

Paper prepared for the
EY International Congress on Economics II
"EUROPE AND GLOBAL ECONOMIC REBALANCING"
Ankara, November 5-6, 2015



Gazi University – Department of Economics



EKONOMİK YAKLAŞIM
Quarterly Peer-Reviewed Scientific Journal
Department of Economics - Gazi University

**Türkiye Elektrik Tüketimi Öngörüsü ve Bu Kapsamda
Geliştirilebilecek Politika Önerileri**
**[Turkey Electricity Consumption Forecasting and Policy
Recommendations Can Be Improved]**

Mahmutoğlu M.¹, Öztürk F.²

1 Development Bank of Turkey/Risk Management Department, Ankara, Turkey

2 Prof.Dr. Gazi University/Department of Economics, Ankara, Turkey

Corresponding author:
Murat.mahmutoglu@kalkinma.com.tr.

Türkiye Elektrik Tüketimi Öngörüsü ve Bu Kapsamda Geliştirilebilecek Politika Önerileri

Mahmutoğlu M. ,Öztürk Fahriye

Özet

Belirli bir makroekonomik değişkenin gelecekte alacağı değerlerin öngörüsü, geliştirilen modeller ve yapılan resmi öngörüler, beklentilere ve ekonominin gelecekteki konjonktürel durumuna göre her zaman belirsizlik içermektedir. Ülke ekonomisinin gidişatı ile doğrudan ilişkili olan elektrik tüketimi için de bu durum geçerlidir. Çalışmada Türkiye'nin elektrik tüketim tahminine ilişkin Box-Jenkins (ARMA-Otoregresif Hareketli Ortalama) öngörü modeli kullanılmıştır. Bu model çerçevesinde Türkiye'ye ilişkin 2015-2023 arası yıllık olarak brüt elektrik tüketim öngörüsü yapılmıştır. Öngörü sonuçları, Türkiye Elektrik İletim A.Ş.(TEİAŞ) tarafından açıklanan resmi elektrik tüketim öngörülerini ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı; Türkiye'nin elektrik üretimine yönelik olarak yenilenebilir enerji politika önerileri oluşturma konusunda bir dayanak oluşturmaktır. Buradan hareketle mevcut durumda yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik talebinin ne derece karşılanabildiği ve bu kaynakların potansiyelleri dikkate alınarak elektrik talebini karşılamada gelecekteki konumunun nasıl olabileceği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik tüketimi, Otoregresif Hareketli Ortalama, Yenilenebilir Enerji, Enerji Politikası.

JEL Sınıflaması:Q43, Q47, C53

Turkey Electricity Consumption Forecasting and Policy Recommendations Can Be Improved

Abstract

Certain predictions of the future will be the value of a macro-economic variables, developed models and made official predictions, always involves uncertainty and future expectations based on the cyclical state of the economy. For electricity consumption is directly related to the progress of the national economy it is also true in this case. Working in Turkey's electricity consumption forecast for Box-Jenkins (ARMA-Autoregressive Moving Average) forecasting model is used. Gross electricity consumption from 2015-2023 annual projections are made on Turkey in the framework of this model. Forecasting results, Turkey Electricity Transmission Company described by electricity consumption were compared with official forecasts. The aim of this study is for electricity production in Turkey to create a basis for creating renewable energy policy proposals. Hence it discusses how it could be the future position to cover the extent of the demand for electricity can be met with renewable energy sources in electricity demand in the current situation and considering the potential of this resource.

Keywords: Electricity Consumption, Autoregressive Moving Average, Renewable Energy, Energy Policy.

JEL classification: Q43, Q47, C53

TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİM TAHMİNİ

VE YENİLEBİLİR ENERJİ

Giriş

Elektrik enerjisi, günümüzde kaliteli, verimli ve hızla iletilebilen bir kaynak olmasından ötürü yüksek oranda kullanılan bir enerji formudur. Hidrolik, rüzgar, güneş, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları ise yerli olmalarının yanında temiz ve çevreci özellikleri ile öne çıkmakta ve gün geçtikçe elektrik üretimindeki payları artmaktadır.

Elektrik, depo edilemeyen bir üründür ve üretilen elektriğin anında tüketilmesi gerekir. Bundan dolayı elektrik enerjisi, mevcut talep kadar üretilmelidir. Talebin üzerindeki elektrik üretiminde kaynaklar israf edilmekte olup yapılan düşük talep tahminleri sonucunda ise oluşan elektrik açığı, talebin yeterli miktarda karşılanamamasına neden olacaktır. Elektrik piyasasında oluşabilecek bu arz-talep dengesizliklerinin yol açtığı elektrik arz güvenliği sorununun giderilebilmesi için planlamaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Çalışmanın ilk kısmı uygulamalı analiz içermekte olup Türkiye'nin 2023 yılına kadar yıllık brüt elektrik tüketimi tahmin edilmekte ve yapılan tahminler, resmi öngörüler ile karşılaştırılmaktadır. Buradan hareketle Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları tartışılmaktadır. Elektrik tüketim tahmini için “ Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA-Autoregressive Integrated Moving Average)” modeli kullanılmıştır.

1.1. Elektrik Tüketim Tahminine İlişkin Literatür

Bir ülkenin geleceğe yönelik enerji talep tahmininin anlamlı ve doğru bir şekilde yapılması, ülkenin enerji politikalarının oluşumunda büyük önem arz etmektedir. Tahmin sonuçları ışığında ülkenin enerji talebinin nasıl karşılanabileceği araştırılıp yatırım kararları verilmektedir.

Her sektörde olduğu gibi enerji sektöründe de gelecekteki tüketim tahminlerine göre ihtiyaç duyulan yatırımların hacmi belirlenmeye çalışılır.

Öngörü yapmak, aynı zamanda bir belirsizlik durumunu da içermektedir. Tahminler, yapıldıkları güncel koşulları yansıttıklarından dolayı sektörde ve/veya ülke ekonomisinde yaşanan her hangi bir kriz, tahmin edilen değerleri tamamen anlamsız kılabilir. Buna en yakın örnek Türkiye'nin 2009 yılı elektrik enerjisi tüketimidir. Küresel ekonomik krizin etkilerinin en belirgin olarak yaşandığı ve dünya elektrik üretiminin binde 6 oranında düştüğü 2009 yılında Türkiye elektrik tüketimi yaklaşık %2 oranında azalmıştır. Buna bağlı olarak da 2009 yılı öncesinde yapılan resmi elektrik tüketim öngörülerinin tümü geçerliliğini yitirmiştir. Bu yüzden Türkiye için 2010 yılından itibaren yapılan resmi öngörüler, 2009'daki ekonomik küçülmeden dolayı revize edilmiştir.

Türkiye'ye ilişkin yapılan elektrik tüketim tahminlerine dayalı literatür incelendiğinde yapılan analizlerde genetik algoritma, yapay sinir ağları, gri tahmini, ARIMA (Box-Jenkins yöntemi), çift üstel düzeltme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Selçuk (2010), çift üstel düzeltme ve ARIMA yöntemleri ile Türkiye'nin 2007-2020 yılları arası enerji talep tahminini yapmış ve bulduğu sonuçları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan Model for Analysis of Energy Demand (MAED) sonuçları ile karşılaştırmıştır. Öngörü yöntemi olarak Çift Üstel Düzeltme ve ARIMA modellerini kullanmıştır. Her iki model de enerji tüketim tahminleri, MAED sonuçlarından düşük çıkmıştır.

Akay ve Atak (2006), gri tahminle 2007-2015 yılları arası Türkiye'nin brüt toplam ve sanayi sektörü elektrik tüketimini tahmin etmiştir. Tahminler, MAED sonuçları ile karşılaştırılmış olup MAED'den düşük sonuçların alındığı görülmüştür. Gri tahmin ile 2011 yılı brüt elektrik tüketimi 195 TWh düzeyinde öngörülmüş olup 2011 yılı

gerçekleşmesine (229,3 TWh) göre %17 oranında düşük tahmin edilmiştir. 2015 yılı brüt elektrik tüketimi ise 265 TWh düzeyinde öngörülmüştür.

Yiğit (2011), Türkiye'nin 2020 yılına kadar ihtiyaç duyduğu net elektrik enerjisi tüketimini, genetik algoritma yaklaşımını kullanarak tahmin etmiştir. Analizde; 1979-2009 dönemi arasındaki GSYİH, nüfus ve dış ticaret göstergelerine dayalı Lineer ve Karesel olmak üzere iki model kullanılmıştır. Geçmiş veriler kullanılarak 2008 ve 2009 yılları için net elektrik tüketimi tahmin edilmiş ve gerçekleşen tüketim değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta Karesel modelin tahmin sonuçları, gerçekleşen elektrik tüketim değerlerine çok yakın çıkmıştır. Daha sonra tahmin 2020 yılına kadar götürülmüştür.

Erdoğan (2007), ARIMA modeli ile 2006-2014 yılları arasında tahmin ettiği Türkiye net elektrik tüketimi değerlerini, resmi MAED sonuçları ile karşılaştırmıştır. Net elektrik tüketimi, 2014 yılı itibarıyla düşük talep senaryosunda dahi %34 oranında resmi tahminlerden düşük çıkmıştır. Bununla birlikte 2008 ve 2009 yılı öngörülleri, gerçekleşen tüketim değerlerinden yaklaşık %10 oranında düşük çıkmıştır. Küresel krizin etkisi ile 2009 yılında yaşanan ekonomik küçülme ve buna bağlı elektrik tüketimindeki düşüş, böyle bir sonucun oluşmasına yol açmıştır.

2014 – 2018 dönemini kapsayan Üretim Kapasite Projeksiyon çalışmasında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından, makroekonomik hedeflere uygun olarak yapılan model çalışması sonucunda elde edilen 10 yıllık Referans (Baz) Talep, Yüksek ve Düşük Talep tahmin serileri kullanılmıştır. TEİAŞ tarafından hazırlanan ve 2015-2023 dönemini kapsayan Üretim Kapasite Projeksiyonu çalışması ile Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketim öngörülleri yer almaktadır.

2008 yılında ABD'deki konut sektörü kaynaklı olarak başlayan ve sonrasında küresel nitelikli bir hale gelen finansal krizin Türkiye'de de oldukça olumsuz etkileri olmuş ve Türkiye ekonomisinin 2009 yılında %4,8 oranında daralmasına neden olmuştur. Buna bağlı olarak 2009'da elektrik enerjisi tüketimi %2 oranında düşmüştür. 2010 ve 2011 yıllarında ise Türkiye ekonomisi oldukça yüksek oranlarda büyümüştür. Bu yıllarda %9,2 ve %8,5 oranlarında büyüyen ekonomide elektrik tüketimi sırasıyla %8,4 ve %9,5 oranlarında artmıştır. 2013 ve 2014 yıllarında ise büyüme oranları düşmüş ve sırasıyla %4,2 ve %2,9 seviyesinde gerçekleşmiştir. Böyle olunca bu yıllarda elektrik tüketimindeki artış da %1,7 ve %3,7'ye gerilemiştir.

Yapılan resmi talep tahminine göre yüksek ve düşük olmak üzere iki ayrı talep serisi kullanılmıştır. Yüksek talep tahmininde yıllık ortalama %7,5 olan oran, düşük talep serisinde %6,7 öngörülmüştür.

Tablo 1.1'de 2015-2023 arası dönemdeki elektrik talep tahmin değerleri verilmektedir. (Brüt Talep=Görünen Tüketim=Brüt Üretim+İthalat-İhracat)

Tablo 1.1. ETKB'nin Elektrik Enerjisi Talebi Öngörülleri

	Baz Talep		Düşük Talep		Yüksek Talep	
	GWh	Artış (%)	GWh	Artış (%)	GWh	Artış (%)
2014	253.700	3,4	251.320	1,2	273.970	10,3
2015	271.450	5,7	263.200	4,7	291.500	6,4
2016	287.310	5,8	275.810	4,8	309.870	6,3
2017	302.750	5,4	287.100	4,1	329.080	6,2
2018	319.980	5,7	301.680	5,1	349.150	6,1
2019	338.270	5,7	317.290	5,2	370.100	6,0
2020	357.430	5,7	333.310	5,0	391.940	5,9
2021	376.150	5,2	348.840	4,7	414.670	5,8
2022	395.540	5,2	364.600	4,5	438.300	5,7
2023	415.680	5,1	380.600	4,4	462.850	5,6

Kaynak: TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı, Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2014-2018), s.14,15 ve 16'daki verilerden derlenerek oluşturulmuştur.

2014 yılı brüt elektrik tüketimi TEİAŞ verilerine göre 257.200 GWh düzeyinde gerçekleşmiş olup, baz senaryonun öngörüsüne yakın seviyede gerçekleşmiştir.

1.2. 2012-2020 Dönemi Elektrik Tüketim Tahmini

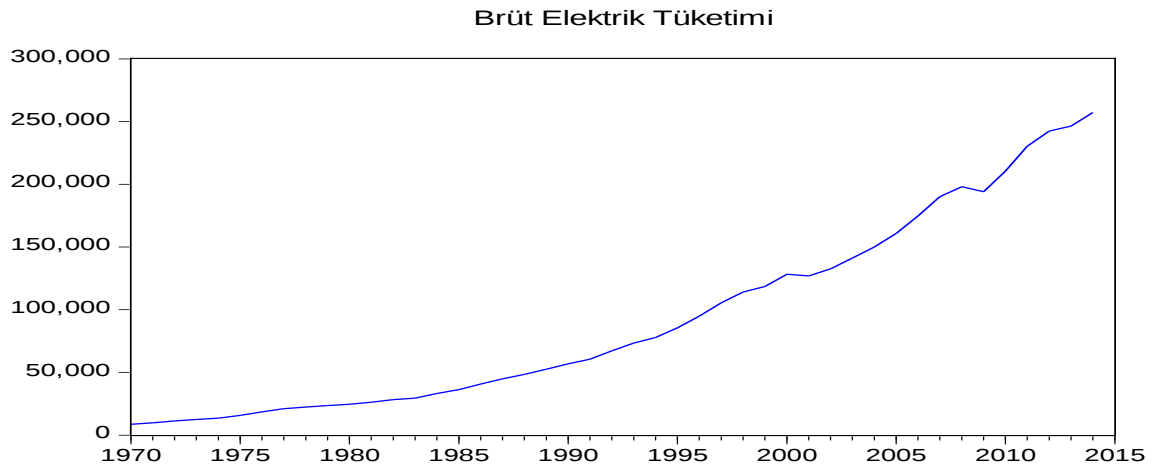
Bu bölümde Türkiye'nin 2015-2023 yılları arası dönemdeki brüt elektrik enerjisi tüketimi tahmini yer almaktadır. Bu doğrultuda geçmiş elektrik tüketim verilerinden yararlanılarak 9 yıllık dönem için elektrik tüketim tahmini yapılmıştır.

1.2.1. Veriler

Kurulan modelde 1970-2011 yılları arasındaki brüt elektrik tüketim serisi kullanılmıştır. Veriler Ek 2'de yer almaktadır. Tahmin sonuçları, Eviews 7 paket programı ile elde edilmiştir.

Grafik 1.1.'de 1970-2011 yılları arasında Türkiye'nin brüt elektrik tüketiminin gelişimi gösterilmektedir.

Grafik 1.1. 1970-2011 Yılları Arası Brüt Elektrik Tüketimi (GWh)

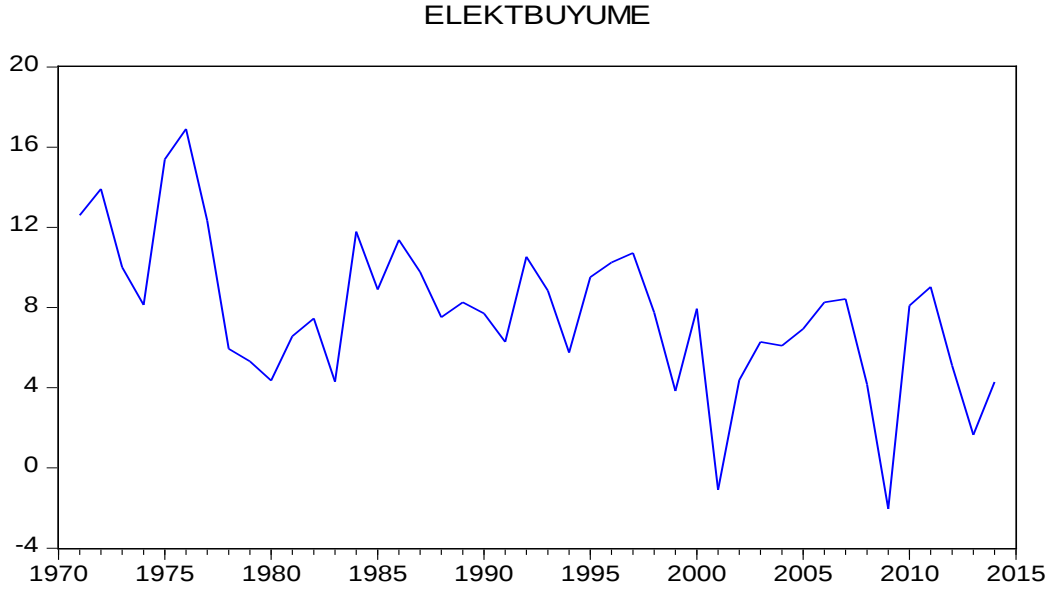


Kaynak: TEİAŞ verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Görüldüğü üzere elektrik tüketimi söz konusu 44 yıl içerisinde farklı oranlarda da olsa sürekli artma eğiliminde olmuştur.

Grafik 1.2.'de 1970-2011 yılları arasında Türkiye'nin brüt elektrik tüketiminin yüzde değişimi verilmektedir.

Grafik 1.2. Brüt Elektrik Tüketiminin Yüzde Değişimi (%)



Kaynak: TEİAŞ verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

1970-2014 yılları arasında Türkiye elektrik tüketimi iki yıl haricinde sürekli artmış olmakla birlikte bu artış dalgalı bir nitelik taşımaktadır. Tüketim, 2001 ve 2009 yıllarında düşüş göstermiştir. Söz konusu iki yılda ekonomi küçülmüş ve buna bağlı yurt içi talep daralmıştır. Makroekonomik anlamda oluşan talep daralması, elektrik tüketiminde de bir düşüş yaratmıştır.

1.2.2. Durağanlık Analizi

Zaman serilerinde incelenen seriye ilişkin regresyon analizi yapılırken ilk işlem, serinin durağan olup olmadığını kontrol etmektir. Durağan olmayan seriler ile elde edilen regresyon denklemlerindeki değişkenler arasında sahte (anlamsız) ilişki çıkabilmektedir. Serinin durağan olmaması durumunda seri, birim kök içerir ve bu durum modelin kurulma aşamasında önemli bir sorun oluşturur.

Granger ve Newbold durağan olmayan zaman serileriyle çalışılması halinde sahte regresyon problemiyle karşılaşılacağı, sonuçların hatalı R^2 (determinasyon katsayısı), DW (Durbin-Watson) ve t istatistikleri yoluyla sahte bir ilişkiye işaret

edeceğini ifade etmiştir. Zaman serilerinin kullanıldığı ekonometrik analizlerde, serilerin durağan olup olmadığına genel olarak Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi yapılarak bakılmaktadır.

Elektrik tüketim tahmin modelini kurmadan önce elektrik tüketim serisinin durağanlığına bakılmıştır. Seri trend içerdiğinden dolayı bu haliyle yapılacak katsayı tahminleri güvenilir değildir. Elektrik tüketim verilerinden oluşan zaman serisini düzleştirmek amacı ile serinin logaritmik değerleri alınmış ve durağanlığına bakılmıştır. Logaritmik değerlerin incelendiği durumda da serinin trend içerdiği ve durağan olmadığı tespit edilmiştir.

Zaman serisi analizlerinde seriyi durağan hale getirebilmek için genellikle önce logaritması, sonrasında logaritmik değerlerin birinci dereceden farkları alınır. Eğer birinci dereceden farkı alınmış seri hala durağan hale gelmemiş ise ikinci dereceden farkı alınır. Bu çalışmada elektrik tüketim serisi logaritma değerlerinin birinci dereceden farkları alınarak seri, durağan hale getirilmiştir. Yani veriler yüzde değişim şeklinde ifade edilmiştir.

Logaritmik farkı alınan elektrik tüketim serisinin durağan olup olmadığının incelenmesinde sabit terimli-trendli ve sabit terimli-trendsiz biçimleri, ADF testine tabi tutulmuş ve %1 anlamlılık düzeyinde testten geçmiştir. Eviews çıktılarından elde edilen Tablo 1.2. ve Tablo 1.3, ADF test sonuçlarını göstermektedir. “ELEKTBUYUME”, logaritmik farkı alınmış brüt elektrik tüketim değişkenini ifade etmektedir.

Tablo 1.2. Sabit Terim İçeren Modelin Durağanlık Sonuçları

Boş Hipotez : ELEKTBUYUME değişkeni birim köke sahip
Dışsal Değişken : Sabit Terim
Schwarz kriterine göre maksimum gecikme sayısı = 12

		t-istatistiği	Olasılık*
ADF Test İstatistiği		-3.941	0.0039
Kritik Test Değerleri:	%1 düzeyi	-3.592	
	%5 düzeyi	-2.931	
	%10 düzeyi	-2.603	

*MacKinnon (1996) p olasılık değeri

Tablo 1.2'deki sabit terimli modelin durağanlık analiz sonuçlarına göre elde edilen t-istatistiği, -3.94'dür. Tablo 1.3'deki sabit terimli ve trendli modelin durağanlık analiz sonuçlarını gösteren t-istatistiği ise -4,86'dır. Bu durumda ELEKTBUYUME değişkeninin birim köke sahip olduğunu ifade eden boş hipotez, %1 anlamlılık düzeyinde reddedilebilmektedir. Diğer bir ifadeyle seri durağandır.

Tablo 1.3. Sabit Terim ve Trend İçeren Modelin Durağanlık Sonuçları

Boş Hipotez : BUY değişkeni birim köke sahip
Dışsal Değişken : Sabit Terim ve Lineer Trend
Schwarz kriterine göre maksimum gecikme sayısı = 12

	t-istatistiği	Olasılık*
ADF Test İstatistiği	-4.868	0.0016
Kritik Test Değerleri:		
%1 düzeyi	-4.186	
%5 düzeyi	-3.518	
%10 düzeyi	-3.189	

*MacKinnon (1996) p olasılık değeri

Tablo 1.4.'de trendli ve trendsiz modellerin birim kök test sonuçları verilmektedir.

Tablo 1.4. ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	ADF Test İstatistiği	
	Trendsiz Model	Trendli Model
ELEKTBUYUME	-3,941 (-3,592)	-4,868 (-4,186)

Tablo 1.4.'de parantez içerisinde yer alan değerler, %1 anlamlılık düzeyinde ADF tablo kritik değerleridir. Yapılan hipotez testleri sonucunda trend içeren ve içermeyen modellere göre bulunan değerler, mutlak değer olarak kritik tablo değerlerinden büyüktür. Bu durumda "ELEKTBUYUME" değişkeninin birim köke sahip olduğunu iddia eden boş hipotez reddedilmiştir ve seri durağandır.

1.2.3. Modelin Belirlenmesi ve Uygulama

Türkiye'nin 2023 yılına kadar yıllık elektrik tüketim değerlerinin tahmin edildiği bu bölümde model olarak ARIMA kullanılmıştır.

ARIMA modeli, bağımlı değişkenin geçmiş değerlerinin ele alındığı Otoregresif (AR) model ile gecikmeli hata terimlerinin birlikte ele alındığı Hareketli Ortalama (MA) modelinin birleşiminden oluşan ARMA modelinin durağan olmayan zaman serilerine uygulanmış halidir. Fark alma işlemi yapılarak durağanlaştırılan zaman serilerine uygulanan modellere ise Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA-Autoregressive Integrated Moving Average) modeli denilmektedir.

ARMA (p,q) modeli p. dereceden otoregresif ve q. dereceden hareketli ortalama modellerinin bir bileşimidir ve genel formu aşağıdaki gibidir. Modelde Y değişkeni, gelecekteki değerleri öngörülme çalışılan bağımlı değişkeni ifade etmektedir. Regresyon denkleminin sağ tarafında bağımlı değişken Y'nin p. dereceye ve hata terimi ε 'nin q. dereceye kadar olan gecikmeli değerleri yer almaktadır.

$$Y_t = \alpha + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Gelecekte alacağı değerlerin tahmin edilmeye çalışıldığı seri, durağan değilse seriyi durağan hale getirmek için serinin önce logaritması sonra da uygun dereceden farkı alınır. ARMA (p,q) modelinde kullanılan serinin durağan hale getirilmesi için d kez farkı alınarak model, (p,d,q) dereceden Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) biçiminde ifade edilir.

Büyüme serilerinin yapısına en uygun modelin belirlenmesinde, Box-Jenkins (1976) metodolojisi izlenmiştir. Tahmin işlemi için kurulacak en uygun model, farklı gecikme uzunlukları içeren ARMA modelleri denenerek belirlenmeye çalışılmıştır.

Model kurulurken, serinin kendi geçmiş değerleri ile olan ilişkisini ifade eden korelogramların taşıdığı bilgiler dikkate alınmış ve alternatif modeller; modelin F-istatistiğinin anlamlı olması, R^2 'nin yüksek olması, Akaike (AIC) ve Schwarz (SIC) bilgi kriterleri değerlerinin düşük olması, hata kareleri toplamının küçük olması,

olabilirlik oranının mümkün olduğunca yüksek olması kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

1.2.4. Modelin Sonuçları

Model seçiminde en çok dikkat edilen kriter, ölçümleri Akaike bilgi kriteri (AIC) ve Schwarz kriterinin (SIC) mümkün olduğunca küçük olmasıdır. Çalışmada Türkiye'nin 2015-2023 dönemi arası yıllık brüt elektrik tüketim değerleri tahmin edilirken serinin AIC ve SC kriterlerine göre en uygun ve model katsayılarının en anlamlı olanı seçilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda farklı AR, MA ve ARMA bileşimleri denenmiş, en uygun modelin AR(1) olduğuna karar verilmiştir.

1970-2014 arası brüt elektrik tüketim serisi, 2001 ve 2009 yıllarında serinin geneline aykırı olarak farklı değerler almaktadır. Söz konusu iki yılın değerleri tarafımızca aykırı değerler (outliers) olarak tespit edilmiş ve tüketim tahmin modeline etkilerinin minimize edilmesi amacıyla bu değerlere kukla değişken konulmuştur. Bu kabuller ışığında kurulan model aşağıda ifade edilmiştir.

$$Y_t = \alpha + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 D01 + \phi_3 D09 + \varepsilon$$

Denklemdaki Y_t logaritmik farkı alınmış brüt elektrik tüketimini, Y_{t-1} , elektrik tüketiminin bir dönem gecikmeli değerini, D01 ve D09, 2001 ve 2009 yılları için konulan kukla değişkenleri, ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 model katsayı değerlerini ifade etmektedir.

AR modelindeki hata terimlerinin, geçmişte aldığı değerler ile aralarında otokorelasyon (içsel bağıntı) olup olmadığı Ljung-Box Q-İstatistiği aracılığıyla test edilmiştir. Q istatistik değerleri, k serbestlik derecesi ile ki kare dağılımı göstermektedir. Test edilecek hipotez aşağıda yer almaktadır :

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \dots = \theta_k = 0$$

$$H_1 : \theta_1 \neq \theta_2 \neq \theta_3 \neq \dots \neq \theta_k \neq 0$$

Buradaki boş hipotez (H_0), tüm otokorelasyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamsız olduğunu ileri sürerken, alternatif hipotez (H_1) en az bir otokorelasyon katsayısının anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 1.5’de 12 gecikmeye kadar hata terimleri arasındaki otokorelasyon değerleri verilmektedir.

Tablo 1.5. Standardize Edilmiş Hata Terimlerinde Otokorelasyon

Gecikme	Ljung-Box Q-İstatistiği	Olasılık
1	0.0390	
2	1.3739	0.503
3	1.3891	0.708
4	1.4852	0.829
5	2.1559	0.827
6	2.8193	0.831
7	4.8415	0.679
8	4.9483	0.726
9	6.1361	0.704
10	6.2048	0.798
11	8.7400	0.646
12	8.9472	0.707

Tablo 1.5’de 12 gecikmeye kadar olan Ljung-Box Q-İstatistik değerleri, $k=12$ serbestlik derecesinde ve %1 anlamlılık düzeyinde kritik ki kare tablo değeri olan 26,2’den her gecikme değeri için küçüktür. Buna göre otokorelasyon katsayılarının anlamlı olmadığını ileri süren H_0 hipotezi bütün gecikmelerde kabul edilmektedir. Yani söz konusu AR modelindeki hata terimleri arasında otokorelasyon bulunmamaktadır.

Bununla birlikte regresyon denklemindeki hata terimleri arasında farklı varyans (Heteroscedasticity) sorunu olmadığı da test edilmiştir.

Tablo 1.6.’da AR(1) sürecinde kukla değişken içeren, en küçük kareler yöntemi ile katsayıları tahmin edilen modelin sonuçları verilmektedir.

Tablo 1.6. Elektrik Tüketim Tahmin Modeli Sonuçları

Bağımlı Değişken : ELEKTBUYUME
Yöntem : En Küçük Kareler
Dönem : 1970-2014
Gözlem Sayısı : 43

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistiği	Olas.
C	7.762916	0.898358	8.641227	0.0000
D01	-7.546076	2.457714	-3.070364	0.0039
D09	-8.462792	2.478892	-3.413942	0.0015
AR(1)	0.523819	0.136284	3.843595	0.0004
R^2	0.490293	Akaike Bilgi Kriteri		4.962213
Düzeltilmiş R^2	0.451085	Schwarz Kriteri		5.126046
Hata Kareleri Toplamı	298.7150	Durbin-Watson İstatistiği		1.897683
Maksimum Olab.	-94.37355			
F- istatistiği	12.50487			
Olasılık (F-istatistiği)	0.000007			

AR(1) sürecine sahip elektrik tüketim tahmin modelinin katsayı tahminleri istatistiki olarak anlamlıdır.

AR(1) modeline göre öngörülen 2015-2023 arası brüt elektrik tüketim değerleri Tablo 1.7’de verilmektedir.

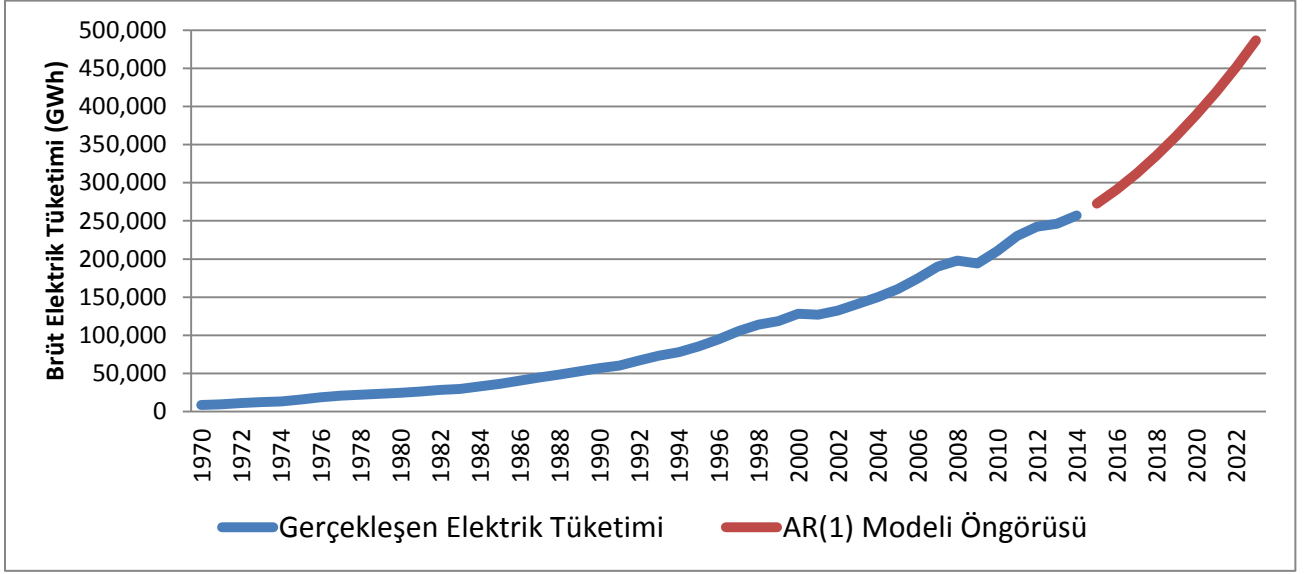
Tablo 1.7. Elektrik Enerjisi Tüketim Öngörülleri

	Brüt Elektrik Tüketimi Öngörü Değerleri (GWh)	Yüzde Değişim (%)
2015	272.487	5,94
2016	291.043	6,81
2017	312.184	7,26
2018	335.602	7,50
2019	361.195	7,63
2020	388.975	7,69
2021	419.025	7,73
2022	451.471	7,74
2023	486.471	7,75

Tablo 1.7’de yer alan ve öngörülen değerler, 2023 yılına kadar ülke ekonomisinin kesintisiz büyümeye devam edeceği, makro ekonomik anlamda bir krizin olmayacağı, elektrik sektöründe her hangi bir daralma yaşanmayacağı ve elektrik tüketiminin artmaya devam edeceği varsayımları altında geçerlidir.

Grafik 1.3.’de Türkiye brüt elektrik tüketimi 1970-2014 arası gerçekleşen ve 2015-2023 arası öngörülen değerleri verilmektedir. Mavi çizgi gerçekleşen, kırmızı çizgi ise öngörülen elektrik tüketim değerlerini ifade etmektedir.

Grafik 1.3. Türkiye İçin Brüt Elektrik Enerjisi Tüketimi



1.3. MODEL SONUÇLARININ RESMİ ÖNGÖRÜLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde Türkiye'nin brüt elektrik tüketiminin birinci gecikmesini içeren AR(1) modeli ile yapılan 2015-2023 dönemi arası tahmin değerleri ETKB'nin resmi elektrik tüketim öngörülerine karşılaştırılmaktadır.

Tablo 1.8.'de söz konusu resmi öngörü değerleri ile AR(1) modeli sonucunda elde edilen öngörü değerleri GWh bazında verilmektedir.

Tablo 1.8. ETKB Öngöröleri ile Model Öngörü Değerleri (GWh)

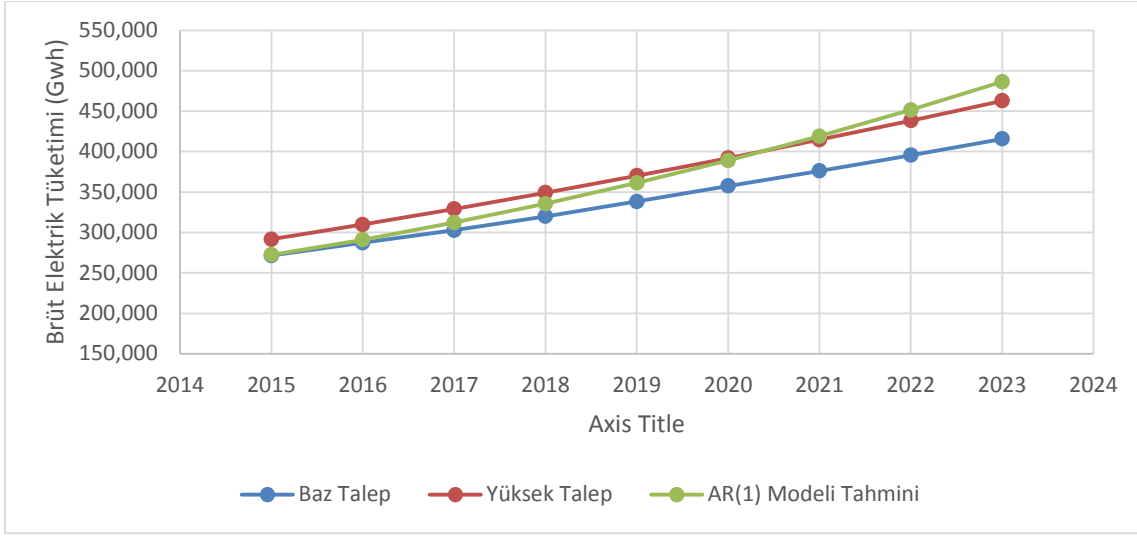
	ETKB'nin Düşük Talebe Göre Elektrik Tüketim Öngörüsü	ETKB'nin Baz Talebe Göre Elektrik Tüketim Öngörüsü	ETKB'nin Yüksek Talebe Göre Elektrik Tüketim Öngörüsü	ARIMA Model Sonuçları
2015	263.200	271.450	291.500	272.487
2016	275.810	287.310	309.870	291.043
2017	287.100	302.750	329.080	312.184
2018	301.680	319.980	349.150	335.602
2019	317.290	338.270	370.100	361.195
2020	333.310	357.430	391.940	388.975
2021	348.840	376.150	414.670	419.025
2022	364.600	395.540	438.300	451.471
2023	380.600	415.680	462.850	486.471

Kaynak: ETKB verilerinin derlemeleri ve tarafımızca yapılan çalışmalar sonucunda oluşturulmuştur.

Tablo 1.8'den görüldüğü üzere tarafımızca yapılan öngörülerin resmi öngöröleri ilk yıllarda ETKB'nin baz senaryosuna yakın değer almakla birlikte, 2018 yılından itibaren yüksek talep senaryosunda yaklaştığı gözlenmektedir.

Grafik 1.4.'de 2015-2023 yılları arasında ETKB'nin resmi öngöröleri ile tarafımızca yapılan AR(1) modeli öngörü değerleri verilmektedir.

Grafik 1.4. Resmi Öngörüler ve Model Öngörüsü



Kaynak: ETKB verilerinin derlemeleri ve tarafımızca yapılan çalışmalar sonucunda oluşturulmuştur.

Belirli bir makroekonomik değişkenin gelecekte alacağı değerlerin öngörüsü, geliştirilen modeller ve yapılan resmi öngörüler, beklentilere ve ekonominin gelecekteki konjonktürel durumuna göre her zaman belirsizlik içermektedir. Ülke ekonomisinin gidişatı ile doğrudan ilişkili olan elektrik tüketimi için de bu durum geçerlidir.

Elektrik enerjisi tüketim öngörüsünde kullanılan modellerin güvenilir sonuçlar içermesi, doğru ve sağlıklı enerji politikalarının uygulanabilmesi için son derece önem arz etmektedir. Bu yüzden ETKB'nin resmi elektrik tüketim öngörüsünü yalnızca MAED modeline dayandırmaması ve alternatif yöntemleri de değerlendirmesi uygun olacaktır.

2.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ARTAN ELEKTRİK TALEBİNİ KARŞILAMADAKİ ROLÜ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Türkiye'nin enerji sektöründeki dışa bağımlı pozisyonunun değiştirilmesi ve enerji üretimindeki yerli girdi payının artırılması konusunda yenilenebilir enerji stratejik bir öneme sahiptir.

2014 yılı sonu itibariyle Türkiye elektrik kurulu gücünün (69.520 MW) yaklaşık %40'ı (27.831 MW) hidrolik dahil yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Enerji Arz Güvenliği Strateji Belgesi'ne göre 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzındaki payının %30'a çıkarılması tutarlı ve gerçekleştirilebilir bir öngörüdür. Bununla birlikte 2023 yılında Türkiye'nin tüm ekonomik hidrolik potansiyelinin kullanacağı, rüzgar enerjisi kurulu gücünü 20.000 MW'a, jeotermal kurulu gücünü ise 600 MW'a çıkaracağı, güneş enerjisinden elektrik üretmeye başlayarak şebekeye bağlı 3.000 MW kurulu güce ulaşacağı hedeflenmektedir.

Tablo 2.1.'de EPDK üretim lisanslarının 2015 yılı Ocak ayı itibariyle faaliyette olan inşa halindeki yenilenebilir enerjiye dayalı santrallerin kurulu güce göre gelişimi verilmektedir.

Tablo 2.1. Yenilenebilir Enerjiye Dayalı Santralleri Üretim

Lisanslarının Kurulu Güce Dağılımı (2014)

Lisans Türü	İnşa Halinde (MWe)	İşletmede (MWe)	TOPLAM (MWe)
Hidroelektrik Enerji Santrali	10.019	23.643	33.662
Rüzgar Enerjisi Santrali	6.014	3.629	9.643
Jeotermal Enerji Santral	328	405	773
Biyokütle-Çöpgazı Enerji Santrali	31	288	319
Güneş Enerjisi Santrali	-	40	40
YENİLENEBİLİR ENERJİ TOPLAMI	16.392	28.005	44.437

Kaynak: TEİAŞ ve EPDK verilerinden yararlanılarak tarafımızca oluşturulmuştur.

Tablo 2.1'deki veriler incelendiğinde toplam 44.437 MW kurulu gücünde lisans almış yenilenebilir enerjiye dayalı santralin %63'ünün işletmede olduğu görülmektedir. İnşa halindeki santraller içinde işletmedekilere göre en yüksek oranda santrallerin, rüzgar enerjisi santralleri olduğu görülmektedir.

Tablo 2.2.'de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre Türkiye'nin sadece yenilenebilir enerji kaynaklarından ekonomik açıdan mevcut ve potansiyel elektrik üretim değerleri verilmektedir. Türkiye 2014 yılı sonu itibariyle bu alanda potansiyel kurulu gücünün henüz %20,5'ine sahiptir.

Tablo 2.2. Yenilebilir Enerji Kaynaklı Mevcut Elektrik Üretimi ve Potansiyeli

	2011 Yılı YEK Kaynaklı Kurulu Gücü (MW)	Toplam YEK Kaynaklı Kurulu Güç Potansiyeli (MW)	2014 Yılı Elektrik Üretimi (GWh)	Yıllık Ortalama Ekonomik Potansiyel Elektrik Üretimi (GWh)
Hidroelektrik	23.643	36.000	40.402	144.000
Rüzgar	3.629	48.000	8.366	60.000
Güneş	40	50.000		375.000
Jeotermal+Atık*	693	2.600	2.534	18.400
TOPLAM	28.005	136.600		597.400

Kaynak: ETKB ve TEİAŞ verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.

*Biyokütle-Çöpgazı santralleri kaynaklıdır.

Tablo 2.2.'deki değerler incelendiğinde Türkiye'nin sadece yenilenebilir kaynaklar ile ekonomik anlamda 136.600 MW potansiyel kurulu gücünde 597.400 GWh/yıl elektrik üretebileceği anlaşılmaktadır. Türkiye'nin 2014 yılı toplam elektrik tüketiminin 257.200 GWh olduğu göz önünde alındığında Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin büyüklüğü anlaşılmaktadır.

Türkiye, coğrafi konumu dolayısıyla dünyadaki birçok ülkeye göre güneş enerjisi potansiyeli açısından şanslı bir konumdadır. Yapılan resmi hesaplamalara göre Türkiye'nin 50 bin MW kurulu gücünde 375 GWh/yıl elektrik üretebilecek potansiyeli bulunmaktadır.

Güneş enerjisi üretim biçimlerinden güneş pili uygulaması (fotovoltaik güç sistemi teknolojisi) ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri mevcut yüksek olmakla birlikte, son yıllarda üretim teknolojisinin geliştirilmesi ve dünya genelinde yaygınlaşmaya başlaması ile üretim maliyetleri düşmektedir. Türkiye’de EPDK tarafından bu kaynaktan elektrik üretim lisansları 2013 yılında verilmeye başlanmıştır. 2014 yılı sonu itibariyle Türkiye’deki güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücü 40,2 MW’dır.

6094 sayılı Kanun¹ ile güneş enerjisinden elde edilen elektriğe yenilenebilir kaynaklar arasında biyokütle ile birlikte kWh başına en yüksek değer olarak 13,3 cent’lik alım garantisi verilmiştir. Ne var ki bu fiyat, yerli ve düşük maliyetli olarak güneş enerjisinden elektriğin üretilme teknolojisi geliştirilmeden bir anlam ifade etmemektedir. Devlet bu alanda yapılan AR-GE harcamalarını doğrudan teşvik etmelidir.

Bir başka önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinin Türkiye’de ekonomik anlamda potansiyel değeri 60.000 MW/yıl’dır. Ne var ki Türkiye’de rüzgar enerjisinden elde edilecek bu miktarda elektriği şebekeye bağlayacak iletim altyapısı bulunmaktadır. Bu sorunun çözümü için TEİAŞ’ın önümüzdeki dönemde ciddi miktarda elektrik iletimi altyapı yatırımı yapması gerektirmektedir.

SONUÇ

2023 yılına kadar olan dönemde herhangi bir ekonomik kriz ve elektrik sektöründe bir daralma olmayacağı varsayımı ile gelecek 10 yılda ETKB’nin baz talep senaryosuna göre elektrik talebinin yıllık ortalama %5,3 oranında, yüksek talep senaryosuna göre ise %6,4 oranında büyüyeceği öngörüldüğü göz önüne alındığında, ülkede elektrik arz açığının oluşmaması için yılda en azından 4.000-4.500 MW ek kurulu gücün devreye girmesi gerekmektedir. Bu kurulu gücün devreye girebilmesi için gerekli olan yatırımın tümüyle kâr amacına odaklanmış özel sektör tarafından gerçekleştirilmesini beklemek, pek gerçekçi değildir. Özel yatırımlarla

¹ 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair, Resmi Gazete Sayı : 27809, Kabul Tarihi : 29.12.2010.

birlikte devletin de bir planlama dahilinde aktif olarak yatırım faaliyetlerine devam etmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, yerli, temiz ve çevre dostu özellikleri ile Türkiye elektrik üretimi için stratejik bir öneme sahiptir. Son yıllarda bu kaynaklardan elektrik üretimine ilişkin santral yatırımları artmış olup EPDK'nın verdiği üretim lisanslarından anlaşılacağı üzere gelecek dönemde de artış devam edecektir. Özellikle rüzgar güç santrallerinden elektrik üretiminde son yıllarda kayda değer bir artış söz konusudur. 2005 yılında sadece 20,1 MW olan rüzgar kurulu gücü, 2014 yılı sonu itibariyle 3.629 MW'a ulaşmıştır. Ne var ki 2023 yılı için hedeflenen 20.000 MW'lık rüzgar enerjisi kurulu gücüne, mevcut iletim ve şebeke alt yapısı ile ulaşılması oldukça güçtür. Bir an evvel kamunun bu yatırımlara ağırlık vermesi gerekmektedir.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından en yüksek düzeyde elektrik elde edilen kaynak hidroliktir. Ne var ki 2014 yılında hidrolik kaynaklı elektrik üretiminde Türkiye, ekonomik potansiyelinin ancak %28'ini kullanabilmiştir. Artan elektrik ihtiyacı dikkate alındığında bu oranın yükseltilmesi bir zorunluluktur. Ne var ki son yıllarda özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde doğayı tahrip eden ve can suyu bırakmayan ufak kapasiteli akarsu tipi hidroelektrik santral yatırımları artmıştır. Bu tür çevreye zarar verici projelere üretim lisansı ve su kullanım hakkı verilmemelidir. Özel sektör, yüksek yatırım maliyetlerinden ötürü barajlı HES yatırımlarına girişmemektedir. Bu yüzden Devlet Su İşleri (DSİ), yüksek kapasiteli ve barajlı HES yatırımlarına devam etmelidir.

Türkiye'nin iklim koşulları ve coğrafi konumu dolayısıyla güneş enerjisi, temiz, yerli ve yakıt maliyeti olmayan bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'de ne var ki mevcut durumda ticari olarak güneş enerjisinden elektrik üretilmemektedir. Ülkenin güneş enerjisi kaynaklı 50.000 MW elektrik kurulu güç potansiyeli olduğu dikkate alındığında, bu kaynağın değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. 2023 yılı için resmi olarak 3.000 MW düzeyinde konulan güneş enerjisi kurulu güç hedefinin de sahip olunan teknoloji düzeyi dikkate alındığında pek gerçekçi görülmemektedir. Bununla birlikte fotovoltaik güç sistemlerinin geliştirilmesi mevcut durumda oldukça maliyetlidir. Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik üretim

sürecinde güneş pillerini ve diğer girdileri sürekli ithal etmesi, akılcı ve iktisadi değildir. Bu girdilerin üretim teknolojilerinin uygun maliyetli olarak yurt içinde geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye elektrik üretiminde 2014 yılı itibariyle %48 oranındaki doğalgaz payının %30'un altına düşürülmesi, ithalatta Rus doğalgazı ağırlıklı yapının değiştirilerek, tedarikçi ülkelerde çeşitliliğe gidilmesi, enerji arz güvenliğinin sağlanması açısından bir zorunluluktur. Resmi olarak 2023 yılında doğalgazın elektrik üretimindeki payının 2023'de %30'un altına düşürülmesi hedeflense de hala yüksek kapasiteli doğalgaz çevrim santral yatırımlarına devam edilmektedir. Bu, amaçla bağdaşmayan bir yatırım politikasıdır. EPDK, mevcut durumda hala yeni doğalgaz çevrim santrali yatırımlarına üretim lisansı vermektedir. Buradan anlaşılmaktadır ki Türkiye'deki enerji politikası uygulayıcılarının asıl hedefi, doğalgazın elektrik üretimindeki payını düşürmek değil, ne olursa olsun bir şekilde ülkenin elektrik talebini karşılayacak geçici çözümler bulmaktır. Öte yandan Türkiye'de elektrik fiyatlarının yüksekliğinin önemli bir nedeni, üretimdeki yüksek oranlı doğalgaz kullanımıdır. Elektrik üretiminde doğalgaz payının düşürülmesi, elektrik fiyatlarını da aşağı çekebilecektir.

KAYNAKLAR

Akay, D., Atak M.; “Grey Prediction with Rolling Mechanism for Electricity Demand Forecasting of Turkey”, 2007, **Energy Volume** 32.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEKTMK) Enerji Raporu, 2013.

“Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi”, Yüksek Planlama Kurulu (YPK) Kararı, 18.05.2009.

Erdoğan, Erkan; “Electricity Demand Analyses Using Cointegration and ARIMA Modelling” : A Case Study of Turkey, 2007, **Energy Policy** 35.

Kutlar, Aziz, “**Uygulamalı Ekonometri**”, Geliştirilmiş 3.Baskı, Aralık 2009.

Sevüktekin, Mustafa, Nargeleçekenler, Mehmet; “**Ekonometrik Zaman Serileri Analizi**”, 2.Baskı, Ekim 2007.

TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı, Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2014-2018).

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) 2014 Yılı Türkiye Elektrik İletim Sektör Raporu.

Türkiye Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) 2014 Yılı Türkiye Elektrik Üretim Sektör Raporu.