector, w_i^c)

Ağırlık kümesinin beklenen ağırlık merkezi olarak tanımlanır. Kriter ve ağırlık dağılımları üzerine çok boyutlu integrallerle Eş. 4.18'deki gibi hesaplanır. Merkezi ağırlık vektörü, varsayılan tercih modeli ile bu alternatifi destekleyen bir karar vericinin tercihlerini açıklamaktadır (Tervonen, 2007).

$$w_i^c = \frac{1}{b_i^1} \int_{\xi \in X} f_x(\xi) \int_{w \in W_i^r(\xi)} f_W(w) dw d\xi \tag{4.18}$$

4.3.3. Güvenilirlik Faktörü (Confidence Factor, p_i^c)

Güvenilirlik faktörü; merkezi ağırlık vektöründe bir alternatifin seçilebilme olasılığını tanımlar. Kısaca sıra kabul edilebilirlik indeksi yüksek olan alternatifin güvenilirlik faktörünün de yüksek olması istenir. Eş 4.19'daki gibi çok boyutlu integrallerle formüle edilmiştir.

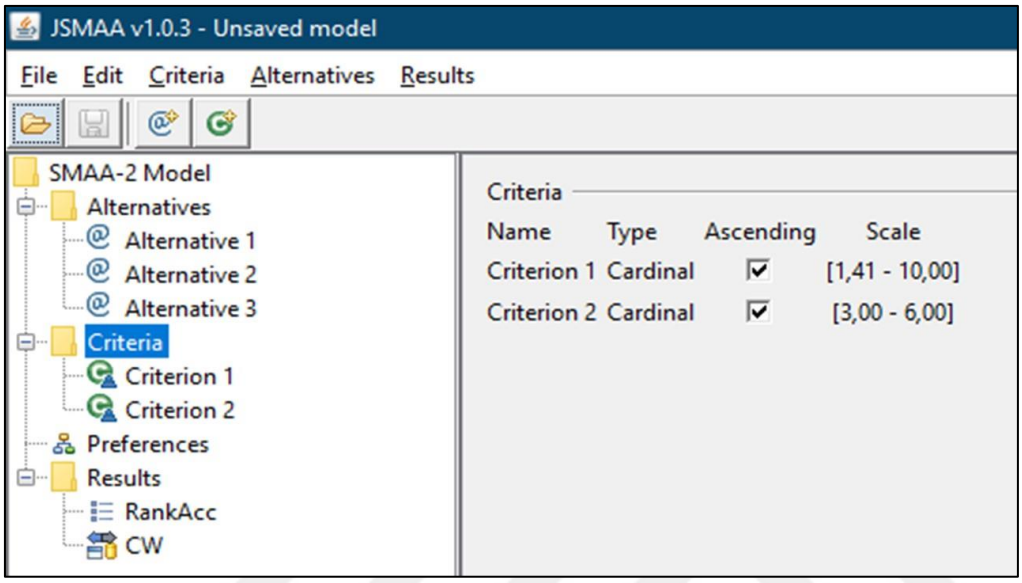
$$p_i^c = \frac{1}{b_i^1} \int_{\substack{\xi \in X : u(\xi_i, w_i^c) \geq u(\xi_k, w_i^c) \\ \forall k = 1, \ldots\ldots, m}} f_x(\xi) d\xi \tag{4.19}$$

Bütün işlemler; elle yapılamayıp aynı zamanda simülasyon işlemleri de gerektirdiğinden; önce C++ dilinde CSMAA yazılımı; daha sonra Java tabanlı JSMAA yazılımı yapılmıştır. JSMAA yazılımına halen jsmaa.fi adresinden ulaşılabilmektedir (Tervonen, 2014).

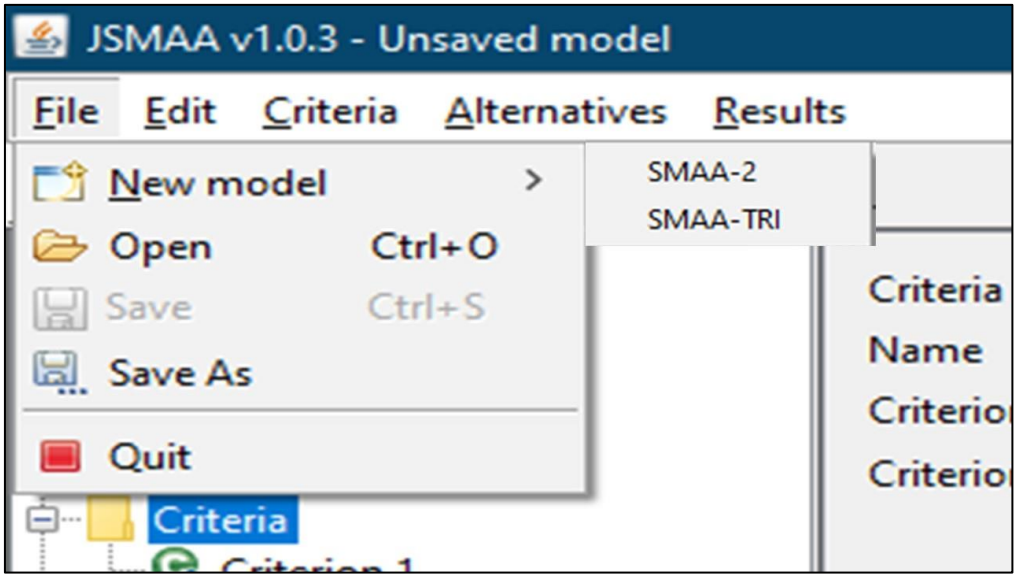
4.3.4. JSMAA Yazılımı

JSMAA Yazılımı; sınıflandırma problemleri için SMAA-TRI; sıralama problemleri için SMAA-2 uygulamalarının fayda fonksiyonunun kullanıldığı ve daha önce uygulanan CSMAA Yazılımının yerini almış JAVA tabanlı bir yazılımdır. JSMAA Yazılımında ihtiyaç duyulan hesaplamalar 10 000 Monte Carlo iterasyonu ile ± 1 % kesinlik/hata (95% güvenilirlik) payı ile yapılmaktadır (Tervonen, 2014).

JSMAA Yazılımı açıldığında kullanıcıların karşısına Resim 4.3.'te yer alan iki bölümlü bir ara yüz gelmektedir. Bu ara yüzden öncelikle File_New Model açılır/kayar penceresinden uygulanacak yöntem ile ilgili seçim yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada SMAA-2 Yöntemi uygulanacağından Resim 4.4.'te sunulan şekilde seçim yapılmıştır.



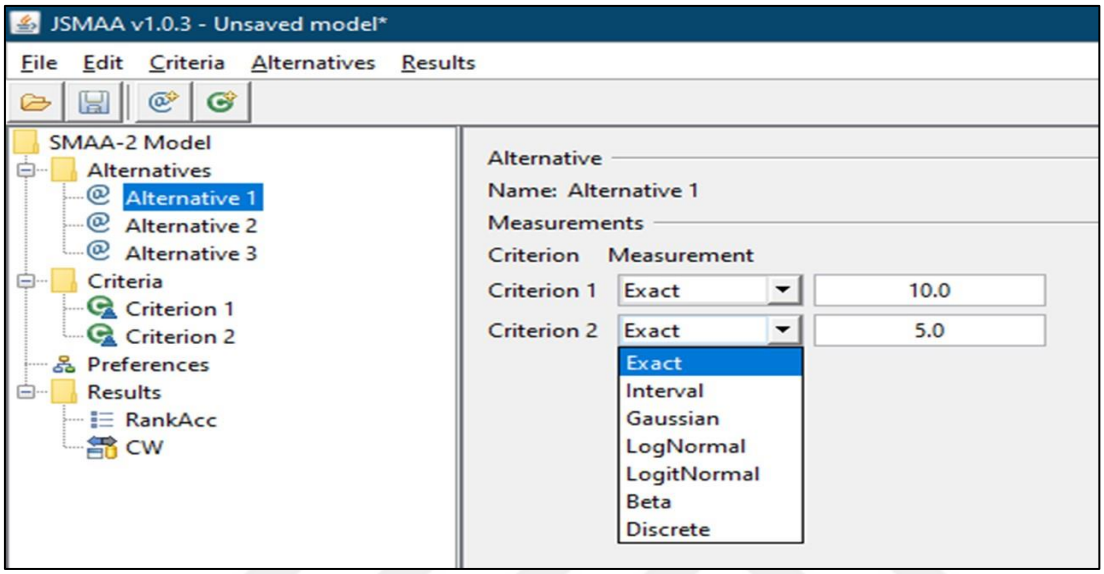
Resim 4.3. JSMAA ara yüzü



Resim 4.4. JSMAA model seçimi

Model seçimi yapıldıktan sonra ana ekranın sağında bulunan menüden bilgi girişleri yapılmaktadır. Alternatif bilgileri; Resim 4.5.'te görüldüğü gibi kriterlerin ölçek bilgileri seçilmek suretiyle girilebilmektedir. Bu ölçekler; açılır/kayar pencereden "exact, interval,

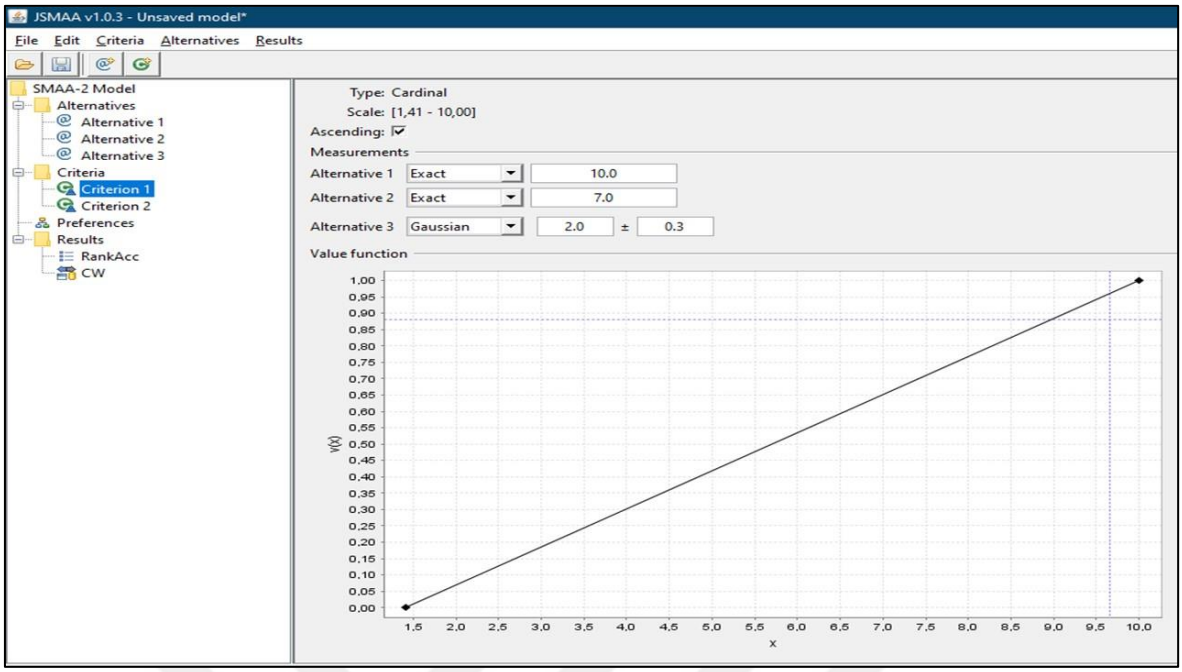
gaussian, lognormal, logitnormal, beta, discrete" olarak tanımlanabilmektedir. Alternatif sayısı üst menüde bulunan "Alternatives" menüsünden ve menü altındaki kısa yoldan artırılıp, azaltılabilir, isimleri "Edit" menüsünden yeniden adlandırılabilir veya alternatif iptal edilebilir.



Resim 4.5. Alternatives menüsü bilgi girişi

Kriter bilgileri; Resim 4.6.'da görüldüğü gibi ölçek bilgileri seçilmek suretiyle girilebilmektedir. Alternatives menüsünde girilen bilgiler otomatik olarak buraya aktarılmaktadır. Dolayısıyla önce kriterde tanımlanabilir. Burada kriterlerin fayda ya da maliyet (Ascending) türünde olup olmadığı işaretlenmelidir. Fayda türünde ise "ascending" ikonu işaretlenmeli, maliyet türünde ise bu işaret kaldırılmalıdır.

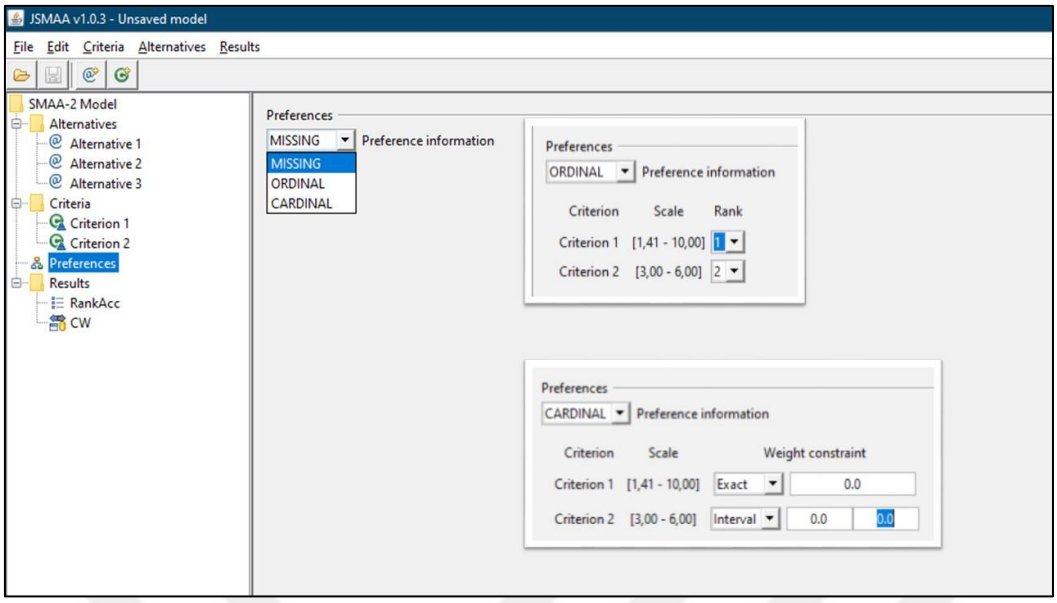
Kriter sayısı üst menüde bulunan "Criteria" menüsünden ve menü altındaki kısa yoldan artırılıp, azaltılabilir, isimleri "Edit" menüsünden yeniden adlandırılabilir veya kriter iptal edilebilir.



Resim 4.6. Criteria menüsü bilgi girişi

JSMAA ara yüzünün sol tarafında bulunan (Criteria menüsünün altı) "Preferences" menüsünden kriterlerin ağırlık bilgileri tanımlanmaktadır. Resim 4.7.'de sunulan açılır/kayar pencereden "missing, ordinal, cardinal" seçeneklerinden bir tanesi seçilmelidir. Herhangi bir seçim olmazsa program default'unda "missing" bilgisi varsayılan olarak işlem yapar. Bu bölüm "missing" herhangi bir ağırlık bilgisinin olmadığı; "ordinal" kriterlerin en önemliden (1) en önemsize doğru sıralama yapılabildiği, "cardinal" ise bir ağırlık değerinin girilebildiği bölümdür. Ordinal ya da cardinal tercih yapıldığında kullanıcı bu değerleri kendisi girer. Özellikle "cardinal" tercih yapılan çalışmalarda ağırlık bilgilerinin başka bir ÇKKV Yöntemi ile belirlenip girilmesi yaygındır.

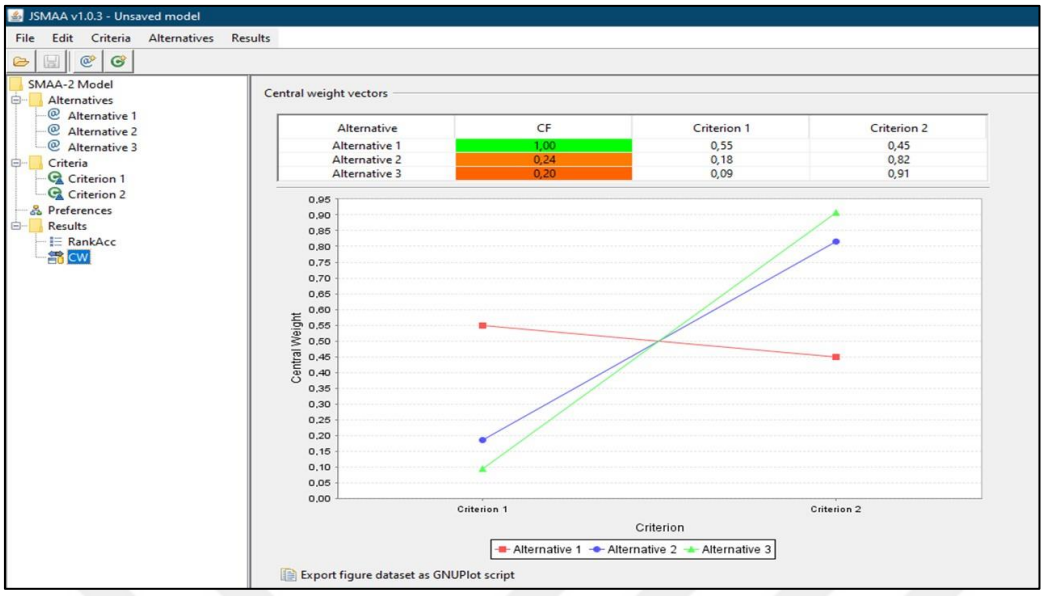
Bu çalışma da DEMATEL ve SWARA Yöntemleri ile ağırlıklar tespit edilip "Cardinal" seçim yapılarak ağırlık bilgileri girilmiş; başka bir alternatif olarak "Ordinal" tercih yapılmış ve DEMATEL ve SWARA Yöntemlerinden elde edilen kriter sıralama bilgileri girilmiş ve hibrit bir yöntem olarak karar destek sistemi sunulmuştur.



Resim 4.7. Preferences menüsü bilgi girişi

Bilgiler girildikten sonra üst menüde yer alan “Results” veya ana ekranın sol tarafındaki menüden sonuçlara ulaşılabilir. Elde edilecek sonuçlardan Sıra Kabul Edilebilirlik İndeksi Resim 4.8.’de; Merkezi ağırlık vektörü ile Güvenilirlik Faktörü Resim 4.9.’da sunulmuştur.

Resim 4.8. Sıra kabul edilebilirlik indeksi



Resim 4.9. Merkezi ağırlık vektörü ve güvenilirlik faktörü

4.4. BORDA Sayım Yöntemi

Borda Sayım yöntemi; Jean-Charles de Borda tarafından 1770 yılında seçim oylama yöntemi olarak önerilmiştir. Yöntem gayet basit bir şekilde işletilmektedir. N adet aday (Alternatif); Z adet oylayıcı/seçmen (Karar verici) tarafından değerlendirilir. Karar vericiler alternatiflerden en çok istediklerine/birinci sırada tercih ettiklerine en yüksek puanı verir ve bundan sonra sırasıyla 1 puan azaltarak kendi sıralamasını yapar. Daha sonra her karar vericiden alınan değerlendirmelerin ortalaması alınır. Bu yöntemin genel matematiksel gösterimi Eş. 4.20'de, örnek uygulama Çizelge 4.10.'da sunulmuştur. N aday/alternatif sayısını r_{ik}, k kriterinin i alternatifi altındaki sıralamasını temsil etmektedir.

$$b_i = \sum_{k=1}^{n} N - r_{ik} \tag{4.20}$$

Çizelge 4.10. incelendiğinde 5 adet aday/alternatifin karar vericilere göre değerlendirmesinin söz konusu olduğu görülmektedir. Bu değerlendirmeler; bir başka yöntemle sıralanmış alternatifler olarak da yapılabilir. Bu nedenle karar vericilerin kullanılmadığı durumu da temsil etmesi için örnekte başka yöntemlerden elde edilmiş sonuç bilgisi verilmiştir. Tablonun 2'nci, 3'üncü ve 4'üncü sütunlarında karar vericilerin değerlendirmeleri/başka yöntemlerle elde edilen sıralamalarda 1'inci öncelikle tercih edilen/1'inci sırada çıkan alternatife en yüksek puan, sonunculara en düşük puan (Bu puan alternatif sayısına göre belirlenir, sonuncuya sıfır değeri verilirse; 1'inciye alternatif

sayısının 1 eksiği değer verilir) verilmiştir. Son sütunda ise her kriterin aldığı değer toplanarak Borda Skoru tespit edilmiş ve bu sıralamaya göre yeni sıralama elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. BORDA Sayım Yöntemi Örnek Uygulaması

Aday/ Alternatifler	1' inci KV'nin Sıralaması veya 1'inci Yönteme göre sonuçlar	2'nci KV'nin Sıralaması veya 2'nci Yönteme göre sonuçlar	3'üncü KV'nin Sıralaması/ veya 3'üncü Yönteme göre sonuçlar	BORDA Skoru	Nihai Sıralama
A1	5→1	4→2	5→1	4 (1+2+1)	5
A2	4→2	5→1	3→3	6 (2+1+3)	4
A3	2→4	1→5	1→5	14 (4+5+5)	1
A4	1→5	2→4	2→4	13 (5+4+4)	2
A5	3→3	3→3	4→2	8 (3+3+2)	3

Çizelge 4.10.'daki BORDA Skorları incelendiğinde A3 alternatifi 1'inci sıradadır. 3 değerlendiriciden ikisi veya 3 yöntemden ikisinde birinci sırada çıkmış olan A3 alternatifin sıralamaları BORDA Skor Yöntemi ile birleştirilmiştir.

Bu çalışmada SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi çerçevesinde SMAA-2 Yönteminden elde edilen sıralama ile DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi çerçevesinde SMAA-2 Yönteminden elde edilen sıralamalar bu yöntem ile birleştirilmiştir. Karar vericilerden sadece ağırlık bilgileri için DEMATEL ve SWARA Yöntemlerindeki ikili karşılaştırma işlemleri istenmiş; BORDA Yöntemi için tekrar değerlendirme istenmemiş; eldeki sıralamalar BORDA Sayım kurallarına göre birleştirilmiştir.

4.5. Literatür Taraması

Bu bölümde; literatür taraması; Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimi, DEMATEL Yöntemi ile yapılan çalışmalar, SWARA Yöntemi ile yapılan çalışmalar ve SMAA-2 Yöntemi ile yapılan çalışmalar şeklinde organize edilmiştir. Literatür kaynakları incelendiğinde; özellikle yenilenebilir enerji konusunda çok fazla yayım yapıldığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada 2010 yılı ve sonrası önemli olduğu değerlendirilen yayınlar (SSCI ve SCI-E çerçevesinde) müteakip çizelgelerde sunulmuştur. Literatür taramasında; Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçiminde kullanılan kriterler ve kullanılan ÇKKV Yöntemleri

üzerinde özellikle durulmuş ve uygulama bölümünde sunulan Karar Destek Sisteminin temeli oluşturulmuştur. Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimde kullanılan kriterler ve ÇKKV Yöntemleri Çizelge 4.11.'de; DEMATEL Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları ve kriterleri Çizelge 4.12.'de; SWARA Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları ve kriterleri Çizelge 4.13.'de; SMAA-2 Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları ve kriterleri Çizelge 4.14.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimde kullanılan ÇKKV Yöntemleri

Yıl	Yazar(lar)	Kullanılan Yöntem(ler)	Ana Kriterler	Alt Kriterler
2010	Kaya, T. ve Kahraman, C.	Fuzzy VIKOR AHP	Teknik verimlilik, Rasyonel verimlilik, Yatırım maliyeti verimliliği, İşletme ve bakım maliyet verimliliği, NO_X emisyonu, CO_2 emisyonu, Uygun alan, Sosyal kabul edilebilirlik, İstihdam	
	Shen, Y. C. ve diğerleri	Fuzzy AHP	Enerji, Çevre, Ekonomik	Fiyat istikrarı, Enerji güvenliği, CO_2, SO_X, NO_X emisyonları, Yasalar, Piyasa, Teknik olgunluk
	Heo, E., Kim, J. ve Boo, K. J.	Fuzzy AHP	Teknoloji, Piyasa, Ekonomi, Çevre, Politika	Teknolojik üstünlük, Teknoloji ve operasyonun güvenilirliği, Orijinal teknolojiyi edinme imkânı, Yerel ve global piyasa, Arz güvenliği, Kabul edilebilirlik
2011	San Cristóbal, J.R.	VIKOR	Güç, Yatırım oranı, Gerçekleştirme süresi, Çalışma saatleri, Ömür devri, CO_2 emisyonu	
	Amer, M. ve Daim, T.U.	AHP	Ekonomi, Teknik, Çevre, Sosyal,Politik	Maliyetler, Güvenilirlik, Arazi, Emisyon, Sosyal kabul edilebilirlik, İstihdam, Teknik yeterlilik, Enerji güvenliği
	Yi, S. K., Sin, H. Y. ve Heo, E.	AHP	Kâr, Maliyet, Risk	İşletme, İdame, Bakım, Yatırım maliyetleri, Teknoloji transferi

Çizelge 4.11. (Devamı) Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimde kullanılan ÇKKV Yöntemleri

Yıl	Yazar(lar)	Kullanılan Yöntem(ler)	Ana Kriterler	Alt Kriterler
2012	Sadeghi, A., Larimian, T. ve Molabashi, A.	Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP	Sosyo-politik, Ekonomi, Çevre, Teknoloji	Enerji politikası, Sosyal kabul edilebilirlik, İstihdam, Maliyetler, Arazi, Ekosistem, Sürdürebilirlik, Teknolojik uygunluk
	Jing, Y. Y. Bai, H. ve Wang, J. J.	Gri İlişkisel Analiz	Teknoloji, Ekonomi, Çevre, Toplum	CO_2, SO_X, NO_X emisyonları, Teknolojik uygunluk, Maliyetler, Karbon ayak izi
	Iskin, I. ve diğerleri	ANP	Ekonomik, Teknik, Sosyal, Politik	Maliyetler, Vergiler, Arazi, İnovasyon, Teknik yeterlilik, Yasa, Ekoloji, Emisyon
	Daim, T. U., Li, X., Kim, J. ve Simms, S.	AHP	Teknik, Ekonomik, Çevre, Sosyal	Verimlilik, Kapasite, Maliyetler, Kirlilik, Güvenlik, Sağlık, İstihdam, Kabul edilebilirlik, Sürdürebilirlik
2013	Sánchez-Lozano, J.M. ve diğerleri	TOPSIS, AHP	Çevre, Orografik, Konum, İklim	Agrolojik kapasite, Arazi, Mesafeler (Şehir, yol, düğüm noktaları), Potansiyel
	Sliogeriene, J. ve diğerleri	AHP, ARAS	Yasal faaliyetler, Teknoloji, Politik destek, Sürdürülebilirlik, Ekonomi, Maliyetler, Risk, Sosyal, İstihdam	
2014	Ahmad, S. ve Tahar, R. M.	AHP	Teknik, Ekonomik, Sosyal, Çevre	Etkinlik, Maliyetler, Sosyal kabul edilebilirlik, İstihdam, CO_2 emisyonu, Arazi
	Kabak, M. ve Dağdeviren, M.	AHP	Teknoloji, Ekonomi, Güvenlik, Global Etkiler, Sağlık	Maliyetler, Risk, Teknoloji, Sosyal direnç, İstihdam
	Tasri, A. ve Susilawati, A.	Fuzzy AHP	Enerji Kaynağının Kalitesi, Sosyo-politik, Ekonomik	Sürdürülebilirlik, Mesafeler, Maliyetler, Politika, Pazar, İş gücü, Risk, Emisyon, Arazi, Teknolojik yetkinlik, Satın alınabilirlik
	Liu, G.	AHP, TOPSIS	Çevresel, Emisyonlar, Verimlilik, Ekonomi, Maliyetler, Geri ödeme, Sosyal, İstihdam	
	Doukas, H. ve diğerleri	Fuzzy TOPSIS	Yönetimsel taahhütler, Enerji verimliliği, Çevre kirliliği, Yatırım olanakları	

Çizelge 4.11. (Devamı) Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimde kullanılan ÇKKV Yöntemleri

Yıl	Yazar(lar)	Kullanılan Yöntem(ler)	Ana Kriterler	Alt Kriterler
2015	Şengül, Ü. ve diğerleri	Fuzzy TOPSIS	Teknik, Ekonomik, Çevre, Sosyal	Yatırım maliyetleri, İşletme ve bakım maliyetleri, Geri ödeme, Verimlilik, Kapasite, Arazi, İstihdam, CO_2 emisyonu
	Georgiou, D., Mohammed, E. S. ve Rozakis, S.	AHP	Teknoloji, Ekonomik, Çevre, Sosyal	Topoloji, CO_2 emisyonu, SO_2 emisyonu, Atıklar
	Arce, M. E. ve diğerleri	Gri İlişkisel Analiz	Teknik, Ekonomik, Çevre	Sosyal fayda, Maliyetler, Yetkinlik, Emisyonlar, Verimlilik
	Tahri, M., Hakdaoui, M. ve Maanan, M.	AHP	Arazi, Orografi, Konum, İklim	Eğim, Yollara mesafe, Yerleşim yerlerine mesafe, Güneş radyasyonu, Yeryüzü ısısı
2016	Çelikbilek, Y. ve Tüysüz, F.	Grey DEMATEL Grey ANP	Sürdürülebilirlik, Verimlilik, Kullanım alanları, Teknoloji, Maliyetler, Risk, Bakım	
	Büyüközkan, G. ve Güleryüz, S.	DEMATEL ANP	Ekonomik, Teknik, Sosyal, Politik, Çevre	Verimlilik, Güvenilirlik, Kaynak uygunluğu, Teknoloji, Maliyetler, Bağımlılık, Finansal destek, Arazi, Emisyon
	Al Garni, H. ve diğerleri	AHP	Teknik, Ekonomik, Çevre, Sosyo Politik	Verimlilik, Talep, Dağıtım ağı, Güvenlik, Arazi, Maliyetler, Avantajlar, Emisyonlar, Sosyal kabul edilebilirlik, İstihdam, İnsan sağlığı
	Gümüş, S. ve diğerleri	Fuzzy TOPSIS	İş gücü, Vergi, Gelirler, Kâr, İthalat, Arazi, Enerji kullanımı	
	Matulaitis, V. ve diğerleri	ELECTRE III	Net bugünkü değer, Geri ödeme süresi, Emisyonlar, Maliyetler	
2017	Billig, E. ve Thraen, D.	AHP	Emisyonlar, Alt tabaka türü, Maliyetler, Gaz basıncı, Verimlilik,	
	Haddad, B., Liazid, A. ve Ferreira, P.	AHP	Teknik, Ekonomik, Çevre, Sosyo Politik	Enerji güvenlik sistemleri, Güvenirlik, Kapasite, Maliyetler, Geri ödeme süresi, Ömür devri, Ekosistem
	Çolak, M. ve Kaya, İ.	Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS	Enerji Kaynağı, Teknik, Teknolojik, Sosyo-politik, Ekonomik, Çevre	Sürdürebilirlik, Mesafe, Etkinlik, Güvenirlik, Teknolojik olgunluk, Emisyonlar, Çevre tahribatı, Risk, Politika, Maliyetler, Geri ödeme süresi, Ömür devri, Ekosistem

Çizelge 4.11. (Devamı)Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimde kullanılan ÇKKV Yöntemleri

Yıl	Yazar(lar)	Kullanılan Yöntem(ler)	Ana Kriterler	Alt Kriterler
2017	Papapostolou A. ve diğerleri	UTASTAR	Yatırım maliyetleri, Risk, Kayıplar, Rekabet, Enerji güvenliği, Enerji talep artışları, Teknoloji,	
2018	Vishnupriyan J. ve Manoharan, P. S.	AHP, SMAA	Teknik, Çevre, Ekonomik	Emisyonlar, Maliyetler, Kapasite
	Wu, Y., Xu, C. ve Zhang, T.	Fuzzy TOPSIS	Maliyetler, Geri ödeme süresi, Arazi, Sosyal kabul edilebilirlik, Güvenirlik, Etkinlik, Kaynaklar	
	Katal, F. ve Fazelpour, F.	VIKOR	Güç, Arazi, Etkinlik, Maliyetler, Emisyon	
	Paşaoğlu, G., Garcia, N. P. ve Zubi, G.	AHP	Teknik, Çevre, Kaynaklar, Maliyetler, Sosyo-ekonomik, Yasalar	Talep, Uygunluk, Know how, Bağımlılık, Yerel ve ulusal ekonomiye katkı, Çevresel etkiler, Maliyetler, Destek
2019	Seddiki, M. ve Bennadji, A.	Fuzzy AHP, Fuzzy Promethee	Ekonomi, Çevre, Sosyal, Teknoloji, Kullanılabilirlik	Maliyetler, Geri ödeme oranı, Üretim, CO_2 emisyonu, Sosyal kabul edilebilirlik, Üretim, Güvenirlik
	Diemuodeke, E. O. ve diğerleri	TOPSIS	Rüzgâr hızı, Güneş radyasyonu, Maliyetler, Dizayn, Isı	
	Zhang, L., Xin, H., Yong, H. ve Kan, Z.	TODIM	Teknik, Çevre, Ekonomik, Sosyal	Teknolojik yeterlilik, Emisyon, Teknolojik etkinlik, Arazi, Maliyetler, İstihdam
2020	Deveci, K., Cin, R. ve Kağızman, A.	Fuzzy CODAS	Teknik, Çevre, Sosyo politik, Ekonomik	Risk, Güvenirlik, Know how, Emisyon, Arazi, Sosyal kabul edilebilirlik, Maliyetler
	Alkan, Ö. ve Albayrak, Ö. K.	Fuzzy COPRAS, MULTI MOORA	Teknoloji, Arazi, Geri ödeme periyodu, Potansiyel, Kâr, Maliyetler, Destekler, Emisyonlar	
	Nguyen, H. T. ve diğerleri	TOPSIS	Emisyon, Güvenilirlik indeksi, Enerji dağıtım sistemi, Talep	

Çizelge 4.11. (Devamı)Yenilenebilir Enerji Kaynağı seçimde kullanılan ÇKKV Yöntemleri

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası	
2021	AbdelBasset, M. ve diğerleri	VIKOR, TOPSIS	Çevresel etkiler, Yönetim, Kapasite, Maliyetler	
	Zhou, P. ve diğerleri	Fuzzy DEMATEL ANP	Teknik, Piyasa, Finansal	Teknolojik alt yapı, Maliyetler, Geri dönüş süresi
	Javed, M. S. ve diğerleri	TOPSIS	Teknik, Çevre, Ekonomik	Sistem güvenilirliği, Kaynak uygunluğu, Emisyon, Arazi, Maliyetler

Çizelge 4.10. kriterler açısından incelendiğinde; Ekonomik, Teknik/Teknolojik, Çevre, Sosyal ve Sosyo-politik ölçütlerinin öne çıktığı; alt kriterlerde ise Maliyetler (İlk yatırım, işletme, idame, bakım), Teknolojik alt yapı, Geri dönüş süresi, Emisyonlar (CO_2, NO_X, SO_X), Arazi, İstihdam (İş gücü) konularına yoğunlaşıldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada tercih edilen ÇKKV Yöntemlerinden biri olan DEMATEL Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları Çizelge 4.12.'de sunulmuştur. Literatür taramasında; işlem adımlarında herhangi bir fark olmadığından dolayı bulanık mantık/dilsel değişkenlerin kullanıldığı Bulanık DEMATEL uygulamaları da dahil edilmiştir.

Çizelge 4.12. DEMATEL Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2010	Shieh, J. I., Wu, H. H. ve Huang, K. K.	-	Sağlık hizmetleri servis kalitesi değerlendirmesi
	Wu, H. H., Chen, H. K. ve Shieh, J. I.	-	Personel istihdam hizmeti performans kriterlerinin değerlendirilmesi
	Chen, J. K. ve Chen, I. S.	-	Yüksek eğitim için orijinal yenilik destek sistemi değerlendirilmesi
	Lee, Y. C. ve diğerleri	-	Teknoloji seçim modelinde kriterlerin değerlendirilmesi
	Liou, J. J. ve Chuang, Y. T.	-	Dış kaynak kullanımı kriterlerinin ağırlıklandırılması
	Tseng, M. L.	+	Performans değerlendirmesi
2011	Liaw, C. S. ve diğerleri	-	Savaş uçağı dijital uçuş kontrol güvenirlik değerlendirilmesi
	Chang, B., Chang, C. W. ve Wu, C. H.	+	Tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlerin değerlendirilmesi
	Hu, H. Y. ve diğerleri	-	Kalite ve performans düzeyini geliştirilmesi

Çizelge 4.12. (Devamı) DEMATEL Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2011	Lee, W. S. ve diğerleri	-	Yatırım kararını etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi
	Wu, H. H. ve Tsai, Y. N.	-	Araç yedek parça endüstrisinde kriter ağırlıklandırılması
2012	Hsu, C. C.	-	Web sayfası/Blog dizaynı tasarımında öne çıkan faktörlerin değerlendirilmesi.
	Jeng, D. J. F. ve Tzeng, G. H.	+	Sağlık profesyonellerinin davranışlarında sosyal etkinin değerlendirilmesi.
	Fan, Z. P., Suo, W. L. ve Feng, B.	-	Bilgi teknolojisi dış kaynak kullanımı
	Varma, K. ve Kumar, K. S.	-	Portföy seçiminde kriter değerlendirilmesi
	Büyüközkan, G. ve Çifçi, G.	+	Yeşil tedarikçi değerlendirilmesi
2013	Baykaşoğlu, A. ve diğerleri	+	Kamyon seçimi kriter ağırlıklandırılması
	Horng, J. S. ve diğerleri	-	Restaurant dizaynını etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi
	Hsu, C. W. ve diğerleri	-	Yeşil tedarik zinciri dış kaynak kullanımı
	Lu, M. T., Lin, S. W. ve Tzeng, G. H.	-	Sağlık sektörü için RFID sistemi değerlendirilmesi
	Aksakal, E. ve diğerleri	-	Personel Seçimi
2014	Li, Y. ve diğerleri	-	Acil yönetimde kritik faktörlerin değerlendirilmesi
	Patil, S. K. ve Kant, R.	+	Tedarik zinciri bilgi yönetimi yatırımı değerlendirilmesi
	Yeh, T. M. ve Huang, Y. L.	+	Rüzgâr santrali yer seçimi
	Liu, H. C. ve diğerleri	-	Yarı ürün (Malzeme) seçiminde kriterlerin ağırlıklandırılması
	Govindan, K., Kannan, D. ve Shankar, K. M.	+	Madencilikte kurumsal sosyal sorumluluk kriterlerinin değerlendirilmesi
2015	Abdullah, L. ve Zulkifli, N.	+	İnsan kaynağı değerlendirilmesi
	Gandhi, S. ve diğerleri	-	Yeşil tedarikçi seçimi
	Akyüz, E. ve Çelik, E	+	Gaz free operasyonlarında kriter ağırlıklandırılması
	Wu, H. H. ve Chang, S. Y.	-	Yeşil tedarikçi seçiminde öne çıkan faktörlerin değerlendirilmesi.
2016	Mirmousa, S. ve Dehnavi, H. D.	+	Tedarikçi seçimi

Çizelge 4.12. (Devamı) DEMATEL Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2016	Lan, S. ve Zhong, R.Y.	-	Finansal değerlendirme
	Park, S. H.	-	Kore adaları için stratejik politika değerlendirmesi
	Asad, M. M., Mohajerani, N. S. ve Nourseresh, M.	-	İnternet bankacılığı müşteri memnuniyeti değerlendirmesi
	Büyüközkan, G. ve Güleryüz, S.	-	Yenilenebilir enerji kaynağı seçimi
2017	Büyüközkan, G., Güleryüz, S. ve Karpak, B.	+	Müşteri ilişkileri yönetici personel değerlendirmesi
	Song, W. ve Cao, J.	-	Ürün-hizmet sistemin hizmet değerlendirmesi
	Pamučar, D. ve diğerleri	+	Kamu ihalesi teklif değerlendirmesi
	George-Ufot, G., Qu, Y. ve Orji, I. J.	+	Elektrik tüketimi minimizyasyonunu etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi
	Muhammad, M. N. ve Cavus, N.	+	Öğrenme yönetim sistem yazılımı değerlendirilmesi
	Liu, H. C. ve diğerleri	+	Elektrikli araçların yayılmasını etkileyen kritik faktörlerin değerlendirilmesi
2018	Quezada, L. E. ve diğerleri	-	Üretim firması stratejik kararlarını etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi
	Ding, X. F. ve Liu, H. C.	-	Acil durum yöntemin kriterlerinin değerlendirmesi.
	Zhou, F. ve diğerleri	+	Tedarik zincirinde sürdürülebilir geri dönüşüm partneri seçimi
	Kumar, A. ve Dixit, G	-	Elektrik ve elektronik atık yönetimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi
2019	Dalvi-Esfahani, M. ve diğerleri	-	Sosyal medya bağımlılığını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi.
	Abdullah, L. ve diğerleri	+	Sürdürülebilir atık yöntemini etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi.
	Li, F. ve diğerleri	-	Petrol boru hattı kazalarına sebep olan etkenlerin değerlendirmesi.
	Zhang, L., Sun, X. ve Xue, H.	-	Kamu-özel sermayesi proje değerlendirmesi
2020	Kılıç, H. S., Demirci, A. E. ve Delen, D.	+	Personel seçimi
	Li, X. ve diğerleri	+	Hidrojen üretim tesisi risk faktör değerlendirmesi

Çizelge 4.12. (Devamı) DEMATEL Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2020	Narayanamoorthy, S. ve diğerleri	-	Yakıt seçimi kriterlerinin değerlendirilmesi
	Maqbool, A. ve Khan, N. Z.	-	COVID-19 engelleme kapsamında halk sağlığı ve sosyal önlemlerin uygulanmasının önündeki engellerin değerlendirilmesi
2021	Trivedi, A., Jakhar, S. K. ve Sinha, D.	-	İç suların sürdürülebilir taşıma sistemi kriterlerinin değerlendirilmesi
	Altuntaş, F. ve Gök, M. S.	-	COVID-19 Pandemisinin yerel turizme etkileri
	Khalilzadeh, M., Shakeri, H. ve Zohrehvandi, S.	+	Petrol ve gaz projelerinde risk kriterlerinin değerlendirilmesi.
	Mangla, S. K. ve diğerleri	-	Gelişen ekonomilerin gıda güvenliği girişimlerinin karşılaştığı zorlukların değerlendirilmesi
	Tsai, P. H. ve Chen, C. J.	-	TV oyun konsolu endüstrisinin iş stratejilerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.12. incelendiğinde DEMATEL Yönteminin çok değişik problem sahalarında kullanıldığı görülmektedir.

SWARA Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları, işlem adımlarında herhangi bir fark olmadığından dolayı bulanık mantık/dilsel değişkenlerin kullanıldığı Bulanık SWARA uygulamaları da dahil edilerek Çizelge 4.13.'de sunulmuştur. SWARA Yöntemi 2011 yılında önerildiğinden literatür taraması 2011 yılından başlamaktadır.

Çizelge 4.13. SWARA Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2011	Keršuliene, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z.	-	Anlaşmazlıkların çözümünde belirlenen kriterlerin değerlendirmesi
	Keršulienė, V. ve Turskis, Z	-	Mimar seçimi
2013	Zolfani, S. H. ve diğerleri	-	Alış veriş merkezi yer seçimi
	Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K.	-	Kırsal Alanların Yerel İklime Dayalı Bina Yapılarının Sürdürülebilir Gelişimi
	Volvačiovas, R. ve diğerleri	-	Kamu binaları güçlendirme stratejisi seçimi

Çizelge 4.13. (Devamı) SWARA Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2013	Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K.	-	Makine elemanı seçimi
2014	Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K.	-	Otomobil fabrikası yedek parça tedarikçi değerlendirmesi
	Vafaeipour, M. ve diğerleri	-	Güneş enerjisi santrali proje değerlendirmesi
	Zolfani, S.H. ve Bahrami, M.	-	Yüksek teknoloji ürünleri yatırım tercihi değerlendirmesi
2015	Dehnavi, A. ve diğerleri	-	Doğal afetlere (Toprak kayması) duyarlı alanların belirlenmesi
2016	Işık, A. T. ve Adalı, E. A	-	Otel seçimi
2017	Zavadskas, E. K. ve diğerleri	-	Bina inşaatı malzeme seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıklandırılması
2018	Eghbali-Zarch, M. ve diğerleri	-	Tip-2 diyabet hastaları için tedavi yöntemini belirleyen kriterlerin değerlendirmesi
	Zarbakhshnia, N., Soleimani, H. ve Ghaderi, H	+	Tersine lojistik hizmetlerinde 3PL firma değerlendirmesi
	Zolfani, S. H. ve diğerleri	-	Otel inşaat projesi değerlendirilmesi
	Tadić, S., Zečević, S. ve Krstić, M	+	Sürdürülebilir şehir içi taşıma politikası kriterlerinin belirlenmesi
2019	Prajapati, H., Kant, R. ve Shankar, R.	-	Tersine lojistikte engellerin değerlendirilmesi
	Pourghasemi, H. R. ve diğerleri	-	Doğal afet tehlikesi olan yerlerin değerlendirilmesi
	Popovic, G. ve diğerleri	-	Otel yeri seçimi
	Erdoğan, S. ve diğerleri	-	Yakıt seçimi
2020	Agarwal, S., Kant, R. ve Shankar, R.	+	İnsani yardım tedarik zinciri değerlendirmesi
	Ghenai, C., Albawab, M. ve Bettayeb, M.	-	Yenilenebilir enerji kaynağı sürdürülebilirlik göstergelerinin değerlendirilmesi
	Yücenur, G. N. ve diğerleri	-	Bio-gaz tesisi yer seçimi
	Kaya, S. K. ve Erginel, N.	+	Hava alanı tasarımda kriterlerin değerlendirilmesi
	Supciller, A. A. ve Toprak, F.	+	Rüzgâr türbini seçimi

Çizelge 4.13. (Devamı) SWARA Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	Bulanık (Dilsel)	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2021	Yücenur, G. N. ve İpekçi, A.	-	Enerji tesis/yer seçimi
	Bac, U., Alaloosi, K. A. M. S. ve Turhan, C.	-	İklimlendirme aygıtı seçimi

Çizelge 4.13. incelendiğinde SWARA Yönteminin de çok değişik problem sahalarında kullanıldığı görülmektedir. Çizelge 4.14.'te SMAA Yöntemlerine ilişkin literatür taraması sunulmuştur. SMAA Yöntemleriyle yapılan yayın sayısının az olması nedeni ile önerildiği yıl olan 1998'den itibaren literatür taraması yapılmıştır.

Çizelge 4.14. SMAA-2 Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	SMAA Yöntemi	Kullanım Alanı/Problem Sahası
1998	Lahdelma, R., Hokkanen, J. ve Salminen, P.	SMAA	Belediye genel plan seçimi
	Hokkanen, J. vediğerleri	SMAA-3	Arazi seçimi
1999	Miettinen, K. ve Salminen, P.	SMAA-3	Atık yönetimi değerlendirmesi
	Hokkanen, J., Lahdelma, R. ve Salminen, P.	SMAA	Liman yeri seçimi
2000	Lahdelma, R., Salminen, P. ve Hokkanen, J.	SMAA	Çevre planlaması ve yönetimi
	Hokkanen, J., Lahdelma, R. ve Salminen, P.	SMAA-2	Kirli toprağın temizlenmesi amacıyla teknolojik rekabete dayalı aday firma seçimi
2001	Lahdelma, R. ve Salminen, P.	SMAA-2	Liman yeri seçimi
2002	Lahdelma, R., Salminen, P. ve Hokkanen, J.	SMAA-O	Atık değerlendirme tesisi yer seçimi
2003	Lahdelma, R., Miettinen, K. ve Salminen, P.	SMAA-O	Atık değerlendirme siteminde kullanılacak kriterlerin sıralanması
	Kangas, J. ve Kangas, A.	SMAA-O	Doğal kaynak karar analizi
	Makkonen, S. ve diğerleri	SMAA-2	Liberal piyasada elektrik dağıtıcısının stratejik karar tercihi değerlendirmesi

Çizelge 4.14. (Devamı) SMAA-2 Yönteminin kullanıldığı alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	SMAA Yöntemi	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2003	Kangas, J. ve diğerleri	SMAA-2	Orman ekosistem yönetimi
2005	Lahdelma, R., Miettinen, K. ve Salminen, P	Ref-SMAA	Tedarikçi seçimi
2008	Tervonen, T., Hakonen, H. ve Lahdelma, R	SMAA-2	Asansör planlaması
2009	Tervonen, T. ve diğerleri	SMAA-TRI	Nano malzeme sınıflandırması
2010	Menou, A. ve diğerleri	SMAA	Havayolu kargo taşımacılığı merkezileştirme
2011	Tervonen, T. ve diğerleri	SMAA-2/ Meta Analiz	İlaç fayda-risk analizi
2012	van Valkenhoef, G. ve diğerleri		
2013	Kadziński, M. ve Tervonen, T.	SMAA	Ülke yönetim şekli (Rejim) değerlendirmesi
2014	Tervonen, T.	JSMAA	JSMAA yazılımı tanıtılması
	Corrente, S., Figueira, J. R. ve Greco, S.	SMAA-Promethee	Otomobil tercihi
	Okul, D., Gencer, C. ve Aydogan, E. K.	SMAA TOPSIS	Hafif makineli tüfek seçimi
2015	Kontu, K. ve diğerleri	SMAA-2	Isı sistemi tercihi
	Atici, K. B. ve diğerleri	SMAA-TRI	Rüzgâr santrali yer seçimi
2016	Durbach, I. N. ve Calder, J. M.	SMAA	SMAA-MAUT karşılaştırması
	Jung, N. ve diğerleri	SMAA-2	Yenilenebilir enerji teknolojisi kabul edilebilirlik analizi
	Kurtulmuşoğlu, F. B., Can, G. F. ve Tolon, M.	SMAA-2	Havayolu yolcularının tercihlerinin değerlendirilmesi
	Rahman, M. M. ve diğerleri	SMAA-2	Enerji politikaları değerlendirmesi
2017	Zhang, W., Ju, Y. ve Gomes, L. F. A. M.	SMAA TODIM	Konut seçimi
	Wang, H. ve diğerleri	SMAA	Isıtma sistemi değerlendirmesi

Çizelge 4.14. (Devamı) SMAA-2 Yönteminin kullanıldığı Alanlar/problem sahaları

Yıl	Yazar(lar)	SMAA Yöntemi	Kullanım Alanı/Problem Sahası
2017	Loikkanen, O., Lahdelma, R. ve Salminen, P.	SMAA	Sürdürülebilir enerji ihtiyacının karşılanması
	Eroğlu, Ö. ve Gencer C.	Fuzzy DEMATEL SMAA-2	Bakım/onarımda tercih edilen yöntemlerin değerlendirilmesi
2018	Prado, V. ve Heijungs, R.	SMAA	Nicel çevre değerlendirmesi
	Arcidiacono, S. G., Corrente, S. ve Greco, S.	GAIA-SMAA-Promethee	İlaç şirketi finansal değerlendirmesi
	Zhu, F., Zhong, P. A. ve Sun, Y.	SMAA TOPSIS	Sel kontrol (Rezervuar akış kontrol) operasyonu kriterlerinin değerlendirilmesi
2019	Govindan, K., Kadziński, M., Ehling, R. ve Miebs, G.	ELECTRE SMAA	3 PL firma tercihi
	Song, S., Yang, F. ve Xia, Q.	SMAA	Proje portföyü ve zamanlaması tercihi
	Zhu, F. ve diğerleri	SMAA-GRA	Su kaynağı yönetimi değerlendirmesi
2020	García-Cáceres, R. G.	SMAA-M	Sağlık sektörü tedarik zinciri değerlendirilmesi
	Mi, X. ve Liao, H.	SMAA CoCoSo	Yenilenebilir enerji kaynağı seçimi
	Yu, S., Duan, H. ve Cheng, J.	SMAA TRI	Metal minerali tedariki stratejik risk değerlendirmesi
	Durmaz, K. ve Gencer, C.	SWARA SMAA-2	Savaş uçağı seçimi
2021	Yang, Z., Wang, Y. ve Peng, T.	SMAA	Su kaynağı yönetimi
	Fu, Y., Lai, K. K. ve Yu, L.	SMAA-2	Ülkelerin enerji kaynağı değerlendirmesi

Çizelge 4.14. incelendiğinde SMAA Yöntemi de diğer çok kriterli karar verme yöntemleri gibi birçok formasyonda ve birçok gerçek hayat problemlerinde kullanıldığı görülmektedir.

BORDA Sayım Yöntemi; seçim teorisinde bir oylama yöntemi olmakla beraber birçok çalışmada kullanılmıştır. García-Lapresta, Martínez-Panero ve Meneses (2009); çalışmalarında Borda Sayım Yöntemini dilsel değişkenlerle yeniden tanımlayarak 15 farklı örnekte uygulama çalışması yapmıştır. Perez, Cament ve Castillo (2011) çalışmalarında BORDA Sayım Yöntemini kullanarak; yüz tanıma yazılımlarında kullanılan proses

süresinin azaltılması ve geliştirilmesi için Borda Sayım Yöntemini genetik algoritma ile entegre etmişlerdir. Zahid ve De Swart (2015), aday değerlendirme sonuçlarını yeniden ele alarak bir sıralama örneği oluşturmuşlardır. Qiu, Dosskey ve Kang (2016); tarım arazi önceliklendirme konulu çalışmalarında dilsel değişkenlerle Borda Sayım Yöntemini genişleterek tespit ettikleri kriterleri değerlendirmiştir.

Bu bölümde; tercih edilen matematiksel yöntemlerin literatür taraması mümkün olduğunca çok konuda ve çeşitli şekilde sunulmuştur. Sonuç olarak tercih edilen dört yönteminde çok çeşitli gerçek hayat problemlerinde uygulandığı, dilsel değişkenler veya diğer matematiksel yöntemlerle birlikte hibrit kullanımının olduğu tespit edilmiştir.

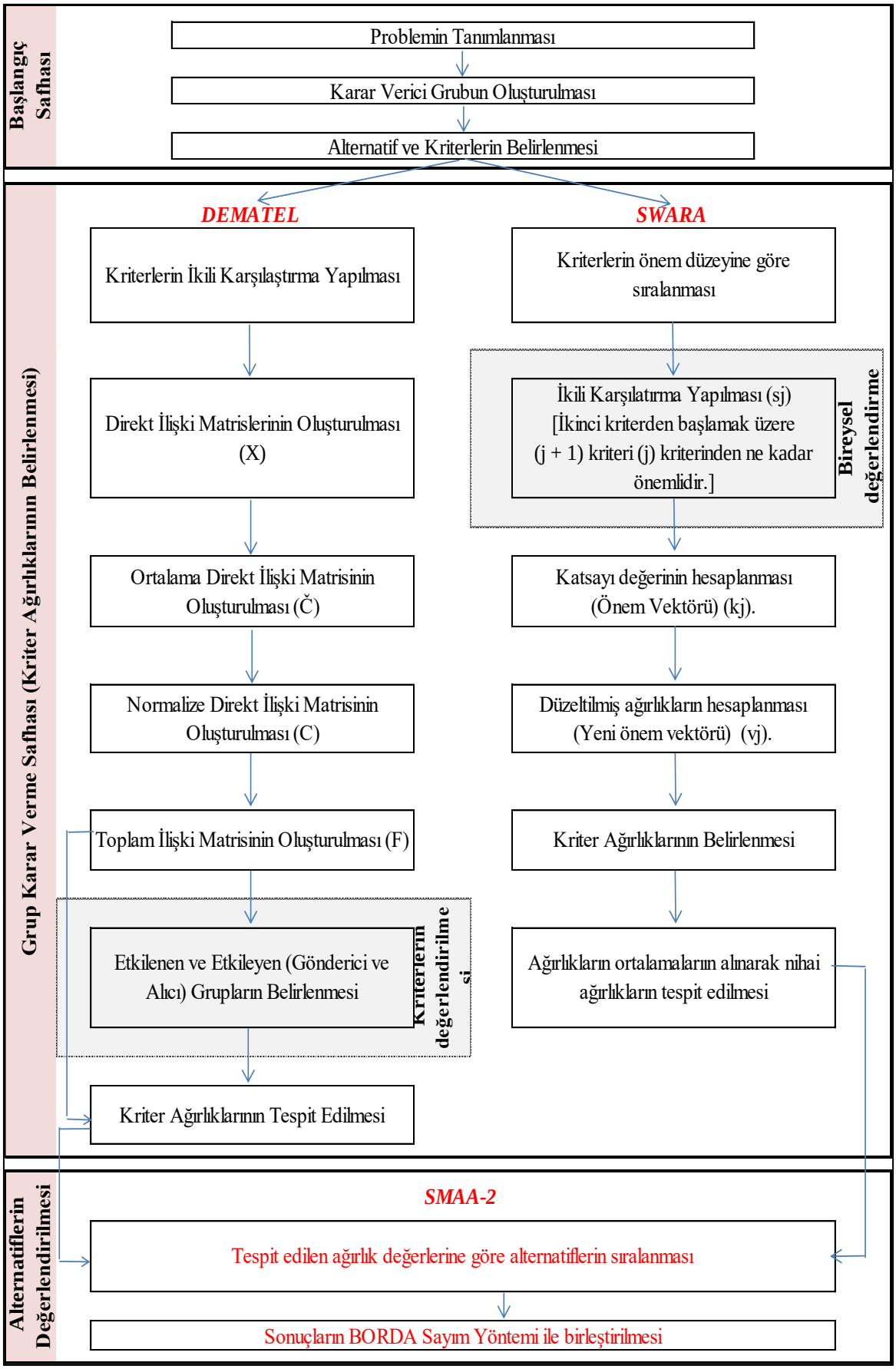
5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI SEÇİMİ

Bu çalışmada; askeri üs bölgesi olarak kullanılabilecek 5 bölge için belirlenen 8 alternatif yenilenebilir enerji kaynağının hangisinin kullanılabileceği, tespit edilen 13 kriter ile 10 uzman personelin görüşleri kapsamında değerlendirilmiştir. Belirlenen 5 bölgenin her biri 3 000 kişiden fazla personel barındırmaktadır. Çalışmada; kriter ağırlıklandırmaları iki ayrı ÇKKV Yöntemi; SWARA ve DEMATEL Metotları ile belirlenmiş, en uygun alternatifin seçimi ise ayrı ayrı SWARA ve DEMATEL Metotlarından alınan ağırlık bilgileri çerçevesinde SMAA-2 Yöntemi ile tespit edilmiştir. Ayrıca SMAA-2 Yönteminin özelliği olan ağırlık bilgisi olmadan (Ordinal) ve hiçbir ağırlık bilgisi ya da kriter öncelik sıralaması olmadan (Missing Information) çözüm yöntemleri de değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm alternatif seçim bilgileri BORDA Sayım Yöntemi ile birleştirilerek nihai sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada SWARA ve DEMATEL Yöntemleri ile ağırlıkların belirlenmesinde başka problem tiplerinde de uygulanabilecek, işlemlerin hızlıca yapılabilmesi maksadıyla ayrı ayrı Visual Basic tabanlı yazılımlar oluşturulmuştur. Buradan elde edilen çıktıların SMAA-2 Yöntemi için girdi olarak kullanılabileceği bir Karar Destek Sistemi önerilmiştir. Önerilen Karar Destek Sistemi Şekil 5.1.'de sunulmuştur.

Uygulama tespit edilen 13 kriter üzerinden, askeri unsurlar için yapıldığından tespit edilen 13 kriterden "Yatırım/Kurulum Maliyetleri" kriteri çıkarılarak 12 kriter üzerinden ve "Yatırım/Kurulum Maliyetleri ve İklim Değişimi/Doğal Afetler" kriterleri çıkarılarak 11 kriter üzerinden olmak üzere üç farklı senaryo ile yapılmıştır.

Ayrıca her senaryo içinde SMAA-2 Yönteminin eksik bilgi ile de çözüm sunması özelliği nedeni ile ilave olarak kriter ağırlıklarının (Cardinal) olduğu, kriter ağırlıkları yerine kriter önem sıralamalarının (Ordinal) olduğu ve hiçbir ağırlık/sıralama bilgisinin olmadığı (Missing) uygulamalarda yapılmıştır. Toplam 75 farklı durum değerlendirilerek karar vericilere sunulmuştur.



Şekil 5.1. Karar Destek Sistemi

5.1. Problemin Tanımlanması

Üs bölgelerinin enerji ihtiyacı 3'üncü bölümde anlatılmıştır. Askeri kurumlarda genellikle aydınlatma (Çevre dahil), ısınma, bekâ (Sıcak su, yemek, soğuk hava depoları vb.), bakım/onarım konuları ve özellikle teknoloji yoğun teçhizatın bekâsı/çalıştırılması/şarj edilmesi vb. faaliyetlerde enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Mevcut kışla/üs bölgeleri genellikle uzun süredir konuşlanılan ve zaman içinde ilave tesislerle geliştirilmiş/genişletilmiş ve buna bağlı olarak enerji kaynakları da çeşitlenmiş tesislerdir. Enerji ihtiyacı elektrik, doğal gaz, fuel-oil, benzin, motorin, kömürden ilgili teknik şartnamelere göre tedarik edilerek karşılanmaktadır. Yine herhangi bir kesinti olduğunda ise yedeklenmiş (jenaratör vb.) tesislerle de desteklenme yoluna gidilmiştir. Büyük il ve ilçelerdeki kışlalar hariç tesislerin çoğu yerleşim yerlerine uzak alanlarda konuşlanmıştır.

Ülke güvenliğinde önem arz eden askeri tesislerin enerji ihtiyacı kapsamında yaşadığı problemleri; sık elektrik kesintileri ve müdahalenin gecikmesi (Sorumlu birimin ulaşım sıkıntısı, elektrik dağıtımı hususunun özelleştirilmesi sebebi ile firma öncelikleri, vb.), ilgili yönetmelikler gereği kompanzasyon panosu takılması ve işletilmesi (İşletmeye ilişkin personel istihdamı), ilgili yönetmelikler gereği faturalara yansıyan reaktif bedel ile gecikme faizlerinin kişilerden rücu edilmesi, arızaya müdahalede yetki karmaşası (OG hatlarının yüklenici firma sorumluluğunda olması), kazan dairesi işletilmesi kapsamında zehirlenmeler, kazancı olarak görevlendirilen personelin diğer görevlere katılamayışı, kazan dairelerinin bakımı, basınç testleri ile baca temizlikleri, kazan dairesi arızalarına müdahale, LPG tüplerinin emniyetle depolanması sorunu, gaz kaçakları ile sık bütünleme ihtiyacı ile bazı üs bölgelerine ulaşım sorunları nedeni ihtiyaç duyulan yer ve zamanda hizmetin götürülememesi, özellikle gözetleme kulelerinde elektrik kesintilerinin üs bölgesi güvenliğini zora sokması, elektrik kesintileri sebebi elektronik cihazlarda sık arıza olması (kamera vb.), jeneratörlere yakıt ikmali güçlüğü, jeneratörlerin bakım sıklığı ile çıkardığı gürültünün üs bölgesinin emniyetine etkisi olarak sıralanabilir.

Bu kapsamda; ülkemizin yenilenebilir enerji kaynağı açısından şanslı bir konumda bulunmasını da göz önüne alarak üs bölgelerinin öncelikle kendi kendine yetmesi, gereksiz iş gücü kaybının önüne geçilmesi, askeri birliklerin öncelikle kadro görevlerine yönelik olarak eğitim, atış ve spor konularına yönelmesi maksadıyla çevreyi kirletmeyen ve enerji

maliyetlerini ve buna bağlı olan diğer maliyetleri de azaltan bir sistem kurulması hedeflenmiştir.

Bu çerçevede; askeri kışla/üs bölgelerinde komutanlık/yöneticilik yapmış ve bu konularda çalışmış personelden 10 kişilik bir uzman grup oluşturulmuştur. Çalışmanın; rüzgâr ve güneş enerji potansiyeli açısından elverişli/verimli 5 bölgede ve en az 3 000 personelin bulunduğu kışlalarda yapılmasına karar verilmiştir. Kriterler ve alternatifler ile çözüm konusunda kullanılacak ÇKKV yöntemleri literatür taraması ve uzman görüşlerinden istifade edilerek askeri ihtiyaçları karşılayacak şekilde tespit edilmiştir.

5.2. Bölgelerin Özellikleri

Bu bölümde; yenilenebilir enerji santrali kurulabilecek şartları sağlayan askeri bölgelerin bulunduğu coğrafya itibariye kısaca özellikleri değerlendirilecektir.

5.2.1. A Bölgesi

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Karadeniz Bölgesi'ne komşu olduğu kuzeydoğu kesiminde yüksek ve engebeli arazide konuşludur. Ortalama yüksekliği 1800-2000 m. arasındadır.

Kışları soğuk, yazları ılık, her mevsim yağışlı olan bölgede nemli orta enlem iklimi hakimdir. Yıllık ortalama sıcaklık 3,8 °C'dir. Temmuz, Ağustos aylarında ortalama sıcaklık 16,3 °C, maksimum sıcaklık 35 °C'dir. Yıllık ortalama yağış 551 mm.'dir. Rüzgâr hızı ortalama 2,1 m/sn. ve maksimum 32 m/sn.'dir.

Üs bölgesinin bulunduğu konum itibari ile yeryüzü şekilleri düz ve sadedir. Bölgedeki en yüksek yerin rakımı 1960 metredir. Bölgede kış erken başlar ve ortalama 30 gün süre ile kar yerde kalır. Güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı, güneş ve rüzgâr santralleri inşa etmek için uygundur. İklim genellikle güneşli ve berraktır.

5.2.2. B Bölgesi

Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz bölümünde yer alır. Arazisinin yaklaşık %18'ini tarım, % 64'ünü orman alanları oluşturmaktadır. Ortalama rakım 1000 m.dir. Genellikle Batı

Karadeniz ve Karadeniz iklim tiplerinin içinde yer almaktadır. Ortalama günlük güneşlenme süresi 5 saat 49 dakika, yıllık yağış 536 mm., yıllık ortalama yağışlı gün sayısı ise 137'dir. Hakim bitki örtüsü ormanlardır.

Üs bölgesi bulunduğu konum itibari ile iklimi sert olmasına rağmen rüzgâr yoğunluğu ve güneş radyasyonu açısından santral kurulumuna uygundur. Santralin inşa edilmesi planlanan yerlerde karlı gün sayısı yok denecek kadar azdır.

5.2.3. C Bölgesi

Türkiye'nin güney doğusunda yer almaktadır. Bölgenin % 87'si dağlık % 10'u plato ve % 3'ü ovadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Doğu Anadolu Bölgesi'nin en çok yağış alan yerlerinden biridir. En çok yağış ilkbaharda düşmekle beraber kışın kar örtüsü uzun süre yerde kalabilmektedir. İlkbaharda düşen yağışlar aylık olarak 100 mm.'yi geçmektedir.Yıllık yağış yaklaşık 800 mm'dir.Yıllık sıcaklık ortalaması 10 °C'dir. Kış ve yaz ayları arasındaki sıcaklık farkı oldukça fazladır. Üs bölgesinde bulunduğu konum itibari ile santral kurulumuna uygun alanlar mevcuttur.

5.2.4. D Bölgesi

D Bölgesi Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde yer almaktadır. Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş iklimine sahiptir. Kışları serin ve yağışlı yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Bitki örtüsü; % 40'ı orman ve fundalık, % 20'si çayır ve mera, % 16'sı ekili ve dikili araziler, % 24'ü ise tarıma elverişli olmayan çıplak kaya, molozluklar ve su yüzeylerinden oluşur. Bölgede yenilenebilir enerji santralleri mevcuttur. Üs bölgesinde bulunduğu konumu itibari santral kurulumuna uygun alanlar mevcuttur.

5.2.5. E Bölgesi

E Bölgesi; Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Genelde karasal iklim özellikleri görülmektedir. Kış ayları soğuk geçmektedir. Yaz ayları güneyden gelen çöl iklimi etkisi altında olduğu için kurak geçer. Arazi oldukça düz ve tarım alanları ile meralardan oluşmaktadır. Ortalama yükseklik 1000 m.dir. Üs bölgesinde bulunduğu konum itibari ile santral kurulumuna uygun alanlar mevcuttur.

5.3. Alternatifler

Birlik mevcutları ve yenilenebilir enerji potansiyeline istinaden seçilen bölgelerin kaynakları incelenmiş ve genel olarak bu bölgelerde santral kurulumuna elverişli güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarının yer aldığı tespit edilmiştir. Bu çerçevede literatürde yer alan çalışmalar ve sahada inşaa edilmiş enerji santralleri incelenerek aday bölgelerde yatırım yapılabilecek 8 çeşit alternatif enerji tesisi belirlenerek aşağıda sunulmuştur.

Alternatif-1 (A-1): 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin rüzgâr enerji potansiyeli ve üs bölgesinin genişliğine göre gücü en fazla 1 MW'a kadar olan enerji santrali.

Alternatif-2 (A-2): 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin güneş enerjisi potansiyeli ve üs bölgesini genişliğine göre gücü en fazla 1 MW'a kadar olan enerji santrali.

Alternatif-3 (A-3): 5 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES> 1 MW); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin rüzgâr enerji potansiyeli, üs bölgesinin genişliği ve üs/kışlanın gelişim planına göre gücü en fazla 5 MW olan enerji santrali.

Alternatif-4 (A-4): 5 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES> 1 MW); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, üs bölgesinin genişliği ve üs/kışlanın gelişim planına göre gücü en fazla 5 MW olan enerji santrali.

Alternatif-5 (A-5): Hibrit:1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali +1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (RES+GES); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin rüzgâr/güneş enerjisi potansiyeli, bölgesinin genişliği, kışla gelişim planına göre birbirine entegre ve gücü en fazla 1 MW olan enerji santrali.

Alternatif-6 (A-6): Hibrit:1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali + 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali+Depolama (RES+GES+Depolama); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin rüzgâr/güneş enerjisi potansiyeli, bölgesinin genişliği, kışla gelişim planı ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünün (YEGM) yeni proje olarak başlattığı; 76 kWh enerji kapasiteli Li-İon hücreli bir enerji depolama sistemi (10 inçlik konteyner içerisine yerleştirilen sistem,

60 dk-120 dk deşarj kapasiteli, 60 dk – 600 dk şarj süresine sahip olup % 95 ve üzeri şarj/deşarj verimliliğine sahiptir.) ile birbirine entegre ve gücü en fazla 1 MW olan enerji santrali.

Alternatif-7 (A-7): 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali + Depolama (RES+DEPO); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyeli, bölgesinin genişliği, kışla gelişim planı ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünün (YEGM) yeni proje olarak başlattığı; 76 kWh enerji kapasiteli Li-İon hücreli bir enerji depolama sistemi (10 inçlik konteyner içerisine yerleştirilen sistem, 60-120 dak. deşarj kapasiteli, 60–600 dak. şarj süresine sahip olup % 95 ve üzeri şarj/deşarj verimliliğine sahiptir.) ile birbirine entegre ve gücü en fazla 1 MW olan enerji santrali.

Alternatif-8 (A-8): 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali + Depolama (GES+DEPO); üs bölgesinin bulunduğu bölgenin güneş enerjisi potansiyeli, bölgesinin genişliği, kışla gelişim planı ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünün (YEGM) yeni proje olarak başlattığı; 76 kWh enerji kapasiteli Li-İon hücreli bir enerji depolama sistemi (10 inçlik konteyner içerisine yerleştirilen sistem, 60 dk-120 dk deşarj kapasiteli, 60 dk - 600d k şarj süresine sahip olup % 95 ve üzeri şarj/deşarj verimliliğine sahiptir.) ile birbirine entegre ve gücü en fazla 1 MW olan enerji santrali.

5.4. Kriterlerin Belirlenmesi

Kriterlerin belirlenmesinde öncelikle literatür taraması yapılmış; yenilenebilir enerji kaynaklarının seçiminde kullanılan kriterler tespit edilerek açıklamaları ile birlikte uzmanların görüşüne sunulmuştur. Literatürde tespit edilen kriterler ve yenilenebilir enerji kaynağı seçimine ilişkin tercih edilen ÇKKV Yöntemleri 4'üncü bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.

Uzmanların kriterleri değerlendirmesi ve askeri ihtiyaçları da karşılayan ilaveler yapması ile 13 kriter üzerinde görüş birliği sağlanarak aşağıda sunulmuştur.

Kriter-1 (K-1) Hava araçlarına etki: Kurulacak santralin hava araçlarının iniş/kalkış ve yaklaşma istikametlerine etkileri bu kriterde değerlendirilmiştir. Örneğin rüzgâr santrali maksadı ile kurulacak bir veya birden fazla rüzgâr gülü helikopterlerin iniş/kalkışı ve

yaklaşma istikametlerini etkilerken, güneş enerji santrali ise hava araçlarına ait pistlerin yerini değiştirebilmektedir. Ayrıca kurulacak santralin cinsi veya yeri sebebi ile gönderilecek/alınacak personel ve malzemenin ulaşımı için ilave kara yolu intikaline de ihtiyaç duyulabileceğinden ulaştırma maliyetlerinin de artabileceği değerlendirilmiştir. Bu kriter karar vericiler tarafından önem düzeyine göre sıralanmıştır. 1 en yüksek öneme sahip 8 en düşük öneme sahiptir. Kriter-1 (K-1)'e ait bilgiler Çizelge 5.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Kriter-1 bilgileri

Alternatifler	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	4	4	4	4	4
A-2: GES_1 MW	1	1	1	1	1
A-3: RES>1 MW	6	6	6	6	6
A-4: GES>1 MW	3	3	3	3	3
A-5: RES+GES	7	7	7	7	7
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	8	8	8	8	8
A-7: RES+DEPOLAMA	5	5	5	5	5
A-8: GES+DEPOLAMA	2	2	2	2	2

Kriter-2 (K-2) İstihbarat: Üs bölgelerinin terör, sabotaj ve saldırılara karşı hassasiyeti bu kriter ile ele alınmaktadır. Üs bölgeleri kullanım şekilleri ve içinde barındırdığı birlik tipine göre her an mütecaviz unsurların öncelikli hedefleri arasındadır. Üs bölgesine tesis edilecek bir enerji santralinin de mütecavizin hedef önceliğini değiştireceği uzmanlarca değerlendirilmiştir. Kurulacak tesisin büyüklüğü de hedef olma önceliğinin artmasına sebebiyet vereceği gibi özellikle terör eylemleri veya sabotajlara karşı daha hassas hale gelmesine sebebiyet verecektir. Bu kriterde uzmanlarca seçilecek enerji santralin büyüklüğüne göre hassasiyeti değerlendirilecektir. Bu kriter karar vericiler tarafından 1-3 arasında değer verilerek etki düzeyi belirlenmiştir. 1 istihbarat konusunda en az etkili, 3 en çok etkili olarak belirlenmiştir. Kriter-2 (K-2)'e ait karar verici bilgileri Çizelge 5.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Kriter-2 bilgileri

Alternatifler	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	1	1	1	1	1
A-2: GES_1 MW	1	1	1	1	1
A-3: RES>1 MW	2	2	2	2	2
A-4: GES>1 MW	2	2	2	2	2
A-5: RES+GES	3	3	3	3	3
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	3	3	3	3	3
A-7: RES+DEPOLAMA	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
A-8: GES+DEPOLAMA	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Kriter-3 (K-3) Güneş radyasyonu ortalaması: Kurulacak tesisin bulunduğu bölgedeki ortalama güneş radyasyonu miktarıdır. Bu kriter seçilecek aternatifin çeşidi ve yerinin tespitinde kilit rol oynamaktadır. Bu kapsamda; güneş radyasyonu ortalaması aday bölgelerin GEPA verilerinden istifade edilerek en düşük ve en yüksek ortalama gün seviyeleri belirlenmiş ve hesaplamaya dahil edilmiştir. Bilgileri Çizelge 5.3.'te sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Kriter-3 bilgileri

Alternatifler	(KWh/m^2-Gün)				
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	0	0	0	0	0
A-2: GES_1 MW	1,45-6,85	1,32-6,21	1,98-7,01	1,82-6,73	1,8-6,83
A-3: RES>1 MW	0	0	0	0	0
A-4: GES>1 MW	1,45-6,85	1,32-6,21	1,98-7,01	1,82-6,73	1,8-6,83
A-5: RES+GES	1,45-6,85	1,32-6,21	1,98-7,01	1,82-6,73	1,8-6,83
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	1,45-6,85	1,32-6,21	1,98-7,01	1,82-6,73	1,8-6,83
A-7: RES+DEPOLAMA	0	0	0	0	0
A-8: GES+DEPOLAMA	1,45-6,85	1,32-6,21	1,98-7,01	1,82-6,73	1,8-6,83

Kriter-4 (K-4) Verimlik/Etkinlik: Bu kriter enerji potansiyelinin tamamının teknik koşullar sebebi ile elektrik enerjisine dönüştürülememesinden kaynaklı olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Güneş enerjisiden elektrik üretiminde; gelen ışınımın yoğunluğu, güneşlenme süresi, güneşin geliş açısı, en uygun verimlilik sıcaklığı, kullanılan malzemenin yapısı gibi temel parametreleri de değerlendirerek GEPA haritalarında yer alan potansiyelin % 30-35'i olarak değerlendirilmiştir. Rüzgâr enerji santralinden elektrik üretimi için ise aerodinamik kayıplar ve mekanik kayıplar göz önünde bulundurularak REPA haritalarında yer alan potansiyelin % 25-30'u olarak değerlendirilmiştir. Bilgileri Çizelge 5.4.'te sunulmuştur.

Çizelge 5.4. Kriter-4 bilgileri

Alternatifler	(KWh/m^2-Yıl)				
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	400 000-750 000				
A-2: GES_1 MW	200 000-325 000				
A-3: RES>1 MW	400 000-375 000				
A-4: GES>1 MW	260 000-585 000				
A-5: RES+GES	600 000- 1 114 000				
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	627 000-1 167 000				
A-7: RES+DEPOLAMA	427 000-777 000				
A-8: GES+DEPOLAMA	227 00-417 000				

Kriter-5 (K-5) Arazi ihtiyacı: Kurulacak enerji santralinin eğitim alanlarına etkisi incelenmiştir. Askeri birliklerin barış zamanında öncelikli görevi sefere hazırlık kapsamında eğitim yapmalarıdır. Eğitimler tek erden birlik seviyesine kadar büyüyen ölçekte planlandığından özellikle mürettabatlı eğitimler ile tatbikatlarda eğitim alanının oldukça geniş ve gerçeği yansıtacak şekilde olması gerekmektedir. Güneş enerjisi santrali kurulumu eğitim alanını direkt olarak etkilemektedir. Ancak üs bölgesi taktik bir birliğin konuşlu olduğu bir arazi ise, eğitim alanına daha fazla ihtiyaç duyulduğu; bir lojistik tesis ise, eğitim alanına daha az ihtiyaç duyulduğu göz önüne alınmıştır. Ayrıca üs/kışla bölgesinin gelişim planına göre santrali gücünün büyüklüğünü de bu kriter altında değerlendirilmiştir. Bu kriter karar vericiler tarafından önem düzeyine göre sıralanmıştır. 1 en yüksek öneme sahip 8 en düşük öneme sahiptir. Kriter-5 (K-5)'e ait bilgiler Çizelge 5.5.'te sunulmuştur.

Çizelge 5.5. Kriter-5 bilgileri

Alternatifler	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	4	4	4	4	4
A-2: GES_1 MW	1	1	1	1	1
A-3: RES>1 MW	6	6	6	6	6
A-4: GES>1 MW	3	3	3	3	3
A-5: RES+GES	7	7	7	7	7
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	8	8	8	8	8
A-7: RES+DEPOLAMA	5	5	5	5	5
A-8: GES+DEPOLAMA	2	2	2	2	2

Kriter-6 (K-6) Enerji kapasitesi: REPA ve GEPA haritalarında elde edilen potansiyel enerji verileridir. YEGM kaynaklarından bölgesel olarak istifade edilmiştir. Bilgileri Çizelge 5.6.'da sunulmuştur.

Çizelge 5.6. Kriter-6 bilgileri

Alternatifler	(KWh/m^2-Yıl)				
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	2 000 000-2 500 000				
A-2: GES_1 MW	1 000 000-1 300 000				
A-3: RES>1 MW	2 000 000-7 5000 00				
A-4: GES>1 MW	1 000 000-5 000 000				
A-5: RES+GES	1 500 000-3 800 000				
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	1 527 000-3 827 000				
A-7: RES+DEPOLAMA	2 027 000-2 527 000				
A-8: GES+DEPOLAMA	1 027 000-1 327 000				

Kriter-7 (K-7) Toplam arazi: Tercih edilen aday bölgelerde rüzgâr enerji santrali kurulabilecek ve rüzgâr hızı 7 m/sn ve üzerinde olan uygun arazi alanıdır. REPA verilerinden alınmıştır. Bilgileri Çizelge 5.7.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.7. Kriter-7 bilgileri

Alternatifler	(km^2)				
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	1,84	23,42	5,89	284,62	101
A-2: GES_1 MW	0	0	0	0	0
A-3: RES>1 MW	1.84	23,42	5,89	284,62	101
A-4: GES>1 MW	0	0	0	0	0
A-5: RES+GES	1.84	23,42	5,89	284,62	101
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	1.84	23,42	5,89	284,62	101
A-7: RES+DEPOLAMA	1.84	23,42	5,89	284,62	101
A-8: GES+DEPOLAMA	0	0	0	0	0

Kriter-8 (K-8) Politik/Finansal belirsizlikler: Ülkenin içinde bulunduğu politik durum itibari ile enerji yatırımları için aldığı tedbirler, destekler ile yatırım yapmak için finanse etme durumunun alternatifleri ne kadar etkileyeceği hususudur. Ülke yenilenebilir enerji yatırımlarına önem veriyor ve dışa bağımlılığı azaltmak yönünde kanunlar çıkarıyor ayrıca banka kredileri, teşvikler, vergi indirimleri gibi destek sağlıyor ise politik belirsizliklerin az

olduğu değerlendirilmiştir. Yine politik olarak desteklenen yenilenebilir enerji yatırımının finanse edilmesi hususu yapılacak yatırımın büyüklüğüne göre değerlendirilmiştir. Bilgileri Çizelge 5.8.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.8. Kriter-8 bilgileri

Alternatifler	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	3	3	3	3	3
A-2: GES_1 MW	1	1	1	1	1
A-3: RES>1 MW	6	6	6	6	6
A-4: GES>1 MW	5	5	5	5	5
A-5: RES+GES	7	7	7	7	7
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	8	8	8	8	8
A-7: RES+DEPOLAMA	4	4	4	4	4
A-8: GES+DEPOLAMA	2	2	2	2	2

Kriter-9 (K-9) İşletme/Bakım/İdame giderleri: İlk kurulumdan sonra yapılacak olan harcamalardır. Sanralin işletilmesi ve idame edilmesi için yapılacak bakımlar ve istihdam edilecek personel giderleri de bu kriter altındadır. Bilgileri Çizelge 5.9.'da sunulmuştur.

Çizelge 5.9. Kriter-9 bilgileri

Alternatifler	(KWh/Cent)				
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	9-20				
A-2: GES_1 MW	10-20				
A-3: RES>1 MW	45-100				
A-4: GES>1 MW	50-100				
A-5: RES+GES	9,5-40				
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	12-100				
A-7: RES+DEPOLAMA	10-30				
A-8: GES+DEPOLAMA	11-30				

Kriter-10 (K-10) Yatırım/Kurulum maliyetleri: Alternatiflerin ilk kurulum maliyetleridir. Bilgileri Çizelge 5.10.'da sunulmuştur.

Çizelge 5.10. Kriter-10 bilgileri

Alternatifler	($)				
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	1 000 000 – 1 100 000				
A-2: GES_1 MW	1 000 000 – 1 200 000				
A-3: RES>1 MW	3 000 000 – 5 000 000				
A-4: GES>1 MW	3 000 000 – 5 000 000				
A-5: RES+GES	2 200 000 – 2 400 000				
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	2 450 000 – 2 650 000				
A-7: RES+DEPOLAMA	1 100 000 – 1 350 000				
A-8: GES+DEPOLAMA	1 300 000 – 1 350 000				

Kriter-11 (K-11) İklim değişimi/Doğal afetler: Yapılacak yatırımın doğal afetler ve iklim değişime karşı hassasiyeti (Deprem/sel/toprak kayması, küresel ısınma, kuraklık, ağaçlandırma, nem artışı vb.) değerlendirilmiştir. Bilgileri Çizelge 5.11.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.11. Kriter-11 bilgileri

Alternatifler	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	4	4	4	4	4
A-2: GES_1 MW	1	1	1	1	1
A-3: RES>1 MW	6	6	6	6	6
A-4: GES>1 MW	3	3	3	3	3
A-5: RES+GES	7	7	7	7	7
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	8	8	8	8	8
A-7: RES+DEPOLAMA	5	5	5	5	5
A-8: GES+DEPOLAMA	2	2	2	2	2

Kriter-12 (K-12) İstihdam: Santralin kurulduktan sonra işletilmesi ve bakımında kullanılacak personel sayısıdır. Tesisin büyüklüğüne göre değişmektedir. Bilgileri Çizelge 5.12.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.12. Kriter-12 bilgileri

Alternatifler	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	8	8	8	8	8
A-2: GES_1 MW	7	7	7	7	7
A-3: RES>1 MW	4	4	4	4	4
A-4: GES>1 MW	3	3	3	3	3
A-5: RES+GES	2	2	2	2	2
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	1	1	1	1	1
A-7: RES+DEPOLAMA	6	6	6	6	6
A-8: GES+DEPOLAMA	5	5	5	5	5

Kriter-13 (K-13) Rüzgâr hızı: Kurulacak tesisin bulunduğu bölgedeki uygun rüzgâr hızı miktarı enerji santralinin cinsi ve yerinin tespitinde önem arz etmektedir. REPA verilerinden yararlanılmıştır. Bilgileri Çizelge 5.13.'te sunulmuştur.

Çizelge 5.13. Kriter-13 Bilgileri

Alternatifler	(m/sn)				
	A Bölgesi	B Bölgesi	C Bölgesi	D Bölgesi	E Bölgesi
A-1: RES_1 MW	6,8-8,1	6,8-7,5	6,8-9,5	6,8-8,6	6,8-7,5
A-2: GES_1 MW	0	0	0	0	0
A-3: RES>1 MW	6,8-8,1	6,8-7,5	6,8-9,5	6,8-8,6	6,8-7,5
A-4: GES>1 MW	0	0	0	0	0
A-5: RES+GES	6,8-8,1	6,8-7,5	6,8-9,5	6,8-8,6	6,8-7,5
A-6: RES+GES+DEPOLAMA	6,8-8,1	6,8-7,5	6,8-9,5	6,8-8,6	6,8-7,5
A-7: RES+DEPOLAMA	6,8-8,1	6,8-7,5	6,8-9,5	6,8-8,6	6,8-7,5
A-8: GES+DEPOLAMA	0	0	0	0	0

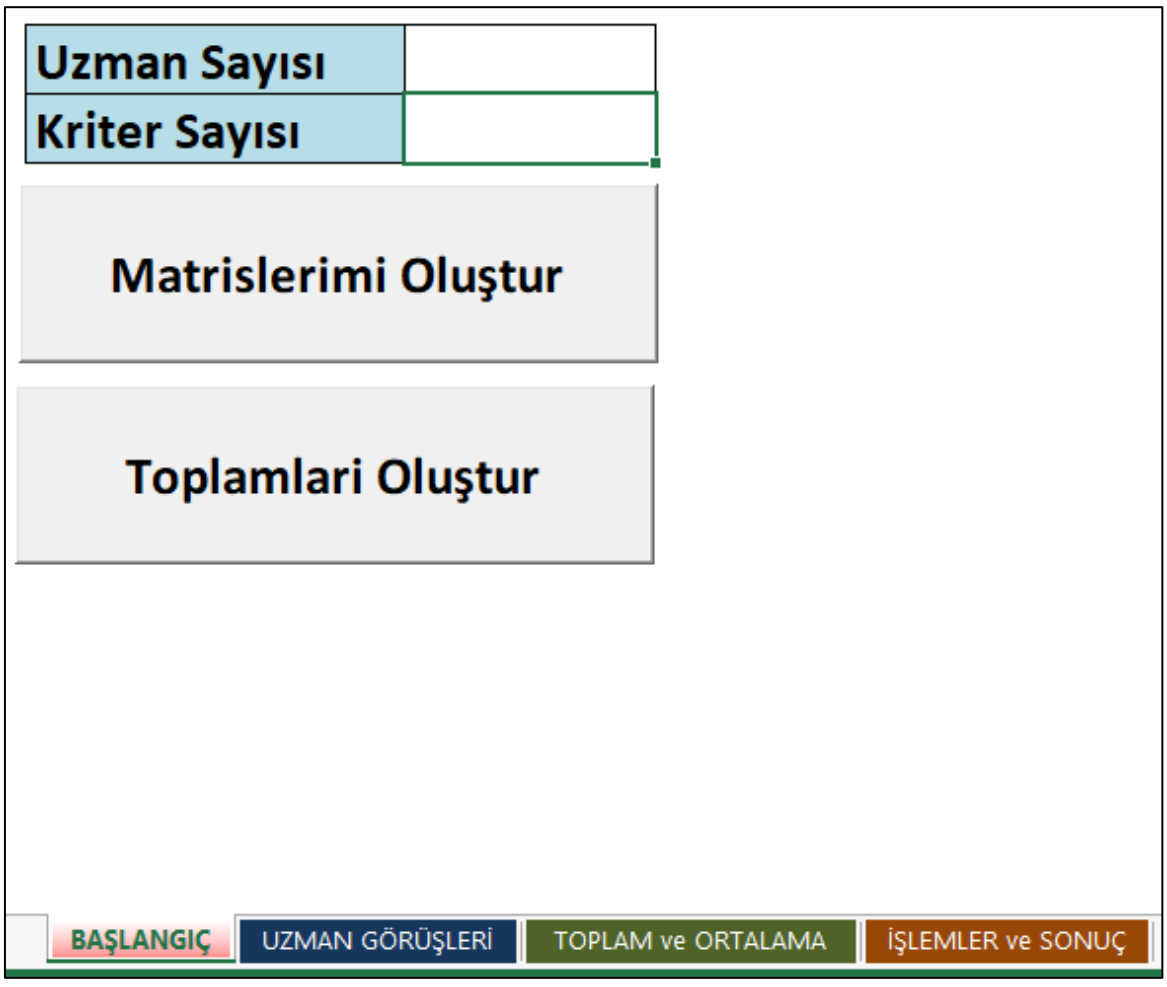
5.5. Yazılımların Tanıtılması

DEMATEL ve SWARA Yöntemleri matris ve matematiksel işlemlerinin çok olduğu ve kullanıcıların işlemler açısından zaman kaybettiren yöntemlerdendir ve hazır paket programları bulunmamaktadır. Bu nedenle her iki yöntem içinde başka problemlerin çözümünde de kullanabilecek; kullanıcılara kolaylık sağlayabilen ve işlemleri kısa sürede tamamlayacak şekilde makrolar içeren Visual Basic for Applications 6.0 programlama dilinde birer yazılım oluşturulmuştur. DEMATEL ve SWARA Yönteminlerinde kriter ağırlıklarının toplamının 1 olması gerektiğinden, çalışmalarda tercih edilen çok fazla

sayıdaki kriter, ağırlıklarının çok küçük sayılara karşılık gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle oluşturulan yazılımlar 24 kriter ile sınırlanmıştır.

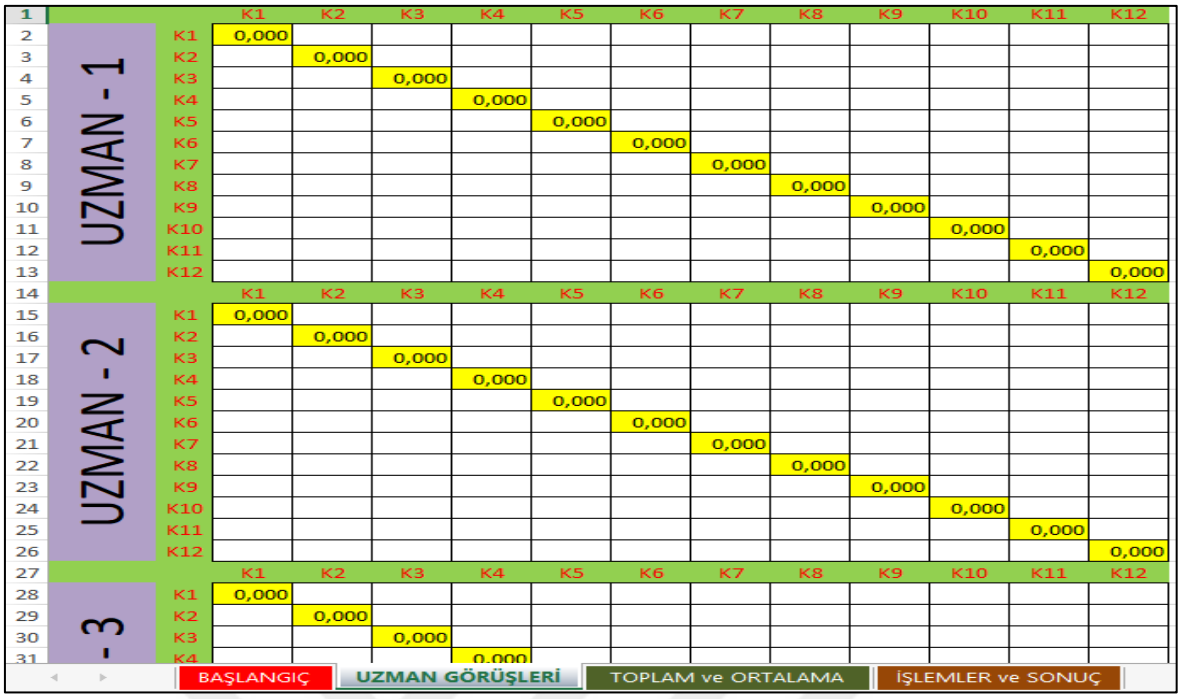
5.5.1. DEMATEL Yazılımı

DEMATEL Yöntemi için oluşturulan yazılım açıldığında Şekil 5.2.'de sunulan başlangıç arayüzü kullanıcıların karşına çıkmaktadır. Bu arayüze-çalışmaya katılan (Görüşü alınan) uzman sayısı ve çalışmanın kriter sayısı girilir.



Şekil 5.2. DEMATEL Yöntemi Başlangıç Arayüzü

Uzman sayısı ve kriter sayısı girildikten sonra "Matrislerimi Oluştur" botununa basıldığında yazılım otomatik olarak ikinci sekmeye geçerek uzman sayısı ve belirtilen kriter sayısı kadar boş ikili karşılaştırma matrisi oluşturur. Şekil 5.3.'te örneği verilen bu matrislere karar verici/uzmanların görüşleri tercih edilen ölçek (1-4 arası, 1-5 arası) çerçevesinde bilgi girişleri yapılır.



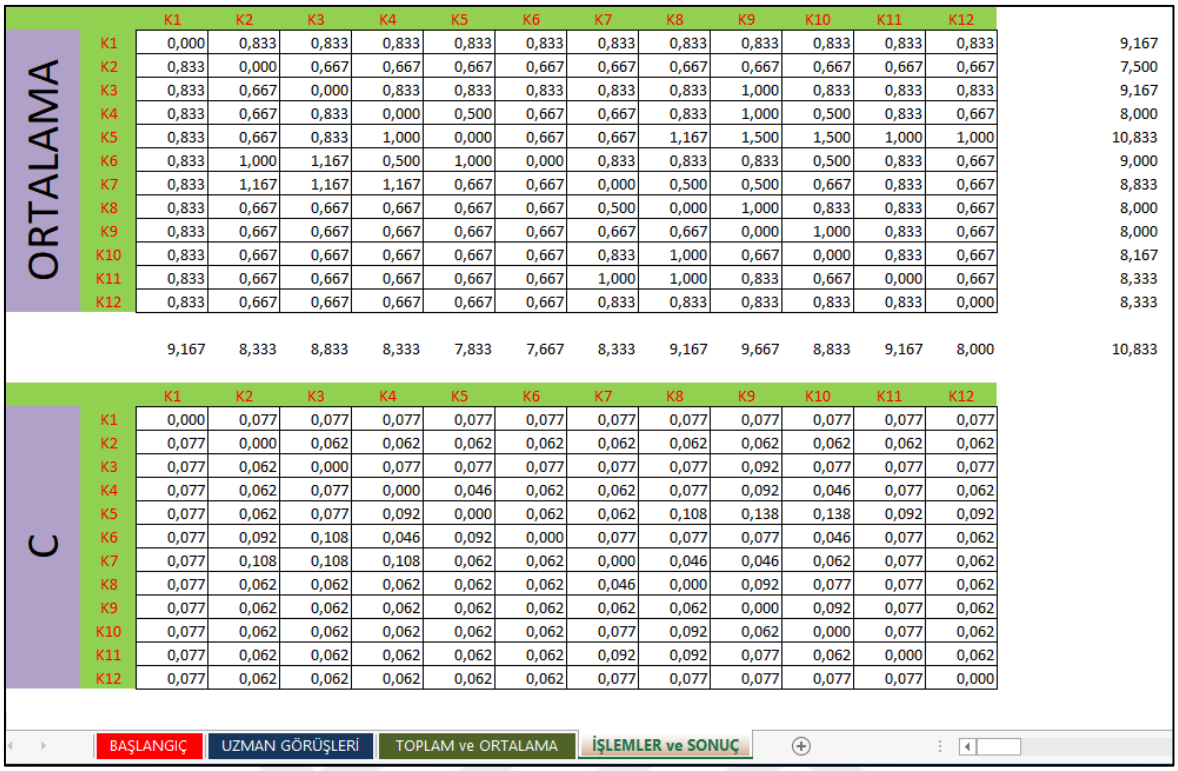
Şekil 5.3. DEMATEL Yöntemi Uzman Görüşü Arayüzü

Uzman görüşleri tamamlandıktan sonra Şekil 5.2.'deki başlangıç arayüzüne dönülüp (Başlangıç sekmesi) "Toplamları Oluştur" butonuna basılarak DEMATEL Yönteminin adımları otomatik olarak başlatılır. Şekil 5.4.'te sunulan 3'üncü sekmede (Toplam ve Ortalama Sekmesi) uzmanlardan elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinin toplamı ve aritmetik ortalaması Eş. 4.1'e göre hesaplanarak Ortalama Direkt İlişki Matrisi elde edilir ve 4'üncü sekmeye (İşlemler ve Sonuç Sayfası) otomatik kopyalanır.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
K2	5,000	0,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
K3	5,000	4,000	0,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	6,000	5,000	5,000	5,000
K4	5,000	4,000	5,000	0,000	3,000	4,000	4,000	5,000	6,000	3,000	5,000	4,000
K5	5,000	4,000	5,000	6,000	0,000	4,000	4,000	7,000	9,000	9,000	6,000	6,000
K6	5,000	6,000	7,000	3,000	6,000	0,000	5,000	5,000	5,000	3,000	5,000	4,000
K7	5,000	7,000	7,000	7,000	4,000	4,000	0,000	3,000	3,000	4,000	5,000	4,000
K8	5,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	3,000	0,000	6,000	5,000	5,000	4,000
K9	5,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	0,000	6,000	5,000	4,000
K10	5,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	6,000	4,000	0,000	5,000	4,000
K11	5,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	6,000	6,000	5,000	4,000	0,000	4,000
K12	5,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	0,000
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0,000	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833
K2	0,833	0,000	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
K3	0,833	0,667	0,000	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	1,000	0,833	0,833	0,833
K4	0,833	0,667	0,833	0,000	0,500	0,667	0,667	0,833	1,000	0,500	0,833	0,667
K5	0,833	0,667	0,833	1,000	0,000	0,667	0,667	1,167	1,500	1,500	1,000	1,000
K6	0,833	1,000	1,167	0,500	1,000	0,000	0,833	0,833	0,833	0,500	0,833	0,667
K7	0,833	1,167	1,167	1,167	0,667	0,667	0,000	0,500	0,500	0,667	0,833	0,667
K8	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,500	0,000	1,000	0,833	0,833	0,667
K9	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,000	1,000	0,833	0,667
K10	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,833	1,000	0,667	0,000	0,833	0,667
K11	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	1,000	1,000	0,833	0,667	0,000	0,667
K12	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,000

Şekil 5.4. Toplam ve Ortalama Sekmesi

İşlemlerin tamamı 4'üncü sekme olan "İşlemler ve Sonuç" sayfasında yapılmaktadır. 3'üncü sekmeden (Toplam ve Ortalama Sayfası) otomatik kopyalanan Ortalama Direkt İlişki Matrisine yazılım programı Eş. 4.2 ve Eş. 4.3'ü uygulayarak Şekil 5.5.'te sunulan Normalize Direkt İlişki Matrisi (C)' ni hesaplar.



ORTALAMA

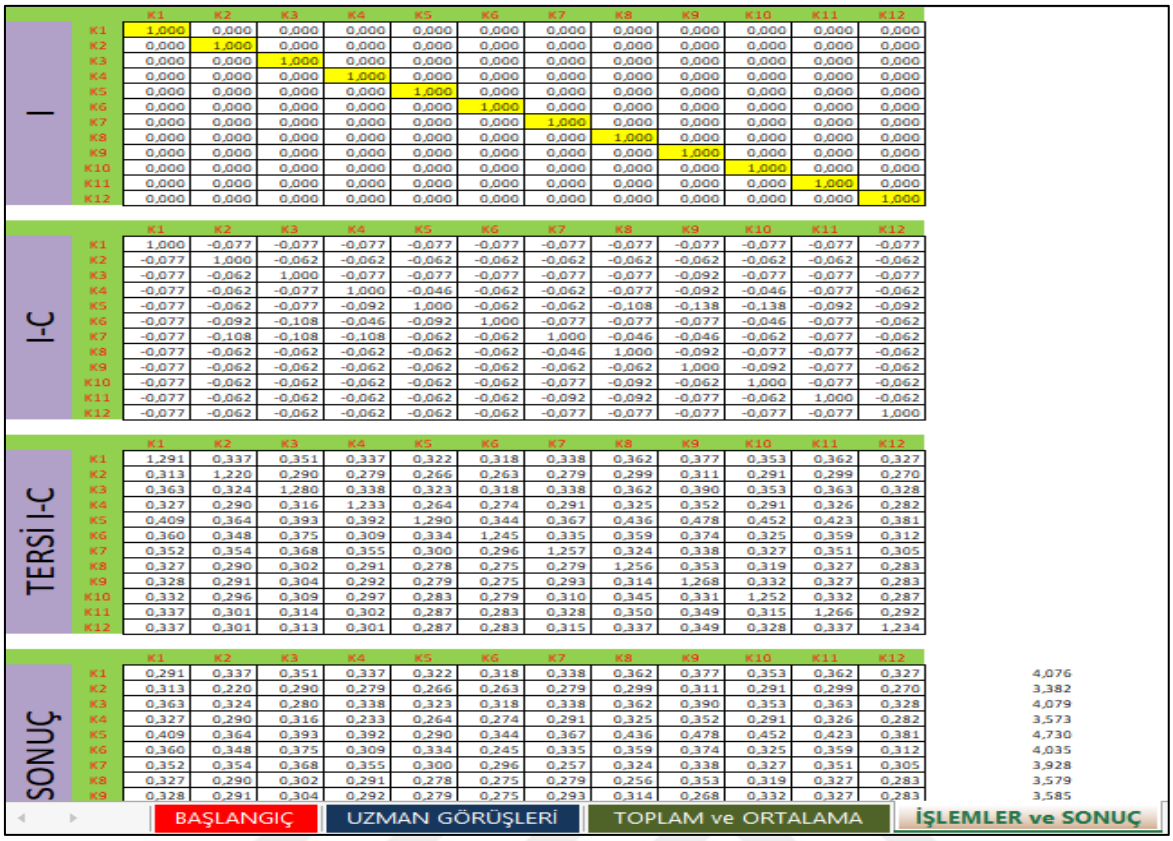
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	
K1	0,000	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	9,167
K2	0,833	0,000	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	7,500
K3	0,833	0,667	0,000	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	1,000	0,833	0,833	0,833	9,167
K4	0,833	0,667	0,833	0,000	0,500	0,667	0,667	0,833	1,000	0,500	0,833	0,667	8,000
K5	0,833	0,667	0,833	1,000	0,000	0,667	0,667	1,167	1,500	1,500	1,000	1,000	10,833
K6	0,833	1,000	1,167	0,500	1,000	0,000	0,833	0,833	0,833	0,500	0,833	0,667	9,000
K7	0,833	1,167	1,167	1,167	0,667	0,667	0,000	0,500	0,500	0,667	0,833	0,667	8,833
K8	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,500	0,000	1,000	0,833	0,833	0,667	8,000
K9	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,000	1,000	0,833	0,667	8,000
K10	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,833	1,000	0,667	0,000	0,833	0,667	8,167
K11	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	1,000	1,000	0,833	0,667	0,000	0,667	8,333
K12	0,833	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,000	8,333
	9,167	8,333	8,833	8,333	7,833	7,667	8,333	9,167	9,667	8,833	9,167	8,000	10,833

C

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0,000	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
K2	0,077	0,000	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
K3	0,077	0,062	0,000	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,092	0,077	0,077	0,077
K4	0,077	0,062	0,077	0,000	0,046	0,062	0,062	0,077	0,092	0,046	0,077	0,062
K5	0,077	0,062	0,077	0,092	0,000	0,062	0,062	0,108	0,138	0,138	0,092	0,092
K6	0,077	0,092	0,108	0,046	0,092	0,000	0,077	0,077	0,077	0,046	0,077	0,062
K7	0,077	0,108	0,108	0,108	0,062	0,062	0,000	0,046	0,046	0,062	0,077	0,062
K8	0,077	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,046	0,000	0,092	0,077	0,077	0,062
K9	0,077	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,000	0,092	0,077	0,062
K10	0,077	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,077	0,092	0,062	0,000	0,077	0,062
K11	0,077	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,092	0,092	0,077	0,062	0,000	0,062
K12	0,077	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,000

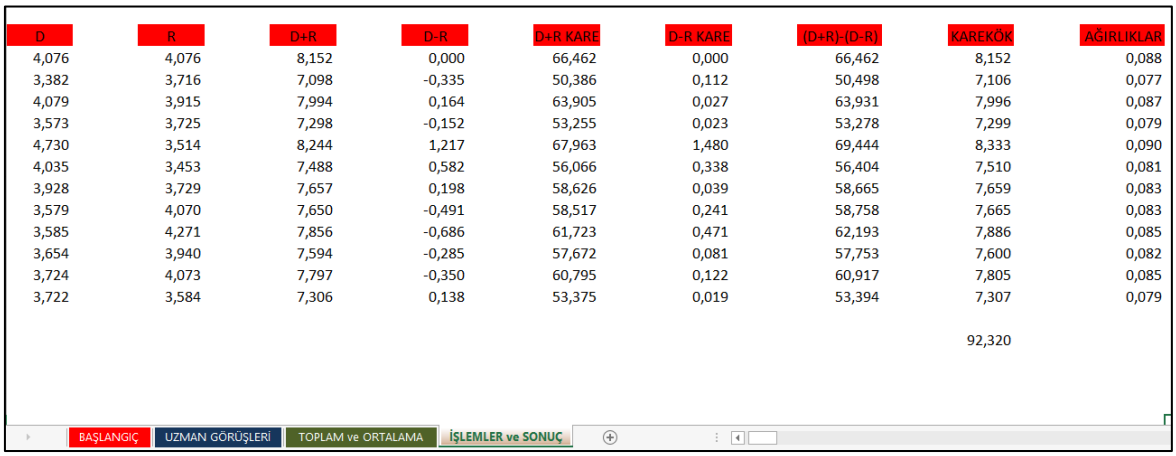
Şekil 5.5. İşlemler ve Sonuç Sayfası (Normalize Direkt İlişki Matrisi)

Yazılım; Normalize Direkt İlişki Matrisi (C) boyutunda bir Birim Matrisi (I) otomatik olarak kendi üretetip Eş. 4.5'de yer alan işlemi yaparak Toplam İlişki Matrisi (F)'ni elde eder. Eş. 4.5 kapsamındaki işlemler yazılımda yer alan matrislerin sağında; "I", "I-C", "TERSİ I-C" şeklinde ve Toplam İlişki Matrisi (F) ise "SONUÇ" olarak belirtilmiş ve Şekil 5.6'da sunulmuştur.



Şekil 5.6. İşlemler ve Sonuç Sayfası (Toplam İlişki Matrisi)

İşlemler ve sonuç sayfasının en altında Rj, Cj, Rj+Cj, Rj-Cj indeksleri ile Eş. 4.6 ve Eş. 4.7 kapsamında elde edilen ağırlıklar hesaplanarak Şekil 5.7.'deki gibi kullanıcılara sunulur.



D	R	D+R	D-R	D+R KARE	D-R KARE	(D+R)-(D-R)	KAREKÖK	AĞIRLIKLAR
4,076	4,076	8,152	0,000	66,462	0,000	66,462	8,152	0,088
3,382	3,716	7,098	-0,335	50,386	0,112	50,498	7,106	0,077
4,079	3,915	7,994	0,164	63,905	0,027	63,931	7,996	0,087
3,573	3,725	7,298	-0,152	53,255	0,023	53,278	7,299	0,079
4,730	3,514	8,244	1,217	67,963	1,480	69,444	8,333	0,090
4,035	3,453	7,488	0,582	56,066	0,338	56,404	7,510	0,081
3,928	3,729	7,657	0,198	58,626	0,039	58,665	7,659	0,083
3,579	4,070	7,650	-0,491	58,517	0,241	58,758	7,665	0,083
3,585	4,271	7,856	-0,686	61,723	0,471	62,193	7,886	0,085
3,654	3,940	7,594	-0,285	57,672	0,081	57,753	7,600	0,082
3,724	4,073	7,797	-0,350	60,795	0,122	60,917	7,805	0,085
3,722	3,584	7,306	0,138	53,375	0,019	53,394	7,307	0,079
							92,320	

Şekil 5.7. İşlemler ve Sonuç Sayfası (İndeksler ve Ağırlıklar)

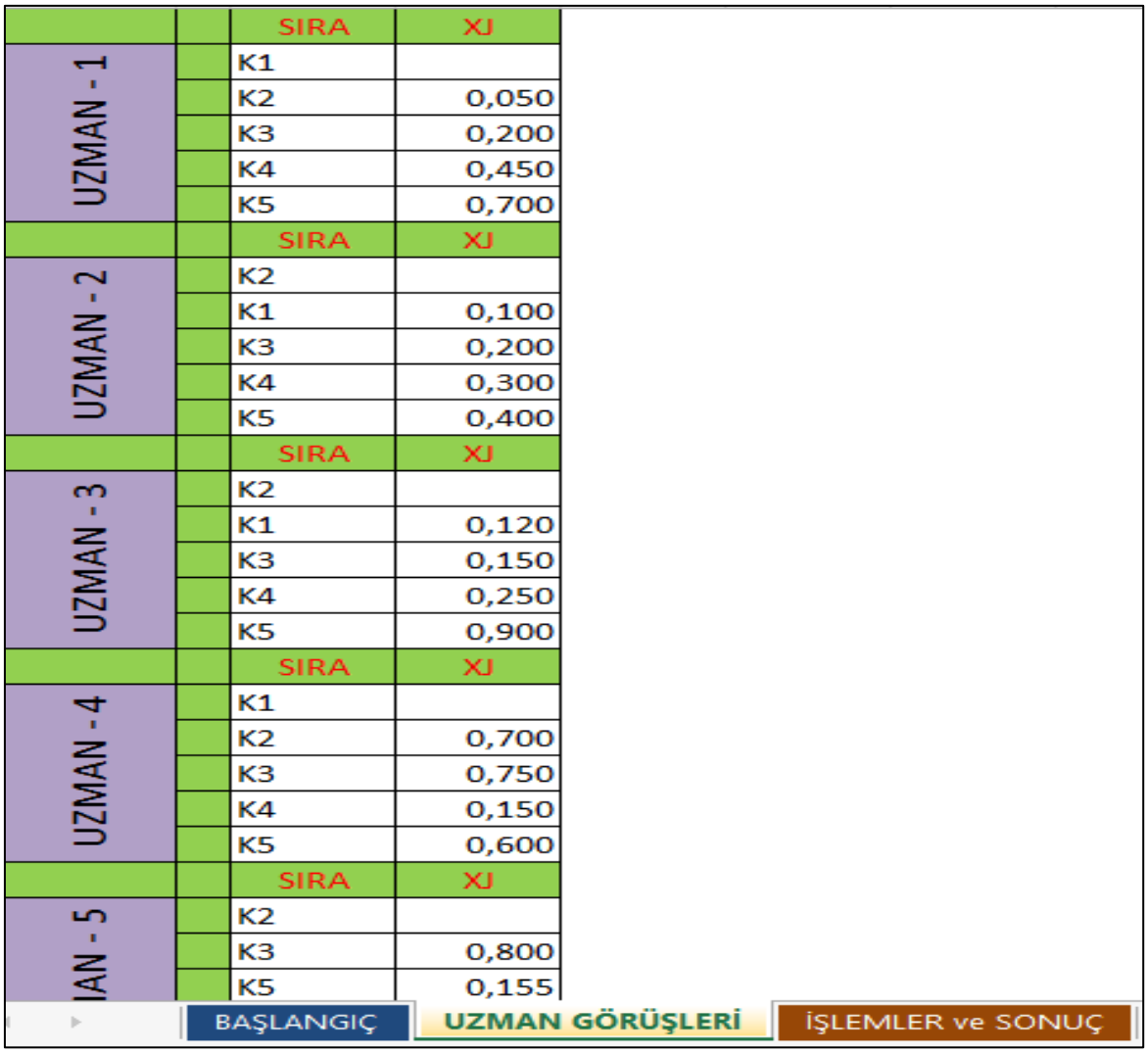
Hazırlanan arayüzde yazı fontu, renkler ve sayısal işlemlere ilişkin tüm değişiklikler yapılabildiği gibi kopyalama ve yapıştırma işlemleri de yapılabilmektedir.

5.5.2. SWARA Yazılımı

SWARA Yöntemi için oluşturulan yazılım açıldığında Şekil 5.8.'de sunulan başlangıç arayüzü kullanıcıların karşına çıkmaktadır. Bu arayüze çalışmaya katılan (Görüşü alınan) uzman ayısı ve çalışmanın kriter sayısı girilir.

Şekil 5.8. SWARA Yöntemi Başlangıç Arayüzü

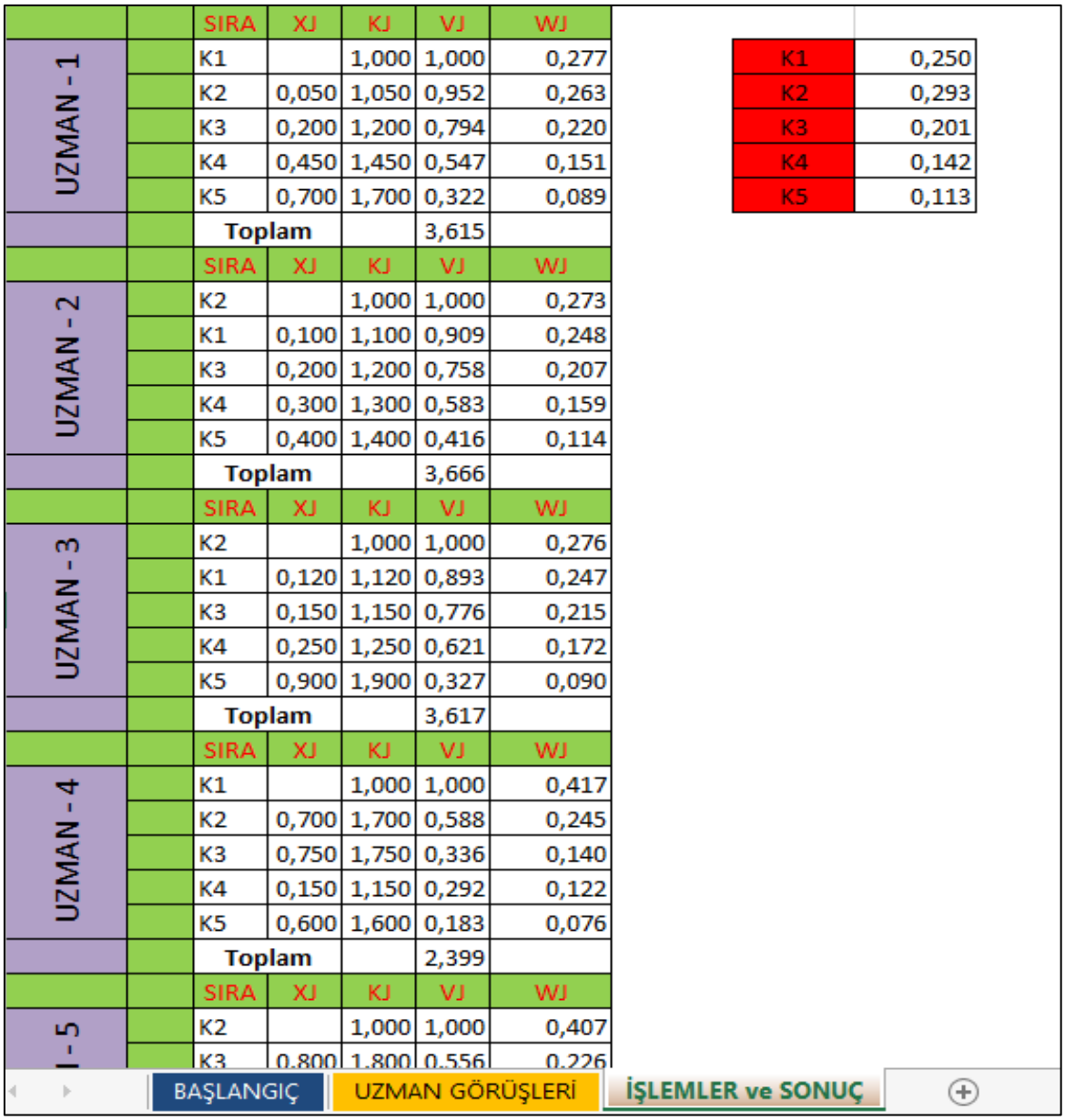
Uzman sayısı ve kriter sayısı girildikten sonra "Matrislerimi Oluştur" botununa basıldığında yazılım otomatik olarak ikinci sekmeye geçerek uzman sayısı ve belirtilen kriter sayısı kadar boş ikili karşılaştırma matrisi oluşturur. Şekil 5.9.'da örneği verilen bu matrislere karar verici/uzmanlar görüşlerini girerler.



Şekil 5.9. SWARA Yöntemi Uzman Görüşü Arayüzü

Uzman görüşleri tamamlandıktan sonra Şekil 5.8.'deki başlangıç arayüzüne dönülüp (Başlangıç sekmesi) "Toplamları Oluştur" butonuna basılarak SWARA Yönteminin adımları otomatik olarak başlatılır. Yazılım Şekil 5.10.'da sunulan 3'üncü sekmede (İşlemler ve Sonuç) SWARA Yönteminin tüm adımlarını uygulayarak sonuçları verir.

Hazırlanan arayüzde yazı fontu, renkler ve sayısal işlemlere ilişkin tüm değişiklikler yapılabildiği gibi kopyalama ve yapıştırma işlemleri de yapılabilmektedir.



		SIRA	XJ	KJ	VJ	WJ
UZMAN - 1		K1		1,000	1,000	0,277
		K2	0,050	1,050	0,952	0,263
		K3	0,200	1,200	0,794	0,220
		K4	0,450	1,450	0,547	0,151
		K5	0,700	1,700	0,322	0,089
		Toplam			3,615	
		SIRA	XJ	KJ	VJ	WJ
UZMAN - 2		K2		1,000	1,000	0,273
		K1	0,100	1,100	0,909	0,248
		K3	0,200	1,200	0,758	0,207
		K4	0,300	1,300	0,583	0,159
		K5	0,400	1,400	0,416	0,114
		Toplam			3,666	
		SIRA	XJ	KJ	VJ	WJ
UZMAN - 3		K2		1,000	1,000	0,276
		K1	0,120	1,120	0,893	0,247
		K3	0,150	1,150	0,776	0,215
		K4	0,250	1,250	0,621	0,172
		K5	0,900	1,900	0,327	0,090
		Toplam			3,617	
		SIRA	XJ	KJ	VJ	WJ
UZMAN - 4		K1		1,000	1,000	0,417
		K2	0,700	1,700	0,588	0,245
		K3	0,750	1,750	0,336	0,140
		K4	0,150	1,150	0,292	0,122
		K5	0,600	1,600	0,183	0,076
		Toplam			2,399	
		SIRA	XJ	KJ	VJ	WJ
I - 5		K2		1,000	1,000	0,407
		K3	0,800	1,800	0,556	0,226

K1	0,250
K2	0,293
K3	0,201
K4	0,142
K5	0,113

Şekil 5.10. SWARA Yazılımı İşlemler ve Sonuç Sayfası

Şekil 5.10.'da sunulan arayüzde Xj; ikinci sekmeden otomatik olarak kopyalanan uzman görüşleri, Kj; Önem Vektörü, Vj; Düzeltilmiş ağırlıklar, Wj; her bir karar verciye göre ağırlıklardır. Nihahi ağırlıklar ise Uzman 1 işlemlerinin bulunduğu satırın yanına program tarafından otomatik olarak verilmektedir.

5.6. Uygulama

Karar Destek Sistemi için dört çeşit ÇKKV Yöntemi hibrit olarak kullanılmıştır. Şekil 5.1.'de sunulan Karar Destek Sisteminin teşkil edilmesinde; kriter ağırlıklarının belirlenmesi

için DEMATEL ve SWARA Yöntemleri, alternatiflerin sıralanmasında ise SMAA-2 Yöntemi tercih edilmiştir. Her bölge için elde edilen çözüm kümeleri kendi içinde BORDA Sayım Yöntemi ile birleştirilerek nihai sonuçlar elde edilmiştir.

5.6.1. DEMATEL Yöntemi ile Kriter Ağırlıkların Belirlenmesi

Karar vericiler, tespit edilen 13 kriterli, yatırım/kurulum maliyetleri çıkarılmış halde 12 kriterli ve yatırım/kurulum maliyetleri ve iklim değişimi/doğal afetler kriterleri çıkarılmış 11 kriterli üç senaryoyu bireysel olarak değerlendirmişlerdir.

10 karar vericiye ait Direkt İlişki Matrisleri (X) EK-1, EK-2 ve EK-3'te sunulmuştur. Bu çalışmada; Çizelge 4.1.'de sunulan ikili karşılaştırma ölçeği kullanılmıştır (Dey ve diğerleri, 2012).

DEMATEL yazılımı kullanılarak elde edilen üç senaryoya ait 13-12-11 kriterli değerlendirmelerden elde edilen Ortalama Direkt İlişki Matrisleri (Č) sırasıyla Çizelge 5.14., Çizelge 5.15. ve Çizelge 5.16.'da sunulmuştur.

Çizelge 5.14. Senayo 1'e ait Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	2,60	3,40	2,60	2,40	2,40	3,30	3,40	2,50	3,20	1,50	2,00	2,60
K2	3,10	0	1,90	1,60	1,00	1,50	2,60	3,40	2,90	2,60	2,10	3,00	2,50
K3	3,10	2,20	0	1,90	1,60	1,40	2,50	2,60	2,30	1,80	1,60	2,40	2,90
K4	3,00	1,80	2,90	0	1,20	1,80	3,30	2,20	2,80	1,70	1,00	1,80	3,00
K5	2,60	1,60	1,90	1,50	0	1,50	1,30	1,40	1,60	1,40	1,00	1,80	3,40
K6	2,20	1,60	2,00	2,00	1,20	0	1,70	2,30	1,80	1,40	1,00	1,50	2,20
K7	2,70	3,40	2,70	2,50	1,00	1,30	0	1,90	1,40	1,90	1,20	2,30	1,80
K8	2,50	3,10	3,00	2,70	1,80	1,40	2,20	0	1,60	2,30	1,20	2,40	2,70
K9	2,50	2,40	2,50	2,30	1,50	1,70	1,60	1,40	0	1,10	1,40	1,60	2,40
K10	2,00	2,00	2,70	2,20	2,40	2,20	2,60	2,10	1,50	0	1,30	1,60	1,90
K11	2,30	1,70	1,60	1,70	1,50	2,00	1,20	1,10	1,40	1,10	0	1,20	2,00
K12	3,00	2,10	1,50	1,90	1,40	1,30	1,90	2,20	1,30	1,50	1,40	0	2,70
K13	3,40	2,10	2,90	3,20	2,40	2,30	2,70	2,90	2,30	1,90	2,40	2,50	0

Çizelge 5.15. Senayo 2'ye ait Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0,00	2,90	3,50	2,70	2,40	2,40	3,50	3,40	2,70	3,50	1,80	2,30
K2	2,80	0,00	1,90	1,60	1,00	1,50	2,40	3,20	2,90	2,60	1,80	3,20
K3	2,00	2,20	0,00	1,60	1,60	1,40	2,30	2,30	1,80	1,80	1,50	2,20
K4	3,00	1,80	2,90	0,00	1,20	1,80	3,30	2,40	2,80	1,90	1,50	1,90
K5	2,70	1,60	1,90	1,60	0,00	1,50	1,30	1,40	1,50	1,40	1,30	2,20
K6	2,20	1,60	2,00	2,00	1,50	0,00	1,70	2,30	1,80	1,40	1,40	1,40
K7	2,70	3,40	2,70	2,60	1,10	1,30	0,00	1,90	1,40	1,90	1,70	2,40
K8	2,50	3,10	2,60	1,90	1,80	1,40	2,20	0,00	1,60	2,30	1,40	2,60
K9	2,30	2,10	2,20	2,00	1,60	1,70	1,60	1,40	0,00	1,10	1,20	1,90
K10	2,20	2,10	2,10	2,00	2,20	2,00	2,30	2,10	1,50	0,00	1,50	1,90
K11	2,20	1,80	1,40	1,40	1,50	1,50	1,10	1,00	1,40	1,30	0,00	1,30
K12	2,60	2,30	2,60	2,00	2,30	1,50	2,70	2,10	1,40	1,60	1,40	0,00

Çizelge 5.16. Senayo 3'e ait Ortalama Direkt İlişki Matrisi (Č)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0,00	2,60	2,80	2,70	2,40	2,70	3,40	2,90	3,10	2,50	1,90
K2	3,10	0,00	1,80	1,50	1,30	1,90	3,10	3,40	2,80	3,00	2,50
K3	1,80	1,80	0,00	1,30	1,50	2,00	2,80	1,90	2,30	1,60	1,40
K4	2,60	1,60	1,60	0,00	1,00	1,80	1,30	1,70	1,40	2,00	2,50
K5	3,00	2,20	3,00	2,00	0,00	2,90	3,00	2,50	1,80	2,30	2,40
K6	2,70	3,10	2,60	2,30	1,10	0,00	1,90	1,50	2,10	2,10	2,60
K7	2,80	3,00	2,50	2,20	1,40	2,10	0,00	1,60	1,90	2,40	2,50
K8	2,80	2,10	2,50	2,10	1,20	1,60	1,60	0,00	1,40	1,40	2,40
K9	2,40	2,00	2,70	2,00	2,10	1,80	2,60	1,70	0,00	1,30	1,90
K10	2,30	1,90	1,50	1,80	1,30	1,80	1,50	1,10	1,10	0,00	1,20
K11	3,20	2,00	1,70	1,60	2,00	1,60	2,20	1,70	1,40	1,50	0,00

DEMATEL Yazılımında 3'üncü sekmeden otomatik olarak kopyalanarak 4'üncü sekmeye aktarılan Ortalama Direkt İlişki Matrislerinin 3 senaryo için elde edilen Normalize Direkt İlişki Matrisleri (C) sırasıyla Çizelge 5.17., Çizelge 5.18. ve Çizelge 5.19.'da; Toplam İlişki Matrisleri (F) ise sırasıyla Çizelge 5.20., Çizelge 5.21. ve Çizelge 5.22.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.17. Senaryo 1'e ait Normalize Direkt İlişki Matrisi (C)

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
0,000	0,080	0,105	0,080	0,074	0,074	0,102	0,105	0,077	0,099	0,046	0,062	0,080
0,096	0,000	0,059	0,049	0,031	0,046	0,080	0,105	0,090	0,080	0,065	0,093	0,077
0,096	0,068	0,000	0,059	0,049	0,043	0,077	0,080	0,071	0,056	0,049	0,074	0,090
0,093	0,056	0,090	0,000	0,037	0,056	0,102	0,068	0,086	0,052	0,031	0,056	0,093
0,080	0,049	0,059	0,046	0,000	0,046	0,040	0,043	0,049	0,043	0,031	0,056	0,105
0,068	0,049	0,062	0,062	0,037	0,000	0,052	0,071	0,056	0,043	0,031	0,046	0,068
0,083	0,105	0,083	0,077	0,031	0,040	0,000	0,059	0,043	0,059	0,037	0,071	0,056
0,077	0,096	0,093	0,083	0,056	0,043	0,068	0,000	0,049	0,071	0,037	0,074	0,083
0,077	0,074	0,077	0,071	0,046	0,052	0,049	0,043	0,000	0,034	0,043	0,049	0,074
0,062	0,062	0,083	0,068	0,074	0,068	0,080	0,065	0,046	0,000	0,040	0,049	0,059
0,071	0,052	0,049	0,052	0,046	0,062	0,037	0,034	0,043	0,034	0,000	0,037	0,062
0,093	0,065	0,046	0,059	0,043	0,040	0,059	0,068	0,040	0,046	0,043	0,000	0,083
0,105	0,065	0,090	0,099	0,074	0,071	0,083	0,090	0,071	0,059	0,074	0,077	0,000

Çizelge 5.18. Senaryo 2'ye ait Normalize Direkt İlişki Matrisi (C)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0,000	0,093	0,113	0,087	0,077	0,077	0,113	0,109	0,087	0,113	0,058	0,074
K2	0,090	0,000	0,061	0,051	0,032	0,048	0,077	0,103	0,093	0,084	0,058	0,103
K3	0,064	0,071	0,000	0,051	0,051	0,045	0,074	0,074	0,058	0,058	0,048	0,071
K4	0,096	0,058	0,093	0,000	0,039	0,058	0,106	0,077	0,090	0,061	0,048	0,061
K5	0,087	0,051	0,061	0,051	0,000	0,048	0,042	0,045	0,048	0,045	0,042	0,071
K6	0,071	0,051	0,064	0,064	0,048	0,000	0,055	0,074	0,058	0,045	0,045	0,045
K7	0,087	0,109	0,087	0,084	0,035	0,042	0,000	0,061	0,045	0,061	0,055	0,077
K8	0,080	0,100	0,084	0,061	0,058	0,045	0,071	0,000	0,051	0,074	0,045	0,084
K9	0,074	0,068	0,071	0,064	0,051	0,055	0,051	0,045	0,000	0,035	0,039	0,061
K10	0,071	0,068	0,068	0,064	0,071	0,064	0,074	0,068	0,048	0,000	0,048	0,061
K11	0,071	0,058	0,045	0,045	0,048	0,048	0,035	0,032	0,045	0,042	0,000	0,042
K12	0,084	0,074	0,084	0,064	0,074	0,048	0,087	0,068	0,045	0,051	0,045	0,000

Çizelge 5.19. Seanryo 3'e ait Normalize Direkt İlişki Matrisi (C)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0,000	0,096	0,104	0,100	0,089	0,100	0,126	0,107	0,115	0,093	0,070
K2	0,115	0,000	0,067	0,056	0,048	0,070	0,115	0,126	0,104	0,111	0,093
K3	0,067	0,067	0,000	0,048	0,056	0,074	0,104	0,070	0,085	0,059	0,052
K4	0,096	0,059	0,059	0,000	0,037	0,067	0,048	0,063	0,052	0,074	0,093
K5	0,111	0,081	0,111	0,074	0,000	0,107	0,111	0,093	0,067	0,085	0,089
K6	0,100	0,115	0,096	0,085	0,041	0,000	0,070	0,056	0,078	0,078	0,096
K7	0,104	0,111	0,093	0,081	0,052	0,078	0,000	0,059	0,070	0,089	0,093
K8	0,104	0,078	0,093	0,078	0,044	0,059	0,059	0,000	0,052	0,052	0,089
K9	0,089	0,074	0,100	0,074	0,078	0,067	0,096	0,063	0,000	0,048	0,070
K10	0,085	0,070	0,056	0,067	0,048	0,067	0,056	0,041	0,041	0,000	0,044
K11	0,119	0,074	0,063	0,059	0,074	0,059	0,081	0,063	0,052	0,056	0,000

Çizelge 5.20. Senaryo 1'e ait Toplam İlişki Matrisi (F)

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
0,354	0,372	0,419	0,366	0,287	0,300	0,397	0,400	0,335	0,341	0,239	0,330	0,402
0,403	0,267	0,345	0,309	0,227	0,251	0,346	0,368	0,317	0,299	0,235	0,328	0,363
0,387	0,315	0,273	0,302	0,232	0,237	0,329	0,332	0,289	0,265	0,212	0,299	0,359
0,387	0,308	0,359	0,250	0,222	0,250	0,354	0,324	0,305	0,264	0,197	0,285	0,364
0,318	0,250	0,278	0,246	0,152	0,204	0,248	0,252	0,229	0,214	0,165	0,240	0,322
0,304	0,249	0,278	0,257	0,184	0,157	0,257	0,273	0,232	0,212	0,163	0,229	0,286
0,354	0,329	0,329	0,299	0,201	0,219	0,240	0,296	0,249	0,253	0,189	0,280	0,309
0,378	0,344	0,364	0,329	0,241	0,241	0,328	0,264	0,276	0,284	0,205	0,305	0,360
0,329	0,284	0,306	0,277	0,202	0,218	0,269	0,263	0,193	0,215	0,183	0,245	0,307
0,333	0,289	0,328	0,290	0,239	0,243	0,311	0,297	0,249	0,195	0,190	0,259	0,311
0,281	0,229	0,243	0,227	0,177	0,200	0,221	0,219	0,203	0,186	0,119	0,201	0,257
0,342	0,276	0,279	0,267	0,201	0,207	0,277	0,285	0,230	0,228	0,183	0,197	0,314
0,440	0,350	0,397	0,374	0,281	0,291	0,373	0,378	0,323	0,299	0,258	0,335	0,319

Çizelge 5.21. Senaryo 2'ye ait Toplam İlişki Matrisi (F)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	1,260	0,331	0,354	0,290	0,250	0,249	0,344	0,334	0,285	0,310	0,218	0,299
K2	0,296	1,202	0,265	0,222	0,180	0,192	0,271	0,287	0,254	0,249	0,189	0,283
K3	0,239	0,235	1,173	0,193	0,172	0,165	0,235	0,230	0,196	0,198	0,158	0,224
K4	0,298	0,254	0,291	1,171	0,182	0,198	0,294	0,262	0,250	0,226	0,178	0,243
K5	0,241	0,200	0,214	0,179	1,111	0,156	0,191	0,189	0,174	0,173	0,141	0,208
K6	0,234	0,207	0,223	0,196	0,161	1,118	0,208	0,221	0,188	0,178	0,149	0,191
K7	0,282	0,290	0,276	0,240	0,173	0,178	1,193	0,242	0,204	0,221	0,179	0,251
K8	0,278	0,283	0,275	0,222	0,195	0,182	0,257	1,191	0,210	0,233	0,171	0,258
K9	0,236	0,220	0,228	0,195	0,163	0,166	0,205	0,195	1,136	0,168	0,142	0,205
K10	0,254	0,240	0,245	0,212	0,195	0,188	0,244	0,233	0,194	1,150	0,164	0,223
K11	0,205	0,184	0,178	0,155	0,142	0,141	0,164	0,157	0,154	0,152	1,087	0,163
K12	0,272	0,252	0,266	0,217	0,202	0,178	0,262	0,239	0,197	0,205	0,165	1,172

Çizelge 5.22. Senaryo 3'e ait Toplam İlişki Matrisi (F)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0,401	0,432	0,441	0,394	0,323	0,402	0,472	0,408	0,409	0,398	0,392
K2	0,469	0,313	0,378	0,329	0,268	0,348	0,431	0,396	0,372	0,385	0,380
K3	0,345	0,306	0,245	0,260	0,224	0,288	0,349	0,284	0,294	0,277	0,280
K4	0,356	0,285	0,286	0,202	0,199	0,270	0,286	0,267	0,253	0,278	0,302
K5	0,478	0,399	0,427	0,354	0,228	0,391	0,440	0,377	0,350	0,374	0,388
K6	0,423	0,388	0,373	0,328	0,241	0,257	0,365	0,312	0,327	0,333	0,357
K7	0,433	0,390	0,376	0,330	0,254	0,334	0,305	0,319	0,325	0,347	0,359
K8	0,386	0,322	0,337	0,292	0,220	0,283	0,319	0,228	0,273	0,278	0,319
K9	0,397	0,339	0,365	0,307	0,263	0,308	0,373	0,304	0,244	0,293	0,322
K10	0,321	0,274	0,262	0,246	0,193	0,252	0,271	0,229	0,226	0,195	0,240
K11	0,402	0,322	0,315	0,279	0,248	0,286	0,342	0,290	0,276	0,284	0,239

3 senaryo için Etkilenen ve Etkileyen (Gönderici ve Alıcı) Gruplar belirlenerek yazılımın 4'üncü sekmesinden alınarak sırasıyla Çizelge 5.23., Çizelge 5.24. ve Çizelge 5.25.'te sunulmuştur. Çizelgelerde yer alan (Rj+Cj) indeksi j'inci kriterin sistemden aldığı ve gönderdiği net etkiyi ifade ederken (Rj-Cj) indeksi sisteme yaptığı net etkiyi göstermektedir.

Çizelge 5.23. Senaryo 1'e ait gönderici/alıcı grupları ve kriter ağırlıkları

Kriterler	(Rj+Cj)	(Rj-Cj)	Ağırlıklar	Önem Sıralaması
K-1. Hava Araçlarına Etki	9,153	-0,068	0,0968	1
K-2. İstihbarat	7,920	0,195	0,0838	4
K-3. Güneş Radyasyonu Ortalaması	8,029	-0,371	0,0850	3
K-4. Verimlik/Etkinlik	7,659	0,076	0,0810	6
K-5. Arazi İhtiyacı	5,964	0,271	0,0631	12
K-6. Enerji Kapasitesi	6,100	0,064	0,0645	11
K-7. Toplam Arazi	7,494	-0,403	0,0794	7
K-8. Politik/Finansal Belirsizlikler	7,870	-0,030	0,0832	5
K-9. İşletme/Bakım/İdame Giderleri	6,721	-0,137	0,0711	10
K-10. Yatırım/Kurulum Maliyetleri	6,788	0,277	0,0718	9
K-11. İklim Değişimi/Doğal Afetler	5,301	0,226	0,0561	13
K-12. İstihdam	6,821	-0,244	0,0722	8
K-13. Rüzgâr Hızı	8,689	0,144	0,0919	2

Çizelge 5.23. incelendiğinde K-1 Hava Araçlarına Etki ölçütünün en etkili kriter olduğu, negatif işaretli (Rj-Cj) indeks değerinden dolayı da net etkilenen kriterlerden olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.24. Senaryo 2'ye ait gönderici/alıcı grupları ve kriter ağırlıkları

Kriterler	(Rj+Cj)	(Rj-Cj)	Ağırlıklar	Önem Sıralaması
K-1. Hava Araçlarına Etki	6,619	0,432	0,1071	1
K-2. İstihbarat	5,786	-0,010	0,0935	2
K-3. Güneş Radyasyonu Ortalaması	5,405	-0,571	0,0878	5
K-4. Verimlik/Etkinlik	5,340	0,356	0,08644	6
K-5. Arazi İhtiyacı	4,302	0,050	0,0695	11
K-6. Enerji Kapasitesi	4,384	0,163	0,0709	10
K-7. Toplam Arazi	5,595	-0,140	0,0904	3
K-8. Politik/Finansal Belirsizlikler	5,533	-0,025	0,0894	4
K-9. İşletme/Bakım/İdame Giderleri	4,699	-0,183	0,0760	9
K-10. İklim Değişimi/Doğal Afetler	5,006	0,080	0,0809	8
K-11. İstihdam	3,825	-0,061	0,0618	12
K-12. Rüzgâr Hızı	5,347	-0,092	0,08639	7

Çizelge 5.24. incelendiğinde en etkili kriterin K-1 Hava Araçlarına Etki kriteri olduğu ayrıca pozitif işaretli (Rj-Cj) indeks değerinden dolayı net etkiyen kriterlerden olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.25. Senaryo 3'e ait gönderici/alıcı grupları ve kriter ağırlıkları

Kriterler	(Rj+Cj)	(Rj-Cj)	Ağırlıklar	Önem Sıralaması
K-1. Hava Araçlarına Etki	8,883	0,060	0,1131	1
K-2. İstihbarat	7,839	0,298	0,0999	2
K-3. Güneş Radyasyonu Ortalaması	6,958	-0,652	0,0890	6
K-4. Verimlik/Etkinlik	6,304	-0,338	0,0804	10
K-5. Arazi İhtiyacı	6,866	1,543	0,0896	5
K-6. Enerji Kapasitesi	7,123	0,287	0,0908	4
K-7. Toplam Arazi	7,725	-0,181	0,0984	3
K-8. Politik/Finansal Belirsizlikler	6,669	-0,157	0,0850	9
K-9. İşletme/Bakım/İdame Giderleri	6,864	0,166	0,08743	8
K-10. İstihdam	6,150	-0,731	0,0789	11
K-11. Rüzgâr Hızı	6,860	-0,294	0,08744	7

Çizelge 5.25. incelendiğinde Senaryo 3'te en etkili kriterin K-1 Hava Araçlarına Etki kriteri olduğu ayrıca pozitif işaretli (Rj-Cj) indeks değerinden dolayı net etkiyen kriterlerden olduğu görülmektedir.

Üç senaryonunda ağırlık sonuçları incelendiğinde seçilecek alternatifin değerlendirilmesinde "K-1 Hava Araçlarına Etki" kriterinin en önemli ölçüt olarak kabul edildiği; maliyetler ve iklim değişimi/doğal afetler kriterleri değerlendirme dışı bırakıldığında ise askeri yönü baskın kriterlerin öne çıktığı görülmektedir.

5.6.2. SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıkların Belirlenmesi

Karar vericiler SWARA yazılımını kullanarak tespit edilen 13 kriteri, yatırım/kurulum maliyetleri çıkarılmış halde 12 kriteri ve yatırım/kurulum maliyetleri ve iklim değişimi/doğal afetler kriterleri çıkarılmış halde 11 kriteri, üç senaryoda bireysel olarak kendi belirledikleri önem derecesine göre sıralamışlar ardından ikinci kriterden başlamak üzere her kriteri bir önceki kriter ile ikili karşılaştırma yapmışlardır. Karar vericilerin senaryolara göre kriter önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj) SWARA yazılımından alınarak sırasıyla Çizelge 5.26., Çizelge 5.27. ve Çizelge 5.28.'de sunulmuştur.

Çizelge 5.26. Senaryo 1'e göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)

KV-1		KV-2		KV-3		KV-4		KV-5	
K1		K2		K5		K1		K1	
K2	0,90	K1	0,95	K1	0,90	K2	0,85	K5	0,20
K10	0,50	K10	0,55	K2	0,80	K5	0,20	K2	0,85
K5	0,10	K5	0,15	K6	0,85	K6	0,35	K6	0,80
K6	0,50	K6	0,25	K3	0,60	K3	0,65	K3	0,75
K3	0,95	K3	0,70	K13	0,75	K13	0,75	K13	0,45
K13	0,70	K13	0,60	K8	0,45	K8	0,25	K10	0,50
K8	0,05	K8	0,75	K10	0,95	K11	0,20	K8	0,45
K11	0,30	K11	0,20	K7	0,75	K7	0,50	K7	0,65
K7	0,75	K7	0,30	K4	0,20	K4	0,40	K11	0,40
K4	0,20	K4	0,75	K11	0,25	K12	0,65	K9	0,25
K9	0,75	K9	0,85	K9	0,15	K9	0,05	K4	0,10
K12	0,75	K12	0,95	K12	0,85	K10	0,90	K12	0,85

Çizelge 5.26. (Devamı)Senaryo 1'e göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)

KV-6		KV-7		KV-8		KV-9		KV-10	
K2		K1		K1		K2		K10	
K1	0,90	K2	0,90	K2	0,90	K1	0,95	K1	0,90
K5	0,15	K5	0,50	K6	0,35	K6	0,90	K2	0,90
K10	0,85	K6	0,80	K5	0,35	K3	0,50	K3	0,95
K3	0,80	K3	0,85	K3	0,80	K5	0,70	K6	0,50
K13	0,70	K10	0,55	K10	0,80	K13	0,70	K5	0,20
K8	0,75	K8	0,70	K8	0,75	K10	0,75	K13	0,55
K11	0,15	K11	0,40	K11	0,20	K11	0,20	K8	0,05
K7	0,90	K7	0,60	K13	0,55	K7	0,65	K11	0,20
K4	0,20	K4	0,50	K4	0,10	K4	0,25	K7	0,40
K6	0,45	K13	0,55	K7	0,35	K12	0,45	K4	0,95
K9	0,20	K9	0,05	K12	0,20	K8	0,05	K9	0,15
K12	0,70	K12	0,95	K9	0,50	K9	0,90	K12	0,95

Çizelge 5.27. Senaryo 2'ye göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)

KV-1		KV-2		KV-3		KV-4		KV-5	
K1		K2		K5		K1		K1	
K2	0,90	K1	0,95	K1	0,90	K2	0,85	K5	0,20
K3	0,95	K12	0,75	K2	0,80	K5	0,20	K2	0,85
K5	0,10	K5	0,15	K12	0,85	K6	0,35	K6	0,80
K6	0,50	K6	0,25	K6	0,60	K3	0,65	K3	0,75
K12	0,95	K3	0,70	K3	0,75	K12	0,90	K12	0,80
K9	0,70	K9	0,60	K9	0,45	K8	0,25	K10	0,05
K8	0,05	K8	0,75	K8	0,95	K11	0,20	K8	0,45
K4	0,30	K4	0,20	K10	0,25	K7	0,50	K7	0,65
K7	0,75	K7	0,30	K7	0,20	K4	0,40	K11	0,40
K11	0,20	K11	0,75	K4	0,25	K9	0,65	K9	0,25
K10	0,10	K10	0,15	K11	0,15	K10	0,05	K4	0,10

Çizelge 5.27. (Devamı) Senaryo 2'ye göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)

KV-6		KV-7		KV-8		KV-9		KV-10	
K1		K2		K1		K2		K10	
K12	0,90	K1	0,90	K2	0,90	K1	0,95	K1	0,90
K2	0,50	K5	0,15	K6	0,35	K6	0,90	K2	0,90
K5	0,80	K6	0,10	K5	0,35	K3	0,75	K3	0,95
K6	0,85	K3	0,80	K3	0,80	K5	0,70	K6	0,50
K3	0,85	K12	0,95	K4	0,75	K9	0,70	K5	0,20
K7	0,10	K8	0,75	K8	0,75	K4	0,35	K9	0,55
K8	0,40	K11	0,15	K11	0,20	K11	0,20	K8	0,05
K11	0,60	K7	0,90	K12	0,85	K7	0,65	K12	0,80
K10	0,20	K4	0,20	K10	0,10	K10	0,10	K7	0,40
K4	0,55	K10	0,45	K7	0,35	K12	0,95	K4	0,95
K9	0,05	K9	0,20	K9	0,20	K8	0,05	K11	0,15

Çizelge 5.28. Senaryo 3'e göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)

KV-1		KV-2		KV-3		KV-4		KV-5	
K1		K2		K5		K1		K1	
K2	0,90	K1	0,95	K1	0,90	K2	0,85	K5	0,20
K3	0,95	K11	0,95	K2	0,80	K5	0,20	K2	0,85
K5	0,10	K5	0,15	K11	0,85	K6	0,35	K6	0,80
K6	0,50	K6	0,25	K6	0,60	K3	0,65	K3	0,75
K11	0,95	K3	0,70	K3	0,75	K11	0,90	K4	0,80
K9	0,20	K9	0,40	K9	0,25	K8	0,25	K11	0,75
K8	0,05	K8	0,75	K8	0,95	K10	0,20	K8	0,45
K4	0,30	K4	0,20	K10	0,25	K7	0,50	K7	0,65
K7	0,75	K7	0,30	K7	0,20	K4	0,40	K10	0,05
K10	0,20	K10	0,20	K4	0,25	K9	0,45	K9	0,10

Çizelge 5.28. (Devamı) Senaryo 3'e göre önem sıralamaları ve göreli önem puanları (sj)

KV-6		KV-7		KV-8		KV-9		KV-10	
K1		K2		K1		K2		K1	
K11	0,90	K1	0,90	K2	0,90	K1	0,95	K2	0,90
K2	0,50	K5	0,15	K6	0,35	K6	0,90	K3	0,90
K5	0,80	K6	0,10	K5	0,35	K3	0,75	K6	0,95
K6	0,85	K3	0,80	K3	0,80	K5	0,70	K11	0,50
K3	0,85	K9	0,95	K4	0,75	K9	0,70	K5	0,20
K7	0,10	K8	0,75	K8	0,75	K4	0,35	K9	0,55
K8	0,40	K11	0,80	K11	0,70	K11	0,95	K8	0,05
K10	0,25	K7	0,90	K9	0,85	K7	0,65	K10	0,80
K9	0,20	K4	0,20	K7	0,10	K10	0,10	K7	0,40
K4	0,55	K10	0,10	K10	0,20	K8	0,95	K4	0,95

Karar vericilerden alınan görüşlere göre SWARA Yönteminin adımları uygulanmış ve SWARA yazılımından alınan işlemler EK-4, EK-5 ve EK-6'da sunulmuştur. Çizelge

5.29.'da sunulan ağırlıklar ve önem sıralamaları SMAA-2 Yönteminde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

Çizelge 5.29. SWARA Yöntemine göre ağırlıklar ve önem sıralamaları

Kriterler	Senaryo 1		Senaryo 2		Senaryo 3	
K-1. Hava Araçlarına Etki	1	0,2919	1	0,2956	1	0,3188
K-2. İstihbarat	2	0,2391	2	0,2324	2	0,2467
K-3. Güneş Radyasyonu Ortalaması	6	0,0549	5	0,0593	5	0,0652
K-4. Verimlik/Etkinlik	11	0,0070	10	0,0121	9	0,0150
K-5. Arazi İhtiyacı	3	0,1617	3	0,1500	3	0,1505
K-6. Enerji kapasitesi	5	0,0825	4	0,0884	4	0,0909
K-7. Toplam Arazi	10	0,0096	12	0,0107	10	0,0101
K-8. Politik/Finansal Belirsizlikler	8	0,0183	8	0,0175	8	0,0177
K-9. İşletme/Bakım/İdame Giderleri	12	0,0042	9	0,0141	7	0,0197
K-10. Yatırım/Kurulum Maliyetleri	4	0,0887				
K-11. İklim Değişimi/Doğal Afetler	9	0,0142	7	0,0519		
K-12. İstihdam	13	0,0033	11	0,0114	11	0,0097
K-13. Rüzgâr Hızı	7	0,0246	6	0,0566	6	0,0557

Çizelge 6.29 incelendiğinde üç senaryoda da "Hava Araçlarına Etki", "İstihbarat" ve "Arazi İhtiyacı" krtierlerinin ilk üç sırada olduğu; "Enerji kapasitesi" ve "Güneş Radyasyonu Ortalaması" kriterlerinin ise askeri kriterlerden sonra teknik kriterler olarak önem sırasında başta yer aldığı görülmektedir. SWARA Yöntemine göre yapılan çalışmalarda askeri kriterlerin teknik kriterlere göre daha fazla öneme sahip olduğu tespit edilmiştir.

5.6.3. SMAA-2 Yöntemi ile Alternatiflerin Seçimi

Alternatiflerin seçimi için SMAA-2 Yöntemi JSMAA Yazılımı ile kullanılmıştır. SMAA-2 Yönteminin sağladığı avantajlardan olan eksik bilgi ile karar verebilme imkânı yazılım ile birlikte kullanılmıştır. Bu kapsamda; karar vericilere daha çok çözüm alternatifi sunmak için değerlendirilen senaryolara ek olarak DEMATEL ve SWARA Yöntemlerinden elde edilen ağırlık bilgileri ile bir çalışma (Cardinal), DEMATEL ve SWARA Yöntemlerinden elde edilen, kriter sıralamalarının olduğu bir çalışma (Ordinal) ve kriter ağırlık/sıralama bilgilerinin olmadığı bir çalışma (Missing) yapılmıştır.

JSMAA Yazılımına bilgi girişi; bu çalışmanın 5.3., 5.4., 5.6.1. ve 5.6.2. bölümlerinde belirtilen/elde edilen bilgiler çerçevesinde yapılmıştır. DEMATEL Yönteminden elde edilen

ağırlık bilgisi ile SMAA-2 Yönteminin hibrit kullanımından 15 sonuç; DEMATEL Yönteminden elde edilen kriter sıralama bilgisi ile SMAA-2 Yönteminin hibrit kullanımından 15 sonuç; SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile SMAA-2 Yönteminin hibrit kullanımından 15 sonuç; SWARA Yönteminden elde edilen kriter sıralama bilgisi ile SMAA-2 Yönteminin hibrit kullanımından 15 sonuç ve hiçbir ağırlık ve kriter sıralama bilgisi olmadan 15 sonuç olmak üzere elde edilen toplam 75 sonuç (5 bölge için 15'er adet) EK-7'de sunulmuştur.

Bu sonuçlardan; 1'nci sırada tercih edilen alternatif bilgileri ile sıra kabul edilebilirlik indisleri özet olarak Çizelge 5.30.'da sunulmuştur.

Çizelge 5.30. 1'nci sırada tercih edilen alternatifler ve sıra kabul edilebilirlik indisleri[1]

BÖLGE	Senaryo 1					Senaryo 2					Senaryo 3				
	Cardinal		Ordinal		Missing	Cardinal		Ordinal		Missing	Cardinal		Ordinal		Missing
	DEMATEL	SWARA	DEMATEL	SWARA		DEMATEL	SWARA	DEMATEL	SWARA		DEMATEL	SWARA	DEMATEL	SWARA	
A	98	100	78	92	45	95	99	88	97	35	99	99	91	91	38
B	100	93	87	63	64	99	81	88	72	57	100	78	95	59	60
C	96	100	69	93	43	93	99	81	98	33	97	99	88	92	36
D	97	100	74	94	45	94	100	81	98	35	98	99	88	94	38
E	98	100	79	93	46	96	99	83	98	35	99	99	89	92	38

Elde edilen sonuçlara göre; A Bölgesi için Alternatif-1; 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW) her üç senaryoda da 1'inci sırada tercih edilmiştir. Alternatif-1 Senaro 1'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 98, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 100; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 78, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 92; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 45 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 2'de Alternatif-1 DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 95, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 88, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 97; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 35 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 3'de Alternatif-1 DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık

[1] Koyu renkli kutular 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) alternatifidir.

bilgisi ile % 99, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 91, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 91; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 38 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiştir.

B Bölgesi için Alternatif-1; 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW) Senaryo 1'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 100, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 93; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 87, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 63; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 64 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 2'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 81; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 88, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 72; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 57 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 3'te DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 100, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 78; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 95; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 60 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiştir. Buna karşın; SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 59 olasılıkla Alternatif-2, 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) 1'inci sırada tercih edilmiştir.

C Bölgesi için Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) her üç senaryo da 1'inci sırada tercih edilmiştir. Senaryo 1'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 96, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 100; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 69, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 93; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 43 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 2'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 93, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 81, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 98; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 33 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 3'te DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 97, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 88, SWARA Yönteminden

elde edilen sıralama bilgisi ile % 92; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 36 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiştir.

D Bölgesi için Alternatif-1; 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW) her üç senaryoda da 1'inci sırada tercih edilmiştir. Senaryo 1'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 97, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 100; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 74, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 94; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 45 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 2'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 94, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 100; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 81, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 98; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 35 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 3'te DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 98, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 88, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 94; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 38 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiştir.

E Bölgesi için Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) her üç senaryoda da 1'inci sırada tercih edilmiştir. Senaryo 1'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 98, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 100; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 79, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 93; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 46 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaryo 2'de DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 96, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 83, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 98; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 35 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiş; Senaro 3'te DEMATEL Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99, SWARA Yönteminden elde edilen ağırlık bilgisi ile % 99; DEMATEL Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 89, SWARA Yönteminden elde edilen sıralama bilgisi ile % 92; hiçbir ağırlık/sıralama bilgisi girilmeden ise % 38 oranla karar vericiler tarafından 1'nci sırada tercih edilmiştir.

Alternatiflerin tercih oranlarına göre tüm sonuçlara ilişkin değerlendirme yapılması gerekirse, tüm sonuçlarda askeri ihtiyaçlar ve teknik hususlara ait kriterlerin daha baskın olduğu bununla beraber çalışma yapılan bölgelerin iklim, bölgesel özellikleri ve yenilenebilir enerji potansiyeline (REPA ve GEPA Haritaları) uygun sonuçlar çıktığı görülebilmektedir.

5.6.4. BORDA Sayım Yöntemi ile Sonuçların Birleştirilmesi

Değişik ÇKKV Yöntemlerinin hibrit olarak kullanımından elde edilen çözümleri uzlaştırmak ve nihai sonuçlara ulaşmak maksadı ile sonular BORDA Sayım Yöntemi ile birleştirilmiştir.

Bölgelere göre ilk sırada seçilen alternatiflerin birinci sırada tercih edilenlere "3" puan 3'üncü sırada tercih edilenlere ise "1" puan verilerek puanlamada en yüksek skoru alan santral çeşidi birinci sırada kabul edilmiştir. Bu kapsamda kriter sayılarına göre elde edilen sonuçlar Çizelge 5.31., Çizelge 5.32. ve Çizelge 5.33.'te sunulmuştur.

Çizelge 5.31'e göre Senaryo 1'de; A, B ve D Bölgeleri için Alternatif-1, 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW); SMAA-2 Yönteminin her uygulamasında 1 inci sırada tercih edilmiş ve 12 puanlık BORDA Skoru ile sıralamada 1 inci sırada yer almıştır. C ve E Bölgeleri için ise Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW); SMAA-2 Yönteminin her uygulamasında 1 inci sırada tercih edilmiş ve 12 puanlık BORDA Skoru ile sıralamada 1 inci sırada yer almıştır.

Bu nedenle eldeki veriler ve uzman değerlendirmelerine göre Senaryo 1'de A, B ve D Bölgeleri için Alternatif-1, 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW), C ve E Bölgeleri için ise Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) en uygun enerji santrali seçilmiştir.

Çizelge 5.31. Senaryo 1'in BORDA Sayım Yöntemine göre sonucu

	Senayo 1									
	CARDİNAL				ORDİNAL					
BÖLGE	DEMATEL SMAA-2	BORDA SKOR	SWARA SMAA-2	BORDA SKOR	DEMATEL SMAA-2	BORDA SKOR	SWARA SMAA-2	BORDA SKOR	BORDA YÖNTEMİ SIRALAMA	SKOR
A	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	6
	GES_1MW	1	RES+DEPO	1	HİBRİT RES+GES	1	RES+DEPO	1	GES+1MW	5
B	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	GES_1MW	5
	GES_1MW	1	GES+DEPO	1	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	4
C	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	12
	GES+DEPO	2	RES_1MW	2	GES+DEPO	2	RES_1MW	2	GES+DEPO	6
	RES_1MW	1	GES+DEPO	1	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	RES_1MW	5
D	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	GES_1MW	5
	GES_1MW	1	GES+DEPO	1	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	4
E	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	12
	RES+DEPO	2	RES_1MW	2	RES+DEPO	2	RES_1MW	2	RES_1MW	5
	RES_1MW	1	GES+DEPO	1	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	4

Çizelge 5.32'ye göre Senaryo 2'de; Senaryo 1'e benzer şekilde A, B ve D Bölgeleri için Alternatif-1, 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW); SMAA-2 Yönteminin her uygulamasında 1 inci sırada tercih edilmiş ve 12 puanlık BORDA Skoru ile sıralamada 1 inci sırada yer almıştır. C ve E Bölgeleri için ise Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW); SMAA-2 Yönteminin her uygulamasında 1 inci sırada tercih edilmiş ve 12 puanlık BORDA Skoru ile sıralamada 1 inci sırada yer almıştır.

Bu nedenle eldeki veriler ve uzman değerlendirmelerine göre Senaryo 2'de A, B ve D Bölgeleri için Alternatif-1, 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW), C ve E Bölgeleri için ise Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) en uygun enerji santrali seçilmiştir.

Çizelge 5.33'e göre Senaryo 3'te; Senaryo 1 ve Senaryo 2'ye benzer şekilde A, B ve D Bölgeleri için Alternatif-1, 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW); SMAA-2 Yönteminin her uygulamasında 1 inci sırada tercih edilmiş ve 12 puanlık BORDA Skoru ile sıralamada 1 inci sırada yer almıştır. C ve E Bölgeleri için ise Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW); SMAA-2 Yönteminin her uygulamasında 1 inci sırada tercih edilmiş ve 12 puanlık BORDA Skoru ile sıralamada 1 inci sırada yer almıştır.

Bu nedenle eldeki veriler ve uzman değerlendirmelerine göre Senaryo 3'te A, B ve D Bölgeleri için Alternatif-1, 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW), C ve E Bölgeleri için ise Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) en uygun enerji santrali seçilmiştir.

Edilen veriler, uzmanların görüşleri ve tercih edilen ÇKKV Yöntemlerinden oluşturulan Karar Destek Sistemine göre üç senaryoda da A, B ve D Bölgeleri için Alternatif-1, 1 MW.lık Rüzgâr Enerji Santrali (RES_1 MW), C ve E Bölgeleri için ise Alternatif-2; 1 MW.lık Güneş Enerji Santrali (GES_1 MW) en uygun enerji santrali yatırımı olarak seçildiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.32. Senaryo 2'nin BORDA Sayım Yöntemine göre sonucu

	Senaryo 2									
	CARDİNAL				ORDİNAL				BORDA YÖNTEMİ SIRALAMA	SKOR
BÖLGE	DEMATEL SMAA-2	BORDA SKOR	SWARA SMAA-2	BORDA SKOR	DEMATEL SMAA-2	BORDA SKOR	SWARA SMAA-2	BORDA SKOR		
A	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	6
	HİBRİT RES+GES	1	RES+DEPO	1	RES>1MW	1	RES+DEPO	1	GES_1MW	4
B	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	GES_1MW	2	GES_1MW	2	GES_1MW	7
	GES_1MW	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	3
C	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	12
	GES+DEPO	2	RES_1MW	2	RES_1MW	2	RES_1MW	2	RES_1MW	6
	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	GES+DEPO	1	GES+DEPO	1	GES+DEPO	5
D	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	GES_1MW	2	GES_1MW	2	GES_1MW	6
	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	1	GES+DEPO	1	GES+DEPO	3
E	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	12
	RES_1MW	2	RES_1MW	2	RES_1MW	2	RES_1MW	2	RES_1MW	8
	GES+DEPO	1	GES+DEPO	1	GES+DEPO	1	GES+DEPO	1	GES+DEPO	4

Çizelge 5.33. Senaryo 3'ün BORDA Sayım Yöntemine göre sonucu

	Senaryo 3								BORDA YÖNTEMİ SIRALAMA	SKOR
	CARDİNAL				ORDİNAL					
BÖLGE	DEMATEL SMAA-2	BORDA SKOR	SWARA SMAA-2	BORDA SKOR	DEMATEL SMAA-2	BORDA SKOR	SWARA SMAA-2	BORDA SKOR		
A	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1 MW	2	RES+DEPO	2	GES_1 MW	2	GES_1MW	4
	HİBRİT RES+GES	1	RES+DEPO	1	RES>1MW	1	RES+DEPO	1	RES+DEPO	6
B	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	GES_1MW	3	RES_1MW	11
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	2	RES_1MW	2	GES_1MW	5
	RES>1MW	1	GES+DEPO	1	RES>1MW	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	4
C	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	12
	GES+DEPO	2	RES_1MW	2	GES+DEPO	2	RES_1MW	2	GES+DEPO	6
	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	RES_1 MW	1	GES+DEPO	1	RES_1MW	5
D	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	3	RES_1MW	12
	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	RES+DEPO	2	GES_1MW	2	GES_1MW	5
	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	GES_1MW	1	GES+DEPO	1	RES+DEPO	4
E	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	3	GES_1MW	12
	GES+DEPO	2	RES_1MW	2	GES+DEPO	2	RES_1MW	2	GES+DEPO	6
	HİBRİT RES+GES	1	GES+DEPO	1	RES_1MW	1	GES+DEPO	1	RES_1MW	5

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde enerji sorunu birçok ülkenin öncelikle çözüm bulma ihtiyacı hissettiği alanlardan birisidir. Son yıllarda petrol bazlı enerji çeşitlerinin yanında sonsuz kaynak sayılabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirmesi de bu yüzdendir. Ülkemizin bulunduğu konum itibari ile yenilenebilir enerji kaynağı açısından şanslı bir durumda olduğundan talebi karşılayacak enerji üretim miktarı ile enerji kaynaklarının daha temiz ve sürdürülebilir olması avantajımıza olacaktır. Bununla beraber kamu kurumlarının enerji ihtiyacının da mümkün olduğunca ucuz, sürdürülebilir olması ve bütçedeki maliyet kaleminin de azaltılması gerekmektedir.

Bu çalışmada bir kamu kurumu olarak askeri tesislerin enerji ihtiyacının karşılamasında yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi uygulamalı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ÇKKV Yöntemlerinin hibrit kullanımı ile bir karar destek sistemi sunulmuştur. Yapılan uygulamada konusunda uzman kişiler karar verici olarak belirlenmiş, literartür taramasının yanında askeri konulara ilişkin değerlendirmelerde kriterlere dahil edilmiştir.

Çalışma neticesinde; belirlenen 13 kriter üç senaryoda DEMATEL ve SWAA Yöntemleri ile ağırlıklandırılmış; SMAA-2 Yöntemi ile tespit edilen 8 alternatif değerlendirilmiş ve BORDA Sayım Yöntemi ile sonuçlar birleştirilmiştir.

13 kriterli değerlendirme (Senaryo 1) nin yanısıra Karar vericilere alternatif çözüm yolları sunmak, değişik bakış açılarından da değerlendirme yapmak, sonuçları çeşitlendirmek maksadıyla söz konusu kurumun ülke güvenliğindeki önemi de göz önüne alınmış ve yatırım/kurulum maliyeti kriteri çıkarılarak (Senaryo 2) 12 kriterli bir değerlendirme; ayrıca iklim değişimi/doğal afetler kriteri de risk kapsamında değerlendirme dışında bırakılarak (Senaryo 3) 11 kriterli bir değerlendirme yapılmıştır. Bununla beraber SMAA-2 Yönteminin özelliklerinden olan kriter ağırlıklarının (Cardinal) var olduğu durumda çözüm, kriter ağırlıklarının yerine kriter önem sıralamalarının (Ordinal) olduğu durumda çözüm ve kriter ağırlık/sıralama bilgilerinin olmadığı (Missing, eksik bilgi) durumda çözüm alternatifleri de değerlendirilmiştir.

Önerilen karar destek sistemi deterministik ve stokastik yöntemler birleştirilerek oluşturulmuş ve karar vercilerin tercih olasıkları tespit edilmiştir. Sonuç olarak bir Karar Destek Sistemi önerilmiş ve problem özelinde ilave kriterler değerlendirilerek literatüre katkı sağlanmış, DEMATEL ve SWARA Yöntemlerine ilişkin matematiksel işlem yükünü azlatacak ve zamanı kısaltacak yazılımlar oluşturulmuş, yenilenebilir enerji kaynaklarının askeri bölgelerde askeri ihtiyaçlara göre kullanımının uygunluğu ve sonuçların REPA ve GEPA bilgileri ile uyumlu olacak şekilde çıktığı 5 ayrı bölgede denenerek tespit edilmiştir.

Çalışmada önerilen karar destek sisteminin literatüre farklı açılardan katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir. Bu katkılar; deterministik ve stokastik yöntemlerin birlikte kullanımının karar vericilere farklı bakış açıları kazandırabileceği, değişik ÇKKV yöntemlerinin kriter ve alternatif değerlendirmelerinde karar vericilere karşılaştırma olanağı sağlayabileceği (Tutarlılık), ÇKKV Yöntemleriyle enerji yatırımına karar vermeden önce yapılabilecek fizibilite çalışmaları veya matematiksel modeller kurulmadan önce yatırım konusunda karar vericilere ön fikir sağlayabileceği şeklinde sıralanabilir.

Literatürde taramasında SWARA Yöntemi uygulamalarının hiçbir gerekçe veya bilgi verilmeden adımlarında değişkiklikler yapılarak farklı kullanım şekillerinin olduğu ve yapılan değişikliklerin kriter ağırlıklarını ve önem sıralamalarını değiştirdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle bu yöntemin sınıflandırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada yapılan sınıflandırmanın Karar Destek Sistemine ilave olarak literatüre katkı sağlayacağı da değerlendirilmiştir.

İleride yapılacak çalışmalara yönelik olarak karar destek sistemindeki yöntemler değiştirilebilir, çeşitlendirilebilir, bulanık sayılar kullanılarak karar vericilere kendilerini daha iyi ifade edebilecekleri hesaplama yöntemleri sağlanabilir, kesin sonuçlu çalışmalar için matematiksel modeller geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

Abdel-Basset, M., Gamal, A., Chakrabortty, R. K. ve Ryan, M. J. (2021). Evaluation approach for sustainable renewable energy systems under uncertain environment: A case study, *Renewable Energy*, 168, 1073-1095.

Abdullah, L. ve Zulkifli, N. (2015). Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management, *Expert Systems with Applications*, 42(9), 4397-4409.

Abdullah, L., Zulkifli, N., Liao, H., Herrera-Viedma, E. ve Al-Barakati, A. (2019). An interval-valued intuitionistic fuzzy DEMATEL method combined with Choquet integral for sustainable solid waste management, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 82, 207-215.

Adalı, E. A. ve Tuş, A. (2017). Bir Tedarikçi Seçim Problemi Için Swara ve Waspas Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşimi. *International Review of Economics and Management.* 5(4), 56-77.

Agarwal, S., Kant, R. ve Shankar, R. (2020). Evaluating solutions to overcome humanitarian supply chain management barriers: A hybrid fuzzy SWARA–Fuzzy WASPAS approach, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101838.

Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2013). Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods. *Engineering Economics*, 24(1), 5-17.

Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2014). Synergies of data mining and multiple attribute decision making, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 110, 767-776.

Ahmad, S. ve Tahar, R. M. (2014). Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia, *Renewable Energy*, 63, 458-466.

Akhanova, G., Nadeem, A., Kim, J. R. ve Azhar, S. (2020). A multi-criteria decision-making framework for building sustainability assessment in Kazakhstan. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101842.

Akkuş, İ. ve Alan, H. (2016). Türkiye'nin jeotermal kaynaklari, projeksiyonlar, sorunlar ve öneriler raporu, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası*, s.89, Ankara.

Aksakal, E. ve Dağdeviren, M. (2010). ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünleşik bir yaklaşım, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergis*i, 25(4).

Aksakal, E., Dağdeviren, M., Eraslan, E. ve Yüksel, İ. (2013). Personel selection based on talent management, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 73, 68-72.

Akyüz, E. ve Çelik, E. (2015). A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 38, 243-253.

Al Garni, H., Kassem, A., Awasthi, A., Komljenovic, D. ve Al-Haddad, K. (2016). A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 16, 137-150.

Alkan, Ö. ve Albayrak, Ö. K. (2020). Ranking of renewable energy sources for regions in Turkey by fuzzy entropy based fuzzy COPRAS and fuzzy MULTIMOORA. *Renewable Energy*, 162, 712-726.

Altuntas, F. ve Gok, M. S. (2021). The effect of COVID-19 pandemic on domestic tourism: A DEMATEL method analysis on quarantine decisions, *International Journal of Hospitality Management*, 92, 102719.

Amer, M. ve Daim, T. U. (2011). Selection of renewable energy technologies for a developing county: a case of Pakistan, *Energy for Sustainable Development*, 15(4), 420-435.

Arce, M. E., Saavedra, Á., Míguez, J. L. ve Granada, E. (2015). The use of grey-based methods in multi-criteria decision analysis for the evaluation of sustainable energy systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 924-932.

Arcidiacono, S. G., Corrente, S. ve Greco, S. (2018). GAIA-SMAA-PROMETHEE for a hierarchy of interacting criteria, *European Journal of Operational Research*, 270(2), 606-624.

Arslan, S , Darıcı, M. ve Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli *Jeotermal Enerji Semineri*, 21-27.

Asad, M. M., Mohajerani, N. S. ve Nourseresh, M. (2016). Prioritizing factors affecting customer satisfaction in the internet banking system based on cause and effect relationships, *Procedia Economics and Finance*, 36, 210-219.

Atici, K. B., Simsek, A. B., Ulucan, A. ve Tosun, M. U. (2015). A GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis approach for wind power plant site selection, *Utilities Policy*, 37, 86-96.

Ayyıldız, E. ve Demirci, E. (2018). Türkiye'de yer alan şehirlerin yaşam kalitelerinin swara entegreli topsis yöntemi ile belirlenmesi. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute/Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. (30).

Bac, U., Alaloosi, K. A. M. S. ve Turhan, C. (2021). A comprehensive evaluation of the most suitable HVAC system for an industrial building by using a hybrid building energy simulation and multi criteria decision making framework, *Journal of Building Engineering*, 37, 102153.

Bakır, M. (2019). SWARA ve MABAC yöntemleri ile havayolu işletmelerinde EWOM'a dayalı memnuniyet düzeyinin analizi. *İzmir İktisat Dergisi*. 34(1), 51-66.

Balki, M. K., Erdoğan, S., Aydın, S. ve Sayin, C. (2020). The optimization of engine operating parameters via SWARA and ARAS hybrid method in a small SI engine using alternative fuels. *Journal of Cleaner Production*. 258, 120685.

Baykasoğlu, A., Kaplanoğlu, V., Durmuşoğlu, Z. D. ve Şahin, C. (2013). Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection, *Expert Systems with Applications*, 40(3), 899-907.

Billig, E. ve Thraen, D. (2017). Renewable methane–A technology evaluation by multi-criteria decision making from a European perspective, *Energy*, 139, 468-484.

Borda, J-C. "Memoire sur les Elections au Scrutin," *Histoire de V Academie Royale des Sciences*, Paris, 1781

Büyüközkan, G. ve Çifçi, G. (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers, *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000-3011.

Büyüközkan, G. ve Güleryüz, S. (2016). An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey. *International Journal of Production Economics*, 182, 435-448.

Büyüközkan, G., Güleryüz, S. ve Karpak, B. (2017). A new combined IF-DEMATEL and IF-ANP approach for CRM partner evaluation, *International Journal of Production Economics*, 191, 194-206.

Cebeci, S. (2017). Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, *İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Kalkınma Bakanlığı*, 185, Ankara

Çelikbilek, Y. ve Tüysüz, F. (2016). An integrated grey based multi-criteria decision making approach for the evaluation of renewable energy sources, *Energy*, 115, 1246-1258.

Chang, B., Chang, C. W. ve Wu, C. H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria, *Expert systems with Applications*, 38(3), 1850-1858.

Chen, J. K. ve Chen, I. S. (2010). Using a novel conjunctive MCDM approach based on DEMATEL, fuzzy ANP, and TOPSIS as an innovation support system for Taiwanese higher education, *Expert Systems with Applications*, 37(3), 1981-1990.

Çınar, Y. (2013). Kariyer tercihi probleminin yapısal bir modeli ve riske karşı tutumlar: Olasılıklı DEMATEL yöntemi temelli bütünleşik bir yaklaşım. *Sosyoekonomi*, 19(19).

Corrente, S., Figueira, J. R. ve Greco, S. (2014). The SMAA-PROMETHEE method, *European Journal of Operational Research*, 239(2), 514-522.

Çakır, E. (2017). Kriter ağırlıklarının SWARA–Copeland yöntemi ile belirlenmesi: Bir üretim işletmesinde uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 4(1), 42-56.

Çakır, E. ve Karabıyık, B.K. (2017). Bütünleşik SWARA-COPRAS yöntemi kullanarak bulut depolama hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi.* 10(4), 417-434.

Çakır, E., Akel, G. ve Doğaner, M. (2018). Türkiye'de faaliyet gösteren özel alışveriş sitelerinin bütünleşik SWARA-WASPAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*. 599-616.

Çolak, M. ve Kaya, İ. (2017). Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 80, 840-853.

Daim, T. U., Li, X., Kim, J. ve Simms, S. (2012). Evaluation of energy storage technologies for integration with renewable electricity: Quantifying expert opinions, *Environmental Innovation and Societal Transitions,* 3, 29-49.

Dağdeviren, M. ve Tamer, E. (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.* 16(1), 41-52.

Dalvi-Esfahani, M., Niknafs, A., Kuss, D. J., Nilashi, M. ve Afrough, S. (2019). Social media addiction: Applying the DEMATEL approach, *Telematics and Informatics*, 43, 101250.

Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B. ve Varzandeh, M. H. M. (2015). A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran, *Catena*, 135, 122-148.

Dey, S., Kumar, A., Ray, A. ve Pradhan, B. B. (2012). Supplier selection: integrated theory using DEMATEL and quality function deployment methodology. *Procedia Engineering,* 38, 3560-3565.

Deveci, K., Cin, R. ve Kağızman, A. (2020). A modified interval valued intuitionistic fuzzy CODAS method and its application to multi-criteria selection among renewable energy alternatives in Turkey, *Applied Soft Computing*, 96, 106660.

Diemuodeke, E. O., Addo, A., Oko, C. O. C., Mulugetta, Y. ve Ojapah, M. M. (2019). Optimal mapping of hybrid renewable energy systems for locations using multi-criteria decision-making algorithm, *Renewable Energy,* 134, 461-477.

Ding, X. F. ve Liu, H. C. (2018). A 2-dimension uncertain linguistic DEMATEL method for identifying critical success factors in emergency management, *Applied Soft Computing*, 71, 386-395.

Doukas, H., Tsiousi, A., Marinakis, V. ve Psarras, J. (2014). Linguistic multi-criteria decision making for energy and environmental corporate policy, *Information Sciences*, 258, 328-338.

Durbach, I. N. ve Calder, J. M. (2016). Modelling uncertainty in stochastic multicriteria acceptability analysis, *Omega*, 64, 13-23.

Durmaz, K. ve Gencer, C. (2020). A new plugin based on JSMAA: SWARA-JSMAA and aerobatic aircraft selection. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34,.1917-1928,

Eghbali-Zarch, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Esfahanian, F., Sepehri, M. M. ve Azaron, A. (2018). Pharmacological therapy selection of type 2 diabetes based on the SWARA and modified MULTIMOORA methods under a fuzzy environment, *Artificial Intelligence in Medicine*, 87, 20-33.

Erdoğan, S., Balki, M. K., Aydın, S. ve Sayin, C. (2019). The best fuel selection with hybrid multiple-criteria decision making approaches in a CI engine fueled with their blends and pure biodiesels produced from different sources, *renewable energy*, 134, 653-668.

Eroğlu, Ö. (2014). Bakım/onarım alternatiflerinin bulanık DEMATEL ve SMAA-2 yöntemleriyle değerlendirilmesi, *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Eroğlu, Ö. ve Gencer C. (2017). Integrating fuzzy dematel and smaa-2 for maintenance expenses. *International Journal of Engineering Science Invention*, 6(2), 60-71.

Eroğlu, Ö. ve Gencer C. (2020). *Yenilenebilir enerji kaynağı seçiminde SWARA yöntemiyle kriter ağırlıklarının belirlenmesi*. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (pp.197-207), Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Ersöz, F. ve Kabak, M. (2010). Savunma sanayi uygulamalarinda çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştirmasi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.

Fan, Z. P., Suo, W. L. ve Feng, B. (2012). Identifying risk factors of IT outsourcing using interdependent information: An extended DEMATEL method, *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3832-3840.

Fu, Y., Lai, K. K. ve Yu, L. (2021). Multi-nation comparisons of energy architecture performance: A group decision-making method with preference structure and acceptability analysis, *Energy Economics*, 105139.

Gandhi, S., Mangla, S. K., Kumar, P. ve Kumar, D. (2015). Evaluating factors in implementation of successful green supply chain management using DEMATEL: A case study, *International Strategic Management Review*, 3(1-2), 96-109.

García-Cáceres, R. G. (2020). Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis–Matching (SMAA-M), *Operations Research Perspectives*, 7, 100145.

García-Lapresta, J. L., Martínez-Panero, M. ve Meneses, L. C. (2009). Defining the Borda count in a linguistic decision making context. *Information Sciences*, 179(14), 2309-2316.

George-Ufot, G., Qu, Y. ve Orji, I. J. (2017). Sustainable lifestyle factors influencing industries' electric consumption patterns using fuzzy logic and DEMATEL: The Nigerian perspective, *Journal of Cleaner Production*, 162, 624-634.

Georgiou, D., Mohammed, E. S. ve Rozakis, S. (2015). Multi-criteria decision making on the energy supply configuration of autonomous desalination units, *Renewable Energy*, 75, 459-467.

Ghenai, C., Albawab, M. ve Bettayeb, M. (2020). Sustainability indicators for renewable energy systems using multi-criteria decision-making model and extended SWARA/ARAS hybrid method, *Renewable Energy*, 146, 580-597.

Govindan, K., Kannan, D. ve Shankar, K. M. (2014). Evaluating the drivers of corporate social responsibility in the mining industry with multi-criteria approach: A multi-stakeholder perspective, *Journal of Cleaner Production*, 84, 214-232.

Govindan, K., Kadziński, M., Ehling, R. ve Miebs, G. (2019). Selection of a sustainable third-party reverse logistics provider based on the robustness analysis of an outranking graph kernel conducted with ELECTRE I and SMAA, *Omega*, 85, 1-15.

Güler, Ö. (2009). Wind energy status in electrical energy production of Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(2), 473-478

Gümüş, S., Kucukvar, M. ve Tatari, O. (2016). Intuitionistic fuzzy multi-criteria decision making framework based on life cycle environmental, economic and social impacts: The case of US wind energy, *Sustainable Production and Consumption*, 8, 78-92.

Haddad, B., Liazid, A. ve Ferreira, P. (2017). A multi-criteria approach to rank renewables for the Algerian electricity system, *Renewable Energy*, 107, 462-472.

Hashemkhani Zolfani, S. ve Bahrami, M. (2014). Investment prioritizing in high-tech industries based on SWARA-COPRAS approach. *Technological and Economic Development of Economy*. 20(3), 534-553.

Heo, E., Kim, J. ve Boo, K. J. (2010). Analysis of the assessment factors for renewable energy dissemination program evaluation using fuzzy AHP, *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2214-2220.

Hokkanen, J., Lahdelma, R., Miettinen, K. ve Salminen, P. (1998). Determining the implementation order of a general plan by using a multicriteria method, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis,* 7(5), 273-284.

Hokkanen, J., Lahdelma, R. ve Salminen, P. (1999). A multiple criteria decision model for analyzing and choosing among different development patterns for the Helsinki cargo harbor, *Socio-Economic Planning Sciences*, 33(1), 1-23.

Hokkanen, J., Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2000). Multicriteria decision support in a technology competition for cleaning polluted soil in Helsinki, *Journal of Environmental Management*, 60(4), 339-348.

Horng, J. S., Liu, C. H., Chou, S. F. ve Tsai, C. Y. (2013). Creativity as a critical criterion for future restaurant space design: developing a novel model with DEMATEL application, *International Journal of Hospitality Management*, 33, 96-105.

Hsu, C. C. (2012). Evaluation criteria for blog design and analysis of causal relationships using factor analysis and DEMATEL, *Expert Systems with Applications*, 39(1), 187-193.

Hsu, C. W., Kuo, T. C., Chen, S. H. ve Hu, A. H. (2013). Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, 56, 164-172.

Hu, H. Y., Chiu, S. I., Cheng, C. C. ve Yen, T. M. (2011). Applying the IPA and DEMATEL models to improve the order-winner criteria: A case study of Taiwan's network communication equipment manufacturing industry, *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9674-9683.

Işık, A. T. ve Adalı, E. A. (2016). A new integrated decision making approach based on SWARA and OCRA methods for the hotel selection problem, *International Journal of Advanced Operations Management*, 8(2), 140-151.

Iskin, I., Daim, T., Kayakutlu, G. ve Altuntas, M. (2012). Exploring renewable energy pricing with analytic network process—Comparing a developed and a developing economy, *Energy Economics*, 34(4), 882-891.

İnternet: Türkiye Elektrik İletim A Ş. Genel Müdürlüğü, 10 yıllık talep tahminleri raporu (2020) URL: https://www teias gov tr/tr-TR/ilgili-raporlar, Son Erişim Tarihi: 28 01 2021

İnternet: Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Türkiye'de elektrik iletimi,rakamlarla iletim istatistikleri (2020) URL: https://www teias gov tr/tr-TR/rakamlarla-elektrik-iletimi#, Son Erişim Tarihi: 28 01 2021

İnternet: Güneş Enerjisi ve Teknolojileri URL: https://web archive org/web/20190305110331/http://www yegm gov tr/yenilenebilir/g_enj_tekno aspx, Son Erişim Tarihi: 27 01 2021

İnternet: Rüzgâr Enerjisi URL: https://web archive org/web/20190225234251 /http://www yegm gov tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi aspx, Son Erişim Tarihi: 27 01 2021

İnternet: Jeotermal Enerji Nedir? URL: https://web archive org/web/20190319070844/ http://www yegm gov tr/yenilenebilir/jeo_enerji_nedir aspx, Son Erişim Tarihi: 27 01 2021

İnternet: Hidroelektrik Enerjisi Nedir? URL: https://web archive org/web/20190308082519 /http://www yegm gov tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir aspx, Son Erişim Tarihi: 27 01 2021

İnternet: Biyokütle Enerjisi Nedir? URL: https://web archive org/web/20190221012324/ http://www yegm gov tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi aspx, Son Erişim Tarihi: 27 01 2021

İnternet: Map and data downloads URL : https://globalsolaratlas info/download/germany, Son Erişim Tarihi: 04 02 2021

İnternet: Map and data downloads URL : https://globalsolaratlas info/download/turkey, Son Erişim Tarihi: 04 02 2021

İnternet: Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları URL : https://www mta gov tr/v3 0/arastirmalar/ jeotermal-enerji-arastirmalari, Son Erişim Tarihi: 04 02 2021

İnternet: Hidrojen Üretimi URL : http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/h_uretimi.aspx, Son Erişim Tarihi: 26 02 2021

Javed, M. S., Ma, T., Jurasz, J. ve Mikulik, J. (2021). A hybrid method for scenario-based techno-economic-environmental analysis of off-grid renewable energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110725.

Jeng, D. J. F. ve Tzeng, G. H. (2012). Social influence on the use of clinical decision support systems: revisiting the unified theory of acceptance and use of technology by the fuzzy DEMATEL technique, *Computers & Industrial Engineering*, 62(3), 819-828.

Jing, Y. Y., Bai, H. ve Wang, J. J. (2012). A fuzzy multi-criteria decision-making model for CCHP systems driven by different energy sources, *Energy Policy*, 42, 286-296.

Jung, N., Moula, M. E., Fang, T., Hamdy, M. ve Lahdelma, R. (2016). Social acceptance of renewable energy technologies for buildings in the Helsinki Metropolitan Area of Finland, *Renewable Energy*, 99, 813-824.

Kabak, M. ve Çınar, Y. (2020). *Çok kriterli karar vermenin esaslari*, Nobel Yayınları

Kabak, M. ve Dağdeviren, M. (2014). Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology, *Energy Conversion and Management*, 79, 25-33.

Kadziński, M. ve Tervonen, T. (2013). Stochastic ordinal regression for multiple criteria sorting problems, *Decision Support Systems*, 55(1), 55-66.

Kangas, J. ve Kangas, A. (2003). Multicriteria approval and SMAA-O in natural resources decision analysis with both ordinal and cardinal criteria, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 12(1), 3-15.

Kangas, J., Hokkanen, J., Kangas, A. S., Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2003). Applying stochastic multicriteria acceptability analysis to forest ecosystem management with both cardinal and ordinal criteria, *Forest Science*, 49(6), 928-937.

Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S. ve Maksimovic, M. (2015). Selection of candidates in the mining industry based on the application of the SWARA and the MULTIMOORA methods. *Acta Montanistica Slovaca*, 20(2).

Karabašević, D., Stanujkić, D. ve Urošević, S. (2015). The MCDM model for personnel selection based on SWARA and ARAS methods. *Management* (1820-0222), 20(77).

Kaya, S. K. ve Erginel, N. (2020). Futuristic airport: A sustainable airport design by integrating hesitant fuzzy SWARA and hesitant fuzzy sustainable quality function deployment, *Journal of Cleaner Production*, 275, 123880.

Katal, F. ve Fazelpour, F. (2018). Multi-criteria evaluation and priority analysis of different types of existing power plants in Iran: An optimized energy planning system, *Renewable Energy*, 120, 163-177.

Kaya, T. ve Kahraman, C. (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul, *Energy*, 35(6), 2517-2527.

Kaynar, N.K. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 48-54.

Khalilzadeh, M., Shakeri, H. ve Zohrehvandi, S. (2021). Risk identification and assessment with the fuzzy DEMATEL-ANP method in oil and gas projects under uncertainty, *Procedia Computer Science*, 181, 277-284.

Keršuliene, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA), *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243-258.

Keršulienė, V. ve Turskis, Z. (2011). Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection, *Technological and Economic Development of Economy*, 17(4), 645-666.

Kılıç, H. S., Demirci, A. E. ve Delen, D. (2020). An integrated decision analysis methodology based on IF-DEMATEL and IF-ELECTRE for personnel selection, *Decision Support Systems*, 137, 113360.

Koçaslan, G. (2006). *Türkiye'nin enerji kaynaklari ve alternatif bir kaynak olarak rüzgâr enerjisinin değerlendirilmesi*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Kontu, K., Rinne, S., Olkkonen, V., Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2015). Multicriteria evaluation of heating choices for a new sustainable residential area, *Energy and Buildings*, 93, 169-179.

Kumar, A. ve Dixit, G. (2018). Evaluating critical barriers to implementation of WEEE management using DEMATEL approach, Resources, *Conservation and Recycling*, 131, 101-121.

Kurtulmuşoğlu, F. B., Can, G. F. ve Tolon, M. (2016). A voice in the skies: Listening to airline passenger preferences. *Journal of Air Transport Management*, 57, 130-137.

Lahdelma, R., Hokkanen, J. ve Salminen, P. (1998). SMAA-stochastic multiobjective acceptability analysis. *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137-143.

Lahdelma, R., Salminen, P. ve Hokkanen, J. (2000). Using multicriteria methods in environmental planning and management, *Environmental Management*, 26(6), 595-605.

Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2001). SMAA-2: Stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making, *Operations Research*, 49(3), 444-454.

Lahdelma, R., Salminen, P. ve Hokkanen, J. (2002). Locating a waste treatment facility by using stochastic multicriteria acceptability analysis with ordinal criteria, *European Journal of Operational Research*, 142(2), 345-356.

Lahdelma, R., Miettinen, K. ve Salminen, P. (2003). Ordinal criteria in stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA), *European Journal of Operational Research*, 147(1), 117-127.

Lahdelma, R., Miettinen, K. ve Salminen, P. (2005). Reference point approach for multiple decision makers. *European Journal of Operational Research*, 164(3), 785-791.

Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2010). Stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA). In M.Ehrgott, J.R. Figueira and S. Greco (Eds) *Trends in multiple criteria decision analysis*, 285-315.

Lan, S. ve Zhong, R. Y. (2016). An evaluation model for financial reporting supply chain using DEMATEL-ANP, *Procedia Cirp*, 56, 516-519.

Lee, Y. C., Li, M. L., Yen, T. M. ve Huang, T. H. (2010). Analysis of adopting an integrated decision making trial and evaluation laboratory on a technology acceptance model, *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1745-1754.

Lee, H. S., Tzeng, G. H., Yeih, W., Wang, Y. J. ve Yang, S. C. (2013). Revised DEMATEL: resolving the infeasibility of DEMATEL. *Applied Mathematical Modelling*, 37(10-11), 6746-6757.

Li, C. W. ve Tzeng, G. H. (2009). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 9891-9898.

Lee, W. S., Huang, A. Y., Chang, Y. Y. ve Cheng, C. M. (2011). Analysis of decision making factors for equity investment by DEMATEL and Analytic Network Process, *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8375-8383.

Li, Y., Hu, Y., Zhang, X., Deng, Y. ve Mahadevan, S. (2014). An evidential DEMATEL method to identify critical success factors in emergency management, *Applied Soft Computing*, 22, 504-510.

Li, F., Wang, W., Dubljevic, S., Khan, F., Xu, J. ve Yi, J. (2019). Analysis on accident-causing factors of urban buried gas pipeline network by combining DEMATEL, ISM and BN methods, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 61, 49-57.

Li, X., Han, Z., Zhang, R., Zhang, Y. ve Zhang, L. (2020). Risk assessment of hydrogen generation unit considering dependencies using integrated DEMATEL and TOPSIS approach, *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(53), 29630-29642.

Liaw, C. S., Chang, Y. C., Chang, K. H. ve Chang, T. Y. (2011). ME-OWA based DEMATEL reliability apportionment method, *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9713-9723.

Liou, J. J. ve Chuang, Y. T. (2010). Developing a hybrid multi-criteria model for selection of outsourcing providers, *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3755-3761.

Liu, H. C., You, J. X., Zhen, L. ve Fan, X. J. (2014). A novel hybrid multiple criteria decision making model for material selection with target-based criteria, *Materials & Design*, 60, 380-390.

Liu, G. (2014). Development of a general sustainability indicator for renewable energy systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 611-621.

Liu, H. C., You, X. Y., Xue, Y. X. ve Luan, X. (2017). Exploring critical factors influencing the diffusion of electric vehicles in China: A multi-stakeholder perspective, *Research in Transportation Economics*, 66, 46-58.

Loikkanen, O., Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2017). Multicriteria evaluation of sustainable energy solutions for Colosseum, *Sustainable Cities and Society*, 35, 289-297.

Lu, M. T., Lin, S. W. ve Tzeng, G. H. (2013). Improving RFID adoption in Taiwan's healthcare industry based on a DEMATEL technique with a hybrid MCDM model, *Decision Support Systems*, 56, 259-269.

Makkonen, S., Lahdelma, R., Asell, A. M. ve Jokinen, A. (2003). Multi-criteria decision support in the liberalized energy market, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 12(1), 27-42.

Mangla, S. K., Bhattacharya, A., Yadav, A. K., Sharma, Y. K., Ishizaka, A., Luthra, S. ve Chakraborty, R. (2021). A framework to assess the challenges to food safety initiatives in an emerging economy, *Journal of Cleaner Production*, 284, 124709.

Maqbool, A. ve Khan, N. Z. (2020). Analyzing barriers for implementation of public health and social measures to prevent the transmission of COVID-19 disease using DEMATEL method, Diabetes & Metabolic Syndrome: *Clinical Research & Reviews*, 14(5), 887-892.

Matulaitis, V., Straukaitė, G., Azzopardi, B. ve Martinez-Cesena, E. A. (2016). Multi-criteria decision making for PV deployment on a multinational level, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 156, 122-127.

Menou, A., Benallou, A., Lahdelma, R. ve Salminen, P. (2010). Decision support for centralizing cargo at a Moroccan airport hub using stochastic multicriteria acceptability analysis, *European Journal of Operational Research*, 204(3), 621-629.

Mi, X. ve Liao, H. (2020). Renewable energy investments by a combined compromise solution method with stochastic information, *Journal of Cleaner Production*, 276, 123351.

Miettinen, K. ve Salminen, P. (1999). Decision-aid for discrete multiple criteria decision making problems with imprecise data, *European Journal of Operational Research*, 119(1), 50-60.

Mirmousa, S. ve Dehnavi, H. D. (2016). Development of criteria of selecting the supplier by using the fuzzy DEMATEL method, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 230, 281-289.

Muhammad, M. N. ve Cavus, N. (2017). Fuzzy DEMATEL method for identifying LMS evaluation criteria, *Procedia Computer Science*, 120, 742-749.

Narayanamoorthy, S., Ramya, L., Kalaiselvan, S., Kureethara, J. V. ve Kang, D. (2020). Use of DEMATEL and COPRAS method to select best alternative fuel for control of impact of greenhouse gas emissions, *Socio-Economic Planning Sciences*, 100996.

Nguyen, H. T., Safder, U., Nguyen, X. N. ve Yoo, C. (2020). Multi-objective decision-making and optimal sizing of a hybrid renewable energy system to meet the dynamic energy demands of a wastewater treatment plant, *Energy*, 191, 116570.

Okul, D., Gencer, C. ve Aydogan, E. K. (2014). A method based on SMAA-topsis for stochastic multi-criteria decision making and a real-world application. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 13(05), 957-978.

O'riordan T. (1999). *Environmental science for environmental management*, pp 1-29, Pearson Education Limited, Londra, İngiltere.

Qiu, Z., Dosskey, M. G. ve Kang, Y. (2016). Choosing between alternative placement strategies for conservation buffers using Borda count, *Landscape and Urban Planning*, 153, 66-73.

Organ, A. (2013). Bulanık Dematel yöntemiyle makine seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 157-172.

Özbek, A. ve Demirkol, İ. (2018). Lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin SWARA ve GİA yöntemleri ile analizi. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 8(1), 71-86.

Özbek, A. ve Erol E. (2018). AHS ve SWARA yöntemleri ile yem sektöründe iş sağliği ve güvenliği kriterlerinin ağirliklandirilmasi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.* 20(2), 51-66.

Özgül, S , Koçar, G. ve Eryaşar, A (2020). The progress, challenges, and opportunities of renewable energy cooperatives in Turkey *Energy for Sustainable Development*, 59, 107-119

Öztürk, N., Bilgiç, M. ve Arslan, C. (2009). *Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'deki Hidrojen Potansiyeli*. Şubat, 19, 2015.

Papapostolou, A., Karakosta, C., Nikas, A. ve Psarras, J. (2017). Exploring opportunities and risks for RES-E deployment under Cooperation Mechanisms between EU and Western Balkans: A multi-criteria assessment, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 519-530.

Pamučar, D., Mihajlović, M., Obradović, R. ve Atanasković, P. (2017). Novel approach to group multi-criteria decision making based on interval rough numbers: Hybrid DEMATEL-ANP-MAIRCA model, *Expert Systems with Applications*, 88, 58-80.

Pandey, A. ve Kumar, A. (2017). Commentary on "Evaluating the criteria for human resource for science and technology (HRST) based on an integrated fuzzy AHP and fuzzy DEMATEL approach", *Applied Soft Computing*, 51, 351-352.

Park, S. H. (2016). A strategic approach to policy tasks for the development of Korea's island areas, *Journal of Marine and Island Cultures*, 5(1), 14-21.

Paşaoglu, G., Garcia, N. P. ve Zubi, G. (2018). A multi-criteria and multi-expert decision aid approach to evaluate the future Turkish power plant portfolio, *Energy Policy*, 119, 654-665.

Patil, S. K. ve Kant, R. (2014). A hybrid approach based on fuzzy DEMATEL and FMCDM to predict success of knowledge management adoption in supply chain, *Applied Soft Computing*, 18, 126-135.

Perez, C. A., Cament, L. A. ve Castillo, L. E. (2011). Methodological improvement on local Gabor face recognition based on feature selection and enhanced Borda count, *Pattern Recognition*, 44(4), 951-963.

Popovic, G., Stanujkic, D., Brzakovic, M. ve Karabasevic, D. (2019). A multiple-criteria decision-making model for the selection of a hotel location, *Land Use Policy*, 84, 49-58.

Prajapati, H., Kant, R. ve Shankar, R. (2019). Prioritizing the solutions of reverse logistics implementation to mitigate its barriers: A hybrid modified SWARA and WASPAS approach, *Journal of Cleaner Production*, 240, 118219.

Prado, V. ve Heijungs, R. (2018). Implementation of stochastic multi attribute analysis (SMAA) in comparative environmental assessments, *Environmental Modelling & Software*, 109, 223-231.

Pourghasemi, H. R., Gayen, A., Panahi, M., Rezaie, F. ve Blaschke, T. (2019). Multi-hazard probability assessment and mapping in Iran. *Science of the Total Environment*, 692, 556-571.

Quezada, L. E., López-Ospina, H. A., Palominos, P. I. ve Oddershede, A. M. (2018). Identifying causal relationships in strategy maps using ANP and DEMATEL, *Computers & Industrial Engineering*, 118, 170-179.

Radović, D. ve Stević, Ž. (2018). Evaluation and selection of KPI in transport using SWARA method. Transport & Logistics: *The International Journal*. 8(44), 60-68.

Rahman, M. M., Paatero, J. V., Lahdelma, R. ve Wahid, M. A. (2016). Multicriteria-based decision aiding technique for assessing energy policy elements-demonstration to a case in Bangladesh, *Applied energy*, 164, 237-244.

Ruzgys, A., Volvačiovas, R., Ignatavičius, Č. ve Turskis, Z. (2014). Integrated evaluation of external wall insulation in residential buildings using SWARA-TODIM MCDM method. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(1), 103-110.

Sadeghi, A., Larimian, T. ve Molabashi, A. (2012). Evaluation of renewable energy sources for generating electricity in province of Yazd: a fuzzy MCDM approach, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 62, 1095-1099.

Sağıroğlu, Ç. (2016) *Türkiye'nin iller bazinda enerji ihtiyacinin veri madenciliği ile analizi ve lisanssiz yenilenebilir enerji yatirimlari için karar destek önermesi*, Yayımlanmış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

San Cristóbal, J. R. (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The Vikor method, *Renewable Energy*, 36(2), 498-502.

Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L. ve García-Cascales, M. S. (2013). Geographical information systems (GIS) and multi-criteria decision making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 544-556.

Sarıkaya, S. (2009). Güneş Enerjisi Sektör Raporu, *Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı*

Satman, A. (2007) Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli, *Jeotermal Enerji Semineri*, 157-172

Seddiki, M. ve Bennadji, A. (2019). Multi-criteria evaluation of renewable energy alternatives for electricity generation in a residential building, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110, 101-117.

Shen, Y. C., Lin, G. T., Li, K. P. ve Yuan, B. J. (2010). An assessment of exploiting renewable energy sources with concerns of policy and technology, *Energy Policy*, 38(8), 4604-4616.

Shieh, J. I., Wu, H. H. ve Huang, K. K. (2010). A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. *Knowledge-Based Systems*, 23(3), 277-282.

Sliogeriene, J., Turskis, Z. ve Streimikiene, D. (2013). Analysis and choice of energy generation technologies: The multiple criteria assessment on the case study of Lithuania, *Energy Procedia*, 32, 11-20.

Song, W. ve Cao, J. (2017). A rough DEMATEL-based approach for evaluating interaction between requirements of product-service system, *Computers & Industrial Engineering*, 110, 353-363.

Song, S., Yang, F. ve Xia, Q. (2019). Multi-criteria project portfolio selection and scheduling problem based on acceptability analysis, *Computers & Industrial Engineering*, 135, 793-799.

Stanujkic, D., Djordjevic, B. ve Karabasevic, D. (2015). Selection of candidates in the process of recruitment and selection of personnel based on the SWARA and ARAS methods. *Quaestus*, (7), 53.

Stanujkic, D., Karabasevic, D. ve Zavadskas, E. K. (2015). A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method. *Engineering Economics*. 26(2), 181-187.

Supciller, A. A. ve Toprak, F. (2020). Selection of wind turbines with multi-criteria decision making techniques involving neutrosophic numbers: A case from Turkey, *Energy*, 207, 118237.

Şahin, U. (2020) Projections of Turkey's electricity generation and installed capacity from total renewable and hydro energy using fractional nonlinear grey Bernoulli model and its reduced forms, *Sustainable Production and Consumption*, 23, 52-62

Şengül, Ü., Eren, M., Shiraz, S. E., Gezder, V. ve Şengül, A. B. (2015). Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey, *Renewable Energy*, 75, 617-625.

Tadić, S., Zečević, S. ve Krstić, M. (2018). Assessment of the political city logistics initiatives sustainability, *Transportation Research Procedia*, 30, 285-294.

Tahri, M., Hakdaoui, M. ve Maanan, M. (2015). The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making methods: Case study in southern Morocco, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1354-1362.

Tasri, A. ve Susilawati, A. (2014). Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, 34-44.

Tervonen, T., Hakonen, H. ve Lahdelma, R. (2008). Elevator planning with stochastic multicriteria acceptability analysis, *Omega*, 36(3), 352-362.

Tervonen, T., Linkov, I., Figueira, J. R., Steevens, J., Chappell, M. ve Merad, M. (2009). Risk-based classification system of nanomaterials, *Journal of Nanoparticle Research*, 11(4), 757-766.

Tervonen, T., Van Valkenhoef, G., Buskens, E., Hillege, H. L. ve Postmus, D. (2011). A stochastic multicriteria model for evidence-based decision making in drug benefit-risk analysis, *Statistics in Medicine*, 30(12), 1419-1428.

Trivedi, A., Jakhar, S. K. ve Sinha, D. (2021). Analyzing barriers to inland waterways as a sustainable transportation mode in India: A DEMATEL-ISM based approach, *Journal of Cleaner Production*, 126301.

Tervonen, T. (2007). New directions in stochastic multicriteria acceptability analysis. *Turun Yliopiston julkaisuja*, 376.

Tervonen, T. (2014). JSMAA: open source software for SMAA computations, *International Journal of Systems Science*, 45(1), 69-81.

Toklu, M. C., Çağıl, G., Pazar, E. ve Faydalı, R. (2018). SWARA-WASPAS metodolojisine dayalı tedarikçi seçimi: Türkiye'de demir-çelik endüstrisi örneği. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*. 6(3), 113-120.

Tsai, P. H. ve Chen, C. J. (2021). Entertainment in retailing: Challenges and opportunities in the TV game console industry, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 60, 102503.

Tseng, M. L. (2010). Implementation and performance evaluation using the fuzzy network balanced scorecard, *Computers & Education*, 55(1), 188-201.

Vafaeipour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A. ve Eshkalag, M. K. (2014). Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: New application of a hybrid multi-criteria decision making approach, *Energy Conversion and Management*, 86, 653-663.

van Valkenhoef, G., Tervonen, T., Zhao, J., de Brock, B., Hillege, H. L. ve Postmus, D. (2012). Multicriteria benefit–risk assessment using network meta-analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 65(4), 394-403.

van Wijk, A J M. ve Coelingh J. P. (1993) Wind power potential in the OECD countries, *Technology and Society*, Utrecht University

Varma, K. ve Kumar, K. S. (2012). Criteria analysis aiding portfolio selection using DEMATEL, *Procedia Engineering*, 38, 3649-3661.

Vesković, S., Stević, Ž., Stojić, G., Vasiljević, M. ve Milinković, S. (2018). Evaluation of the railway management model by using a new integrated model DELPHI-SWARA-MABAC. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*. 1(2), 34-50.

Vishnupriyan, J. ve Manoharan, P. S. (2018). Multi-criteria decision analysis for renewable energy integration: A southern India focus, *Renewable Energy*, 121, 474-488.

Volvačiovas, R., Turskis, Z., Aviža, D. ve Mikštienė, R. (2013). Multi-attribute selection of public buildings retrofits strategy, *Procedia Engineering*, 57, 1236-1241.

Wang, H., Duanmu, L., Lahdelma, R. ve Li, X. (2017). Developing a multicriteria decision support framework for CHP based combined district heating systems, *Applied Energy*, 205, 345-368.

Wu, H. H., Chen, H. K. ve Shieh, J. I. (2010). Evaluating performance criteria of employment service outreach program personnel by DEMATEL method, *Expert Systems with Applications*, 37(7), 5219-5223.

Wu, H. H. ve Tsai, Y. N. (2011). A DEMATEL method to evaluate the causal relations among the criteria in auto spare parts industry, *Applied Mathematics and Computation*, 218(5), 2334-2342.

Wu, H. H. ve Chang, S. Y. (2015). A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management, *Applied Mathematics and Computation*, 256, 394-403.

Wu, Y., Xu, C. ve Zhang, T. (2018). Evaluation of renewable power sources using a fuzzy MCDM based on cumulative prospect theory: A case in China. *Energy*, 147, 1227-1239.

Yang, Z., Wang, Y. ve Peng, T. (2021). Uncertainty Propagation and Risk Analysis Oriented Stochastic Multi-Criteria Decision Making for Unconventional Water Resources Management, *Journal of Hydrology*, 126019.

Yeh, T. M. ve Huang, Y. L. (2014). Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP, *Renewable Energy*, 66, 159-169.

Yılmaz, M (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarinin elektrik enerjisi üretimi açisindan önemi, *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

Yılmaz, B. ve Dağdeviren, M. (2010). Ekipman Seçimi Probleminde Promethee Ve Bulanik Promethee Yöntemlerinin Karşilaştirmali Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergis*i, 25(4).

Yi, S. K., Sin, H. Y. ve Heo, E. (2011). Selecting sustainable renewable energy source for energy assistance to North Korea, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 554-563.

Yu, S., Duan, H. ve Cheng, J. (2020). An evaluation of the supply risk for China's strategic metallic mineral resources, *Resources Policy*, 101891.

Yurdoğlu, H. ve Kundakçı, N. (2017). SWARA ve WASPAS yöntemleri ile sunucu seçimi. *Balıkesir University Journal of Social Sciences Institute*, 20(38).

Yücenur, G. N., Çaylak, Ş., Gönül, G. ve Postalcıoğlu, M. (2020). An integrated solution with SWARA&COPRAS methods in renewable energy production: City selection for biogas facility. *Renewable Energy*, 145, 2587-2597.

Yücenur, G. N. ve Ipekçi, A. (2021). SWARA/WASPAS methods for a marine current energy plant location selection problem, *Renewable Energy*, 163, 1287-1298.

Zahid, M. A. ve De Swart, H. (2015). The borda majority count, *Information Sciences*, 295, 429-440.

Zaim, A. ve Çavşi, H (2018). Türkiye'deki jeotermal enerji santrallerinin durumu, *Mühendis ve Makina*, 59(691), 45-58.

Zarbakhshnia, N., Soleimani, H. ve Ghaderi, H. (2018). Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria, *Applied Soft Computing*, 65, 307-319.

Zavadskas, E. K., Bausys, R., Juodagalviene, B. ve Garnyte-Sapranaviciene, I. (2017). Model for residential house element and material selection by neutrosophic MULTIMOORA method, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 64, 315-324.

Zhang, W., Ju, Y. ve Gomes, L. F. A. M. (2017). The SMAA-TODIM approach: Modeling of preferences and a robustness analysis framework. *Computers & Industrial Engineering*, 114, 130-141.

Zhang, L., Sun, X. ve Xue, H. (2019). Identifying critical risks in Sponge City PPP projects using DEMATEL method: A case study of China, *Journal of Cleaner Production*, 226, 949-958.

Zhang, L., Xin, H., Yong, H. ve Kan, Z. (2019). Renewable energy project performance evaluation using a hybrid multi-criteria decision-making approach: Case study in Fujian, China, *Journal of Cleaner Production*, 206, 1123-1137.

Zhou, F., Wang, X., Lim, M. K., He, Y. ve Li, L. (2018). Sustainable recycling partner selection using fuzzy DEMATEL-AEW-FVIKOR: A case study in small-and-medium enterprises (SMEs), *Journal of Cleaner Production*, 196, 489-504.

Zhou, P., Luo, J., Cheng, F., Yüksel, S. ve Dinçer, H. (2021). Analysis of risk priorities for renewable energy investment projects using a hybrid IT2 hesitant fuzzy decision-making approach with alpha cuts, *Energy*, 120184.

Zhu, F., Zhong, P. A. ve Sun, Y. (2018). Multi-criteria group decision making under uncertainty: Application in reservoir flood control operation, *Environmental Modelling & Software*, 100, 236-251.

Zhu, F., Zhong, P. A., Cao, Q., Chen, J., Sun, Y. ve Fu, J. (2019). A stochastic multi-criteria decision making framework for robust water resources management under uncertainty, *Journal of Hydrology*, 576, 287-298.

Zolfani, S. H. ve Saparauskas, J. (2013). New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system. *Engineering Economics*, 24(5), 408-414.

Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H., Derakhti, A., Zavadskas, E. K. ve Varzandeh, M. H. M. (2013). Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating, *Expert Systems with Applications*, 40 (17), 7111-7121.

Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2013). Sustainable development of rural areas' building structures based on local climate, *Procedia Engineering*, 57, 1295-1301.

Zolfani, S. H., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2013). Design of products with both International and Local perspectives based on Yin-Yang balance theory and SWARA method. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 26(2), 153-166.

Zolfani, S.H. ve Bahrami, M. (2014). Investment prioritizing in high tech industries based on SWARA-COPRAS approach, *Technological and Economic Development of Economy*, 20(3), 534-553.

Zolfani, S. H., Salimi, J., Maknoon, R. ve Kildiene, S. (2015). Technology foresight about R&D projects selection; application of SWARA method at the policy making level. *Engineering Economics*, 26(5), 571-580.

Zolfani, S. H., Pourhossein, M., Yazdani, M. ve Zavadskas, E. K. (2018). Evaluating construction projects of hotels based on environmental sustainability with MCDM framework,. *Alexandria Engineering Journal*, 57(1), 357-365.

EKLER

EK-1 Karar vericilerin Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-1'in Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^1)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	4	4	3	1	1	2	3	1	3	2	1	1
K2	2	0	1	1	1	1	1	2	4	1	1	4	3
K3	3	3	0	2	1	1	3	4	1	4	1	1	3
K4	4	1	4	0	2	1	3	2	2	3	1	1	4
K5	3	2	2	1	0	1	1	1	2	3	1	1	4
K6	1	1	1	1	1	0	2	4	3	2	1	1	2
K7	3	4	2	1	1	1	0	3	1	3	1	3	3
K8	3	3	1	4	4	1	3	0	2	4	2	4	4
K9	1	1	1	1	2	4	2	2	0	1	2	1	1
K10	1	1	3	3	3	4	3	3	1	0	2	3	1
K11	3	3	1	1	2	4	1	1	2	1	0	2	3
K12	4	4	1	1	1	1	3	3	1	2	2	0	1
K13	4	1	3	4	4	4	2	2	1	2	4	4	0

KV-2'nin Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^2)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	2	3	2	2	1	4	4	2	3	1	4	4
K2	4	0	3	2	1	1	3	3	2	3	1	4	2
K3	1	4	0	3	2	1	4	4	3	2	2	3	3
K4	1	1	3	0	1	1	3	1	2	2	1	2	4
K5	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	4
K6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2
K7	3	4	3	3	1	1	0	3	1	3	1	3	3
K8	3	3	4	1	1	1	3	0	2	4	2	4	1
K9	1	1	3	3	1	1	2	2	0	1	2	1	4
K10	1	1	3	1	1	1	3	3	1	0	2	3	1
K11	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	0	2	3
K12	4	4	2	2	1	1	3	3	1	2	2	0	1
K13	1	2	3	4	4	2	3	3	1	1	3	1	0

EK-1 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-3'ün Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^3)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	1	3	3	3	3	4	4	4	4	4	2	2
K2	2	0	1	1	1	1	1	2	3	2	2	3	3
K3	3	2	0	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
K4	3	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	4
K5	3	2	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	3
K6	2	1	2	1	2	0	1	2	2	2	1	1	1
K7	1	1	2	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1
K8	1	3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2
K9	1	1	1	1	2	2	1	1	0	1	1	1	2
K10	1	3	3	3	3	3	3	3	2	0	1	1	1
K11	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	0	1	1
K12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3
K13	4	1	2	3	3	2	4	4	2	4	2	1	0

KV-4'ün Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^4)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	4	4	4	1	1	3	3	2	4	2	1	4
K2	4	0	3	4	1	2	3	4	2	2	1	1	4
K3	4	4	0	4	1	1	4	3	4	1	1	1	3
K4	4	4	4	0	1	3	3	1	4	1	1	1	2
K5	1	2	1	2	0	4	3	2	3	1	1	1	1
K6	1	3	4	3	1	0	3	2	1	1	1	1	4
K7	4	4	2	3	1	2	0	1	4	1	1	1	1
K8	3	3	4	4	1	1	3	0	2	1	1	1	2
K9	4	4	3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
K10	2	3	3	2	1	1	3	1	1	0	1	1	3
K11	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1	0	1	4
K12	3	3	3	2	1	1	2	1	1	2	3	0	2
K13	3	3	4	4	1	1	3	4	2	2	2	4	0

EK-1 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-5'in Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^5)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	3	4	2	3	3	4	4	3	4	1	3	2
K2	3	0	3	2	1	2	3	4	3	4	4	4	1
K3	3	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
K4	1	3	3	0	1	2	4	3	3	2	1	4	1
K5	1	1	2	1	0	1	1	1	3	1	1	2	1
K6	4	1	1	4	1	0	2	4	3	1	1	4	3
K7	2	4	2	4	1	1	0	3	1	2	1	4	3
K8	3	2	4	4	1	1	3	0	2	2	1	1	2
K9	1	4	4	4	2	1	2	2	0	1	3	1	4
K10	2	1	4	4	4	2	1	2	2	0	1	1	2
K11	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	0	1	1
K12	1	2	1	4	1	1	4	1	1	1	1	0	4
K13	4	1	1	4	1	3	3	3	3	1	3	2	0

KV-6'nın Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^6)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	3	4	4	3	4	4	4	4	4	1	2	3
K2	3	0	4	2	1	1	3	3	3	4	2	4	1
K3	3	3	0	3	2	1	3	3	4	2	2	2	4
K4	3	2	3	0	2	3	3	2	4	2	1	1	1
K5	3	2	3	2	0	3	2	4	1	3	1	2	2
K6	2	2	3	3	3	0	3	3	2	3	1	1	3
K7	3	4	4	3	1	2	0	1	2	3	3	3	1
K8	4	4	4	3	4	3	3	0	2	4	1	3	2
K9	1	1	4	4	1	1	2	2	0	1	1	1	3
K10	4	4	4	2	4	2	3	1	1	0	2	1	2
K11	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	0	1	1
K12	3	3	3	2	3	2	2	3	1	3	1	0	4
K13	4	1	3	3	1	3	4	2	1	2	1	3	0

EK-1 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-7'nin Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^7)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	3	4	2	3	3	4	4	3	4	1	2	4
K2	3	0	1	1	1	2	3	4	3	4	4	3	4
K3	3	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2	3	4
K4	3	2	3	0	1	2	4	3	3	2	1	1	3
K5	3	2	3	2	0	1	1	1	1	1	1	2	1
K6	2	2	3	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1
K7	3	4	4	3	1	1	0	2	1	2	1	3	2
K8	1	4	4	3	1	1	2	0	1	2	1	3	4
K9	4	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	3	4
K10	2	1	4	1	1	2	1	2	2	0	1	2	4
K11	4	1	1	3	1	2	1	1	1	1	0	1	2
K12	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3
K13	3	4	2	1	3	4	2	3	4	1	3	2	0

KV-8'in Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^8)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	1	4	2	3	3	4	4	3	1	1	2	4
K2	3	0	1	1	1	2	3	4	3	1	1	2	2
K3	4	1	0	1	2	2	2	2	2	1	1	3	3
K4	4	1	3	0	1	2	4	3	3	1	1	3	4
K5	4	1	3	2	0	1	1	1	1	1	1	3	11
K6	3	2	3	2	0	0	1	1	1	1	1	2	2
K7	2	2	3	3	1	0	0	1	1	1	1	1	2
K8	3	4	4	3	1	1	0	0	1	2	1	3	3
K9	4	4	4	3	2	1	2	0	0	2	1	3	2
K10	4	1	1	1	2	2	1	2	2	0	1	1	2
K11	4	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1
K12	4	1	1	2	3	3	1	4	4	1	1	0	4
K13	4	2	4	2	3	1	3	3	4	1	1		0

EK-1 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-9'un Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^9)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	4	3	3	4	4	3	3	2	4	1	2	1
K2	3	0	1	1	1	2	3	4	3	4	4	3	2
K3	3	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
K4	3	2	3	0	1	2	4	3	3	2	1	1	3
K5	3	2	2	1	0	1	1	1	2	1	1	2	3
K6	2	2	1	1	1	0	2	4	3	1	1	1	2
K7	3	3	2	2	1	1	0	3	1	2	1	3	1
K8	2	3	2	3	3	1	3	0	2	2	1	3	3
K9	4	4	1	3	2	1	2	2	0	1	1	3	1
K10	2	4	1	3	4	2	4	2	2	0	1	2	2
K11	1	1	1	4	4	2	1	1	1	1	0	1	1
K12	4	1	1	3	1	1	1	4	1	1	1	0	4
K13	3	2	3	4	3	2	1	1	1	2	1	4	0

KV-10'un Senaryo 1'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^{10})

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K2	4	0	1	1	1	1	3	4	3	1	1	2	3
K3	4	1	0	1	1	1	2	2	2	1	1	3	1
K4	4	1	1	0	1	1	4	3	3	1	1	3	4
K5	4	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	3	4
K6	4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2
K7	3	4	3	2	1	2	0	1	1	1	1	1	1
K8	2	2	2	1	1	3	1	0	1	1	1	1	4
K9	4	3	3	2	1	3	1	1	0	1	1	1	2
K10	1	1	1	2	1	3	4	2	1	0	1	1	1
K11	1	1	1	1	1	2	1	2	3	1	0	1	3
K12	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
K13	4	4	4	3	1	1	2	4	4	3	4	4	0

EK-2 Karar vericilerin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-1'in Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^1)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	4	4	3	1	1	2	3	1	3	2	1
K2	2	0	1	1	1	1	1	2	4	1	1	4
K3	3	3	0	2	1	1	3	2	1	2	1	1
K4	4	1	4	0	2	1	3	2	2	3	2	1
K5	3	2	2	1	0	1	1	1	2	3	1	1
K6	1	1	1	1	1	0	2	4	3	2	1	1
K7	3	4	2	1	1	1	0	3	1	3	4	3
K8	3	3	1	1	1	1	3	0	2	4	2	4
K9	1	1	1	2	2	1	2	2	0	1	2	1
K10	1	1	3	3	3	1	3	3	1	0	2	3
K11	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1	0	2
K12	4	4	4	4	1	4	3	3	1	2	2	0

KV-2'nin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^2)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	2	3	2	2	1	4	4	2	3	1	4
K2	4	0	3	2	1	1	3	1	2	3	1	4
K3	1	4	0	3	2	1	4	4	3	2	2	3
K4	2	1	3	0	1	1	3	1	2	2	4	2
K5	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
K6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	3	1
K7	3	4	3	3	1	1	0	3	1	3	1	3
K8	3	3	4	1	1	1	3	0	2	4	2	4
K9	1	1	3	3	1	4	2	2	0	1	2	1
K10	1	1	3	1	1	1	3	3	1	0	2	3
K11	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	0	2
K12	4	4	4	2	4	1	3	3	1	2	2	0

EK-2 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-3'ün Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^3)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	1	3	3	3	3	4	4	4	4	4	2
K2	2	0	1	1	1	1	1	2	3	2	2	3
K3	3	2	0	1	1	1	1	2	1	3	2	1
K4	3	1	2	0	1	1	1	3	1	3	1	4
K5	3	2	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1
K6	2	1	2	1	2	0	1	2	2	2	3	1
K7	1	1	2	1	1	2	0	1	1	1	3	2
K8	1	3	1	1	1	1	1	0	1	1	3	1
K9	1	1	1	1	2	2	1	1	0	1	1	2
K10	1	3	3	3	3	3	3	3	2	0	3	1
K11	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	0	2
K12	1	1	1	1	4	1	3	3	3	1	1	0

KV-4'ün Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^4)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	4	4	4	1	1	3	3	2	4	2	4
K2	4	0	3	4	1	2	3	4	2	2	1	3
K3	1	4	0	1	1	1	2	3	2	1	1	2
K4	4	4	4	0	1	3	3	1	4	1	1	2
K5	1	2	1	2	0	4	3	2	3	1	1	2
K6	1	3	4	3	1	0	3	2	1	1	1	1
K7	4	4	2	3	2	2	0	1	4	1	1	1
K8	3	3	4	4	4	1	3	0	2	1	1	3
K9	4	4	3	1	1	1	1	1	0	1	1	1
K10	2	3	3	2	3	2	3	1	1	0	1	4
K11	4	4	2	2	4	1	1	1	1	3	0	1
K12	3	3	3	2	1	1	2	3	1	2	3	0

EK-2 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-5'in Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^5)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	3	4	2	3	3	4	4	3	4	1	3
K2	2	0	3	2	1	2	1	4	3	4	1	4
K3	3	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1
K4	1	3	3	0	1	2	4	3	3	2	1	1
K5	1	1	2	1	0	1	1	1	2	1	1	3
K6	4	1	1	1	1	0	2	4	3	1	1	3
K7	2	4	2	4	1	1	0	3	1	2	1	4
K8	3	2	1	1	1	1	3	0	2	2	1	1
K9	1	1	1	1	2	1	2	2	0	1	1	3
K10	2	2	1	2	4	2	1	2	2	0	1	1
K11	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1
K12	1	1	2	1	2	1	3	1	2	1	1	0

KV-6'nın Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^6)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	3	4	4	3	4	4	4	4	4	1	2
K2	3	0	4	2	1	1	3	3	3	4	2	4
K3	3	3	0	3	2	1	3	3	1	2	2	2
K4	3	2	3	0	2	3	3	2	4	2	1	1
K5	3	2	3	2	0	3	2	4	1	3	1	4
K6	2	2	3	3	3	0	3	3	2	3	1	1
K7	3	4	4	3	1	2	0	1	2	3	3	3
K8	4	4	4	3	4	3	3	0	2	4	1	3
K9	1	1	4	4	1	1	2	2	0	1	1	1
K10	4	4	4	2	4	2	3	1	1	0	2	1
K11	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	0	1
K12	3	3	3	2	3	2	2	3	1	3	1	0

EK-2 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-7'nin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^7)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	3	4	2	3	3	4	4	3	4	1	2
K2	3	0	1	1	1	2	3	4	3	4	4	3
K3	1	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2	3
K4	1	2	3	0	1	2	4	3	3	2	1	1
K5	3	2	3	2	0	1	1	1	1	1	1	2
K6	2	2	3	3	4	0	1	1	1	1	1	1
K7	3	4	4	3	1	1	0	2	1	2	1	3
K8	1	4	4	3	1	1	2	0	1	2	1	3
K9	2	1	1	1	2	2	1	1	0	1	1	3
K10	4	1	1	1	1	2	1	2	2	0	1	2
K11	4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1
K12	1	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	0

KV-8'in Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^8)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	1	4	2	3	3	4	4	3	1	1	2
K2	3	0	1	1	1	2	3	4	3	1	1	2
K3	1	1	0	1	2	2	2	2	2	1	1	3
K4	4	1	3	0	1	2	4	3	3	1	1	3
K5	4	1	3	2	0	1	1	1	1	1	1	3
K6	3	2	3	2	0	1	1	1	1	1	1	2
K7	2	2	3	3	1	0	1	1	1	1	1	1
K8	3	4	4	3	1	1	0	2	1	2	1	3
K9	4	4	4	3	1	1	2	0	1	2	1	3
K10	2	1	1	1	1	2	1	2	2	0	1	1
K11	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1
K12	4	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1	0

EK-2 (Devamı) Karar vericilerin Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-9'un Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^9)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	4	3	3	4	4	3	3	2	4	1	2
K2	3	0	1	1	1	2	3	4	3	4	4	3
K3	3	1	0	1	2	2	2	1	2	2	1	3
K4	4	2	3	0	1	2	4	3	3	2	1	1
K5	3	2	2	1	0	1	1	1	2	1	1	2
K6	2	2	1	1	1	0	2	4	3	1	1	1
K7	3	3	2	2	1	1	0	3	1	2	1	3
K8	2	3	1	1	3	1	3	0	2	2	1	3
K9	4	4	1	3	3	1	2	2	0	1	1	3
K10	4	4	1	3	1	2	1	2	2	0	1	2
K11	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1
K12	1	3	3	2	2	1	4	1	1	2	1	0

KV-10'un Senaryo 2'ye göre Direkt İlişki Matrisi (X^{10})

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	4	2	2	1	1	3	1	3	4	4	1
K2	2	0	1	1	1	1	3	4	3	1	1	2
K3	1	1	0	1	1	1	2	2	2	1	1	3
K4	4	1	1	0	1	1	4	3	3	1	2	3
K5	4	1	1	2	0	1	1	1	1	1	4	3
K6	4	1	1	4	1	0	1	1	1	1	1	2
K7	3	4	3	3	1	2	0	1	1	1	1	1
K8	2	2	2	1	1	3	1	0	1	1	1	1
K9	4	3	3	1	1	3	1	1	0	1	1	1
K10	1	1	1	2	1	3	4	2	1	0	1	1
K11	1	1	1	3	1	2	1	1	4	1	0	1
K12	4	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	0

EK-3 Karar vericilerin Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-1'in Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^1)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	4	3	1	1	2	3	1	3	2	1
K2	2	0	1	1	1	1	2	4	1	1	4
K3	1	1	0	2	1	3	2	2	2	1	1
K4	3	2	1	0	1	1	1	2	3	1	3
K5	4	4	2	1	0	2	4	3	2	1	1
K6	3	4	4	1	1	0	3	1	3	1	3
K7	3	3	1	3	1	3	0	2	4	2	4
K8	1	1	1	2	1	2	2	0	1	2	1
K9	1	1	3	3	1	3	3	1	0	2	3
K10	3	3	1	2	1	1	1	1	1	0	2
K11	4	4	1	1	1	3	3	1	2	2	0

KV-2'nin Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^2)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	2	3	2	2	1	4	4	2	3	4
K2	4	0	3	2	1	1	3	3	2	3	3
K3	1	1	0	2	1	1	3	1	2	2	1
K4	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	2
K5	3	3	3	1	0	2	3	3	3	1	1
K6	3	4	3	3	1	0	2	3	1	3	2
K7	3	3	4	1	2	1	0	2	2	4	2
K8	1	1	3	3	1	1	2	0	2	1	2
K9	1	1	3	1	4	1	3	3	1	0	2
K10	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	0
K11	4	4	2	2	4	1	3	3	1	2	0

KV-3'ün Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^3)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	1	3	3	3	4	4	4	4	4	2
K2	2	0	1	1	1	1	2	3	2	2	3
K3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
K4	3	2	2	0	1	1	1	1	1	3	2
K5	2	1	4	2	0	4	2	2	4	1	1
K6	1	1	1	1	2	0	1	1	1	3	4
K7	1	3	1	1	1	1	0	1	1	1	3
K8	1	1	1	2	2	1	1	0	1	1	4
K9	1	3	3	3	3	3	3	2	0	1	4
K10	1	1	1	2	1	1	1	2	1	0	1
K11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

KV-4'ün Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^4)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	4	3	4	1	1	3	3	2	4	2
K2	4	0	3	4	1	2	3	4	2	2	1
K3	2	4	0	1	1	3	3	1	4	1	1
K4	1	2	1	0	1	4	3	2	3	1	2
K5	1	3	4	3	0	4	3	2	1	4	3
K6	4	1	2	3	1	0	1	1	4	1	2
K7	3	3	4	4	1	1	0	1	2	1	1
K8	4	4	3	1	1	2	1	0	1	1	4
K9	2	1	3	2	1	1	3	1	0	1	1
K10	4	4	3	2	1	4	4	1	1	0	1
K11	3	3	3	2	1	1	2	1	1	2	0

EK-3 (Devamı) KV'lerin Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-5'in Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^5)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	3	2	3	3	4	4	3	4	1	3
K2	3	0	2	1	2	3	4	3	4	4	4
K3	1	3	0	1	2	1	2	2	2	1	1
K4	1	1	1	0	1	1	1	2	1	1	1
K5	4	1	3	3	0	2	4	3	2	3	4
K6	2	4	1	3	1	0	3	1	2	3	2
K7	3	2	1	1	1	3	0	2	2	1	3
K8	4	1	1	2	1	2	2	0	1	1	4
K9	2	1	2	1	2	1	2	2	0	2	1
K10	1	1	1	1	2	4	1	1	1	0	1
K11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

KV-6'nın Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^6)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	3	4	4	3	4	4	4	4	4	1
K2	3	0	4	2	1	1	3	3	3	4	2
K3	4	2	0	1	2	3	3	2	2	3	1
K4	3	2	3	0	1	3	2	4	1	3	3
K5	3	2	3	3	0	4	3	3	2	3	1
K6	3	4	4	3	1	0	2	1	2	3	3
K7	4	3	4	3	4	3	0	2	2	4	1
K8	1	1	4	4	1	1	2	0	2	1	1
K9	4	4	4	2	4	2	3	1	0	2	2
K10	1	1	2	2	1	1	2	1	1	0	2
K11	3	3	3	2	3	2	2	3	1	3	0

KV-7'nin Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^7)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	3	2	3	3	4	4	3	4	1	2
K2	3	0	1	1	2	3	4	3	4	4	3
K3	3	2	0	1	2	4	3	1	2	1	1
K4	3	2	2	0	1	1	1	1	1	1	2
K5	4	3	3	3	0	4	2	2	1	4	2
K6	3	4	3	4	1	0	2	1	2	3	3
K7	4	4	3	1	1	2	0	1	2	2	3
K8	4	1	1	1	2	1	1	0	1	1	3
K9	4	3	1	2	2	1	2	2	0	1	2
K10	4	1	1	3	2	1	1	1	1	0	1
K11	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

KV-8'in Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^8)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	1	4	2	3	3	4	4	3	1	1
K2	3	0	1	1	1	2	3	4	3	3	1
K3	1	1	0	2	1	2	4	3	3	2	2
K4	4	1	3	0	0	1	1	1	1	4	4
K5	3	2	3	2	0	1	4	3	1	4	3
K6	2	2	3	3	1	0	1	1	3	1	2
K7	3	4	4	3	1	1	0	2	1	2	2
K8	4	4	4	3	1	1	2	0	1	2	1
K9	4	1	1	1	1	2	1	2	0	0	1
K10	4	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0
K11	4	1	1	2	2	1	4	1	3	1	0

EK-3 (Devamı) KV'lerin Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisleri (X)

KV-9'un Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^9)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	4	3	4	4	3	3	2	4	1	2
K2	3	0	1	1	2	3	4	3	4	4	3
K3	3	2	0	1	2	1	3	3	2	1	1
K4	3	2	1	0	1	1	1	2	1	4	2
K5	2	2	1	1	0	2	4	3	1	1	4
K6	3	3	2	1	1	0	3	1	2	2	3
K7	2	3	1	3	1	3	0	2	2	4	3
K8	4	4	4	2	1	2	2	0	1	1	3
K9	4	4	4	1	2	1	2	2	0	1	2
K10	1	1	1	3	2	1	1	1	1	0	1
K11	4	1	3	2	3	4	1	1	2	1	0

KV-10'un Senaryo 3'e göre Direkt İlişki Matrisi (X^{10})

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
K1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
K2	4	0	1	1	1	2	3	4	3	3	1
K3	1	1	0	1	2	1	4	3	3	3	4
K4	4	1	1	0	1	4	1	1	1	1	4
K5	4	1	4	1	0	4	1	1	1	1	4
K6	3	4	3	1	1	0	1	4	1	1	2
K7	2	2	2	2	1	3	0	1	1	3	3
K8	4	3	3	1	1	3	1	0	3	3	1
K9	1	1	3	4	1	3	4	1	0	3	1
K10	1	3	1	1	1	2	2	1	2	0	3
K11	4	1	1	2	3	1	4	4	1	1	0

EK-4 Senaryo 1'e göre SWARA İşlemleri

KV-1'in Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,362
K2	0,900	1,900	0,526	0,191
K10	0,500	1,500	0,351	0,127
K5	0,100	1,100	0,319	0,116
K6	0,500	1,500	0,213	0,077
K3	0,950	1,950	0,109	0,040
K13	0,700	1,700	0,064	0,023
K8	0,050	1,050	0,061	0,022
K11	0,300	1,300	0,047	0,017
K7	0,750	1,750	0,027	0,010
K4	0,200	1,200	0,022	0,008
K9	0,750	1,750	0,013	0,005
K12	0,750	1,750	0,007	0,003
Toplam			2,759	

KV-3'ün Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K5		1,000	1,000	0,449
K1	0,900	1,900	0,526	0,236
K2	0,800	1,800	0,292	0,131
K6	0,850	1,850	0,158	0,071
K3	0,600	1,600	0,099	0,044
K13	0,750	1,750	0,056	0,025
K8	0,450	1,450	0,039	0,017
K10	0,950	1,950	0,020	0,009
K7	0,750	1,750	0,011	0,005
K4	0,200	1,200	0,010	0,004
K11	0,250	1,250	0,008	0,003
K9	0,150	1,150	0,007	0,003
K12	0,850	1,850	0,004	0,002
Toplam			2,230	

KV-2'nin Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,366
K1	0,950	1,950	0,513	0,188
K10	0,550	1,550	0,331	0,121
K5	0,150	1,150	0,288	0,105
K6	0,250	1,250	0,230	0,084
K3	0,700	1,700	0,135	0,050
K13	0,600	1,600	0,085	0,031
K8	0,750	1,750	0,048	0,018
K11	0,200	1,200	0,040	0,015
K7	0,300	1,300	0,031	0,011
K4	0,750	1,750	0,018	0,006
K9	0,850	1,850	0,010	0,004
K12	0,950	1,950	0,005	0,002
Toplam			2,733	

KV-4'ün Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,338
K2	0,850	1,850	0,541	0,183
K5	0,200	1,200	0,450	0,152
K6	0,350	1,350	0,334	0,113
K3	0,650	1,650	0,202	0,068
K13	0,750	1,750	0,116	0,039
K8	0,250	1,250	0,092	0,031
K11	0,200	1,200	0,077	0,026
K7	0,500	1,500	0,051	0,017
K4	0,400	1,400	0,037	0,012
K12	0,650	1,650	0,022	0,008
K9	0,050	1,050	0,021	0,007
K10	0,900	1,900	0,011	0,004
Toplam			2,955	

EK-4 (Devamı) Senaryo 1'e göre SWARA İşlemleri

KV-5'in Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,337
K5	0,200	1,200	0,833	0,280
K2	0,850	1,850	0,450	0,152
K6	0,800	1,800	0,250	0,084
K3	0,750	1,750	0,143	0,048
K13	0,450	1,450	0,099	0,033
K10	0,500	1,500	0,066	0,022
K8	0,450	1,450	0,045	0,015
K7	0,650	1,650	0,027	0,009
K11	0,400	1,400	0,020	0,007
K9	0,250	1,250	0,016	0,005
K4	0,100	1,100	0,014	0,005
K12	0,850	1,850	0,008	0,003
Toplam			2,972	

KV-7'nin Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,423
K2	0,900	1,900	0,526	0,223
K5	0,500	1,500	0,351	0,149
K6	0,800	1,800	0,195	0,083
K3	0,850	1,850	0,105	0,045
K10	0,550	1,550	0,068	0,029
K8	0,700	1,700	0,040	0,017
K11	0,400	1,400	0,029	0,012
K7	0,600	1,600	0,018	0,008
K4	0,500	1,500	0,012	0,005
K13	0,550	1,550	0,008	0,003
K9	0,050	1,050	0,007	0,003
K12	0,950	1,950	0,004	0,002
Toplam			2,363	

KV-6'nın Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,384
K1	0,900	1,900	0,526	0,202
K5	0,150	1,150	0,458	0,176
K10	0,850	1,850	0,247	0,095
K3	0,800	1,800	0,137	0,053
K13	0,700	1,700	0,081	0,031
K8	0,750	1,750	0,046	0,018
K11	0,150	1,150	0,040	0,015
K7	0,900	1,900	0,021	0,008
K4	0,200	1,200	0,018	0,007
K6	0,450	1,450	0,012	0,005
K9	0,200	1,200	0,010	0,004
K12	0,700	1,700	0,006	0,002

KV-8'in Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,378
K2	0,900	1,900	0,526	0,199
K6	0,350	1,350	0,390	0,147
K5	0,350	1,350	0,289	0,109
K3	0,800	1,800	0,160	0,061
K10	0,800	1,800	0,089	0,034
K8	0,750	1,750	0,051	0,019
K11	0,200	1,200	0,042	0,016
K13	0,550	1,550	0,027	0,010
K4	0,100	1,100	0,025	0,009
K7	0,350	1,350	0,018	0,007
K12	0,200	1,200	0,015	0,006
K9	0,500	1,500	0,010	0,004
Toplam			2,644	

EK-4 (Devamı) Senaryo 1'e göre SWARA İşlemleri

KV-9'un Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,444
K1	0,950	1,950	0,513	0,228
K6	0,900	1,900	0,270	0,120
K3	0,500	1,500	0,180	0,080
K5	0,700	1,700	0,106	0,047
K13	0,700	1,700	0,062	0,028
K10	0,750	1,750	0,036	0,016
K11	0,200	1,200	0,030	0,013
K7	0,650	1,650	0,018	0,008
K4	0,250	1,250	0,014	0,006
K12	0,450	1,450	0,010	0,004
K8	0,050	1,050	0,009	0,004
K9	0,900	1,900	0,005	0,002
Toplam			2,253	

KV-10'un Senaryo 1'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K10		1,000	1,000	0,431
K1	0,900	1,900	0,526	0,227
K2	0,900	1,900	0,277	0,119
K3	0,950	1,950	0,142	0,061
K6	0,500	1,500	0,095	0,041
K5	0,200	1,200	0,079	0,034
K13	0,550	1,550	0,051	0,022
K8	0,050	1,050	0,048	0,021
K11	0,200	1,200	0,040	0,017
K7	0,400	1,400	0,029	0,012
K4	0,950	1,950	0,015	0,006
K9	0,150	1,150	0,013	0,006
K12	0,950	1,950	0,007	0,003
Toplam			2,322	

EK-5 Senaryo 2'ye göre SWARA İşlemleri

KV-1'in Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,404
K2	0,900	1,900	0,526	0,213
K3	0,950	1,950	0,270	0,109
K5	0,100	1,100	0,245	0,099
K6	0,500	1,500	0,164	0,066
K12	0,950	1,950	0,084	0,034
K9	0,700	1,700	0,049	0,020
K8	0,050	1,050	0,047	0,019
K4	0,300	1,300	0,036	0,015
K7	0,750	1,750	0,021	0,008
K11	0,200	1,200	0,017	0,007
K10	0,100	1,100	0,016	0,006
Toplam			2,475	

KV-3'ün Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K5		1,000	1,000	0,446
K1	0,900	1,900	0,526	0,235
K2	0,800	1,800	0,292	0,131
K12	0,850	1,850	0,158	0,071
K6	0,600	1,600	0,099	0,044
K3	0,750	1,750	0,056	0,025
K9	0,450	1,450	0,039	0,017
K8	0,950	1,950	0,020	0,009
K10	0,250	1,250	0,016	0,007
K7	0,200	1,200	0,013	0,006
K4	0,250	1,250	0,011	0,005
K11	0,150	1,150	0,009	0,004
Toplam			2,240	

KV-2'nin Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,385
K1	0,950	1,950	0,513	0,198
K12	0,750	1,750	0,293	0,113
K5	0,150	1,150	0,255	0,098
K6	0,250	1,250	0,204	0,079
K3	0,700	1,700	0,120	0,046
K9	0,600	1,600	0,075	0,029
K8	0,750	1,750	0,043	0,017
K4	0,200	1,200	0,036	0,014
K7	0,300	1,300	0,027	0,011
K11	0,750	1,750	0,016	0,006
K10	0,150	1,150	0,014	0,005
Toplam			2,595	

KV-4'ün Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,344
K2	0,850	1,850	0,541	0,186
K5	0,200	1,200	0,450	0,155
K6	0,350	1,350	0,334	0,115
K3	0,650	1,650	0,202	0,069
K12	0,900	1,900	0,106	0,037
K8	0,250	1,250	0,085	0,029
K11	0,200	1,200	0,071	0,024
K7	0,500	1,500	0,047	0,016
K4	0,400	1,400	0,034	0,012
K9	0,650	1,650	0,020	0,007
K10	0,050	1,050	0,020	0,007
Toplam			2,910	

EK-5 (Devamı) Senaryo 2'ye göre SWARA İşlemleri

KV-5'in Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,336
K5	0,200	1,200	0,833	0,280
K2	0,850	1,850	0,450	0,152
K6	0,800	1,800	0,250	0,084
K3	0,750	1,750	0,143	0,048
K12	0,800	1,800	0,079	0,027
K10	0,050	1,050	0,076	0,025
K8	0,450	1,450	0,052	0,018
K7	0,650	1,650	0,032	0,011
K11	0,400	1,400	0,023	0,008
K9	0,250	1,250	0,018	0,006
K4	0,100	1,100	0,016	0,006
Toplam			2,973	

KV-7'nin Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,337
K1	0,900	1,900	0,526	0,177
K5	0,150	1,150	0,458	0,154
K6	0,100	1,100	0,416	0,140
K3	0,800	1,800	0,231	0,078
K12	0,950	1,950	0,119	0,040
K8	0,750	1,750	0,068	0,023
K11	0,150	1,150	0,059	0,020
K7	0,900	1,900	0,031	0,010
K4	0,200	1,200	0,026	0,009
K10	0,450	1,450	0,018	0,006
K9	0,200	1,200	0,015	0,005
Toplam			2,966	

KV-6'nın Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,418
K12	0,900	1,900	0,526	0,220
K2	0,500	1,500	0,351	0,147
K5	0,800	1,800	0,195	0,082
K6	0,850	1,850	0,105	0,044
K3	0,850	1,850	0,057	0,024
K7	0,100	1,100	0,052	0,022
K8	0,400	1,400	0,037	0,015
K11	0,600	1,600	0,023	0,010
K10	0,200	1,200	0,019	0,008
K4	0,550	1,550	0,012	0,005
K9	0,050	1,050	0,012	0,005
Toplam			2,390	

KV-8'in Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,381
K2	0,900	1,900	0,526	0,200
K6	0,350	1,350	0,390	0,148
K5	0,350	1,350	0,289	0,110
K3	0,800	1,800	0,160	0,061
K4	0,750	1,750	0,092	0,035
K8	0,750	1,750	0,052	0,020
K11	0,200	1,200	0,044	0,017
K12	0,850	1,850	0,024	0,009
K10	0,100	1,100	0,021	0,008
K7	0,350	1,350	0,016	0,006
K9	0,200	1,200	0,013	0,005
Toplam			2,627	

EK-5 (Devamı) Senaryo 2'ye göre SWARA İşlemleri

KV-9'un Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,453
K1	0,950	1,950	0,513	0,232
K6	0,900	1,900	0,270	0,122
K3	0,750	1,750	0,154	0,070
K5	0,700	1,700	0,091	0,041
K9	0,700	1,700	0,053	0,024
K4	0,350	1,350	0,040	0,018
K11	0,200	1,200	0,033	0,015
K7	0,650	1,650	0,020	0,009
K10	0,100	1,100	0,018	0,008
K12	0,950	1,950	0,009	0,004
K8	0,050	1,050	0,009	0,004
Toplam			2,210	

KV-10'un Senaryo 2'ye göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K10		1,000	1,000	0,438
K1	0,900	1,900	0,526	0,231
K2	0,900	1,900	0,277	0,121
K3	0,950	1,950	0,142	0,062
K6	0,500	1,500	0,095	0,041
K5	0,200	1,200	0,079	0,035
K9	0,550	1,550	0,051	0,022
K8	0,050	1,050	0,048	0,021
K12	0,800	1,800	0,027	0,012
K7	0,400	1,400	0,019	0,008
K4	0,950	1,950	0,010	0,004
K11	0,150	1,150	0,009	0,004
Toplam			2,283	

EK-6 Senaryo 3'e göre SWARA İşlemleri

KV-1'in Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,395
K2	0,900	1,900	0,526	0,208
K3	0,950	1,950	0,270	0,107
K5	0,100	1,100	0,245	0,097
K6	0,500	1,500	0,164	0,065
K11	0,950	1,950	0,084	0,033
K9	0,200	1,200	0,070	0,028
K8	0,050	1,050	0,067	0,026
K4	0,300	1,300	0,051	0,020
K7	0,750	1,750	0,029	0,012
K10	0,200	1,200	0,024	0,010
Toplam			2,530	

KV-2'nin Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,399
K1	0,950	1,950	0,513	0,205
K11	0,950	1,950	0,263	0,105
K5	0,150	1,150	0,229	0,091
K6	0,250	1,250	0,183	0,073
K3	0,700	1,700	0,108	0,043
K9	0,400	1,400	0,077	0,031
K8	0,750	1,750	0,044	0,018
K4	0,200	1,200	0,037	0,015
K7	0,300	1,300	0,028	0,011
K10	0,200	1,200	0,023	0,009
Toplam			2,504	

KV-3'ün Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K5		1,000	1,000	0,445
K1	0,900	1,900	0,526	0,234
K2	0,800	1,800	0,292	0,130
K11	0,850	1,850	0,158	0,070
K6	0,600	1,600	0,099	0,044
K3	0,750	1,750	0,056	0,025
K9	0,250	1,250	0,045	0,020
K8	0,950	1,950	0,023	0,010
K10	0,250	1,250	0,019	0,008
K7	0,200	1,200	0,015	0,007
K4	0,250	1,250	0,012	0,005
Toplam			2,247	

KV-4'ün Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,346
K2	0,850	1,850	0,541	0,187
K5	0,200	1,200	0,450	0,156
K6	0,350	1,350	0,334	0,115
K3	0,650	1,650	0,202	0,070
K11	0,900	1,900	0,106	0,037
K8	0,250	1,250	0,085	0,029
K10	0,200	1,200	0,071	0,025
K7	0,500	1,500	0,047	0,016
K4	0,400	1,400	0,034	0,012
K9	0,450	1,450	0,023	0,008
Toplam			2,894	

KV-5'in Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,346
K5	0,200	1,200	0,833	0,289
K2	0,850	1,850	0,450	0,156
K6	0,800	1,800	0,250	0,087
K3	0,750	1,750	0,143	0,050
K4	0,800	1,800	0,079	0,028
K11	0,750	1,750	0,045	0,016
K8	0,450	1,450	0,031	0,011
K7	0,650	1,650	0,019	0,007
K10	0,050	1,050	0,018	0,006
K9	0,100	1,100	0,016	0,006
Toplam			2,887	

KV-6'nın Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,418
K11	0,900	1,900	0,526	0,220
K2	0,500	1,500	0,351	0,147
K5	0,800	1,800	0,195	0,081
K6	0,850	1,850	0,105	0,044
K3	0,850	1,850	0,057	0,024
K7	0,100	1,100	0,052	0,022
K8	0,400	1,400	0,037	0,015
K10	0,250	1,250	0,030	0,012
K9	0,200	1,200	0,025	0,010
K4	0,550	1,550	0,016	0,007
Toplam			2,393	

EK-6 11 (Devamı) Senaryo 3'e göre SWARA İşlemleri

KV-7'nin Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,344
K1	0,900	1,900	0,526	0,181
K5	0,150	1,150	0,458	0,157
K6	0,100	1,100	0,416	0,143
K3	0,800	1,800	0,231	0,080
K9	0,950	1,950	0,119	0,041
K8	0,750	1,750	0,068	0,023
K11	0,800	1,800	0,038	0,013
K7	0,900	1,900	0,020	0,007
K4	0,200	1,200	0,017	0,006
K10	0,100	1,100	0,015	0,005
Toplam			2,906	

KV-8'in Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,387
K2	0,900	1,900	0,526	0,204
K6	0,350	1,350	0,390	0,151
K5	0,350	1,350	0,289	0,112
K3	0,800	1,800	0,160	0,062
K4	0,750	1,750	0,092	0,035
K8	0,750	1,750	0,052	0,020
K11	0,700	1,700	0,031	0,012
K9	0,850	1,850	0,017	0,006
K7	0,100	1,100	0,015	0,006
K10	0,200	1,200	0,013	0,005
Toplam			2,585	

KV-9'un Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K2		1,000	1,000	0,461
K1	0,950	1,950	0,513	0,236
K6	0,900	1,900	0,270	0,124
K3	0,750	1,750	0,154	0,071
K5	0,700	1,700	0,091	0,042
K9	0,700	1,700	0,053	0,025
K4	0,350	1,350	0,040	0,018
K11	0,950	1,950	0,020	0,009
K7	0,650	1,650	0,012	0,006
K10	0,100	1,100	0,011	0,005
K8	0,950	1,950	0,006	0,003
Toplam			2,170	

KV-10'un Senaryo 3'e göre İşlemleri

SIRA	Sj	kj	vj	wj
K1		1,000	1,000	0,440
K2	0,900	1,900	0,526	0,231
K3	0,900	1,900	0,277	0,122
K6	0,950	1,950	0,142	0,062
K11	0,500	1,500	0,095	0,042
K5	0,200	1,200	0,079	0,035
K9	0,550	1,550	0,051	0,022
K8	0,050	1,050	0,048	0,021
K10	0,800	1,800	0,027	0,012
K7	0,400	1,400	0,019	0,008
K4	0,950	1,950	0,010	0,004
Toplam			2,274	

EK-7 SMAA-2 Sonuçları

Senaryo 1

BÖLGE	S. Nu.	13 KRİTER									
		CARDİNAL				ORDİNAL				MISSING	%
		DEMATEL	%	SWARA	%	DEMATEL	%	SWARA	%		
A Bölgesi	1	RES_1MW	98	RES_1MW	100	RES_1MW	78	RES_1MW	92	RES_1MW	45
	2	RES+DEPO	70	GES_1MW	83	RES+DEPO	38	GES_1MW	86	RES+DEPO	30
	3	GES_1MW	37	RES+DEPO	83	HİBRİT RES+GES	24	RES+DEPO	58	HİBRİT RES+GES	25
B Bölgesi	1	RES_1MW	100	RES_1MW	93	RES_1MW	87	RES_1MW	63	RES_1MW	64
	2	RES+DEPO	67	GES_1MW	89	RES+DEPO	38	GES_1MW	61	RES+DEPO	28
	3	GES_1MW	38	GES+DEPO	96	HİBRİT RES+GES	19	GES+DEPO	68	HİBRİT RES+GES	15
C B ölgesi	1	GES_1MW	96	GES_1MW	100	GES_1MW	69	GES_1MW	93	GES_1MW	43
	2	GES+DEPO	61	RES_1MW	84	GES+DEPO	30	RES_1MW	87	GES+DEPO	28
	3	RES_1MW	35	GES+DEPO	83	HİBRİT RES+GES	21	GES+DEPO	58	HİBRİT RES+GES	16
D Bölgesi	1	RES_1MW	97	RES_1MW	100	RES_1MW	74	RES_1MW	94	RES_1MW	45
	2	RES+DEPO	64	GES_1MW	80	RES+DEPO	34	GES_1MW	87	RES+DEPO	29
	3	GES_1MW	37	GES+DEPO	80	HİBRİT RES+GES	22	GES+DEPO	62	HİBRİT RES+GES	17
E Bölgesi	1	GES_1MW	98	GES_1MW	100	GES_1MW	79	GES_1MW	93	GES_1MW	46
	2	RES+DEPO	72	RES_1MW	82	RES+DEPO	38	RES_1MW	87	RES+DEPO	30
	3	RES_1MW	37	GES+DEPO	82	HİBRİT RES+GES	23	GES+DEPO	59	HİBRİT RES+GES	17

EK-7 (Devamı) SMAA-2 Sonuçları

Senaryo 2

BÖLGE	S. Nu.	12 KRİTER									
		CARDİNAL				ORDİNAL				MISSING	%
		DEMATEL	%	SWARA	%	DEMATEL	%	SWARA	%		
A Bölgesi	1	RES_1MW	95	RES_1MW	99	RES_1MW	88	RES_1MW	97	RES_1MW	35
	2	RES+DEPO	49	GES_1MW	92	RES+DEPO	51	GES_1MW	67	RES+DEPO	20
	3	HİBRİT RES+GES	27	RES+DEPO	79	RES>1MW	61	RES+DEPO	50	HİBRİT RES+GES	22
B Bölgesi	1	RES_1MW	99	RES_1MW	81	RES_1MW	88	RES_1MW	72	RES_1MW	57
	2	RES+DEPO	36	GES_1MW	90	GES_1MW	47	GES_1MW	6	GES_1MW	20
	3	GES_1MW	32	GES+DEPO	94	RES+DEPO	56	GES+DEPO	85	RES+DEPO	25
C B ölgesi	1	GES_1MW	93	GES_1MW	99	GES_1MW	81	GES_1MW	98	GES_1MW	33
	2	GES+DEPO	43	RES_1MW	93	RES_1MW	43	RES_1MW	69	GES+DEPO	19
	3	HİBRİT RES+GES	21	GES+DEPO	81	GES+DEPO	60	GES+DEPO	52	HİBRİT RES+GES	14
D Bölgesi	1	RES_1MW	94	RES_1MW	100	RES_1MW	81	RES_1MW	98	RES_1MW	35
	2	RES+DEPO	47	GES_1MW	91	GES_1MW	42	GES_1MW	63	RES+DEPO	21
	3	HİBRİT RES+GES	22	GES+DEPO	80	RES+DEPO	58	GES+DEPO	50	HİBRİT RES+GES	14
E Bölgesi	1	GES_1MW	96	GES_1MW	99	GES_1MW	83	GES_1MW	98	GES_1MW	35
	2	RES_1MW	50	RES_1MW	93	RES_1MW	41	RES_1MW	67	RES+DEPO	20
	3	GES+DEPO	36	GES+DEPO	80	GES+DEPO	56	GES+DEPO	52	GES+DEPO	10

EK-7 (Devamı) SMAA-2 Sonuçları

Senaryo 3

BÖLGE	S. Nu.	11 KRİTER									
		CARDİNAL				ORDİNAL				MISSING	%
		DEMATEL	%	SWARA	%	DEMATEL	%	SWARA	%		
A Bölgesi	1	RES_1MW	99	RES_1MW	99	RES_1MW	91	RES_1MW	91	RES_1MW	38
	2	RES+DEPO	60	GES_1 MW	91	RES+DEPO	54	GES_1 MW	74	RES+DEPO	21
	3	HİBRİT RES+GES	26	RES+DEPO	78	RES>1MW	38	RES+DEPO	51	HİBRİT RES+GES	15
B Bölgesi	1	RES_1MW	100	RES_1MW	78	RES_1MW	95	GES_1MW	59	RES_1MW	60
	2	RES+DEPO	51	GES_1MW	77	RES+DEPO	52	RES_1MW	56	RES+DEPO	19
	3	RES>1MW	21	GES+DEPO	94	RES>1MW	30	GES+DEPO	75	HİBRİT RES+GES	16
C B ölgesi	1	GES_1MW	97	GES_1MW	99	GES_1MW	88	GES_1MW	92	GES_1MW	36
	2	GES+DEPO	58	RES_1MW	92	GES+DEPO	56	RES_1MW	76	GES+DEPO	21
	3	HİBRİT RES+GES	28	GES+DEPO	80	RES_1 MW	35	GES+DEPO	52	RES_1 MW	13
D Bölgesi	1	RES_1MW	98	RES_1MW	99	RES_1MW	88	RES_1MW	94	RES_1MW	38
	2	RES+DEPO	62	GES_1MW	90	RES+DEPO	55	GES_1MW	74	RES+DEPO	23
	3	HİBRİT RES+GES	78	GES+DEPO	79	GES_1MW	40	GES+DEPO	53	HİBRİT RES+GES	15
E Bölgesi	1	GES_1MW	99	GES_1MW	99	GES_1MW	89	GES_1MW	92	GES_1MW	38
	2	GES+DEPO	61	RES_1MW	92	GES+DEPO	56	RES_1MW	75	GES+DEPO	22
	3	HİBRİT RES+GES	31	GES+DEPO	80	RES_1MW	31	GES+DEPO	52	RES_1MW	14

GAZİ GELECEKTİR