

# TÜRKİYE’NİN UZUN DÖNEM PUANT YÜK TALEBİNİN ve ENERJİ İHTİYACININ TAHMİN EDİLMESİ

Prof. Dr. Belgin Emre Türkay

## Giriş

Ekonomik, kaliteli ve güvenilir bir elektrik enerjisiyle tüketicileri beslemek ve geleceğe ilişkin gerçekçi bir planlama için; doğru bir yük tahmini yapılması zorunludur. Uzun dönem yük tahmini, geçmişteki koşullar incelenerek gelecekteki yükün tahmin edilmesi esasına dayanır.

Etkili bir sistem planlaması için, puant yük ve enerji ihtiyacının tahmin edilmesi gereklidir. Yük tahmin yöntemleri; genel olarak kısa, orta ve uzun dönemli olmak üzere üç grupta toplanabilir. [1, 2, 3]

**Kısa dönem yük tahminleri:** Birkaç dakika ile bir günlük zaman dilimini kapsarlar. Güç santralleri arasında yük paylaşımı ile generatörlerin devreye girip çıkması kısa dönem yük tahminleri ile belirlenir. Genellikle, günlük yük eğrisindeki puant yük değerleri gerçek zamanlı olarak önceden görülmeye çalışılır. Bu tahmin yönteminde en önemli veri hava koşullarıdır.

**Orta dönem yük tahminleri:** Bir gün ile bir yıllık zaman aralığını kapsar. Bu tahminlerde amaç; satış tarifelerini, bakım periyotlarını ve yakıt kaynaklarını belirleyerek iletim, dağıtım sistemleri ile kısa sürede devreye alınabilecek santralleri planlamaktır.

**Uzun dönem yük tahminleri:** Bir yıldan daha uzun süreyi kapsamaktadır. Yeni enerji santralleri kurmak ve üretilen enerjiyi tüketiciye ulaştırmak, uzun süre gerektirdiği için gelecekteki enerji tüketim değerlerinin tahmin edilmesi bu grupta incelenir. Buna göre gelecekteki yatırımlar planlanır.

Türkiye’de uzun dönem puant yük tahminine ilişkin çalışmalar mevcuttur: Yapılan çalışmalardan biri, yapay sinir ağları kullanılarak yapılan Kütahya İli’nin 5 yıllık puant yük tahminidir. [1, 2] Türkiye’nin uzun dönem puant yükünün tahmin edilmesine ilişkin diğer bir çalışmada ise [5] yapay sinir ağları ile uzun dönem saatlik yük tahmini yapılmıştır.

Literatür taraması yapıldığında uzun dönem yük tahmine ilişkin uluslararası çok fazla çalışma olduğu görülmektedir. Haida ve Muto [6] oluşturdukları uzun dönem puant yük tahmin modellerinde transformasyon tekniği kullanarak regresyon ile çözüm yapmışlardır. Alkhal [7] ileri beslemeli yapay sinir ağları yaklaşımı kullanarak, uzun dönem saatlik yük tahmini yapılmıştır. Buna benzer birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Son yıllarda iyi bir veri ayırma yöntemi olan “Destek Vektör Makineleri Yöntemi” de elektriksel yük tahmini problemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. [10]

Gelecekte yapılacak yatırımlar ve bunların planlaması için puant yükün doğru şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Türkiye’de genel olarak Türkiye Elektrik İletim A.Ş.’nin (TEİAŞ) 10 yıllık tahminleri kullanılmaktadır. Burada geliştirmiş olduğumuz ekonometrik model ile yapılan tahmin ile TEİAŞ tahminlerinin karşılaştırılmalı analizi yapılmıştır.

## 1. Uzun Dönem Yük Tahmin Yöntemleri

Uzun dönem yük tahmini için klasik tahmin yöntemleri; kararlı, oturmuş elektrik sistemlerine rahatlıkla uygulanabilirken, dinamik, hızlı gelişen güç sistemlerine yeni tahmin yöntemlerinin uygulanması gerekir. [2]

Yük tahmininde kullanılan klasik yaklaşımlardan biri olan istatistiksel yaklaşım, yük ve çeşitli giriş faktörleri arasındaki ilişkiyi zorunlu kılan bir matematiksel model yaklaşımı gerektirir. Elektrik yük tahmininde; son kullanım, ekonometrik, regresyon ve zaman serileri, yapay sinir ağları gibi çeşitli modeller kullanılmaktadır.

**Regresyon Analizi:** Aralarında sebep-sonuç ilişkisi olan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili gelecek bilinmeyen tahminler yapabilen yöntemlerden biridir. Bu yöntemde iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi açıklamak için matematiksel bir model kullanılır ve bu model regresyon modeli olarak adlandırılır. [9]

Tek bağımsız değişkeni olan basit regresyon ve birden fazla bağımsız değişkeni olan çok değişkenli regresyon analizi olmak üzere iki çeşit regresyon modeli bulunmaktadır. Bu çalışmada, üretimi etkileyen birden fazla faktör bulunduğu için çok değişkenli regresyon analizi kullanılmıştır. Çoklu regresyon analizinden olumlu sonuç alınabilmesi için, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin sayısal olarak ve aynı ölçüm birimiyle ölçülmesi gerekmektedir. Bağımsız değişken seçilirken de kendi aralarında yüksek korelasyona sahip bağımsız değişkenlerden sadece birisi alınmalıdır. [9]

Çoklu regresyonda kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$y = a + b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

- $y$  = Bağımlı değişken
- $a$  = Doğrunun  $y$  eksenini kestiği nokta
- $b_1$  = İlk tahmin değişkeninin  $x_1$  kat sayısı
- $b_2$  = İkinci tahmin değişkeninin  $x_2$  kat sayısı
- $b_n$  =  $n$ . tahmin değişkeninin  $x_n$  kat sayısı
- $x_1$  = İlk bağımsız değişken
- $x_2$  = İkinci bağımsız değişken
- $x_n$  =  $n$ . bağımsız değişken

Regresyon analizi birçok elektrik yük tahmininde kullanılmasına rağmen bu metodun olumsuz yanlarından birisi de yük talebi ve etkili faktörler arasındaki karmaşık ve lineer (doğrusal) olmayan yapı sebebiyle doğru bir model kurup geliştirmenin oldukça zor olmasıdır.

**Zaman Serileri Modeli:** Bir zaman serisi veri tabanı, zaman içerisinde tekrarlayan ölçümlerden elde edilen değerleri içerir. Bu değerler tipik olarak eşit zaman aralıklarında (günlük, haftalık ve yıllık gibi) ölçülür. Zaman serisi veri tabanları; hisse senedi piyasası analizleri, ekonomik tahminler, bütçe analizi, süreç ve kalite kontrolü ve iş yükü

tahminleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. [2] Zaman serisi tekniği yük talebi modeli, geçmiş verilerin fonksiyonu şeklinde tanımlanabilir. [9, 10]

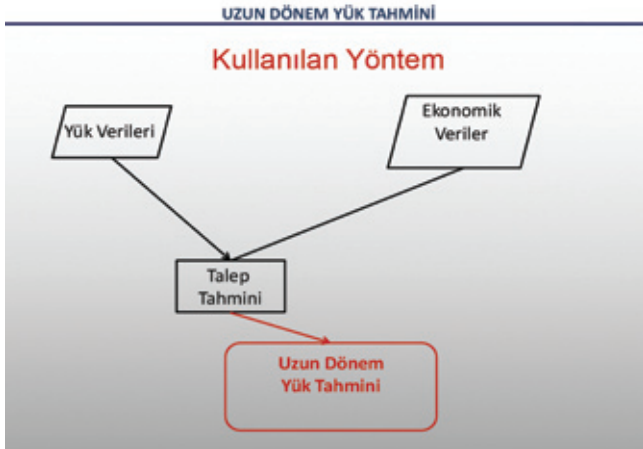
**Hesaplamalı Zekâ Yöntemleri:** Elektrik yük tahminlerinde 1990'larda uygulanmaya başlanmıştır. Daha sonrasında, özellikle yapay sinir ağları, bu alanda çok popüler ve yaygın olarak kullanılmıştır. Yapay sinir ağları, bulanık mantık, destek vektör makineleri, hibrit sistemleri veya bunların kombinleri yük tahminlerinde karışık problemlerin çözümünde başarılı olmuştur.

**Destek Vektör Makineler Yöntemi:** Bir destek vektör makinesi, verileri optimal olarak iki kategoriye ayıran n-boyutlu bir hiper düzlem oluşturmaktadır. Destek vektör makineleri modelleri, yapay sinir ağlarıyla yakından ilişkili olup; sigmoid bir kernel fonksiyonu kullanan destek vektör makineleri, iki katmanlı, ileri beslemeli bir yapay sinir ağına sahiptir. [10]

Destek vektör makineleri, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde çalıştırılabilir. Destek vektör makineleri regresyon metodundaki temel fikir, eldeki eğitim verilerinin karakterini mümkün olduğunca gerçeğe yakın bir şekilde yansıtan ve istatistiksel öğrenme teorisine uyan doğrusal ayırıcı fonksiyonun bulunmasıdır. Sınıflandırmaya benzer bir şekilde regresyonda da doğrusal olmayan durumların işlenebilmesi için çekirdek fonksiyonları kullanılır. [10]

## 2. Türkiye'nin Uzun Dönem Yük Tahmini

Sosyal, ekonomik ve toplumsal açıdan istikrarlı olan bölgelerin enerji sistemi planlanırken ise regresyon analizi yöntemi kolaylıkla uygulanabilmektedir. Yapılan çalışmada uzun dönem yük tahmini yapılırken regresyon analizi kullanılmıştır. Tahmin yapılırken geçmiş yıllara ilişkin yük, gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYH) ve sanayi üretim indeksi değerleri kullanılmıştır.



### 2.1. Türkiye Sanayi Üretim Endeksi Verileri

Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) alınan veriler doğrultusunda Türkiye Sanayi Üretim Endeksi, 1998 yılından bu yana 2013 yılına kadar yüzde 87 artışla 116.3 değerine ulaşmıştır. Türkiye sanayi üretim endeksinin yıllara göre değişimi Şekil 1'de verilmiştir.

### 2.2. Türkiye GSYH Verileri

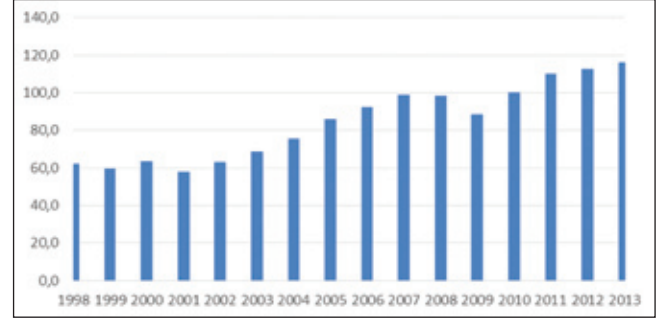
TÜİK'ten alınan veriler doğrultusunda cari fiyatlarla Türkiye GSYH değerleri 1998 yılından 2013 yılına kadar 21 kat artmıştır. Türkiye'de GSYH'nın yıllara göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir.

### 2.3. Türkiye Yıllık Puant Güç Değerleri

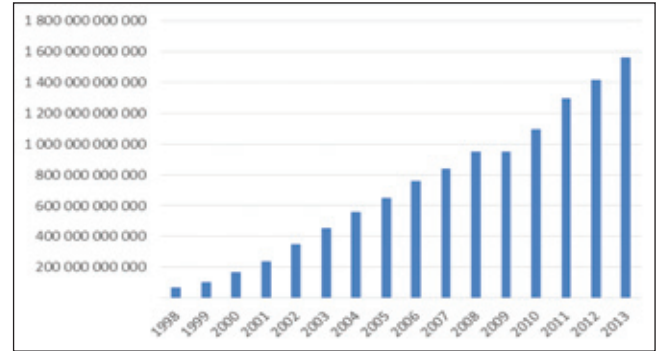
TEİAŞ'tan alınan verilere göre, puant talebi 1998 yılından 2013 yılına kadar yüzde 115 artış göstererek, 38 bin 274 megavat (MW) değerine ulaşmıştır. Türkiye puant güç talebi verilerinin yıllara göre değişimi Şekil 3'de verilmiştir.

### 2.4. Türkiye Yıllık Enerji Talebi Değerleri

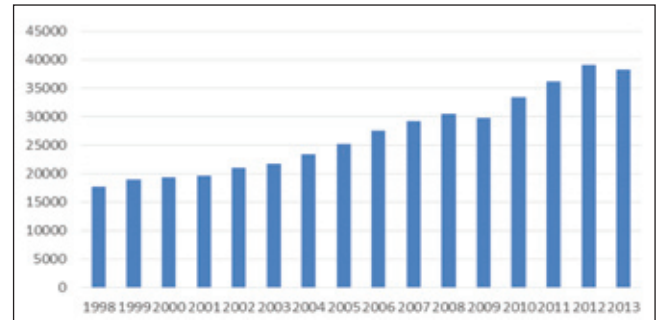
TEİAŞ'tan alınan verilere göre, enerji talebi 1998 yılından 2013 yılına kadar yüzde 117 artış göstererek, 248 bin 324 megawat saat (MWh) değerine ulaşmıştır. Türkiye enerji talebi verilerinin yıllara göre değişimi Şekil 4'de verilmiştir.



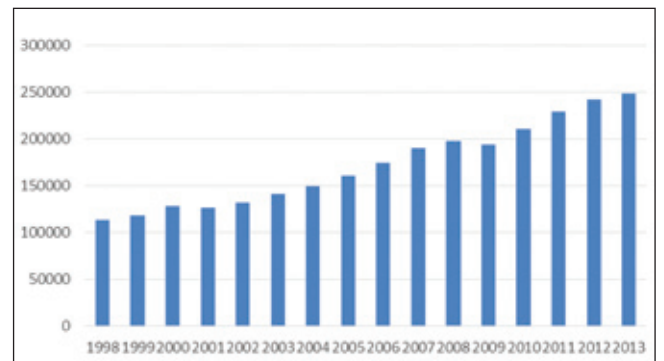
Şekil 1: Türkiye Yıllık Sanayi Üretim Endeksi Verileri



Şekil 2: Türkiye Yıllık GSYH Verileri



Şekil 3: Türkiye Yıllık Puant Güç Talebi Verileri



Şekil 4: Türkiye Yıllık Enerji Talebi Verileri

## 2.5 Ekonometrik Model ile Bulunan Sonuçların TEİAŞ Sonuçları ile Karşılaştırılması

Çalışmada uzun dönem yük tahmininde Çoklu Regresyon Analizi Yöntemi kullanılmış olup; “puant ve enerji değerleri” bağımlı değişken olarak; sanayi üretim endeksi ve GSYH değerleri bağımsız değişken olarak alınmıştır.

TEİAŞ’ın yayımladığı 2013-2017 Kapasite Projeksiyonu TEİAŞ’ın yaptığı tahmin sonuçlarını içermektedir. Çoklu regresyon sonucu yapılan tahminler sonucu bulunan yük/enerji artış oranlarının, TEİAŞ tahminlerinin altında değerler olduğu görülmüştür. Yapılan talep tahmin çalışması ile TEİAŞ’ın talep tahmini arasındaki makas gelecek yıllara doğru gidildikçe daha da çok açılmaktadır. Aradaki fark, 2014 yılı için 5 bin 18 gigawat saat (GWh) ile başlarken, 2023 yılına varıldığında 54 bin 604 GWh’ye kadar çıkmaktadır. Bu makasa yüzdesel olarak bakıldığında TEİAŞ’ın talep tahminlerindeki yükseklik, yapılan talep tahmin çalışmasına göre yüzde 2’den başlayıp, yüzde 16.7’e kadar ulaşmaktadır.

**Tablo1: Regresyon ile Hesaplanan Puant Güç Tahminlerinin TEİAŞ Değerleri ile Karşılaştırılması**

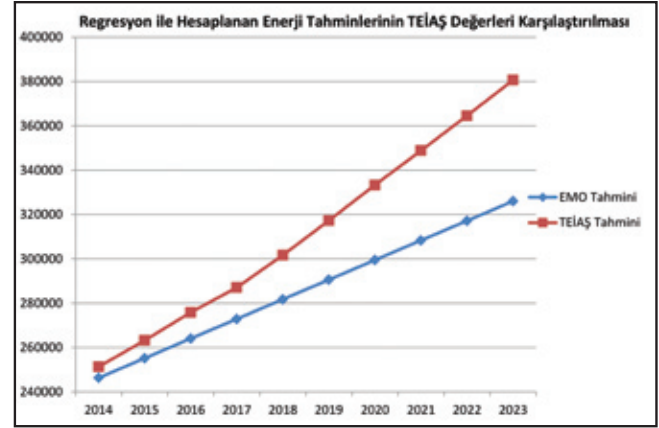
Yıl	Puant Güç (MW)	Artış Yüzdeleri Tahmini (%)	TEİAŞ Puant Güç (MW)	TEİAŞ Puant Güç Artış Yüzdeleri Tahmini (%)
2014	38738		39100	
2015	40144	3,6	40550	3,7
2016	41556	3,5	42490	4,8
2017	42961	3,4	44230	4,1
2018	44374	3,3	46470	5,1
2019	45779	3,2	48880	5,2
2020	47192	3,1	51340	5
2021	48597	3,0	53730	4,7
2022	50002	2,9	56160	4,5
2023	51414	2,8	58630	4,4

**Tablo 2: Regresyon ile Hesaplanan Enerji Tahminlerinin TEİAŞ Değerleri Karşılaştırılması**

Yıl	Enerji (GWh)	Artış Yüzdeleri (%)	TEİAŞ Enerji (GWh)	TEİAŞ Enerji Artış Yüzdeleri Tahmini (%)
2014	246311		251329	
2015	255147	3,6	263230	4,7
2016	264031	3,5	275810	4,8
2017	272867	3,3	287100	4,1
2018	281750	3,3	301680	5,1
2019	290587	3,1	317290	5,2
2020	299470	3,1	333310	5,0
2021	308306	3,0	348840	4,7
2022	317142	2,9	364600	4,5
2023	326026	2,8	380630	4,4

## Sonuç

Modellerin doğru yapılması, elektrik kamu hizmetlerinin çalışması ve planlaması açısından elektrik yük talep tahmin modellerinde çok önemli yer tutmaktadır. Yük tahmini, elektrik hizmetleri sağlayan kamu ve özel şirketler için elektrik yük üretimi ve satın alımındaki, yük değiştirmedeki ve altyapı gelişimindeki önemli kararların alınmasında yardımcı olmaktadır. Buna ek olarak, yük tahmini; enerji



sağlayıcı şirketler, finansal kurumlar ve elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı ve piyasasındaki diğer şirketler için oldukça önemlidir.

Puant yük değerlerine göre elektrik üretim kapasiteleri belirlenmektedir. Bu durum dikkate alındığında; yıllık tahmini yüzde artışları ile yapılan yük tahmini yerine bilimsel temellere dayalı gelişmiş modellere dayalı tahminler yapılması gerekliliği açıkça görülmektedir.

Kurulan doğru tahmin modelleri ile Türkiye’nin enerji sektöründeki mevcut ve gelecekteki durumu sağlıklı olarak analiz edilebilir.

## Kaynaklar

- [1] Nalbant, A.,Aslan .Y.,Yaşar,C., “Electrical Peak Load Forecasting in Kütahya with Artificial Neural Networks.” Dumlupınar Üniversitesi, sayı111, Kütahya,2006.
- [2] Nalbant, A., “Kütahya İli Elektrik Puant Yük Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2005.
- [3]Hamzaçebi, C., Kutay, F., “Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 19, No 3, sayfa: 227-233, 2004.
- [4] Kalogirou, S.A., “Applications of Artificial Neural Networks in Energy Systems a Review”, Energy Conversion and Management, Vol. 40, sayfa: 1073-1087, 1999.
- [5] Girep,P., Köksal,M.,A.;Bilgiç,M.; baker,D., é Türkiye’nin Uzun Dönem tepe Yük değerinin Tahmin Edilmesi” Sayfa 245-248, ICCI 2010.
- [6] Haida,T., Muto,S., “ Regression Based Peak Load Forecasting Using A Transformation technique” IEEE Transaction on Power Systems Vo.99, pp 1788-1794,1994.
- [7] Alkhal,F.,” Artificial neural Networks for long-term electric modelling and forecasting” Ph.D. Thesisi , Purdue University,USA, 1998.
- [8] Hsu, C.C., Chen, C.Y., “Regional Load Forecasting in Taiwan applications of Artificial Neural Network”, Energy Conversion and Management, Vol. 44, sayfa:1941-1949, 2003
- [9] Belgin Türkay ,Fatih Aksel, “ Long-Term Load Forecasting Case Study in Turkey” AMSE Journal , (Signal processing and Pattern recognition)), serie B, Vol.44, issue 4, pp.61,2001
- [10] Belgin Emre Türkay, Dilara Demren” Electrical Load Forecasting Using Support Vector Machines: a Case Study” International Review of Electrical Engineering - October 2011 (Vol. 6 N. 5) - Papers Part B ■