

Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği ve Ölçülmesi: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Endeksine Yönelik Bir Uygulama*

Hasan Sencer PEKER

Gazi Üniversitesi, Tapu Kadastro Yüksekokulu, Emlak Yönetimi Bölümü, sencerpeker@gmail.com

Öz

Türkiye'nin enerji arz güvenliği için bir enerji arz güvenliği endeksi modeli oluşturulmanın hedeflendiği bu çalışmada, öncelikle enerji arz güvenliği endeksini oluşturan dört alt endeks ve bunların ağırlıkları belirlenmiştir. Bu alt endeksler; kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomiklik ve çevreselliklerdir.

Endeks sonuçlarına göre, Türkiye'nin enerji arz güvenliğini sağlayabilmesi için gerekli yatırımlar; enerji ithalatını güvence altına alan ve elektrik enerjisi sektöründe piyasanın düzgün işlemlerini sağlayan, çeşitlendirmeyi arttıran ve ithalat bağımlılığını azaltabilecek potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleyen alanlara yönlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Arz Güvenliği, Enerji Politikası.

JEL Sınıflandırma Kodları: L94, L95, Q42, Q43.

Energy Supply Security of Turkey and Measuring: An Application on Turkey's Energy Supply Security

Abstract

In this study, in which building an energy supply security index model in order to measure the energy supply security of Turkey, first, the four sub-indexes that compose overall index and their weighting coefficients were designated. These sub-indexes are availability index, reliability index, economic index and environmental index.

According to index results, Turkey has to direct its necessary investments to fields that secure the energy import, regulate the electricity power market and renewable technologies that diversify the sources and decrease import dependency.

Keywords: Energy, Energy Supply Security, Energy Policy.

JEL Classification Codes: L94, L95, Q42, Q43.

* Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı'nda tamamlanan doktora tezinden oluşturulmuştur.

Atıfta bulunmak için...| Cite this paper...| Sencer Peker, H. (2015). Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Ve Ölçülmesi: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Endeksine Yönelik Bir Uygulama. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5(2), 763-783.

1. Giriş

Canlıların var oluşundan günümüze dek, hayatîyetin sürdürülebilmesi için enerji vazgeçilemez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Başlarda yalnızca hayatın devam ettirilebilmesi için gereken enerji, yavaş yavaş teknolojinin gelişmesi ile insanların bilinçli olarak sarf ettikleri bir girdi haline gelmiştir. Özellikle günümüz teknolojileri sayesinde, etrafımızda bulunan herhangi bir şeye göz attığımızda şunu görüyoruz: Her bir cisim, enerji kullanılarak bir maddeden oluşturulmuştur.

1800'lü yılların sonunda petrolün enerji kaynağı olarak kullanılabilmesinin ortaya çıkması ve 1900'lü yılların başındaki Fordist devrimin ardından, endüstrinin bir numaralı enerji kaynağı petrol olmuştur. Ancak zamanla elektrik enerjisinin kullanımının yaygınlaşması ve nihai kullanımda bütün enerji kaynaklarını ikame edebilme gücü ile dünyanın kaynaklarının birçoğu elektrik enerjisi üretimine yönlendirilmiştir. Bu noktada petrolün hem kullanım alanının, hem de petrole olan talep miktarının hızla artması sebebiyle arz-talep dengesizliğinin geri dönülemez bir şekilde gerçekleşmesi korkusu, insanları alternatif enerji kaynakları aramaya itmiştir. Elektrik enerjisini petrolün yerine kullanma fikri ile üretimine başlanan elektrikli arabalar, petrolün nihai enerji kaynağı olarak kullanımını önemli ölçüde azaltacaktır.

Elektrik enerjisinin kendisi temiz bir enerji kaynağı olmasına rağmen, elde edilmesi sırasında yüksek oranda karbon salınımına sebep olması sebebiyle üretim sürecindeki bu probleme odaklanılmıştır. Bu noktadan itibaren temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç daha önemli hale gelmiştir.

20. Yüzyılın ortalarından itibaren gelişen ve önemli bir kaynak olarak kullanılmaya başlanan nükleer enerji üzerinde ise tartışmalar halen devam etmektedir. Nükleer enerjideki tartışmaların odak noktası olan yüksek güvenlik risk faktörü ve küresel ısınma fenomeni, sürdürülebilir ve temiz enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kısa sürede yıldızını parlatmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları, hem kullanım, hem de sektör olarak hızla yaygınlaşmıştır.

Dünya nüfusunun ve üretiminin sürekli artması, giderek daha fazla ve yoğun bir enerji talebi ortaya çıkarmaktadır. Bu noktada giderek büyüyen arz-talep dengesizliği problemi, enerji tasarrufu (talebin kısılması) ve enerji üretim kapasitesinin büyütülmesi (arzın arttırılması) süreçleri ile aşılmaya çalışılmaktadır. Bu noktada ikinci bir problem ortaya çıkmaktadır. Günümüzde ağırlıklı olarak fosil yakıtlar kullanılmakta, bu yakıtlar da kısa, orta veya uzun vadede tükenme sinyalleri vermektedir. Tabii ki bu durum da, enerji fiyatlarının artmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak da, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ortaya çıkmıştır. Çünkü günümüz teknolojisinin enerji üretimi ağırlıklı olarak fosil kaynaklara dayandırıldığından sınırlıdır. Bunun

yerine, sürdürülebilir kaynaklara bağlı bir teknolojiye olan ihtiyaç, her geçen gün önemini artırmaktadır.

Bu kadar önemli ve kısıtlı bir kaynağın elde edilme, korunma ve dağıtım planları ve politikaları ile ilgili kararların mümkün olduğunca doğru verilebilmesi için, somut verilere ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın karşılanması amacıyla bu çalışmada Türkiye'nin enerji arz güvenliğinin ölçülmesi için endeks oluşturulması amaçlanmaktadır. Literatüre bakıldığında farklı endeks hesaplama yöntemleri ve verileri olmakla beraber, bütün ülkelerin kullandığı veriler ve hesaplama yöntemleri farklılıklar arz etmektedir. Özellikle Türkiye'de konuya ilişkin istatistiksel verilerin elde edilebilirliği düşük olduğundan, endeks hesaplama süreci zorlaşmaktadır. Bu sebeplerden, Türkiye için farklı ve özgün bir enerji arz güvenliği endeksi oluşturulması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden çalışmamızda farklı çalışmalarda oluşturulan endekslerden yararlanılarak, Türkiye'ye özgü bir enerji arz güvenliği endeksi oluşturulması hedeflenmiştir.

2. Türkiye'de Genel Enerji Dengesi

Türkiye, nüfus ve ekonomi itibarıyla önemli büyüme potansiyeline sahip bir ülkedir. Nüfus 80 milyona yaklaşmaktadır ve GSYİH 820 milyar ABD Doları'na ulaşmıştır. 2008 krizi ve sonraki yıllarda devam eden etkileri sebebiyle, Türkiye'nin birincil enerji talebi, 2009 yılında %4,5 düşüşle 103,500 MTEP¹'e gerilemiştir. 2010 yılında ise yeniden yükselerek 109.266 MTEP olarak gerçekleşmiştir. 2011 yılında ise 114,480 MTEP'e yükselmiştir. Elektrik üretimi, 2011 yılında, bir önceki yıla göre %8,78 artışla 228,431 milyar kWh'e, tüketim ise 229,334 milyar kWh'e ulaşmıştır. MTEP birim olarak kullanıldığında, elektrik enerjisi tüketimi 19,719 MTEP'e ulaşmıştır.² T.C. Enerji Bakanlığı her yıl enerji ile ilgili istatistikleri içeren Mavi Kitap'ı yayınlamaktadır. Güncel olarak 2014 yılında yayınlanan kitapta, en son 2011 yılı verileri bulunmaktadır (ETKB, 2014).

Türkiye'nin 2002 ve 2011 yılları arasındaki toplam enerji tüketimi ve GSYH ilişkisi Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1: Türkiye'de Enerji GSYH İlişkisi

Yıllar	Enerji (TEP)	GSYH (USD)
2002	78.331.000	626.031.000.000
2003	83.826.000	658.992.200.000
2004	87.818.000	720.693.500.000
2005	91.074.000	781.243.400.000
2006	99.642.000	835.098.300.000
2007	107.625.000	874.085.600.000
2008	106.421.000	879.844.400.000
2009	106.138.000	837.384.200.000
2010	109.266.000	914.063.100.000
2011	114.480.000	991.787.300.000

Türkiye'nin birincil enerji üretimi 2009 yılında 30,328 MTEP olarak gerçekleşmiştir. 2010 yılında ise bu değer 32,493 MTEP'e ulaşmıştır. 2011 yılında ise bir miktar düşüş ile 32,228 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Bu değer yaklaşık yarısını, linyit ve asfaltit oluşturmaktadır. Taşkömürü üretiminin toplam üretim içindeki payı %4,6'dır. Hidrolik ve diğer yenilenebilir kaynaklardan yapılan üretim, yerli üretimin %21,9'unu oluşturmakta ve toplam enerji talebinin %6,5'ini teşkil etmektedir (ETKB, 2014).

3. Enerji Arz Güvenliğinin Tanımı ve Kapsamı

Konuyu açık hale getirmek ve ileride yapacağımız analizlerin kapsamını belirlemek açısından enerji arz güvenliğinin tanımını yapmakta fayda vardır. Bu noktada birkaç farklı tanımdan söz edilebilir. Bu tanımları yaparken, zaman içinde enerji arz güvenliği kavramının da bir miktar değiştiği gözden kaçmamalıdır.

Uluslararası Enerji Ajansı, enerji arz güvenliğini, "*Enerji kaynaklarının satın alınabilir bir fiyattan kesintisiz bir şekilde ulaşılabilirliği*" şeklinde tanımlamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, enerji arz güvenliğinin birçok boyutu vardır. Uzun dönem enerji arz güvenliği, "temelde enerji arzını ekonomik gelişim ve çevresel ihtiyaçlarla uyumlu bir şekilde sağlamak amacıyla yapılan yatırımlar" anlamına gelmektedir. Diğer taraftan kısa dönemli enerji arz güvenliği ise, arz talep dengesindeki ani değişimlere karşı hızlı bir şekilde cevap verebilme becerisidir (IEA, 2014).

"*Yeterli miktardaki kaliteli ve temiz enerjinin, uygun fiyatlarla ve kesintisiz olarak temin edilmesi*" (Ediger, 2007, 3) şeklindeki bir tanım, enerjinin yeterliliğinin yanında *temiz olması* gerektiğini de ifade etmektedir.

"Bir Enerji Güvenliği Endeksi Geliştirilmesi ve Doğu Asya Ülkelerinin Enerji Arz Güvenliğinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma" isimli çalışmalarında Koyama ve Kutani (2012), enerji arz güvenliğini, "*makul bir fiyat seviyesinde, diğer amaçlar ile birlikte insanların yaşamları, ekonomik, sosyal ve savunma aktiviteleri için gereken miktardaki enerjinin güvenlik altına alınması*" şeklinde tanımlamışlardır.

Ülkelerin uluslararası arenadaki güçlerine ve politikalarına göre kendi enerji arz güvenliği tanımları da değişmektedir. Son yıllardaki küresel iklim değişikliği sebebiyle, bu tanımlara temiz enerji kavramı da eklenmiştir (Sevim, 2009, 94).

Enerji arz güvenliği konusundaki tartışmalar, kavramın iyi anlaşılmasını gerektirmektedir. Farklı yorum ve yaklaşımlar, tanımı zorlaştırmaktadır. Enerji arz güvenliğini ekonomik perspektiften ve stratejik/politik perspektiflerden yorumlayan çalışmalar bulunmaktadır. Ekonomik bakanlar genellikle enerji arz güvenliği gibi bir sorun görmemekte ve tamamen piyasa ile ilgili olduğunu iddia etmektedirler. Devletin de yalnızca piyasa başarısızlığının gerçekleştiği

durumlarda müdahale etmesini savunmaktadırlar. Klasik iktisadi görüşe paralel olan bu yaklaşıma göre enerji arz güvenliği diye bir problem yoktur. Diğer görüştekiler ise, enerji kaynaklarının millileştirilmesinin, enerji arz güvenliği problemini milli güvenlik problemi haline getirdiğini iddia etmektedirler (Checci vd., 2009, 1).

3.1. Enerji Arz Güvenliğinin Bileşenleri

Kaynaklara erişimdeki zorluklar, kaynakların elde edilmesinde katlanılması gereken maliyetlerin yüksekliği ve küresel pek çok değişken enerji güvenliği konusunu politika yapımcıların en önemli gündem maddesi haline getirmiştir. Politika yapımcıların enerji arz güvenliğine ilişkin etkili kararlar alabilmeleri için bu konuda yardımcı olacak araçlara ihtiyaçları gün geçtikçe artmaktadır.

Enerji güvenliği, oynak piyasalar ve üretim zorlukları sebebiyle önemli bir politika haline gelmiştir. Sonuç olarak da politikacılar karar süreçlerinde bir araca ihtiyaç duymuşlardır. Bu aşamada, enerji arz güvenliği endeksinin oluşturulması ihtiyaç haline gelmiştir. Bu durumda enerji arz güvenliği endeksi, yeni enerji politikalarının geliştirilmesinde yardımcı olabilir. Hughes ve Shupe (2010), bir enerji güvenliği endeksi belirleyicisinde temel olarak dört ölçüt bulunması gerektiğini belirtmişler ve buna göre bir endeks matrisi oluşturmuşlardır. Bu ölçütler *kullanılabilirlik*, *erişilebilirlik*, *satın alınabilirlik* ve *kabul edilebilirlik* şeklinde sıralanmaktadır.

Kullanılabilirlik; coğrafi olarak birincil enerji kaynaklarının bilinen rezervlerden elde edilebilirliğini ifade etmektedir. Kullanılabilirlik endeksinde, birincil enerji rezervlerinin güvenliği ölçülmektedir. Dolayısıyla önemli olan rezervlere sahip olmak değil, rezervlerin piyasadaki arzıdır. **Erişilebilirlik;** bilinen rezervlerin arz açısından güvenilirliğini ifade etmektedir. Bu açıdan erişilebilirlik, enerji arzının kesintisiz bir şekilde devam ettirilebilirliğini tanımlamaktadır. Bu bileşene ekonomik etmenlerin de dâhil olması ile *satın alınabilirlik* bileşenine ulaşılmaktadır. **Satın alınabilirlik;** enerji kaynaklarının fiyatlarını ve altyapı maliyetlerini ifade etmektedir. Aynı zamanda, enerji fiyatlarının tüketiciye yansımaları da analize dâhil edilmelidir. İlk üç bileşenin ardından, son yıllarda gündemi sürekli bir şekilde meşgul eden *çevresel kaygılar* devreye girmektedir. Artık yalnızca enerji kaynağının bulunması, kullanılma sunulması ve ucuz olması değil, uluslararası sivil toplum kuruluşlarının da etkinliği ve toplum tarafından kabul edilmesi gerekmektedir. **Kabul edilebilirlik;** enerji kaynaklarının çevreye duyarlılığı ve insan sağlığına zarar vermemesi durumunda toplum tarafından onaylanmasını ifade etmektedir.

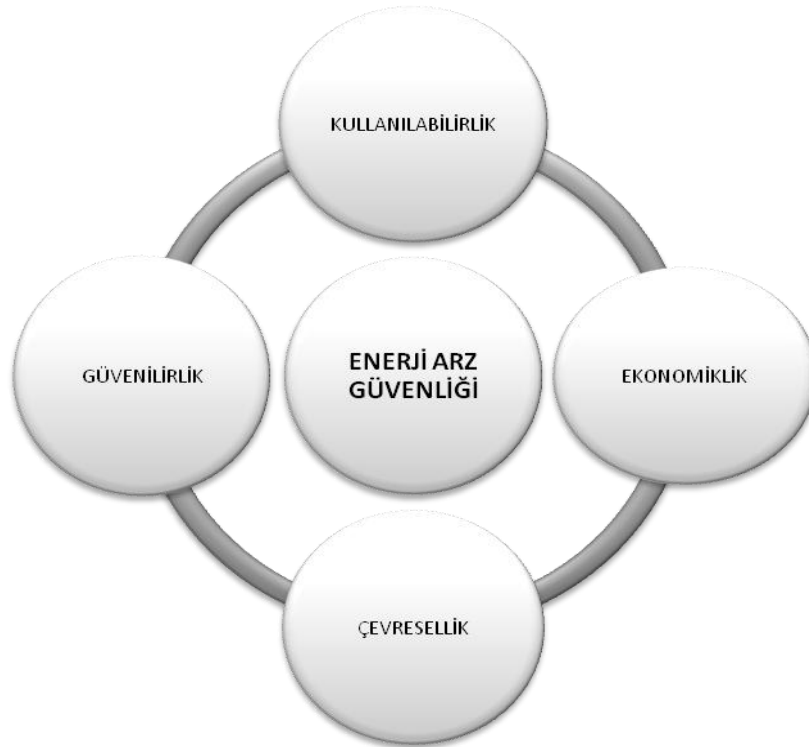
Bu bileşenler dışında farklı değişkenleri de bileşen olarak belirlemiş olan çalışmalar da bulunmaktadır. Fakat hemen hepsi benzer içeriğe sahiptir. Örneğin, ABD Ticaret Odası ve 21. Yüzyıl Enerji Enstitüsü'nün beraber yapmış oldukları ABD Enerji Güvenliği Riski Endeksinde yukarıda saydığımız bileşenler

Jeopolitik, Ekonomik, Güvenilirlik ve Çevre şeklinde ele alınmıştır (U.S. Chamber of Commerce, 2012).

Bu kavramlar ışığında, başarılı bir enerji arz güvenliği stratejisi, şunları hedeflemelidir:

- Enerji arz ve talebi arasındaki açığın azaltılması,
- Enerji ve kaynak yoğunluğunu azaltarak, enerji etkinliğinin yükseltilmesi,
- Optimal enerji bileşiminin elde edilmesi,
- Enerji arzı kaynaklarının çeşitlendirilmesi,
- Enerji altyapısının gelişimine yatırım yapılması,
- Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi,
- Ar-Ge vasıtasıyla, yenilik ve rekabetin teşvik edilmesi,
- Enerji fiyat dalgalanmalarına karşı hassasiyetin azaltılması ve
- İyi bir enerji sektörü yönetiminin olması (Balat, 2010, 1).

Yukarıdaki tanım kavramlar ile birleştirildiğinde, enerji arz güvenliğinin bileşenleri, Şekil 1'deki gibi tanımlanabilir.



Şekil 1: Enerji Arz Güvenliği Bileşenleri

Çalışmada kullanılacak olan bileşenler ile bir enerji arz güvenliği tanımı yapılmak istenirse: “Enerji arz güvenliği; talep edilen kalite ve miktardaki enerjinin, talep

edildiği yere ve çevreye mümkün olan en az negatif etki ile ve uygun fiyata, ihtiyaç olduğu anda hazırdaki kaynaklardan elde edilerek ulaştırılabilirliği”.

4. Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği'nin Ölçülmesi

Enerji güvenliği endeksinin oluşturulmasının amacı, eldeki verileri ve tahminleri kullanarak endeksi kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomiklik ve çevresellik bileşenlerine ayırmak ve böylece her bir ölçünün bu bileşenleri nasıl etkilediğini saptamaktır.

Dört adet bileşen, temelde dört farklı endeks anlamına gelmektedir. Türkiye'nin enerji arz güvenliğinin ölçülebilmesi için oluşturulacak olan endeks, dört farklı endeksin bileşimidir. Bu dört endeks ise, kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomiklik ve çevresellik endeksleridir. Her bir endeks ise 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Bu dört farklı endeksin de genel endeks içindeki ağırlığı farklı olduğundan, her endeks kendi ağırlığı ile çarpılarak genel endekse etki etmektedir. Her bir değişkenin tanımı da 0 ile 1 arasında bir değere karşılık gelmektedir. Değişkenin almış olduğu bu 0 ile 1 arasındaki değerler, ilk önce değişkenin kendi kategorisi içindeki ağırlığı ile çarpılmaktadır. Daha sonra ise kategorinin kendi ağırlığı ile çarpılarak, işlemin yapıldığı alt endeks içindeki değeri bulunmaktadır. Bu işlemler her bir alt endeks için yapıldığında, ülkenin enerji arzının; kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomiklik ve çevresellik endeksleri hesaplanmış olmaktadır. Bu dört farklı endeks de kendi ağırlıkları ile çarpılarak genel endeks içindeki değerleri bulunmaktadır. Bu değerlerin toplanması sonucunda ise, enerji arz güvenliği endeksine ulaşılmaktadır.

4.1. Yöntem

Türkiye'ye yönelik bir enerji arz güvenliği endeksi hazırlanırken, öncelikle bir ülkenin enerji arz güvenliğine bakış açısı belirlenmiştir. Bu çerçevede, enerji arz güvenliğinin dört farklı bileşenden oluştuğu kabul edilmiştir. Bu bileşenler sırasıyla; kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomiklik ve çevreseliktir. Söz konusu bileşenler, her bir ülke için farklı ağırlıkta olacaktır. Bu sebeple bileşenlerin Türkiye'ye uygulanabilmesi amacıyla da her bir bileşenin ağırlığı belirlenmiştir.

Daha sonra, değişken kategorileri belirlenerek farklı bileşenler altındaki ağırlıkları tespit edilmiştir. Son olarak ise, her bir değişkenin, farklı bileşenler altında kendi kategorilerindeki ağırlıkları belirlenerek Türkiye'nin enerji arz güvenliğine bakış açısı ortaya koyulmuş ve enerji arz güvenliğinin sayısallaştırılarak ölçülebilir hale getirilmesi amaçlanmıştır. Değişkenlerin, kategorilerin ve bileşenlerin ağırlıklarının belirlenmesinde, Analitik Hiyerarşi Yöntemi uygulanmıştır.

AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), çok sayıda kriterin bulunduğu karar problemlerinin çözümü için kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde, karar vermede etkili olan her bir değişken belirlenir ve karar vericiden her birisini,

diğeri ile karşılaştırması istenir. Böylece, karar verici farklı alternatifler için bir ağırlık ve önem derecesi belirlemiş olur.

Enerji arz güvenliği endeksini oluşturan değişkenler ve bu değişkenlerin etki ettiği alt endeksler belirlendikten sonra bir sonraki adım, her bir değişkenin, her bir alt endeks altında, kategoriler içindeki ağırlıklarının belirlenmesidir. Bunun için toplamda 32 adet matris oluşturulmuş ve EXPERT CHOICE 11 yazılımı kullanılarak AHP yöntemi ile analiz edilmiştir. Analizin sonuçları Tablo 2’de görülmektedir.

4.2. AHP Yöntemi

AHP, çok sayıda kriterin bulunduğu karar problemlerinin çözümü için kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde, karar vermede etkili olan her bir değişken belirlenir ve karar vericiden her birisini, diğeri ile karşılaştırması istenir. Böylece, karar verici farklı alternatifler için bir ağırlık ve önem derecesi belirlemiş olur.

AHP yönteminin ortaya çıkışının temelinde, insanların davranışlarının her birisinin, bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde verilen kararlar sonucunda meydana gelişi yatmaktadır. İnsanların yargılarının oluşmasında; bütün bilgiler yararlı değildir. Eğer insan karar verirken yalnızca içgüdüsel davranırsa, bütün bilgilerin faydalı olduğuna ve ne kadar çok bilgi varsa o kadar iyi olduğuna inanma eğiliminde olur. Çok bilginin de az bilgi kadar kötü olduğunu gösteren örnekler bulunmaktadır. Karar verme, günümüzde matematiksel bir bilim haline gelmiştir. İnsanın düşünme mekanizmasını formüle ederek daha iyi karar verebilmesi için, bilgiler her yönüyle açık bir şekilde ortaya konulur. Karar verirken kullanılan somut olmayan faktörlerin ölçülmesi, uzun zamandır insanın algısını zorlamaktadır. Şimdiye kadar matematik, her şeyin pozitif ve negatif sonsuz arasında bir değer alabileceğini varsayımıştır. Doğal olarak bütün bunlar, bütün faktörlerin ölçülebileceği varsayımına dayanmaktadır. Yine de, nasıl ölçüleceğini bilmediğimiz birçok faktör bulunmaktadır. Sonuç olarak, bağımlı evrenimizde her şey birbirine bağlıdır. Soyut kavramların nasıl ölçüleceği bilinseydi, birçok şeyin yorumlanması için daha fazla imkana sahip olunurdu (Saaty, 2008, 84).

Endekste kullanılan değişkenlerin ve kriterlerin sayısının fazla olması, bu kriterlerin ise politika oluşturulurken, politika belirleyicilerinin ve uygulayıcılarının kararları kurallar olarak varsayılabileninden, söz konusu kişilerin sübjektif görüşleri, kendi kurallar dünyasını yansıtmaktadır. Dolayısıyla bu sübjektif görüşler, kişilerin uzmanlıkları, tecrübeleri ve karar vermedeki rollerinden dolayı, pozitif bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Endeks oluştururken ise, herhangi bir karar verilmemekte, yalnızca durum tespiti açısından değişkenlerin birbirleri ile önem ilişkileri analiz edilmekte ve elde edilen sonuçlar, endeks değişkenlerinin ağırlıklarını vermektedir.

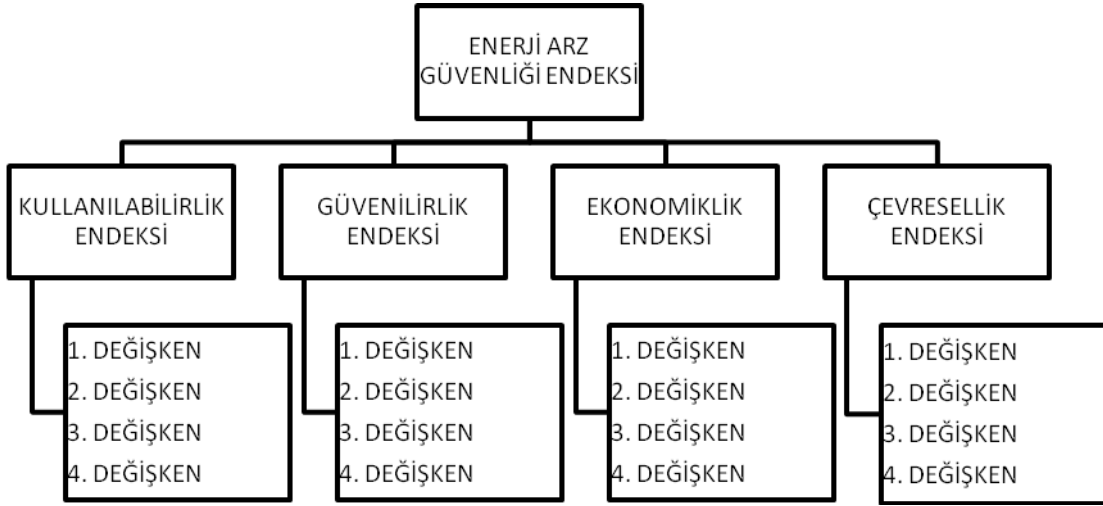
4.2.1. AHP Sürecinin Oluşturulması

AHP süreci aşağıda verilen beş adımlı bir aşamadan oluşmaktadır:

- Hiyerarşinin Kurulması,
- Önceliklerin Puanlanması,
- Karşılaştırma Matrislerinin Kurulması,
- Sentezleme ve
- Tutarlılığın Hesaplanması.

1. ADIM: Hiyerarşinin Kurulması

AHP yönteminde ilk atılacak adım, hiyerarşinin kurulmasıdır. Enerji arz güvenliği hesaplamasında, izlenilecek hiyerarşik yöntem, Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2: AHP Yönteminin Uygulanması

2. ADIM: Önceliklerin Puanlanması

AHP’de ikinci adım ise, kriterlerin önceliklerinin tespitidir. Öncelikle dört kriterin (alt endeksler), genel amaç (genel endeks) içindeki ağırlıkları belirlenmektedir. Daha sonra ise, her bir değişken grubunun, her bir kriter içindeki ağırlığı tespit edilmekte ve son olarak da her bir değişkenin, her bir değişken kategorisi içindeki ağırlığı, dört farklı kriter çerçevesinde belirlenmektedir.

AHP yönteminde, değişkenlerin ağırlıklarının belirlenebilmesi için, her bir değişken için kendi kategorisi ve alt endeksi içinde değerlendirilebilmesi amacıyla matris oluşturulmakta ve 1 ile 9 arasında puanlar verilmektedir. Bu puanların ne anlama geldikleri, Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: AHP Yönteminde Kullanılan Kavramlar ve Sayısal Karşılıkları

Sözlü İfade	Sayısal Karşılık
Aşırı Derecede Önemli	9
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	7
Kuvvetli Derecede Önemli	5
Orta Derecede Önemli	3
Eşit Derecede Önemli	1
2, 4, 6 ve 8 ara değerlerdir	

3. ADIM: Karşılaştırma Matrislerinin Kurulması

AHP yönteminde gerçekleştirilecek olan üçüncü adım ise, söz konusu karşılaştırmaların ikili şekilde yapılmasını sağlayacak olan karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıdır. Tablo 2'deki değerlere bağlı kalınarak, Tablo 3'teki gibi bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır.

Tablo 3: Matrislerin Oluşturulması

	1. Değişken	2. Değişken	3. Değişken	4. Değişken
1. Değişken	1	3	3	4
2. Değişken	1/3	1	3	9
3. Değişken	1/3	1/3	1	1
4. Değişken	1/4	1/9	1	1
			Tutarlılık Endeksi	0,0000

Tablo 3'te, örnek bir 4 * 4 matris bulunmaktadır. AHP yönteminde, her bir değişken, diğerine göre değerlendirilmekte ve buna göre puan verilmektedir. Örneğin 1. Değişken ile 1. Değişken, birbirleri ile eşit derecede öneme sahiptir. 1. Değişken ve 2. Değişken birbirleri ile karşılaştırıldığında ise, 1. Değişkenin 2. Değişkene göre orta derecede önemli olduğu görülmektedir. 4. Değişken ve 2. Değişken karşılaştırıldığında ise, 2. Değişken 4. Değişkene göre aşırı derecede önemli olmaktadır.

4. ADIM: Sentezleme

Değişkenlerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla, her bir kategorideki değişkenler, her bir alt endeks için matris oluşturularak AHP'ye tabi tutulmaktadır. Bu da her bir değişkenin birbirine göre göreceli önceliğini vermektedir (Tablo 4).

Tablo 4: Analizin Yapılması

	1. Değişken	2. Değişken	3. Değişken	4. Değişken
1. Değişken	1	3	3	4
2. Değişken	1/3	1	3	9
3. Değişken	1/3	1/3	1	1
4. Değişken	1/4	1/9	1/1	1
Sütun Toplamları	1,91	4,44	8,0	15

İlk aşamada, dört sütunun da toplamları alınmaktadır. Daha sonra ise her bir değer, ait olduğu sütun toplamına oranlanmaktadır. Bu ise, normalize edilmiş karşılaştırmalar matrisi olarak adlandırılmaktadır.

Tablo 5: Normalize Edilmiş Karşılaştırmalar Matrisi

	1.Değişken	2.Değişken	3.Değişken	4.Değişken
1 Değişken	1/1,91	3/4,44	3/8	4/15
2. Değişken	0,33/1,91	1/4,44	3/8	9/15
3. Değişken	0,33/1,91	0,33/4,44	1/8	1/15
4. Değişken	0,25/1,91	0,11/4,44	1/8	1/15
Sütun Toplamları	1,91	4,44	8,0	15

Normalize edilmiş karşılaştırmalar matrisi oluşturulduktan sonra, satır ortalamaları alınmakta ve bu ortalamalar analiz edilen değişkenlerin göreceli ağırlıklarını ifade etmektedir. Tablo 6’da, nihai olarak, elde edilen karşılaştırmalar matrisinin satır ortalamaları alınmaktadır. Bu ortalamalar, değişkenlerin ilgili kriter içindeki birbirlerine göre önceliklerini, yani ağırlıklarını ifade etmektedir. Analize göre en önemli olan birinci değişken (%46), daha sonra ikinci değişken (%34), ardından üçüncü değişken (%11) ve son olarak dördüncü değişken gelmektedir (%8).

Tablo 6: Satır Ortalamalarının Alınması

	1. Değişken	2. Değişken	3. Değişken	4. Değişken	Ortalamalar
1. Değişken	1/1,91	3/4,44	3/8	4/15	0,46
2 Değişken	0,33/1,91	1/4,44	3/8	9/15	0,34
3 Değişken	0,33/1,91	0,33/4,44	1/8	1/15	0,11
4 Değişken	0,25/1,91	0,11/4,44	1/8	1/15	0,09
Sütun Toplamları	1,91	4,44	8,0	15	1

5. ADIM: Tutarlılığın Hesaplanması

AHP analizlerinde verilen puanların tutarlı olması, sonucun güvenilirliğini etkilemektedir. AHP yönteminin güvenilirliğinin ölçülmesi, sorulara verilen cevapların tutarlılık endeksinin hesaplanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Tutarlılık endeksi, matristeki karşılaştırmaların ne kadar tutarlı olduğunu ölçmektedir. Örneğin, $A > B$ ve $B > C$ ise, $C > A$ olmamalıdır. Eğer matrisin tutarlılık rasyosu 0,1’den büyük ise, değerlerin tekrar analiz edilmesi gerekmektedir

İlk aşamada, her bir hücrenin almış olduğu değer, değişkenin ağırlığı ile çarpılarak bir matris oluşturulmaktadır:

$$0,46x \begin{vmatrix} 1 \\ 0,33 \\ 0,33 \\ 0,25 \end{vmatrix} + 0,34x \begin{vmatrix} 3 \\ 1 \\ 0,33 \\ 0,11 \end{vmatrix} + 0,11x \begin{vmatrix} 3 \\ 3 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} + 0,09x \begin{vmatrix} 4 \\ 9 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix}$$

Daha sonra ise, bu matrisler toplanarak ağırlıklı vektör toplamı elde edilmektedir:

$$\begin{pmatrix} 0,460 \\ 0,153 \\ 0,153 \\ 0,115 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1,020 \\ 0,340 \\ 0,113 \\ 0,037 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0,333 \\ 0,333 \\ 0,111 \\ 0,111 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0,36 \\ 0,81 \\ 0,09 \\ 0,09 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,170 \\ 1,633 \\ 0,466 \\ 0,352 \end{pmatrix}$$

Ağırlıklı vektör toplamı elde edildikten sonra ise, her bir değer, ait olduğu değişkenin ağırlığına bölünmektedir:

$$\begin{aligned} 2,170 / 0,46 &= 4,717 \\ 1,633 / 0,34 &= 4,803 \\ 0,466 / 0,11 &= 4,242 \\ 0,352 / 0,09 &= 3,919 \end{aligned}$$

Daha sonra ise, λ_{\max} değerini belirlemek için dört değer in ortalaması alınmaktadır.

$$\lambda_{\max} = \frac{4,717 + 4,803 + 4,242 + 3,919}{4} = 4,420$$

Tutarlılık endeksinin hesaplanması ise, aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

$$TE = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$
$$TE = \frac{4,420 - 4}{4 - 1} = \frac{0,420}{3} = 0,14$$

Tutarlılık endeksi hesaplandıktan sonra ise, tutarlılık rasyosu hesaplanmaktadır:

$$TR = \frac{TE}{RE}$$

TR : Tutarlılık Rasyosu,
TE : Tutarlılık Endeksi,
RE : Rastlantısal Endeksi.

RE değeri, karşılaştırması yapılan değişken sayısına bağlıdır. Örnek tabloda 4 değişken olduğundan,

$$RE_4 = 0,90$$

$$TR = \frac{0,14}{0,9} = 0,155 \text{ elde edilmektedir}$$

Tutarlılık rasyosu 0,1'den yüksek bulunduğunda, yapılmış olan puanlamanın tutarlılığı düşüktür. Bu durumda puanlamanın tekrar yapılması gerekmektedir. Eğer tutarlılık rasyosu 0,1'den düşük çıkarsa, analize devam edilir.

4.3. Değişkenlerin Belirlenmesi

Sekiz kategori altındaki toplam 35 değişkenin kategoriler içindeki, daha sonra alt endekslerdeki ve en son olarak da genel endeks içindeki ağırlıklarının belirlenebilmesi için, enerji alanında faaliyet gösteren kurumlardan uzmanlar ile farklı tarihlerde üç adet çalıştay düzenlenmiştir. Bu çalıştayların sonucunda elde edilen veriler AHP yöntemi kullanılarak işlenmiştir. Toplanan verilerin analiz edilmesi sonucunda, ağırlık tablosuna ulaşılmıştır. Bu tablo, her bir alt endeksin genel endeks içindeki ağırlığının eşit olduğu varsayımı ile oluşturulmuştur. Ancak, her bir ülke için, hatta tek bir ülkenin farklı dönemler için bu ağırlıkları farklı olduğundan, oluşturulan endeks jeolojik, politik, diplomatik şartlara göre değiştirilerek ve endeksin ilerleyişini görebilmek için geriye dönük olarak güncellenerek çalıştırılmalıdır. Böylece hesaplama yöntemindeki değişiklikler sebebiyle, endeksin zaman içindeki değişiminde bir aksama veya nominal değişiklikler sebebiyle bir sapma olmayacaktır.

Tablo 7'ye göre, enerjinin kullanılabilirlik ve güvenilirliği, ekonomiklik ve çevreselliğine göre ikişer kat daha önemlidir. Genel endeks açısından ele alındığında, Elektrik enerjisi sektörü değişkenleri, genel endeks içinde %23,51'lik oran ile en yüksek ağırlığa sahiptir. Bu ağırlığın yüksek olmasının sebebi, elektrik enerjisinin her türlü enerjiyi ikame edebilir nitelikte olmasındandır. İkinci sırada ise, Türkiye'nin yakıt ithalatına olan bağımlılığı sebebiyle, % 23,44 ile yakıt ithalatı değişkenleri bulunmaktadır. Fiyat ve piyasa değişkenleri ise, %17,80 ile üçüncü sıradadır. Çevresellik değişkenlerinin genel endeks içindeki ağırlığı ise % 10,81'dir. Enerji harcamaları değişkenleri ise, genel endeks içinde % 8,44'lük ağırlığa sahiptir. Küresel yakıt değişkenlerinin genel endeks içindeki ağırlığı % 6,85'tir. Ar-Ge değişkenleri, genel endeks içinde %6,07'lik yer tutmaktadır. Son olarak ise, enerji kullanımı yoğunluğu değişkenleri grubu, % 3,06 oran ile son sırada yer almaktadır.

Elde edilen bulgular, Türkiye'nin genel enerji dengesi ile de tutarlıdır. Tek tek değişkenler ele alındığında, Elektrik kapasitesinin çeşitliliği, %9,75 ile en yüksek öneme sahiptir. Bunun sebebi ise, %23,51 ile en yüksek ağırlığa sahip grup olan elektrik enerjisi sektörünün içinde, % 41,46'luk öneme sahip olmasıdır.

Tablo 7: Değişkenlerin Alt Endeksler ve Genel Endeks İçindeki Ağırlığı (%)

KATEGORİLER	DEĞİŞKENLER	KULLANILABİLİRLİK	GÜVENİLİRLİK	EKONOMİKLİK	ÇEVRESELLİK	GENEL ENDEKS
		%33,3	%33,3	%16,7	%16,7	%100
Küresel Yakıt Ölçüleri (KYÖ)	Dünya Petrol Rezervlerinin Güvenliği (DPRG)	0,51				0,17
	Dünya Petrol Üretiminin Güvenliği (DPÜG)	0,65	0,64	1,52		0,68
	Dünya Doğal Gaz Rezervlerinin Güvenliği (DDGRG)	0,87			2,85	0,77
	Dünya Doğal Gaz Üretiminin Güvenliği (DDGÜG)	1,15	2,11	5,16	0,95	2,11
	Dünya Kömür Rezervlerinin Güvenliği (DKRG)	1,84				0,61
	Dünya Kömür Üretiminin Güvenliği (DKÜG)	1,97	1,17	8,78		2,51
Yakıt İthalatı Ölçüleri (YİÖ)	Türkiye'nin Petrol İthalatı Güvenliği (TPIG)	3,46	10,20			4,56
	Türkiye'nin Uzun Vadeli Doğal Gaz İthalatı Güvenliği (TUVİG)	4,41	1,59			2,00
	Türkiye'nin Spot Doğal Gaz İthalatı Güvenliği (TSIG)					
	Türkiye'nin Kömür İthalatı Güvenliği (TKİG)	5,90	2,63			2,84
	Petrol, Doğal Gaz ve Kömür İthalat Harcamaları (PDGKİH)	7,75	4,39			4,05
	Petrol, Doğal Gaz ve Kömür İthalat Harcamalarının GSYİH'ya Oranı (PDGKİH/GYSİH)	12,46		7,01	1,40	5,32
	Türkiye'nin Akaryakıt İthalatı Güvenliği	13,34				0,23
Enerji Harcamaları Ölçüleri (EHÖ)	Enerji Harcamalarının GSYİH'ya Oranı (EH/GSYİH)	1,52		1,18		0,70
	Hane Halkı Enerji Harcaması (HEH)			2,29		0,38
	Perakende Elektrik Fiyatı (PEF)			5,33		0,89
	Doğal Gaz Fiyatı (DGF)	8,75	4,57	2,72		4,89
	Ham Petrol Fiyatı (HPF)	2,59	1,52	1,23		1,58
Fiyat ve Piyasa Ölçüleri (FPÖ)	Ham Petrol Fiyat Dalgalanmaları (HPFD)	2,80	1,40	15,52		3,99
	Enerji Harcamaları Dalgalanmaları (EHD)		0,98	7,76		1,62
	Dünya Petrol Rafinerilerinin Kullanımı (DPRK)	8,24	6,36			4,87
	Petrol Stok Seviyeleri (PSS)	17,96	4,03			7,33
Enerji Kullanım Yoğunluğu Ölçüleri (EKYÖ)	Kişi Başına Düşen Enerji Tüketimi (KBDET)			1,32	1,94	0,54
	Enerji Yoğunluğu (EY)			0,66	1,94	0,43
	Ticari Enerji Etkinliği (TEE)			1,32	6,26	1,26
	Endüstriyel Enerji Etkinliği (EEE)			1,32	3,62	0,82
Elektrik Enerjisi Sektörü Ölçüleri (EESÖ)	Elektrik Kapasitesi Çeşitliliği (EKÇ)		22,11		14,28	9,75
	Elektrik Kapasitesi Marjları (EKM)		11,05	10,42		5,42
	Elektrik İletim Hatlarının Uzunluğu (EİHU)		11,05	20,83	7,14	8,35
Çevresellik Ölçüleri (ÇÖ)	Kişi Başına Düşen Enerji ile İlgili Karbon Salınımı (KBDEİKS)	0,54			15,74	2,80
	Enerji ile İlgili Karbon Salınımı Yoğunluğu (EİKSY)	1,28			8,67	1,87
	Karbon Salınımı Yapmayan Elektrik Payı (KSYEP)	2,01	2,12		28,54	6,13
Araştırma ve Geliştirme Ölçüleri (AGÖ)	Endüstriyel Ar-ge Harcamaları (EARGEH)		5,52	1,10	2,02	2,36
	Ülkedeki Enerji ile İlgili Ar-ge Harcamaları (ÜEARGEH)		5,02	1,74	4,04	2,64
	Yükseköğretim Ar-ge Harcamaları (YAGEH)		1,52	1,39	2,02	1,08

Elde edilen ağırlıkların değişken değerleri ile çarpılması sonucunda, Tablo 2'deki değerlere ulaşılmıştır. Tablo 8, Türkiye'nin 2008 ve 2012 yılları arasındaki enerji arz güvenliği endeksini göstermektedir.

Tablo 8: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Endeksi (2008-2012)

Yıllar	KULLANILABİLİRLİK	GÜVENİLİRLİK	EKONOMİKLİK	ÇEVRESELLİK	GENEL
2008	0,55	0,60	0,61	0,56	0,57
2009	0,59	0,60	0,67	0,55	0,59
2010	0,58	0,61	0,69	0,58	0,61
2011	0,56	0,60	0,70	0,60	0,60
2012	0,58	0,61	0,71	0,63	0,62

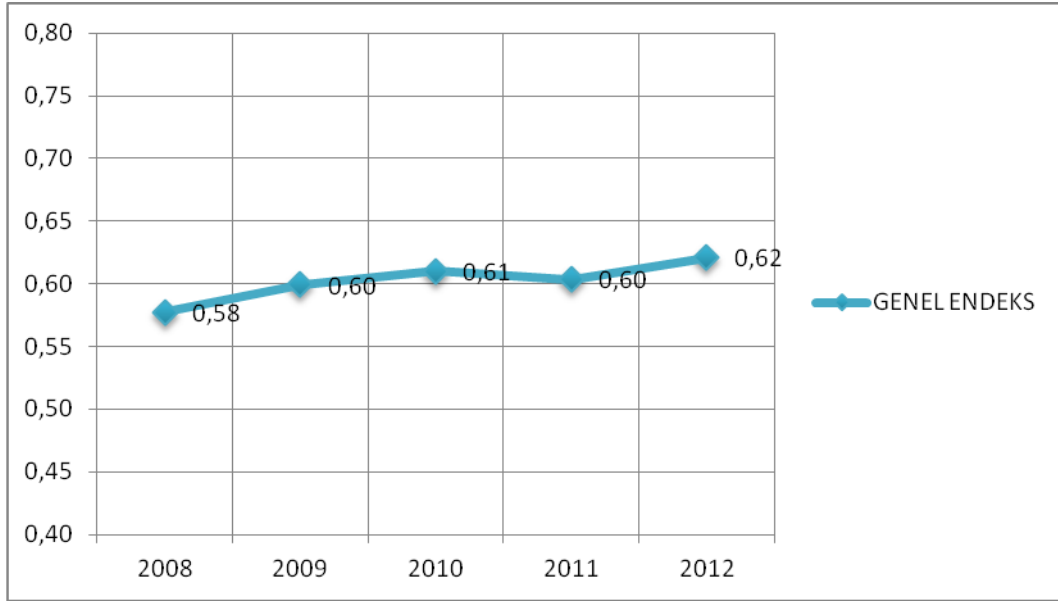
Öncelikle alt endekslerdeki değişkenler dikkate alındığında, kullanılabilirlik endeksindeki değişikliklerin sebepleri şu şekilde açıklanabilir: Kullanılabilirlik endeksindeki gözle görülür değişikliğin sebepleri, özellikle yakıt ithalatındaki çeşitliliğin artırılması, ham petrol fiyatlarındaki dalgalanmaların azalması ve elektrik enerjisindeki kapasite çeşitliliğinin artmasıdır.

Güvenilirlik alt endeksinin 0,60 ve 0,61 arasında dalgalandığı görülmektedir. Bunun sebebi, güvenilirlik alt endeksine etki eden değişkenlerin sayısının fazla olması sebebiyle, dalgalanmaları küçük oranlarda endekse yansıtılmaları ve diğer değişkenlerin ters yöndeki hareketleriyle dengelenmeleridir.

Ekonomiklik alt endeksinin hızlı bir şekilde artmasının sebebi ise, küresel finansal kriz sonrasında ham petrol fiyatlarının oldukça düşük seviyelere kadar inmesi ve daha sonra ham petrol fiyatlarındaki dalgalanmaların azalmasıdır. Buna bağlı olarak da genel enerji harcamaları ve enerji ithalatının maliyeti de düşmüştür.

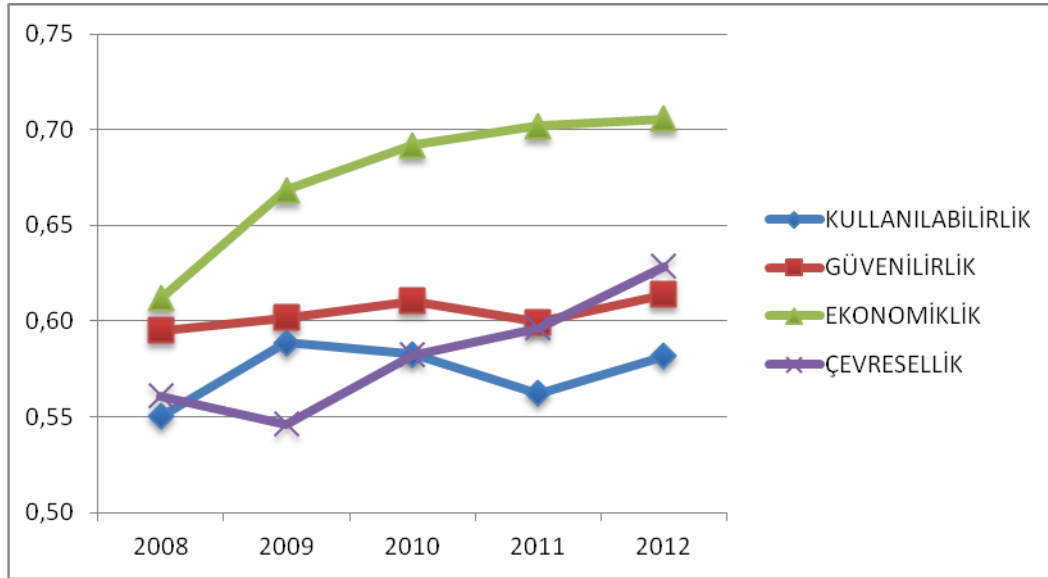
Çevresellik alt endeksi de dalgalanma gösteren fakat uzun vadede yükselen bir trend çizmektedir. Bu yükselişin temel sebebi, Türkiye'de yapılan hidrolik santraller ve başta rüzgâr olmak üzere kurulumu gerçekleştirilerek çalışmaya başlayan yenilenebilir enerji santralleridir. Ayrıca, doğal gaz kullanımının artması da, ülkedeki Karbonmonoksit salınımını azaltmakta ve dolayısıyla çevresellik alt endeksini yükseltmektedir.

Şekil 3'e göre, Türkiye'nin enerji arz güvenliği endeksi iyiye doğru gitmektedir. Endekslerdeki değişkenlerin miktarının fazla olması, endeks değerinin 0 ile 1 arasında değişecek şekilde hesaplanması, endekste büyük dalgalanmaları önlemektedir. Bu sebeple ilk bakışta önemli ve büyük gibi görünen değişiklikler, endekse aynı ölçüde yansımamaktadır. Bu da, nadiren gerçekleşen sıra dışı değişikliklerin; enerji politikasına yanlış yönde ve büyüklükte yön vermesini engellemek için yapılmıştır.



Şekil 3: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Endeksi (2008-2012)

Türkiye'nin enerji arz güvenliği endeksinin yıllar içindeki hareketini açıklayabilmek için, kendisini oluşturan dört alt endeksi incelemek gerekmektedir. Şekil 4, dört alt endeksin yıllar içindeki hareketlerini göstermektedir.



Şekil 4: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Alt Endeksleri (2008-2012)

Şekil 4'e göre, kullanılabilirlik endeksi 2008'de, 0,55 iken, 2009 yılında 0,59'a yükselmiş, 2010 – 2012 arasında ise 0,58'den 0,57'ye düşmüştür. Güvenilirlik endeksi ise, 2008 – 2012 yılları arasında hemen hemen sabit kalmıştır. Bunun

sebebi, güvenilirliğin aslında ekonomiklik ve kullanılabilirlik endekslerinden etkilenmesidir. Ekonomiklik endeks, 2008-2012 yılları arasında sürekli yükselmiştir. Bunun sebepleri arasında, Türkiye'nin GSYH'sının yükselmesi ve kriz sonrasında enerji fiyatlarının düşmesidir. Çevresellik endeksi ise, ekonomiklik endeksi gibi sürekli yükselmektedir. Bu yükselişin sebebi ise, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına son yıllarda yapmış olduğu yatırımdır. Türkiye, elektrik enerjisi ihtiyacının yaklaşık % 27'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Ayrıca elektrik üretiminde doğal gazın payının artması da bu endeksin yükselmesinde etkilidir.

Endekste hareketler ile ilgili dikkat edilmesi gereken nokta, endekste ağırlıkları daha fazla olan, yani Türkiye'de enerji alanında faaliyet gösteren başlıca kurumların daha fazla önem attıkları (ekonomiklik ve güvenilirlik endeksine göre iki kat daha fazla önemli) kullanılabilirlik ve güvenilirlik endekslerinin hemen hemen sabit kalması, yani herhangi bir gelişme gösterememesidir. Bunun temel sebebi ise, önemli birincil enerji kaynaklarından olan petrol, doğal gaz ve taşkömürü kaynaklarına sahip olmaması, bunları ithal etmesidir. Ayrıca ithalat anlamında da Türkiye'nin dış ihracat gelirinin önemli bir kısmı birincil enerji ithalatına gitmektedir. Bu da dış ticaret açığının ve dolayısıyla cari açığın büyümesine yol açmakta, dış ticaret hadlerini bozmaktadır. Türkiye'nin ithal ettiği enerjinin vazgeçilmesi zor olan kalemler olması sebebiyle esnekliği de çok düşüktür.

5. Sonuç ve Öneriler

Türkiye, uzun yıllar net enerji ithalatçısı bir ülke olarak tüketmiş olduğu enerjinin önemli bir kısmını ithal etmek zorunda kalmıştır. Türkiye'nin enerji dengesi tablolarına bakıldığında, enerji tüketimi çok hızlı artarken, enerji üretiminin artışı çok sınırlı kalmış ve bu da Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını sürekli arttırmıştır.

Enerji alanında yapılan yatırımlara rağmen, hem sanayileşmesi devam eden, hem de nüfusu AB ortalamasının üzerinde artan bir ülke olan Türkiye'nin enerji talebi de hızla artmakta ve yatırımların yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, ne kadar yatırım yapılırsa yapılsın, günümüz enerji yapısı ve Türkiye'nin şartları sebebiyle, Türkiye enerjide dışa bağımlılıktan kurtulamayacaktır.

İthalatın azaltılması için, Türkiye'nin yeterli rezervlerinin bulunmadığı petrol ve doğal gaz kaynaklarının ithalatına ihtiyaç duymaması gerekmektedir. Doğal gaz ithalatının azaltılması evlerin elektrik ile ısıtılması vasıtasıyla gerçekleştirilebilir, ancak bu kez de elektrik üretiminde problem ortaya çıkmaktadır. Çünkü 2012 yılında üretilen elektrik enerjisinin % 43'ü doğal gaz çevrim santralleri vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla Türkiye'nin mevcut enerji yapısıyla doğal gaz ithalatını azaltmak mümkün değildir. Petrolde, elektrik ile çalışan otomobillerin yaygınlaşması, petrol ithalatını azaltabilir, ancak doğal gaz noktasındaki

problemlerle burada da karşı karşıya kalınmaktadır. Petrol yerine elektrik kullanacak olan otomobillerin ihtiyaç duyduğu elektrik nasıl karşılanacaktır? Bu sorunun yanıtı, doğal gaz haricinde; termik, hidroelektrik, rüzgâr ve güneş enerjisi santralleridir.

Termik santraller, Türkiye'nin elektrik enerjisi ihtiyacının % 28'ini karşılamaktadır, fakat Karbon salınımı sebebiyle, çevresellik endeksini düşürmektedir. Ayrıca taş kömürü ile çalışan termik santraller, yine ithalat problemi ortaya çıkarmaktadır. Türkiye'nin taş kömürü talebinin % 90'ı ithalat ile karşılanmaktadır. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynakları güçlü bir alternatif olarak dikkat çekmektedir. Her ne kadar baz yük istasyonu olarak kullanılmaları henüz tamamen gerçekleştirilebilir değilse de, yedek güç santrali olarak kullanılması oldukça faydalı olacaktır. Maliyeti nispeten düşük olan rüzgâr enerjisi santralleri yatırım noktasında önde gitmektedir. Bunun dışında dünyada başarıyla uygulanan güneş enerjisi henüz Türkiye'de, Avrupa'ya kıyasla emekleme aşamasında bile değildir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi ile ithal doğal gazla olan bağımlılık çok küçük bir miktar da olsa azalacaktır. Termal güneş enerjisi teknolojisi ise, yaz mevsiminde her hangi bir yerdeki sıcak su ihtiyacını tek başına rahatlıkla karşılayabilir ve bu mevsimde konutlardaki doğal gaz tüketimini yalnızca yemek pişirme ile kısıtlayabilir. Kış mevsiminde ise, konut ısınma ihtiyacını tek başına karşılayamasa da, sisteme %15-20'lik bir katkıyı rahatlıkla yapması mümkündür. Bunun için ise, termal güneş enerjisine yönelik, Avrupa benzeri teşvikler getirilebilir. Kaldı ki, endekste uzmanların yapmış olduğu puanlamalara göre, Karbon salınımı yapmayan elektrik üretim tesislerinin payı, genel endeks içinde dördüncü en önemli değişkendir. Ayrıca diğer yenilenebilir enerji teknolojileri henüz ülkemizde üretilmemesine rağmen, hem elektrik hem de termal güneş enerjisi teknolojileri Türkiye'de uzun yıllardır rahatlıkla üretilmektedir.

Tablo 6'daki endeks uygulamasının bulguları incelendiğinde, öncelikle Türkiye için enerjinin çevresel ve ekonomik olarak elde etmekten çok, arzın miktarı ve kalitesinin önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Elektrik enerjisi sektörü ile ilgili değişkenler, değişken grupları içinde en yüksek ağırlığa sahip olanlardır. Bunun sebebi ise, elektriğin her türlü sektörde ve konutlarda sürekli olarak tüketilmesi ve elektriğin herhangi bir ikamesinin olmamasıdır. Elektrik enerjisi sektörü değişken grubu ile hemen hemen aynı ağırlığa sahip olan yakıt ithalatı değişkenleri grubu ise, Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarındaki %70'lik ithalat bağımlılığını bir kez daha göstermektedir. Elektrik üretiminin yaklaşık %50'sinin doğal gaz ile üretilmesi sonucunda, Türkiye'nin doğal gaz arzı (üretim + ithalat) da büyük öneme sahiptir. Bu gerçeğe paralel bir şekilde, Türkiye'nin doğal gaz ile ilgili değişkenlerinin genel endeks içindeki ağırlığı %18,6'dır. Türkiye'nin enerji kullanımının çeşitliliğinin artması ile birlikte (özellikle elektrik üretimi çeşitliliği), bu ağırlığı azaltacaktır.

Kullanılabilirlik alt endeksi içindeki en yüksek ağırlığa sahip olan değişken, 17,96 ile petrol stok seviyeleridir. Bu değer Türkiye’de düşük sayılabilir. Uluslararası enerji ajansının 90 günlük petrolü karşılayacak kadar stok bulundurulması tavsiyesine karşılık, Türkiye’de 20 günlük stok bulunmaktadır. İkinci sırada ise, Türkiye’nin akaryakıt ithalatı gelmektedir ve ağırlığı 13,34’tür. Üçüncü sırada ise, 12,46 ile petrol, doğal gaz ve kömür ithalatı harcamaları vardır. Burada dikkat çeken husus, en yüksek ağırlığa sahip değişkenlerin, Türkiye’nin üretim açısından yetersiz kaldığı materyaller ile ilgili olmasıdır.

Güvenilirlik alt endeksi içinde ise en yüksek ağırlığa sahip olan değişkenler, elektrik enerjisi ile ilgili olanlardır. Elektrik kapasitesi çeşitliliği, 22,11 ile en yüksek ağırlığa sahip değişkendir. İkinci sırada ise 11,05 ile eşit ağırlığa sahip elektrik kapasitesi marjları ve elektrik iletim hatlarının uzunluğu gelmektedir. Üçüncü sırada ise 10,20 ile Türkiye’nin petrol ithalatının güvenliği bulunmaktadır.

Ekonomiklik alt endeksi, en yüksek ağırlığı elektrik iletim hatlarının uzunluğuna vermektedir çünkü bu doğrudan doğruya bedelsiz kayıp anlamına gelmektedir ve Türkiye’deki dağıtım kayıpları % 14’tür. İkinci sırada ise 15,52’lik ağırlığı ile ham petrol fiyat dalgalanmaları gelmektedir. Ham petrol fiyatındaki dalgalanmalar, özellikle spot alımlarda ekonomiyi olumsuz etkilemekte ve işlem maliyetlerini arttırmaktadır. Ayrıca doğal gaz fiyatları da ham petrol fiyatlarına bağlı olarak değiştiğinden, Türkiye gibi enerji ithalatına yüksek oranda bağımlı bir ülke, ekonomik olarak oldukça fazla etkilenmektedir. Üçüncü en yüksek ağırlığa sahip değişken ise, elektrik kapasitesi marjlarıdır. Bu değişken, elektrik talebine karşı arzın esnekliğini ve dolayısıyla fiyatı belirlediğinden, ekonomiklik alt endeksi içinde yüksek bir ağırlığa sahiptir.

Çevresellik alt endeksi içinde en yüksek ağırlığa sahip olan değişken, 28,54 ile karbon salınımı yapmayan elektrik payıdır. İkinci en yüksek ağırlığa sahip değişken ise, 15,74 ile enerji ile ilgili karbon salınımıdır. Son sırada ise, elektrik kapasitesi çeşitliliği gelmektedir.

Değişkenlerin her birisi, dört alt endeks içindeki katsayıların, o endeksin genel endeks içindeki ağırlığı ile çarpımının sonucuna eşit ağırlıkta genel endeksi etkiler. Genel endeks içinde ise en yüksek ağırlık 9,75 ile elektrik kapasitesi çeşitliliği değişkenine aittir. İkinci sırada 8,35 ile elektrik iletim hatlarının uzunluğu ve son sırada 7,33 ile petrol stok seviyeleri gelmektedir. Doğal gaz gibi önemli bir girdinin en yüksek değerlerden birisini almamasının sebebi, öneminin farklı değişkenlere dağılmış olmasıdır.

Bu çalışma sonucu elde edilen endeks ile Türkiye’nin genel enerji durumunun sayısallaştırılması amaçlanmıştır. Mümkün olduğunca çok değişken endekse dahil edilerek sıra dışı durumlardaki kısa süreli ve aşırı sayılabilecek değişikliklerin endeksi dalgalandırarak yanlış sinyaller vermesi engellenmiştir. Endeks dinamik

ve anlık olarak güncellenebilecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca geleceğe yönelik tahminlerin sisteme entegrasyonu ile geleceğe yönelik politikalar için referans bir çalışma ortaya koyulmuştur.

6. Kaynakça

- Albostan, A., Çekiç, Y. ve Eren, L. (2009). Rüzgâr Enerjisinin Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliğine Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(4), 641-649.
- Balat, M. (2010). Security of Energy Supply in Turkey: Challenges and Solutions. *Energy Conversion and Management*, 51, 1998-2011.
- Checci, A., Behrens, A. ve Egenhofer, C. (2009). *Long-Term Energy Security Risks for Europe: A Sector-Specific Approach*, CEPS Working Document No: 309.
- Delgado, B.M. (2011). Energy Security Indices in Europe, *Economic Challenges for Energy Workshop*, February 7-8th, Madrid.
- Ediger, V. (2007). Enerji Arz Güvenliği ve Ulusal Güvenlik Arasındaki İlişki, *SAREM Enerji Arz Güvenliği Sempozyumu*, Ankara.
- Hughes, L. ve Shupe, D. (2010). Creating Energy Security Indexes With Decision Matrices and Quantitative Criteria, *WEC Congress*, Montreal.
- International Energy Agency, (2014). *Energy Security*. <http://www.iea.org/topics/energysecurity> (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2014).
- Jewell, J. (2011). *The IEA Model of Short-term Energy Security (MOSES) – Primary energy Sources and Secondary Fuels*. International Energy Agency Working Paper.
- Koyama, K. ve Kutani, I. (2012). Study on the Development of an Energy Security Index and an Assessment of Energy Security for East Asian Countries. *ERIA Research Project Report 2011*, No. 13.
- Pamir, N. (2003). Dünya'da ve Türkiye'de Enerji, Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları. *Metalürji Dergisi*, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134_73100.pdf
- Saatçioğlu, C., ve Küçükaksoy, İ. (2004). Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11, 33-53.

- Saaty, T.L. (2008). Decision Making With the Analytic Hierarchy Process, *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Securing America's Future Energy, (2013). *Oil Security Index*. October 2013.
- Sevim, C. (2009). Geçmişten Günümüze Enerji Güvenliği ve Paradigma Değişimleri, *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 13, 93-105.
- Sovacool, B., Marilyn, K., ve Brown, A. (2009). *Competing Dimensions of Energy Security: An International Perspective*. Georgia Tech Ivan Allen College, School of Public Policy, Working Paper.
- The Kosciuszko Institute (2011). *Energy Security of the V4 countries. How Do Energy Relations Change in Europe*. http://www.pssi.cz/download/docs/117_energy-security-of-the-v4-countries.pdf
- U.S. Chamber of Commerce (2011). *Index of U.S. Energy Security Risk*. Institute for 21st Century Energy and U.S. Chamber of Commerce, 2011 Edition.
- U.S. Chamber of Commerce (2012). *Index of U.S. Energy Security Risk*. Institute for 21st Century Energy and U.S. Chamber of Commerce, 2012 Edition.
- World Energy Council (2013). *Energy Sustainability Index*, World Energy Council Data. <http://www.worldenergy.org/data/sustainability> (Erişim Tarihi: 30.05.2014).
- World Economic Forum (2013). *The Global Energy Architecture Performance Index Report 2012*. World Economic Forum Publications.

Notlar

Not 1. Milyon Top Eşdeğer Petrol

Not 2. 1 TEP = 11,63 MWh, 1MTEP= 11.630.000 GWh

