

**TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN KAYNAKLARINA GÖRE DAĞILIMI
PROJEKSİYONU (2018-2023)**

*PROJECTION OF DISTRIBUTION OF ELECTRICITY PRODUCTION IN TURKEY BY
SOURCES (2018-2023)*

Dr.Öğretim Üyesi Ergün ŞİMŞEK

Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Bölümü Amasya
ergun.simsek@amasya.edu.tr, Amasya/Türkiye

ÖZ

Bu çalışmada Türkiye'de 2018-2023 döneminde kişi başına elektrik tüketimi ve elektrik üretiminde kaynakların payları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 1960-2017 yıllarındaki veriler kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde Basit Üstel Düzleştirme, Holt ve Winter Yöntemlerinden yararlanılmıştır. Değişkenler için en uygun yöntemin belirlenmesinde performans ölçütü olarak Ortalama Mutlak Sapma (MAD-Mean Absolute Deviation) Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE-Mean Absolute Percentage Error) ve Ortalama Hata Kare (MSD-Mean Squared Deviation) kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Türkiye'de kişi başına elektrik tüketiminin 2018-2023 döneminde yılda ortalama olarak %1,87 oranında artacağı tahmin edilmiştir. 2018-2023 döneminde %95 güven aralığında tahmine göre elektrik üretiminde doğal gazın payının azalacağı, kömürün ve hidroelektriğin payının ise değişmeyeceği ortaya çıkmıştır. Aynı dönemde yenilenebilir kaynakların payının is önemli ölçüde artacağı, petrolden elektrik üretiminin ise 2021 yılından itibaren sona ereceği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Türkiye'nin elektrik üretiminde yerli kaynaklara daha fazla ağırlık vereceği ve özellikle yenilenebilir enerji potansiyelini harekete geçireceğini göstermektedir.

Anahtar Kelime: Elektrik, Elektrik Tüketimi, Elektrik Üretim Kaynakları, Elektrik Tüketim Tahmini

ABSTRACT

In this study, in the period 2018-2023, electricity consumption per capita and the share of resources in electricity production were estimated in Turkey. For this purpose, data from 1960-2017 were used. Simple exponential smoothing, Holt and winter methods were used in the evaluation of the data. As a measure of performance variables in determining the most appropriate method for mean absolute deviation (MAD), mean absolute percent error (MAPE) and mean square deviation (MSD) were used. As a result of the evaluations conducted, electricity consumption per capita in Turkey was estimated to increase by 1.87% on average annually during the period 2018-2023. In the period of 2018-2023, according to the assumption of 95% confidence interval, it is revealed that the share of natural gas in electricity generation will decrease and the share of coal and hydroelectricity will not change. In the same period, it has been determined that the share of renewable resources will increase significantly and electricity production from oil will end in 2021. The findings show that Turkey will give more weight to domestic sources in electricity generation and will especially mobilize the renewable energy potential.

Key Words: Electricity, Electricity Consumption, Electricity Production Resources, Electricity Consumption Estimation

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze ekonomik kalkınmanın ve sürdürülebilir gelişmenin en önemli girdisi veya itici gücü enerji olarak düşünülebilir. Diğer yandan enerjinin bu kritik rolünün önemi her geçen gün artmaktadır. Çünkü bir yandan artan ekonomik refah ve enerji kaynaklarının sınırlı olması, diğer yandan sürekli artan bir nüfus, enerji tüketimini arttırmaktadır. İnsanoğlu bu sorunlar karşısında mutlaka artan enerji tüketim

ihtiyaçlarını karşılamanın bir yolunu bulmak zorundadır. Ekolojik ayaz izi hesaplarına göre, küresel kaynak tüketiminin 2030'da gezegen arzını aşmaya başlayacağı ifade edilmektedir (Vance ve diğerleri, 2015).

Dünya'da sanayi devrimine kadar ilkel dediğimiz yakıtlar ön planda yer alırken, sanayi devriminden sonraki dönemde ilkel yakıtların yerini kömür almaya başlamıştır. Ancak özellikle ikinci dünya savaşında savaş gemilerinde kömürün yerine petrol kullanılması ile birlikte en önemli enerji kaynağı petrol olmaya başlamış ve dünyada kullanım açısından kömürün önüne geçmiştir. Ancak petrol krizleri sonucunda petrol arz güvenliğindeki bir takım sıkıntılar ve fiyat dalgalanmaları petrolün zaman içerisinde payını önemli ölçüde azaltmıştır. Günümüzde dünyadaki kaynak bazında elektrik üretim oranlarına bakıldığında kömürün payı %40,6 ile en yüksek düzeyde iken ikinci sırayı hidrolik dahil yenilenebilir enerji (%22,9) almaktadır. Daha sonra sırası ile %21,6 ile doğal gaz, %10,6 ile nükleer, ve %4,3 oranı ile petrol gelmektedir (ETKB, 2017a).

Yenilenebilir enerji kaynakları (RES) politikaları, üretim, dağıtım ve kullanımlarını teşvik etmek için daha sıkı önlemler içerecek şekilde geliştirilmiştir. Bunlar piyasa dalgalanmalarına uyum sağlamayı, yenilenebilir enerji teknolojilerini hızla geliştirmeyi ve çevresel sosyo-ekonomik etkilerinin toplumsal algılarını değiştirmeyi amaçlamaktadır (Radzi ve Droegge 2014).

Potansiyel bir küresel enerji krizi ve bunun ekonomi ve çevre üzerindeki etkisi ile ilgili artan endişe, mevcut kalkınma paradigmalarından sürdürülebilir olana geçişi gerektirmektedir. Bu geçiş, enerjiyi korumak ve çevresel ve sosyal etkileri önemli ölçüde azaltmak için yenilikçi politikalar gerektiren bilim adamları, endüstriler ve hükümetler için önemli bir sorun teşkil etmektedir (Chen, 2016).

Fosil enerji kaynaklarının tükenebilir olması ve yarattıkları çevre kirliliğinin yanı sıra özellikle 1973 yılında ortaya çıkan petrol krizi bu enerji kaynaklarının arz sorununu oluşturmuş ve bir güvensizlik yaratmıştır (Gürbüz, 2009). İşte bu nedenlerle özellikle dünyanın gelişmiş ülkeleri, geçmiş dönemlerde fosil yakıtlarla rekabet şansı olmayan ancak günümüzde teknolojik değişimlerin daha ekonomik hale getirdiği yenilenebilir enerji kaynaklarını ön plana geçirmiştir. Özellikle fosil kaynak rezervleri bakımından zengin olmayan AB ülkeleri ve sanayileşmiş Uzakdoğu ülkeleri ile enerji tüketimi çok büyük boyutlarda olan ABD bu kaynakların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması konusunda öncü olmuştur (Yılmaz 2012).

2017 yılı Temmuz ayı sonu itibarıyla Türkiye'de elektrik üretiminin, %34'ü doğal gazdan, %31'i kömürden, %24'ü hidrolik enerjiden, %6'sı rüzgârdan, %2'si jeotermal enerjiden ve %3'ü diğer kaynaklardan elde edilmiştir. Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2016 yılında 278,4 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik tüketimi 2017 yılı Temmuz ay sonu itibarıyla bir önceki yılın Temmuz ayı sonuna göre %4,7 artarak 167,1 milyar kWh, elektrik üretimi ise bir önceki yılın Temmuz ayı sonuna göre %6,7 oranında artarak 167,3 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir (ETKB, 2017b). Türkiye'de doğal gazdan elektrik üretimi 1986 yılından itibaren başlamış olmasına rağmen kullanımı hızla artmıştır. Türkiye'de doğal gaz kullanmaya iten sebeplerin başında sanayileşmeyle birlikte artan hızlı ve çarpık kentleşmenin yanında bunlara bağlı olarak oluşan hava ve çevre kirliliği ile 1970'lerde yaşanan petrol krizi gelmiştir. Bununla birlikte Türkiye'de doğalgazın varlığı ilk defa 1970'lerde keşfedilmiş ve bazı tesislerde kullanılmış, ancak kaynaklardaki rezerv ve üretim miktarı düşük olduğu için yaygınlaştırılmamıştır. Türkiye doğal gazın 1986 yılından sonra, giderek elektrik enerjisinde kullanımı artmış ve günümüzde ithal ettiğimiz doğal gazın yüzde 55'e varan kısmı elektrik enerjisinde kullanılmaya başlanmıştır.

Ülkelerin sürdürülebilir bir kalkınmayı gerçekleştirebilmeleri ancak uzun vadeli planlarla mümkün olabilecektir. Böylesi planların yapılabilmesi de üretimde etkin olan enerjinin gelecekteki üretim ve tüketiminin hangi boyutlarda olabileceğinin iyi bir şekilde tahmin edilmesi ile mümkün olabilecektir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de 1960-2017 yılları arasında Worldbank ve TEİAŞ tarafından oluşturulan kişi başına elektrik tüketimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin payı verilerinden hareketle en uygun olan zaman serisi yöntemini ortaya koyarak Türkiye'nin 2018-2023 yılları arasındaki tahmini kişi başına elektrik tüketimi ve yenilenebilir enerjinin toplam elektrik üretimi içindeki payını tahmin etmektir.

2. MATELYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini Dünya bankası (Worldbank, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d, 2018e) kayıtlarından, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ, 2018) raporlarından ve ilgili kuruluşların internet sitelerinden sağlanan yıllık enerji verileri oluşturmuştur. Veri seti aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

C1 Elektrik tüketimi (kişi başına kWh)

C2 Kömür kaynaklarından elektrik üretimi (toplamın yüzdesi)

- C3 Hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi (toplamın yüzdesi)
 C4 Doğal gaz kaynaklarından elektrik üretimi (toplamın yüzdesi)
 C5 Petrol kaynaklarından elektrik üretimi (toplamın yüzdesi)
 C6 Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi, hidroelektrik hariç (toplamın% 'si)

Çalışmada 2018-2023 yıllarına ait tahmini kişi başına elektrik tüketimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimi içerisindeki payını en düşük hata ve gerçeğe yakın şekilde tahmin edebilmek için çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Bunlar Basit Üstel Düzleştirme, Holt ve Winter Yöntemleridir. Analizde Minitab 16 programından yararlanılmıştır.

Basit Üstel Düzleştirme Yöntemi (Exponential Smoothing Method), trend veya mevsimsel model içermeyen verilerle tahmin yapmak için kullanılmaktadır. Bu yöntemde ileriki dönemler, üstel olarak azalan bir mantıkla geçmiş değerlerin ortalamalarıyla bulunmaktadır (Hanke ve Wichern 2008). Bu yöntemin formülü şöyle yazılmaktadır.

$$\bar{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)\bar{Y}_t$$

Burada;

\bar{Y}_{t+1} : Bir sonraki dönem için yapılan tahmin değeri

Y_t : Bu dönemin gerçek değeri

\bar{Y}_t : Bu dönem için yapılmış olan tahmin değeri

α : Düzleştirme katsayısı (Smoothing Constant)

Holt yöntemi Çift Üslü Düzleştirme yöntemi olarak da bilinir. Bu yöntem verilerde bir eğilim olduğunda yumuşatmak amacıyla kullanılır. Diğer yöntemden farklı olarak verideki trendi de ele alabilmektedir (Hanke ve Wichern, 2008). Model içinde iki tane katsayı kullanılmaktadır. Bunlar, α değeri düzleştirme katsayısı ve β değeri trend tahmini için düzleştirme katsayısıdır (Soysal ve Ömürgönülşen, 2010). Holt yöntemi ile ilgili denklemler aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$\bar{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$$

Denklemlerde; L_t : Düzleştirilen değeri, α : Düzleştirme katsayısını, Y_t : t dönemindeki gerçek değeri, β : Trend tahmini için düzleştirme katsayısını, T_t : Trend tahmini değeri, p : Tahmini yapılacak dönem sayısını, \bar{Y}_{t+p} : p periyot sonrası tahmin değerini gösterir.

Holt-Winters yöntemi bir serideki veri noktalarını tahmin etmek için kullanılabilir pek çok yöntem veya algoritmadan birisidir (Trubetskoy, 2016). Bu yöntem mevsimi ve veri eğilimini en iyi temsil eden modeldir (Kirkham, R. vd. 2002). Yöntem bir dizideki veri değerlerini dikkate alarak tahmin modeli olarak çalışmalara katkıda bulunmaktadır (Holt, 2004)(Winters, 1960). Bu yöntem önce serinin ortalama düzeyine, eğimine ve sonra mevsimsel bileşenine uygulanmaktadır. Winters yöntemi her dönemde bir düzey bileşeni, bir trend bileşeni ve mevsimsel bir bileşen kullanmaktadır.

Holt-Winters tahmin tekniğinin kullanım alanı farklılık gösteren iki türü mevcuttur. Verilerin değişkenliği (varyansı) zamanla değişiyor ise Çarpımsal Holt-Winters (ÇHW) Yöntemi; değişmiyor ise Toplamsal Holt-Winters (THW) Yöntemi kullanılır (Goodwin, 2010).

ÇHW yönteminde seviye, trend, mevsimsel faktörler ve tahmin için kullanılan temel denklemler sırasıyla şunlardır (Makridakis vd., 1998):

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m}$$

Denklemlerdeki α : Düzleştirme katsayısını, β : Trend tahmini için düzleştirme katsayısını, γ : Mevsimsellik düzleştirme katsayısını, m : tahminin kaçınıcı ileriki döneme ait olduğunu belirten değer, s : mevsimselliğin süresi veya uzunluğunu belirten değer, Y_t : değişkenin t anındaki gözlem değeri, S_t : Mevsimsel tahmini, L_t : Yeni düzleştirilen değeri, b_t : Trend tahmini değeri, F_{t+m} : m periyot sonrası tahmini değeri göstermektedir.

Toplamsal Holt-Winters (THW) tekniğinde, seviye, trend, mevsimsel faktörler ve tahmin için kullanılan temel denklemler sırasıyla şunlardır (Tratar, 2015).

$$L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1})$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$$

Gelecek ile ilgili tahminin en güvenilir olanının hangi yöntemde elde edileceği ile ilgili performans ölçütü olarak Ortalama Mutlak Sapma (MAD-Mean Absolute Deviation) Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE-Mean Absolute Percentage Error) ve Ortalama Hata Kare (MSE) kullanılmıştır. Böylece hangi yöntemin daha az hata ile tahmin yapacağı tespit edilmiş olacaktır. MAD, MAPE ve MSE performans ölçütleri ile ilgili formüller aşağıdaki gibidir.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \bar{Y}|$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \bar{Y}|}{Y_t} * 100$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}{n}$$

Formüllerdeki; \bar{Y} tahmini değeri, Y gerçek değeri ve n gözlem sayısını vermektedir. Uygun yöntemin seçilmesinde MAD, MAPE ve MSE performans ölçülerini en fazla küçükleyen ve aynı zamanda bütün düzleştirme katsayılarının (α , β , ve γ) da sıfır ile bir arasında olduğu yöntem seçilmiştir. Yapılan analiz sonucunda her bir veri seti için elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Tahmin Yöntemlerinin Performans Ölçütlerine Göre Karşılaştırılması

TAHMİN YÖNTEMLERİ	MAPE	MAD	MSD
KİŞİ BAŞINA ELEKTRİK TÜKETİMİ (kWh)			
BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME, $\alpha=1.40$	4.8000	48.4800	4670.9900
HOLT YÖNTEMİ $\alpha = 1.016$ ve $\beta = 0.10$	3.1800	34.9400	3029.1500
*TOPLAMSAL HOLT -WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.8$ $\beta = 0.3$ $\gamma = 0.5$	3.9600	36.6700	3470.5400
ÇARPIMSAL HOLT-WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.7$ $\beta = 0.3$ $\gamma = 0.3$	3.6600	37.2400	3483.0900
ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KÖMÜRÜN PAYI (%)			
BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME $\alpha=0.158$	11.1491	3.709	28.8694
*HOLT YÖNTEMİ $\alpha = 0.53$ ve $\beta = 0.05$	11.2831	3.8471	30.9701
TOPLAMSAL HOLT -WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.7$ $\beta = 0.2$ $\gamma = 0.1$	11.6525	3.9252	31.8368
ÇARPIMSAL HOLT-WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 1.0$ $\beta = 0.1$ $\gamma = 0.1$	11.7288	1.0714	36.1546
ELEKTRİK ÜRETİMİNDE PETROLÜN PAYI (%)			
BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME. $\alpha=1.1143$	21.6335	2.4482	15.7173
HOLT YÖNTEMİ $\alpha = 1.1241$ $\beta = 0.01$	27.0600	2.8303	22.3873
TOPLAMSAL HOLT -WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.7$ $\beta = 0.2$ $\gamma = 0.4$	31.8952	2.7685	20.1569
*ÇARPIMSAL HOLT-WINTER YÖNTEMİ $\alpha=1.0$ $\beta = 0.3$ $\gamma = 0.2$	22.6307	2.3096	16.5109
ELEKTRİK ÜRETİMİNDE HİDROELEKTRİKĞİN PAYI (%)			
BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME. $\alpha=1.542914$	16.9647	5.5349	52.2448
HOLT YÖNTEMİ $\alpha = 0.76446$ $\beta = 0.043479$	17.4062	5.8273	61.3273

TOPLAMSAL HOLT -WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.7$ $\beta = 0.1$ $\gamma = 0.1$	17.9984	5.7456	55.4198
*ÇARPIMSAL HOLT-WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.7$ $\beta = 0.1$ $\gamma = 0.1$	17.3666	5.6087	53.6639

ELEKTRİK ÜRETİMİNDE DOĞALGAZIN PAYI (%)

BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME. $\alpha = 1.10119$	20.1989	3.055	17.0705
HOLT YÖNTEMİ $\alpha = 0.9416$ $\beta = 0.1923$	52.2124	3.072	18.2532
*TOPLAMSAL HOLT -WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.8$ $\beta = 0.1$ $\gamma = 0.1$	22.5010	3.3575	18.0078
ÇARPIMSAL HOLT-WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 1.0$ $\beta = 0.1$ $\gamma = 0.1$	22.6697	3.3075	18.2151

ELEKTRİK ÜRETİMİNDE YENİLENEBİLİR KAYNAKLARIN PAYI (%)

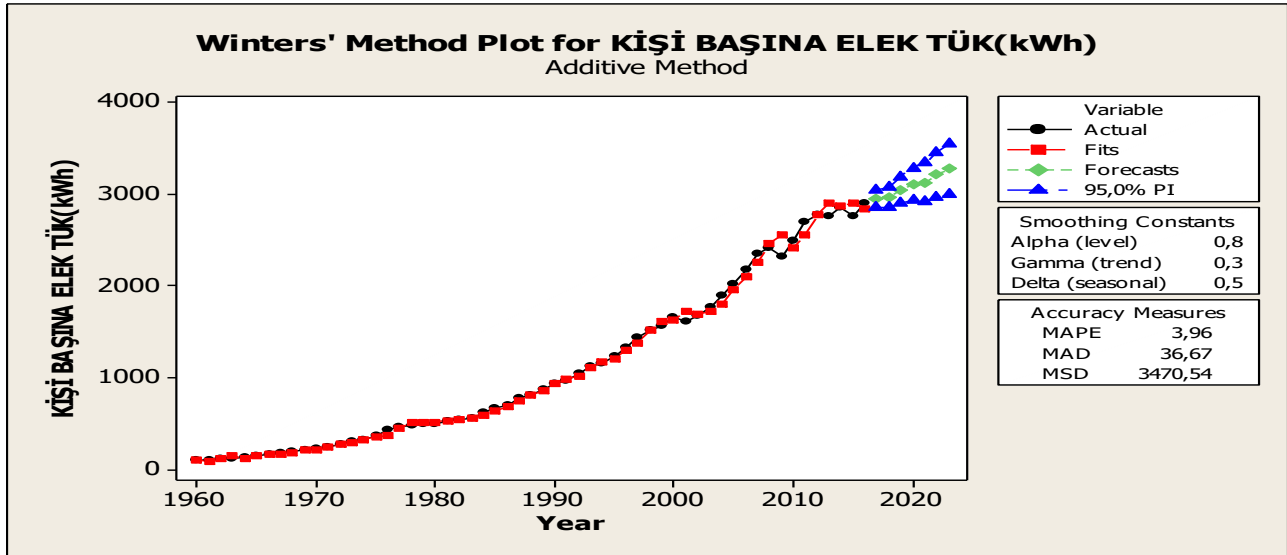
BASİT ÜSTEL DÜZLEŞTİRME. $\alpha = 1.62943$	53.6936	0.2407	0.1438
*HOLT YÖNTEMİ $\alpha = 0.967709$ $\beta = 0.668354$	51.8880	0.2078	0.0901
TOPLAMSAL HOLT -WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.4$ $\beta = 0.3$ $\gamma = 0.4$	48.7382	0.3199	0.2610
ÇARPIMSAL HOLT-WINTER YÖNTEMİ $\alpha = 0.9$ $\beta = 0.1$ $\gamma = 0.8$	39.9809	0.2744	0.1790

*Her değişken için seçilen uygun yöntemi gösterir

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Kişi başına elektrik tüketimi ülkelerin gelişmişlik seviyelerine bağlı olarak değişmekte ve hatta bir ülke içerisindeki bölgeler arasında farklılık göstermektedir. Dünya’da 2014 yılı itibarı ile kişi başına elektrik tüketimi 3125 kWh iken, yüksek gelirli ülkelerde 9086 kWh, düşük ve orta gelirli ülkelerde 1930 kWh ve orta gelirli ülkelerde 2007 kWh olmuştur (Worldbank 2018a). Türkiye’de de kişi başına elektrik tüketimi her geçen yıl artış göstermektedir. 1960 yılında 92 kWh olan kişi başına elektrik tüketimi (net elektrik tüketimi), 1970 yılında 222, 1980 yılında 495, 1990 yılında 929, 2000 yılında 1652, 2010 yılında 2491 ve 2016 yılında da 2897 kWh’ a yükselmiştir. Bu artışlara rağmen gelişmiş ülkeler seviyesinden oldukça düşük bir kişi başına elektrik tüketimine sahiptir.

Türkiye’nin 2018-2023 periyodundaki kişi başı elektrik tüketimine ilişkin tahmin sonuçları Çizelge 2’de ve kişi başına elektrik tüketimi ile ilgili trend Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1’de görüleceği üzere Hold-Winters yöntemine göre kişi başına elektrik tüketimi konusundaki tahmini değerler ile gerçek değerler bir birine çok yakın görünmektedir. Bu da seçilen yöntemin kişi başına elektrik tüketimi ile ilgili tahmini, gerçeğe yakın bir şekilde gösterebileceğini ifade etmektedir.



Şekil 1: Kişi Başına Elektrik Tüketimine İlişkin Eğilim

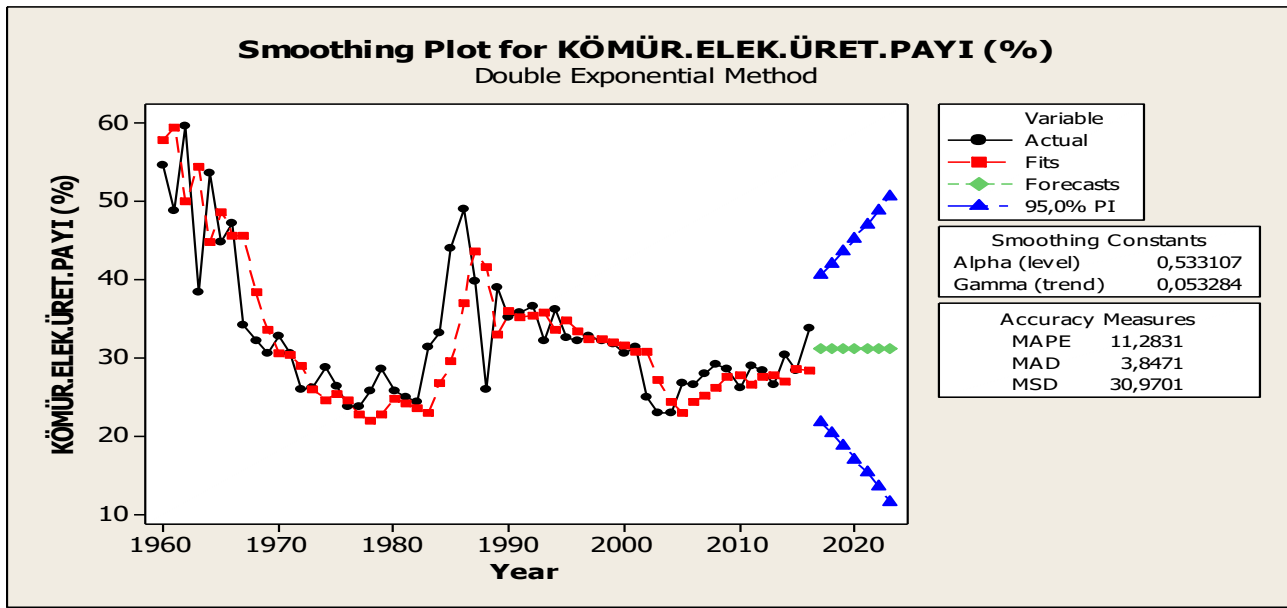
Çizelge 2: Türkiye’de 2018-2023 Periyodunda Tahmini Kişi Başına Elektrik Tüketimi (kWh)

Yıl	Tahmin	En Yüksek Değer	En Düşük Değer
2018	2953,2338	3043,0804	2863,3872
2019	2969,6298	3083,2777	2855,9819
2020	3051,8356	3194,4626	2909,2086
2021	3114,1219	3288,3409	2939,9029
2022	3130,5179	3337,7502	2923,2857
2023	3212,7237	3453,8074	2971,6401

Çizelge 2’de görüleceği üzere Türkiye’de kişi başına elektrik tüketimi 2018 yılında 2953,23 kWh olurken 2023 yılında 3212,72 kWh olarak tahmin edilmiştir. 2023 yılında %95 güven aralığında en yüksek elektrik tüketimi 3453,80 kWh ve en düşük kişi başına elektrik tüketimi de 2971,64 kWh olarak tahmin edilmiştir. Diğer yandan Türkiye’nin 2023 yılı kişi başına düşen elektrik tüketim hedefi 5000-6000 kWh (MMO, 2017) olduğu göz önüne alındığında tahminin çok düşük olduğu söylenebilir.

Dünyada elektrik üretimi için kullanılan en yaygın kaynak kömürdür. Özellikle AB ülkelerinde kömürün payı azalmasına rağmen Çin başta olmak üzere Hindistan, Almanya ve ABD’de kömürün payı diğer kaynaklara nazaran daha yüksektir. 1971 yılında dünyada elektrik üretiminde kömürün payı %33,26 iken 2014 yılında bu oran %40,66’ya ulaşmıştır (Worldbank 2018c).

Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara dağılımına göre kömürün payı 1960 yılında %54,67 iken bu oran sürekli olarak azalmış ve 2016 yılında %34’e düşmüştür. (TEİAŞ, 2018). Kömürün toplam elektrik üretimi içerisindeki payının 2018-2023 döneminde hangi düzeyde olacağına ilişkin yapılan tahmin ile ilgili veriler Şekil 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir. Şekil 2’de Türkiye’de kömürün toplam elektrik üretimi içerisindeki payındaki değişim trendi verilmiştir. Şekilde görüleceği üzere Çift Üslü Düzleştirme yöntemine göre bazı yıllarda küçük sapmalar olsa da gerçek veriler ile tahmini değerlerin birbirine yakın olması yöntemin veriler için uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir.



Şekil 2: Kömürün Elektrik Üretimindeki Payı ve Tahmini İle İlgili Eğilimi

Çizelge3: Türkiye’nin Elektrik Üretimine Kaynaklara Göre Dağılım Tahmini (2018-2023)

		2018	2019	2020	2021	2022	2023
Kömür	Tahmin	31,11	31,09	31,08	31,06	31,04	31,02
	En Yüksek	41,97	43,54	45,20	46,93	48,71	50,52
	En Düşük	20,25	18,65	16,95	15,19	13,37	11,53
Petrol	Tahmin	0,41	0,29	0,14	0,01	-0,13	-0,25
	En Yüksek	8,41	11,12	14,00	16,99	20,01	23,08
	En Düşük	-7,59	-10,55	-13,72	-16,96	-20,26	-23,58
Hidro	Tahmin	26,00	23,10	24,28	23,47	23,74	25,43
	En Yüksek	42,52	43,01	47,92	51,05	55,39	61,24
	En Düşük	9,48	3,19	0,63	-4,11	-7,91	-10,38
Doğal Gaz	Tahmin	33,89	32,66	34,01	32,75	31,52	32,87
	En Yüksek	44,30	45,72	49,96	51,72	53,59	58,09
	En Düşük	23,49	19,60	18,06	13,78	9,44	7,65
Yenilenebilir Enerji	Tahmin	12,47	14,42	16,37	18,32	20,27	22,22
	En Yüksek	13,23	15,44	17,66	19,89	22,11	24,34
	En Düşük	11,70	13,39	15,07	16,74	18,42	20,09

Holt yöntemine göre Türkiye’de elektrik üretiminde kömürün payı ile ilgili veriler incelendiğinde 2018-2023 döneminde çok küçük düşüşler yanında %31’lerde sabitlendiği görülmektedir (Çizelge 3). %95 güven aralığında kömürün elektrik üretiminde alacağı en yüksek pay %50,52 ve en düşük pay %20,25 olarak

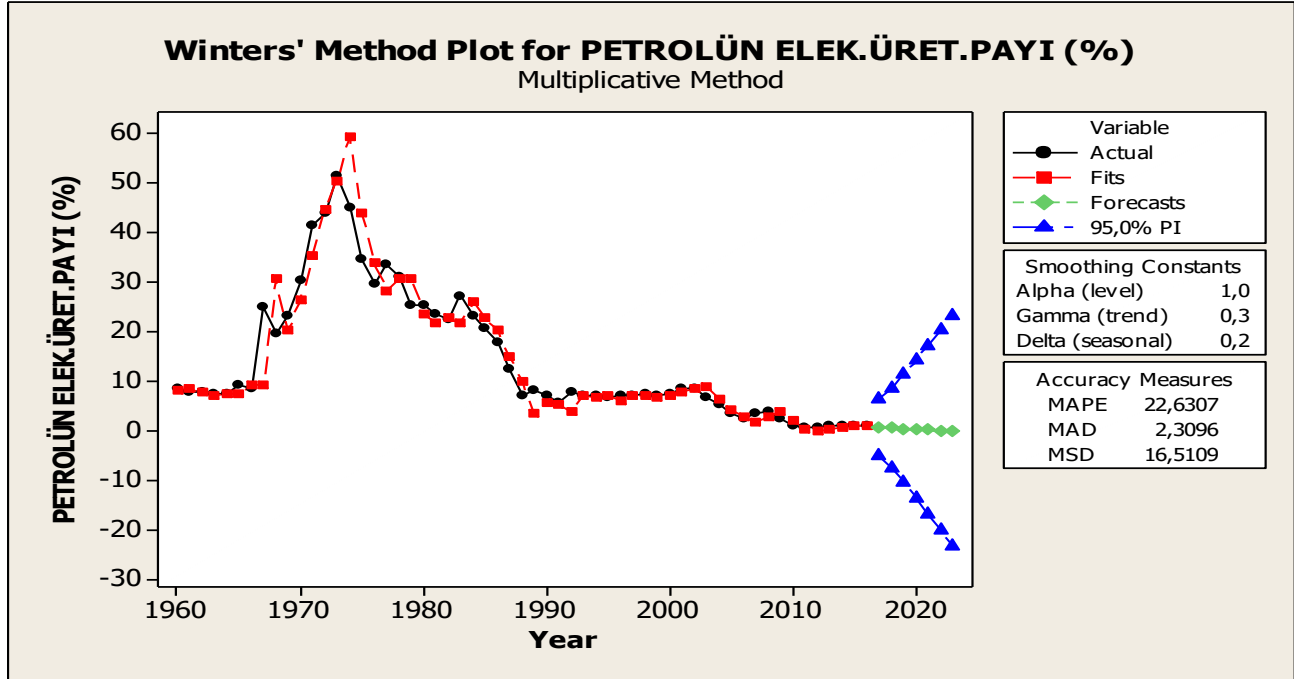
tahmin edilmektedir. Türkiye’de elektrik üretiminde kömürün payı sürekli olarak azalmıştır. Ancak bu olgu %98 oranında dışa bağımlı olduğumuz doğalgaz ithalatının artması sonucunu doğurmuştur. Bu nedenle 2016 yılından sonra kömürün elektrik üretimindeki payı yeniden artmaya başlamış ve bu durum Türkiye için bir avantaj olarak düşünülebilir. Ancak yerli kömürümüzün kalitesindeki bozulma ve daha derinlerden kömür çıkarmanın maliyetinin artması ülkemizi ithal kömüre bağımlı duruma getirebilir.

Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılması için kısa ve uzun vadeli politikalar oluşturması gerektiğinden hareketle, kısa vadede kömür, nükleer ve hidroelektrik santrallerin artırılması, uzun vade de ise yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Ancak yerli kaynakların harekete geçirilmesi konusunda Türkiye’de yeterli mesafe alınmamıştır (Bilim, 2016).

Dünya’da elektrik üretiminde petrol kaynaklarının payı 1971 yılında %18,04 iken, 1973 yılında en yüksek değer olan %21,18’e ulaşmış ve takip eden yıllarda büyük bir hızla azalarak 2014 yılında %4,09’a düşmüştür (Worldbank, 2018d). Özellikle petrol zengini ülkelerde petrolün elektrik kullanımında daha yoğun kullanıldığı, diğer ülkelerde ise daha az kullanıldığı ortaya çıkmaktadır.

Türkiye’de elektrik üretiminde petrolün payına bakıldığında 1960 yılında %8,27 iken bu oran her yıl artarak 1973 yılında %51,35’e çıkmış ve bu yıldan sonra hızla azalarak 2016 yılında %0,7’ye düşmüştür (TEİAŞ, 2018).

Türkiye’de elektrik üretiminde petrolün payını 2018-2023 periyodunda tahmin etmek amacıyla en uygun yöntem olarak belirlenen Çarpımsal Holt-Winter yöntemi analizi ile elde edilen veriler Şekil 3 ve Çizelge 3’de verilmiştir.



Şekil 3: Petrolün Elektrik Üretimi İçindeki Payı ve Tahmini İle İlgili Eğilimi

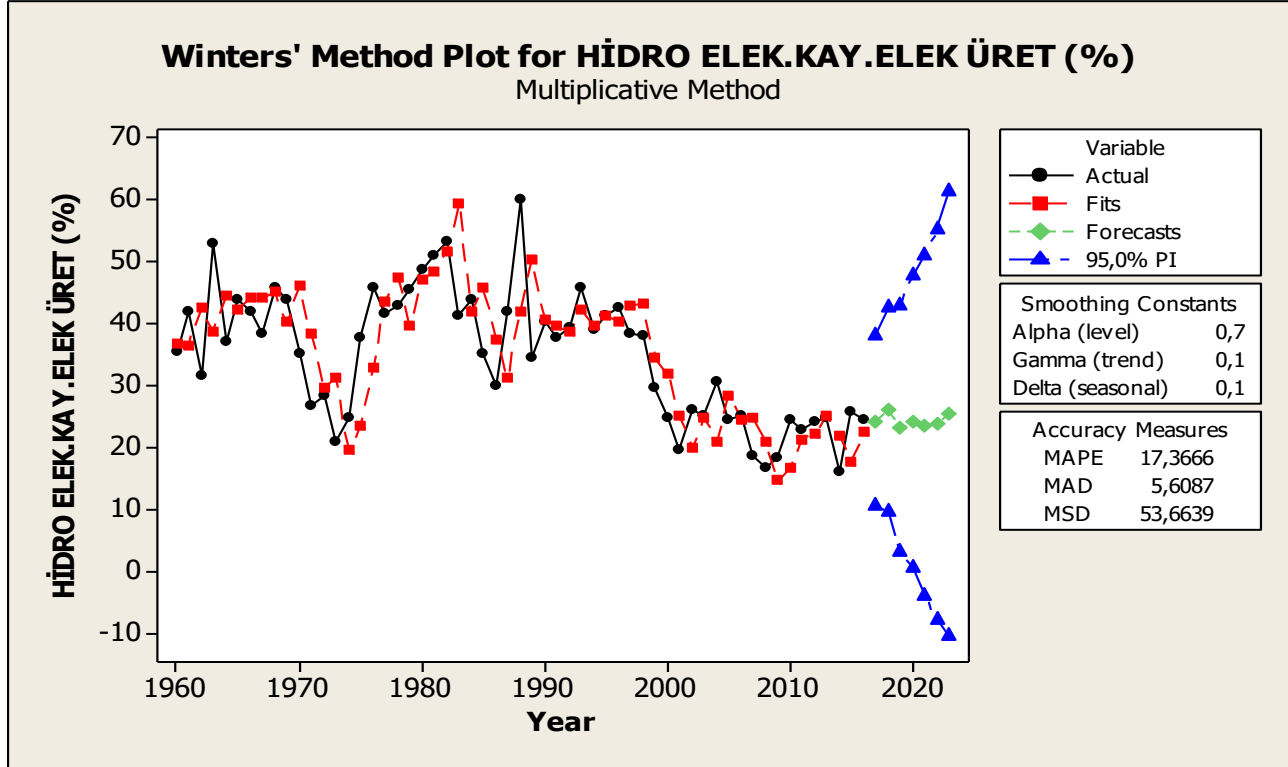
Şekil 3’de görüleceği üzere Türkiye’de petrolün elektrik üretimi içindeki payının gerçek değerleri ile tahmini değerler arasında büyük bir benzerlik söz konusu olup bu durum seçilen tahmin yönteminin uygun ve tahminin gerçeğe yakın olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3’deki verilere göre Türkiye’de petrolün elektrik üretimi içindeki payı 2023 yılında tahmini olarak sıfıra düşecek yani elektrik üretiminde petrol kullanılmayacaktır. 2023 yılında petrolün elektrik üretiminde alacağı en yüksek değer de %95 güven sınırları içerisinde %23 olacaktır. İhtiyaç duyduğu petrolün %94’ünü ithal etmek durumunda olan Türkiye’nin elektrik üretiminde petrolü azaltmasının uygun olduğu söylenebilir. Ancak bu olgu, enerji ihtiyacının başka bir ithal ürünle karşılanacağı bir uygulamadan ziyade mevcut yenilenebilir enerji potansiyelinin harekete geçirilmesi ile karşılanacağı bir planlamaya yol açmalıdır.

Dünyada elektrik üretimindeki kaynaklardan önemli bir diğeri de hidroelektrik kaynaklardır. 1971-2014 döneminde dünyadaki elektrik üretiminde hidroelektrik kaynakların payına bakıldığında çok dalgalı bir seyir göstermektedir. Ancak genel eğilim azalma yönündedir. Örneğin 1971 yılında hidroelektrik kaynakların

toplam elektrik üretim içerisindeki payı %20,21 iken, 2014 yılında %16,22'ye kadar düşmüştür (Worldbank, 2018b).

Türkiye’de elektrik üretiminde hidroelektrik kaynakların payına bakıldığında trendin azalma yönünde olduğu görülebilir. 1960 yılında hidroelektriğin payı %35,60 iken, 2016 yılında %24,50'ye düşmüştür. Şekil 4’de Holt-Winters yöntemi ile Türkiye’deki hidroelektrik kaynaklarının elektrik üretimi içerisindeki gerçek payı ve tahmini payı gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere tahmin edilen değerler gerçeğe yakın değerler olup bazı yıllarda sapmalar olsa da tahminde uygun yöntem olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4: Hidroelektrik Kaynaklardan Elektrik Üretimin Payı ve Tahmini İle İlgili Eğilimi

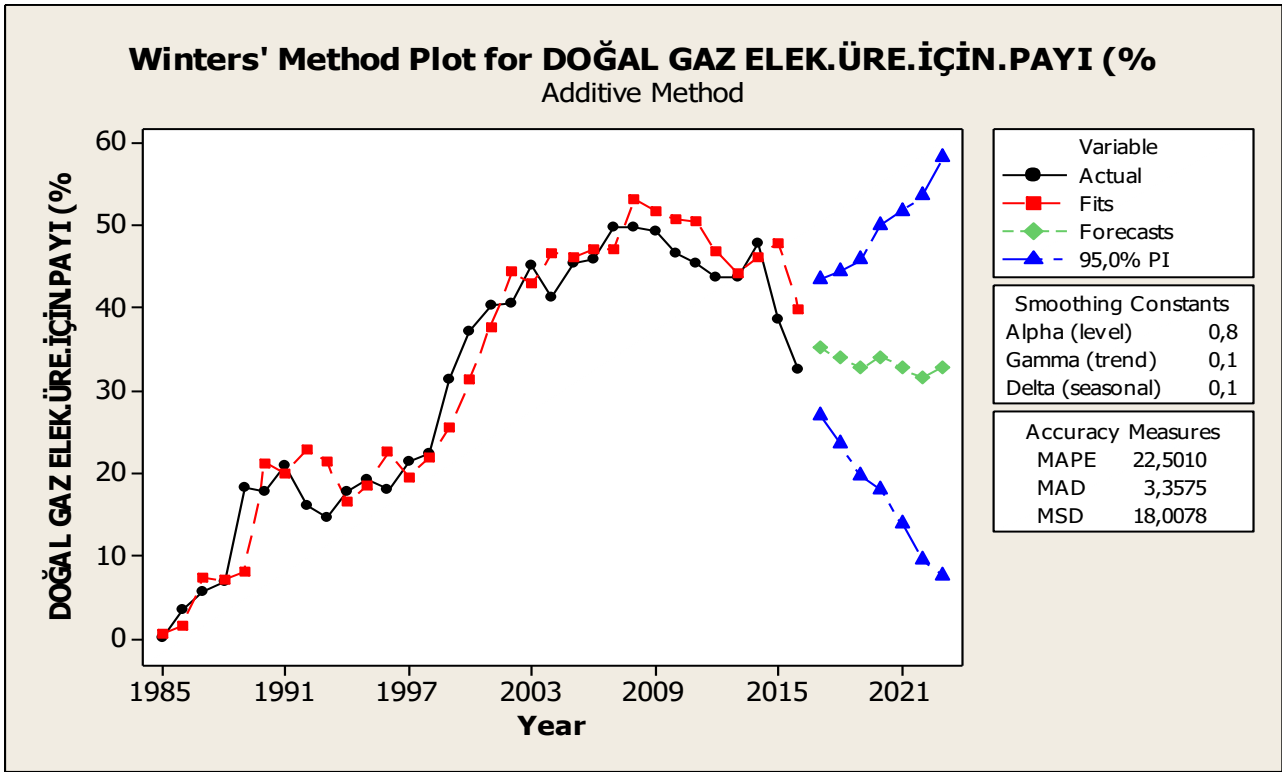
Holt-Winters Çarpımsal Yönteme göre yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4’de verilmiştir. Çizelgeye göre %95 güven sınırları içerisinde hidroelektriğin toplam elektrik üretimi içindeki payı 2023 yılında %25,43 olarak tahmin edilmiştir. Türkiye’de özellikle hidroelektrik kaynaklardan elektrik elde etme oranı 1980’li yılların ortasından itibaren azalmış olup bunun yerini ithal kaynak olan doğal gaz almıştır. Bu durum hidrolik santrallere verilen önemin azalması, doğal gaz yakıtlı santrallerin artış göstermesi ve barajlarda düşen su seviyelerinden dolayı hidro kaynakların elektrik üretimindeki payını azaltmıştır.

Elektrik elde edilmesinde kullanılan doğal gazın dünya elektrik üretimindeki payı 1980 yılında %8,9 iken 2014 yılında %21,6’ya çıkmış olup bu konuda en yüksek orana sahip ülke %50,1 ile Rusya’dır.

Elektrik üretiminde yerli kaynakların payını %30’lara çıkarmaya çalışan Türkiye doğal gazdan elektrik üretimi payını giderek azaltmaktadır. 1990’lı yılların sonunda elektrik üretiminde %18’ler civarında bir payı olan doğal gaz bu payını her geçen yıl artırarak 2014 yılında %48’lere çıkarttıktan sonra hızla düşüşe geçmiş ve 2016 yılında payı %32,5 olmuştur.

Türkiye’de elektrik üretiminde doğalgazın payının seyri konusunda Toplamsal Holt-Winters Yöntemi kullanılarak yapılan tahmin sonuçları Çizelge 3 ve Şekil 5’de verilmiştir. Şekil’de görüleceği üzere tahmini ve gerçek değerler bazı yıllarda sapma gösterse de bir birine çok yakın olduğundan uygulanan tahmin yönteminin veriler için uygun olduğu söylenebilir.

Toplamsal Holt-Winters Yöntemi sonucunda Türkiye’de doğal gazın elektrik üretimi içindeki payı 2018 yılında %33,89 iken 2023 yılında yaklaşık olarak %32,86 olacağı tahmin edilmiştir. %95 güven aralığında doğal gazın toplam elektrik üretimi içindeki payı 2023 yılı itibarı ile en yüksek %58,08 ve en düşük de %7,64 olacağı tahmin edilmektedir.



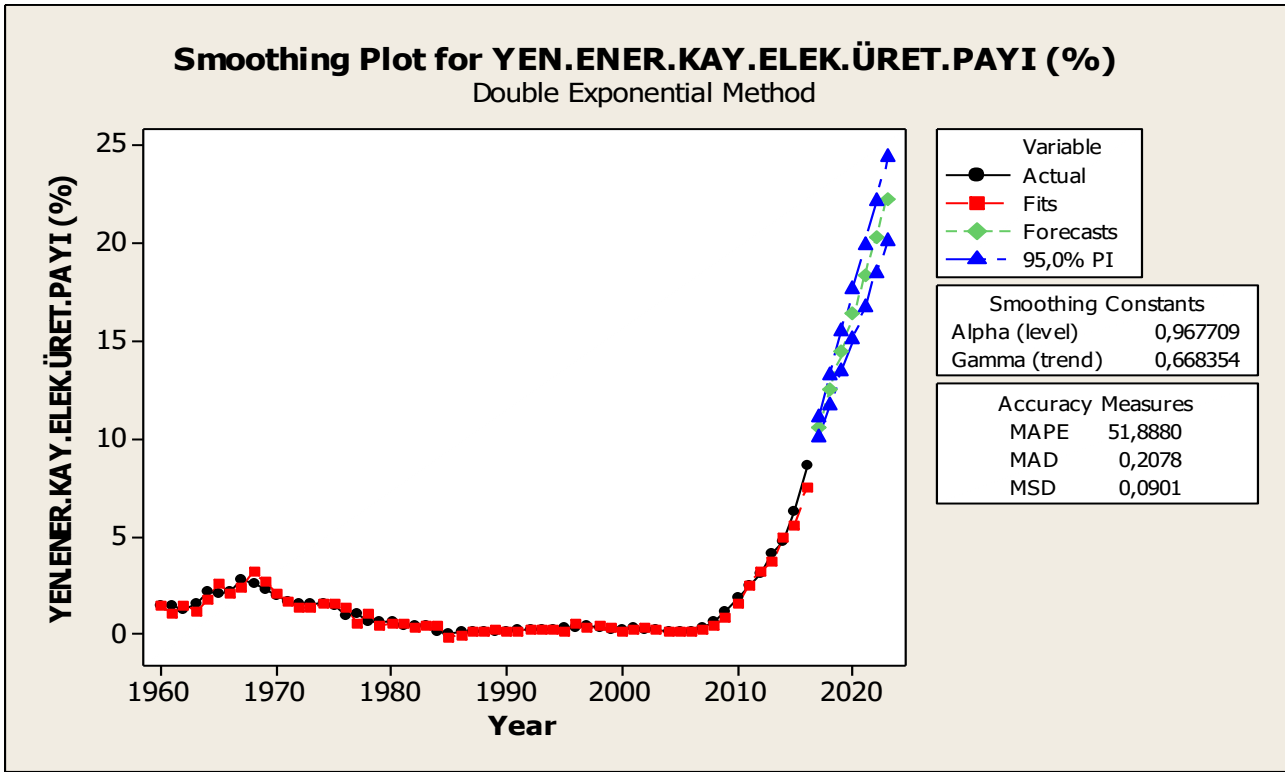
Şekil 5: Türkiye’de Doğal Gazın Elektrik Üretimindeki Payını ve Tahmini İle İlgili Eğilimi

1973 yılında meydana gelen birinci petrol krizinin ardından enerjinin önemi tüm dünya ülkeleri tarafından daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır. Bu tarihten sonra ülkeler enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve alternatif enerji kaynakları kullanma noktasında önemli adımlar atmış özellikle enerji ithal eden ülkeler enerjinin sürdürülebilir kullanımı adına çeşitli politika arayışları içine girmişlerdir. 2000’li yıllara gelindiğinde alternatif enerji arayışları büyük bir ivme kazanmış ve yenilenebilir enerji konusundaki çalışmalar artmaya başlamıştır (Karagöl ve Kavaz, 2017).

1971 yılında dünyadaki toplam elektrik üretimi içerisinde yenilenebilir kaynakların (hidroelektrik hariç) payı %0,25 iken özellikle 2000’li yıllardaki hızlı artışla 2014 yılında %5,97’ye ulaşmıştır. Danimarka %60 payla bu konuda ilk sırada yer almaktadır IEA, 2018).

Türkiye’de de yenilenebilir enerji konusunda son yıllarda büyük adımlar atılmıştır. 2000 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %0,22 iken 2016 yılında %8,6’ya yükselmiştir (TEİAŞ, 2018). Türkiye elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bakımından dünya ortalamasından daha iyi bir konumda olmasına rağmen, AB ortalaması olan %15 in çok altında bulunmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Ulusal Yenilenebilir Eylem Planında Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidroelektrik kaynaklar dahil) toplam elektrik üretimi içerisindeki payının 2023 yılına kadar en az %30’a çıkarılması hedeflenmiştir. Ancak bu hedefin bu gün dahi geçildiğini söylememiz mümkündür. Ancak hedefte hidroelektrik dışındaki yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin payının %16’ya çıkarılması hedefi Türkiye’yi AB ortalamasına ulaştırabilecektir.

Türkiye’de 1960-2016 dönemindeki elektrik üretimi içerisinde yenilenebilir enerjinin payı ile ilgili verilerden yararlanmak sureti ile 2018-2023 dönemindeki tahmini değerler hesaplanmış olup veriler Çizelge 3’de verilmiştir. Verilerin hesaplanmasında en uygun yöntem olarak Holt yöntemi seçilmiş ve ilgili yöntem ile ilgili gerçek ve tahmini değerlere ilişkin eğilim Şekil 6’da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde tahmini değerler ile gerçek değerler arasında bir sapmanın olmadığı dolayısıyla da tahmin için seçilen yöntemin uygun olduğu söylenebilir.



Şekil 6: Yenilenebilir Kaynakların Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Payı ve Tahmine Ait Eğilimi

Türkiye’de yenilenebilir enerjinin toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payı 2018 yılında %12,46 iken 2023 yılında %22,21’e çıkacağı tahmin edilmiştir. %95 güven aralığında 2023 yılında maksimum payın %24,33 ve minimum payın da %20,09 olacağı tahmin edilmiştir (Çizelge 3).

4. SONUÇ

Enerji konusunda büyük ölçüde dışa bağımlı olan Türkiye Petro kok ithalatında dünyada dördüncü sırada, doğal gaz ithalatında beşinci sırada, kömür ithalatında sekizinci sırada ve petrol ithalatında 13. sırada yer almaktadır. Sadece bu değerlere bakmak suretiyle Türkiye’nin enerji dengelerine ilişkin önemli sorunları olduğunu söylememiz mümkündür. Diğer yandan dünya enerji piyasalarının tam rekabetten uzaklaşması, nüfus artışı, hızla yaşanan kentleşme, enerji şiddetinin yüksek olması gibi bir takım yapısal sorunlar da mevcut sorunların artmasına katkı sağlamaktadır. Ancak bütün bu olumsuzlukların yanında Türkiye’nin enerji konusunda sahip olduğu bir takım avantajlar da mevcuttur. Bunlar arasında en önemlisi de enerji kaynaklarına son derece yakın bulunması ve yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin yüksek olması sayılabilir. Türkiye’nin bu avantajları nasıl kullanacağı tamamen gelecekteki enerji talebine bağlı olduğu gibi gelecekte hangi kaynaklardan enerji ihtiyacını gidereceği ile ilgili doğru tahminler de son derece önemli olmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’deki 1960-2017 dönemindeki kişi başına elektrik tüketimi ve elektrik üretiminin kaynaklarına göre dağılımı verilerinden yararlanılarak ve ortalama tahmin yöntemleri kullanılarak Türkiye’nin 2018-2023 yıllarındaki kişi başına elektrik tüketimi ve elektrik üretiminin kaynaklarına göre dağılımı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ele alınan değişkenler için hangi ortalamalar yönteminin kullanılacağı ile ilgili kriter tamamen MAPE, MAD ve MSD değerlerini en küçükleyen yöntem olmuştur. Buna göre Türkiye’de kişi başına elektrik tüketimi 2018-2023 döneminde yıllık ortalama olarak %1,87 oranında artış sonucu 2023 yılında 3212,7 kWh’a ulaşacağı tahmin edilmektedir. Diğer yandan kişi başına elektrik tüketimi 2023 yılında en yüksek 3453,8 kWh ve en düşük de 2971,6 kWh olarak tahmin edilmiştir. Bu değerlerle Türkiye dünya ortalamasında kişi başına elektrik tüketimi değerine ulaşmasına rağmen gelişmiş ülkeler seviyesinden son derece uzaktır. Elektrik enerjisinin elde edildiği kaynaklarına göre gelişimi incelendiğinde 2023 yılında %32,87’sinin doğal gazdan, %31,02’sinin kömürden, %25,43’ünün hidroelektrikten ve %22,22’sinin de yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edileceği petrolden elektrik üretiminin 2021 yılından sonra sona ereceği tahmin edilmiştir. Bu sonuçlara göre Türkiye’nin özellikle son yıllardaki yerli kaynaklara yönelmesinin etkisini görmek mümkündür. Petrolün elektrik enerjisi üretiminde kullanımının sona ermesi, hidro kaynaklardan ve kömürden elektrik üretiminin çok önemli değişiklikler göstermemesi veya en azından önemli bir azalış göstermemesi, doğal gaz kullanımının azalması,

yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etme oranının artması sevindirici sonuçlar olarak görülebilir. Diğer yandan 2023 yılında üretime başlayacak olan nükleer santrallerinin devreye girmesi ile de Türkiye'nin elektrik üretimi konusunda dışarıdan ithal ettiği fosil kaynaklar açısından bağımlılığının azalacağı söylenebilir.

KAYNAKÇA

- Bilim, N. (2016). “Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretimindeki Dışa Bağımlılığının azaltılması İçin Uygulanması Gereken Politikalar”, Selçuk Üni. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Sijest c.4 s.2, s.145-154
- Chen, B. (2016). “Nergy, Ecology and Environment: A Nexus Perspective”, Energy, Ecology and Environment February 2016, Volume 1, Issue 1, pp 1–2.
- ETKB, (2017a). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Sayı 15.
- ETKB, (2017b). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı <http://www.enerji.gov.tr/tr>. (Erişim Tarihi 8 Mayıs, 2018)
- Goodwin, P. (2010). “The Holt-Winters Approach to Exponential Smoothing: 50 Years Old and Going Strong”, Foresight, pp. 30-33.
- Gürbüz, A. (2009). Enerji Piyasası İçinde Yenilenebilir (Temiz) Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi, Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 1-7, 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- Hanke, J. E., Whichern D.W. (2014). Business Forecasting, Pearson Education Limited, Edinburgh
- Holt, C. C. (2004).” Forecasting Seasonals and Trends by Exponentially Wweighted Moving Aaverages”, International Journal of Forecasting. 20, 1, pp. 5-10.
- IEA, (2018). International Energy Agency, <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/> (Erişim Tarihi 02 Mayıs 2018)
- Karagöl, E. T. Kavaz, İ. (2017). “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji”, Analiz Dergisi, Seta Yayınları, Nisan 22017, Sayı 197 s. 1-28
- Kirkham, R. J. Boussabaine, A. H. & Kirkham, M. P. (2002). “ Stochastic Time Series Forecasting of Electricity Costs in an NHS Acute Care Hospital Building, for Use in Whole Life Cycle Costing”. Engineering Construction and Architectural Management, New York, v.9, n.1, p.38-52.
- Makridakis, S. G. Wheelwright, S. C. Hyndman, R. J. (1998). Forecasting: Methods and Applications, 3. Edition. Wiley, New York, USA.
- MMO, (2017). Makine Mühendisleri Odası, Türkiye'nin Enerji Görünümü, <https://www.mmo.orgtr/sites/default/files/> (Erişim tarihi, 7 Mayıs 2018)
- Radzi, A. Droege P. (2014). “Latest Perspectives on Global Renewable Energy Policies”. Current Sustainable/Renewable Energy Reports September 2014, Volume 1, Issue 3, pp 85–93.
- Soysal M. Ömürgönülşen, M. (2010). “Türk Turizm Sektöründe Talep Tahmini Üzerine Bir Uygulama”, Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, Cilt 21, Sayı 1, Bahar: 128-136. ISSN: 1300-4220 (1990-2010).
- TEİAŞ, (2018). Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi, <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>. (Erişim Tarihi 6 Nisan, 2018).
- Tratar, L. F. (2015). “Forecasting Method for Noisy Demand”, International Journal of Production Economics, 161, pp.64-73.
- Trubetskoy, G. (2016). Holt-Winters Forecasting for Dummies (or Developers)-Part I, <https://grisha.org/blog/exponential-smoothing-forecastig>.
- Vance, L. Eason T. Cabezas, H. (2015). “Energy Sustainability: Consumption, Efficiency, and Environmental Impact” Clean, Technologies and Environmental Policy, Springer-Verlag, New York, NY, 17(7):1781-1792.
- Yılmaz, M. (2012). “Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi”, Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.

Winters, P. R. (1960). Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. Management Science. 6, , pp. 324-342).

Worldbank, (2018a). <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?Locations=TR> (Erişim Tarihi 3 Nisan, 2018)

Worldbank, (2018b). <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS?end=2014&start=1961> (Erişim Tarihi 3 Nisan, 2018)

Worldbank (2018c). <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.COAL.ZS?end=2014&start=1961> (Erişim Tarihi 3 Nisan, 2018)

Worldbank (2018d). <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.PETR.ZS?end=2014&start=1961> (Erişim Tarihi 3 Nisan, 2018)

Worldbank (2018e). <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.NGAS.ZS> (Erişim Tarihi 3 Nisan, 2018)