

TÜRKİYE’DE ENERJİ SANTRALLERİNİN

AHP YÖNTEMİ İLE SEÇİMİ

Serkan ERDEM

Gazi Üniversitesi Endüstri Müh.

s_erdem33@hotmail.com

Cevriye GENCER

Gazi Üniversitesi Endüstri Müh.

ctemel@gazi.edu.tr

Ediz ATMACA

Gazi Üniversitesi Endüstri Müh.

hediz@gazi.edu.tr

Tuğçe KARACA

Gazi Üniversitesi Endüstri Müh.

tkaraca@innova.com.tr

Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

Gazi Üniversitesi Endüstri Müh.

emelkizilkaya@gmail.com

Özet

Enerji ve tercih edilen enerji kaynağı değerlendirilirken fiyatı, elde edilme kolaylığı, başka ülkelere bağımlılık ve ayrıca çevre ve sağlık etkileri göz önüne alınır. 2007 de İTÜ’nün yaptığı “Türkiye’de Enerji ve Geleceği” isimli çalışmada yaklaşık 6.5 milyarlık dünya nüfusunun 4.5 milyarının, dünya ortalamasından daha düşük enerji tükettiği; 2.4 milyarının hala ticari olmayan enerji kaynaklarına (odun, bitki-hayvan artıkları) bağlı olduğu; 1.6 milyara elektriğin ulaşmamış olduğu ve gelişmiş ülkelerde kişi başına enerji tüketiminin gelişmekte olan ülkelere göre 7 katı yüksek olduğu ifade edilmiştir. Son yıllarda gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin artan enerji talepleri nedeniyle devletler alternatif enerji arayışlarına yönelmişlerdir.

Yapılan çalışmada, Türkiye’de enerji sektöründe çalışan kişilerle görüşülerek, enerji santrali seçiminde, 6 alternatif ve 5 kriter belirlenmiştir. Alternatifler kömür/linyit enerji santralleri, doğalgaz çevrimli enerji santralleri, hidroelektrik enerji santralleri, nükleer enerji santralleri, jeotermal enerji santralleri ve rüzgâr enerji santralleridir. Kriterler ise çevre, teknoloji ve sürdürülebilirlik, etkiler, kurulum ve karlılık dır. Bu alternatifler arasından seçim yapılırken analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin sonuçları analiz edilerek, hangi yöntemin seçilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Enerji santralleri, Çok kriterli karar verme, AHP

JEL Kodu: C61

CHOICE OF POWER PLANTS WITH AHP TECHNIQUE IN TURKEY

Abstract

While evaluating energy and energy source, price, ease of obtaining, dependence on other countries and also the environmental and health effects are considered. In 2007, It is explained in ITU's study, 'Energy and Future in Turkey', approximately 4.5 billion of the world's population of 6.5 billion consume lower energy than the world average; 2.4 billion of that depend on noncommercial energy sources (wood, plant-animal residues); electricity is not reached to 1.6 billion and energy consumption per person in developed countries are 7 times higher than developing countries. Governments go towards alternative energy because of the energy which demand of developed and developing countries.

In a study, interviewing a person who works in a energy sector in Turkey, 6 alternatives and 5 criteria are determined. Alternatives are coal/lignite, natural gas, hydroelectric, nuclear, geothermal and wind energy plants. Criteria are environment, technology and sustainability, impacts, installation and profitability. When we choice of these alternatives, analytic hierarchy process (AHP) method is used. By analyzing the results of the method, it is decided which method should be chosen.

Keywords: Energy plant, Multi-criteria decision making, AHP

Jel Classification: C61

1. Giriş

Enerji santralleri, çeşitli girdiler kullanarak elde edilen değişik formlardaki enerjiyi sanayi veya yerleşim birimlerinin kullanımına uygun haldeki elektrik ya da ısı enerjisine dönüştüren tesislerdir. Enerji ve tercih edilen enerji kaynağı değerlendirilirken kaynağın fiyatı, kaynağın elde edilme kolaylığı, başka ülkelere bağımlılık ve ayrıca çevre ve sağlık etkileri göz önüne alınır. Yaklaşık 6.5 milyarlık dünya nüfusunun 4.5 milyarının dünya ortalamasından daha düşük enerji tükettiği; 2.4 milyarının hala ticari olmayan enerji kaynaklarına (odun, bitki-hayvan artıkları) bağlı olduğu; 1.6 milyara elektriğin ulaşmamış olduğu ve gelişmiş ülkelerde kişi başına enerji tüketiminin gelişmekte olan ülkelere göre 7 katı yüksek olduğu bilinmektedir (İTÜ Görüşü, 2007). Tüm enerji kaynakları (petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji, alternatif enerji kaynakları) göz önüne alındığında dünyada her gün yaklaşık 210 milyon varil (29 milyon ton) PEE (petrol enerjisi eşdeğeri) enerji tüketilmektedir. Enerji, bina sektöründe, endüstride, ulaşımda ve güç sektöründe kullanılmaktadır. Teknoloji, gittikçe enerjiyi daha verimli

kullanmanın yollarını araştırmaktadır. Bu nedenle kişi başına enerji tüketimi yerine enerji başına üretim verimliliği (enerji yoğunluğu) ülkelerin gelişmişlik düzeylerini açıklamak amacıyla tercih edilmektedir. Gayri safi milli hasıla başına enerji tüketimi olarak tanımlanan enerji yoğunluğu AB için yaklaşık 200 kg PEE/bin euro, Türkiye için yaklaşık 500 kg PEE/bin euro'dur. Birim mal üretimi için Türkiye'de AB'ye göre 2.5 kat enerji harcanmaktadır (İTÜ Görüşü, 2007). Dünyada en hızlı gelişme gösteren enerji formu, elektriktir. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde toplumların gelişmeleri ve hayat standartları elektrik sistemlerinin gelişmesiyle, kişi başına elektrik tüketimleriyle, enerji yoğunluklarıyla ölçülmektedir. 2005 yılı itibariyle kişi başına yıllık elektrik tüketimi (kWh olarak) gelişmiş ülkeler için 8900 iken dünya ortalaması ise 2500'dür. ABD'de 12 322 kWh olan kişi başına yıllık elektrik tüketimi AB için 6000 ve Türkiye için 2200'dür (İTÜ Görüşü, 2007).

Dünya'da 2008-2009 ve kısmen 2010'da devam eden ekonomik kriz nedeniyle, enerji endüstrisinde önemli belirsizlikler doğmuştur. Enerji üretimi, tüketimi, enerji fiyatları yatırımları gibi belirleyici değişkenlerinin belirsizliklerinin artması ve bu durumun önümüzdeki yılları etkilemesi ihtimali, ayrıca nükleer endüstrisinin tartışmaya açılması, enerjinin güvenilir arzını sağlayıcı tedbirler almak ve iklim değişikliği konusundaki hedeflere gerçekçi olarak erişmek için yapılacak eylemleri zayıflatmıştır (Enerji Raporu, 2012). Geçtiğimiz 25 yılı aşkın bir sürede Dünya enerji talebi ortalama olarak yılda %2 artmıştır. Önümüzdeki 25 yılda Dünya enerji talebinin ortalama olarak %1,2 artması beklenmektedir (Enerji Raporu, 2012). Enerji piyasalarını sürüklemekte olan ülkeler yükselen piyasa ekonomileridir. OECD dışı ülkelerin dünya enerji talebindeki payı 2010 yılında %55 iken 2035 yılında %65'e çıkacaktır. Çin, 2035 yılına kadar %60 talep artışı ile enerji kullanımında payını en çok artıran ülke konumuna gelecektir. 2035 yılında OECD ülkelerinin enerji talebi 2010 yılıyla karşılaştırıldığında sadece %3 daha fazla olacaktır (TÜSİAD40, 2012). Birincil enerji fiyatlarının tümünde, geçtiğimiz 5 yıl zarfında, global ekonomik krize rağmen yaşanan yüksek artışlar, ülkeleri enerji ithalatından uzaklaşmaya, buna karşılık yerli üretimin artırılması politikalarına ve çabalarına yöneltmektedir. Örneğin, 2007 yılında ABD'nin enerji tüketiminin %29'u ithalatla karşılanırken, 2009 yılında bu değer %24'e düşmüştür. Şüphesiz genel enerjide bu kayda değer ithalat payının düşüşünde ekonomik kriz etmen olmuş olabilir, ancak ABD'de 2035 yılında enerji tüketiminin %17'nin ithalatla karşılanması öngörülmektedir. Enerji tüketiminde yerli payın artışına kaya gazı ve biyoyakıtlar yön verecektir (Enerji Raporu, 2012). ABD'nin azalan petrol ithalatıyla Kuzey Amerika 2030 yılında net petrol ihracatçısı konumuna gelecektir. Bu durum, hali hazırda devam eden petrol ticaretinin Asya piyasalarına kaymasını hızlandıracaktır (TÜSİAD40, 2012). Japonya'da devre dışı kalan nükleer tesisler sonrası elektrik üretimi için daha fazla LNG ve kömür tüketimine

yönelme beklenmelidir. AB’de Almanya’nın nükleer santrallerini 2022 yılına kadar kapatma kararı, İspanya ve Portekiz’de ekonomik zorluklar ve Yunanistan’daki ekonomik çöküşe rağmen, bu gelişmelerin AB’nin enerji tüketiminde 2011 yılında fark edilebilir bir etkisi olmayacağı tahmin edilmektedir. Ancak 2011 yılını takip eden yıllarda özellikle Almanya’da yenilenebilir enerjiye yönelişte ivme kazanılacağı düşünülmektedir. Ayrıca, Almanya’da “Yeşiller” politik görüşü lehine geline siyaset, enerji tüketiminin şekil değişikliğine neden olabilecek en önemli etmendir (Enerji Raporu, 2012). Global finansman krizi olarak adlandırılan 2008-2009 yıllarını kapsayan ve olumsuz etkileri 2010 ve gelecek yıllarda da devam edeceği görülen ekonomik kriz, 2008 ve 2009 yıllarında Türkiye’nin birincil enerji tüketiminde daralmalara neden olmuştur. 2007 yılında 107,6 milyon ton eşdeğer petrol (tep) olan birincil enerji arzı, 2008 ve 2009 yıllarında sırası ile 106,3 milyon tep ve 106,1 milyon tep olmuştur. Satın alım paritesi dikkate alınarak 2009 yılında yapılan değerlendirmelerde Gayri Safi Milli Hasıla olarak (GSMH) Türkiye Dünya’da 16., Avrupa Birliği (AB) ülkeleri arasında ise 6. büyük ekonomi durumundadır. 2011 yılında Türkiye’nin nüfusunun 73,5 milyon olduğu tahmin edilmektedir. Bu verilere göre Türkiye’nin birincil enerji tüketiminin yeterli seviyede olmadığını belirtmek gerekir. (Enerji Raporu, 2012). Türkiye’nin enerji konusunda birçok problemi olmasına rağmen, öne çıkan en önemli sorun dışa bağımlılıktır. Giderek artan birincil enerji ihtiyaçları karşısında, yerli enerji kaynaklarının hizmete alınamayışı enerji arzında dışa bağımlılık ve bunun doğurduğu ekonomik ve siyasi olumsuzlukları getirmektedir (Enerji Raporu, 2012). Türkiye’de petrol ve doğal gaz aramalarında arzu edilen gelişmelerin meydana gelmemesi, yetersiz yerli üretim birincil enerji arzında %73 gibi yüksek bir değerinde dışa bağımlılık doğurmuştur. Artan birincil enerji ihtiyaçları karşısında bu oranın giderek artması beklenmektedir. Ekonomik olarak yerli kaynaklarımızdan kömürde ilave 12.315 MW ve hidrolik santrallerde 31.300 MW gücünde yeni tesis kurma imkânı mevcuttur. Türkiye’nin 2011 yılı başında elektrik sistemi kurulu gücü 50.000 MW, puant yük ise 33.000 MW’dır. Haziran 2011 ayı itibarıyla kurulu güç 50626 MW’a ulaşmıştır (Enerji Raporu, 2012).

2. Uygulama

Türkiye’de enerji üretimi için çeşitli elektrik santralleri bulunmaktadır. Bu santrallerden hangisinin seçileceği enerji üretimi kriterlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Literatürde kriterlere bağlı olarak alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyi olanın seçimi çok kriterli karar verme (ÇKKV) süreci olarak tanımlanmaktadır. (ÇKKV) çoklu ve birbiriyle çatışan amaçların (kriterlerin) gerçekleştirilmek istendiği problemlerin çözümüne verilen genel isimdir (S.Zionts,1979). Çalışmada enerji sektöründe çalışan kurum ve kuruluşlarla yapılan görüşmeler neticesinde hidroelektrik, termik, nükleer, rüzgâr, jeotermal ve doğalgaz enerji santralleri olmak

üzere 6 alternatif belirlenmiştir. Bu alternatifler arasından bilimsel bir tercih yapabilmek için ÇKKV yöntemlerinden AHP yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada belirlenen kriterler ve alt kriterler aşağıda tanımlanmıştır.

2.1 Çevre

Kurulacak her bir enerji santralının kurulduğu çevreye olumlu ve olumsuz birçok etkisi olmaktadır. Bu etki dikkate alındığında **atıklar, gaz salınımı ve canlılara verdiği zararlar** olmak üzere üç alt kriter belirlenmiştir.

Atıklar: Enerji üretimi sırasında kullanılmış, artık istenmeyen ve çevre için zarar oluşturan her türlü maddedir.

Gaz Salınımı: Enerji santralının çevreye yaydığı zararlı gaz miktarıdır.

Canlılara Verdiği Zararlar: Enerji santralının kurulumu aşamasında, faaliyet aşamasında biyolojik olarak canlı kabul edilen varlıklara verdiği zararlarıdır.

2.2 Teknoloji ve Sürdürülebilirlik

Gelişen teknoloji, ekonomi ve rekabet koşulları dikkate alındığında kurulacak olan bir tesisin teknolojik olarak kapasitesinin, bu teknolojiyi sürekli olarak kullanabilmek için hammadde temininin ve dışa bağımlılığının ele alındığı kriterdir. Bu ana kriter için üç adet alt kriter belirlenmiştir.

Ham Madde Temini: Kurulacak olan santralin enerji üretimi için ihtiyaç duyduğu hammaddeye ne kadar sürede ve ne kadar maliyetle ulaşabildiğinin değerlendirilmesidir.

Kapasite Kullanım Oranı: Enerji santralının standart şartlar altında kapasite kullanım oranının değerlendirilmesidir.

Dışa Bağımlılık: Enerji santralının kurulumu, işletilmesi aşamasında dışa bağımlılığının değerlendirilmesidir.

2.3 Etkiler

Yapılacak herhangi bir yatırımın insanlara, onların doğa ile olan ilişkilerine etkisi olacağı gibi enerji santrallerinin de bir etkisi olacaktır. Bu etkilerin değerlendirilmesi amacıyla 3 alt kriter belirlenmiştir.

Sosyal Kabullenme: Kurulacak enerji santralının insanlar tarafından kabul edilebilirliğidir.

İstihdam: Kurulacak santralin sağlayacağı istihdamın değerlendirilmesidir.

Risk Faktörü: Yakın zamanda Japonya’da yaşanan doğal felaket sonucu, enerji santrallerinin herhangi bir olağan üstü durumda güvenilirlikleri ve taşıdıkları riskler toplumlar tarafından sorgulanmaya başlanmıştır. Bu bağlamda enerji santrallerinin taşıdıkları risklerin değerlendirilmesidir.

2.4 Karlılık

Yapılan her yatırımın olabildiğince karlı olması beklenir. Alternatif olarak belirlediğimiz enerji santrallerimizin de her biri için karlılık ayrı öneme sahiptir ve karlılıklarını değerlendirebilmek için 4 alt kriter belirlenmiştir.

Yatırım Maliyeti: Enerji santralının kurulumu ve faaliyete geçmesi için gerekli olan parasal miktarın değerlendirilmesidir.

Satış Fiyatı: Üretilen bir birim enerjinin satış fiyatının değerlendirildiği kriterdir.

Başa Baş Noktası: Enerji santrali için harcanan yatırım maliyetinin, santral çalışmaya başladıktan ne kadar süre sonra amorti edeceğinin değerlendirildiği kriterdir.

İşletme Maliyeti: Enerji santralının işletme giderlerinin değerlendirilmesidir.

2.5 Kurulum

Alternatif olarak belirlenen enerji santrallerinin; kurulum süresi, coğrafi uygunluk ve şebeke yapısı alt kriterleri bazında değerlendirildiği ana kriterdir.

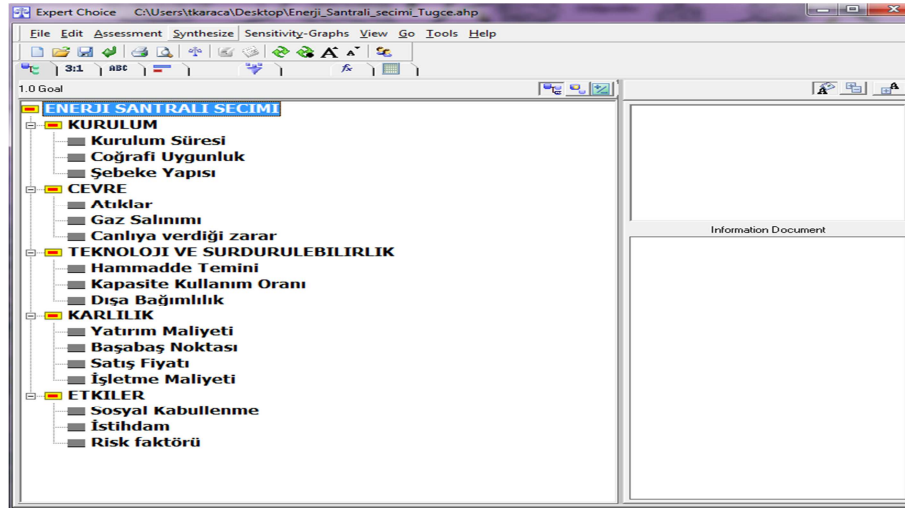
Kurulum Süresi: Enerji santralının kurulum süresinin değerlendirilmesidir.

Coğrafi Uygunluk: Kurulacak enerji santrali açısından coğrafi uygunluğun ne derece önemli olduğunun değerlendirilmesidir. Örneğin, nükleer santralin genellikle deniz kıyısına kurulması, hidroelektrik santrallerinin nehirler üzerine kurulmasının tercih edilmesi gibi örnekler verilebilir.

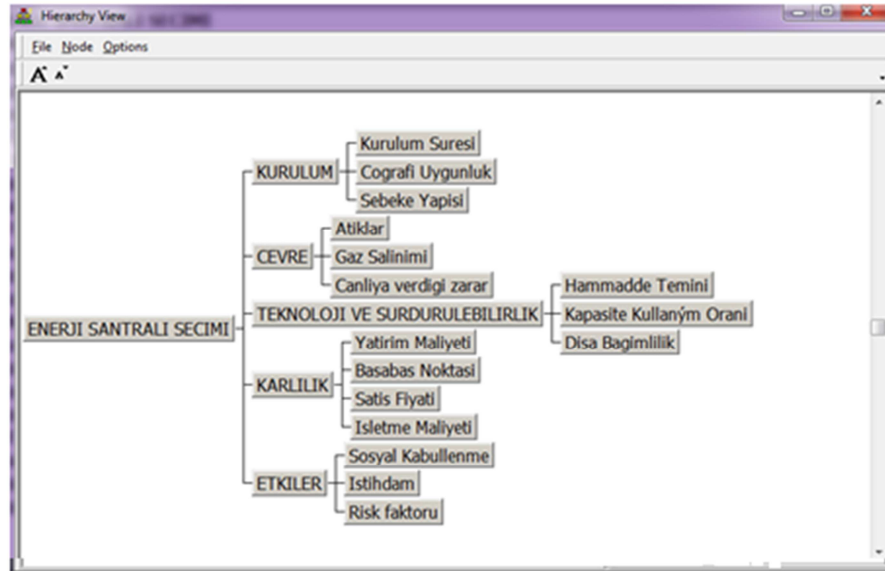
Şebeke Yapısı: Belirlenen en önemli alt kriterlerden birisi şebeke yapısıdır. Kurulacak enerji santralının kurulması planlanan yerde, üretilecek enerjinin dağıtımını sağlayacak uygun bir şebeke yapısının olması gerekmektedir. Uygun şebeke yapısının olmaması halinde santralin ürettiği enerjinin hiçbir anlam ve önemi yoktur. Bu yapının değerlendirildiği alt kriterdir.

3. Modelin Expert Choice Programı İle Çözümü

Tanımlanan AHP modeli Expert Choice paket programı ile çözülmüştür. Paket programa belirlenen ana ve alt kriterlertanımlanması ve şebeke yapısı Şekil 1 ve Şekil 2 de görülmektedir.

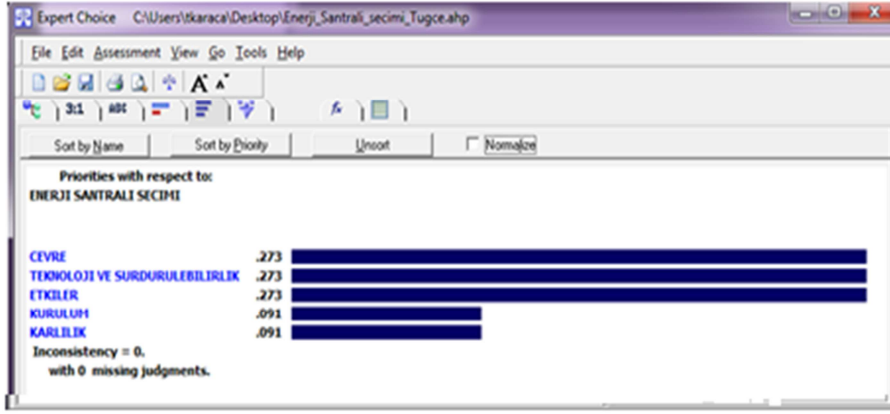


Şekil 1 Kriterlerin Tanımlanması

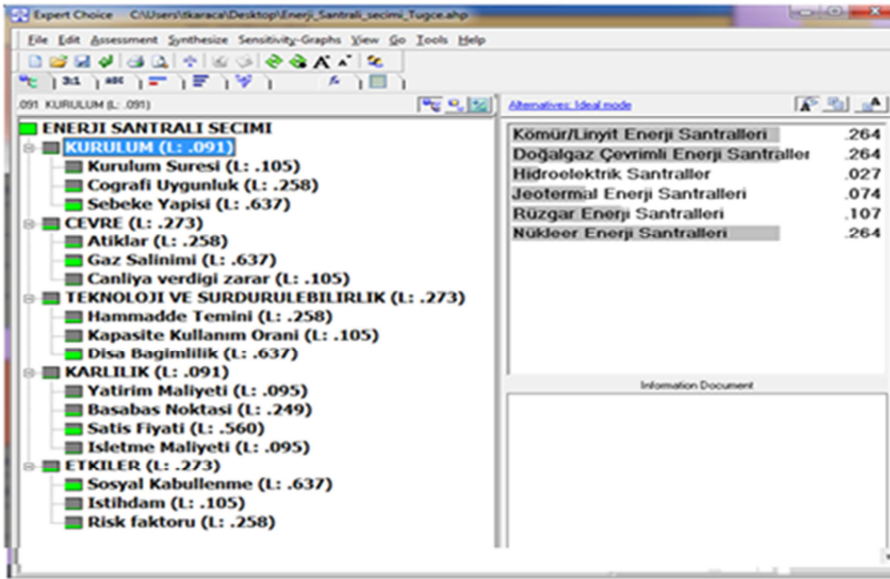


Şekil 2 Hiyerarşik Görünüm

Türkiye de enerji sektöründe çalışan uzman kişilere 1-9 skalasına göre doldurtulan anketlerin programa girilmesiyle elde edilen ana kriterlerin ve alt kriterlerin görece önem değerleri Şekil 3 ve Şekil 4 de verilmiştir:

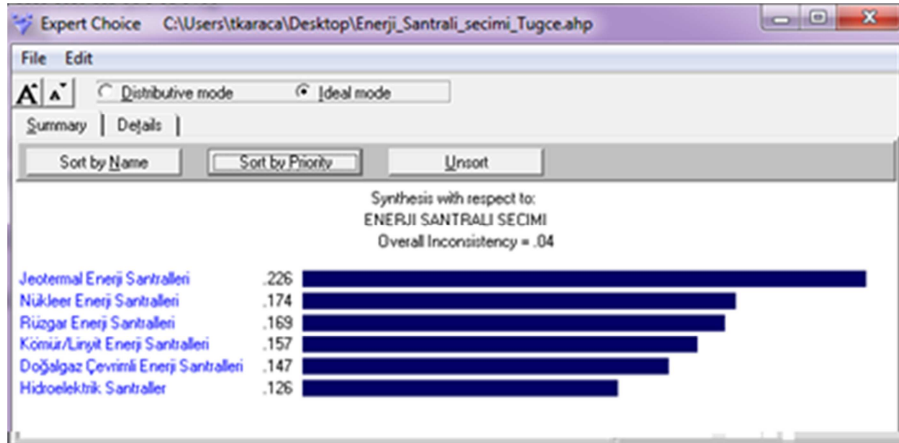


Şekil 3 Ana Kriterlerin Görel Ağırlıklar



Şekil 4 Alt Kriterlerin Görel Ağırlıkları

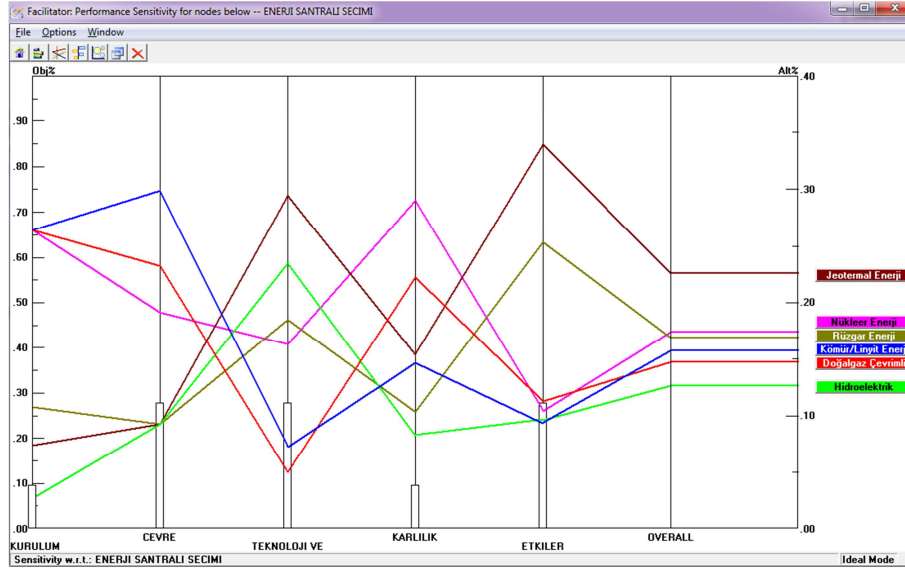
Alternatiflerin sıralı hali ve ağırlıkları Şekil 5 de verilmiştir.



Şekil 5 Alternatiflerin Sıralaması

Şekil 5 incelendiğinde elde edilen sonuca göre %22,6 ile jeotermal enerji santralleri ilk sırada; %17,4 ile nükleer enerji santralleri ikinci sırada; %16,9 ile rüzgâr enerji santralleri üçüncü sırada; %15,7 ile kömür/linyit enerji santralleri dördüncü sırada; %14,7 ile doğalgaz çevrimli enerji santralleri beşinci sırada ve son olarak %12,6 ile hidroelektrik santralleri altıncı sırada yer almakta olduğu görülmektedir.

Elde edilen sonuçların hangi ana kriterden ne ölçüde etkilendiğini gösteren duyarlılık analizi Şekil 6 da verilmiştir.



Şekil 6 Duyarlılık Analizi

4. Sonuç

ÇKKV, oluşturulan kriterlere göre en uygun çözümü belirleme sürecidir. Literatürde yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemi olan AHP çalışmada Türkiye’de enerji santrallerinin seçiminde kullanılmıştır. Yapılan araştırmalara göre hidroelektrik, jeotermal, linyit/kömür, doğalgaz, rüzgâr ve nükleer enerji santralleri ile elektrik üretilmektedir. Yeni yapılacak santrallerin hangi tip enerji santrali olacağına karar vermek için enerji sektöründe çalışan kişiler ile yapılan görüşmeler neticesinde santral seçimine etkili olacağı düşünülen kriter ve alt kriterler belirlenmiş; uzmanlara doldurtulan anketler Expert Choice paket programında çözülerek sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuca göre Türkiye’ye uygun alternatif jeotermal enerji santralleridir.

KAYNAKÇA

İTÜ Görüşü, Türkiye’de Enerji ve Geleceği, 2007,

www.emo.org.tr/ekler/34b920665683112_ek.pdf?tipi=6&sube, (07 Mayıs 2013)

Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2011,

www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjiraporu2012.pdf, (07 Mayıs 2013)

TÜSİAD40, World Energy Outlook, 2012, www.tusiad.org/_rsc/shared/file/WORLD-ENERGY-OUTLOOK-2012.pdf, (07 Mayıs 2013)

Zionts, S., (1979). MCDM-If Not A Roman Numeral Then What?, *Interfaces*, C.9(4)