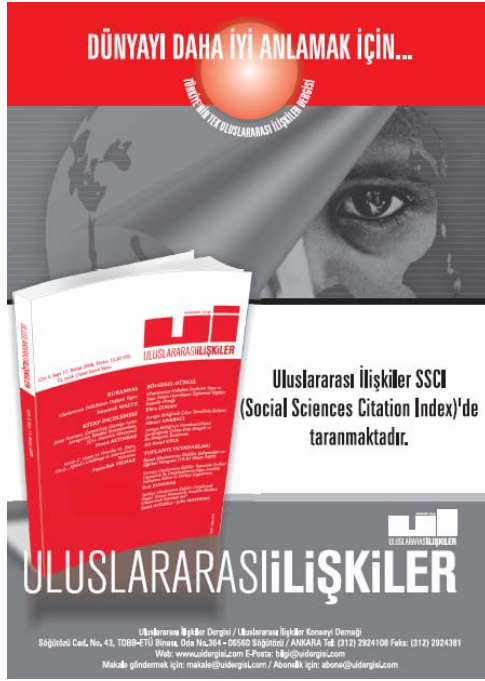


Yayın ilkeleri, izinler ve abonelik hakkında ayrıntılı bilgi:

E-mail: bilgi@uidergisi.com

Web: www.uidergisi.com



Nükleer Enerji Sahibi Olma Kararını Etkileyen Faktörler ve Türkiye için Tahminler

Bülent Köksal, Abdülkadir Civan*

Yrd. Doç. Dr., Fatih Üniversitesi, Ekonomi Bölümü

* Yrd. Doç. Dr., Fatih Üniversitesi, Ekonomi Bölümü

Bu makaleye atıf için: Köksal, Bülent ve Civan, Abdülkadir, “Nükleer Enerji Sahibi Olma Kararını Etkileyen Faktörler ve Türkiye için Tahminler”, *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 6, Sayı 24 (Kış 2010), s. 117-140.

Bu makalenin tüm hakları Uluslararası İlişkiler Konseyi Derneği'ne aittir. Önceden yazılı izin alınmadan hiç bir iletişim, kopyalama ya da yayın sistemi kullanılarak yeniden yayımlanamaz, çoğaltılamaz, dağıtılamaz, satılamaz veya herhangi bir şekilde kamunun ücretli/ücretsiz kullanımına sunulamaz. Akademik ve haber amaçlı kısa alıntılar bu kuralın dışındadır.

Aksi belirtilmediği sürece *Uluslararası İlişkiler*'de yayınlanan yazılarda belirtilen fikirler yalnızca yazarına/yazarlarına aittir. UİK Derneğini, editörleri ve diğer yazarları bağlamaz.

Uluslararası İlişkiler Konseyi Derneği | Uluslararası İlişkiler Dergisi

Söğütözü Cad. No. 43, TOBB-ETÜ Binası, Oda No. 364, 06560 Söğütözü | ANKARA

Tel: (312) 2924108 | Faks: (312) 2924325 | Web: www.uidergisi.com | E- Posta: bilgi@uidergisi.com

Nükleer Enerji Sahibi Olma Kararını Etkileyen Faktörler ve Türkiye için Tahminler

Bülent KÖKSAL ve Abdülkadir CİVAN*

ÖZET

Bu çalışmada, 67 ülkenin 1980–2005 yılları arasında aldıkları nükleer enerjiye sahip olma kararı ve nükleer santral kurulma durumunda nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki payını etkileyen ekonomik, politik, sosyal ve coğrafi faktörler analiz edilmiştir. Örneklemin seçicilik problemleri olması dikkate alınarak yapılan ekonometrik analiz sonucunda kişi başı reel milli gelir seviyesi ile nükleer enerjiye sahip olma olasılığı arasında pozitif bir ilişki olduğu, ama bu ilişkinin gelir seviyesi arttıkça zayıfladığı bulunmuştur. Modelden elde edilen parametre tahminleri kullanılarak yapılan hesaplamalarda, Türkiye'nin nükleer enerjiye geçme ihtimalinin 1990'lardan itibaren düzenli olarak artarak, 2005 sonunda % 45 düzeyine geldiği görülmektedir. TÜİK'in AB ulusal hesap sistemi ESA 95'e uyum için milli gelir hesaplamalarında yaptığı değişiklik sonucu elde edilen değerler kullanılarak yapılan tahminlere göre bu oranın % 60'a ulaştığı görülmektedir. Son olarak tahminler, Türkiye'nin bugün nükleer enerji santraline sahip olması durumunda üreteceği nükleer enerjinin, toplam enerjisinin yaklaşık % 14'le 16'sına karşılık geleceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Nükleer Enerji, Alternatif Enerji, Enerji Güvenliği, Türkiye.

Factors that Affect the Decision of Having Nuclear Energy and Predictions for Turkey

ABSTRACT

Using data for 67 countries for the period 1980–2005, we analyze to what extent do the decisions of having nuclear power and the share of nuclear energy in total energy use depend on economic, political, social and geographic factors. Our econometric model that takes the selectivity problems of the sample into consideration reveals a positive relationship between per capita real income and the probability of selecting to have nuclear power. This relationship, however, weakens as the *level* of income further increases. We also find that, the probability of opting for nuclear power continuously increases for Turkey starting from 1990s and becomes approximately 45 per cent by 2007. When we use the new GDP series of Turkish Statistical Institute in our estimations, the estimated probability of selection of nuclear energy for Turkey increases to approximately 60 per cent. Finally, we find that if Turkey had a nuclear power generator today, the share of nuclear energy in total energy would be approximately between 14 to 16 per cent.

Keywords: Nuclear Energy, Alternative Energy, Energy Security, Turkey.

* Bülent Köksal, Yrd. Doç. Dr., Ekonomi Bölümü, İİBF, Fatih Üniversitesi, İstanbul. E-posta: bkoksal@fatih.edu.tr. Abdülkadir Civan, Yrd. Doç. Dr., Ekonomi Bölümü, İİBF, Fatih Üniversitesi, İstanbul. E-posta: kcivan@fatih.edu.tr.

Giriş

Son yıllardaki hızlı ekonomik büyümeyle birlikte dünya enerji ihtiyacı çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Her ne kadar gelişmiş ülkelerin ekonomik büyümesi enerji talebine aynen yansımaya da gelişmekte olan ülkelerdeki enerji talebi çok hızlı bir şekilde artmaktadır. *British Royal Society* ve *Royal Academy of Engineering*'in 1999'da hazırladıkları bir rapora göre gelecek 50 yılda enerji tüketiminin iki katına, gelecek 100 yılda ise beş katına çıkması beklenmektedir. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeyle birlikte enerji tüketimi de artmaktadır.¹ Yine aynı rapora göre 2050 yılında dünya kişi başına düşen enerji tüketimi bugünkü ABD'deki kişi başı tüketimin üçte birine ulaşırsa, tüm tasarruf tedbirlerine rağmen enerji üretiminin en azından günümüzdeki seviyesinin üç katına çıkması gerekmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın *World Energy Outlook 2006* raporuna göre 2030 yılına kadar enerji talebinin senelik yüzde 1,6 oranında artması öngörülmektedir.² Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre ise Türkiye'nin yıllık enerji talep artış hızının yüzde 6 olması beklenmektedir. Günümüzde Türkiye'deki enerji üretiminin, tüketimin ancak yüzde 75'ini karşıladığı da göz önüne alındığında bu konuda önemli yatırımlar yapılması gerektiği daha iyi anlaşılabilir.³

Gerek cari açığı artırması gerek arz güvenliğini tehlikeye düşürmesi yönünden oldukça stratejik bir faktör olan enerjideki dışa bağımlılık, ekonomik ve politik yönden ülkeyi zayıflatmaktadır. Doğal olarak bu engelden kurtulmak isteyen politika yapıcılar enerji yatırımlarına özel önem vermektedir. Bu yüzden ülkenin tüm potansiyel kaynaklarının harekete geçirilmesine ihtiyaç vardır. Hâlihazırda Türkiye toplam enerjisinin yüzde 33'ünü petrolden yüzde 28'ini doğal gazdan, yüzde 28'ini kömürden, yüzde 4'ünü su kaynaklarından, yüzde 1,5'ünü jeotermal kaynaklardan, geri kalanını ise rüzgâr ve güneş kaynaklarından elde etmektedir.⁴ Her ne kadar bu alanlarda yeni yatırımlar yapılsa da birçoklarına göre nükleer enerji alternatifini kullanmaktan ülkenin enerji bağımlılığının azalması mümkün değildir. Dünya ülkeleri ortalama elektrik üretimlerinin %15'ini nükleer kaynaklardan elde ederken bu oran Fransa'da %79'lara kadar çıkabilmektedir.⁵ Doğal olarak Türkiye de uzun yıllardan beri nükleer enerji alternatifıyla ciddi olarak ilgilenmiş ve birkaç kez bu konuda somut adımlar atmıştır. Ancak siyasi ve ekonomik nedenlerden dolayı günümüze kadar herhangi bir nükleer enerji santralının kurulması mümkün olmamıştır. Son yıllarda nükleer enerjiye olan ilgideki genel artışın yanında, nükleer enerjinin

¹ Türkiye'de enerji göstergeleri ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki olması ile ilgili bkz., M. Tarık Çakır et al., "Türkiye'nin Sosyo-Ekonomik Göstergeleri ile Enerji Göstergeleri Arasındaki İlişkinin Çok Değişkenli Veri Analizi ile İrdelemesi", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, No 20, Kış 2009, s. 27-56. Gelişmiş ülkelerde ise ekonomik aktivitelerin hizmet sektörü ve bilgi teknolojileri gibi daha az enerji yoğun alanlara kaydığını dolayısıyla ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki bağın zayıfladığını gözlemlemekteyiz.

² International Energy Agency, *World Energy Outlook 2006*, <http://www.worldenergyoutlook.org/2006.asp> (Erişim Tarihi 4 Şubat 2009).

³ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı web sitesi, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=w ebpages&cb=enerji&bn=11&hn=12&nm=384&cid=384> (Erişim Tarihi 4 Şubat 2009).

⁴ 2006 Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre toplam birincil enerji arzı (TPES: *Total Primary Energy Supply*). http://www.iea.org/Textbase/stats/balancetable.asp?COUNTRY_CODE=TR (Erişim Tarihi 6 Ağustos 2009).

⁵ Şu anda 31 ülke enerji ihtiyaçlarının bir kısmını nükleer kaynaklardan elde etmektedir.

bazı yönlerden çevre dostu olması, enerjideki dışa bağımlılığın tahammül edilemez seviyelere çıkması ve cari açığı hızlı yükseliş, nükleer enerji alternatifinin kamuoyunda ve politika yapıcı çevrelerde daha ciddi bir şekilde gündeme gelmesini sağlamıştır.⁶

Nükleer enerji ile ilgili tartışmada problemin ekonomik, sosyal ve politik yönlerine bakmak gerekmektedir. Nükleer santrallerin ekonomik performansı, operasyonları sırasında çevreye verecekleri potansiyel zarar, nükleer atık depolama problemleri, terörist faaliyetlere ve kazalara karşı güvenliklerinin sağlanması ve nükleer silaha yönelik bir basamak olması endişesiyle yurt içi ve yurt dışı kaygılar sıklıkla dile getirilen problemlerdendir. Buna karşın enerji arzında çeşitliliğe ve dolayısıyla arz güvenliğine katkısı, fosil yakıtlara göre sera gazı salmaması, küresel ısınma katkısının olmaması, nükleer silahlara sahip olmak için bir atlama taşı olması gibi avantajları nükleer enerjisi destekleyenler tarafından öne çıkarılmaktadır.⁷

Nükleer enerjinin alternatiflerine karşı ekonomik performansı ile ilgili çok sayıda fayda maliyet analizi yapılmaktadır. Ancak araştırma sırasında yapılması gerekli olan varsayımların sayıca çokluğu ve bunun sonuçlara büyük etkisi, bu çalışmalara duyulan güveni azaltılmaktadır. Kullanılacak faiz oranı (social discount rate), uranyum, petrol, kömür, doğal gaz gibi yakıtların piyasa fiyatları, fosil yakıtlardan kaynaklanan karbon ve diğer zararlı emisyonların küresel ısınmaya ve insan sağlığına etkisi gibi dışsal maliyetlerinin hesaplanması konularında birçok varsayım yapmak gerekmektedir. Bu değişkenlerin hemen hepsi sıklıkla büyük varyasyonlar geçirmekte, dolayısıyla bugün yapılan hesaplamalar gelecek sene çok az değer taşıyabilmektedir.⁸ Ancak genel bir fikir vermek gerekirse bu konudaki araştırmalar, genellikle nükleer santrallerin kömürle çalışan santrallerden daha pahalıya elektrik ürettiği, doğal gaz santrallerine yakın, rüzgâr ve solar enerji türlerinden ise daha iyi bir ekonomik performansla sahip olduğu sonucuna ulaşmaktadır.⁹ Ayrıca yükselen küresel ısınma kaygılarından dolayı en fazla karbondioksit emisyonuna yol açan kömür ve petrol kullanımının yerel ve küresel bazda Kyoto gibi anlaşmalar çerçevesinde sınırlandırılma ihtimali, nükleer enerji teknolojisini cazip hale getirebilir.¹⁰ Gündemdeki yerini koruyan küresel karbon vergisi ve/veya emisyon ticareti gibi kömür ve petrol

⁶ Son birkaç yıldır gelişmekte olan Asya ülkelerinin yanı sıra, Finlandiya, Fransa, Japonya, ABD gibi uzun zamandır nükleer yatırımlarını yavaşlatan ülkeler de nükleer enerjiye tekrar eğilmeye başlamıştır. Bkz., Peter Stoett, "Toward Renewed Legitimacy? Nuclear Power, Global Warming, and Security", *Global Environmental Politics*, Cilt 3, No 1, 2003, s. 99-116. Bununla beraber İsveç, Belçika, Almanya gibi ülkelerde nükleer jeneratörlerin kapatılması kararları halen tartışılmaya devam etmektedir.

⁷ Nükleer silah sahibi olma ile nükleer santraller arasındaki ilişki için bkz., Mert Bilgin, "Fosil Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı – Türkiye'nin Durumu ve Gelecek Alternatifleri", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, No 20, Kış 2009, s. 57-88, ve bu makalede atfı yapılan Roger G. Steed, *Nuclear Power: In Canada and Beyond*, Renfrew, General Store Publishing House, 2002, s.126.

⁸ Sadece petrol fiyatlarındaki ve faiz oranlarındaki bir sene içindeki değişimler bu konudaki hesaplamaların güvenilirliği hakkında bir fikir vermektedir. Bunun yanı sıra bilim adamları, küresel ısınma, sebepleri ve sonuçları hakkında çok değişik görüşler ortaya koymaktadırlar.

⁹ Bu konudaki araştırmaların özet çalışması için bkz., NERA Economic Consulting ve University of Sussex, *The Economics of Nuclear Power*, Mart 2006, Paper 4, ve tipik bir çalışma için bkz., *World Energy Outlook 2006*.

¹⁰ Fransa ve İskandinav ülkelerinin çevre verimliliğinde yüksek performans göstermesinin sebebinin enerji ihtiyaçlarının çoğunu nükleer santrallerden karşılıyor olmaları ile ilgili bkz., Fatih Karanfil, "Enerji-Büyüme-Çevre: Türkiye Üçgenin Neresinde?", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, No 20, Kış 2009, s. 1-26.

maliyetlerini artıran unsurlar da nükleer enerjiyi daha da ekonomik kılabilir.¹¹ Ancak bu konudaki belirsizlik halen sürmekte olduğundan kesin bir şey söylemek mümkün değildir.

Nükleer enerjinin en büyük avantajlarından bir tanesi, hem tüketimde hem de üretimde çok stratejik bir faktör olan enerjinin kaynak çeşitliliğine ve arz güvenliğine katkısıdır.¹² Alternatif enerji kaynaklarından kömür, petrol ve doğal gazın fiyatlarında kısa süreler içerisinde büyük dalgalanmalar gerçekleşmektedir.¹³ Her ne kadar nükleer yakıt olarak kullanılan uranyum fiyatlarında da dalgalanmalar görülse de, bunun enerji maliyetine etkisi daha sınırlı olmaktadır. Bunun temel sebebi, yakıt maliyetlerinin nükleer santrallerin toplam üretim maliyetlerindeki oranı %5-10'lar seviyesindeyken, kömür ve doğal gaz gibi alternatif yakıtlarla çalışan santrallerdeki yakıt maliyetinin toplam maliyetteki oranının %55-60'larda seyretmesidir.¹⁴ Bu da nükleer santrale sahip olmanın enerji fiyatlarındaki dalgalanmayı azaltıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra uranyum, oldukça yoğunlaştırılmış ve taşınabilir olmak gibi avantajlara sahiptir. Aynı miktarda enerji üretiminde kullanılacak kömürün yaklaşık olarak 20.000'de biri kadar ağırlığa sahip olduğundan, tabii olarak uranyum rezervlerine sahip olmayan ülkelerin de kolaylıkla ithal edip büyük miktarlarda depolama yapması mümkündür.¹⁵ Ayrıca dünya üzerinde değişik coğrafyalarda, değişik politik ve ideolojik yapıya sahip birçok ülke uranyum sattığından, arz güvenliği ve bağımsızlığı konuları büyük ölçüde sorun olmaktan çıkmaktadır.

Son olarak, nükleer enerji teknolojisine sahip olmanın nükleer silaha sahip olmayı kolaylaştırıcı etkisinden söz edilebilir. Her ne kadar nükleer silaha sahip olmanın her ülke için faydalı olduğu söylenemese de, bu konudaki istek yadsınmaz. Eski ABD Başkan Yardımcısı Al Gore bir konuşmasında, karşı karşıya kaldıkları her tartışmalı nükleer silahlanma çalışmasının bir şekilde nükleer enerji santralleriyle ilgili olduğunu dile getirmiştir.¹⁶

Bu çalışmada Türkiye'nin nükleer enerji teknolojisine sahip olma kararı değerlendirilecektir. Ancak amaçlanan, nükleer enerjinin yukarıda kısaca özetlenen avantaj ve dezavantajlarının ayrıntılı bir şekilde değerlendirmesinden ziyade, dünyada nükleer enerji teknolojisine sahip ülkelerle Türkiye'nin durumunun karşılaştırılmasıdır.¹⁷

¹¹ Bu konudaki ayrıntılı tartışmalar için bkz., John Holdren, ve Kirk Smith, "Energy, the Environment, and Health", Jose Goldemberg (Der.), *The World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, New York, UN Development Programme, 2000, s. 61-110.

¹² Türkiye'nin nükleer enerjiye yatırım yapmasının arz edici ülkelere pazarlık gücünü artırması ile ilgili bkz, Bilgin, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı".

¹³ Benjamin Sovacool, "Coal and nuclear technologies: creating a false dichotomy for American energy policy," *Policy Sciences*, Cilt 40, No 2, 2007, s. 101-122.

¹⁴ *The Economics of Nuclear Power*.

¹⁵ Bkz., *Economics of Nuclear Power (2008)*, World Nuclear Association Information Papers, <http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/info/pdf/EconomicsNP.pdf> (Erişim Tarihi 2 Aralık 2009).

¹⁶ Albert Gore, *Speech to New York University*, New York, 19 Eylül 2006.

¹⁷ Türkiye ve nükleer enerji ile ilgili bir tartışma için bkz, Bilgin, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı", s. 57-88.

Analitik Çerçeve

Bu çalışmada ülkelerin nükleer enerji teknolojisine sahip olup olmama kararıyla, sahip olan ülkelerin nükleer enerjinin toplam enerji üretimindeki payının ne olacağıyla ilgili kararları analitik olarak incelenmektedir. Ayrıca bu incelemeden elde edilen bulgular ışığında Türkiye'nin nükleer enerji projeksiyonları yapılmaktadır. Çalışmanın hipotezi "ülkelerin nükleer enerji konusundaki kararları, gelirleriyle sıkı bir bağ içerisindedir". Çevre kirliliği oluşturan birçok faktörde olduğu gibi, nükleer enerji ile gelir arasında ters-U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Aşağıda bu konuda hazırlanan teorik model ve modeli ampirik olarak test eden değişkenler tartışılmaktadır.

Son 20-25 yıldır ekonomistler ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi yoğun bir şekilde incelemişlerdir.¹⁸ Grossman ve Krueger, 1991 yılında yaptıkları çalışmalarında daha önceki ortodoks görüşün aksine, ekonomik büyümenin her zaman çevre kirliliğinde artışa yol açmadığını göstermiştir.¹⁹ Bu çalışmaya göre düşük gelir seviyelerinde beklendiği gibi ekonomik büyüme çevresel kirliliği artırırken, yüksek gelir seviyelerinde tam tersine çevre kalitesini artırmaktadır. Oldukça sağlam olan bu ampirik gözlemi açıklamak için birçok argüman ortaya konmuştur. Öncelikle ekonomilerin makro yapıları ile ilgili sebepler ortaya konmuştur. Ülkeler tarihsel süreçleri içerisinde öncelikle tarıma dayalı ekonomilere sahip olurlar ve tarımsal ekonomik aktiviteler çevreye önemli ölçüde zarar vermezler. Bu devredeki büyüme genellikle tarım toplumundan sanayi topluma geçiş şeklinde gerçekleşir. Sanayiye dayalı üretim ve tüketim faaliyetleri yapıları gereği çevreye daha fazla zarar verdiği için, bu devredeki ekonomik büyümenin çevre kirliliğine yol açtığını gözlemlenir. Bu devrede, olgunlaşan ülkelerdeki ekonomik faaliyetler, yavaş yavaş bilgiye dayalı ve/veya hizmet sektörüyle ilişkili alanlara kaymaktadır. Hizmet sektörü ve bilgiye dayalı ekonomik aktiviteler sınıai üretim kadar çevreye zarar vermediğinden, bu devredeki ekonomik büyüme çevre kirliliğinde azalmaya yol açmaktadır. Ayrıca bireyler ve toplumlar zenginleştikçe çevresel kaliteye daha fazla önem vermekte ve çevre kalitesini artırıcı önlemlere daha fazla para harcamaktadır. Başka bir ifadeyle düşük gelir seviyelerinde çevre kalitesinin marjinal faydası oldukça az iken, yüksek gelir seviyelerinde marjinal fayda daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla gelir ile çevre kirliliği arasında doğrusal bir ilişki olması beklenemez.

Grossman ve Krueger'in makalesini takip eden birçok teorik ve ampirik çalışma yapılmıştır.²⁰ Çevre kirliliği ile ekonomik gelişme arasındaki ters-U şeklindeki ilişkiyi ifade eden Çevresel Kuznets Eğrileri (*Environmental Kuznets Curve, EKC*) terimini ilk defa

¹⁸ Simon Kuznets, "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, Cilt 45, Sayı 1, 1955, p.1-28, benzer bir ilişkiyi gelir dağılımı ve gelir arasında öngörmüştür. Kuznets'in hipotezine göre düşük gelir seviyelerinde ekonomik büyüme gelir dağılımında bozulmaya yolaçarken yüksek gelir seviyelerinde ekonomik büyüme gelir dağılımında düzelmeye yolaçmaktadır. Bu ilişkiyi gösteren eğrilere Kuznets Eğrileri adı verilmiştir.

¹⁹ Gene M. Grossman ve Alan B. Krueger, "Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper 3914*, National Bureau of Economic Research, 1991.

²⁰ Bu konudaki kapsamlı literatür özetleri için bkz., Soumyananda Dinda, "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, Cilt 49, No 4, 2004, s. 431-455, ve Bruce Yandle et al., "Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications", PERC research Study 2004, http://www.perc.org/pdf/rs02_1a.pdf (Erişim Tarihi 15 Şubat 2009).

Panayotou kullanmıştır.²¹ Uluslararası ticaret, küreselleşme, teknolojik gelişme, mülkiyet hakları, kurumsallaşma gibi faktörlerin EKC üzerindeki etkileri literatürde kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Havadaki sülfür dioksit, nitrojen dioksit, kloroflorokarbon, duman gibi, su kirliliği ile ilgili belirtiler ya da sera gazı emisyonları, ormanları tahrip etme oranları gibi birçok farklı çevre kirliliğini ölçen göstergeler, bu hipotezi test etmek için kullanılmıştır. Ancak nükleer enerji her ne kadar çevre ile ilgili tartışmalarda önemli yer tutmuş olsa da, şimdiye kadar EKC çerçevesi nükleer enerji ile ilgili ciddi bir çalışmanın konusu olmamıştır. Aktar, 2004 yılındaki doktora tez çalışmasında, nükleer enerji kullanımını aynı çerçevede modelleyebileceğimizi öne sürmüştür.²² Her ne kadar nükleer enerji kullanımını klasik anlamda çevre kirliliği olarak adlandırmamıza da, ülke geliriyle ilişkisi EKC hipotezi çerçevesinde değerlendirilebilir.

Toplumların nükleer enerji kararlarının incelenmesinde EKC analitik çerçevesinin kullanılmasıyla ilgili olarak yapısal ve taleple ilgili argümanlar ortaya konulabilir. Göreceli olarak fakir ülkelerdeki ekonomik aktiviteler fazla enerjiye ihtiyaç duymadığından, düşük enerji gereksinimi kömür, doğal gaz ve hidro gibi alternatif kaynaklardan kolaylıkla karşılanabilir. Dolayısıyla nükleer enerji teknolojisine fazla ihtiyaç olmamaktadır. Çok yüksek gelir seviyelerinde ise bireyler yaşadıkları çevrenin kaliteli olmasına daha fazla önem verdiklerinden nükleer enerjinin muhtemel çevresel etkileri, nükleer teknolojinin az kullanılmasını netice verebilir.²³ Bu da EKC'de olduğu gibi gelir ile nükleer enerji kullanımı arasında ters-U şeklinde bir ilişki gözlemlememizi sağlayabilir. Ayrıca nükleer enerji nispeten yüksek bir teknolojik seviyeye sahip olmayı gerektirdiğinden, gelişmemiş ülkelerin nükleer enerjiye sahip olması pek mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla ülke ekonomik olarak güçlendikçe nükleer enerjiye sahip olma olasılığı artmaktadır. Bununla beraber nükleer enerji birçokları tarafından nükleer silah teknolojisine erişmek için bir basamak olarak görülmektedir. Ekonomik olarak güçlenen ülkeler, askeri ve siyasi açılardan da güçlenmek için nükleer silah teknolojisine sahip olmak istemekte ve nükleer enerjiye sahip olma ihtimalleri yükselmektedir.

Ancak ülke zenginleşmeye devam ettikçe ekonomik aktiviteler enerji yoğun sınıai üretimden daha az enerji gerektiren hizmet sektörüne doğru kaymakta ve enerji ihtiyacı kısmen azalmaktadır. Bu durumda doğal olarak nükleer enerjiye olan ihtiyaç da azalmaktadır. Ayrıca hizmet ve bilgi teknolojilerine dayalı üretim süreçlerinde enerji maliyetinin toplam maliyete oranı azalmaktadır. Dolayısıyla nihai ürün fiyatına etkisi sınırlı olduğundan firmalar ve nihai tüketiciler göreceli olarak daha pahalı olan rüzgâr ve güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarını kullanmakta daha istekli olabilmektedir. Sosyal ve poli-

²¹ Theodore Panayotou, "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development", *Working Paper WP238* Technology and Employment Programme, Geneva: International Labor Office, 1993.

²² İsmail Aktar, *The Future of Nuclear Power: A Worldwide Perspective*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Clemson, Clemson University, ABD, 2004.

²³ Gelir seviyesi yüksek ülkelerin nükleer atık sorununu daha kolay bir şekilde çözebilecekleri dolayısıyla gelir seviyesi ile nükleer enerji sahipliği arasındaki başlangıçtaki pozitif ilişkinin devam edebileceği de düşünülürse, gelir seviyesi ile nükleer enerji kullanımı arasındaki ilişkinin ampirik bir şekilde ortaya konmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

tik sistemleri daha iyi işleyen gelişmiş toplumlarda çevreye duyarlı bireylerin örgütlenmesi daha kolay olmakta ve bu örgütler, politikaların çevreye daha duyarlı hale getirilmelerinde daha başarılı olabilmektedir. Son olarak, gelişmiş ülkelerdeki nükleer santrallerdeki kazaların ve sızıntıların daha maliyetli olması, nükleer enerji kullanımının azaltılması yönünde bir baskı oluşturmaktadır.²⁴

Özetlemek gerekirse bu çalışma, nükleer enerji kullanımı ile ülkedeki kişi başına düşen gelir arasında Çevresel Kuznets Eğrileri'nde belirtilen çerçevede bir ilişki olduğu hipotezini test etmektedir. Çalışmada kullanılan diğer değişkenler, bu gibi analizlerde kullanılan standart faktörler olarak değerlendirilebilir. Ülkelerin diğer alternatif enerji kaynakları yönünden zenginliği, nükleer enerjiye olan taleplerini büyük ölçüde etkileyebilir. Enerjide arz güvenliği, nükleer enerji taraftarlarının en büyük argümanlarından biri olarak dile getirildiğinden, diğer enerji kaynaklarına sahip olmanın nükleer enerjiye ihtiyaç ve talebi azaltacağı öngörülebilir. Bu etkiyi ölçmek için, analizlerde, ülkelerin kömür, doğal gaz, petrol ve hidro enerji kaynakları bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Ülkeler kendi doğal kaynaklarının yanında bazı enerji kaynaklarını ithal edebilmektedirler. Göreceli olarak çeşitli coğrafyalarda ve çeşitli politik sistemlere sahip ülkeler tarafından ihracatı yapılan petrolün bu konuda ayrıcalıklı bir yere sahip olduğu söylenilebilir. Bir başka ifadeyle ülkeler genellikle dünya piyasalarından rahatlıkla petrol ithal edebilmektedir. Bu nedenle alternatif bir enerji kaynağı olarak ithalatı yapılan petrol fiyatının da nükleer enerjiye talebi etkilemektedir.

Ayrıca ülkelerin sosyal, politik ve teknolojik özelliklerinin nükleer enerji talebine etkilerini ölçmek için daha başka değişkenler de kullanılmıştır. "Bir dolarlık milli gelir oluşturmak için kullanılan enerji" şeklinde tanımlanan enerji yoğunluğu değişkeni, ülkenin enerji ihtiyacını etkilediği için yapılan analizde bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Yoğun şekilde enerji kullanan ülkeler, milli gelir oluşumunda daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacak, dolayısıyla ellerindeki alternatif enerji kaynakları daha az yeterli olacak ve nükleer enerjiye daha fazla talepte bulunacaklardır. Nüfus yoğunluğunun artışı enerji ihtiyacını artıracığı için nükleer enerjiye sahip olma ile nüfus yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki beklenebilir. Ancak, nüfus yoğunluğu potansiyel kazaların ve sızıntıların etkisini artıracağından nükleer enerjiye talebi azaltıcı bir etkide de bulunabilir. Bunun yanı sıra yoğun nüfus, nükleer enerjinin alternatifleri olan termik ve hidroelektrik santrallerin zararlarını da artıracak, bu da yine nükleer enerji talebini artırıcı bir etki oluşturacaktır. Nüfus yoğunluğunun bu etkilerinden hangisinin baskın çıkacağı analiz sonucunda ortaya çıkacaktır.

Son olarak ülkelerin ekonomik serbestliğini ölçen bir indeks kullanılmıştır. EKC analitik çerçevesinin önemli argümanlarından bir tanesi, ülkelerin zenginleştikçe bireylerin çevre kalitesine verdikleri önemin arttığı ve bu bireylerin politik baskı unsuru oluşturarak enerji politikalarının çevreye daha duyarlı olmalarını sağladığıydı. Ancak serbestiyetin olmadığı ülkelerde bireylerin politikalar üzerinde etkili olması nispeten zor olduğundan, bu etkinin daha serbest olan ülkelerde daha baskın olmasını beklenmektedir. Bu açıdan

²⁴ Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (*Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC*) ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltması yönündeki talepleri, nükleer enerjinin kullanımının azaltılması yönündeki baskıların gücünü sınırlandıracaktır.

ülkedeki ekonomik serbestliğin artmasının nükleer enerji talebini negatif yönde etkilediği düşünülebilir. Bunun yanı sıra ekonomik serbestiyetin ekonomik kalkınmayı hızlandıracağı ve nükleer enerji talebine pozitif yönde bir etki yapacağı da varsayılabilir. Dolayısıyla ekonomik serbestiyet ile nükleer enerji talebi arasındaki ilişkinin yönünü önceden tahmin etmek mümkün değildir ve bu ilişki analiz sonunda ortaya çıkacaktır.

Veri Seti

Çalışmada kullanılan kişi başına gelir, nüfus ve nüfus yoğunluğu verileri Dünya Bankası'nın *World Development Indicators* adlı veri setinden alınmıştır.²⁵ Enerji kaynaklarıyla (petrol rezervleri, doğal gaz rezervleri, kömür rezervleri, hidroelektrik kapasitesi, enerji yoğunluğu, toplam elektrik üretim kapasitesi ve net elektrik üretimi) ilgili veriler ise ABD Enerji Bakanlığı'nın web sayfasından alınmıştır.²⁶ Ekonomik serbestlik indeksleri *Fraser Institute of Canada* adlı organizasyonun web sayfasından alınmıştır.²⁷

ABD Enerji Bakanlığı'nın veri tablolarında kömür, doğal gaz ve petrol rezervleri milyon ton, trilyon feet küp ve milyar varil olarak sunulmaktadır. Hidroelektrik kapasite ise milyon kilowatt şeklinde belirtilmektedir. Standardizasyonu sağlamak amacıyla tüm enerji kaynakları kilowatt-saat cinsine çevrilmiştir (1000 kilowatt-saat=0,47 ton kömür=10000 feet küp doğal gaz=1,8 varil petrol). Hidroelektrik kapasiteyi kilowatt-saate çevirmek için bir senede toplam saat sayısı olan $365 \times 24 = 8760$ ile çarılmıştır.²⁸ Toplam elektrik üretimi kilowatt-saat cinsinden toplam elektrik üretimi kapasitesi ise kilo-watt cinsinden ifade edilmiştir. Dolayısıyla elektrik kapasite kullanım oranını hesaplamak için elektrik üretim kapasitesini de aynı şekilde 8760 ile çarpılmıştır.

Fraser Institute of Canada'nın hazırladığı Ekonomik Serbestlik İndeksi, ülkelerin kurumlarının ve politikalarının ekonomik serbestiyeti ne dereceye kadar sağlayabildiğini ölçmeyi amaçlamaktadır. Enstitü, bireysel tercih, gönüllü ticaret, rekabet özgürlüğü ve özel mülkiyeti ekonomik serbestliğin yapıtaşları olarak görmektedir. Enstitü ülkelere, 42 değişkeni kullanarak ekonomik serbestliklerine göre 0 ile 10 arasında değişen puanlar vermektedir. Yüksek puanlar, ülkenin ekonomik yönden daha serbest olduğunu göstermektedir.

Kullanılan değişkenler aşağıda özetlenmiştir:

GSYİH: Alım gücüne göre kişi başına düşen gelir, PPP (sabit uluslararası 2.000 \$'ı).²⁹

GSYİH²: GSYİH'nin karesi.

²⁵ Dünya Bankası, <http://econ.worldbank.org> (Erişim Tarihi 6 Mayıs 2008).

²⁶ ABD Enerji Bakanlığı, <http://www.eia.doe.gov/> (Erişim Tarihi 6 Mayıs 2008).

²⁷ *Fraser Institute of Canada* <http://www.fraserinstitute.org/> (Erişim Tarihi 6 Mayıs 2008).

²⁸ Bkz., Aktar, *The Future of Nuclear Power*.

²⁹ Uluslararası dolar ya da Geary-Khamis doları, herhangi bir zamanda Amerikan dolarının ABD'deki satın alma gücüne eşit olan farazi bir para birimidir. Ülkeler arasında ve zaman içerisinde yaşam standartlarının karşılaştırılması gibi çeşitli karşılaştırmaların daha sağlıklı yapılması amacıyla kullanılır. Dünya Bankası ya da IMF gibi uluslararası kuruluşlar istatistiklerinde bu para birimini kullanmaktadırlar. İstatistiksel tanım için Birleşmiş Milletlerin şu web sayfasına bakılabilir: http://unstats.un.org/unsd/methods/icp/ipc7_h.htm (Erişim Tarihi 3 Aralık 2009).

Kömür: Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden kullanılabilir kömür rezervlerinin logaritması.

Doğal Gaz: Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden kullanılabilir doğal gaz rezervlerinin logaritması.

Petrol: Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden kullanılabilir ham petrol rezervlerinin logaritması.

Hidroelektrik: Kişi başına düşen kilowatt-saat cinsinden hidroelektrik üretim kapasitesinin logaritması.

Enerji Yoğunluğu: 1 \$ milli gelir (PPP) üretmek için kullanılan enerji tüketimi.

Elektrik Kapasite Kullanım Oranı: Toplam net elektrik üretiminin toplam elektrik üretim kapasitesine oranı.

Ekonomik Serbestlik Endeksi: Ülkelerin kurumlarının ve politikalarının ekonomik serbestliği teşvik ölçüsü. Yüksek endeks değerleri ekonomik yönden daha serbest ülkeleri temsil etmektedir.

Nüfus yoğunluğu: Kilometrekare başına düşen nüfus.

Varşova: Varşova Paktına üye olmuş olan ülkeler için kukla değişkeni.³⁰

Enerji Maliyeti: Varil Başlı Reel Ham Petrol Fiyatı (\$).

Geçmiş Enerji Maliyeti: 10 yıl önceki Varil Başlı Reel Ham Petrol Fiyatı (\$).

Çernobil: Çernobil sonrası için bire eşit olan kukla değişkeni.

Ekonometrik Model

Çalışmamızda nükleer enerjinin toplam enerji içindeki yüzdesinin diğer faktörler tarafından nasıl etkilendiğini inceliyoruz. Elimizdeki örneklem tesadüfi bir örneklem olsaydı, klasik en küçük kareler tahmincilerini kullanabilirdik. Ancak, bir örneklem bağımlı değişkenin aldığı değerlere göre oluşmuşsa, parametre tahminleri tutarsız olacaktır. Bu örneklemere seçilmiş örneklem adı verilir ve tahmin sürecinde bu problemin dikkate alınması gerekir.

Bizim örneklemimizde seçim problemi olduğu aşikârdır. Ülkeler ilk olarak, alternatif bir enerji kaynağı olarak nükleer enerjiye sahip olup olmayacaklarına karar verirler. Bu kararı verip nükleer reaktörü inşa ettikten sonra ise bu reaktörü kullanarak ne kadar enerji üreteceklerine karar verirler. Örneklemimizde, nükleer enerjiye sahip olmayı seçmiş ülkelerin ne kadar nükleer enerji ürettikleri ile ilgili pozitif değerler

³⁰ Arnavutluk, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Rusya, Slovakya, Doğu Almanya, Macaristan, Polonya, Romanya ve eski SSCB.

mevcuttur. Bu ülkelerin yüksek enerji talebi olan ülkeler olduklarını varsayarsak, örnekleminiz tesadüfi örneklem olmaktan çıkacak ve parametre tahminleri sapmasızlık özelliklerini yitireceklerdir.³¹

Bir nükleer reaktör inşası 5 ila 10 yıl sürmektedir. Dolayısıyla, nükleer güce sahip olmayan bir ülke, bir kaç ay içinde nükleer enerji sahibi olmayı seçemez, ya da nükleer reaktöre sahip bir ülke, bu reaktörün belli bir zaman için atıl durumda kalmasını istemez. Bu durum, ülkelerin nükleer enerjiye sahip olup olmadıklarına göre bazı kararları alacaklarını göstermektedir. Dolayısıyla alternatif enerji kaynağı olarak nükleer enerjiye sahip olma kararı dikkatle analiz edilmesi gereken karmaşık bir süreçtir.

Nükleer güce sahip olma kararını iki aşamalı bir süreç olarak aşağıdaki şekilde modellemektedir: Ülkelerin nükleer enerjilerinin toplam enerji içerisindeki yüzdesinin diğer ülke özellikleri tarafından aşağıdaki ekonometrik modele göre belirlendiğini varsayılmaktadır.

$y_i = x_i\beta + \varepsilon_{1i}$	(1)
-------------------------------------	-----

Yukarıdaki modelde, y_i nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payı ve x_i ise bir önceki bölümde bahsedilen diğer ülke özelliklerinden oluşan bağımsız değişken vektörüdür. y_i her zaman gözlemlenmemektedir. Bağımlı değişken, i ülkesi için ancak aşağıdaki denklem 2'deki şart sağlandığı zaman gözlemlenmektedir.

$z_i\alpha + \varepsilon_{2i} > 0$	(2)
------------------------------------	-----

Yukarıdaki modelde,

$$\varepsilon_1 \sim N(0, \sigma)$$

$$\varepsilon_2 \sim N(0, 1)$$

$$\text{korelasyon}(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \rho$$

olduğunu varsayılmaktadır. 2. denkleme seçim denklemi adı verilmektedir ve z_i seçimi etkileyen bağımsız değişkenlerin vektörüdür. Bu çalışma bağlamında nükleer enerjiye

³¹ Seçim modeli, seçim probleminin uluslararası ilişkiler araştırmalarında doğuracağı problemler ve uluslararası ilişkiler araştırmalarındaki uygulamaları için *International Interactions* dergisinin seçim problemi özel sayısı (Cilt 28, No 1, 2002) ve şu makaleler incelenebilir: James Fearon, "Selection Effects and Deterrence", *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, No 1, 2002, s. 5-29; Irfan Nooruddin, "Modeling Selection Bias in Studies of Sanctions Efficacy", *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, No 1, 2002, s. 59-75; William Reed ve David Clark, "Toward a Multiprocess Model of Rivalry and the Democratic Peace", *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, No 1, 2002, s. 77-92; Paul Huth, *Standing Your Ground: Territorial Disputes and International Conflict*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1996; Steven C. Poe ve James Meernik, "US Military Aid in the 1980s: A Global Analysis", *Journal of Peace Research*, Cilt 32, No 4, 1995, s. 399-411; Douglas Lemke ve William Reed, "War and Rivalry among Great Powers", *American Journal of Political Science*, Cilt 45, No 2, 2001, s. 457-69; Matthew Rendall, "Defensive realism and the Concert of Europe", *Review of International Studies*, Cilt 32, No 3, 2006, s. 523-40; Jana von Stein, "Do Treaties Constrain or Screen? Selection Bias and Treaty Compliance", *American Political Science Review*, Cilt 99, No 4, 2005, s. 611-22; Branislav L. Slantchev et al., "Probabilistic Causality, Selection Bias, and the Logic of the Democratic Peace", *American Political Science Review*, Cilt 99, No 3, 2005, s. 459-62; J. Joseph Hewitt, ve Gary Goertz, "Conceptualizing Interstate Conflict: How Do Concept-Building Strategies Relate to Selection Effects?" *International Interactions*, Cilt 31, No 2, 2005, s. 163-82; ve Vesna Danilovic, "Conceptual and Selection Bias Issues in Deterrence." *Journal of Conflict Resolution*, Cilt 45, No 1, 2001, s. 97-126.

sahip olma kararı 2. denklemdeki modele göre belirlenmekte ve bir ülke bu kararı verip nükleer santral inşa ettikten sonra ne kadar nükleer enerji üreteceği, yani nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki yüzdesi 1. denklemdeki ekonometrik modele göre belirlenmektedir. $p \neq 0$ olduğu zaman, 1. denkleme uygulanacak standart tahminleme yöntemleri sapmasız sonuçlar ortaya çıkarmamaktadır. Yukarıdaki seçim modelinin parametreleri en çok olabilirlik tahmincisi veya Heckman'ın iki aşamalı tahmin yöntemi ile tahmin edilebilir.³² En çok olabilirlik tahmincisi tutarlı ve yavaşimli (*asimtotik*) olarak etkindir ama ϵ_1 ve ϵ_2 'nin birleşik normalliğini gerektirmektedir. Heckman'ın iki aşamalı tahmincisi ise tutarlıdır ama en çok olabilirlik tahmincisine göre bir etkinlik kaybı söz konusudur. Ama birleşik normalliğe göre daha zayıf dağılımsal varsayımlara bağlı olma avantajını taşımaktadır.³³ Bu makalede tahmin yöntemi olarak daha etkin olan en çok olabilirlik tahmincisini tercih edilmiştir. Bununla birlikte, sonuçların sağlamlığını test etmek için Heckman'ın iki aşamalı tahmincisi de kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, en çok olabilirlik tahmincisini kullanarak bulunan sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Seçim modelinin tahminleyebilmek için gözlem ihtimalini etkileyen (nükleer enerjiye sahip olma kararı) ama çalışmadaki bağımlı değişkeni (nükleer enerji yüzdesi) etkilemeyen bazı değişkenlerin (faktörlerin) olması gerekmektedir. Yukarıdaki 1. ve 2. denklemler bağlamında, 2. denklemdeki (seçim denklemi) z_i vektöründeki bazı değişkenlerin y_i 'yi etkilememesi, yani x_i içerisinde olmaması gerekmektedir.

Çalışmada elektrik kapasite kullanım oranı, ekonomik serbestlik endeksi ve nüfus yoğunluğu değişkenlerinin nükleer enerjiye sahip olma kararında etkili olduğu, ama nükleer santral kurulduktan sonra ne kadar nükleer enerji üretileceği kararını etkilemediğini varsayılmaktadır. Kurulan santral ile ne kadar nükleer enerji üretileceği güncel enerji ihtiyaçları ve var olan alternatif enerji kaynakları gibi faktörler tarafından belirlenmektedir.

Özetle, ülkelerin nükleer enerjilerinin toplam enerji içerisindeki yüzdesinin diğer ülke özellikleri tarafından belirlendiği 1. denklemdeki x_i vektörü, *GSYİH*, *GSYİHP*, *Kömür*, *Doğal Gaz*, *Petrol*, *Hidroelektrik*, *Enerji Yoğunluğu*, *Varşova* ve *Enerji Maliyeti* değişkenlerinden oluşmakta, ülkelerin nükleer enerjiye sahip olma kararının belirlendiği 2. denklemdeki z_i vektörü ise *GSYİH*, *GSYİHP*, *Kömür*, *Doğal Gaz*, *Petrol*, *Hidroelektrik*, *Elektrik Kapasite Kullanım Oranı*, *Ekonomik Serbestlik Endeksi*, *Nüfus yoğunluğu*, *Enerji Yoğunluğu*, *Varşova*, *Çernobil* ve *Geçmiş Enerji Maliyeti* değişkenlerinden oluşmaktadır. Bu değişkenlerin tanımları bir önceki bölümde tartışılmıştı.

Bulgular ve Değerlendirme

Tablo 1, tanımlayıcı istatistikleri vermektedir. Çalışmanın örnekleminde analiz için gerekli bütün verilere sahip olan 67 ülke bulunmaktadır. Bunların ortalama %19.12'si nükleer

³² James Heckman, "Sample Selection as a Specification Error", *Econometrica*, Cilt 47, No 1, 1979, p. 153-161.

³³ Seçim modellerinin ayrıntıları için bkz., Takeshi Amemiya, "Tobit Models: A Survey," *Journal of Econometrics*, Cilt 24, No 1-2, 1984, s. 3-61 veya Colin Cameron ve Pravin Trivedi, *Microeconomics Methods and Applications*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2005.

enerjiye sahiptir.³⁴ Nükleer enerji sahibi ülkeler ortalama olarak enerjilerinin %4.89'unu nükleer kaynaklardan karşılamaktadırlar. Bu ülkeler arasında %80'lere ulaşan oranlarla Litvanya ve Fransa başı çekmektedir.

Sonuçlar Tablo 2'de sunulmaktadır. Seçim modelinin sonuçları (2. denklem parametre tahminleri), Tablo 2'nin birinci sütununda sunulmaktadır. Bu model'de ülkelerin nükleer santral sahibi olma ihtimalleri incelenmektedir. Bulunan sonuçlar tahmin öncesi beklentilere uygundur. Kişi başı GSYİH değişkenin katsayısının pozitif olması, zengin ülkelerin nükleer enerji sahibi olma ihtimalinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Daha önce bahsedildiği gibi bunun birçok açıklaması olabilir. Gelir seviyesi düşük ülkeler genellikle daha az enerji kullanmakta ve hidroelektrik ve termik santrallerden elde ettikleri enerji, ihtiyaçları için yeterli olmaktadır. Ayrıca, nükleer enerji daha karmaşık teknoloji gerektirdiği için zengin ülkelerin bu teknolojiye sahip olma ihtimalleri daha fazladır. Gelir seviyesi düşük ülkeler genellikle daha istikrarsız oldukları için, gerekli teknolojiyi gelişmiş ülkelere transfer etmeleri politik sebeplerden dolayı mümkün olamayabilir.

GSYİH'nın katsayısının negatif olması, gelir ile nükleer reaktör sahibi olma arasında EKC tipi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Nükleer santral sahibi olma ihtimali ilk başta gelire beraber artmakta, ancak belirli bir gelir seviyesinden sonra (zirve noktasından sonra) gelir arttıkça bu ihtimal düşmektedir. Bu durum birçok çevre kirliliği ölçütlerinde görülen ve Şekil-1 de görülen ters-U grafiğine sebep olmaktadır.³⁵ Modelden elde edilen tahminlere göre nükleer enerji seçme ihtimali gelire beraber artmakta, gelir seviyesi 31.800 dolar olduğunda yaklaşık %34 ile maksimum seviyesine ulaşmakta ve daha sonra, gelir arttıkça nükleer enerji sahibi olma ihtimali düşmektedir. Bir başka örnek vermek gerekirse, gelir seviyesi 10.000 dolardan 20.000 dolara çıkınca, nükleer enerjiyi seçme ihtimali 2.5 kat artış göstererek yaklaşık %10'dan %25'e çıkmaktadır.

Gelirle nükleer enerji arasındaki bu ters-U şeklinde ilişkinin sebebi, çok zengin ülkelerin vatandaşlarının çok güçlü bir çevre duyarlılığına sahip olmalarıyla açıklanabilir. Bu ülkeler çok zengin oldukları için, üretim maliyetlerinde ucuz nükleer enerji kullanmamaktan kaynaklanan artış çok önemli olmayabilir. Bu ülkeler için, nükleer enerjinin getireceği risklere maruz kalmamanın marjinal faydası, nükleer enerjiye sahip olmanın getireceği marjinal maliyetten daha fazladır. Ayrıca, kişi başı gelirleri çok yüksek olan ülkeler genellikle bilgi veya servis tabanlı ekonomilere sahip oldukları için, çok fazla enerjiye de ihtiyaç duymazlar.

³⁴ Bu ülkeler şunlardır: ABD, Almanya, Arjantin, Arnavutluk, Avustralya, Avusturya, Bahreyn, Bangladeş, Benin, Birleşik Arap Emirlikleri, Bolivya, Brezilya, Bulgaristan, Cezayir, Çek Cumhuriyeti, Çin, Danimarka, Ekvator, Endonezya, Fas, Fildişi Sahili, Filipinler, Fransa, Gabon, Gana, Guatemala, Güney Afrika, Hırvatistan, Hindistan, Hollanda, İngiltere, İran, İspanya, İsrail, İtalya, Japonya, Kamerun, Kanada, Kolombiya, Kongo (Brazzaville), Kongo (Kinşasa), Kuveyt, Macaristan, Malezya, Meksika, Mısır, Nijerya, Norveç, Pakistan, Papua Yeni Gine, Peru, Polonya, Romanya, Rusya, Slovakya, Suriye, Şili, Tayland, Trinidad ve Tobago, Tunus, Türkiye, Ukrayna, Umman, Ürdün, Venezuela, Yeni Zelanda, Yunanistan.

³⁵ Şekil 1, ekonometrik modelimizden elde edilen parametre tahminleri ve gelir dışındaki bağımsız değişkenler için bütün ülkelerin ortalama değerleri kullanılarak oluşturulmuştur.

Beklendiği gibi doğal gaz ve petrol kaynakları gibi alternatif enerji kaynaklarının varlığı nükleer santral sahibi olma ihtimalini azaltmaktadır. İlginçtir ki, kömür ve hidro enerji kaynakları ile ilgili değişkenlerin katsayısı beklentilere ters bir biçimde pozitif çıkmıştır. Bu değişkenlerin katsayısının beklentilere ters bir biçimde pozitif çıkmasının, yani ülkedeki kömür ve hidro enerji kaynakları arttıkça nükleer enerji seçme ihtimalinin artmasının sebepleri için şunlar söylenebilir: Muhtemelen kömür ile nükleer enerji arasındaki yukarıda tartışılan alternatiflik ilişkisine göre daha baskın çıkan bir ilişki vardır. Yani nükleer enerjiyi seçen ülkeler, aynı zamanda kömür rezervi yüksek olan ülkelerdir ve bu ülkelerin nükleer enerjiyi seçme kararlarında sahip oldukları yüksek kömür rezervlerinin alternatiflik etkisi azdır. Bu argümanın muhtemel doğruluğunu kontrol etmek için örneklemedeki en yüksek kömür rezervi olan ülkelere bakıldığında, bunların ABD, Rusya, Çin ve Hindistan olduğunu görülmektedir. Bu ülkelerin yüksek enerji ihtiyaçları ya da nükleer silaha sahip olma gibi motivasyonları, kömürün alternatiflik etkisine baskın çıkmış ve tahminlerdeki kömür katsayısının pozitif çıkmasına sebebiyet vermiş olabilir. Hidro enerji kaynakları ile nükleer enerji seçimi arasındaki pozitif ilişkiye gelince, nükleer reaktörler genellikle soğutma amaçlı su kaynaklarını kullanmaktadırlar. Dolayısıyla su kaynağı genellikle nükleer reaktör ile bu reaktörde ısınmış sudan elektrik üreten reaktörle yan yanadır. Yani su kaynakları ile nükleer reaktörün çalışması arasında bir tamamlayıcılık söz konusudur. Bu tamamlayıcılık sonuçta tahminlerdeki pozitif ilişkiyi vermiş olabilir.³⁶

Bir başka ilginç bulgu da varil başı ham petrol fiyatı ile ölçülen enerji maliyetiyle ilgilidir. Genelde, petrol ve nükleer enerji kaynakları birbirine alternatif görüldükleri için, petrol fiyatı arttıkça ülkelerin nükleer enerjiyi daha ciddi bir biçimde gündeme alacaklarını beklenmektedir. Fakat ulaşılan bulgular petrol fiyatının nükleer santral kurma kararını etkilemediğini göstermektedir. Nükleer santral inşası beş ila on yıllık sürdüğü için gecikmeli petrol fiyatlarının bu kararlar üzerinde etkili olabileceğini düşünülebilir. Yani bugün çalışmaya başlayan bir nükleer santralin kurulma kararı 5 ila 10 yıl önce alınmış olacağını düşünülerek, kararın alındığı dönemdeki petrol fiyatlarının etkisi araştırılmıştır. Modele 5,7 ve 10 yıl önceki ham petrol fiyatların yanı sıra, fiyatların son 5, 7 ve 10 yıllık hareketli ortalaması dâhil edildi. Fakat sonuçta anlamlı bir etki bulanamamıştır. Nükleer santrallerin inşasının çok uzun zaman alması ve bu zaman süresi içinde petrol fiyatlarında büyük dalgalanmaların olacağı beklentisi, nükleer enerjiye sahip olma kararında petrol fiyatlarının etkisini sınırlandırmış olabilir.

Ekonomik serbestlik indeksi ile nükleer santral kurma kararı arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir. Bir ülkenin ekonomik serbestliği arttıkça, nükleer enerjiye sahip olma ihtimali azalmaktadır. Bu ilişkiyi daha iyi yorumlamak için Varşova kukla değişkenin katsayısına bakılabilir. Hesaplamalara göre Varşova Paketi ülkelerinin nükleer enerjiye sahip olma ihtimalleri, diğer ülkelere göre yaklaşık %28 oranında daha fazladır. Bu ülkelerin nükleer enerjiye sahip olma kararlarının ekonomik olmaktan çok politik olduğu ve bunun ekonomik serbestlik derecesi düşük diğer ülkeler için de belli bir oranda geçerli olduğunu söylenebilir.

³⁶ Bu konuda bilgi için http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power#Water ve ilgili paragrafta verilen referanslara bakılabilir (Erişim Tarihi 7 Ağustos 2009).

Ayrıca eski Varşova Paketi üyesi ülkelerin Batı ülkelerine göre çok daha enerji yoğun ekonomilere sahip olduğu bilinmektedir.³⁷ Bu ülkelerin daha fazla enerjiye ihtiyaçları olduğundan, onlar için ucuz nükleer enerjinin cazibesi, muhtemel kaza ve sızıntılardan kaynaklanabilecek zararlardan daha önemli hale gelmiş olabilir.

Nüfus yoğunluğunun artması enerji ihtiyacını artıracığı için nükleer enerjiye sahip olma ile nüfus yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki beklenebilir. Ancak, nüfus yoğunluğu potansiyel kazaların ve sızıntıların etkisini artıracığından nükleer enerjiye talebi azaltıcı bir etkide de bulunabilir. Bunun yanı sıra yoğun nüfus, nükleer enerjinin alternatifleri olan termik ve hidroelektrik santrallerin zararlarını da artıracak, bu da yine nükleer enerji talebini artırıcı bir etki oluşturacaktır. Nüfus yoğunluğunun bu etkilerinden hangisinin baskın çıkacağı analiz sonucunda ortaya çıkacaktır.

Bir başka bulgu da nüfus yoğunluğu ile nükleer santral kurma kararı arasında pozitif bir ilişki olmasıdır. Bu sonuç, yüksek nüfus yoğunluğu sebebiyle artan enerji ihtiyacı ile nükleer enerjinin alternatifleri olan fosil yakıtların oluşturacağı çevre kirliliğinin etkisinin nüfus yoğunluğuna bağlı olarak artmasının nükleer enerji talebi üzerindeki pozitif etkisinin, nükleer enerji ile ilgili kaza ve sızıntıların nükleer enerji talebi üzerindeki negatif etkisine baskın çıktığını göstermektedir. Bulunan pozitif ilişkinin sebebinin Çin olabileceğini düşünülerek, Çin örneklemeden çıkartılarak bir tahmin yapılmış, elde edilen sonuçta da yukarıdakine benzer değerler bulunmuştur.

Tablo 2'nin ikinci sütununda nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payını etkileyen faktörlerle ilgili sonuçlar bulunmaktadır. Sonuçların çoğu, seçim modeline benzerlik göstermektedir. Dikkate değer bir farklılık GSYİH'nın katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olmamasıdır. Bu sonuç büyük olasılıkla, nükleer santralin kurulduktan sonra atıl bırakılmamasından kaynaklanmaktadır. Çevre ile ilgili endişeler, nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payını pek etkilememektedir.

Petrol ve doğal gaz kaynaklarının varlığı nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payını azaltmaktadır. Enerji Maliyeti (ham petrol fiyatı), yukarıdaki seçim modelinde olduğu gibi nükleer enerjinin payını etkilememektedir. Bu sonuç, seçim modelinde olduğundan daha kuvvetli bir sonuçtur. Çünkü normalde ülkelerin bugünkü petrol fiyatları arttığı zaman nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynaklarına yönelmeleri beklenir. Petrol fiyatlarının artması, doğal gaz santrallerinin kapatılması veya kapasite kullanımının düşürülmesi dolayısıyla nükleer enerjinin toplam enerji içindeki yüzdesinin artmasına sebebiyet verebilir. Ama çalışmanın sonuçları bu çıkarımları desteklememekte ve enerji maliyetleri ile nükleer enerjinin toplam enerji içindeki payı arasında bir ilişki görülmemesi, bu konunun başka bir çalışmada daha ayrıntılı bir analize tabii tutulması gerektiğini göstermektedir.

³⁷ Joshua Goldstein et al., "Energy in the World Economy, 1950-1992", *International Studies Quarterly*, Cilt 41, No 2, 1997, s. 241-266.

Türkiye ve Nükleer Enerji

Bu bölümde, çalışmanın modelindeki parametre tahminleri kullanılarak Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma kararı ve nükleer enerjiye sahip olması durumunda ne kadar nükleer enerji üreteceği konusunda tahminlerde bulunulacaktır. Şekil 2, 1980'den 2005'e kadar Türkiye'nin nükleer santrale sahip olma olasılıkları ile ilgili tahmini sonuçlarını göstermektedir. Bir başka yorumla, şekilde, ülke karakteristikleri yönüyle (milli gelir, enerji kaynakları, enerji yoğunluğu, nüfus yoğunluğu vs.) Türkiye'ye benzeyen ülkelerin yaklaşık yüzde kaçının nükleer enerjiye sahip olacağı ile ilgili tahminler bulunmaktadır. Şekle göre, Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma olasılığı 1990'lı yıllardan itibaren düzenli bir artış göstererek 2005 yılında %44,1'e ulaşmış, 2006 ve 2007 yılları projeksiyonuna göre ise %45,4 ve %46,3 olarak gerçekleşmiştir.³⁸ Bu eğilimden Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma olasılığının, önümüzdeki yıllarda eşik değeri olarak kabul edebileceğimiz %50'nin üzerine çıkacağı görülmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun AB ulusal hesap sistemi ESA 95'e uyum için milli gelir hesaplamalarında yaptığı değişiklik sonucu milli gelirin eskisinden yaklaşık %20-%30 civarında daha fazla olduğu, bunun yanı sıra Türkiye'deki kayıt dışı ekonominin boyutları düşünülürse, yukarıda verilen olasılık tahminlerinin olması gerekenden daha düşük olduğu anlaşılabilir. Farkı daha iyi görebilmek için, yeni değerlere göre de olasılık hesaplamalarını yapmıştır. Şekil 2'deki çizgili grafik, yeni kişi başı GSYİH serilerine göre yapılmış tahminleri göstermektedir. *World Development Indicators*'dan alınan kişi başı GSYİH değerleri (cari, uluslararası dolar cinsinden) 2005, 2006 ve 2007 yılları için sırasıyla 10.370, 11.535 ve 12.481 dolardır. Bu değerlere karşılık gelen Türkiye'nin nükleer enerjiyi seçme olasılıkları ise sırasıyla %54,1, %57,8 ve %60,5'tir. Ayrıca, Türkiye nükleer enerji sahibi olmaya bugün karar verse bile, nükleer santralin inşaa ve üretime geçme safhasının 7 ila 10 yıl sürdüğü ve bu zaman zarfında pozitif ekonomik büyüme varsayımıyla milli gelirin şimdiki seviyelerinden daha da ilerde olacağı göz önüne alındığında, bahsi geçen olasılıkların daha da artacağını ileri sürülebilir. Bu veriler, dünyada nükleer enerji sahibi diğer ülkelerin özelliklerini de dikkate alındığında Türkiye'nin nükleer enerji seçme gerekliliğinin gittikçe güçlendiğini göstermektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2004 yılında yayımladığı "Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesi" taslak metninde elektrik enerjisi üretimi içerisinde nükleer santrallerin payının 2020 yılına kadar asgari %8, 2030 yılına kadar ise %20 olmasının hedeflendiği ifade edilmektedir.³⁹ Şekil 3 ve 4'te modeldeki parametre tahminlerini kullanarak elde edilen Türkiye'nin nükleer enerji üretiminin toplam enerji içindeki yüzdesi ile ilgili tahminler bulunmaktadır. Şekil 3'te Türkiye'nin nükleer enerji seçmiş olması koşuluna bağlı olarak üreteceği nükleer enerjinin beklenen değeri vardır.

³⁸ Veri seti, daha önce belirtildiği üzere 1980-2005 yılları arasında kapsamaktadır. Bağımlı değişkenin tahmini değerlerini 2006 ve 2007 yılı için hesaplarken, kişi başı GSYİH için 2006 ve 2007 değerleri, diğer bağımsız değişkenler için ise 2005 değerleri kullanılmıştır.

³⁹ Bu metnin bir kopyası Hidroelektrik Santralleri Sanayi İşadamları Derneği'nin web sayfasındaki şu linkte bulunabilir: <http://www.hesiad.org.tr/stratejibelgesi.doc> (*Erişim Tarihi 6 Ağustos 2009*).

Şekil 4 ise, beklenen nükleer enerji üretim yüzdesinin koşulsuz değerini göstermektedir. Yani matematiksel olarak, y nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki yüzdesi olmak üzere, Şekil 3 $E(y|Nükleer Santral Kurulu)$ tahminlerini, Şekil 4 ise $E(y)$ tahminlerini vermektedir. Bu iki ifade arasındaki ilişki ise $E(y|Nükleer Santral Kurulu)* P(Seçim)$, şeklindedir. Bu ifadedeki $P(Seçim)$, Türkiye'nin nükleer santrali seçme ihtimalidir ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 3'e göre, eğer Türkiye nükleer enerji santraline bugün sahip olmuş olsaydı, toplam enerjisinin yaklaşık %14- %16'sını nükleer enerjiden sağlayacaktı. Halen Türkiye'nin nükleer santrali bulunmadığı için, nükleer santrale sahip olma olasılığını da kullanarak yapılan hesaplamalara göreyse (Şekil 4), Türkiye'nin beklenen nükleer enerji yüzdesi %6-10 civarındadır.

Ülkeler enerjiyle ilgili kararlar alırken maliyet, kaynak çeşitliliği, taşıma güvenliği, verimlilik, teknoloji ve çevresel unsurları dikkate almaktadırlar.⁴⁰ Çalışmada kullanılan modelde, maliyet, kaynak çeşitliliği ve kısmen de çevresel unsurları kontrol edilebilmektedir. Ancak enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye'nin ithalatındaki arz güvenliğini de göz önüne alınması gerekmektedir. Enerji talebini göreceli olarak güvenli ve süreklilik arz eden kaynaklardan sağlayabilen (ithal eden) ülkelerin nükleer enerjiye ihtiyaçlarının hayati olmayabileceği iddia edilebilir. Türkiye'nin büyük oranda İran ve Rusya'ya bağımlılığı ve bu ülkelerin son yıllardaki güven vermeyen tutumları göz önüne alındığında, nükleer enerjinin modelde tahmin edilenden daha öte bir gereklilik olduğu iddia edilebilir.

Türkiye'nin Kyoto Anlaşmasına taraf olmasıyla ve sera gazı salınımı konusunda bazı yükümlülükler altına girmesiyle petrol ve kömür gibi yüksek oranda sera gazı salınımına yol açan enerji kaynaklarından kısmen uzaklaşması beklenebilir. Dolayısıyla nükleer enerjiye ihtiyaç daha da artabilir. Ayrıca kayıt dışı ekonominin Türkiye'de yüksek olması da resmi milli gelir rakamlarının gerçek milli gelir rakamlarından küçük olmasına yol açmaktadır. Türkiye'nin gerçek milli gelirinin modelde kullanılan rakamın en muhafazakâr tahminle %30 üzerinde olduğu iddia edilebilir. Milli gelir arttıkça nükleer enerjiye ihtiyacın arttığı göz önüne alındığında Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma gerekliliğinin belirtilen rakamdan daha büyük olduğu söylenebilir.⁴¹

Sonuç

Son yıllardaki hızlı ekonomik büyümeyle birlikte Türkiye'nin enerji ihtiyacı çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Enerjideki dışa bağımlılık, gerek cari açığı artırması gerekse çok stratejik bir üretim faktörü olması nedeniyle ekonomik ve politik yönden ülkeyi zayıflatmaktadır. Bu sorundan kurtulmak isteyen politika yapıcılar, enerji yatırımlarına özel önem vermektedir. Bu yüzden ülkenin tüm potansiyel kaynaklarının harekete geçirilmesine ihtiyaç vardır. Türkiye her ne kadar halen kullanmakta olduğu doğal gaz, kömür, su, rüzgâr ve güneş gibi enerji kaynaklarının kullanımını amacıyla yeni yatırımlar yapsa da, nükleer enerji alternatifini kullanmadan ülkenin enerji bağımlılığının azaltılması mümkün de-

⁴⁰ Bilgin, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı".

⁴¹ Bu konuya dikkatimizi çeken hakeme teşekkür ederiz.

gildir. Dünya genelinde ortalama elektrik üretiminin %15'i nükleer kaynaklardan elde edilmektedir. Bu oran Fransa'da %79'a kadar çıkabilmektedir. Doğal olarak Türkiye de uzun yıllardan beri nükleer enerji alternatifleriyle ciddi olarak ilgilenmiş ve birkaç kez bu konuda somut adımlar atmıştır.

Nükleer enerji karşıtları, santrallerin ekonomik performansı, operasyonları sırasında çevreye verecekleri potansiyel zarar, nükleer atık depolama problemleri, terörist faaliyetlere ve kazalara karşı güvenliklerinin sağlanması ve nükleer silaha yönelik bir basamak olması konularındaki kaygılarını sıklıkla dile getirmektedirler. Buna karşın enerji arzında çeşitliliğe ve dolayısıyla arz güvenliğine katkısı, bazı yönlerden alternatiflerine göre daha çevre dostu olması, nükleer silahlara sahip olmak için bir atlama taşı olması gibi avantajları nükleer enerjiyi destekleyenler tarafından öne çıkarılmaktadır. Nükleer enerjinin gerek ülkeler bazında gerek dünya ölçeğinde fayda-maliyet analizleri birçok çalışmada yapılmıştır. Ancak araştırma sırasında yapılması gerekli olan varsayımların sayıca çokluğu ve bunun sonuçları önemli oranda etkilemesi, bu çalışmalara olan güveni azaltmaktadır. Kullanılacak faiz oranı (*social discount rate*), uranyum, petrol, kömür, doğal gaz gibi yakıtların piyasa fiyatları, alternatif yakıtlardan kaynaklanan sera gazı ve diğer zararlı emisyonların küresel ısınmaya ve insan sağlığına etkisi gibi konularda birçok varsayım yapmak gerekmektedir. Bu değişkenlerin hemen hepsi sıklıkla büyük varyasyonlar geçirmekte, dolayısıyla bugün yapılan hesaplamalar gelecek sene çok az değer taşıyabilmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'nin nükleer enerji teknolojisine sahip olup olmama kararını değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken nükleer enerjinin avantaj ve dezavantajlarını ayrıntılı bir şekilde değerlendirmekten ziyade dünyada nükleer enerji teknolojisine sahip ülkelerle Türkiye'nin durumunu karşılaştırması tercih edilmiştir. Bir başka ifadeyle eğer Türkiye gelişmiş ülkeler gibi davranıyorsa nükleer enerji teknolojisine sahip olur muydu, cevap evetse tüm enerji üretiminin ne kadarını nükleer kaynaklardan elde ederdi sorularına cevap aranmıştır. Yani hangi özelliklere sahip ülkeler nükleer enerjiye sahip oluyor sorusunun cevabı bulunmaya çalışılmıştır. Milli gelir, enerji kaynakları, enerji yoğunluğu, nüfus yoğunluğu vs. gibi değişkenlerin ülkelerin nükleer enerjiye sahip olup-olmama kararlarını etkileyeceği öngörülmüştür. Özellikle, ülkelerin nükleer enerji konusundaki kararları ile gelirleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ve nükleer enerji ile gelir arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğu hipotezi test edilmiştir. Elde edilen istatistikî sonuçlar bu hipotezi doğrulamaktadır. Çalışmada elde edilen parametre tahminlerine ve Türkiye'nin kişi başı milli gelir seviyelerine göre, Türkiye'nin nükleer enerjiye sahip olma ihtimali %60 civarlarına çıkmıştır ve nükleer enerji sahibi olması durumunda nükleer enerjinin toplam enerji içindeki tahmini payı %14-16 civarındadır.

Kaynakça

- Aktar, İsmail, *The Future of Nuclear Power: A Worldwide Perspective*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Clemson, Clemson University, ABD, 2004.
- Amemiya, Takeshi, "Tobit Models: A Survey," *Journal of Econometrics*, Cilt 24, No 1-2, 1984, s. 3-61.
- Bilgin, Mert, "Fosil, Yenilenebilir ve Nükleer Yakıtların Neopolitik Anlamı – Türkiye'nin Durumu ve Gelecek Alternatifleri", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, No 20, Kış 2009, s. 57-88.
- Cameron, Colin, ve Trivedi, Pravin, *Microeconometrics Methods and Applications*, Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2005.
- Çakır, M. Tarık, Sözen, Adnan, Yücesu, H. Serdar, "Türkiye'nin Sosyo-Ekonomik Göstergeleri ile Enerji Göstergeleri Arasındaki İlişkinin Çok Değişkenli Veri Analizi ile İrdelenmesi", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, No 20, Kış 2009, s. 27-56.
- Danilovic, Vesna, "Conceptual and Selection Bias Issues in Deterrence." *Journal of Conflict Resolution*, Cilt 45, No 1, 2001, s. 97-126.
- Dinda, Soumyananda, "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, Cilt 49, No 4, 2004, s. 431-455.
- Fearon, James, "Selection Effects and Deterrence." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, No 1, 2002, s. 5 - 29.
- Goldstein, Joshua, Huang, Xiaoming, ve Akan, Burcu, "Energy in the World Economy, 1950-1992", *International Studies Quarterly*, Cilt 41, No 2, 1997, s. 241-266.
- Gore, Albert, Speech to New York University, New York, 19 Eylül 2006.
- Grossman, Gene M. ve Krueger, Alan B., "Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper 3914*, National Bureau of Economic Research, 1991.
- Heckman, James "Sample Selection as a Specification Error", *Econometrica*, Cilt 47, No 1, 1979, p. 153-161.
- Holdren, John ve Smith, Kirk, "Energy, the Environment, and Health", Jose Goldemberg (Der.), *The World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, New York, UN Development Programme, 2000, s. 61-110.
- Huth, Paul, *Standing Your Ground: Territorial Disputes and International Conflict*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1996.
- IEA, *World Energy Outlook*, IEA / OECD, Paris, France, 2006.
- Joseph Hewitt, J. ve Gary Goertz, "Conceptualizing Interstate Conflict: How Do Concept-Building Strategies Relate to Selection Effects?" *International Interactions*, Cilt 31, No 2, 2005, s. 163-82.
- Karanfil, Fatih, "Enerji-Büyüme-Çevre: Türkiye Üçgenin Neresinde?", *Uluslararası İlişkiler*, Cilt 5, No 20, Kış 2009, s. 1-26.
- Kuznets, Simon "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, Cilt 45, No 1, 1955, p.1-28.
- Lemke, Douglas ve William Reed, "War and Rivalry among Great Powers." *American Journal of Political Science*, Cilt 45, No 2, 2001, s. 457-69.
- NERA Economic Consulting ve University of Sussex, "The Economics of Nuclear Power" Mart 2006, Paper 4.
- Nooruddin, Irfan, "Modeling Selection Bias in Studies of Sanctions Efficacy." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, No 1, 2002, s. 59 - 75.
- Panayotou, Theodore, "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development", *Working Paper WP238* Technology and Employment Programme, Geneva: International Labor Office, 1993.
- Poe, Steven C. ve James Meernik, "US Military Aid in the 1980s: A Global Analysis." *Journal of Peace Research*, Cilt 32, No 4, 1995, s. 399-411.

- Reed, William and David Clark, "Toward a Multiprocess Model of Rivalry and the Democratic Peace." *International Interactions: Empirical and Theoretical Research in International Relations*, Cilt 28, No 1, 2002, s. 77 - 92.
- Rendall, Matthew, "Defensive realism and the Concert of Europe." *Review of International Studies*, Cilt 32, No 3, 2006, s. 523-40.
- Slantchev, Branislav L., Anna Alexandrova, ve Erik Gartzke, "Probabilistic Causality, Selection Bias, and the Logic of the Democratic Peace." *American Political Science Review*, Cilt 99, No 3, 2005, s. 459-62.
- Steed, Roger G., *Nuclear Power: In Canada and Beyond*, Renfrew, General Store Publishing House, 2002.
- Stoett, Peter, "Toward Renewed Legitimacy? Nuclear Power, Global Warming, and Security", *Global Environmental Politics*, Cilt 3, No 1, 2003, s. 99-116.
- Sovacool, Benjamin, "Coal and nuclear technologies: creating a false dichotomy for American energy policy," *Policy Sciences*, Cilt 40, No 2, 2007, s. 101-122.
- Stein, Jana von, "Do Treaties Constrain or Screen? Selection Bias and Treaty Compliance." *American Political Science Review*, Cilt 99, No 4, 2005, s. 611-22.
- Yandle, Bruce, Bhattarai, Madhusudan, ve Vijayaraghavan, Maya, "Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications", PERC research Study 2004, http://www.perc.org/pdf/rs02_1a.pdf (Erişim Tarihi 15-02-2009).

Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler

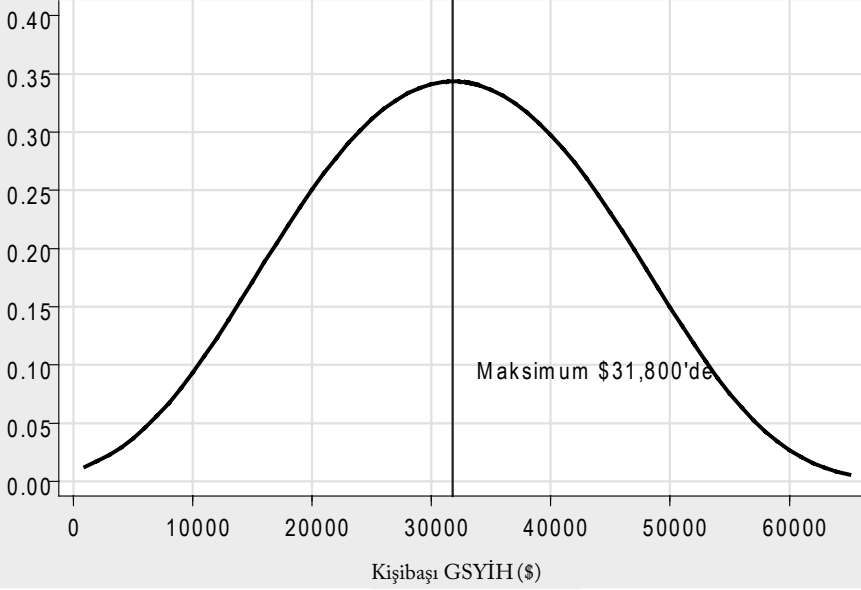
Yıl	Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Yüzdəsi	Nükleer enerjiye Sahip Ülkelerin Yüzdəsi	Kişi Başı GSY/İH (\$)	Kömür (milyon kwh)	Doğal Gaz (milyon kwh)	Petrol (milyon kwh)	Hidroelektrik (milyon kwh)	Enerji Yoğunluğu	Varşova	Varil Başı Reel Ham Petrol Fiyatı (\$)	Elektrik Kapasite Kullanım Oranı	Ekonomik Serbestlik İndeksi	Nüfus Yoğunluğu
1980	2.03	16.04	7.687	0.26	0.27	1.13	31.764.82	2.60	0.04	90.46	3.84E-04	5.40	88.02
1981	2.49	15.74	7.661	0.25	0.26	1.06	32.099.81	2.47	0.04	79.93	3.77E-04	5.42	88.43
1982	2.63	17.27	7.413	0.24	0.26	1.02	32.885.58	2.44	0.04	69.08	3.65E-04	5.39	89.39
1983	3.12	17.12	7.366	0.23	0.26	0.95	33.685.84	2.33	0.04	59.99	3.61E-04	5.39	90.37
1984	3.52	17.54	7.295	0.23	0.25	0.89	34.136.84	2.31	0.04	54.55	3.56E-04	5.38	92.19
1985	3.94	17.39	7.275	0.22	0.26	0.99	33.946.68	2.41	0.04	51.71	3.61E-04	5.44	92.99
1986	4.25	17.09	7.300	0.22	0.26	0.96	34.418.74	2.42	0.05	26.45	3.86E-04	5.44	93.41
1987	4.26	16.81	7.394	0.23	0.36	0.93	35.568.95	2.42	0.07	32.69	3.71E-04	5.44	94.55
1988	4.38	15.70	7.445	0.22	0.44	1.27	36.029.60	2.42	0.07	25.50	3.75E-04	5.43	97.13
1989	4.34	15.57	7.628	0.24	0.41	1.21	35.693.95	2.52	0.07	29.61	3.73E-04	5.43	98.00
1990	4.23	15.75	7.732	0.28	0.34	0.80	35.952.55	2.60	0.09	36.76	3.74E-04	5.65	98.12
1991	4.40	16.41	7.662	0.27	0.30	0.73	36.744.32	2.58	0.09	29.71	3.82E-04	5.65	99.07
1992	5.02	19.29	7.390	0.25	0.28	0.66	36.095.91	2.85	0.16	27.84	4.07E-04	5.66	97.21
1993	5.64	20.57	7.326	0.24	0.29	0.62	36.302.70	2.86	0.16	23.83	4.14E-04	5.66	98.22
1994	5.57	20.57	7.448	0.24	0.28	0.59	36.973.08	2.86	0.16	21.74	4.18E-04	5.66	99.51
1995	5.57	20.42	7.699	0.24	0.30	0.98	37.660.70	2.84	0.15	22.74	4.31E-04	5.98	100.85
1996	5.91	21.68	7.858	0.24	0.27	0.92	37.648.52	2.83	0.15	26.77	4.32E-04	5.98	101.60
1997	5.81	21.68	8.086	0.23	0.29	0.76	38.621.51	2.79	0.15	24.26	4.32E-04	5.98	103.11
1998	5.69	21.53	8.228	0.23	0.28	0.74	39.029.39	2.73	0.15	16.22	4.30E-04	5.98	104.28
1999	5.79	21.53	8.412	0.23	0.28	0.71	39.478.25	2.71	0.15	22.10	4.38E-04	5.98	105.81
2000	5.77	20.83	8.688	0.23	0.27	0.68	40.582.52	2.68	0.15	33.93	4.44E-04	6.40	107.38
2001	5.89	20.98	8.895	0.23	0.25	0.66	41.636.60	2.63	0.15	28.21	4.37E-04	6.37	109.38
2002	6.02	20.98	9.036	0.23	0.25	0.64	42.300.91	2.62	0.15	28.24	4.59E-04	6.41	110.76
2003	5.89	20.98	9.259	0.23	0.25	0.66	43.112.84	2.58	0.15	31.59	4.52E-04	6.39	112.15
2004	5.90	20.98	9.609	0.23	0.25	0.66	44.230.39	2.51	0.15	40.83	4.57E-04	6.41	113.53
2005	5.93	21.13	9.890	0.23	0.23	0.63	45.944.14	2.46	0.15	56.27	4.67E-04	6.54	115.67
Overall	4.89	19.12	8.037	0.24	0.28	0.82	37.755.70	2.61	0.11	36.67	4.10E-04	5.83	100.75

Tablo 2:

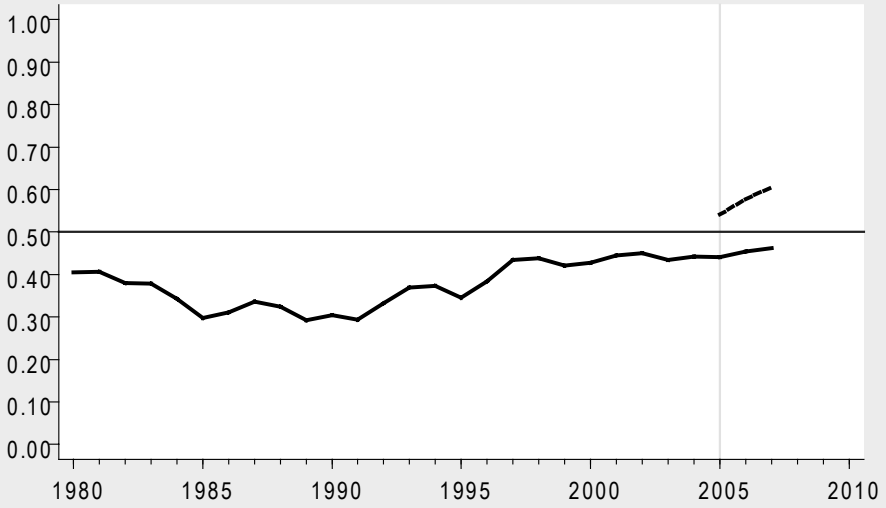
1. sütun seçim modelini yani nükleer enerjiye sahip olma kararı ile ilgili sonuçları (2. denklem), 2. sütun ise nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki yüzdesi ile ilgili sonuçları (1. denklem) sunmaktadır. En çok olabilirlik tahmincisi için dirençli standart hatalar kullanılarak elde edilmiş t değerleri parantez içinde berilmektedir. ***, ** ve *, sırasıyla 1%, 5% ve 10% seviyelerinde anlamlı olan parametreleri göstermektedir.

	Seçim Modeli: Nükleer Enerjiye Sahip Olma Kararı	Bağımsız Değişken: Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Yüzdesi
GSYİH	0.000123 *** (4.77)	0.0000184 *** (5.82)
GSYİH²	-1.92E-09 ** (-3.08)	-1.38E-10 (-1.38)
Kömür	0.125 *** (6.04)	0.00498 (0.51)
Doğal Gaz	-0.0748 ** (-3.21)	-0.0161 *** (-3.31)
Petrol	-0.106 ** (-2.59)	-0.0288 *** (-5.88)
Hidroelektrik	0.0951 *** (4.36)	0.0105 *** (2.85)
Elektrik Kapasite Kullanım Oranı	550.1 (1.52)	
Ekonomik Serbestlik Endeksi	-0.198 *** (-4.51)	
Nüfus yoğunluğu	0.00241 *** (3.95)	
Enerji Yoğunluğu	0.212 * (2.43)	0.0689 * (2.32)
Varşova	0.891 *** (5.24)	0.239 *** (8.74)
Çernobil	0.0692 (0.37)	
Enerji Maliyeti		-0.000378 (-0.77)
Geçmiş Enerji Maliyeti	-0.00185 (-0.89)	
Sabit Terim	-1.23 ** (-2.78)	0.01 (0.06)

Şekil 1: GSYİH'ya Bağlı Olarak Nükleer Enerjiyi Seçme İhtimali

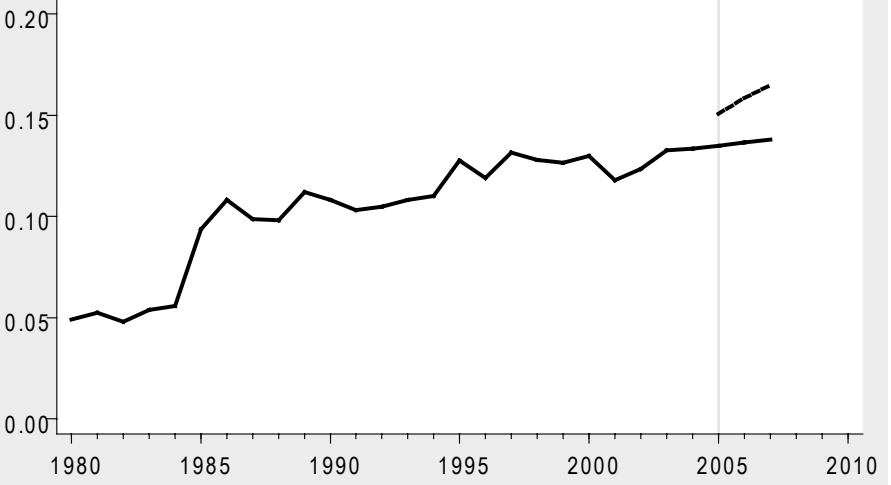


Şekil 2: Türkiye'nin Nükleer Enerjiyi Seçme İhtimali



Not:
2006 ve 2007 değerleri projeksiyondur.
Çizgili grafik, yeni GSYİH serilerine göre hesaplanmıştır.

Şekil 3: Türkiye'nin Nükleer Enerjiyi Seçmiş Olması Durumunda Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Tahmini Payı

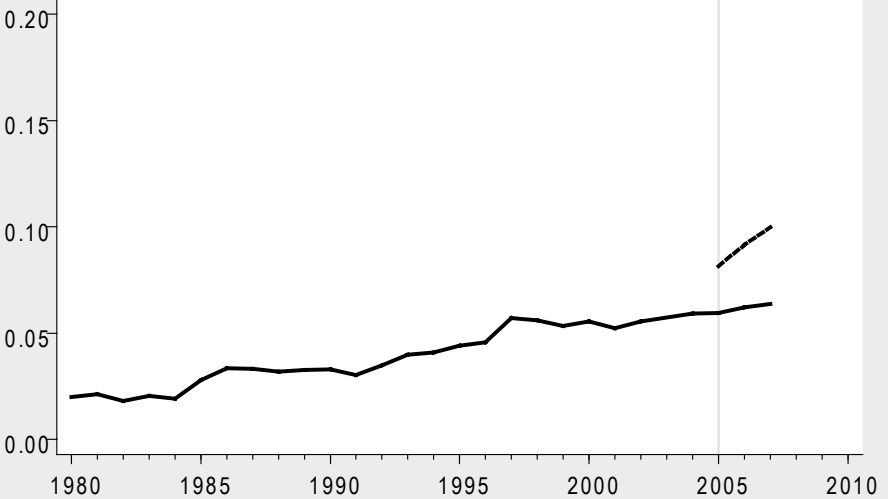


Not:

2006 ve 2007 değerleri projeksiyondur.

Çizgili grafik, yeni GSYİH serilerine göre hesaplanmıştır.

Şekil 4: Türkiye için Nükleer Enerjinin Toplam Enerji İçindeki Tahmini Payı



Not:

2006 ve 2007 değerleri projeksiyondur.

Çizgili grafik, yeni GSYİH serilerine göre hesaplanmıştır.

Summary

Our main focus in this paper is to analyze countries' decisions on whether to have nuclear generators and decisions on the share of nuclear energy in total energy. Then we use our estimated parameters to predict the probability that Turkey chooses nuclear energy and to predict the share of its nuclear energy in total energy. Our hypothesis is that decisions on nuclear energy issues are closely related with the income of the country. We propose that this relationship follows an inverted-U shape similar to those found in many environmental pollutants.

In the last two decades economists have rigorously studied the relationship between environmental quality and economic growth. Unlike previous presumptions, Grossman and Krueger (1991) show that environmental quality does not necessarily deteriorate with economic growth. They find that income growth causes environmental deterioration at relatively low income levels and further income growth causes environmental improvement at high income levels. Several arguments have been offered to explain this apparently robust empirical finding. First set of arguments are related with the structure of economies. At the early stages of development, countries basically have agrarian economies in which economic activities do not harm environment substantially. As the economy grows, economic activities tend to transform into industrial manufacturing which generally cause more environmental damage. However, as the economy grows further, the structure of the economy turns into service and information based sectors which cause relatively less environmental problems. Second, as individuals and societies get wealthier, the demand for environmental goods is presumed to increase. Wealthier nations will spend more on improving environment, or will be willing to carry a higher burden so that environment does not deteriorate. If we look at the same issue from a different angle, at relatively low levels of income, marginal value of environmental goods is low but at higher levels of income marginal value of environmental goods is high. Thus we expect a nonlinear relationship between income and environmental quality of the countries.

Numerous theoretical and empirical studies have followed Grossman and Krueger paper. Panayotou (1993) first used Environmental Kuznets Curve (EKC) term for this inverted-U relationship between economic development and environmental quality. The influence of international trade, globalization, technological improvement, property rights, and institutions on EKC has been studied in the literature. Many environmental indicators have been used to test EKC hypothesis including air pollution measures such as sulfur dioxide, nitrogen dioxide carbonated fluorocarbons, smoke, water pollution measures, or other measures such as carbon dioxide emissions, deforestations and traffic volume among others. However, even though nuclear power has been a very critical issue among environmental circles, there hasn't been much focus on use of nuclear power from EKC perspective. Aktar (2004) proposes that we can model the use of nuclear power like other environmental quality indicators. It is true that the use of nuclear power is not necessarily an indicator of environmental deterioration. However, in terms of its relationship with income level it can be considered as in EKC models.

To summarize, in this paper we hypothesize that there is an inverted-U relationship between per capita income levels of countries and their energy uses from nuclear sources. Since, we only observe the share of nuclear energy in total energy for those countries who *choose* to have nuclear energy, our sample has selectivity problems. Accordingly, we utilize a selection model to estimate the effect of income on decisions to have nuclear energy controlling other factors.

We obtain GDP per capita, population, and population density data from the database of the World Bank's World Development Indicators. Energy Information Administration from the US Department of Energy provides the energy data (World proved crude oil and natural gas reserves, world estimated recoverable coal, world hydroelectricity installed capacity, world energy intensity, world total electricity installed capacity, and world total net electricity generation). We obtain economic freedom index from the website of the Fraser Institute of Canada.

We find a positive relationship between per capita real income and the probability of selecting to have nuclear power. This relationship, however, weakens as the *level* of income increases. Probability of selecting nuclear energy initially rises with income, but when the income increases beyond \$31800, it starts to decline. We also find that, the probability of selecting nuclear power continuously increases for Turkey starting from 1990s and becomes approximately %45-%46 by 2007. When we use the new GDP series of Turkish Statistical Institute in our estimations, the predicted probability of selection for Turkey increases to approximately %60. Finally, we find that if Turkey had a nuclear power generator today, the share of nuclear energy in total energy would be approximately %14-%16.