



JEOTERMAL VE RÜZGÂR ENERJİSİ SANTRALLERİNDE YER SEÇİMİ PROBLEMİNİN ANALİTİK AĞ SÜRECİ İLE ÇÖZÜLMESİ

Fatma TARAF*, Harun Reşit YAZGAN^a

^a Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, TÜRKİYE

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: fatmataraf@hotmail.com

Gönderim Tarihi: 26.05.2018

Kabul Tarihi: 02.10.2018

Özet:

Son yıllarda Analitik Ağ Süreci (ANP)'nin, özellikle seçim ve karar verme problemlerinin çözümünde çok yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmada ise yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal ve rüzgâr enerji santrallerinin kuruluşunda karşılaşılan yer seçimi problemleri ele alınmıştır. Öncelikli olarak her bir süreçte, seçim problemini etkileyen ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenerek bir ağ modeli oluşturulmuştur. Sonraki aşamada ise, ana kriterler ve alt kriterler arasındaki etkileşimler belirlenmiştir. Kriterlerin her bir alternatif seçeneği dikkate alınarak; ikili karşılaştırmalarının tamamlanmasıyla, alternatifler arasından en uygun olanı belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları olarak; ülkemizde kurulması düşünülen, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı tesis ve lokasyonların belirlenmesinde yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Enerji, Rüzgâr Enerjisi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Kuruluş Yeri Seçimi, Analitik Ağ Süreci

THE SOLUTION OF PLANT LOCATION SELECTION PROBLEMS OF A GEOTERMAL AND A WIND ENERGY USING AN ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)

Abstract:

In recent years, it is seen that Analytic Network Process (ANP) is widely used to solve the selection problems and decisions in particular. Our study handles the problems of location selection in the establishment of geothermal and winds power plants from renewable energy sources. Initially, the main criteria affecting the selection problem in each process; sub-criteria and alternatives were determined and a network model was formed. In the next stage, interactions between the main criteria and sub-criteria were determined. Considering each alternative option; as a result of the completion of the binary comparisons, the most suitable alternatives were determined. As the results of this study, it is thought that it may guide the determination of facilities and locations based on renewable energy sources which are considered to be established in our country.

Key words: Geothermal Energy, Wind Energy, Renewable Energy Source, Selection Problem, Analytic Network Process

1. GİRİŞ

Yaşamın sürdürülmesinde en temel ihtiyaçlarımızdan biri hiç kuşkusuz ki enerjidir. Enerji, aydınlatma ve elektrikli aletlerin çalıştırılması başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Son yıllarda petrol ve doğal gaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının dışındaki kaynaklara yönelik çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik beklentiler ve çalışmalar artmaktadır.

Yenilenebilir enerji, doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen, tükenmeyen bir enerji kaynağını ifade etmektedir. Jeotermal, su, güneş, rüzgâr gücü ve biokütle enerjileri en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Ülkemizin enerji ihtiyacının sadece %24'lük bölümü yerli kaynaklardan üretilmektedir.

Jeotermal sistem; jeotermal alan oluşumunu gerçekleştiren, özel bir jeolojik yapıya sahip olan ve bir takım hidrojeolojik ve kimyasal özellikleri bulunan sisteme verilen genel bir isimdir. Jeotermal alan oluşumunu gerçekleştiren başlıca parametreler; beslenme alanı, akışkan, ısı kaynağı, rezervuar, rezervuar alanı, örtü kaya ve boşaltım alanıdır. Jeotermal enerji, yerin derinliklerindeki kayalar içinde biriken ısının akışkanlar vasıtasıyla taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir. Jeotermal kaynaklar, aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır (Özcan, 2013). Jeotermal kaynaklar, yüksek sıcaklıklı (1800C- 3800C), düşük ve orta sıcaklıklı (250C- 1800C) olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Daha çok yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynaklar, elektrik enerjisi alanında kullanılmaktadır. Ancak gelişmiş ülkelerde yapılan araştırmalar, düşük ve orta sıcaklıktaki kaynaklardan da elektrik enerjisi üretilebileceğini göstermektedir.

Türkiye, Alp- Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Türkiye, jeolojik yapısı itibari ile oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip bir ülkedir. Türkiye'nin toplam 31.500 MW jeotermal potansiyelinin bölgesel bazdaki dağılımına bakıldığında %78'lik potansiyelinin Batı Anadolu'da yoğunlaştığı görülmektedir.

Türkiye'de son yıllarda jeotermal enerji arama çalışmaları hız kazanmıştır. Mevcut potansiyelin %13'ü Maden Tetkik Arama tarafından kullanıma hazır hale getirilmiştir ve 2003 yılından itibaren yürütülen çalışmalar sonucunda 840 MW jeotermal enerji kaynağı tespit edilmiştir. 2011 yılı sonu itibari ile de jeotermal enerji kurulu gücümüz 114,2 MW (%0,22) seviyelerine ulaşmıştır.

Rüzgâr enerjisi, son yıllarda tüm dünyada hızlı bir gelişme göstermektedir. 2007 yılında yayınlanan Türkiye Rüzgâr Potansiyeli Atlası (REPA) verilerine göre; bölgelerdeki teknik rüzgâr enerjisi potansiyeli 114,173 MW'dır. Bölgelerdeki rüzgâr hızı, 50 m'den daha yükseklerde 7,0 m/s'den daha yüksektir (EIE, 2009). Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli başlıca; Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yoğunlaşmaktadır (Barış ve Küçükali, 2012).

Avrupa ülkeleri ile Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından karşılaştırıldığında, en büyük potansiyelin 166 TWh ile Türkiye'de bulunduğu görülmektedir (Güler, 2006; Adıyaman, 2012). Rüzgâr enerjisi uygulamalarının yaygınlaşması ile birlikte kısa sürede Türkiye'nin enerji ihtiyacının yaklaşık %15' i karşılanabilecektir.

Bu çalışmada, ülke olarak enerji konusunda dışa bağımlılığımızı azaltabilmek için Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına dikkat çekmek hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, Jeotermal ve Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde yer seçimi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde çok ölçütlü karar verme tekniklerinden, Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada yer seçimine etki eden ana kriterler, literatür verilerine dayalı olarak belirlenmiş ve alternatif yerler belirlenerek model oluşturulmuştur. Alternatif yerlerin seçiminde; jeotermal enerji santral yeri için il bazında, rüzgâr enerji santral yeri için ise bölge bazında seçimler yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Enerji kaynakları planlaması problemi ile ilgili literatürde çok sayıda çok ölçütlü karar verme tekniklerinin kullanıldığı yayınlar mevcuttur. Bu çalışmalara ait özet bilgiler, değerlendirme kriterleri, dikkate alınan enerji kaynak alternatifleri ve kullanılan yöntemler bazında Tablo 1'de verilmiştir (Özcan, 2013).

Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çok amaçlı karar verme tekniklerinin uygulanmasına yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde; AHP, VIKOR, PROMETHEE, ELECTRE, GRAF Teorisi ve Matris Yaklaşımı, Bulanık ANP ve Bulanık TOPSİS yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar özellikle; türbin seçiminde, proje seçiminde, gözlem istasyon yeri seçiminde, yenilenebilir enerji planlamasında ve yenilenebilir enerji alternatifleri arasındaki seçimlerde karar verme tekniklerinin kullanımına yöneliktir. Kahraman ve Kaya (2010) çalışmalarında, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHP ve VIKOR yöntemlerini kullanarak İstanbul'da yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirmişler ve üretim yeri seçimi için öneride bulunmuşlardır. Uysal (2011), Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitli yönlerden önemine vurgu yaptığı çalışmasında, GRAF Teorisi ve Matris Yaklaşımı ile seçim için bir model önermiştir. Ayrıca, uygulamada kullanılan GRAF Teorisi ve Matris Yaklaşımı ile yenilenebilir enerji alternatiflerinden güneş enerjisini, en iyi alternatif olarak önermiştir. Sadeghi vd. (2012), İran'ın ekonomik yönden kalkınması amacı ile güneş, jeotermal, hidroelektrik ve rüzgâr yenilenebilir enerji kaynakları arasından en uygun olanını Bulanık ANP ve Bulanık TOPSİS yöntemleri ile belirlemişlerdir. Yazdani-Chamzini vd. (2013) çalışmalarında, proje seçiminde göz önünde bulundurulmuş çeşitli faktörleri değerlendirmek amacı ile AHP Yöntemi ile COPRAS Yönetimini entegre ederek, mevcut alternatifler arasından en uygun olanını belirlemişlerdir. Ayan ve Pabuçcu (2013), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010- 2014 Stratejik Plandan hareketle, yenilenebilir kaynak seçimi problemi için bir analitik hiyerarşi modeli oluşturmuşlar ve ağırlıkları AHP ile hesaplamışlardır. Analiz sonucunda; sırası ile hidroelektrik, rüzgâr, biyoyakıt, jeotermal enerji ve güneş enerjisi yatırımlarının uygun olabileceğini belirlemişlerdir. Kudak vd. (2014), RES projelerinin bölgesel farklılıklarının hangi kriterler üzerinde etkili olduğunu tespit ettiği çalışmalarında AHP ve Çok Amaçlı Fayda Analizini kullanmışlardır. Şengül vd. (2015), TOPSİS yöntemini kullanarak Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları arasından seçim yapmışlardır. Kargı ve Aydın (2017), yatırım yapmayı planlayan bir firmanın yenilenebilir enerji kaynaklarından en uygun olanının seçimine ilişkin çalışmalarında, Bulanık AHP Yöntemini kullanmışlardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çok amaçlı karar verme tekniklerinden ANP uygulanmasına yönelik yapılan çalışmaların ise daha çok yenilenebilir enerji alternatiflerinin seçimine, yapılacak yatırım payının belirlenmesine, enerji stratejisi alternatiflerinin önceliklendirilmesine yönelik olduğu görülmüştür. Heo vd. (2010), Kore'de yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırım payının belli bir tarihten sonra daha da artırılabileceğinden ve

bu nedenle Ar-Ge çalışmalarına verilen önemden bahsetmişler ve çalışmalarında bulanık ANP yöntemi ile göz önünde bulundurulmuş her bir faktörün etkisini değerlendirmişlerdir. Şahin (2016) çalışmasında, Türkiye elektrik enerjisi üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde, dokuz kriter ve beş seçenek belirleyerek ANP Yöntemini kullanmıştır. Ayrıca ANP Yönteminde Fayda, Fırsat, Maliyet ve Risk (FFRM) analizini kullanmıştır. Sonuç olarak; fayda açısından en iyi yakıt türünün rüzgâr enerjisi, fırsat açısından ise en iyi yakıt türünün güneş enerjisi olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca; en az riskli yakıt türünün güneş enerjisi ve en az maliyetli yakıt türünün ise jeotermal enerji olduğu sonucuna ulaşmıştır. Özcan vd. (2017) çalışmalarında, güneş enerjisi ile ilgili stratejik hedefleri referans almışlardır. Güneş enerjisinden elektrik üretimini sağlayan Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi (CSP) teknolojilerinden Parabolik Oluk Kolektör (PTC), Doğrusal Fresnel Reflektör (LFR), Merkezi Alıcı Sistem (Eritilmiş Tuz) (CRS-MS), Merkezi Alıcı Sistem (Kızgın Buhar) (CRS-SHS) ve Parabolik Çanak Sistemleri (PDS) maliyet, sosyal, teknik ve teknoloji başlıklarından oluşan dört ana kriter altındaki on altı alt kriter ile değerlendirmişlerdir. Söz konusu kriterleri, aralarındaki ilişkilerin dikkate alınmasına olanak sağlayan ANP yöntemi ile ağırlıklandırmışlar ve bu ağırlıkların literatürde sıklıkla kullanılan ve birçok avantaja sahip bir sıralama algoritması olan PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yönteminde kullanılması ile beş alternatif CSP teknolojisinin Türkiye koşullarında öncelik sıralamasını elde etmişlerdir. Özcan vd. (2017) çalışmalarında, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını verimli, güvenilir, ekonomik, kesintisiz ve çevreye duyarlı elektrik üretimi gerçekleştirmek amacı doğrultusunda yatırım öncelikleri açısından değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla çalışmada; literatürde kabul görmüş ÇKKV yöntemleri arasında en etkin algoritmalarından olan ANP ve TOPSIS'in entegrasyonu ile dünyadaki gelişmeler, literatürdeki çalışmalar, Türkiye'nin stratejik hedefleri ve bunlara bağlı olarak başvuru uzman görüşleri ile yapılan değerlendirme sonucunda, Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanındaki yatırımlarını sırasıyla rüzgâr, hidroelektrik, biokütle, jeotermal ve güneş santrallerine yapması gerektiğini tespit etmişlerdir. Ervural vd. (2018), çalışmalarında Türkiye enerji sektörü için birleştirilmiş karma bir yöntem önermişlerdir. Yöntemde, güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler (SWOT) analizi ile ANP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini, enerji stratejisi alternatiflerinin önceliklendirilmesi için kullanmışlardır.

Tablo 1. Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerini Kullanan Çalışmalar
(Özcan, 2013'ten değiştirilmiştir)

Kaynak Alternatifleri	Kullanılan Yöntemler	Araştırmacılar
Rüzgâr, hidroelektrik, biokütle, jeotermal, güneş	ANP-TOPSIS	Özcan vd., 2017
Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal	Bulanık AHP	Kargı ve Aydın, 2017
Rüzgâr, hidrolik, güneş, biokütle, jeotermal	AAS-FFRM	Şahin, 2016
Hidroelektrik, rüzgâr, biyoyakıt, jeotermal, güneş	AHP	Ayan ve Pabuçcu, 2013
Güneş, jeotermal, hidroelektrik, rüzgâr	Bulanık ANP, Bulanık TOPSIS	Sadeghi vd., 2012
Rüzgâr, hidrolik, güneş, biokütle	VIKOR-AHP	San, 2011
Biokütle, hidrolik, Jeotermal, rüzgâr, güneş	GRAF Teorisi ve Matris Yaklaşımı	Uysal, 2011
Jeotermal, rüzgâr, güneş, hidrolik ve biokütle	VIKOR-AHP	Kaya ve Kahraman, 2010
Nükleer enerji, biokütle, kömür, petrol, hidrolik, jeotermal, doğalgaz, rüzgâr ve güneş	Bulanık AHP	Kahraman ve Kaya, 2010
Güneş	AHP	Nixon, 2010
Güneş	AHP, ELECTRE, PROMETHEE,	Theodorou, 2010
Rüzgâr Türbin Seçimi	AHP	Sarucan vd., 2010
Biokütle, hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş	Bulanık Aksiyomatik Tasarım ve Bulanık AHP	Kahraman vd., 2009
Beş farklı alanın karşılaştırılması	BOCR ile ilişkili AHP	Lee vd., 2009
Rüzgâr	AHP	Aras vd. 2004
Güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidrolik	AHP, SIMUS	Nigim vd. 2004

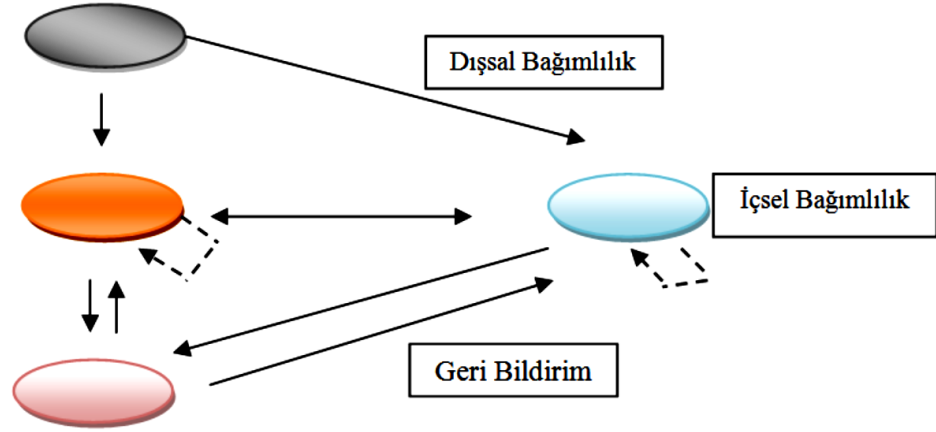
Engin vd. (2018), son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili problemlerin çözümünde ÇKKV yöntemlerinin yaygın bir şekilde kullanıldığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında, en uygun yenilenebilir enerji alternatifini belirlemeye yönelik, ÇKKV yöntemleri ile yapılan, son yirmi yıllık literatürde yer alan, Türkiye ile ilgili çalışmaları gözden geçirmişlerdir. ÇKKV yöntemlerinden genellikle, AHP, PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacıların çalışmalarında tespit etmiş oldukları sadece üç çalışmada, ANP yaklaşımının kullanıldığı ve bu çalışmaların da enerji strateji alternatiflerinin önceliklendirilmesine yönelik olduğu görülmüştür.

Literatürde, yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalarda ÇKKV yöntemlerinden ANP Yaklaşımının oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan bu çalışmaların daha çok yenilenebilir enerji alternatiflerinin seçimine, yapılacak yatırım payının belirlenmesine ve enerji stratejisi alternatiflerinin önceliklendirilmesine yönelik olduğu görülmüştür. Oysaki yenilenebilir enerji kaynaklarında yer seçimi, önemli bir karar problemidir. Literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi amacı ile bu çalışmada jeotermal ve rüzgâr enerjisi tesislerinde yer seçimi problemi ele alınmıştır. Çalışmanın literatürdeki çalışmalardan en önemli farkı ise, kriterler ve alt kriterlerin kendi aralarındaki farklı etkileşimlerinin dikkate alınmasıdır. Geliştirilen ANP modeli ile ana kriterlerinin kendi içinde ve alt kriterlerle, alt kriterlerinin hem kendi aralarında hem de ana kriterler ile etkileşimleri seçim problemi içine dâhil edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın, ülkemizde kurulması düşünülen yenilenebilir enerji kaynakları tesislerinin yer seçimi için yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Bazı problemler hiyerarşik yapıya sahip olmamalarına rağmen problemin çözümünde ele alınan kriter, alt kriter ve alternatifler birbirleriyle etkileşim halinde olabilir. Karar vermede etkili olan kriterler arasındaki ilişkileri göz önünde bulunduran ANP yöntemi, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen AHP'nin genelleştirilmiş halidir (Alptekin, 2010). ANP, sayısal faktörlerin ifade edilemediği durumlarda da iyi bir çözümleyicidir (Yaralıoğlu, 2010) ve AHP'ye kıyasla daha karmaşık karar verme problemlerine uygulanabilmektedir. ANP yönteminin uygulama adımları şu şekildedir (Özcan vd., 2017);

Analitik Ağ Prosesi: ANP (Analytical Network Process), Thomas L. Saaty tarafından 1996'da ortaya atılmıştır. ÇKKV problemlerinde etkili ve gerçekçi çözüm sunmaktadır. Nicel ve nitel değerlendirmeleri de mümkün kılmaktadır. ANP ile problem hiyerarşik bir yapıda modellenir; ayrıca modeli oluşturan kriterler arasındaki ilişkiler ve etkileşimler de değerlendirilebilir. ANP'yi klasik yaklaşımlardan ayıran en önemli özellik, ANP'nin kriterler arasındaki etkileşimleri ve geri bildirimleri içermesidir. Alternatifler seçilirken alternatif ve kriterlerin belirlenmesinin yanı sıra bunların etkileşimlerinin pozitif ve negatif sonuçları da değerlendirilmektedir. ANP yönteminde öncelikli olarak, karar verme problemleri bir ağ şeklinde modellenir. Modelleme aşamasında kriter grupları arasındaki dış bağımlılıkları, geri bildirimleri ve aynı kriter grubu içinde yer alan iç bağımlılıkları da hesaplanmaktadır. ANP'nin yapısı Şekil 1.'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Bir Ağ Sürecinin Model Yapısı (Karsak vd., 2002: 176-17; Ömürberk ve Şimşek, 2014)

ANP yönteminin kullanım avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Saaty, 1999; Yazgan vd., 2009);

- ANP, karar verme sürecinde tüm kriterler ve alt kriterlerin dahil edilmesine izin veren bir tekniktir.
- Gerçek hayat problemlerinin kendi aralarında var olan bağımlılık karakterlerinden dolayı, karar verme problemlerinde kriterler arasındaki ilişkiyi dikkate almak çok önemlidir. ANP metodolojisi, kriter düzeyleri arasındaki bağımlılıkların düşünülmesini sağlamaktadır (Agarwal & Shankar, 2003).
- Düşünülen nitelikler arasında doğrusal olmayan birbirine bağlı bir ilişki olmasının yanı sıra, hem nitel hem de nicel özelliklerin dikkate alınması için de uygundur (Meade & Sarkis, 1999). Karar vericiye, mevcut farklı alternatiflerin göreceli sıralama göstergesi olan sentetik puanları takdir edilmesine imkân tanımaktadır.
- İkili karşılaştırmaların artan sayılarından dolayı, hesaplama işlemi daha fazla zaman alıcıdır. Bununla birlikte kriterler arasında geri bildirim ve bağımlılık düşünüldüğünde ANP gerçek duruma çok daha yakındır. Karar modeli oluşturulmasında daha fazla esneklik sağladığı için ANP, umut verici bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

ANP yönteminin uygulama süreci ve adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Adım 1. Problemin Tanımlanması ve Modelin Kurulması: Değerlendirme kriterlerinin, alt kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi ile başlamaktadır. Ağ, ana kriterler birer küme oluştururlar ve her ana kriterdeki alt kriterlerde kümenin elamanı olurlar. Ayrıca, alternatifler de bir küme olarak kabul edilebilir. Modelde örneğin; kümeler içerisinde, kümenin kendi içerisinde ve bir küme ile diğer kümeler arasında farklı ilişkiler de bulunmaktadır. Dolaylı ilişki, bir kümeden başka bir kümeye bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Bu ilişki türü, iki küme arasındaki direkt olmayan ilişkiyi göstermektedir ancak; bir küme, üçüncü küme ile etkileşim halindedir. Başka bir ilişki de, aynı küme içindeki alt kriterler arasında bir ilişkidir ki, bir küme içindeki elemanların kendi aralarındaki etkileşim türünü göstermektedir. Son ilişki ise, kriterler arasındaki karşılıklı ilişki olarak adlandırılmaktadır (Yazgan vd., 2009).

Adım 2. İlişkilerin Belirlenmesi: Kriterler ve alt kriterler arasındaki etkileşimler belirlenir. Bir kümedeki kriterlerin başka kümelerdeki kriterlere etkisi (dışsal bağımlılık) ya da aynı kümedeki diğer kriterlere etkiler (içsel bağımlılık) ve varsa geri bildirimler ilişkilendirilir.

Adım 3. Kriterler Arası İkili Karşılaştırmaların Yapılması ve Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması: Kriterler ve alternatifler, etkileşimli kriterlerle ve alternatiflerle ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır (Ömürberk ve Şimşek, 2014). ANP’de bir matris çatısı altında ikili karşılaştırma yapılırken, 1- 9 ölçek skalası kullanılmaktadır. İkili karşılaştırmalar lokal öncelik vektörü,

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w \quad (1)$$

denkleminin çözülmesi ile elde edilen öz vektörle belirlenir.

Burada A ikili karşılaştırma matrisi, w öz vektör λ_{max} ise A karşılaştırma matrisinin en büyük öz değeridir. Saaty (2001), w'nin yaklaşık çözüm için normalleştirme algoritmasını önermiştir. Faktörler arasındaki ikili karşılaştırmayı göstermek için elde edilen matris aşağıdaki gibidir:

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$B_i = [b_{ij}]_{n \times 1} \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4)$$

$$C = [c_{ij}]_{n \times n} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad W = [W_i]_{n \times 1} \quad (6)$$

İkili matris tutarlılığı, tutarlılık indeksi (CI) tarafından kontrol edilmektedir. Unsurların tutarlılık karşılaştırması aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [W_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (7)$$

$$E_i = \frac{d_i}{W_i} \quad i = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (9)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (10)$$

Yukarıdaki denklemlerde, CI, RI ve CR sırasıyla tutarlılık göstergesi, rastgele göstergesi ve tutarlılık oranını temsil etmektedir. Kabul tutarlılık için, CI 0.10 daha küçük olmalıdır (Saaty, 1980; Yazgan vd., 2009).

Adım 4. Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılık Analizlerinin Yapılması: İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasının ardından, yapılan karşılaştırmaların tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranı (CR), 0.10’un altında ise yapılan değerlendirmenin yeterli olduğu kabul edilmektedir. Eğer bu değer, 0.10’dan büyük ise karşılaştırmada bir tutarsızlık söz konusudur ve yapılan karşılaştırmalar tekrardan gözden geçirilmelidir.

Adım 5. Ağırlıklandırılmış Süper Matrisin Oluşturulması: Ağırlıklandırılmamış süpermatristeki değerlerin ait oldukları kümenin ağırlıklarıyla çarpılması sonucu oluşturulan matrise ağırlıklandırılmış süpermatris denilmektedir. Eğer ağırlıklandırılmış süpermatrisin sütunları toplamı bire eşit değil ise normalleştirme işlemi yapılarak bire eşit duruma getirilir. Elde edilen yeni matris limit süpermatrisidir.

Adım 6. En İyi Alternatifin Seçimi: Alternatiflerin ve kriterlerin nihai önceliklerinin hesaplandığı adımdır. Böylelikle, hem alternatiflerin hem de karşılaştırılan kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. En iyi alternatif, en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatiftir. Karar sürecini etkileyen en önemli kriter ise ağırlıklandırma probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan kriterdir.

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, Jeotermal ve Rüzgâr enerjisi santralleri için yer seçimi problemleri ele alınmıştır. Kuruluş yeri seçimine etki eden çok sayıda niteliksel ve niceliksel kriterler esas alınarak aday yerler değerlendirilmiş en uygun olanın belirlenmesi sağlanmıştır. Çalışmanın kapsamı gereği; yer seçimine etki eden kriterler ve aday yerlerin seçimi, literatür verilerinden yola çıkılarak belirlenmiştir.

4.1. Enerji Santrallerinin Yer Seçimi

Bu çalışmada jeotermal ve rüzgâr enerji santrallerinin yer seçim problemi ele alınmıştır. ANP yönteminin uygulanmasında aşağıdaki adımlar takip edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Uygulanacak Adımlar

Adımlar	Yapılan İş
1	Ana ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi
2	Alternatiflerin Belirlenmesi
3	ANP modelinin kurulması
4	İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması
5	Süpermatrisin oluşturulması
6	Matrislerin limit değerlerinin belirlenmesi

Adım 1. Ana ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi: Literatürde enerji ve ÇKKV ile ilgili yayınlardan faydalanarak, enerji santrallerinin yer seçimini etkileyen ana ve alt kriterler belirlenmiştir.

Adım 2. Alternatiflerin Belirlenmesi: İlk aşamada jeotermal enerji için il bazında, rüzgâr enerjisi için bölgesel bazda dörder adet alternatif yerler belirlenmiştir.

Adım 3. ANP Modelinin Kurulması: Alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesinin ardından model oluşturulmuştur.

Adım 4. İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması: ANP modeli kurulduktan sonra, her bir ana kriter sınıfı içerisindeki elemanların alternatiflerle ve diğer sınıf içindeki elemanlarla olan karşılaştırmaları teker teker tamamlanmıştır. Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra puan skalasına göre karşılaştırmalar yapılmış ve her bir matris için tutarlılık oranı kontrol edilmiştir.

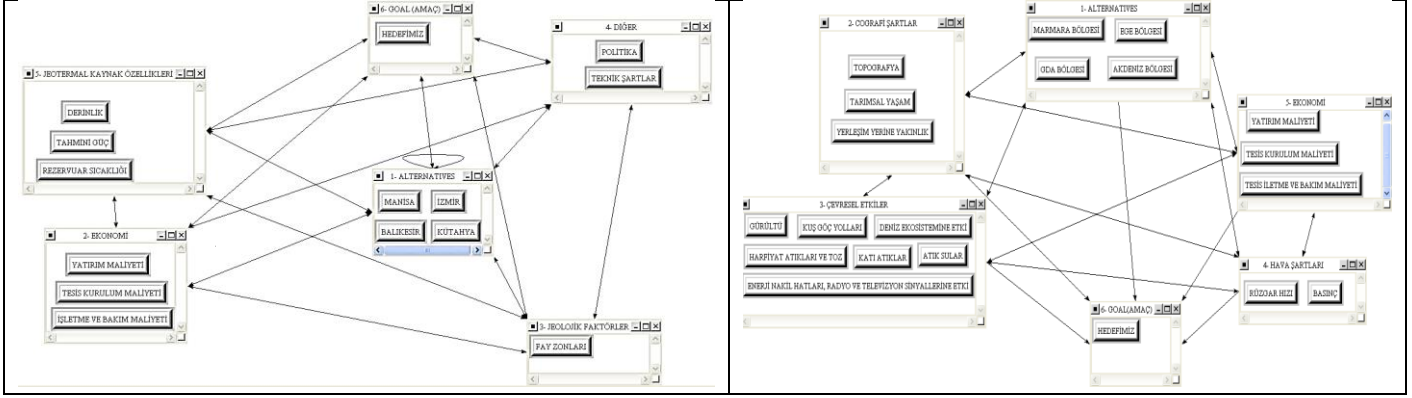
Adım 5. Süper Matrisin Oluşturulması: 4. adımda karşılaştırılan kriterler matris haline getirildikten sonra süper matris oluşturulmuştur. Burada kriterler ve alternatifler arasındaki etkileşimler dikkate alınmıştır.

Adım 6. Matrislerin Limit Değerlerinin Belirlenmesi: Oluşturulan matrisin limit değerlerinden yararlanılarak, en uygun alternatifler ve her bir kriterin karar sürecindeki önemi belirlenmiştir.

Jeotermal ve rüzgâr enerji santrallerinin kuruluş yeri seçiminde kullanılan parametreler ve kurulan modeller Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Jeotermal ve Rüzgâr enerji santralleri yer seçimi parametreleri

Jeotermal Enerji Santrallerinin Yer Seçimi	Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi
Alternatifler	Alternatifler
<ul style="list-style-type: none">✓ Manisa✓ İzmir✓ Kütahya✓ Balıkesir	<ul style="list-style-type: none">✓ Marmara Bölgesi✓ Ege Bölgesi✓ Akdeniz Bölgesi✓ Güneydoğu Anadolu Bölgesi
Kriterler	Kriterler
Ekonomik Faktörler <ul style="list-style-type: none">✓ Yatırım Maliyeti✓ Tesis Kurulum Maliyeti✓ İşletme ve Bakım Maliyeti Jeolojik Faktörler <ul style="list-style-type: none">✓ Fay Zonları Jeotermal Kaynak Özellikleri Faktörler <ul style="list-style-type: none">✓ Derinlik✓ Tahmini Güç✓ Rezervuar Sıcaklığı Diğer Faktörler <ul style="list-style-type: none">✓ Politika✓ Teknik Şartlar	Coğrafi Şartlar <ul style="list-style-type: none">✓ Topoğrafya✓ Tarımsal Yaşam✓ Yerleşim Yerine Yakınlık Çevresel Faktörler <ul style="list-style-type: none">✓ Gürültü✓ Kuş Göç Yolları✓ Deniz Ekosistemine Etki✓ Hafriyat Atıkları ve Toz✓ Katı Atıklar✓ Atık Sular✓ Enerji Nakil Hatları, Radyo ve Televizyon Sinyallerine Etkisi Hava Şartları <ul style="list-style-type: none">✓ Rüzgâr Hızı✓ Basınç✓ Rüzgâr Gücü Yoğunluğu Ekonomik Faktörler <ul style="list-style-type: none">✓ Tesis Kurulum Maliyeti✓ Tesis İşletme ve Bakım Maliyeti✓ Yatırım Maliyeti



Yapılan bu çalışmada enerji santrallerinin yer seçimi ve yer seçimine etki eden en önemli kriterler belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak dikkate alınan kriterlere ve elde edilen matrise göre jeotermal enerji santrali için en uygun yer “Manisa” ve daha sonra da “İzmir” olarak belirlenmiştir. Alternatif yer seçimini etkileyen en önemli kriterin ise “Jeolojik Faktörler” olduğu görülmektedir. Rüzgâr enerji santrali için ise en uygun bölge “Marmara Bölgesi” ve bölge seçimini etkileyen en önemli kriterin “Hava Şartları” olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ

XXI. yüzyılda enerji; ekonomik kalkınmanın sürdürülebilmesinde, toplumsal refah seviyesinin artırılmasında ve küresel rekabet anlayışı içerisinde sanayi ve diğer ticari faaliyetlerin sağlıklı bir biçimde yürütülebilmesinde etkisini daha derinden hissettirmiştir. Dünya nüfusunun her geçen gün artması, yaşam standartları seviyesinin yükselmesi, enerjiye olan talebi de orantılı olarak arttırmaktadır. Ayrıca, yenilenemeyen enerji kaynaklarının doğada rezervlerle sınırlı oluşu, insanlığı yeni enerji türlerinin keşfine ve yeni teknolojik gelişmelere doğru yönlendirmektedir. Bu doğrultudan hareket ile bu çalışmada; Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeline dikkat çekmek (farkındalık yaratmak) ve enerji sektöründe fizibilite çalışmalarında farklı bilim disiplinlerinin ortak çalışması ile projelerin daha planlı yürütülmesine dikkat çekmek amaçlanmıştır.

Bu amaçla öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitleri ve ülkemizdeki potansiyelleri, detaylı literatür çalışmasıyla açıklanmaya çalışılmıştır. Literatür araştırmalarından yola çıkarak, Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarında, gerek AR-GE çalışmaları konusunda olsun gerekse yapılan yatırımlarda, enerji konusunda dışa bağımlılığı azaltacak düzeyde çalışmaların yapılmadığı ve enerji kaynaklarımızdan tam anlamıyla yararlanılacak santrallerin kurularak enerji üretimini gerçekleştirmediği görülmektedir.

Türkiye, alternatif enerji türleri bakımından zengin bir ülkedir. Mevcut ekonomik ve teknolojik dinamikler göz önünde bulundurulduğunda, yatırım yapılabilirliği için en uygun sektör rüzgâr enerjisidir. Türkiye’nin sahip olduğu rüzgâr potansiyeli, enerji talebinin önemli ölçüde karşılanabilmesi için yeterlidir. Ayrıca jeotermal enerji kaynaklarının tamamını kullanabilmesi durumunda, ısıtma + enerji alanında %12,7’lik enerji ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Çalışmanın uygulama bölümünde jeotermal ve rüzgâr enerjisi yer seçimi problemlerinin belirlenmesinin ANP yöntemi ile çözümü ele alınmıştır.

Çalışmada yer seçimine etki eden ana kriterler ve alt kriterler literatür verilerine dayalı olarak belirlenmiş ve alternatif yerler seçilerek model oluşturulmuştur. Her bir kritere göre alternatifler, kendi aralarında karşılaştırılarak gerekli hesaplamalar tamamlanmıştır. Bütün bu değerlendirmeler sonucunda Jeotermal Enerji Santrali yer seçiminde en yüksek puanı alan il

Manisa ve Rüzgâr Enerjisi Santrali yer seçiminde ise en yüksek puanı alan bölge Marmara Bölgesi olarak belirlenmiştir. Alternatif yer seçimini etkileyen en önemli kriterin jeotermal enerji santrali için, “Jeolojik Faktörler”; rüzgâr enerji santrali için ise bölge seçimini etkileyen en önemli kriterin “Hava Şartları” olduğu görülmektedir. Literatürde yenilenebilir enerji alternatiflerinin seçimi, yapılacak yatırım payının belirlenmesi ve enerji stratejisi alternatiflerinin önceliklendirilmesi gibi çalışmalar ile sınırlı kalan ANP yaklaşımının, bu çalışma ile ülkemizde kurulması düşünülen jeotermal ve rüzgâr enerjisi tesislerinin yer seçimi ve fizibilite çalışmaları için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Adıyaman, Ç., 2012. *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.

Alptekin, N., 2010. Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı İle Türkiye’de Beyaz Eşya Sektörünün Pazar Payı Tahmini, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11 (1), 18-27.

Agarwal, A. ve Shankar, R., 2003. On-line trust building in e-enabled supply chain, *Supply Chain Management: An International Journal*, 8 (4), 324- 334.

Anık, Z., 2007. *Nesne Yönelimli Yazılım Dillerinin Analitik Hiyerarşi ve Analitik Network Prosesi ile Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Aras, H., Erdoğan, S. ve Koç, E., 2004. Multi-Criteria Selection for a Wind Observation Station Location Using Analytic Hierarchy Process, *Renewable Energy*, 29, 1383-1392.

Ayan, T.Y., Pabuçcu, A.G.H., 2013. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırım Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3).

Aytürk, S., 2006. *Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi ve Analitik Şebeke Prosesi ile Hafif Makineli Tüfek Seçimi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Barış, K. ve Küçükali, S., 2012. Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective, *Elsevier, Energy Policy* 42, s. 377- 391.

Çakın, E. ve Özdemir, A., 2015. Bölgesel Gelişmişlikte Ar-Ge ve İnovasyonun Rolü: Dematel Tabanlı Analitik Ağ Süreci (DANP) ve TOPSIS Yöntemleri ile Bölgelerarası Bir Analiz, Dokuz Eylül Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:30, Sayı:1, s. 115-144.

Engin, O., Sarucan, A. ve Baysal, M. E., 2018. Türkiye İçin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Analizi, *Journal of Social And Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5, 1223- 1231.

Ervural, B.C. vd. 2018. An ANP and Fuzzy TOPSIS-based SWOT Analysis for Turkey’s Energy Planning, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1538- 1550.

Görener, A., 2009. Kesici Takım Tedarikçisi Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı, *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 1, s. 99- 110.

Güler, Ö., 2006. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu ve Geleceği, Türkiye 10. Enerji Kongresi, c.1: 146, İstanbul.

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.

Kahraman, C. ve Kaya, İ., 2010. A Fuzzy Multicriteria Methodology for Selection Among Energy Alternatives, *Expert Systems with Applications*, 37 (9), 6270- 6281.

Kahraman, C., Kaya, İ. ve Çebi, S., 2009. A Comparative Analysis for Multi Attribute Selection Among Renewable Energy Alternatives Using Fuzzy Axiomatic Design and Fuzzy Analytic Hierarchy Process, *Elsevier, Energy*, cilt: 34 (10), 1603-1616.

Kargı, A. S. ve Aydın, Z. B., 2017. Bulanık AHP Yönteminin Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçiminde Kullanılması: Bursa Örneği, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, s. 55, 60- 74.

Karsak E. E., Sözer, S. ve Alptekin, E., 2002. Product Planning in Quality Function Deployment Using A Combined Analytic Network Process And Goal Programming Approach, *Computers and Industrial Engineering*, 44.

Kaya, T. ve Kahraman, C., 2010. Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology: The case of Istanbul, *Energy*, 35, 2517-2527.

Kocakalay, Ş., Özdemir, M.S. ve Işık, A., 2004. Analitik Serim Süreci Tekniği ile Pazar Payı Tahmini, *Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*, s.121- 123, Adana.

Kudak, H., Akgün, İ. ve Özkil, A., 2014. Teknoloji Portföyü Analiz Modeli: Türkiye’de bir Rüzgar Enerjisi Uygulaması, *Savunma Bilimleri Dergisi*, c.13, 91- 128.

Lee, A. H. I., Chen, H. H. ve Kang, H-Y., 2009. Multi-Criteria Decision Making on Strategic Selection Of Wind Farms, *Renewable Energy*, 34, 120- 126.

Meade, L.M. ve Sarkis, J., 1999. Analyzing Organization Project Alternatives for Agile Manufacturing Processes: An Analytical Network Approach, *International Journal of Production Research*, 37 (2), 241- 261.

Niemira M. P. ve Saaty, T. L., 2004. An Analytic Network Process Model For Financial-Crisis Forecasting, *International Journal of Forecasting*, 20, s. 573- 587.

Nigim, K., Munier, N. ve Yeşil, J., 2004. Pre-feasibility MCDM Tools to Aid Communities in Prioritizing Local Viable Renewable Energy Sources, Elsevier, *Renewable Energy*, 29, 1775-1791.

TARAF, F., ve YAZGAN H.R., “Jeotermal Ve Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Yer Seçimi Probleminin Analitik Ağ Süreci ile Çözülmesi” ANKA e-DERGİ, Cilt 3/Sayı 2/2018

Nixon, J.D., Dey, P.K. ve Davies, P.A., 2010. Which is the Best Solar Thermal Collection Technology for Electricity Generation in North-West India? Evaluation of options using the analytical hierarchy process, *Energy*, 35, 5230- 5240.

Ömürberk, N. ve Şimşek, A., 2014. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri İle Online Alışveriş Sitesi Seçimi, *Yönetim ve Araştırma Dergisi*, s. 22.

Ömürbek, N. ve Tunca, Z., 2013. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama, Süleyman Demirel Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 18, Sayı:3, s. 47- 70.

Özcan, A. K., 2011. *Jeotermal Enerji Çalışma Notları*. 10.12.2012 son erişim tarihli, http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/kursat_ozcan_jeotermal_enerji.pdf, adresinden alınmıştır.

Özcan, E.C., Özcan, N.A. ve Eren, T., 2017. CSP Teknolojisine Sahip Güneş Enerjisi Santrallerinin Kombine ANP-PROMETHEE Yaklaşımı ile Seçimi, *Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1, 1, 18-44.

Özcan, E. C., Ünlüsoy, S. ve Eren, T., 2017. ANP ve TOPSİS Yöntemleriyle Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi, *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, SUJEST*, c. 5, s. 2, 204- 219.

Özcan, E. C., 2013. *Elektrik Üretim Planlamasında Çok Amaçlı Optimizasyon Yaklaşımı: Türkiye Örneği*, Yayınlanmış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Saaty, T.L., 2001. Decision making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World, University of Pittsburgh, RWS Publications, Pittsburgh.

Saaty, T.L., 1999. Fundamentals of the Analytic Network Process, Proceedings Of Isahp, Kobe, Japan, 48- 63.

Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, USA: McGraw- Hill International Book Company.

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*, Vol. 62, pp. 1095-1099.

San Cristobal ve J.R., 2011. Multicriteria Decision-Making in the Selection of a Renewable Energy Project in Spain: The Vikor method, *Renewable Energy*, 36, 498- 502.

Sarucan, A., Akkoyunlu, M. C. ve Baş, A., 2010. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi İle Rüzgâr Türbin Seçimi, *S.Ü.Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c. 25, s.1.

Şahin, U., 2016. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesinde Analitik Ağ Süreci (AAS) Yöntemi İle Fayda, Fırsat, Maliyet ve Risk (FFMR) Analizinin Kullanılması, *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fen Bilimleri Derg. (CFD)*, c. 37, 180-188.

Şengül, Ü. vd., 2015. Fuzzy TOPSIS Method for Ranking Renewable Energy Supply Systems in Turkey, *Renewable Energy*, 75, pp. 617-625.

Taraf, F., 2016. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Yer Seçimi Probleminin Analitik Ağ Süreci (ANP) Yaklaşımı İle Çözülmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Theodorou, S., Florides G. ve Tassou, S., 2010. The use of multiple criteria decision making methodologies for the promotion of RES through funding schemes in Cyprus. A review, *Energy Policy*, 38, 7783- 7792.

Uysal, F., 2011. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi için Graf Teori ve Matris Yaklaşım, *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13:23.

Vargas, L.G., 1990. An Overview of The Analytic Hierarchy Process And Its Applications, *European Journal Of Operational Research*, 48(1), (September), s. 4.

Yarahöğlü, K., 2010. Karar Verme Yöntemleri, Detay Yayıncılık, Ankara.

Yazdani- Chamzini, A. vd., 2013. Selecting the Optimal Renewable Energy Using Multi Criteria Decision Making, *Journal of Business Economics and Management*, 14(5), 957- 978.

Yazgan, H.R., S. Boran ve K. Göztepe, 2009. An ERP software selection process with using artificial neural network based on analytic network process approach, Elsevier, *Expert Systems with Applications*, 36, 9214-9222.

Yurdakul, M. ve Yıldırım, E., 2013. Analitik Ağ Süreci Yöntemi İle En Uygun Pazarlama Stratejisinin Belirlenmesi, *Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi EYİ*, 2013 özel sayısı, s. 211- 226.