

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE’NİN KISA DÖNEM ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİ İÇİN HESAPLAMA
YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

UTKU BALCI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. HASAN HÜSEYİN ERDEM**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’NİN KISA DÖNEM ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİ İÇİN
HESAPLAMA YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

Utku BALCI tarafından hazırlanan tez çalışması 12.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Hasan Hüseyin ERDEM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hasan Hüseyin ERDEM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Osman ISIKAN
Marmara Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Volkan AKKAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez, değişen elektrik enerjisi piyasa koşullarının oluşturduğu ihtiyaçları karşılamak için yapılmış olan bir çalışmadır. Günümüzde doğru öngörü bütün sektörlerde önemini her geçen gün daha da arttırmaktayken, zaman geçtikçe daha da zorlaşan rekabet ve piyasa koşulları nedeniyle enerji piyasasında da önemini arttırmaktadır. Doğru öngörü yapmak, özellikle insan davranışları, sosyal ve teknolojik gelişmeler ve çevre şartları gibi çok değişken ve tahmin edilemez faktörlerin etkilediği enerji sektöründe önemli olduğu kadar da imkansız yakınlıkta zor bir iştir. Bu zorlu çalışmayı bana layık gören ve tez çalışması boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Sayın Hasan Hüseyin Erdem'e ve bu zorlu süreçte desteğini esirgemeyen değerli eşim Özge'ye teşekkür ederim.

Haziran, 2018

Utku BALCI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
TÜRKİYE ELEKTRİK PİYASASININ YAPISI	6
2.1 Türkiye Elektrik Piyasasının Kısa Tarihi	6
2.2 Türkiye Mevcut Piyasa Yapısı	8
2.2.1 Gün Öncesi Piyasası	10
2.2.2 Gün Öncesi Piyasası	10
2.2.3 Dengeleme Güç Piyasası	12
2.2.4 Piyasa Takas ve Sistem Marjinal Fiyatlarının Belirlenmesi	12
2.2.5 Elektrik Piyasasının Uygulanması ve Arz/Talep Dengesinin Piyasa Katılımcıları İçin Önemi	14
BÖLÜM 3	
ELEKTRİK TALEBİ TAHMİN MODELLERİ	16
3.1 Trend Analizi Modeli	17

3.2	Regresyon Modeli	17
3.3	Ekonometrik Modeller	18
3.4	Son Kullanım Modelleri	18
3.5	Ayrışma Modeli	19
3.6	Yapay Sinir Ağları.....	19
3.7	ARIMA Modeli	20
3.8	Destek Vektör Makineleri.....	21
3.9	Genetik Algoritmalar	21

BÖLÜM 4

ELEKTRİK TÜKETİM ANALİZİ VE HESAP YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİ	22
4.1 Sanayi Elektrik Tüketimi Analizi	25
4.2 Ticari Elektrik Tüketimi Analizi	40
4.3 Mesken Elektrik Tüketimi Analizi	55
4.4 Sıcaklığın Elektrik Tüketimi Üzerine Etkisi	63

BÖLÜM 5

ELEKTRİK TÜKETİM ANALİZİ VE HESAP YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİ	68
5.1 2017 Ocak Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	68
5.2 2017 Şubat Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	70
5.3 2017 Mart Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	73
5.4 2017 Nisan Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	75
5.5 2017 Mayıs Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	77
5.6 2017 Haziran Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	79
5.7 2017 Temmuz Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	81
5.8 2017 Ağustos Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	83
5.9 2017 Eylül Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	85
5.10 2017 Ekim Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	87
5.11 2017 Kasım Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	90
5.12 2017 Aralık Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması	92

SONUÇ VE ÖNERİLER	95
-------------------------	----

KAYNAKLAR	98
-----------------	----

ÖZGEÇMİŞ	100
----------------	-----

SİMGE LİSTESİ

χ	Tüketici endeksi
$\mathcal{E}$	Gerçekleşen elektrik tüketim miktarı
z	Hesaplanan toplam tahmini elektrik tüketim miktarı
δ	Sapma yüzdesi
η	Nüfus miktarı
Π	Hesaplanan tahmini ticari elektrik tüketimi
ω	Hesaplanan tahmini mesken elektrik tüketimi
$\acute{u}$	Üretim endeksi
$\acute{s}$	Hesaplanan tahmini sanayi elektrik tüketimi
e	Euler sayısı
t	Zaman serisi değeri

KISALTMA LİSTESİ

AR	Auto Regressive
ARIMA	Auto Regressive Integrated Moving Average
DSİ	Devlet Su İşleri
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
EÜAŞ	Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
HES	Hidroelektrik Santrali
MTA	Maden Tetkik Arama
MYTM	Milli Yük Tevzi Merkezi
PYS	Piyasa Yönetim Sistemi
SDF	Sistem Dengesizlik Fiyatı
SMF	Sistem Marjinal Fiyatı
TEAŞ	Türkiye Elektrik İletişim A.Ş.
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YİD	Yap İşlet Devret
YSA	Yapay Sinir Ağları

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4. 1	Aylık sanayi üretim endeksi – sanayi elektrik tüketimi.....	27
Şekil 4. 2	Ocak aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	28
Şekil 4. 3	Şubat aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	28
Şekil 4. 4	Mart aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	29
Şekil 4. 5	Nisan aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	29
Şekil 4. 6	Mayıs aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi.....	30
Şekil 4. 7	Haziran aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	30
Şekil 4. 8	Temmuz aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	31
Şekil 4. 9	Ağustos aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi.....	31
Şekil 4. 10	Eylül aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi.....	32
Şekil 4. 11	Ekim aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	32
Şekil 4. 12	Kasım aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi.....	33
Şekil 4. 13	Aralık aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi	33
Şekil 4. 14	Ocak aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	34
Şekil 4. 15	Şubat aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi.....	35
Şekil 4. 16	Mart aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	35
Şekil 4. 17	Nisan aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	36
Şekil 4. 18	Mayıs aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	36
Şekil 4. 19	Haziran aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi.....	37
Şekil 4. 20	Temmuz aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	37
Şekil 4. 21	Ağustos aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	38
Şekil 4. 22	Eylül aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	38
Şekil 4. 23	Ekim aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	39
Şekil 4. 24	Kasım aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	39
Şekil 4. 25	Aralık aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi	40
Şekil 4. 26	Aylık tüketici endeksi - ticari elektrik tüketimi	42
Şekil 4. 27	Ocak aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	43
Şekil 4. 28	Şubat aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi.....	43
Şekil 4. 29	Mart aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	44
Şekil 4. 30	Nisan aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	44
Şekil 4. 31	Mayıs aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi.....	45
Şekil 4. 32	Haziran aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi.....	45
Şekil 4. 33	Temmuz aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	46

Şekil 4. 34	Ağustos aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	46
Şekil 4. 35	Eylül aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	47
Şekil 4. 36	Ekim aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	47
Şekil 4. 37	Kasım aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi.....	48
Şekil 4. 38	Aralık aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi	48
Şekil 4. 39	Ocak aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	49
Şekil 4. 40	Şubat aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	49
Şekil 4. 41	Mart aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	50
Şekil 4. 42	Nisan aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi.....	50
Şekil 4. 43	Mayıs aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	51
Şekil 4. 44	Haziran aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	51
Şekil 4. 45	Temmuz aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi.....	52
Şekil 4. 46	Ağustos aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	52
Şekil 4. 47	Eylül aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	53
Şekil 4. 48	Ekim aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi.....	53
Şekil 4. 49	Kasım aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	54
Şekil 4. 50	Aralık aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi	54
Şekil 4. 51	Yıllık nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi	56
Şekil 4. 52	Ocak aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi.....	57
Şekil 4. 53	Şubat aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi	57
Şekil 4. 54	Mart aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi.....	58
Şekil 4. 55	Nisan aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi.....	58
Şekil 4. 56	Mayıs aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi	59
Şekil 4. 57	Haziran aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi.....	59
Şekil 4. 58	Temmuz aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi.....	60
Şekil 4. 59	Ağustos aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi	60
Şekil 4. 60	Eylül aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi	61
Şekil 4. 61	Ekim aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi.....	61
Şekil 4. 62	Kasım aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi	62
Şekil 4. 63	Aralık aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi	62
Şekil 4. 64	Nüfusun yıllara göre değişimi	63
Şekil 4. 65	Her bir ay için üretim endeksine göre sanayi elektrik tüketiminin toplu gösterimi.....	64
Şekil 4. 66	Her bir ay için tüketici endeksine göre ticari elektrik tüketiminin toplu gösterimi.....	66

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4. 1	Ülke genelinde yıllara göre elektriğe erişebilme oranı23
Çizelge 4. 2	Ülke genelinde yıllara göre net elektrik tüketiminin dağılımı24
Çizelge 4. 3	Sanayi elektrik tüketiminin aylara dağılımı26
Çizelge 4. 4	Sanayi üretim endeksinin aylara dağılımı26
Çizelge 4. 5	Ticari elektrik tüketiminin aylara dağılımı.....41
Çizelge 4. 6	Tüketici endeksinin aylara göre dağılımı.....41
Çizelge 4. 7	Mesken elektrik tüketiminin aylara göre dağılımı.....55
Çizelge 4. 8	%105 sanayi endeksine karşılık gelen tarihler için ortalama sıcaklık bilgileri65
Çizelge 4. 9	%250 tüketici endeksine karşılık gelen tarihler için ortalama sıcaklık bilgileri.....66

TÜRKİYE’NİN KISA DÖNEM ELEKTRİK TALEBİ TAHMİNİ İÇİN HESAPLAMA YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Utku BALCI

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hasan Hüseyin ERDEM

Değişen ve gelişen piyasa koşulları ile birlikte, rekabetin yüksek olduğu her sektörde olduğu gibi talep tahmini ve tam zamanlı üretimin önemi elektrik piyasası için de geçerli olmaya başlamıştır.

14.03.2013’te kabul edilen ve 30.03.2013 tarihinde resmi gazetede 26603 numara ile yayınlanan “Elektrik piyasası kanunu” ile değişen piyasa şartlarında fiyat; gün öncesi, gün içi ve dengeleme piyasalarındaki arz talep dengesine göre belirlenmeye başlamıştır. Bununla birlikte toplam arzın talepten fazla olması durumu, üreticinin daha düşük fiyattan elektrik satışı yapmasına ve karının düşmesine neden olmaktadır. Arzın talepten eksik kalması durumunda ise üretici işletme kapasitesinin tamamını kullanamamakla karşı karşıya kalmaktadır. Her iki durumda da talebin önceden belirlenmesi işletmelere karını arttırma şansı sağlayacaktır.

Talebin önceden bilinmesi kısa vadede işletmenin optimum şartlarda çalışıp karın maksimizasyonunu sağlarken, orta vadede bakım operasyonlarının ve hammadde ihtiyacı için bir öngörü uzun vadede ise yatırımlar için daha net bir görüş sağlamaktadır. Karın maksimizasyonu yıllık gelir için önemli iken, kullanılacak hammadde miktarının önceden düşük sapmalar ile hesaplanabilmesi şirketin finansal yapısı ve nakit akışı için oldukça önemlidir. Uzun vadede yapılacak olan yatırımların kararında ise kapasite

arttırma veya azaltma kararı, eleman ihtiyacının belirlenebilmesi, olası bir yatırım kararında borçlanma modeli için oldukça yardımcı olup, belirsizlikleri azaltacaktır.

Bu tezin amacı ise ülkemizde değişen koşullara göre daha önceki yıllardan alınan veriler ile bir sonraki yılın kısa ve uzun vadede elektrik tüketimini hesaplayabilecek bir talep tahmin yöntemi geliştirmektir. Talep tahmin yöntemi, elektrik tüketimi ile ilgili parametrelerin temel istatistik verilerine dayandırılarak ve 2017 yılı verileri ile kıyaslanarak doğruluğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, elektrik, talep, tahmin, tüketim, hesaplama, piyasa



**DEVELOPMENT A CALCULATION METHOD FOR TURKEY SHORT TERM
ELECTRICITY DEMAND FORECASTING**

Utku BALCI

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüseyin ERDEM

As other competitive sectors for electricity production and distribution sector, demand forecast and just in time production became more important with developing and changing market condition.

The Electricity Market Law was accepted on 14.03.2013 and established by official gazette on 30.03.2013. With Electricity Market Law, in changing market conditions, price of electricity depends on a supply demand equilibrium and is determined in day ahead, intraday and balancing power markets. If amount of supply is bigger than amount of demand, supplier will sell electricity with low price and make less profit. Otherwise, supplier work under absorption and sell less amount of electricity than they could do. In both condition, forecasting of electricity demand provides supplier to maximize their profit.

Forecasting of electricity demand provides companies in short term to work in optimum condition and to maximize their profit. In middle term companies can plan their maintenance and forecast raw materials, in long terms companies could make a well-directed decision for their investment plan thanks to forecasting of electricity demand. While maximizing profit is important for annual income, calculating a raw material demand in low deviation is important for companies' financial status and their cash flow of companies. Forecasting of electricity demand makes future clear and would be

helpful in long term for determining increase or decrease of capacity, operator requirement and financial model of possible investments.

The purpose of this thesis is that developing a calculation method for long and short term electricity demand in changing condition by using previous data. The demand forecasting method is based on the basic statistical data of the parameters related to electricity consumption and its accuracy is compared with the data of 2017.

Keywords: Turkey, electricity, demand, forecast, consume, calculation, market



GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Türkiye Cumhuriyeti 774815 km²'lik yüzölçümü ile Avrupa ve Asya kıtalarını birbirine bağlayan önemli bir coğrafi konuma sahiptir. Sadece Avrupa ve Asya kıtalarını bağlaması ile değil, aynı zamanda Akdeniz, Karadeniz ve Ege denizine kıyısı olması ile de önemli bir pozisyonundadır. Tüm bu avantajları Türkiye'ye doğalgaz üreten ve tüketen ülkeler arasında bir enerji koridoru olma özelliği kazandırmıştır. TÜİK verilerine göre 2000 ve 2009 arasında Türkiye Cumhuriyeti nüfusu %7,6 artmıştır ve bu eğilim ile devam ettiği takdirde 2020 yılında ülkemizin nüfusunun 100 milyona ulaşması beklenmektedir. Gelişen ülkelerde nüfusun ve endüstrileşmenin artması ile birlikte ihtiyacı artan en önemli tüketim kalemlerinden bir tanesi de enerjidir. Türkiye artan enerji ihtiyacının büyük kısmını elektrik enerjisi oluşturmaktadır ve elektrik enerjisi için ihtiyaç duyduğu yakıtın büyük kısmını ithal etmektedir. Türkiye'nin hem uzun yıllara dayalı olarak artan elektrik talebini, hem de son yıllarda değişen piyasa koşulları sonucunda zorunlu hale gelen talep tahminini ölçmek için daha önceki yıllarda farklı yöntemler ile çalışmalar yapılmıştır.

Türkiye'de 2004 yılında yapılan çalışmada Yumurtacı ve Asmaz 2050 yılına kadarki enerji ihtiyacını istatistik tekniklerine göre nüfus artışı ve GSMH değerine dayandırarak hesaplamıştır [1]. 1970 ve 2001 arasındaki veriler kullanılarak genetik algoritma modeli ile Canyurt tarafından 2025'e kadar enerji tüketimini hesaplanmıştır [2]. Genetik algoritma modeli bu kez Öztürk tarafından 1980 ile 2001 arasındaki veriler kullanılarak 2020 yılına kadar elektrik talebi hesaplanmak için kullanılmıştır [3]. Çalışmalarında hesaplama endüstriyel ve toplam elektrik talebi olarak ikiye ayrılmıştır ve her biri brüt

Üretim miktarlarına, nüfusa ve ihracat/ithalat değerlerine dayandırılmıştır. Sözen yaptığı çalışmada yapay sinir ağları modeli ile iki farklı hesaplama yapmıştır [4]. Bir tanesinde nüfus, büyüme oranları, kurulu kapasite ve yıl veri olarak kullanılırken, diğerinde enerji kaynakları veri olarak kullanılmıştır. Tunç lineer matematik modeli ile Türkiye'nin gelecekteki elektrik üretim yatırımını hesaplamak için çalışma yapmıştır [5]. 2007 yılında Sözen ve Arcaklıoğlu temel enerji kaynaklarının tüketiminin tahmini için yapay sinir ağları modelini kullanmıştır ve 2020 yılına kadar tahminlerde bulunmuşlardır [6]. Erdoğdu Türkiye'nin net elektrik tüketimini tahmin etmek için 1984 ve 2004 yılları arasındaki verileri kullanarak ARIMA modeli geliştirmiştir [7]. Ediger ve Akar otoregresiv yöntemi ile Türkiye'nin birincil enerji ihtiyacını tahmin etmişlerdir [8]. Sözen ve Arcaklıoğlu ekonomik parametrelere bağlı olarak 3 farklı yöntem ile net elektrik talebini tahmin etmeye çalışmışlardır [9]. alışmalarında ekonomik parametreler olarak üretim miktarlarını ve nüfus artışlarını kullanmışlardır. Yüksek tarafından 2009 yılında gözlemlenmiş verilere ve nüfus, kişi başına düşen enerji tüketimine, toplam enerji tüketimine bağlı olarak bir artış oranı hesaplama yöntemi geliştirerek, gerekli enerji üretim miktarını ve yeni hidrolik santral kurulumu ihtiyacını hesaplamıştır [10]. Kavaklıoğlu ekonomik verileri kullanarak yapay sinir ağları metodu ile birden fazla farklı fonksiyon oluşturarak enerji talebini bulmaya çalışmıştır [11].

Yapılan alışmalar ortak noktasının belli bir zaman aralığındaki veriler ve farklı yöntemler ile daha sonraki dönemler için bir tahmin yürütmesidir. Yapılan çalışmalarda nüfus, GSMH, birim başına düşen enerji tüketimi, üretim ve tüketim miktarları, büyüme oranları gibi ekonomik ve demografik veriler kullanılmıştır. Ülkemizde son 20 yıl içerisinde ihtiyaç haline gelen enerji tüketim tahmini gelişmiş ülkelerde daha önceki zamanlarda bir ihtiyaç haline gelmişti ve bu ülkelerde hem kendi ülkeleri hem de diğer ülkeler için bazı çalışmalar yapılmıştı.

Glasure ve Lee Güney Kore ve Singapur için enerji tüketimi ile GSMH arasında bir bağ olup olmadığını araştırmıştır [12]. Soytaş ve Sarı aynı çalışmayı en büyük on enerji pazarı içerisinde bulunan G7 lkeleri için yaparken Yang Tayvan için bu çalışmayı gerçekleştirmiş ve GSMH ile enerji tüketimi arasında Tayvan için yakın bir ilişki bulmuştur [13]. Chang Çin'de karbondioksit salınım oranı, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir [14]. Narayan ve Smyth Avustralya'da istihdam

oranları, net ülke geliri ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır [15]. Ranjan ve Jain Hindistan'ın Delhi şehri için hava koşulları ve nüfusun elektrik tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir [16].

Literatürde yurtdışında hava durumu, istihdam oranları, nüfus, GSMH, gaz salınım oranları, ekonomik büyüme verileri ve eğitim oranları gibi birçok parametreye göre farklı bölgeler için farklı hesaplama yöntemleri ile çalışmalar yapılmıştır. Tüm bu çalışmalar belli bir dönemdeki veriler ışığında geleceğin tahmini üzerine kuruludur. Bu çalışmalarda görülen bir bölge için önemli yakınlıkta tahmin yürütmemizi sağlayan bir veri başka bir ülkede işe yaramamaktadır. Her ülkenin kendine has özelliklerinin olduğu ortaya çıkmaktadır. Ülke coğrafyası içerisinde bulunan farklı iklim koşulları, tüketicilerin gelir anlamında GSMH'den eşit düzeyde faydalanması, eğitim ve teknolojiyi kullanmadaki farklılıklar, sanayinin gelişmişlik oranı, elektriğe erişimin düşük olması, ülkelerde göre anlamlı verinin değişmesine neden olmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

2013 yılında gerçekleştirilen yeni düzenleme ile birlikte enerji piyasasında yeni bir çalışma düzeni oluşmuştur. Yeni oluşan piyasa koşullarına ilave olarak hem üretim hem de dağıtım aşamasında özel sektörün katılımı arttıkça piyasada rekabet de artmıştır. Şirketler bütün diğer sektörlerde olduğu gibi, elektrik üretim ve dağıtım sektöründe de kar etmek ve karlarını maksimize etmek istemektedir. Şirketlerin karlarını maksimize etmesi, yeni oluşan piyasa koşullarında, günlük optimum üretimi yapabilmesinden, orta vadede hammadde ihtiyaçlarını belirleyip fiyat düşük fiyattan ön talep yapabilmesinden, orta ve uzun vadede kapasite tahmini yapıp gerekli iş gücü, bakım planları ve masraflarını belirleyebilmesinden geçmektedir. Şirketlerin bunu yapabilmesi için kısa, orta ve uzun vadede tüketim tahmini yapabilmesi gerekmektedir. Elektrik tüketimi öngörüsü yeteneğinin kazanabilmesi bu şirketler için en önemli konu haline almaktadır. Bu yaptığımız çalışmada daha önceki yıllardan oluşan ekonomik ve sosyal veriler doğrultusunda belirli periyotlarda elektrik talebi tahminini yapabilecek bir hesaplama yöntemi geliştirmek için yazılmıştır.

1.3 Hipotez

Türkiye'nin belirli bir zaman dilimindeki elektrik tüketimini tek bir veri ile hesaplamak, farklı eğitim seviyeleri, jenerasyonlar arasında teknolojiye olan yatkınlık farkının çok olması, yaşam koşulları, geniş yüz ölçümü nedeniyle farklı mevsim şartları, bölgeler arasındaki endüstriyel gelişmişlik oranları farklarından dolayı mümkün değildir. Bunu açık literatürde daha önce yurtiçi ve yurtdışındaki çalışmalar da göstermiştir. Elektrik tüketiminin birçok veriye bağlı olmasının yanı sıra bütün veriler her bir alandaki elektrik tüketimini de aynı oranda etkilememektedir. Her bir alandaki elektrik tüketiminin kendine özgü verileri bulunmaktadır. Türkiye'nin elektrik tüketiminin önemli bir kısmını ticarethaneler, endüstriyel faaliyetler ve meskenlerdeki kişisel kullanımlar oluşturmaktadır. GSMH'nin dağılımındaki dengesizlik, eğitim ile teknolojiye sadece gelir düzeyindeki farklılıklardan değil, coğrafi farklılıklardan dolayı da eşit erişimin olmamasından dolayı bu verilerin elektrik tüketimi üzerindeki etkisi gerçekçi bir sonuç vermemektedir. Bu veriler yerine ticarethaneler için ticari tüketim endeksi, endüstriyel faaliyetler için üretim endeksi, mesken için ise nüfus parametre olarak kullanılmıştır.

Türkiye'de elektriğe ulaşılabilirlik Dünya Bankası verilerine göre 2014 yılından itibaren %100'ü bulmuştur. Bu bilgiye son yıllardaki teknolojik gelişmelerin ve bu gelişmeler sonrasında oluşan ürünlerin günlük hayatımıza dahil olması ile birlikte veri zaman aralığı olarak 2010 ile 2016 yılları arası uygun görülmüştür.

2010 yılından 2017 yılına kadarki altı yıllık süredeki veriler doğrultusunda aylık olarak ticarethaneler ile ticari tüketim endeksi arasında, endüstriyel faaliyetlerdeki elektrik tüketimi ile üretim endeksi arasında, mesken elektrik tüketimi ile nüfus arasında yakın ilişkiler görülmüştür. Aylık olarak ayrı ayrı incelenmesinin nedeni mevsim şartlarındaki değişimlerden arındırılmış bir şekilde ilgili alanlar için tek bir veri ile elektrik tüketimini açıklama isteğinden kaynaklanmaktadır. Bu ilişkilerden çıkartılan korelasyonlar ile daha sonraki yıllarda aynı aylar için bir tahmin oluşturulmuştur.

Elektrik tüketimlerinin gelecek için tahmini gibi, tahmin için kullanılacak olan ana veriler; üretim endeksi, ticari tüketim endeksi ve nüfusun da tahmin edilmesi gerekmektedir. Bunun için de her bir veri ilgili aylarda kendi içinde bir eğilim izlemektedir. Bu eğilimin yanı sıra beklenen büyüme oranları sayesinde bu ana veriler için gelecek dönemlere ait tahminlerde bulunmaktadır.

Her yıl için kullanılan üretim endeksi, tüketim endeksi ve nüfus arasında bir ilişki mevcuttur. Ayrıca bu veriler ile ilgili oldukları alanlar arasında da korelasyonlar kurulabilmektedir. Mevsim koşullarının etkisi arındırıldığı takdirde yakın sonuçlar elde edilmekle beraber aynı mevsim koşullarında elde edilen bir verinin farklı bir mevsim koşulundaki sonucu uygun olmayacaktır. Verilerin uygun bir sonuç vermesi için aylık bazda tahmin edilmesi gerektiği gibi ilgili ay için mevsim koşullarının da verilerin alındığı aylardakine benzer olmalıdır.



TÜRKİYE ELEKTRİK PİYASASININ YAPISI

2.1 Türkiye Elektrik Piyasasının Kısa Tarihi

Türkiye’de ilk elektrik üretimi 1902 yılında Tarsus’ta su değirmeni milinin transmisyon kayışına bağlanması sonucu 2 kW güç üreten bir tesis kurulması ile başlamıştır. Bu tesis küçük çapta elektrik üretimi yapan ve sadece sokak aydınlatması için kurulmuş bir tesistir. Elektrikle aydınlanan ilk konutlar ise Müftü zade Sadık Paşa (Sadık Eliyeşil) ile Sorgu Hakimi Yakup Efendinin evleri olmuştur.

1914 yılında ilk kayda değer elektrik üretim tesisi olarak Silahtarağa Termik Santrali hizmete girmiştir. 14 Şubat 1914’te açılan bu tesis, ekonomik ömrünü tamamladığı 1983 yılına kadar hizmet vermiştir.

1930’lu yıllara kadar Türkiye’deki elektrik çalışmaları, genelde yabancı işletmelerin elinde olan küçük yerel santraller ve onların beslediği birbirlerinden ayrı yerel dağıtım şebekelerinin işletilmesi şeklinde olmuştur. 1939 yılında yabancı şirketlere verilmiş olan bu imtiyazlar devletleştirilerek genellikle dağıtım hizmetleri belediyelere devredilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulduğu 1923 yılında, kurulu güç 33 MW ve yıllık üretim 45 milyon kW_eh iken; 1935 yılına gelindiğinde, kurulu güç 126,2 MW, üretim ise 213 milyon kW_eh’e ulaşmıştır. Elektrikğin ulaştırıldığı il sayısı ise 43’tür.

1935 yılında, 2805 sayılı Kanun ile kurulan Etibank’ın 3 ana işlevinden biri elektrik işletmeciliği olarak düzenlenmiştir. Yine aynı yıl, 2804 sayılı Kanun ile Maden Tetkik Arama (MTA), 2819 sayılı Kanun ile Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ) kurulmuştur. 1954 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) kurulana kadar Hidroelektrik tesis dahil tüm üretim ve dağıtım Etibank önderliğinde bu kuruluşların katkılarıyla yürütülmüş olup küçük

kapasiteli dizel ve hidrolik santraller ve birçok sanayi kuruluşunun ve belediyelerin işlettiği dizel santraller ile şehirlerin elektrik ihtiyaçları karşılanmaya çalışılmıştır.

1948 yılında, Silahtar Ağa Termik Santrali'nden o güne en büyük tesis olan Zonguldak'taki Çatalağzı Termik Santrali devreye girmiş ve 1952 yılında 154 kV'luk bir Enerji nakil hattı ile İstanbul'a elektrik takviyesi yapılmıştır. Bu Enerji nakil hattı, ulusal enerji sisteminin de (Enterkonnekte sistem) başlangıcını oluşturmuştur.

1950'li yıllarda, Türkiye'nin kurulu gücü 407,8 MW, yıllık üretim ise 500 milyon kW'a ulaşmıştır. 1956 yılında 3 önemli tesis ulusal elektrik sistemine bağlanmıştır. Bunlar; Adana yakınlarındaki Seyhan Barajı ve HES, Ankara yakınlarındaki Sarıyar barajı ve HES ile Kütahya yakınlarındaki Tunçbilek Termik Santrali'dir.

1970 yılında 1312 sayılı yasa ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuş olup Belediyeler ve İller Bankası dışında bütünlük sağlanmıştır ve bazı istisnalar dışında üretim, iletim ve dağıtım tesislerinin yapım ve işletilmesi ile elektrik sektörünün planlanması tekel statüsüyle TEK'e verilmiştir. Bu tarihte de kurulu güç 2234.9 MW, üretim ise 8 milyar 623 milyon kW_eh seviyelerine yükselmiş olup ilk 380 kV "Enerji Nakil Hattı" sisteme dahil edilmiştir. 1970 yılında elektriğin ulaştığı köy sayısı % 7'ye ulaşmıştır. 1972 yılında, Türkiye'nin o güne kadarki en büyük baraj ve HES'i olan Eskişehir yakınlarındaki 300 MW gücündeki Gökçekaya Barajı ve HES ile yine en büyük termik santral projesi olan Seyitömer Termik Santrali devreye alınmıştır. 1975 yılında Fırat Nehri üzerindeki inşa edilen Keban Barajı, 1330 MW'lık kapasitesi ile o yıla kadar kurulan tüm barajlı santrallerin toplamından daha büyük kurulu güce sahiptir.

Türkiye'nin kurulu gücü 1980 yılında 5118,7 MW'a, üretimi ise 23 milyar 275 milyon kW_eh kapasitesine ulaşmıştır. 1982 yılında Belediyeler ve Birliklerin ellerindeki elektrik tesisleri TEK'e devredilmiştir. Bu tarihten itibaren de enerjinin üretimi, dağıtımı ve satışları bu kurum (TEK) tarafından yapılması sağlanmıştır. Bu dönemde de Türkiye'nin kurulu gücü 6638,6 MW, üretimi ise 26 milyar 552 milyon kW_eh olarak gerçekleşmiş, bu yıl elektriğin ulaştığı köy sayısı % 61'e ulaşmıştır. Bu yıllarda ayrıca Çayırba Termik Santrali yapılmıştır. 300MW güce sahip iki üniteye daha sonra 2000 yılında 2 ünite daha eklenerek faaliyete geçmiştir.

1984 yılında kabul edilen 3096 sayılı yasa ile TEK'in tekel statüsü kaldırılmış, yerli ve yabancı Sermaye Şirketlerine üretim tesisi kurmak ya da mevcut üretim ve dağıtım tesislerinin mülkiyeti TEK'da kalmak üzere işletme hakkı devralmak suretiyle faaliyette bulunma imkânı verilmiştir. 12 Ağustos 1993'te TEK; ikiye ayrılarak üretim ve iletimden sorumlu TEAŞ, dağıtımdan sorumlu TEDAŞ kurulmuştur.

Bu dönemde Yap-İşlet Devret (YİD) modeli ile kurulması kabul edilen üretim tesislerinin finansmanının teşebbüs sahiplerince sağlanması, üretilen tüm enerjinin TEK tarafından satın alınması benimsenmiştir. 3096 sayılı yasa ile Özel sektöre üretim, iletim, dağıtım ve ticaret yetkisi veren, Yap-işlet-Devret modeline, otoprodüktör (Kendi elektrik enerjisi ihtiyacını kendi ürettiği tesislerden sağlayan, ürettiği fazla enerjiyi kamuya satan sanayi kuruluşları) uygulamasına ve mevcut tesislerin işletme hakkı devirlerine imkân sağlanmıştır. 1996 yılında sadece yeni üretim tesislerinin yapımı için Yap-İşlet Modeli uygulamasına yönelik olarak 4283 sayılı yasa çıkartılmıştır [17].

3 Mart 2001 tarihinde, 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) oluşturulmuş olup piyasada faaliyet gösterecek olan işletmelerin bu kurum ve kurul ile uyumlu çalışması öngörülmüştür. Bu dönemde Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi (TEAŞ) üçe bölünerek;

1. Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ)
2. Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ)
3. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) kurulmuşlardır.

2.2 Türkiye Mevcut Piyasa Yapısı

EPIAŞ'ın elektrik piyasaları işletmeciliği lisansı almasıyla birlikte, elektrik piyasalarının daha etkin kullanılması, artan elektrik üretim şirketleri, dağıtım şirketleri ve tüketici arasında bir düzenin kurulması için elektrik arz ve talebine göre bir fiyatlandırma sistemi kurulması zorunluluk haline gelmiştir.

EPIAŞ, arz ve talebin belirlenmesi ve bunun sonucunda fiyatlandırma yapılabilmesi için 2011 yılında gün öncesi piyasasını uygulamaya almıştır. Gün öncesi piyasası ile beraber dengeleme güç piyasasını da devreye alan EPIAŞ, 2015 yılında gerçek zamanlı ticaret

imkanı sağlamak ve piyasa katılımcılarına kısa vadede portföylerini dengeleme fırsatı sunmak için gün içi piyasası sistemini de devreye almıştır.

Gün öncesi piyasasında, bir önceki gün 24 saatlik dilimlere ayrılır, elektrik arz ve talebi bu dilimlere karşılık gelen aralıklarda ayrılır ve buna karşılık piyasa içerisinde her bir saate karşılık gelen üretim ve tüketim miktarları değerlendirilerek referans fiyat oluşturulur. Referans fiyat oluşumu, sistemin her iki elemanına da (üretici ve dağıtıcıya) gün öncesinde dengelenmiş bir piyasa sunmaktadır. Gün içi piyasası, gün öncesi piyasasında elektriğin üretimi ve iletilmesi ile kontratların uzlaştırılması arasında geçen zamandan dolayı kullanılmaktadır. Ayrıca gün öncesi piyasasında, teklifin yapıldığı günden sonraki günden başlayarak 5 günlük teklif yapılabilmektedir.

Gün İçi Piyasası ise Gün Öncesi Piyasası ile Dengeleme Güç piyasası arasında köprü görevi görmekte ve bu özelliği ile de Elektrik Piyasasının dengelenmesine ve sürdürülebilirliğine büyük katkı sağlamaktadır.

Gün Öncesi Piyasasında teklif girişleri ile gerçekleşme zamanı arasında maksimum 36 saate varan bir fark oluşmaktadır. Gün İçi Piyasasının işlerlik kazanması ile birlikte; santral arızaları, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimlerindeki değişimler ve tüketim miktarındaki öngörülemeyen değişimler gibi dengesizliğe yol açacak unsurlar gerçek zamana daha yakın bir zamanda ortadan kaldırılarak, katılımcılara gün içinde yaşayabilecekleri pozitif veya negatif dengesizliklerin en aza indirilmesi ya da dengelenmesi imkanı verilmektedir.

Katılımcılara Gün Öncesi Piyasasında değerlendiremedikleri kapasitelerini Gün Öncesi Piyasası kapanış zamanından sonra Gün İçi Piyasasında değerlendirme şansı verilerek ek ticaret alanı sağlanmaktadır. Bu durum piyasalardaki likiditenin artmasına katkıda bulunmaktadır.

Gün Öncesi Piyasası ile Sistem İşletmecisi 'ne (MYTM) her ne kadar üretim ve tüketim miktarları dengelenmiş bir piyasa sunulmuş olsa da gerçek zamanda sapmalar olmaktadır. Örneğin, bir santralin arızadan dolayı devre harici olması veya büyük bir tüketim tesisinin bir anda çalışmaya başlaması/çalışmayı durdurması dengeyi bozmaktadır, bu durumda MYTM dengeyi sağlamak için Dengeleme Güç Piyasası'na sunulmuş teklifleri kullanarak, sistem dengesini sağlamaya çalışmaktadır.

Bu piyasa gerçek anlamda ticaret için değil sistemin gerçek zamanda dengede tutulması içindir. Burada ticaret yapmak oldukça risklidir ve ticaret yapılması gereken yer Gün ncesi ve Gün İçi Piyasalarıdır.

2.2.1 Gün ncesi Piyasası

Gün ncesi piyasasına katılmak için katılımcılar, yükümlülüklerin yazılı olduğu gün ncesi Piyasası Katılım Anlaşması'nı imzalamalıdır. Gün ncesi Piyasası işlemleri günlük olarak, saatlik bazda gerçekleştirilir. Her bir gün, 00.00'dan başlayıp, ertesi gün 00.00'da sona eren saatlik zaman dilimlerinden oluşur. Katılımcılar gün öncesi piyasası tekliflerini bir sonraki günden başlanarak 5 gün sonraya kadar verebilir. Gün ncesi Piyasasının uzlaştırmasında uygulanan fiyat ve miktarlar günlük bazda ve her bir saat için belirlenir. Katılımcılar tekliflerini saatlik, esnek veya blok halinde verebilir. Saatlik teklifler alış yönünde 32 adet, satış yönünde 32 adet olmak üzere en fazla 64 seviyeden oluşurlar. Saatlik tekliflerde seviyelere ait fiyatlar artan biçimde belirlenmelidir. Aynı fiyat seviyesinde geçerli hem alış hem satış yönünde saatlik teklif bulunamaz. Arz-Talep eğrisi oluşturulurken ardışık iki fiyat/miktar seviyesi arasındaki boş değerler doğrusal enterpolasyon metodu ile belirlenerek doldurulur. Blok teklifler ise en az 3 en fazla 24 saati kapsar. Blok tekliflerde miktar, fiyat ve kapsadığı zaman dilimi bilgileri olur. Blok teklif saatleri ardışık ve tam saat dilimleri olarak belirlenirler. Blok tekliflerin tamamı bölünemez olarak işlem görür. Bir güne ait blok teklif sınırı 50 adettir. Her bir blok teklif, kapsadığı tüm zaman dilimi için ya kabul edilir ya da hiç kabul edilmez. Belirlenen blok teklifler arasında aynı teklif bölgesi için verilmiş, aynı işlem yönüne sahip (alış veya satış) en fazla 6 adet blok teklif arasında (bağlı teklif) ilişki kurulabilir. Birden fazla bağlı teklif sunulabilir. Esnek teklifler sadece sistem satış yönünde verilirler. Belirli bir saate ilişkin verilmezler. Herhangi bir saat için fiyat ve miktar bilgilerini içerir. Esnek teklif en fazla 10 adet verilebilir.

2.2.2 Gün İçi Piyasası

Gün içi piyasasında eşleşmeler, tekliflerin teklif defterinde yer aldıktan hemen sonra eşleşebileceği ve ticari işlemin gerçekleşebileceği sürekli ticaret yöntemi ile gerçekleşir. Gün İçi Piyasası sürekli devam eden bir piyasa olup, Gün içi piyasasına fiziksel teslimattan 90 dakika öncesine kadar teklif verilebilir, verilen teklifler güncellenebilir, iptal edilebilir veya pasif yapılabilir. Gün içi piyasası katılımcıları, bir sonraki gün için gün

İçer piyasaı tekliflerini her gün saat 18.00'dan başlayarak gün içer piyasaı kapı kapanış zamanına kadar PYS aracılığıyla Piyasa İşletmecisine bildirir. İşlemler saatlik bazda gerçekleştirilir. Gün içer piyasaı günü 00.00'da başlayıp ertesi gün 00.00'da sona erer. Gün içer piyasaı kapı kapanış zamanı fiziksel teslimatın bir buçuk saat öncesidir. Gün içer piyasaındaki işlemler gün içer piyasaı kapı kapanış zamanına kadar herhangi bir anda gerçekleşebilir. Katılımcılar, teklife ilişkin olarak bitiş zamanı belirleyebilir, tamamını eşle veya yok et seçeneğini ya da olanı eşle ve yok et seçeneğini kullanabilir. Tamamını eşle veya yok et seçeneğinin kullanılması durumunda teklif, teklif defterinde yer almadan, sunulduğu anda tamamen eşleşir veya yok edilir. Olanı eşle ve yok et seçeneğinin kullanılması durumunda teklif, teklif defterinde yer almadan, sunulduğu anda uygun olan mevcut tekliflerle eşleşir ve yok edilir. Katılımcıların, teklife ilişkin olarak bitiş zamanı belirlememesi, tamamını eşle veya yok et seçeneğini ya da olanı eşle ve yok et seçeneğini kullanmaması durumunda, teklifler ilgili kontratın kapı kapanış zamanına kadar geçerli olur. Aynı saatlik kontrat için eşit veya daha iyi fiyata sahip saatlik karşı tekliflerin olması durumunda, karşı teklif eşit miktarda ise tamamen eşleşme, karşı teklif eşit miktartlı değil ise eşleşme miktarı en düşük miktartlı teklifin miktarına eşit olacak şekilde kısmen eşleşme yapılır. Gün İçer Piyasasına verilen teklifler Gün ncesi Piyasasında olan tek oturumlu ihaleden farklı olarak anlık olarak değerlendirilecek ve karşı yöndeki tekliflerle karşılaştırılacaktır. Gerçekleşen işlemin fiyatı, teklif defterine önce girilen teklifin fiyatıdır.

Gün içer piyasasında katılımcılar iki türlü teklif verebilir. Katılımcılar saatlik teklif verebileceği gibi blok halinde de teklif verebilir.

Gün ncesi piyasasından farklı olarak saatlik teklif üç ayrı yöntem ile verilebilir. Saatlik teklif yöntemlerinden birinci seçenek aktif teklif yöntemidir. Bu teklif yönteminde verilen teklif, teslim zamanına 90 dakika kalıncaya kadar eşleşme beklemeye devam eder. Bu süre zarfında teklif eşleşmez ise, teklif durumu zaman aşımı olarak belirlenir ve eşleşme bekleyen teklifler arasından çıkarılır. Teklifin tamamı eşleşir ise, teklif durumu gerçekleşti olarak belirlenir ve eşleştiği anda eşleşme bekleyen teklifler arasından çıkarılır. Teklifin bir kısmı eşleşir ise, teklif durumu kısmi gerçekleşti olarak belirlenir ve eşleşen kısım eşleşme bekleyen teklifler arasından çıkarılır, kalan kısım eşleşme beklemeye devam eder. Saatlik teklif seçeneklerinden ikincisi olanı eşle ve yok et

yöntemidir. Bu teklif türü eşleşme için sıraya eklenmez. Verilen teklif o anda var olan herhangi bir teklif ile eşleşir ise, teklif durumu gerçekleşti olarak belirlenir. Verilen teklif o anda var olan herhangi bir teklif ile kısmi eşleşir ise, eşleşen kısmın gerçekleşti, eşleşmeyen kısım iptal olarak değerlendirilir. Herhangi bir eşleşme olmaması durumunda ise, teklif durumu iptal olarak belirlenir ve bu teklif değerlendirilmez. Saatlik teklif için son seçenek ise tamamını eşle ve yok et yöntemidir. Bu teklif türü eşleşme için sıraya eklenmez. Bu teklif türü etkin olduğunda teklif kısmi olarak eşleşmez. Tamamen eşleşmeyen teklifin durumu iptal olarak değiştirilir ve teklif üzerinde işlem yapılamaz. Gün içi piyasasında saatlik teklif dışında verilebilecek diğer teklif şekli blok teklif yöntemidir. Blok tekliflerin tamamı bölünemez olarak işlem görecektir. Her bir blok teklif ya kapsadığı tüm zaman dilimi için kabul edilir ya da hiç kabul edilmez. Blok teklifler en az 1 en fazla 24 saati kapsar. Blok teklifler iki farklı günün saatlerini içeremez.

2.2.3 Dengeleme Güç Piyasası

Gün Öncesi Piyasası ile Sistem İşletmecisi 'ne (MYTM) her ne kadar üretim ve tüketim miktarları dengelenmiş bir piyasa sunulmuş olsa da gerçek zamanda sapmalar olmaktadır. Örneğin, bir santralin arızadan dolayı devre harici olması veya büyük bir tüketim tesisinin bir anda çalışmaya başlaması/çalışmayı durdurması dengeyi bozmaktadır, bu durumda MYTM dengeyi sağlamak için Dengeleme Güç Piyasası'na sunulmuş teklifleri kullanarak, sistem dengesini sağlamaya çalışmaktadır.

Bu piyasa gerçek anlamda ticaret için değil sistemin gerçek zamanda dengede tutulması içindir. Burada ticaret yapmak oldukça risklidir ve ticaret yapılması gereken yer Gün Öncesi ve Gün İçi Piyasalarıdır.

Frekans 50 Hz in altına inmiş ise üretim tüketimden azdır anlamına gelir. Bu durumu düzeltmek için üretimi artırmak ya da tüketimi azaltmak gerekir.

Frekans 50 Hz den büyük ise üretim tüketimden fazladır anlamına gelir. Bu durumu düzeltmek için üretimi azaltmak gerekir.

2.2.4 Piyasa Takas ve Sistem Marjinal Fiyatlarının Belirlenmesi

Piyasa teklif fiyatı gün öncesi ve gün içi piyasasında katılımcıların aynı gün içindeki ve/veya takip eden 5 gün için teklif ettiği ve alıcının kabul ettiği fiyattır. MYTM her gün

bir sonraki gün için saatlik bazda belirlediği talep tahminini PYS de yayınlar. Katılımcılar, bu tahminleri, mevsim şartlarını, yağışları, barajların doluluk oranları ve sistem kısıtları gibi farklı etkenleri göz önünde bulundurarak bir sonraki gün için kendi üreteceği elektriğe hangi saatlerde ihtiyaç duyulabileceğini tahmin eder. Burada amaç talebin yüksek olduğu saatlerde üretimi artırmak, az olduğu saatlerde ise üretimi azaltmak ve üretimi durdurmak. Tüm piyasalarda olduğu gibi elektrik piyasasında da talebin arzdan fazla olduğu saatlerde fiyat yükselmekte, arzın talepten fazla olduğu saatlerde ise ki; gece saatleri, hafta sonları ve tatiller buna örnektir, elektrik fiyatı düşmektedir. Piyasa oyuncuları ekonominin doğası gereği malı düşük fiyatlardan almak ve yüksek fiyatlardan satmak istemektedir. Bu yüzden özellikle saatlik tekliflerde katılımcılar fiyat arttıkça daha az alım yapabileceklerini gösteren bir teklif çizelgesi sunarlar. Katılımcılar önceden belirledikleri ve ayda 2 kez değiştirme haklarının olduğu alım/satım fiyatları üzerinden bir gün sonrasında üretmeyi planladıkları elektrik miktarını yaptıkları tahminleri göz önünde bulundurarak her gün saat 02.30'a kadar PYS aracılığı ile her bir saat için piyasaya teklif verirler. Saat 03.00'da PYS sisteminde verilen tüm fiyat/miktar ikililerinden oluşan teklifler fiyat sıralamasına girer ve en düşük fiyatlı tekliften başlanarak ilgili saat için MYTM' nin tahmin ettiği arz açığı kapatılıncaya kadar teklifler kabul edilir. En son alınan teklifin fiyatı elektriğin o saatteki fiyatını belirler ve Sistem Marjinal Fiyatı (SMF) adını alır. Sistem yönünün enerji açığını göstermesi halinde yük alma teklif fiyatlarının en düşüğünden, sistem yönünün enerji fazlasını göstermesi halinde yük atma teklif fiyatlarının en yüksekinden başlanılmak üzere, dengeleme güç piyasası kapsamında verilen tüm talimatlar dikkate alınarak belirlenen net talimat hacmine tekabül eden teklif fiyatına Sistem marjinal fiyatı denir. O saatte teklifi kabul edilen tüm katılımcıların teklifleri bu fiyatla değerlendirilir. Ayın son günü saat 24.00 itibari ile sayaçlardan endeksler alınır ve uzlaştırma yapılır. Kimin ne kadar üretim artışı/azalışı taahhüt ettiği, bunun ne kadarını yerine getirdiği hesaplanır. SMF' nin haricinde ikinci bir fiyat oluşur ve Sistem Dengesizlik Fiyatı kısaca SDF olarak adlandırılır. SDF gün öncesinde yapılmış olan toplam satış fiyatının gün sonunda toplam yüke bölünmesi ile bulunur. SDF başka bir anlamda satışı kesinleşen elektrik miktarının gün içerisindeki ortalama fiyatıdır. SDF gün içinde fazla üretilen elektriğin satışında veya eksik kalan elektrik arzının tamamlanmasında kullanılan fiyatıdır.

2.2.5 Elektrik Piyasasının Uygulanması ve Arz/Talep Dengesinin Piyasa Katılımcıları İçin Önemi

Daha önceden belirtilen piyasa yöntemlerindeki süreç ve esaslara dayanarak, çeşitli teklif yöntemleri ile piyasa oyuncuları karşılıklı tekliflerini iletirler. Öncelikle her bir saat için verilen teklifler o saat içerisindeki yükü tamamlayacak şekilde en ucuz tekliften başlanarak satın alınır. Bu bölümde örnekler ile talebin önceden belirlenebilmesinin piyasa oyuncuları için ne kadar önemli olduğu açıklanacaktır.

Örneğin herhangi bir saat için 150 MW_eh'lik bir elektrik ihtiyacı olsun ve A santrali 50 MW_eh için 145 TL/ MW_eh, B santrali 85 MW_eh için 155 TL/ MW_eh ve C santrali 50 MW_eh için 160 TL/ MW_eh teklifte bulunsun. Burada santralin verdikleri teklifler piyasa takas fiyatlarıdır. Bu durumda A santrali 50 MW_eh, B santrali 85 MW_eh, C santrali ise 150 MW_eh'i tamamlayacak şekilde 15 MW_eh'lik satış yaparlar. Tüm santrallerin satışı C santralinin verdiği teklif olan 160 TL/ MW_eh olarak fiyatlandırılır ve bunun adı sistem marjinal fiyatıdır.

Farklı bir saat için piyasa talebi 200 MW_eh olsun ve A santrali 70MWh için 155 TL/ MW_eh, B santrali 70 MW_eh için 162 TL/ MW_eh ve C santrali 50 MW_eh için 160 TL/ MW_eh teklifte bulunsun. Bu durumda tüm üreticiler, ürettikleri miktarın tamamını en yüksek tekliften satışını gerçekleştirir. Toplam üretim miktarı talebe yetişmediği için ise sistem dengelemeye gider ve daha önceki belirttiğimiz örnekteki fazlalık sistem tarafından SDF fiyatı üzerinden dengelenir. SDF fiyatı daha önceden bahsedildiği gibi gün içerisindeki ortalama fiyattır. Aksi bir durum söz konusu ise yine SDF fiyatı üzerinden üreticiler geri alım yaparlar. Eğer gün içerisindeki üretim fazla ise SDF üreticinin zararına bir fiyat olarak oluşur ve üretici zararına satış yapmış olur.

Yukarıdaki iki örnekte belirtildiği gibi üreticilerin gün içerisindeki üretimlerini fazla yapmaları zaman zaman zararına satış yapmalarına, az üretimde bulunmaları ise birim maliyetlerinin artmasına ve tam kapasite ile çalışmayıp karlarını arttıramamalarına neden oluyor. Bu durumda talebin belirlenebilmesi önem kazanıyor.

01.01.2012 itibari ile yerine getirilemeyen talimatları 4 saat içerisinde bildirmeyen ve bu hareketi ile olması gerekenden farklı bir SMF belirlenmesine neden olan katılımcıların bu fiyat farkından doğan maliyeti karşılama zorunluluğu getirilerek, talimat mutabakatı işlevinin ve SMF belirlenmesi sürecinin sağlıklı yönetilmesi hedeflenmiştir.



ELEKTRİK TALEBİ TAHMİN MODELLERİ

Enerji enerjisi talebi tahmin yönetimi yeterli kapasitede üretim merkezi kurma, hammadde tedarikinde güven, kaynakların verimli kullanımı ve tesisin verimli kullanımını kapsar. Talep tahmini teknik sorunlar, organizasyon ve tüketici davranışları gibi birçok etkeni değerlendirme durumundadır. İşletme karlılığı açısından maliyet düşürücü ve çevre şartlarının iyileşmesi açısından çevre dostu çözümler bulunmalıdır. Talep yönetimi işletme verimliliğinin ve karının artması, yatırımların doğru öngörülmesi ve çevre şartlarının iyileşmesi için planlama, kurulum ve işletme yönetimi gibi organizasyonlar ile geleceğe dönük doğru tahminlerde bulunmaya çalışır. Bu doğrultuda talep tahmini için kullanılan yöntemler önemli rol oynar. Bu yöntemler farklı modeller üzerine kurulu olup, birçok çeşidi mevcuttur.

Enerji modellerinin birçok çeşidi olduğu gibi bu modellerde kullanılan parametreler de farklı etkenlere dayanmaktadır. Her bir ülkenin, şehrin veya herhangi bir coğrafi bölgenin kendine özgü bir model ve parametre belirlemesi gerekir. Parametreler bölgenin eğitim seviyesi, gelir seviyesi, enerji tüketiminde rol alan alt ve üst kalemler, mevsim şartları, nüfusu, yaş ortalaması ve ticari hacmi gibi hem ekonomik hem de sosyolojik etkenler olabilir. Kullanılacak modelleme yöntemi ise, tahminde bulunacağınız zaman aralığına, seçilen parametreler ile ilgili istatistik verilerinin yoğunluğuna ve hedeflenen sapma yüzdesine göre seçilebilir.

Bu bölümde elektrik talebi modelleri, olumlu ve olumsuz yanları ve bu konudaki örnekler incelenecektir.

3.1 Trend Analizi Modeli

Trend analizi modeli belli bir zaman aralığındaki verileri kullanarak oluşan yönelimin bulunması ve bunun sonucunda gelecek için bir tahminde bulunulması üzerine dayanır. Trend analizi kullanılan yöntemler arasında en basit yöntemlerden biridir.

Trend analizinde eldeki verilerin doğruluğu, trend dışında herhangi bir olağanüstü durumdan dolayı kalan bir verinin elenmesi ve veri aralığının uzun zamana dayanması önemlidir. Trend analizinin avantajlarından bir tanesi de farklı mevsim koşulları, doğa felaketleri veya ekonomik krizler gibi olağandışı sorunlar sonucu oluşan verilerin elenebilmesi olduğu gibi veriler mevsim şartlarının, ekonomik koşulların benzer olduğu ortak gruplara ayrılıp değerlendirilebilir ve karşılaştırılabilir. Trend analizi yönteminde trend doğrusal veya eğrisel olabilir, ancak trendin önemli bir özelliği her iki durumda da istikrarlı olmasıdır. Trend analizinin bir diğer avantajı kolay ve hızlı bir şekilde tahmin yapılabilmesidir. Bu yöntemin dezavantajı olarak ise tek bir sonuç üretmesi ve davranışın neden bu şekilde olduğu konusunda fikir vermemesi söylenebilir.

Trend analizi yönteminde trendin yönelimi sonucunda oluşan doğrunun veya eğrinin grafiği en küçük kareler yöntemi veya bilgisayar programları yardımıyla hesaplanabilir.

3.2 Regresyon Modeli

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili tahminler ya da kestirimler yapabilmek amacıyla yapılır. Bu analiz tekniğinde iki (basit regresyon) veya daha fazla değişken (çoklu regresyon) arasındaki ilişkiyi açıklamak için matematiksel bir model kullanılır ve bu model regresyon modeli olarak adlandırılır.

Bir regresyon modeli oluşturulurken genelde en-küçük kareler ve en büyük olabilirlik teknikleri olarak bilinen iki yaklaşımdan birisi kullanılır. Eğer hata teriminin normal dağılım göstermesi şeklinde bir varsayım varsa en büyük olabilirlik, hata teriminin dağılışı ile ilgili herhangi bir varsayım söz konusu değilse en-küçük kareler tekniği kullanılarak parametreler tahmin edilir.

Enerji sektöründe regresyon modeli kısa ve uzun vadede kömür, yağ, gaz ve elektrik talebi tahmininde bulunmak için kullanılır. Parametreler tüketici geliri, hava şartları,

fiyat gibi etkenler arasından ikili veya daha çoğunun belirlenmesi üzerine oluşur ve bunlara karşılık gelen tüketim miktarları ile aralarında bir ilişki kurulmaya çalışılır.

3.3 Ekonometrik Modeller

Ekonometrik modeller enerji talebi ile makroekonomik değişkenler arasında bir ilişki oluşturur. Bu makroekonomik değişkenler GSMH, nüfus, ithalat ve ihracat miktarları, büyüme oranları, enflasyon, üretim ve tüketim endeksleri olabilir. Ekonometrik modeller trend analizinde olduğu gibi daha önceki yıllardaki veriler ile daha sonraki yıllar için tahmin yapma yöntemine dayanır. İlişki en küçük kareler metodu veya zaman serileri kullanılarak tahmin edilir. Bu yöntem elektrik talebini etkileyen parametrelerin etkisini analiz ederek uygun bir elektrik talep modelinin geliştirilmesinde de kullanılır. Ekonometrik modellerin avantajı trend analizinden farklı olarak gelecekteki elektrik talebinin seviyesi ile ilgili detaylı bilgi sunması, gelecekteki elektrik talebinin neden arttığını, ve bu talebin diğer tüm faktörlerden nasıl etkilendiği konusunda fikir vermesidir. Ayrıca ekonometrik modeller, tek veya çok değişkenli kurulabileceği gibi bir veya birden çok denklemlilik biçimde de kurulabilir. Bu modeller kullanıcıya oldukça esneklik sağlarken kullanıcı denklemlerin çözümü için fazladan veriye gereksinim duyar.

3.4 Son Kullanım Modelleri

Bu model enerji piyasasında kullanıcıların özellikleri ile enerji tüketimleri arasında bir ilişki arandığında kullanılır. Ticarethane ise satış miktarlarına veya cirolarına, ev ise hane sayısına, yüzölçümü veya konutu kullanan kişi sayısına, evlerde kullanılan elektrikli ev aletleri ve kullanım sıklıklarına, endüstri ise istihdam miktarlarına, kullanılan fırın ve tezgah gibi üretim ekipmanlarının tükettiği elektriğe, kapasite ve sipariş miktarlarına göre parametrelerle bir elektrik tüketim tahmini yapılır.

Bu yöntemde daha önce tespit edilmiş veriler kullanılabildiği gibi, her bir kalem için kullanım arı ayrı hesap edilip, toplam kullanımdaki ağırlıklarına göre bir katsayı ile çarpılıp toplam kullanım için tahmin oluşturulabilir.

Bu hesaplama yöntemi ilk bakışta doğru bir yaklaşım olarak görünse de kullanılan son kullanıcı verilerinin kalitesine ve miktarına oldukça duyarlıdır. Bu modellerle yapılan tahminler daha az tarihsel veriye ihtiyaç duyarken müşteriler ve onların kullandıkları

elektrikli aletler hakkında daha çok veriye ihtiyaç duyar. Bu modelin dezavantajlarından birisi elektrik enerjisi ile son kullanım arasında sabit bir ilişkiyi varsaymasıdır. Birkaç yıl için bu doğru olabilir ancak yirmi ya da daha fazla yıl için düşünüldüğünde, enerji verimliliği ile ilgili teknolojiler ve elektrik fiyatları hiç şüphesiz değişir ve bu ilişki sabit olmaktan çıkar.

3.5 Ayrışma Modeli

Ayrışma modeli birden fazla değişkenin incelendiği ve bir sonuca varıldığı bir ortamda değişkenlerden bir tanesinin olağan dışı sapmalarında sonucun nasıl etkilendiğini ortaya koymak için kullanılır. Örneğin sıcaklık, GSMH ve nüfusa bağlı olarak bir model oluşturulduğunda ve mantıklı bir ilişki ortaya konduğunda, hava şartlarının mevsim ortalamalarının üstünde veya altında oluşması sonucunda elektrik tüketiminin nasıl etkilendiği incelenir.

Bu yöntem için incelenen parametrenin olağandışı gerçekleştiği dönemlere ait doğru verilere ihtiyaç duyulur.

3.6 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir ağlarından esinlenilerek ortaya çıkarılan ve biyolojik sinir ağlarına benzer bazı performans özellikleri içeren bir bilgi işleme sistemidir. YSA 'da nöron adı verilen bir dizi sinir hücresinin ileri sürümlü ve geri beslemeli bağlantı şekilleri ile birbirine bağlanmasından oluşan çok çeşitli ağ yapıları ve modelleri vardır. Bunlar içerisinde en yaygın olarak kullanılanı MLP ağlarıdır.

MLP ağlarında nöronlar katmanlar şeklinde organize edilmiştir. MLP' de ilk katman girdi katmanıdır. Girdi katmanı, çözülmesi istenilen probleme ilişkin bilgilerin YSA' ya alınmasını sağlar. Diğer katman ise ağ içerisinde işlenen bilginin dışarıya iletildiği çıktı katmanıdır. Girdi ve çıktı katmanlarının arasında yer alan katmana ise gizli katman adı verilir. MLP ağlarında birden fazla gizli katman da bulunabilir. Şekil 1, tipik bir MLP ağının yapısını göstermektedir.

Teknik olarak, bir YSA' nın en temel görevi, örnek veri setindeki yapıyı öğrenerek, istenilen görevi yerine getirecek şekilde genelleştirmeler yapmasıdır. Bunun

yapılabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek genelleme yapılabilecek yeteneğe kavuşturulur.

MLP ağlarının zaman serisi tahmininde kullanılabilmesi için ağın yapısının belirlenmesi gerekmektedir. Ağ yapısının belirlenme süreci, ağın kaç katmandan oluşacağını, her katmanda kaç işlem elemanı bulunacağını, bu işlem elemanlarının hangi transfer fonksiyonuna sahip olacağını belirlenmesi işlemlerini kapsar. Kaç dönemlik tahmin yapılacağına bağlı olarak çıkış nöron sayısı belirlenir. Girişte kullanılacak nöron sayısını belirlemek çıkış nöron sayısını belirlemek kadar kolay değildir, çünkü serinin t zamandaki değerinin geçmiş kaç gözlem değerinden etkilendiğinin belirlenmesi kritik bir sorudur ve bu sorunun cevabı girdi işlem elemanı sayısının kaç olacağını göstermektedir. Girdi işlem elemanı sayısını belirlenmesine ilişkin çeşitli görüşler olmasına karşın genel bir kural bulunmamaktadır. Zaman serisi modellemede genellikle tek gizli katmana sahip ağ yapıları kullanılmaktadır.

3.7 ARIMA Modeli

ARIMA modelleri, durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellerdir. Durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellere “durağan olmayan doğrusal stokastik modeller” denir. Enerji sektöründe ARIMA modeli oldukça fazla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem ile Erdoğan tarafından Türkiye’nin kısa ve uzun vadede elektrik ve buna bağlı olarak doğalgaz tüketimi tahmini yapılmıştır.

Bu modeller herhangi bir dereceden farkı alınmış serilere uygulanan, değişkenin zaman dönemindeki değerinin belirli sayıdaki geri dönem değerleri ile aynı dönemdeki hata teriminin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiği AR ve değişkenin ilgili zaman dönemindeki değerinin aynı dönemdeki hata terimi ve belirli sayıda geri dönem hata terimlerinin doğrusal fonksiyonu olarak ifade edildiği MA modellerinin birer birleşimidir. Modellerin genel gösterimi ARIMA (p, d, q) şeklindedir. Burada p ve q sırasıyla otoregresif (AR) modelin ve hareketli ortalama(MA) modelinin derecesi, d ise fark alma derecesidir.

3.8 Destek Vektör Makineleri

Destek Vektör Makineleri sınıflandırma ve regresyon problemlerinin çözümünde kullanılan güncel ve güçlü bir yöntemdir. Bu yaklaşımın temelleri İstatistiksel Öğrenme Teorisine dayanmaktadır. Daha önceleri örüntü tanıma ve sınıflandırma problemleri için kullanılan yöntem daha sonra regresyon problemlerinin çözümü için kullanılmıştır. Girdi uzayında karmaşık fonksiyonlar tanımlamaya çalışan yapay sinir ağlarının aksine destek vektör makineleri, Kernel fonksiyonlarını kullanarak verileri yüksek boyutlu uzaya doğrusal olmayan haritalama yapar. Daha sonra destek vektör makineleri bu yeni uzayda basit karar sınırları oluşturmak için basit doğrusal fonksiyonlar kullanır. Yapay sinir ağlarındaki uygun ağ mimarisini seçme problemi bu yöntemde destek vektör makineleri için uygun Kernel fonksiyonunu seçmeye dönüşür. Ayrıca, pek çok geleneksel sinir ağı modellerindeki deneysel risk minimizasyonu prensibinden ziyade destek vektör makinelerindeki temel prensip yapısal risk minimizasyonudur.

3.9 Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmalar, doğada gözlemlenen evrimsel sürece benzer bir şekilde doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyinin hayatta kalması ilkesine göre bütünsel en iyi çözümü arar. Genetik algoritmalarla ilgili tasarım, mekanik öğrenme, fonksiyon optimizasyonu ve hücresel üretim gibi alanlarda başarılı uygulamalar bulunmaktadır. Genetik algoritmalar geleneksel optimizasyon yöntemlerinin aksine, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar ve olasılık kurallarına göre çalışırken yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Bu algoritmalar, çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tarayarak etkin arama yapar ve çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar. Diğer bir önemli üstünlükleri ise çözümlerden oluşan popülasyonu aynı anda incelemeleri ve böylelikle yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır.

ELEKTRİK TÜKETİM ANALİZİ VE HESAP YÖNTEMİNİN BELİRLENMESİ

Yapılan birçok çalışmada elektrik tüketiminin ülkenin GSMH ve gelişmişlik verileri ile orantılı olarak değiştiği gözlemlenmek ile birlikte sadece bu etmenlere dayandığını gösteren bir çalışma yapılmamıştır. Elektrik tüketimi, tüketimin yönelimleri birçok faktöre dayanmaktadır. Dünya Bankası verilerine göre ülkemizde 2010 yılından itibaren elektriğe ulaşım %99,9 seviyesine ulaşmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte elektriğe olan bağımlılığımız da son 10 yıl içerisinde giderek artmıştır [20]. Sadece günlük hayatta değil, üretim alanlarında da teknoloji ile birlikte otomasyonun artması elektriğe olan bağımlılığı arttırmıştır. Son 10 yılda ülkemizde hizmet sektöründeki hızlı yükseliş ile birlikte ticari faaliyetlerin artmasına, bunun sonucunda da alışveriş merkezleri ve ofislerin artışına ve doğal olarak elektrik tüketiminin artışına neden olmuştur. TÜİK verilerine göre ülkemizde tüketilen elektriğin %88,7'si sanayi alanları, ticari alanlar ve mesken tarafından tüketilmektedir [18]. Yaptığımız çalışma bu üç alanı ayrı ayrı inceleyerek, bir veya birden fazla veri ile ilişkilendirerek elektrik tüketimini tahmin etmeyi amaçlamaktadır.

Çizelge 4.1 Ülke genelinde yıllara göre elektriğe erişebilme oranı [20]

Yıl	Elektriğe Erişebilirlik (%)	Yıl	Elektriğe Erişebilirlik (%)
1995	91,39	2003	96,02
1996	92,02	2004	96,56
1997	92,63	2005	97,11
1998	93,23	2006	97,67
1999	93,81	2007	98,24
2000	94,38	2008	98,81
2001	94,93	2009	99,33
2002	95,48	2010	100

Mesken elektrik tüketiminin alt detaylarına bakıldığında, ısıtma ve soğutma, beyaz eşya ve aydınlanma olarak detaylandırılabilir. Ancak mesken elektrik tüketiminin en basit şekilde konut sayısına veya nüfusa dayandığı görülmektedir. Son kullanım yöntemi ile konutlardaki beyaz eşya ve aydınlatma cihazlarının tüketimlerinden bir çıkarım yapmak da alternatif bir yöntem olsa da aktif beyaz eşya ve aydınlatma cihazı adetinin, konutlardaki kişi sayısının istatistiklerindeki saplamalardan dolayı mesken elektrik tüketiminin doğrudan nüfus ile ilişkilendirilmesi doğru bir yöntem olarak görülmüştür.

Çizelge 4.2 Ülke genelinde yıllara göre net elektrik tüketiminin dağılımı (%) [18]

Yıl	Mesken	Ticaret	Resmi Daire	Sanayi	Aydınlatma	Diğer
1995	21,5	6,2	4,5	56,4	4,6	6,8
1996	22,1	7,7	4	54,8	4,2	7,2
1997	22,6	8,4	4,6	53,1	4	7,3
1998	22,8	8,8	4,9	52,6	4,2	6,7
1999	24,8	9	4,1	51	4,6	6,5
2000	24,3	9,5	4,2	49,7	4,6	7,7
2001	24,3	10,2	4,5	48,4	5	7,6
2002	22,9	10,6	4,4	49	5	8,1
2003	22,5	11,5	4,1	49,3	4,5	8,1
2004	22,8	12,9	3,7	49,2	3,7	7,7
2005	23,7	14,2	3,6	47,8	3,2	7,5
2006	24,1	14,2	4,2	47,5	2,8	7,2
2007	23,5	14,9	4,5	47,6	2,6	6,9
2008	24,4	14,8	4,5	46,2	2,5	7,6
2009	25	15,9	4,5	44,9	2,5	7,2
2010	24,1	16,1	4,1	46,1	2,2	7,4
2011	23,8	16,4	3,9	47,3	2,1	6,5
2012	23,3	16,3	4,5	47,4	2	6,5
2013	22,7	18,9	4,1	47,1	1,9	5,3
2014	22,3	19,2	3,9	47,2	1,9	5,5
2015	22	19,1	3,7	47,6	1,9	5,7

Ticari elektrik kullanımı, insanların genel tüketime olan eğilimleri ile açıklanacaktır. Ticari elektrik tüketiminin alt detaylarına baktığımızda reklam panoları, aydınlatma gibi alt kalemler ortaya çıkmaktadır. Tüm bunlar ülkedeki ticari hacim ve etkinlik ile doğru orantılı. Ülkedeki ticari hacim ve etkinliği en iyi açıklayacak olan veri TÜİK' in yayınladığı tüketici endeksidir.

Sanayide de, ticari elektrik kullanımında olduğu gibi sanayinin üretime olan yatkınlığı, elektrik tüketiminde başrol oynamaktadır. Sanayi üretimi için ise yine TÜİK' in yayınladığı üretim endeksi verileri kullanılacaktır.

Sanayi, ticari ve mesken tüketimlerine bakıldığında ve yukarıda veriler ile açıklamaya çalışıldığında ısıtma ve soğutma için kullanılan elektrik açıklanamamaktadır. Bu nedenle her bir ay için ayrı ayı veri toplanıp ayrı ayrı hesap yapılacaktır. Daha sonra aylar arasındaki fark ile sıcaklığın elektrik tüketimi üzerindeki etkisi açıklanacaktır.

Sanayi, ticari ve mesken elektrik tüketimleri için değişken olarak belirlenen tüketici endeksi, nüfus ve sanayi üretim endeksinin de yönelimleri ayrı ayrı incelenecektir. Böylelikle her bir değişken gelecekteki değeri ayrı ayrı tahminde bulunacak ve bu değişkenlere ait tüketim alanlarının yönelimlerinde değerlendirilerek her bir alan için ayrı ayrı tüketim tahmini yapılacaktır.

Belirlenen üç alanın toplam elektrik tüketimindeki payı %88,7'dir [18]. Toplam elektrik tüketimi bu üç alan için belirlenen tahminin 1,1274 katı bulunarak belirlenmiştir.

$$Z = (\dot{S} + \omega + \pi) \times 1,1274 \quad (4.1)$$

Parametrelere ait istatistiklerin veri aralığı elektriğe erişebilme oranının %99,9'u bulunduğu 2010 yılından 2016 yılına kadarki zamanı kapsamaktadır. Bulunan yönelimler doğrultusunda 2017 yılı gerçek tüketim ile hesaplanan değerler karşılaştırılarak sapma oranları bulunmuştur. Her bir yeni yılda verilerin güncellenmesi adına en eski yıl kullanılan istatistikten çıkarılacaktır.

4.1 Sanayi Elektrik Tüketimi Analizi

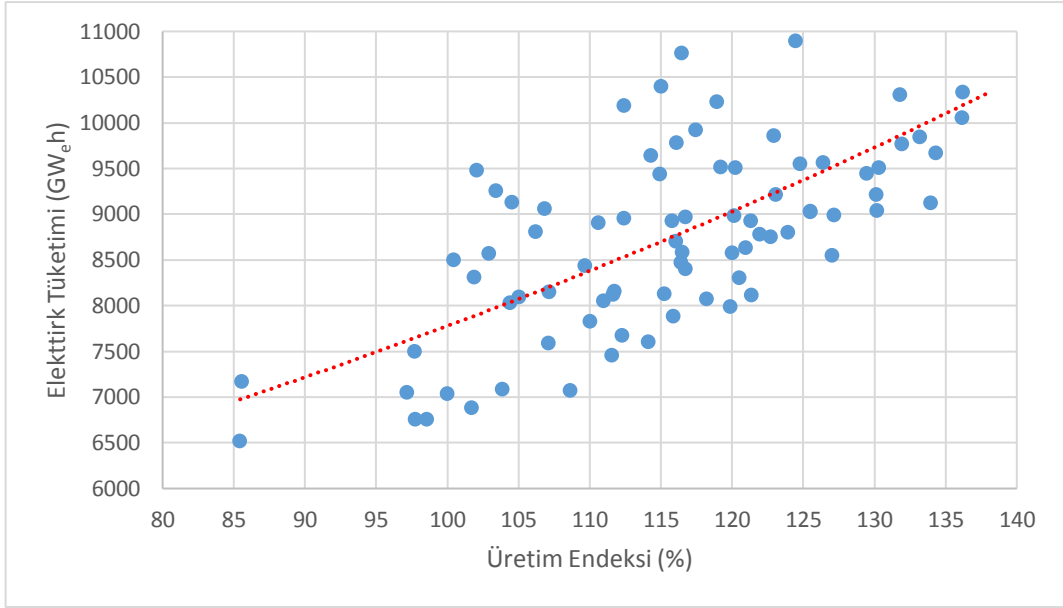
Endüstriyel elektrik tüketimi daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi TÜİK'in yayınladığı sanayi üretim endeksine bağlı olarak ilişkilendirilmiştir. 2010 yılından 2016 yılına kadarki bölümde aylık olarak belirlenen sanayi üretim endeksi ile aynı aylarda sanayide tüketilen elektrik miktarı Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' de gösterilmiştir. Ayrıca bu üretim endeksleri ile sanayi elektrik tüketimi arasındaki ilişki Şekil 4.1'de görsel olarak ortaya konmuştur.

Çizelge 4.3 Sanayi elektrik tüketiminin aylara dağılımı (GW_eh) [18]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ocak	8031	9330	10147	10079	10403	10844	11501
Şubat	7258	8415	9478	8890	9322	9756	10275
Mart	7873	9119	9839	9630	9932	10329	10763
Nisan	7521	8478	8653	9001	9590	9789	10376
Mayıs	7704	8366	8984	9223	9742	10175	10685
Haziran	7903	8515	9528	9466	9781	10040	11238
Temmuz	8956	9966	10845	10688	11034	11308	11880
Ağustos	9429	9779	10210	10252	11474	11968	12811
Eylül	7880	8980	9415	9618	10217	10374	10388
Ekim	7984	8956	8635	9006	9242	10119	10735
Kasım	7604	9056	9122	9542	10048	10267	11128
Aralık	8866	9976	10029	10640	10623	11515	12279

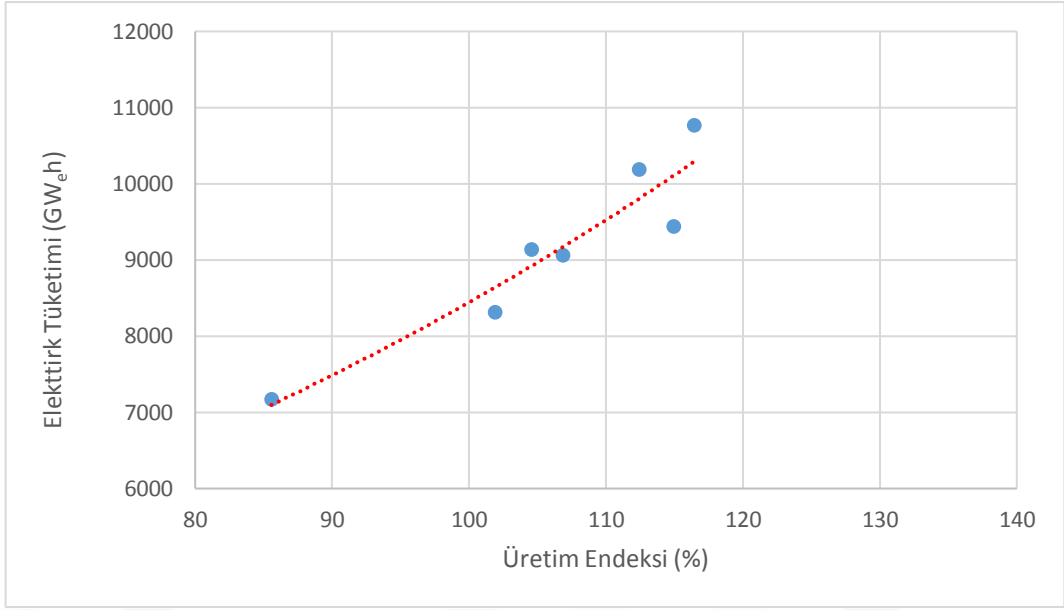
Çizelge 4.4 Sanayi üretim endeksinin aylara dağılımı (%) [18]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ocak	85,56	101,89	104,53	106,85	114,93	112,43	116,44
Şubat	85,44	97,69	102,92	104,4	109,69	110,61	120,22
Mart	99,99	111,66	115,78	116,05	121,3	127,16	133,18
Nisan	97,73	107,12	110,04	115,26	120,94	125,52	126,42
Mayıs	101,72	111,55	118,23	120,53	122,7	123,06	131,92
Haziran	103,86	114,13	116,52	119,99	121,96	130,17	131,79
Temmuz	105,03	112,41	116,1	122,93	117,44	118,93	108,93
Ağustos	100,46	106,19	103,4	102,09	115	124,48	128,02
Eylül	97,15	110,98	116,4	123,92	129,44	119,18	114,28
Ekim	108,62	119,86	112,27	111,75	116,74	133,95	134,31
Kasım	98,56	107,15	121,38	127,03	125,48	130,13	136,18
Aralık	115,87	120,13	116,72	124,8	130,3	136,2	137,91

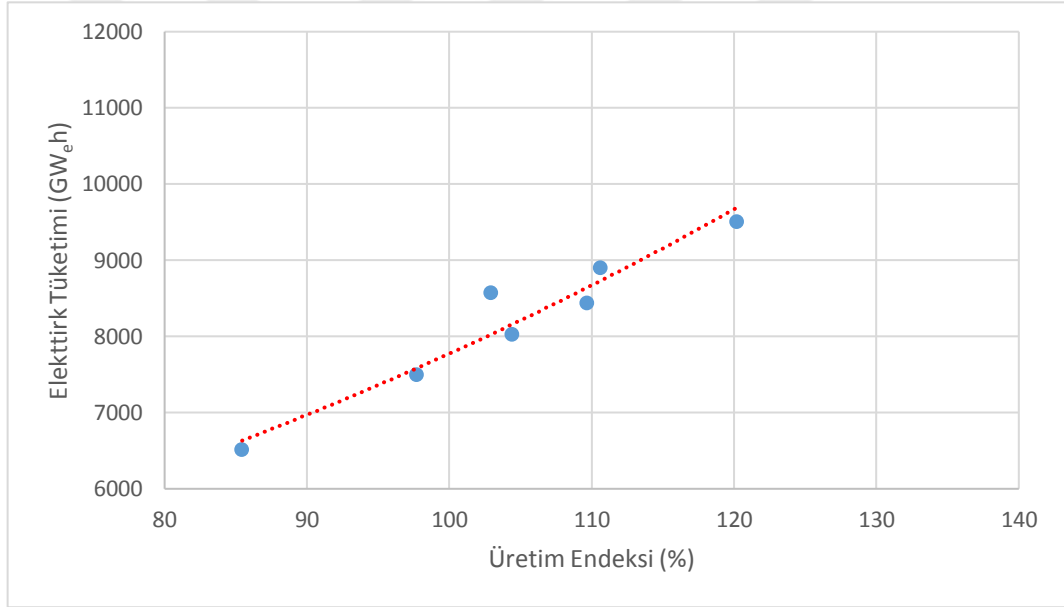


Şekil 4.1 Aylık sanayi üretim endeksi – sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)

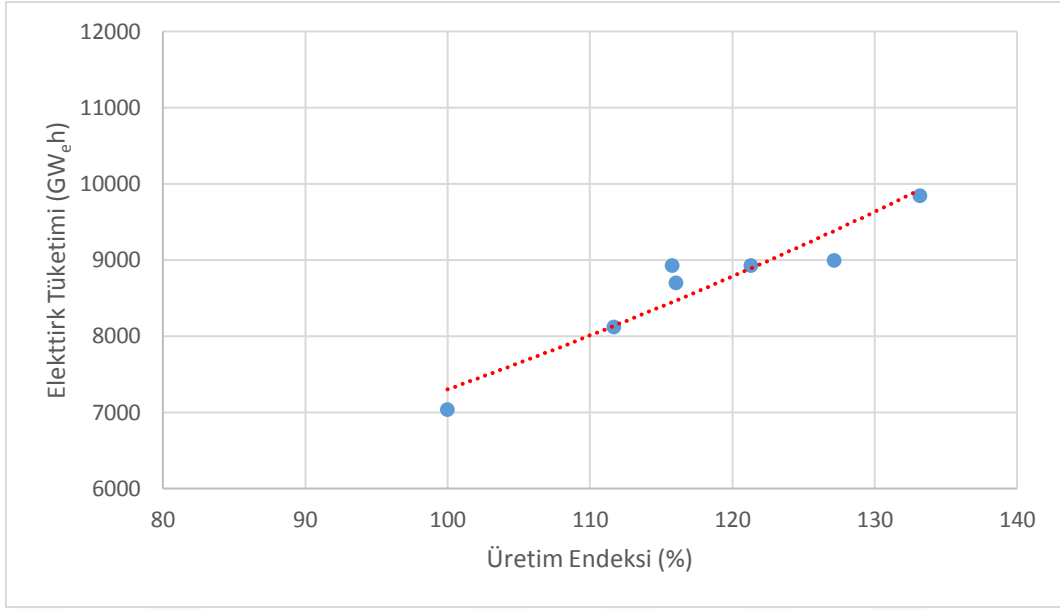
Şekil 4.1’de gösterilen grafikten de anlaşılacağı gibi 84 aylık veri bizlere hesaplarımızda kullanabileceğimiz güvenilir bir grafik vermemektedir. Grafiğin anlamlı bir veri sunmaması üretim endeksi ile elektrik tüketimi arasında bir ilişki olmamasından değil, bu ilişkide üretim endeksinin yanı sıra ikinci bir etken olan sıcaklığın da elektrik tüketimi ile bir ilişkisinin olmasındandır. Sanayi elektrik tüketimi ile sıcaklıktan arındırılmış şekilde sadece üretim endeksi arasında bir ilişki kurabilmek için veriler aylık olarak incelenecektir. 7 yılın Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayı ayrı ayrı incelenerek veriler mevsim şartlarından arındırılmıştır. Aşağıdaki grafiklerde mevsim şartlarından arındırılmış şekilde bu aylara ait veriler doğrultusunda sanayi üretim endeksi ile sanayi elektrik tüketimi arasındaki ilişki gösterilmiştir.



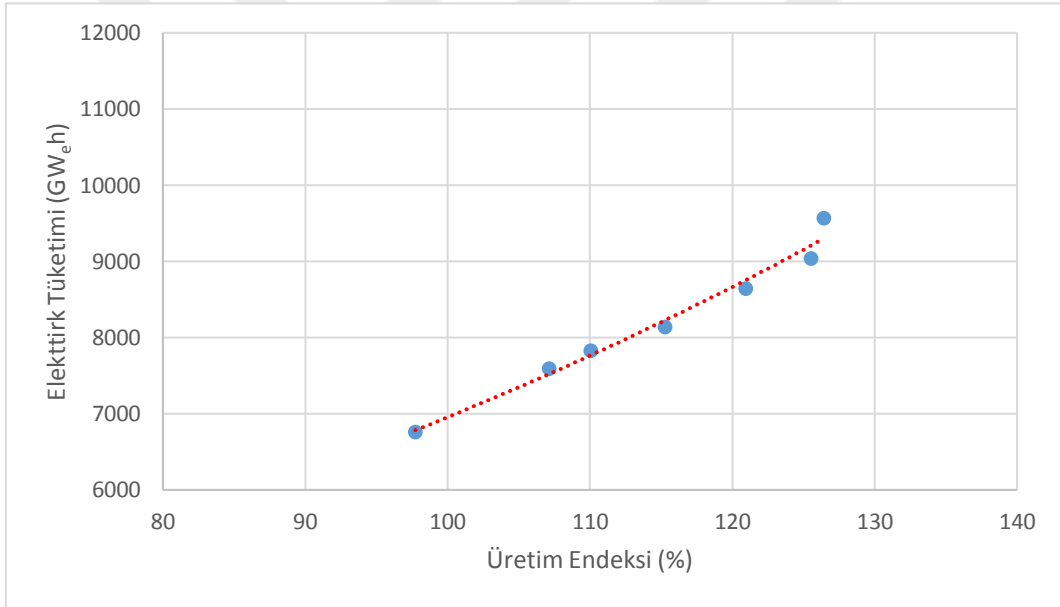
Şekil 4.2 Ocak aylarına ait sanayi üretim endeksi - sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



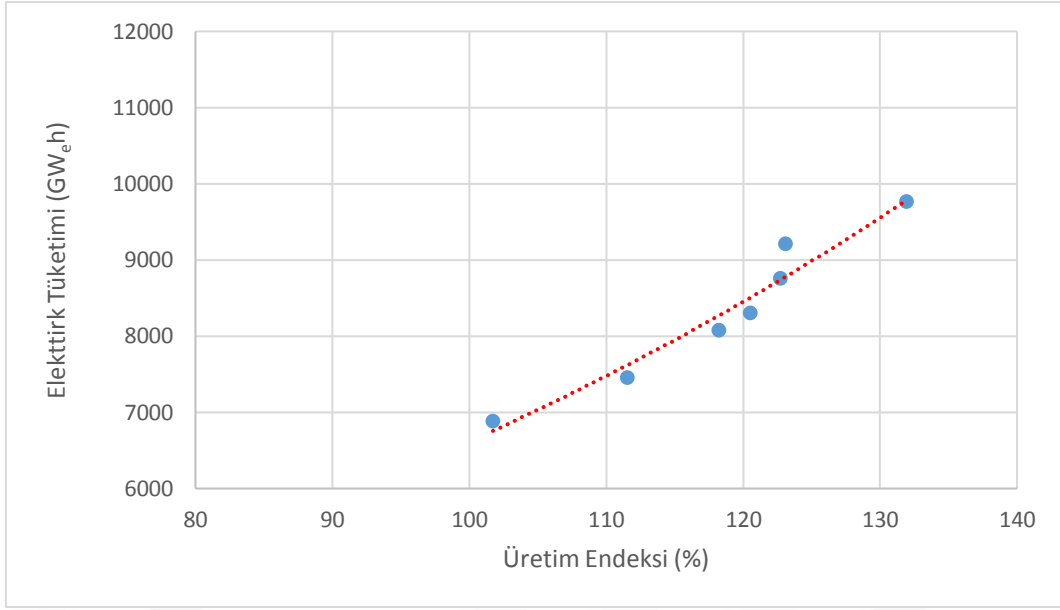
Şekil 4.3 Şubat aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



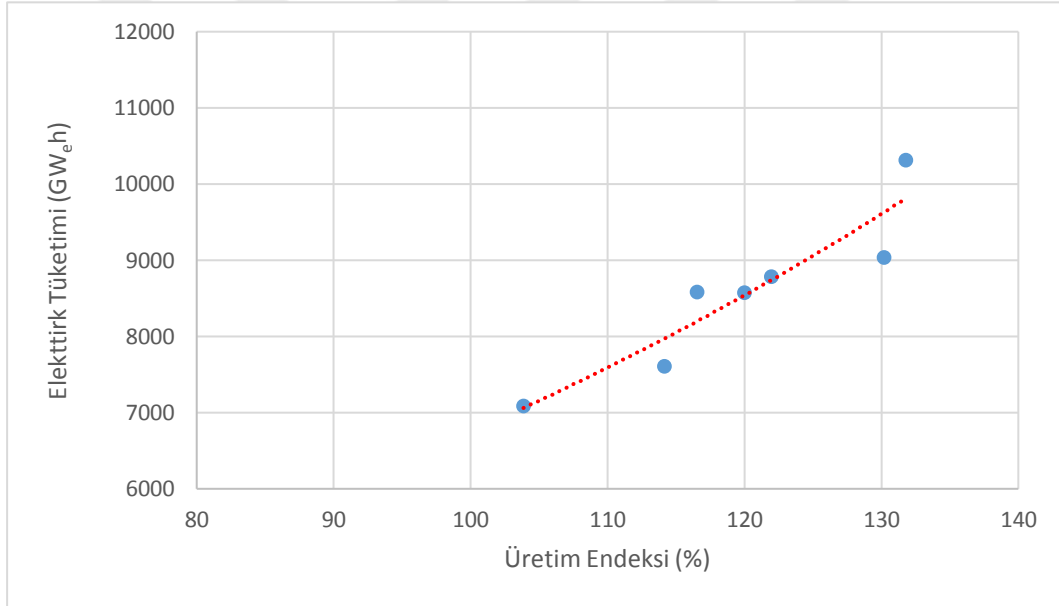
Şekil 4.4 Mart aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



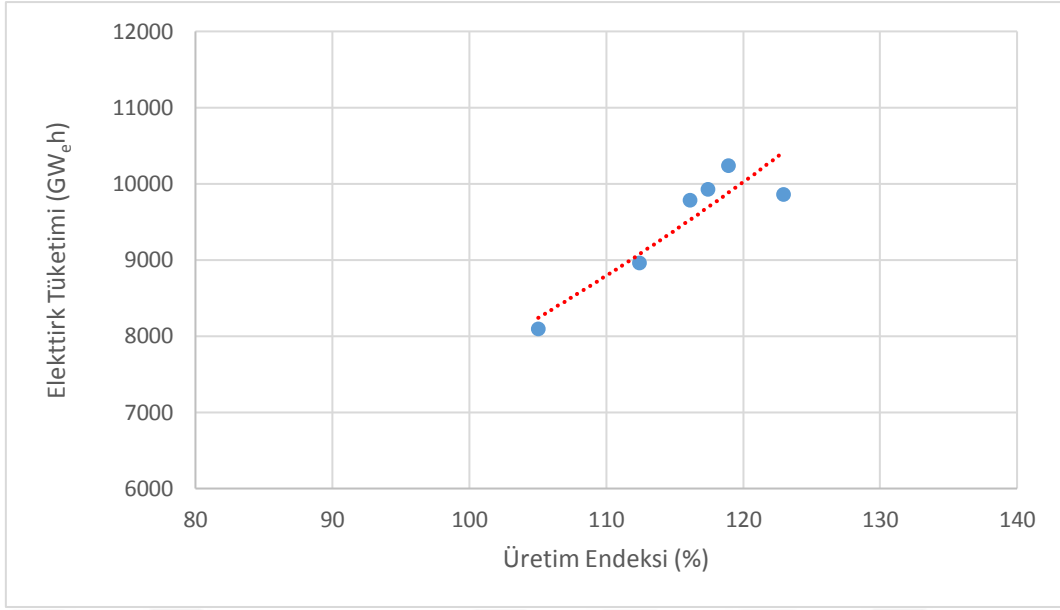
Şekil 4.5 Nisan aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



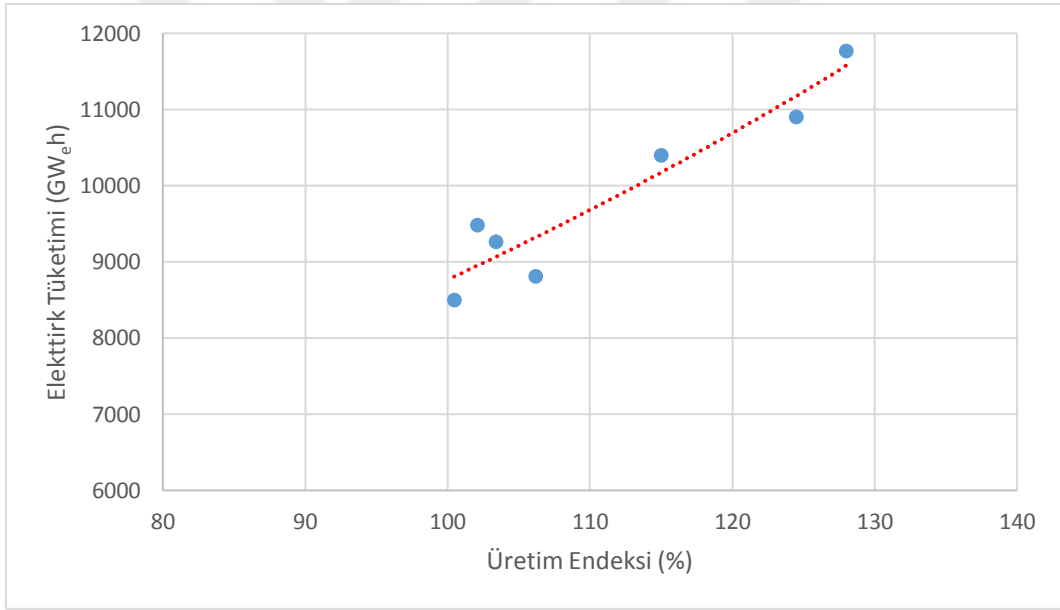
Şekil 4.6 Mayıs aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



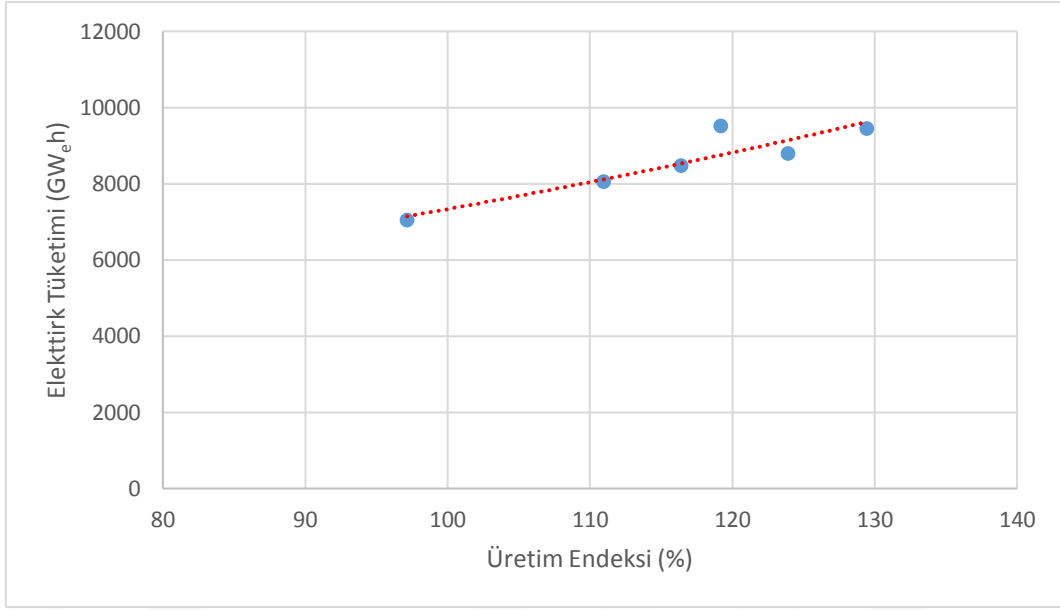
Şekil 4.7 Haziran aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



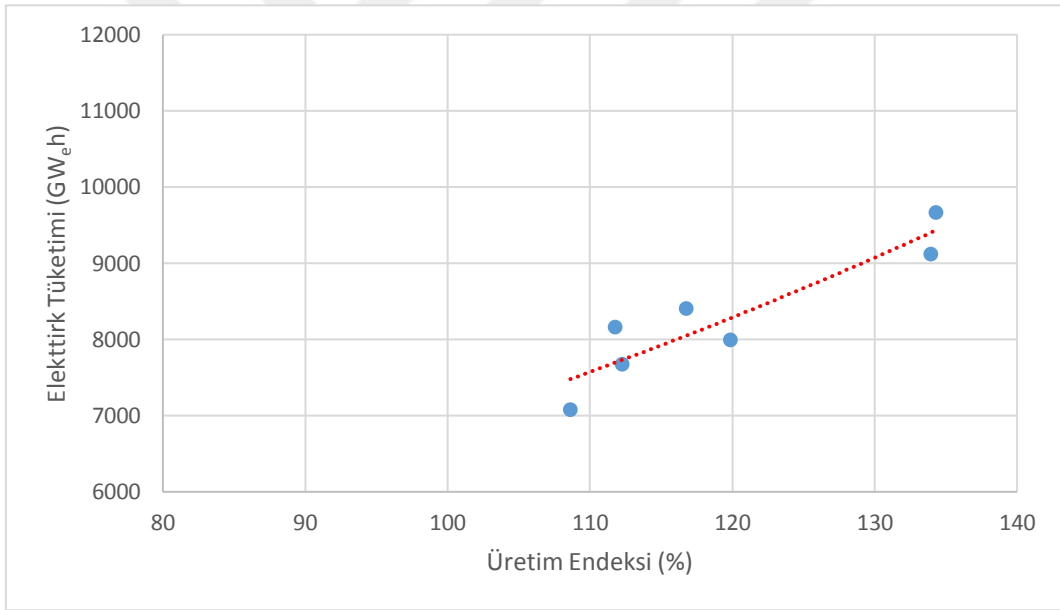
Şekil 4.8 Temmuz aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



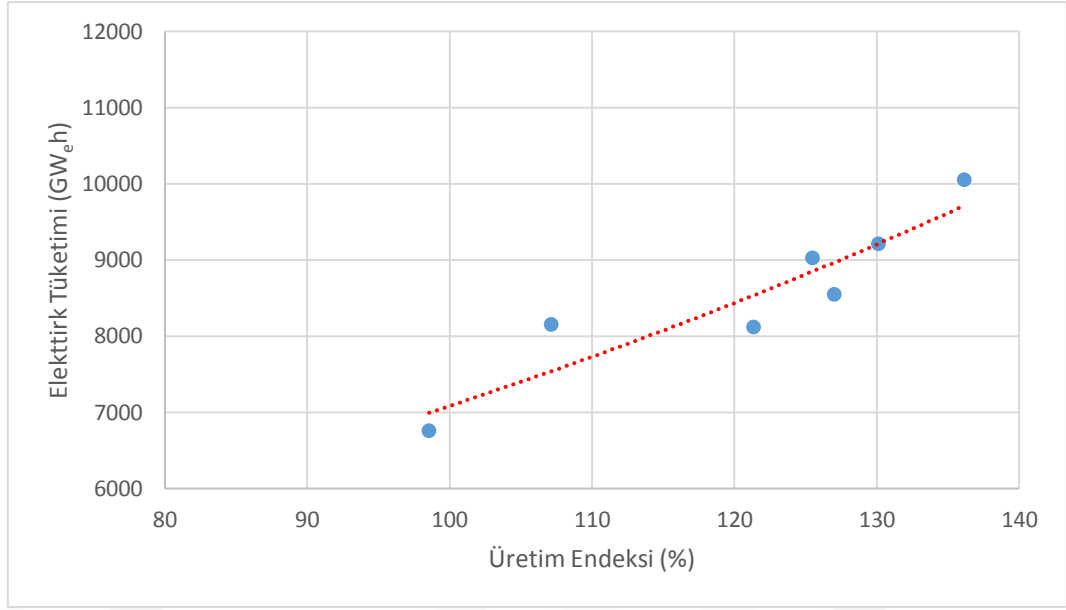
Şekil 4.9 Ağustos aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



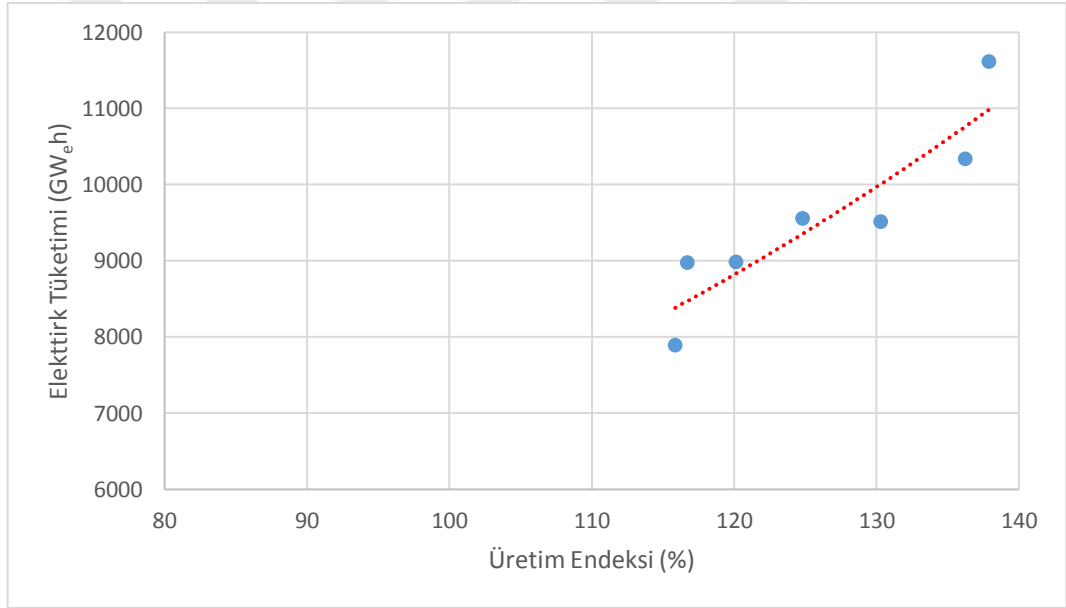
Şekil 4.10 Eylül aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



Şekil 4.11 Ekim aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



Şekil 4.12 Kasım aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)



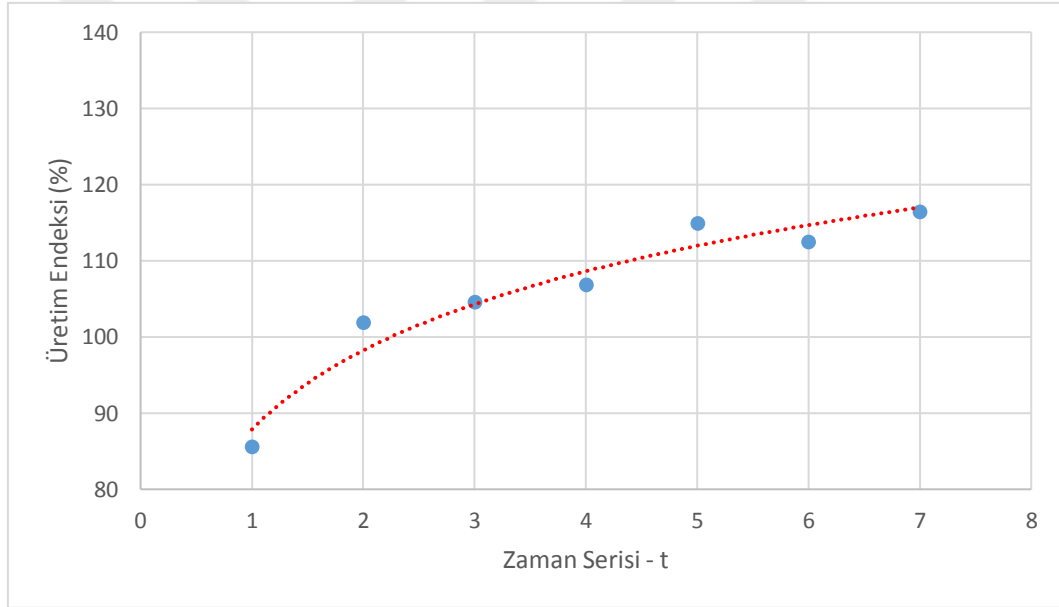
Şekil 4.13 Aralık aylarına ait sanayi üretim endeksi-sanayi elektrik tüketimi (2010-2016)

Aylık olarak değerlendirilen veriler sonrasında mevsim şartlarından arındırılmış grafikler incelendiğinde, daha önceden toplu şekilde yapılan değerlendirmenin aksine anlamlı bir trend olduğu görülmüştür. Bütün veriler beraber incelendiğinde elde edilen trend %44,58 yakınlıkta iken aylık olarak incelenen verilerden elde edilen trendler %82,84 ile %97,97 arasında yakınlıkla sonuçlar vermektedir. Gelecek yıllardaki farklı aylar için bu oluşturulan trendlerden elde edilecek olan denklemler ile elektrik tüketim tahmini yapmak mümkündür. Ancak burada parametre olarak belirlediğimiz sanayi üretim endeksinin de tahmin edilecek yıl ve ay için öngörülebilmesi gerekli.

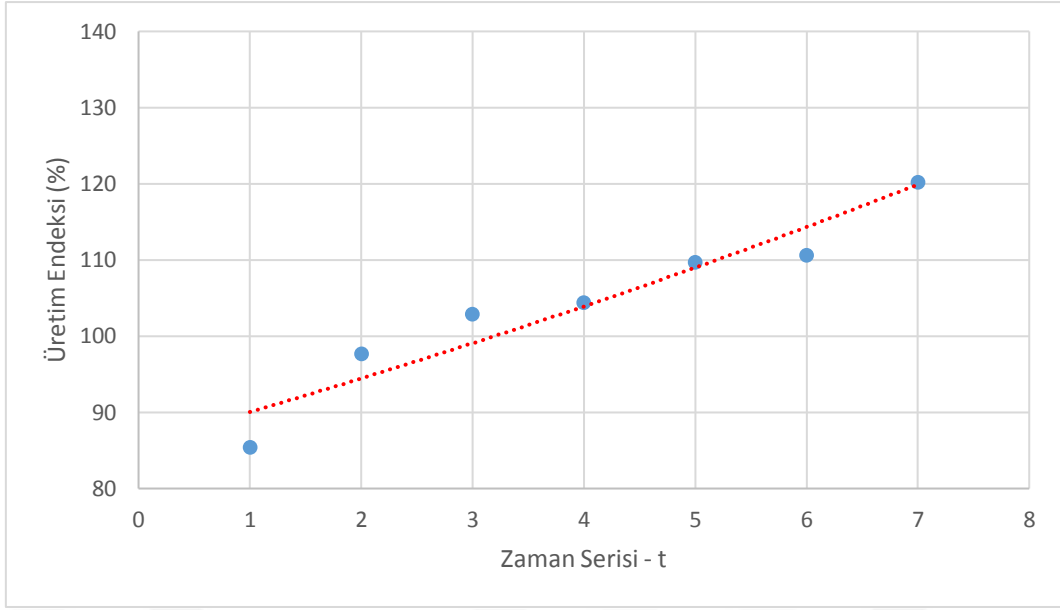
$$\hat{S}_{\text{tüketim}} = F(\hat{U}_t) = A \times \hat{U}_t^2 + B \times \hat{U}_t + C \quad (4.2)$$

$$\hat{U}_t = F(t) = D \times t^2 + E \times t + F \quad (4.3)$$

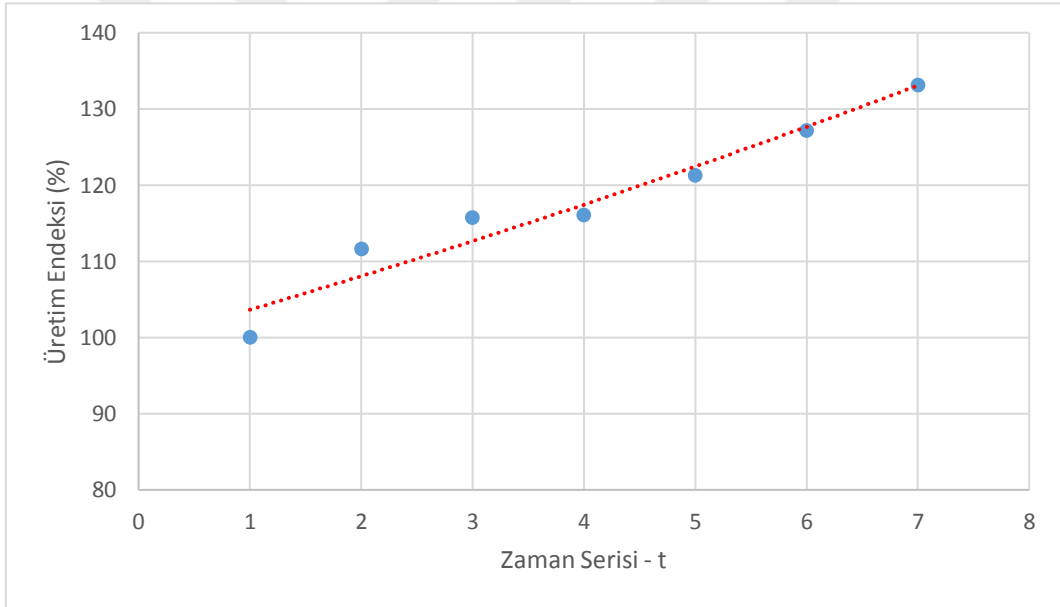
Sanayi üretim endeksinin tahmini iki yöntemle gerçekleştirilebilir. Birincisi, daha önceki yılın üretim endeksi verisi ve tahmin edilecek yıl için öngörülen büyüme oranlarına göre hesap yöntemi ile bulmak. İkincisi ise son yedi yılın verilerine göre üretim endeksi için de bir trend analizi yapmak. Bu çalışmada, daha fazla veriye bağlı olduğu için ve büyüme oranı gibi tahmine dayalı bir veriye bağlı kalmamak adına üretim endeksinin tahmini için trend analizi yöntemi kullanılmıştır. Elektrik tüketimi analizinde yapıldığı gibi üretim endeksinin tahmini için de 2010 yılı ile 2016 yılı arasındaki veriler aylık olarak ayrı ayrı incelenerek, her ay için bir grafik oluşturulmuştur. Aşağıdaki grafiklerde sanayi üretim endeksinin 2010 ile 2016 yılları arasındaki yönelimleri gösterilmiştir.



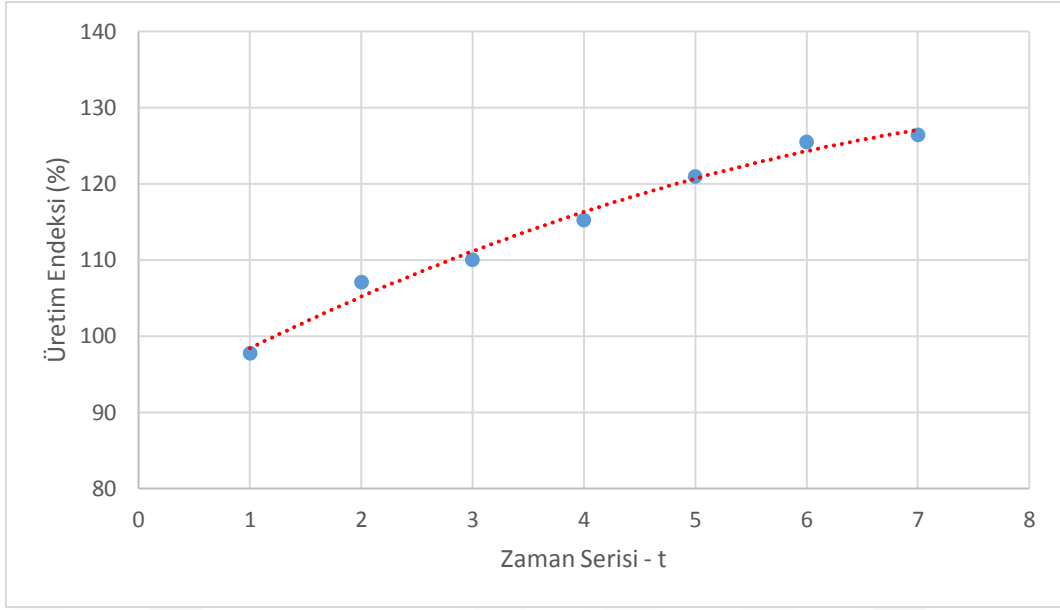
Şekil 4.14 Ocak aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



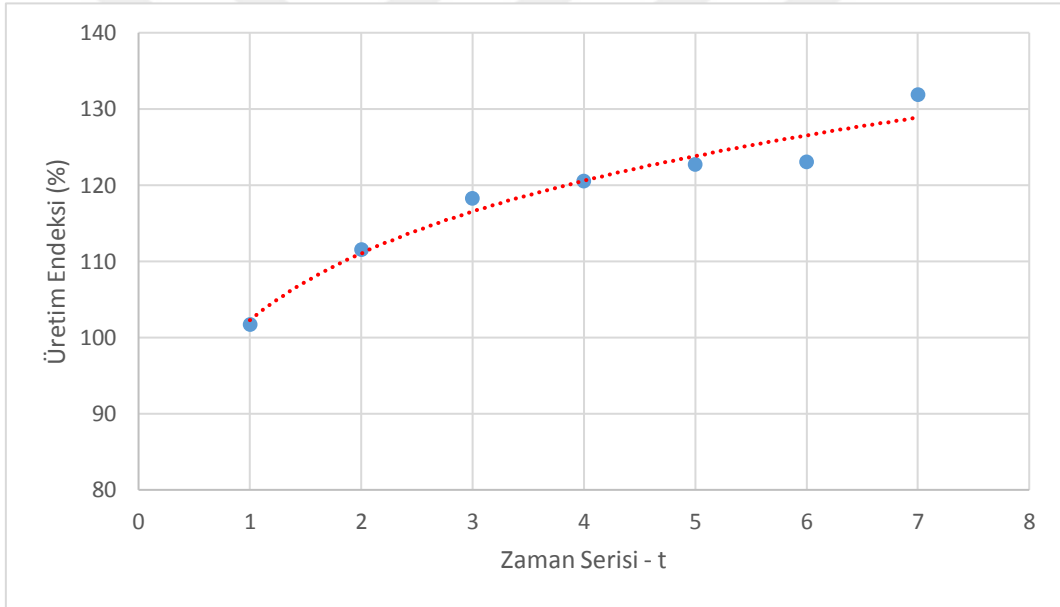
Şekil 4.15 Şubat aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



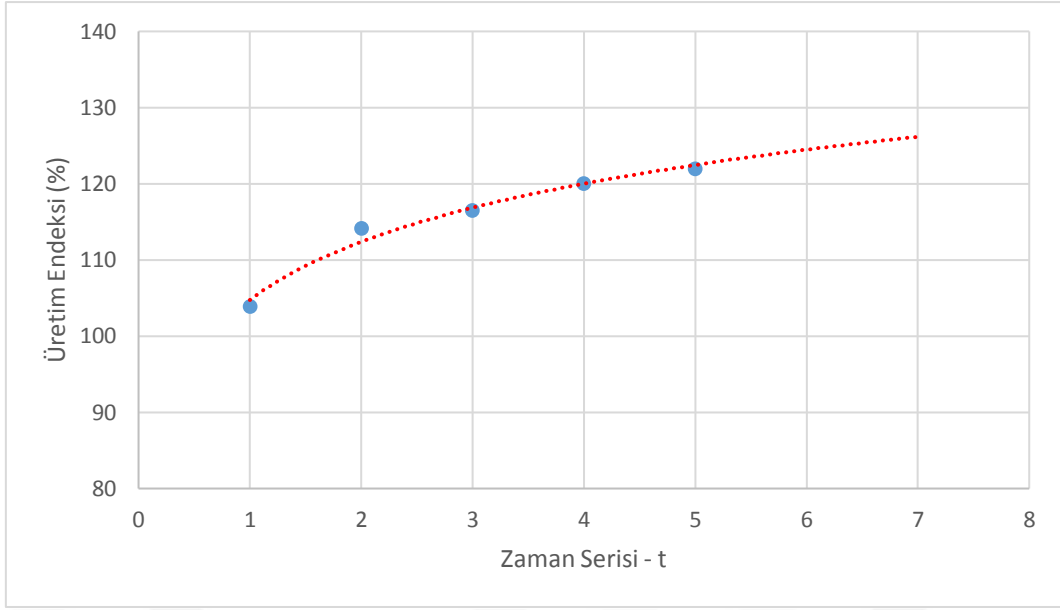
Şekil 4.16 Mart aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



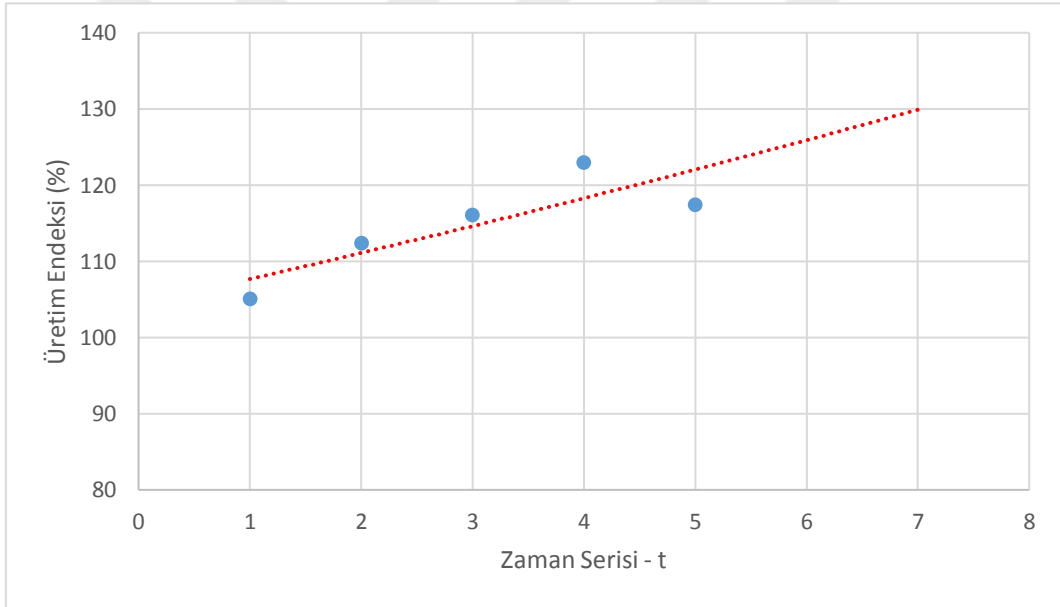
Şekil 4.17 Nisan aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



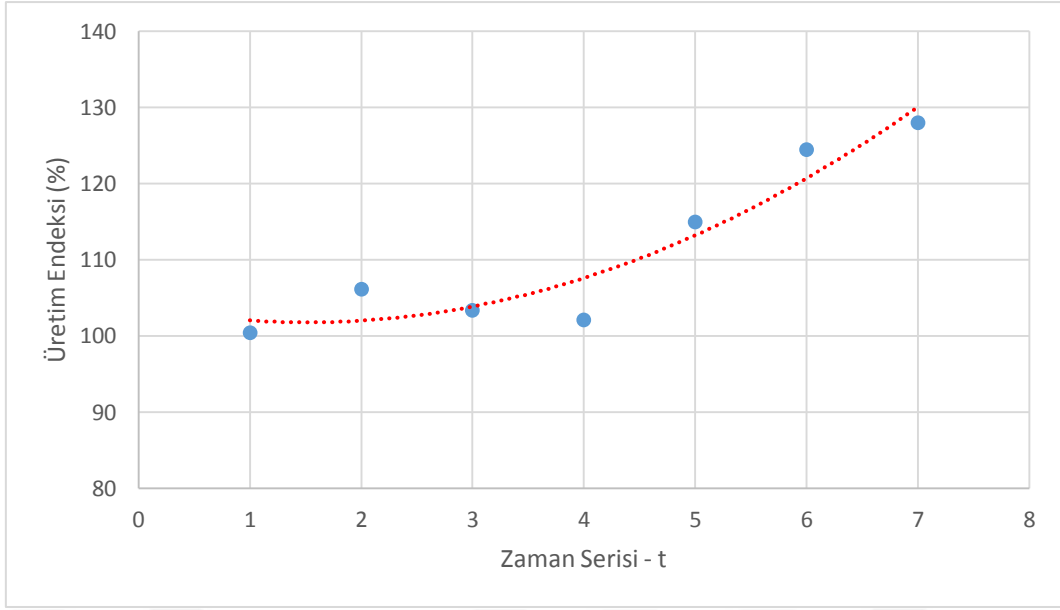
Şekil 4.18 Mayıs aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



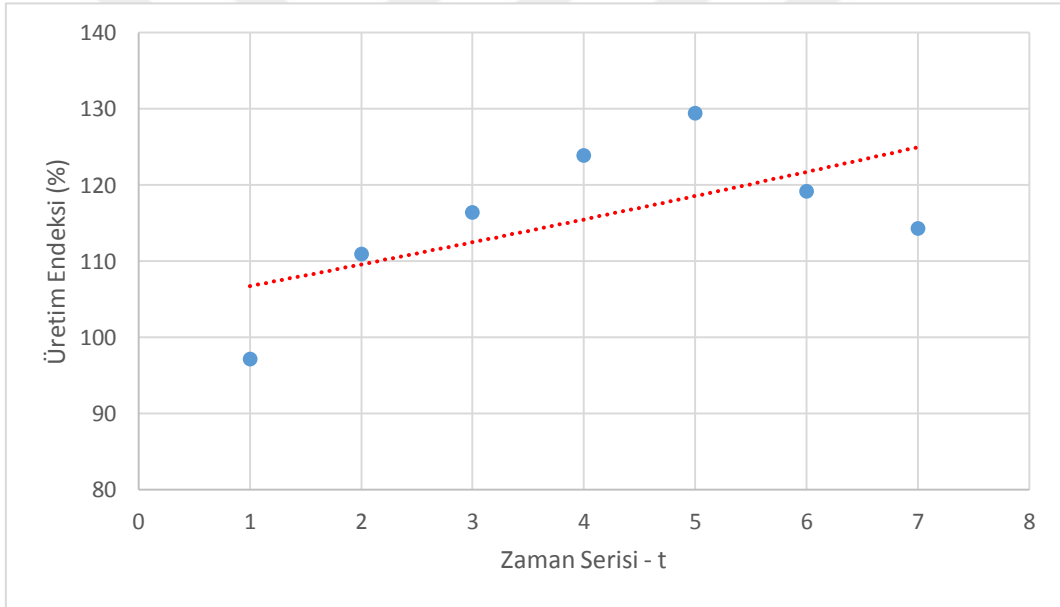
Şekil 4.19 Haziran aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



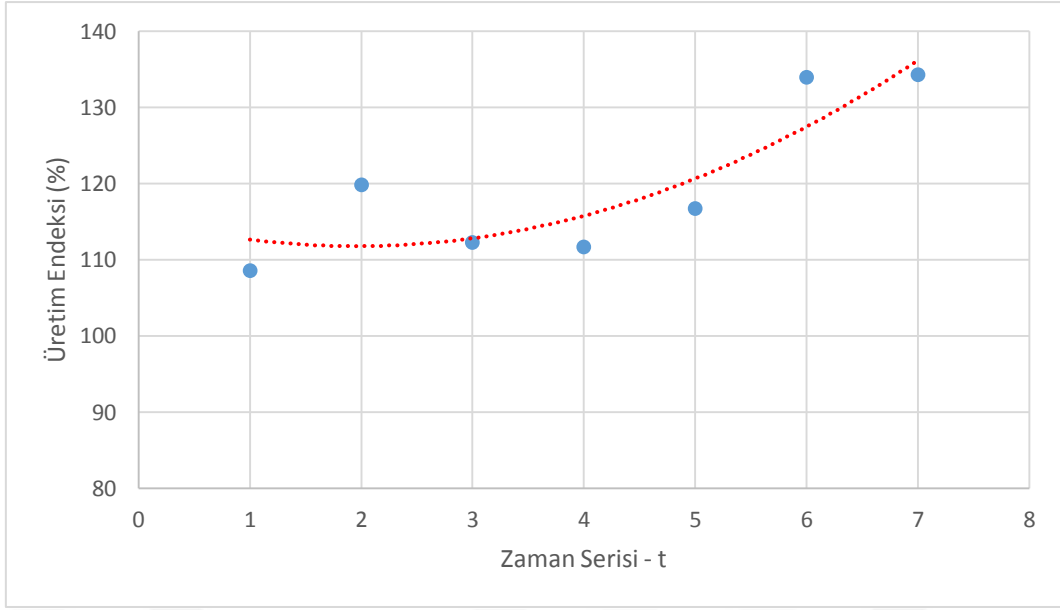
Şekil 4.20 Temmuz aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



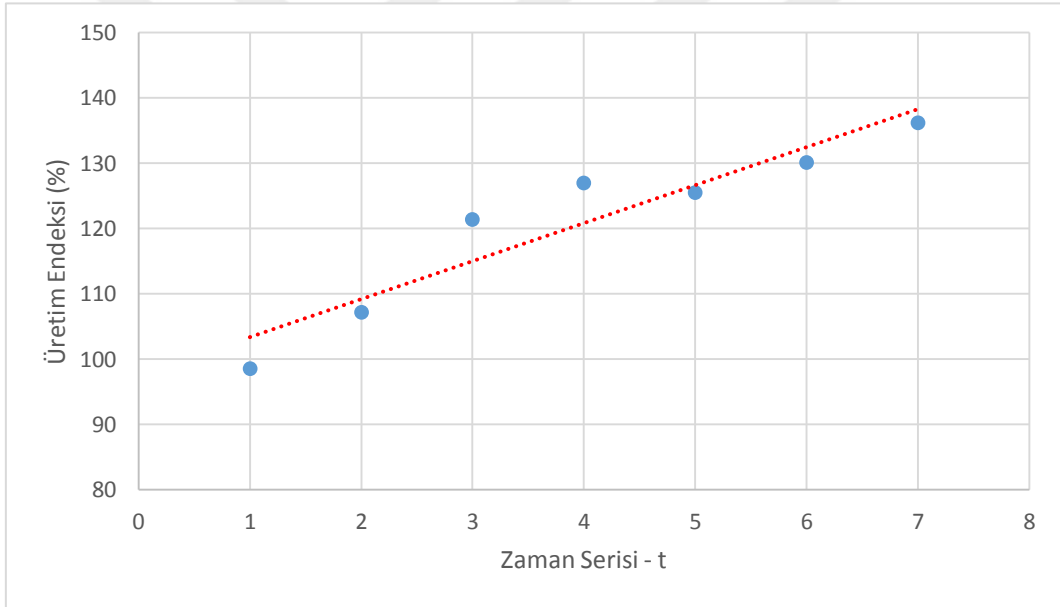
Şekil 4.21 Ağustos aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



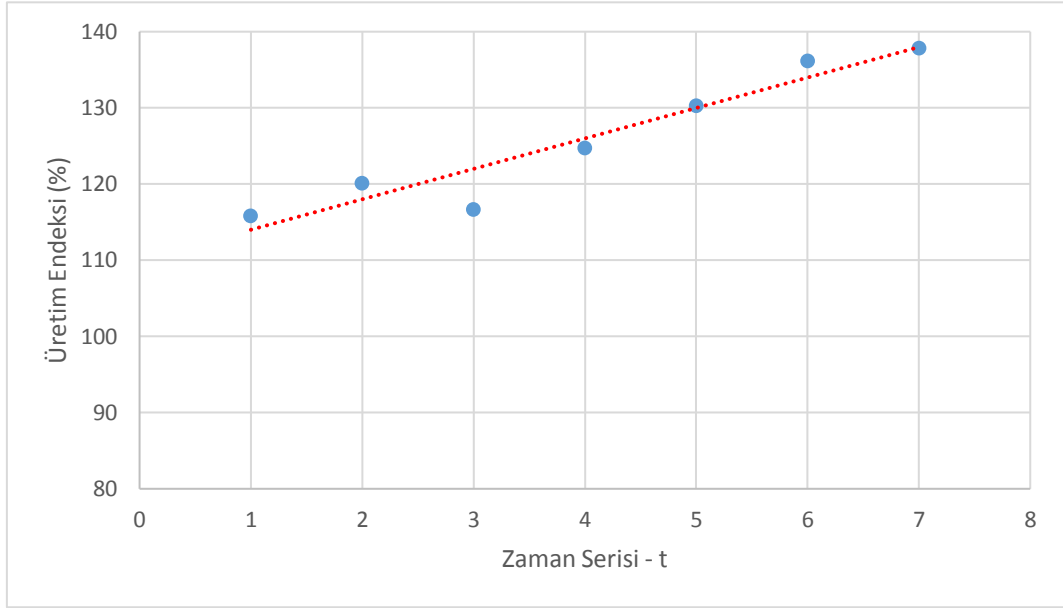
Şekil 4.22 Eylül aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



Şekil 4.23 Ekim aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



Şekil 4.24 Kasım aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



Şekil 4.25 Aralık aylarına ait sanayi üretim endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)

Üretim endekslerinin oluşturduğu grafikler incelendiğinden yıllar arasında zamana bağlı olarak eğriler %90 ve üzerinde yaklaşımlar ile sonuçlar vermektedir. Buradan daha sonraki yıl için elde edilecek olan üretim endeksi verisi, sanayi elektrik tüketimi denklemlerinde kullanıldığında, bir sonraki yılın ilgili ayı için sanayi elektrik tüketimi tahmini yapılmış olacaktır. Sanayi elektrik tüketimindeki endeks verilerden; Haziran ve Temmuz aylarına ait olan son iki yılın verisi, bu dönemlerde ülke genelinde oluşan olağanüstü durumdan dolayı kullanılmamıştır.

4.2 Ticari Elektrik Tüketimi Analizi

Ticari işletmelerin elektrik kullanımlarındaki alt kalemler incelendiğinde aydınlatma, ısıtma ve soğutma, reklam panoları gibi detaylar karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’de bulunan ticari işletme adedi, ne çeşit ve ne kadar bir teçhizata sahip oldukları, kaç saat çalıştıkları, ne kadarlık bir yüz ölçüme sahip oldukları ile ilgili bir veri bulunmamaktadır. Ancak tüm bu verilerin büyüklüğü, ticari hacim ile paralellik göstermektedir ve Türkiye’de ticari hacmi gösteren en net veri TÜİK tarafından hazırlanan ve yayınlanan tüketici endeksidir.

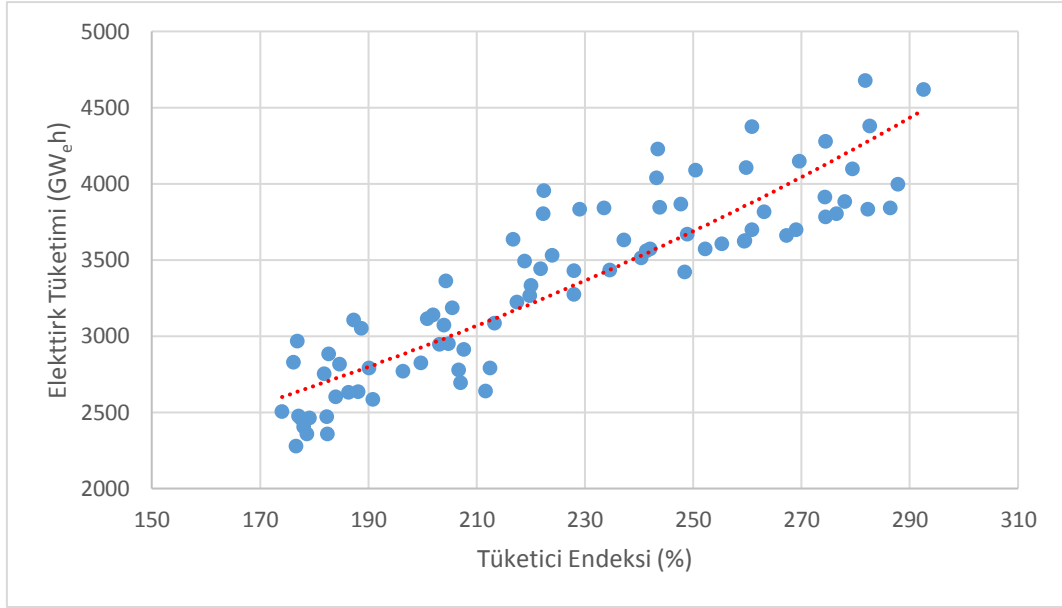
2010 yılı ile 2016 yılı arasında geçen 84 aya ait ticari elektrik tüketimi miktarı ve bu aylara ait tüketici endeksi Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.5 Ticari elektrik tüketiminin aylara dağılımı (GW_eh) [18]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ocak	2805	3235	3489	4044	4232	4351	4553
Şubat	2535	2918	3259	3567	3792	3915	4067
Mart	2750	3162	3384	3864	4040	4145	4260
Nisan	2627	2939	2976	3612	3901	3928	4107
Mayıs	2691	2901	3089	3701	3963	4083	4229
Haziran	2760	2952	3276	3798	3979	4029	4448
Temmuz	3128	3455	3729	4289	4488	4537	4702
Ağustos	3293	3390	3511	4114	4667	4802	5071
Eylül	2752	3114	3238	3859	4156	4163	4112
Ekim	2788	3105	2969	3614	3760	4060	4249
Kasım	2656	3140	3137	3829	4087	4120	4405
Aralık	3096	3459	3449	4269	4321	4621	4860

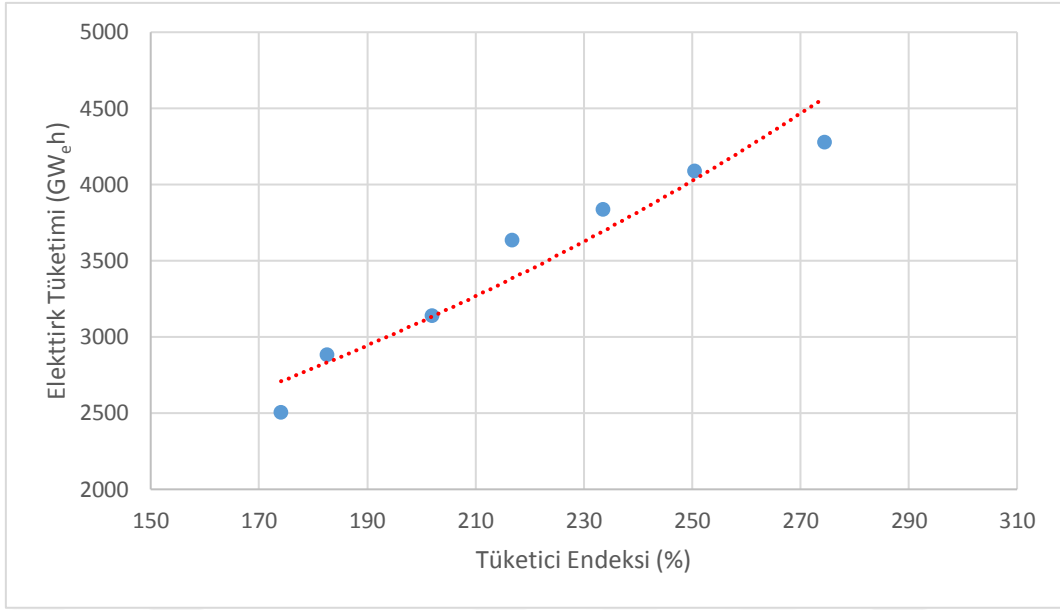
Çizelge 4.6 Tüketici endeksinin aylara göre dağılımı (%) [18]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ocak	174,07	182,6	201,98	216,74	233,54	250,45	274,44
Şubat	176,59	183,93	203,12	217,39	234,54	252,24	274,38
Mart	177,62	184,7	203,96	218,83	237,18	255,23	274,27
Nisan	178,68	186,3	207,05	219,75	240,37	259,39	276,42
Mayıs	178,04	190,81	206,61	220,07	241,32	260,85	278,02
Haziran	177,04	188,08	204,76	221,75	242,07	259,51	279,33
Temmuz	176,19	187,31	204,29	222,44	243,17	259,74	282,58
Ağustos	176,9	188,67	205,43	222,21	243,4	260,78	281,76
Eylül	179,07	190,09	207,55	223,91	243,74	263,11	282,27
Ekim	182,35	196,31	211,62	227,94	248,37	267,2	286,33
Kasım	182,4	199,7	212,42	227,96	248,82	268,98	287,81
Aralık	181,85	200,85	213,23	229,01	247,72	269,54	292,54

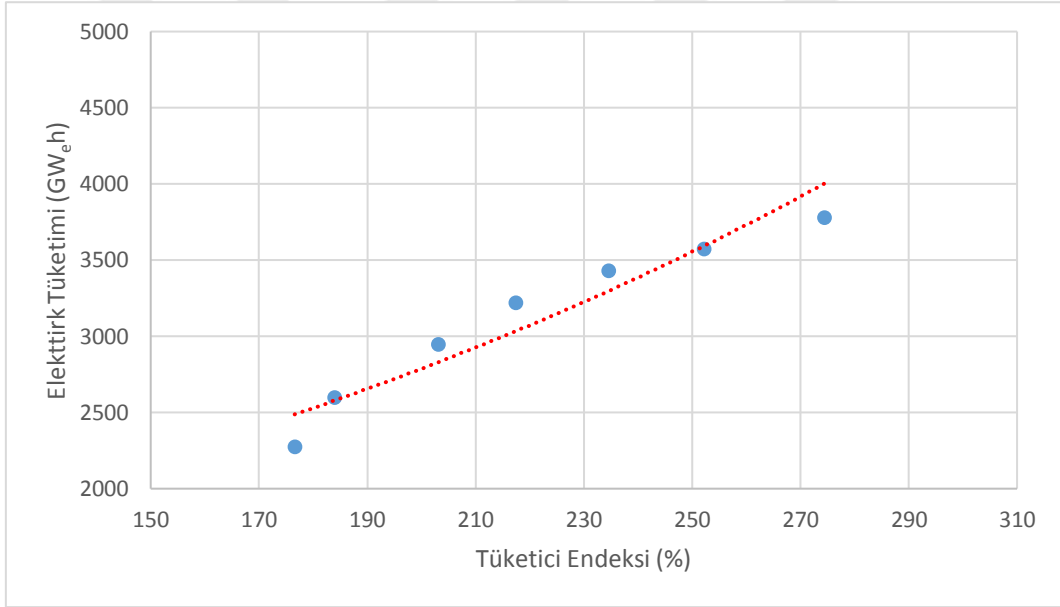


Şekil 4.26 Aylık tüketici endeksi - ticari elektrik tüketimi (2010-2016)

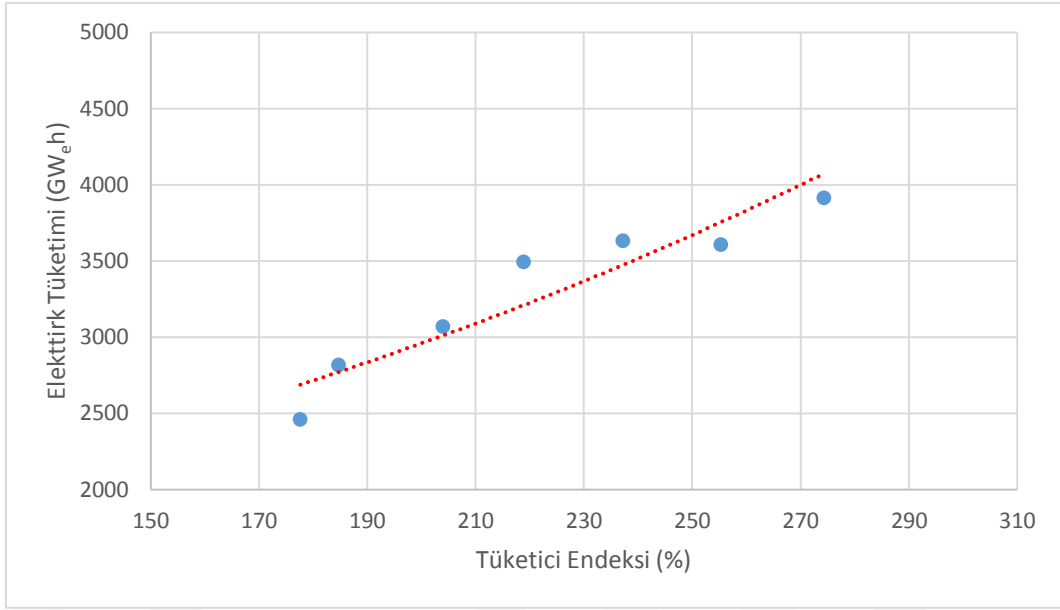
Şekil 4.26’da 2010 yılından 2016 yılına kadarki sürede her bir aya ait tüketici endeksi ile bu aylara ait ticari elektrik tüketimi arasındaki ilişki grafik halinde gösterilmiştir. Grafikten elde edilen trendin yakınlık derecesi incelendiğinde hesapta kullanmak için güvenilir olduğu düşünülmekle birlikte, sanayi elektrik tüketiminde tecrübe edildiği gibi aylık olarak incelenip mevsim şartlarından arındırıldığında daha güvenilir sonuçlar yakalanabilmektedir. Bu nedenle eldeki veriler 7 yılın Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayı için ayrı ayrı incelenerek veriler mevsim şartlarından arındırılmıştır. Aşağıdaki grafiklerde mevsim şartlarından arındırılmış şekilde bu aylara ait veriler doğrultusunda tüketim endeksi ile ticari elektrik tüketimi arasındaki ilişki gösterilmiştir.



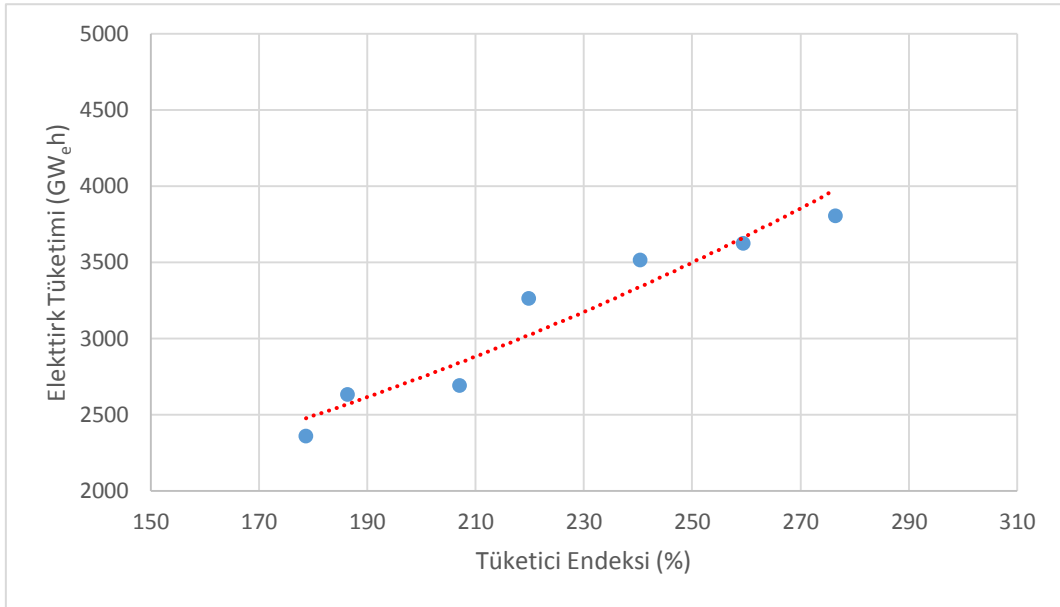
Şekil 4.27 Ocak aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



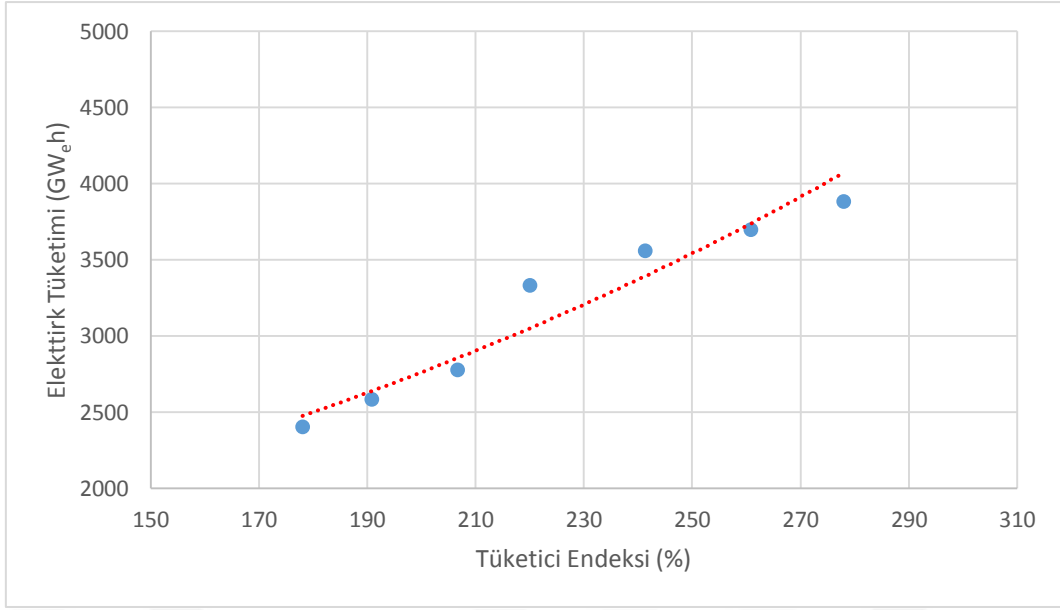
Şekil 4.28 Şubat aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



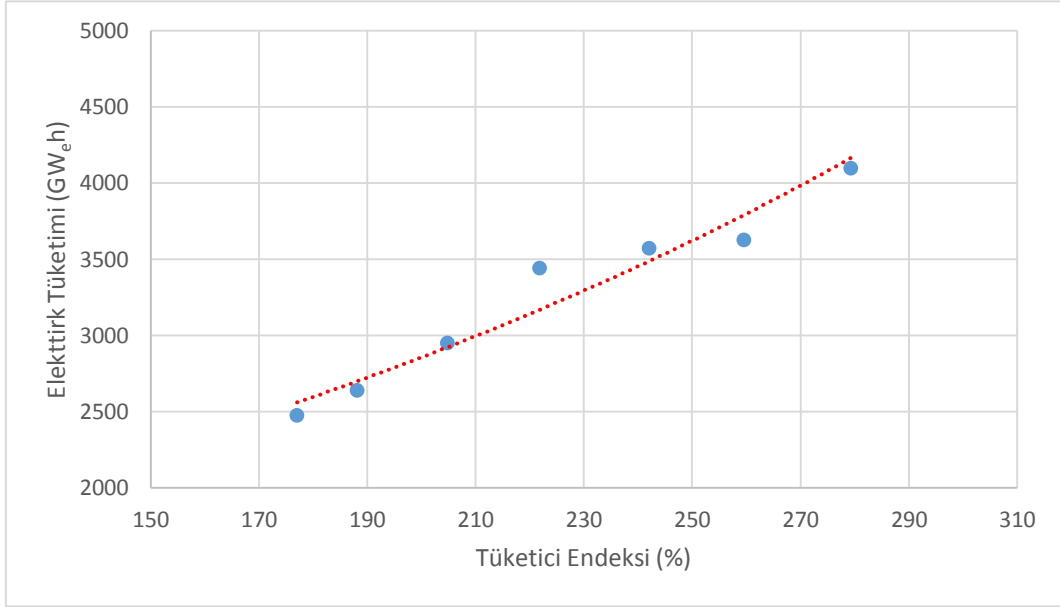
Şekil 4.29 Mart aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



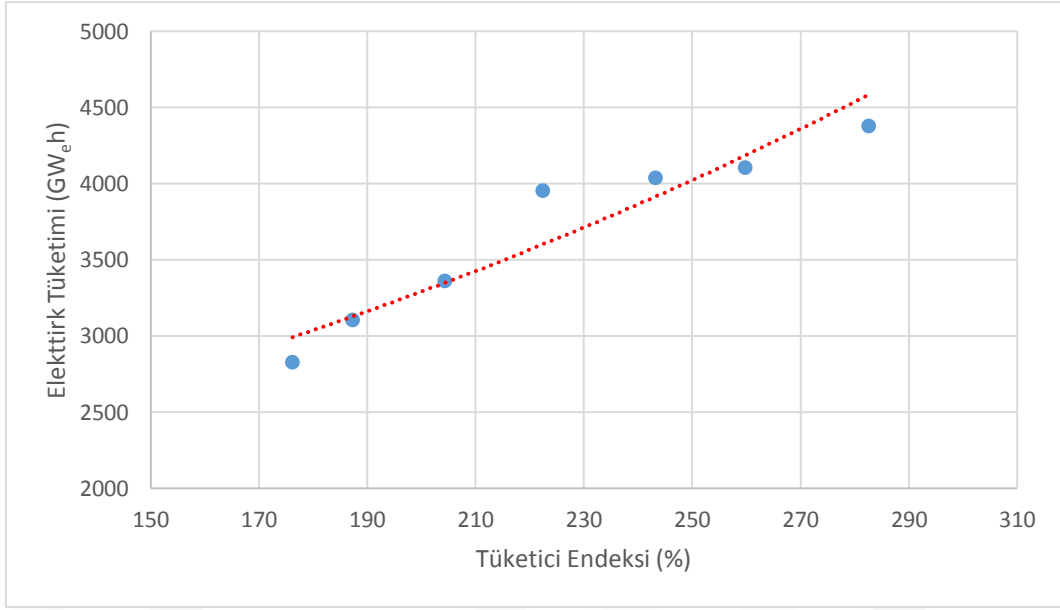
Şekil 4.30 Nisan aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



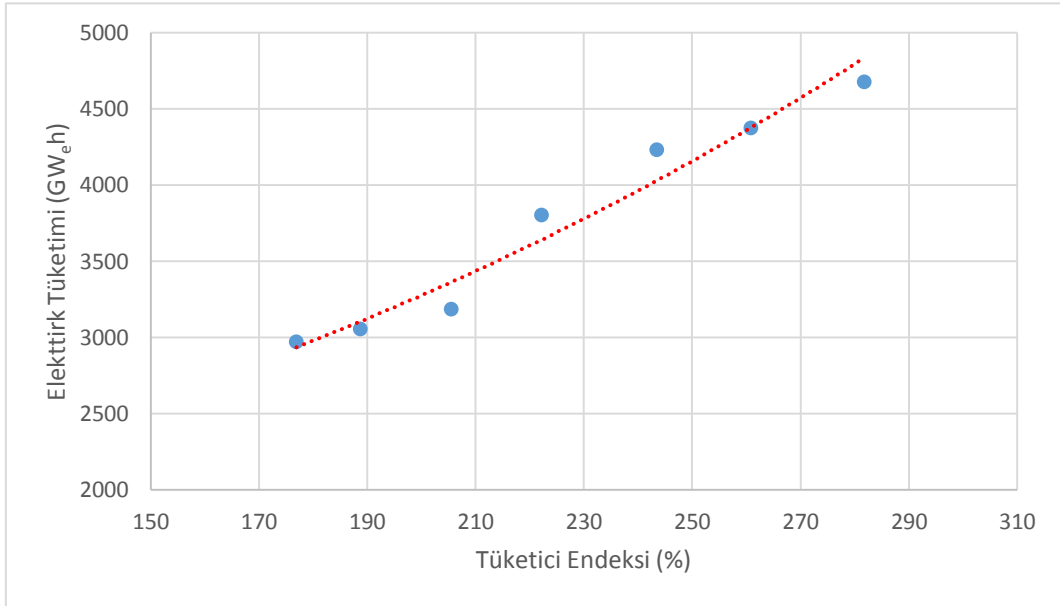
Şekil 4.31 Mayıs aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



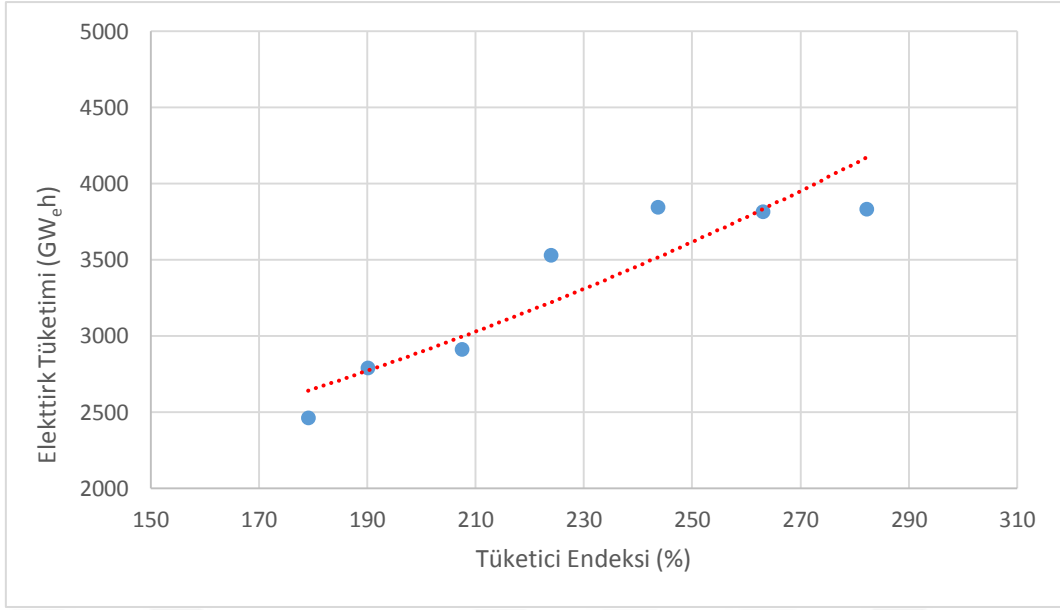
Şekil 4.32 Haziran aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



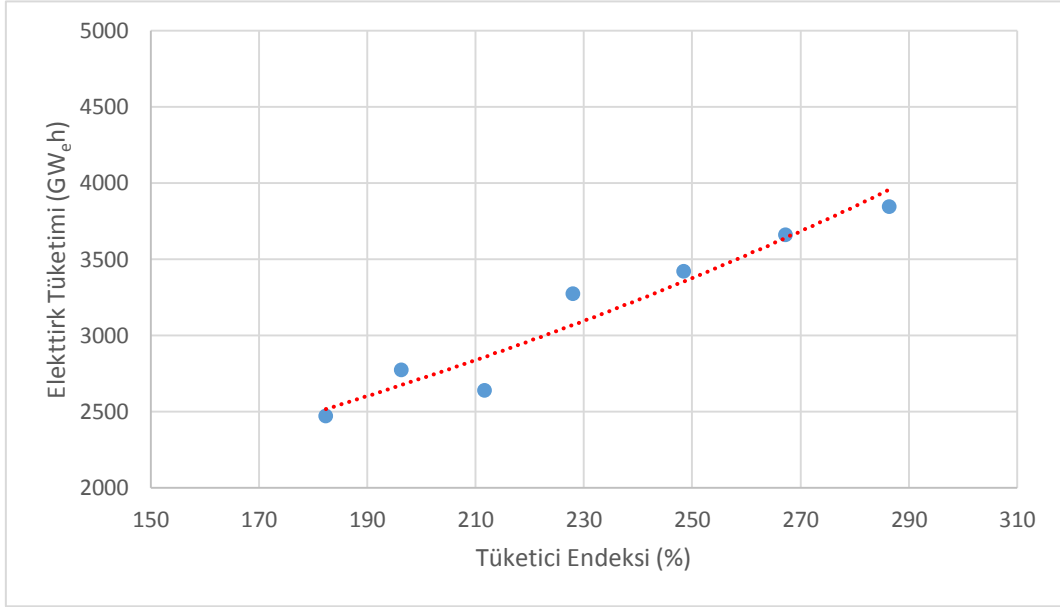
Şekil 4.33 Temmuz aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



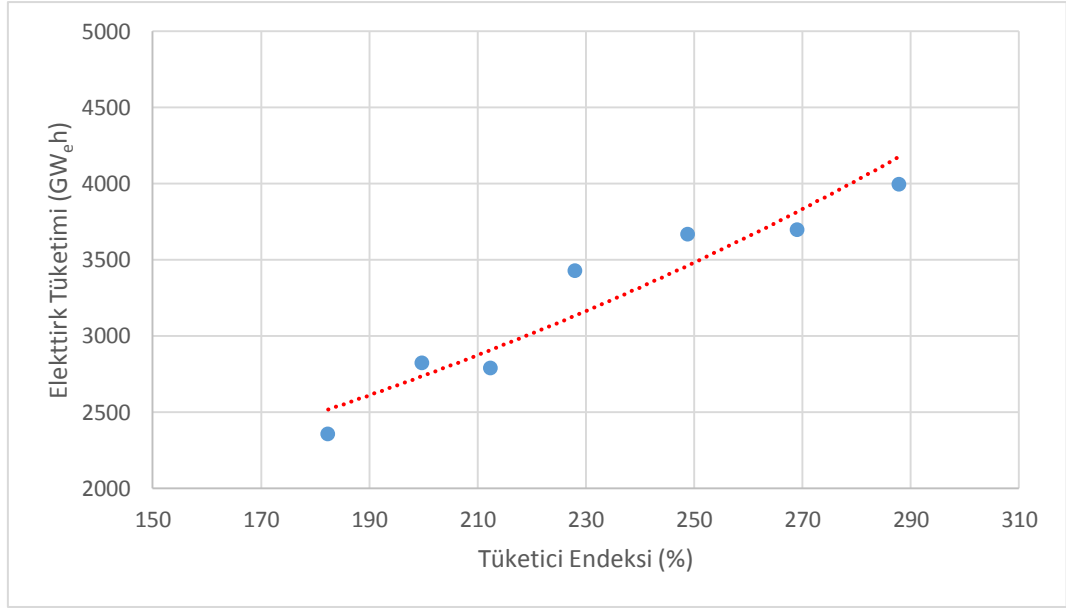
Şekil 4.34 Ağustos aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



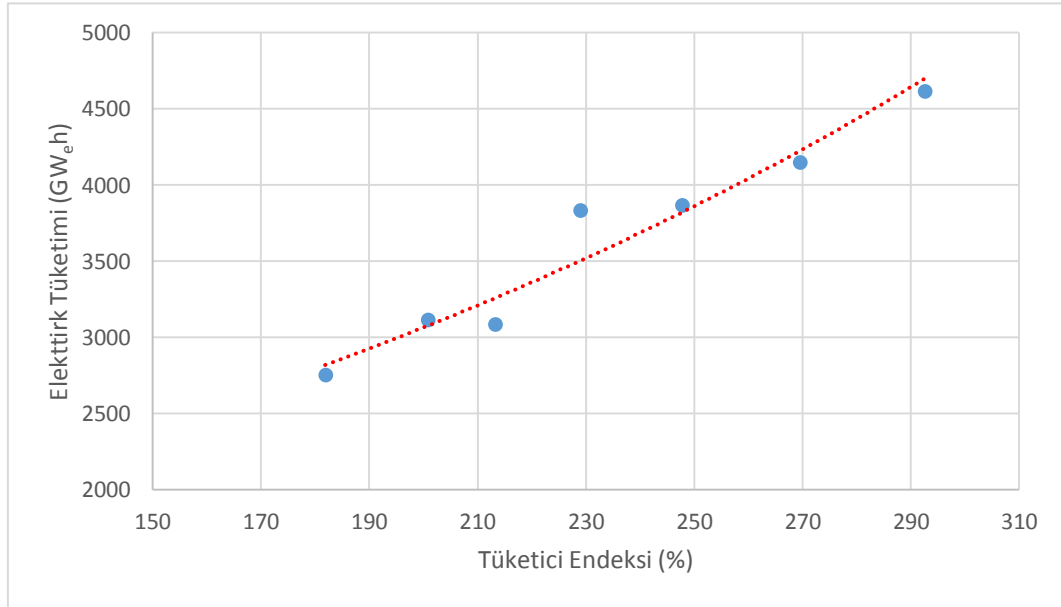
Şekil 4.35 Eylül aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



Şekil 4.36 Ekim aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



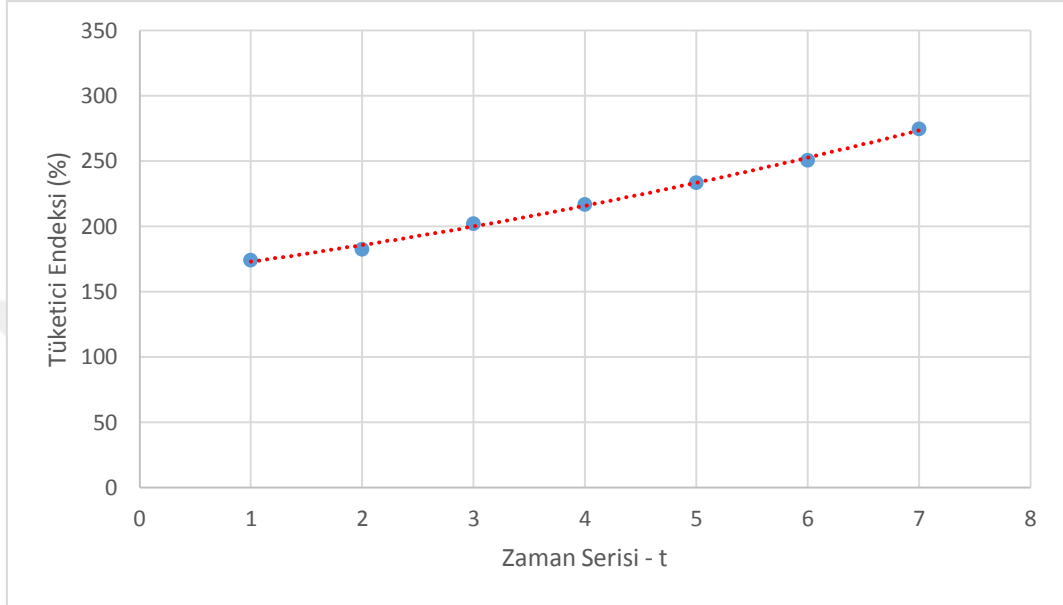
Şekil 4.37 Kasım aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)



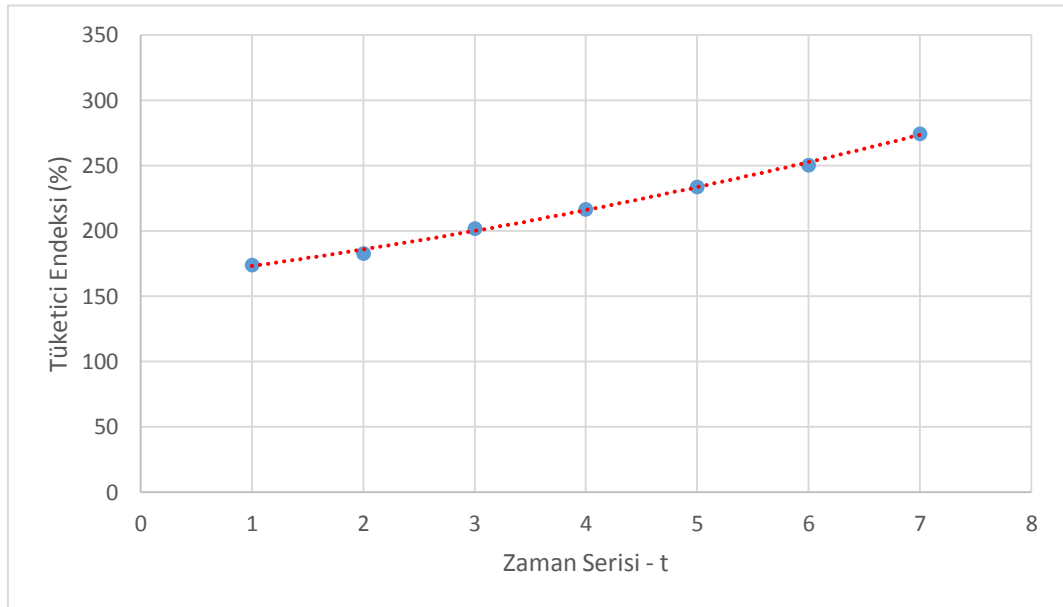
Şekil 4.38 Aralık aylarına ait tüketici endeksi – ticari elektrik tüketimi (2010-2016)

Aylık olarak incelenen grafiklerdeki sonuçlar incelendiğinde mevsim şartlarından arındırılmamış halindeki grafikteki sonuçlara göre daha güvenilir olduğu görülmektedir. Bunun nedeni sanayi elektrik tüketimi ile sanayi üretim endeksi arasındaki ilişkide olduğu gibi, tüketici endeksinin ticari elektrik tüketimini etkileyen tek parametre olmaması ve tüketici endeksinin yanı sıra, sıcaklığın da önemli bir faktör olmasıdır. Mevsim şartlarından arındırılmış grafiklerden elde edilen denklemler gelecek yıllarda aynı aylar için ticari elektrik tüketimi tahmini için kullanılmıştır. Ancak sanayi elektrik tüketimi tahminin de parametre olarak belirlenmiş üretim endeksinde olduğu gibi, ticari

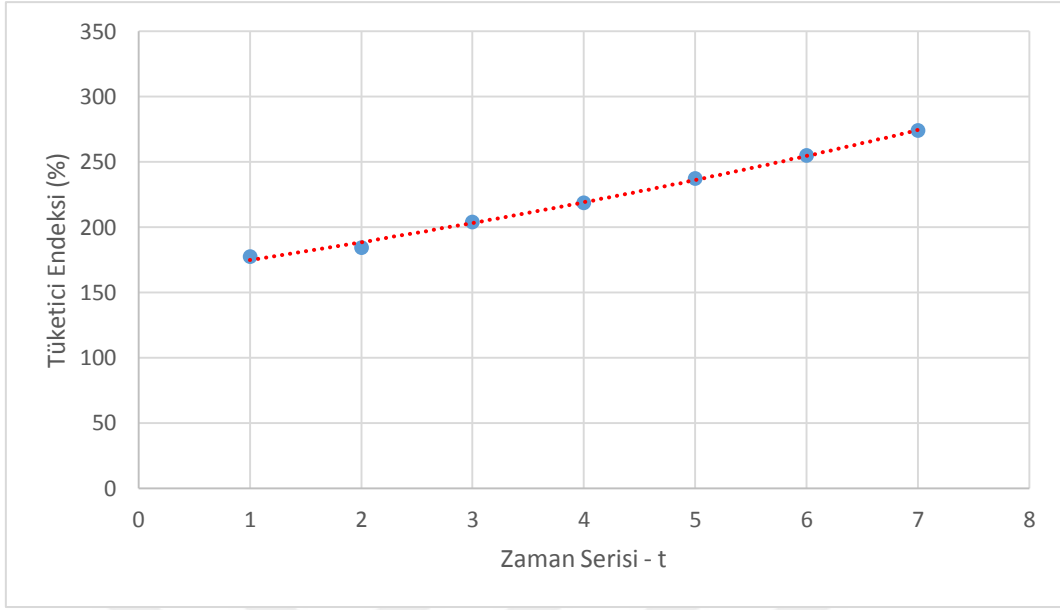
elektrik tüketimi tahmininde de parametre olarak belirlenen tüketici endeksi için de bir tahminde bulunulması gerekmektedir. Bu tahmin üretim endeksinde olduğu gibi trend analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. 2010 yılı ile 2016 yılı arasındaki veriler aylara ayrılarak bir zaman serisine bağlı kalacak şekilde grafik haline getirilmiştir. Aşağıda 12 ay için ayrı ayrı oluşturulan tüketici endeksi grafikleri sıralanmıştır.



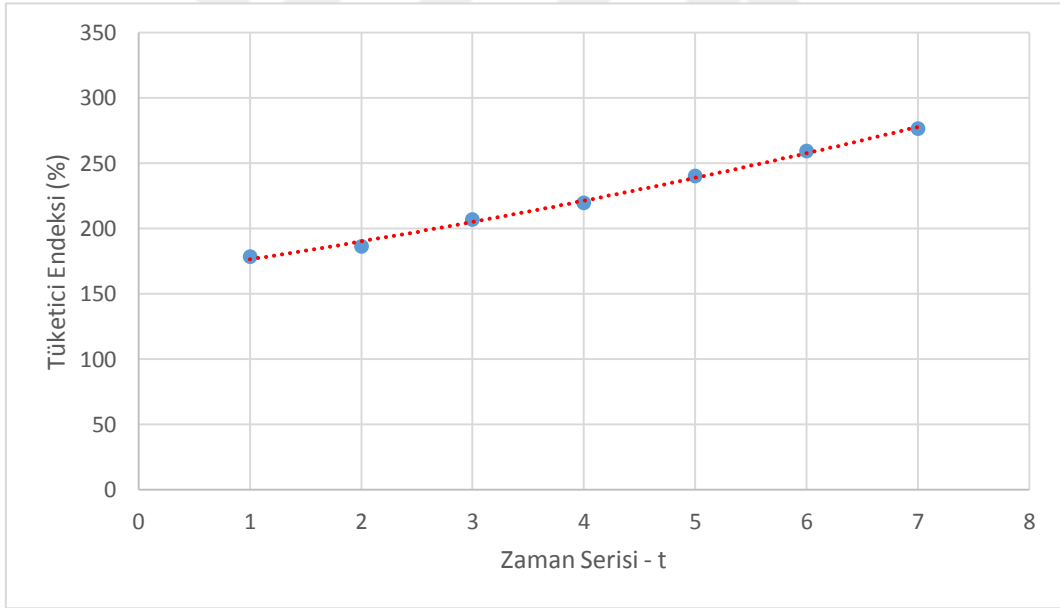
Şekil 4.39 Ocak aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



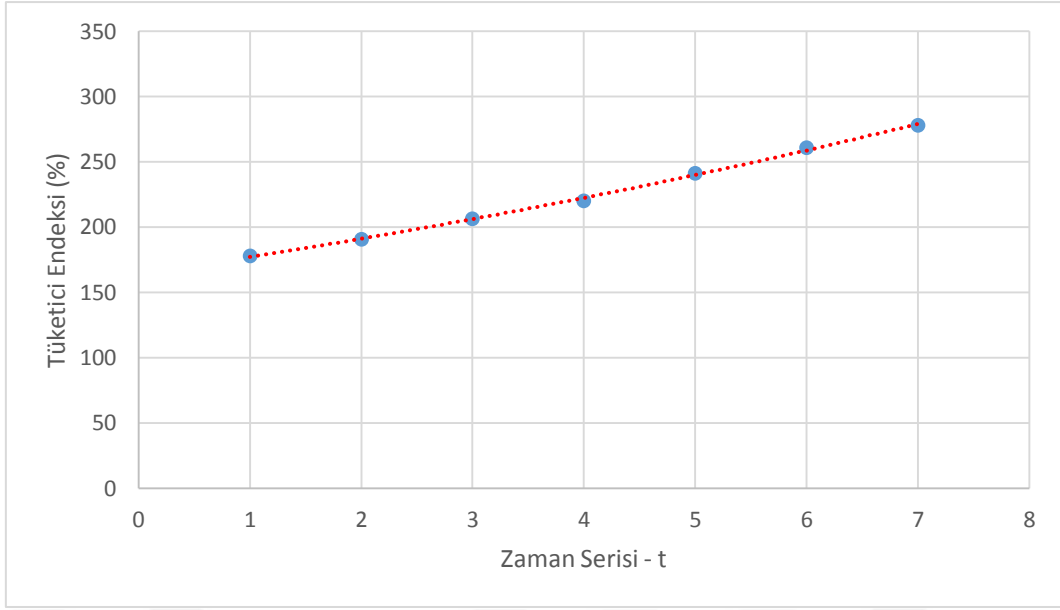
Şekil 4.40 Şubat aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



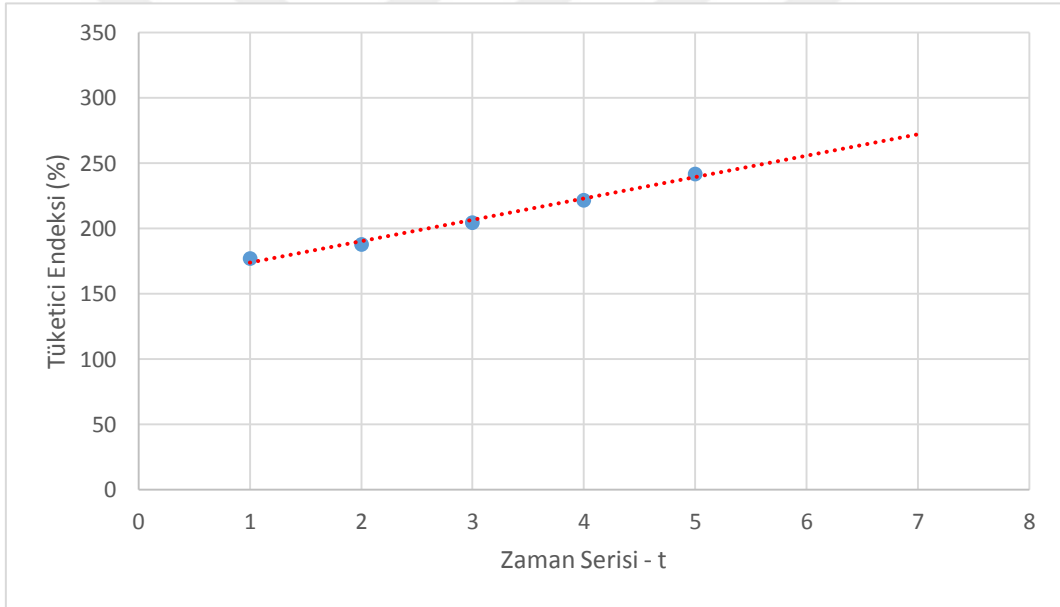
Şekil 4.41 Mart aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



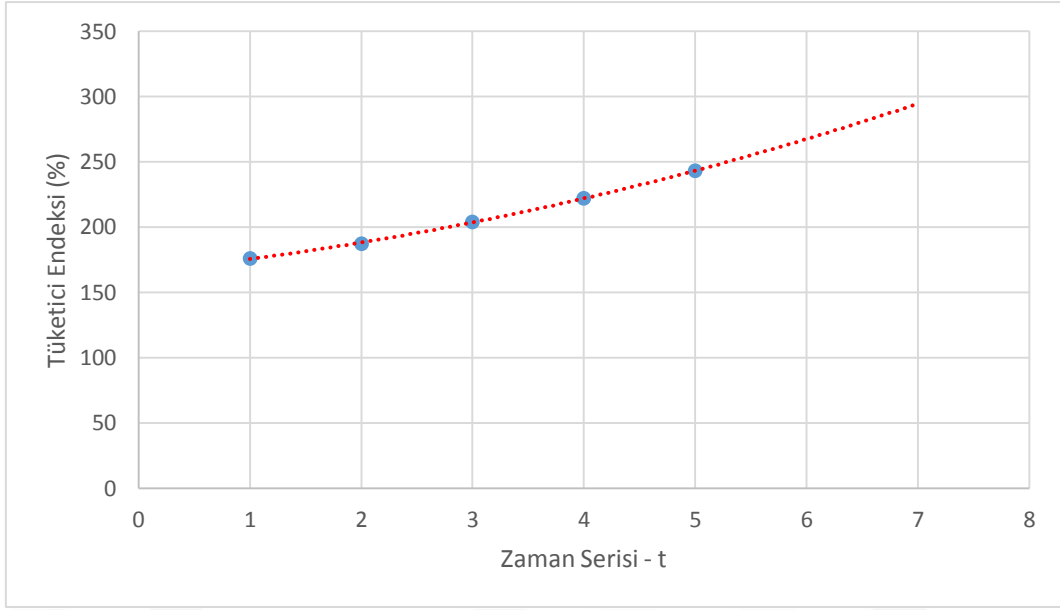
Şekil 4.42 Nisan aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



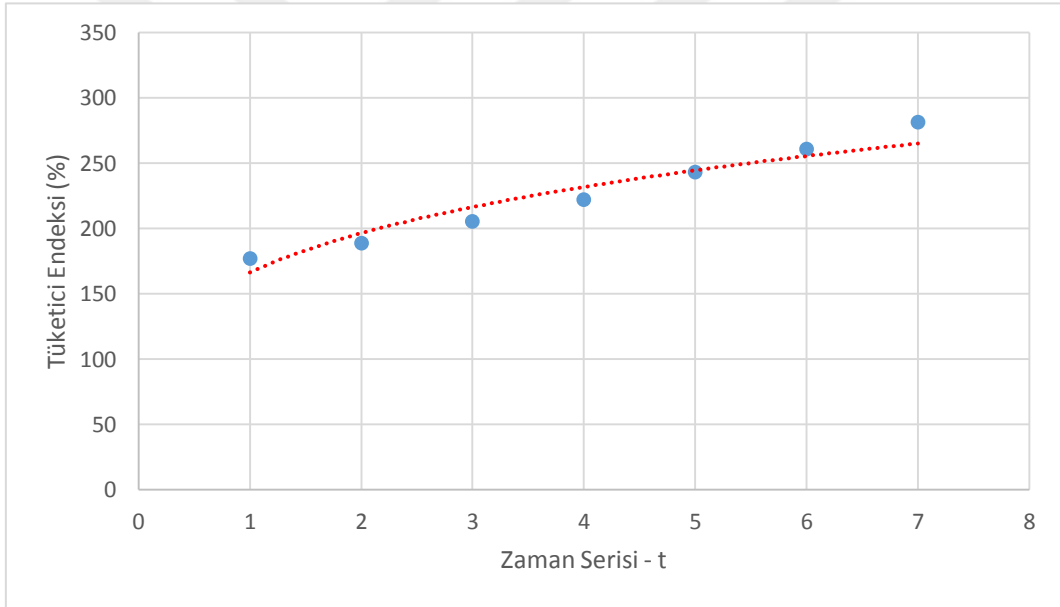
Şekil 4.43 Mayıs aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



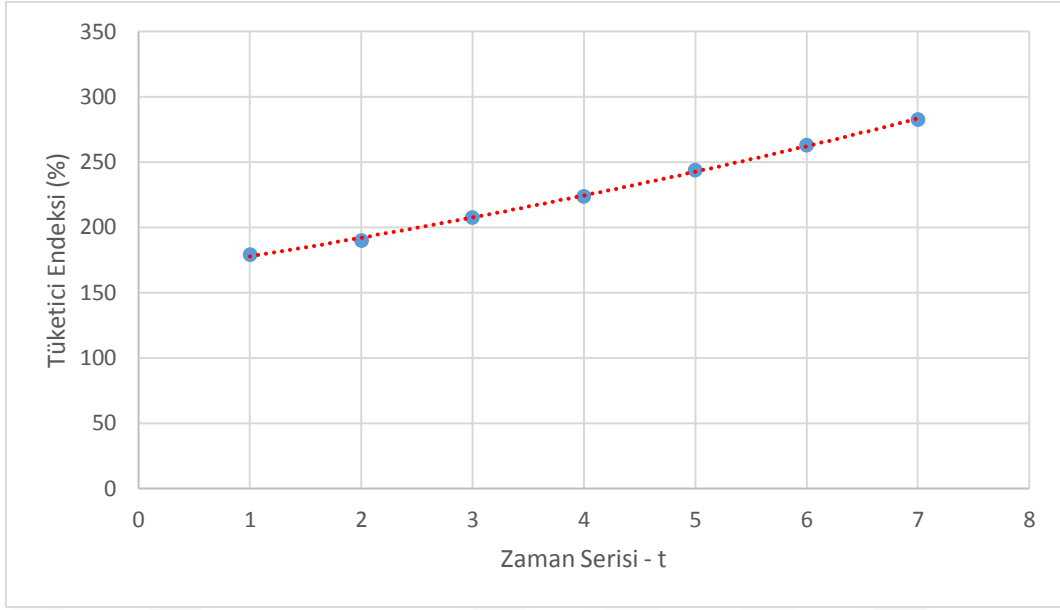
Şekil 4.44 Haziran aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



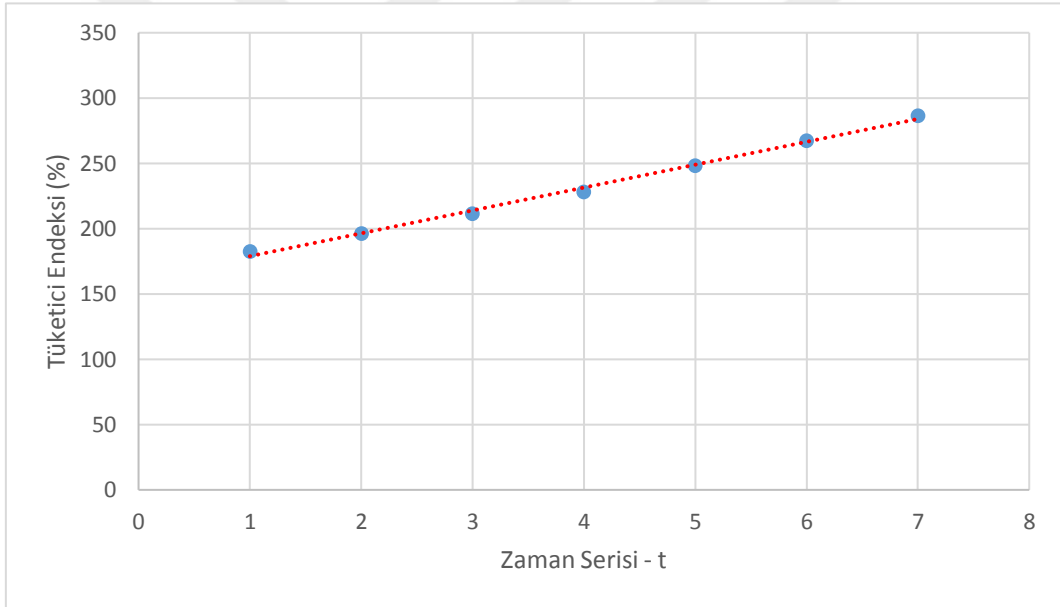
Şekil 4.45 Temmuz aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



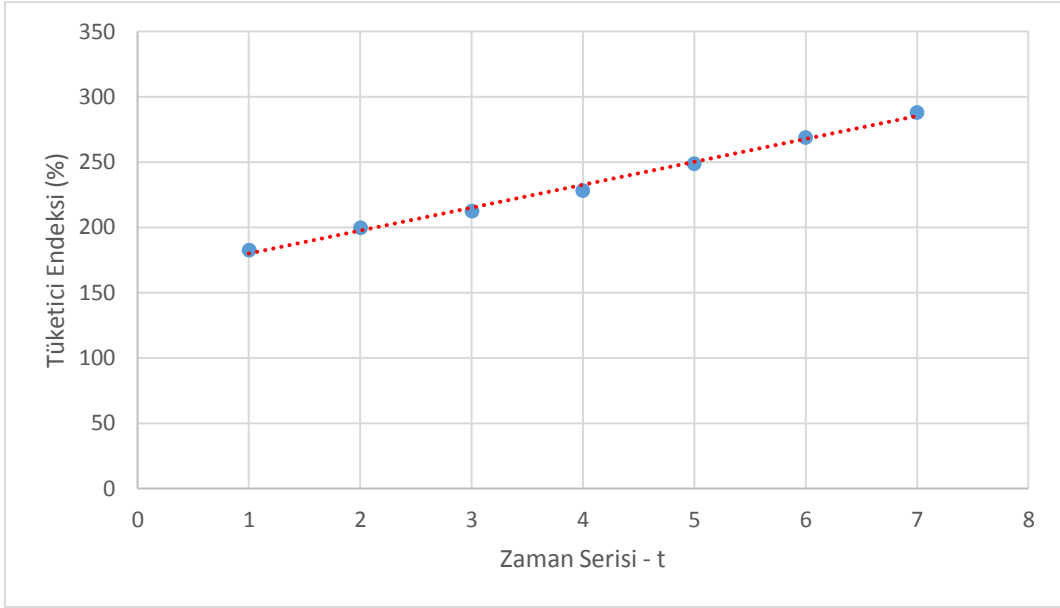
Şekil 4.46 Ağustos aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



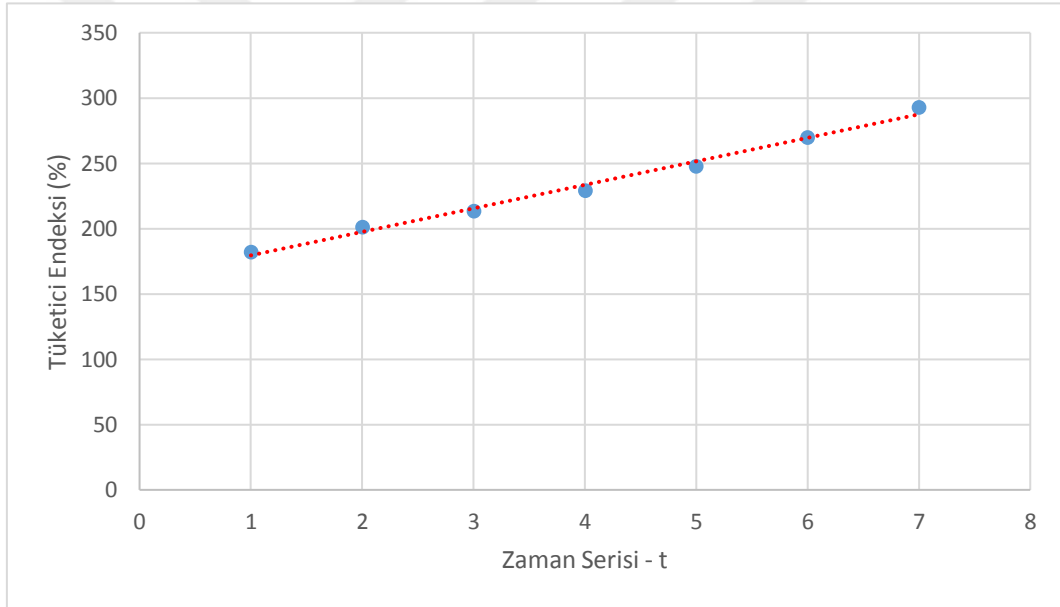
Şekil 4.47 Eylül aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



Şekil 4.48 Ekim aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



Şekil 4.49 Kasım aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)



Şekil 4.50 Aralık aylarına ait tüketici endeksinin yıllık değişimi (2010-2016)

Grafikler incelendiğinde %95 üzerinde yakınlıkta eğriler olduğu görülmektedir. Bu eğrilerden oluşturulan denklemler ilgili ay için gelecek yıllar için oluşturulmuş ticari elektrik tüketimi denkleminde kullanılarak o ay için ticari elektrik tüketimi tahmini yapılmış olacaktır. Ticari elektrik tüketimindeki endeks verilerinden; Haziran ve Temmuz aylarına ait olan son iki yılın verisi, sanayi elektrik tüketiminde olduğu gibi, bu dönemlerde ülke genelinde oluşan olağanüstü durumdan dolayı kullanılmamıştır.

$$\Pi_{\text{Tüketim}} = F(X_t) = A \times X_t^2 + B \times X_t + C \quad (4.4)$$

$$Y_t = F(t) = D \times t^2 + E \times t + F \quad (4.5)$$

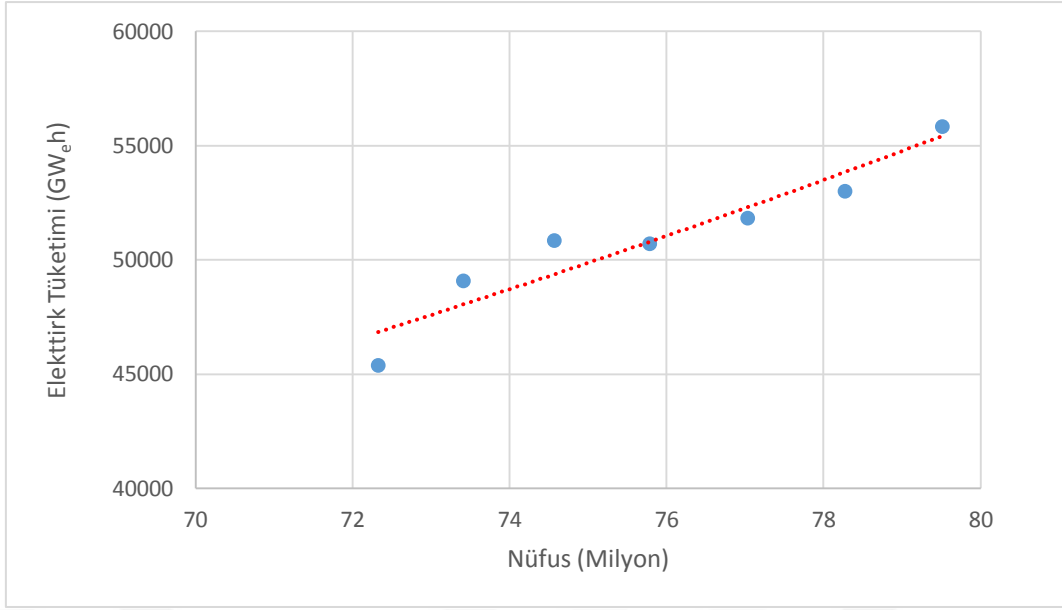
4.3 Mesken Elektrik Tüketimi Analizi

Mesken elektrik tüketiminin alt kalemleri aydınlatma, beyaz eşya ve ısıtma/soğutma olarak belirlenmiştir. Son kullanım yöntemi bu kalemlerin kullanımı hesaplanarak tüm tüketimin çıkarılması ihtimali eldeki konut sayısı, aktif konut sayısı, beyaz eşya kullanımı verilerinin yetersizliği ve nüfus ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkinin yakınlığı nedeniyle göz ardı edilmiştir.

Çizelge 4.7’de Türkiye’nin 2010 yılı ile 2016 yılı arasındaki mesken elektrik tüketimi miktarı tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Mesken elektrik tüketiminin aylara göre dağılımı (GW_eh) [18]

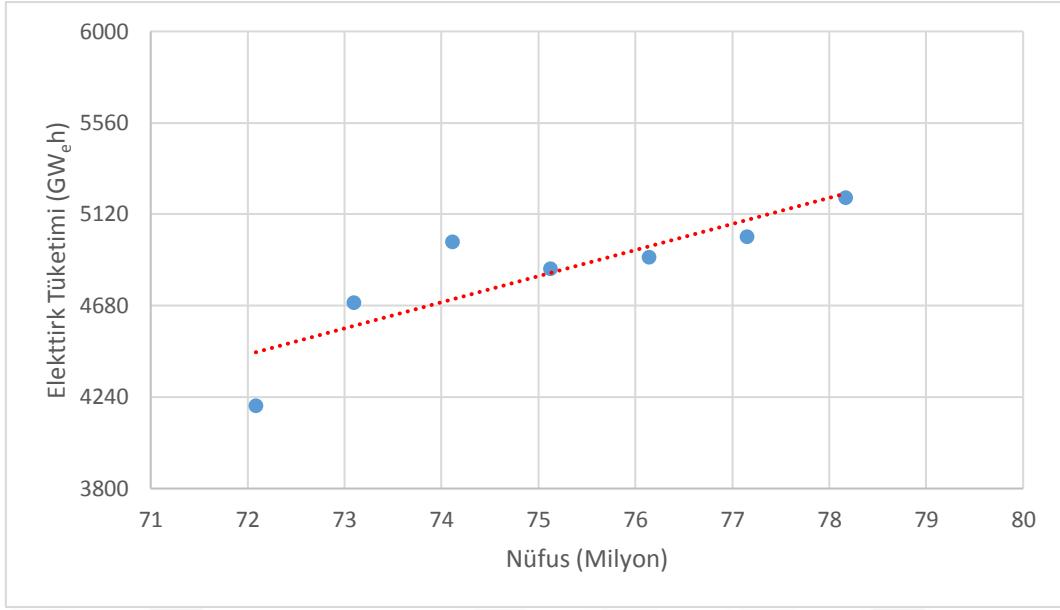
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ocak	4198,63	4694,41	4987,62	4857,66	4914,72	5011,95	5199,43
Şubat	3794,55	4234,09	4658,79	4284,38	4404,09	4509,16	4645,1
Mart	4115,99	4588,19	4836,59	4641,4	4692,48	4774	4865,77
Nisan	3931,6	4265,75	4253,37	4338,06	4530,91	4524,28	4690,8
Mayıs	4027,52	4209,34	4416,21	4445,02	4602,9	4702,52	4830,42
Haziran	4131,49	4284,67	4683,44	4562,13	4620,92	4640,5	5080,36
Temmuz	4682,15	5014,66	5331,04	5151,04	5213,16	5226,34	5370,64
Ağustos	4929,2	4920,29	5018,66	4941,13	5420,75	5531,46	5791,53
Eylül	4119,65	4518,69	4628,08	4635,32	4827,1	4794,79	4696,29
Ekim	4173,66	4506,48	4244,65	4340,38	4366,67	4676,89	4853,14
Kasım	3975,27	4556,89	4483,78	4598,61	4747,4	4745,22	5030,6
Aralık	4634,89	5019,42	4929,95	5127,82	5018,99	5322,22	5551,03



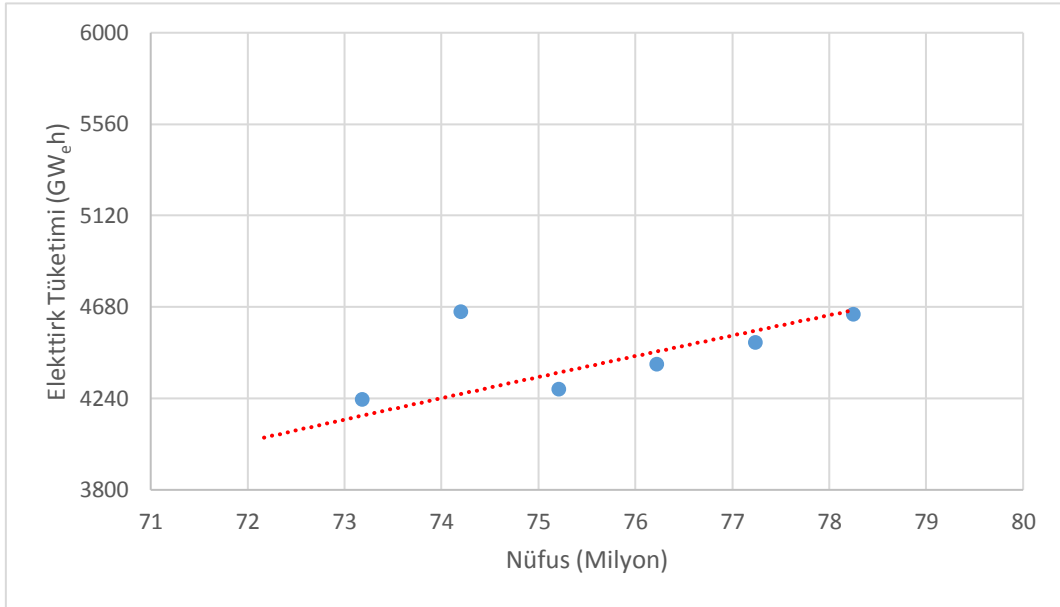
Şekil 4.51 Yıllık nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)

Şekil 4.51’de gösterilen grafik bize %89,31’lik yakınlıkla nüfus ile mesken elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi gösteren bir eğri vermektedir.

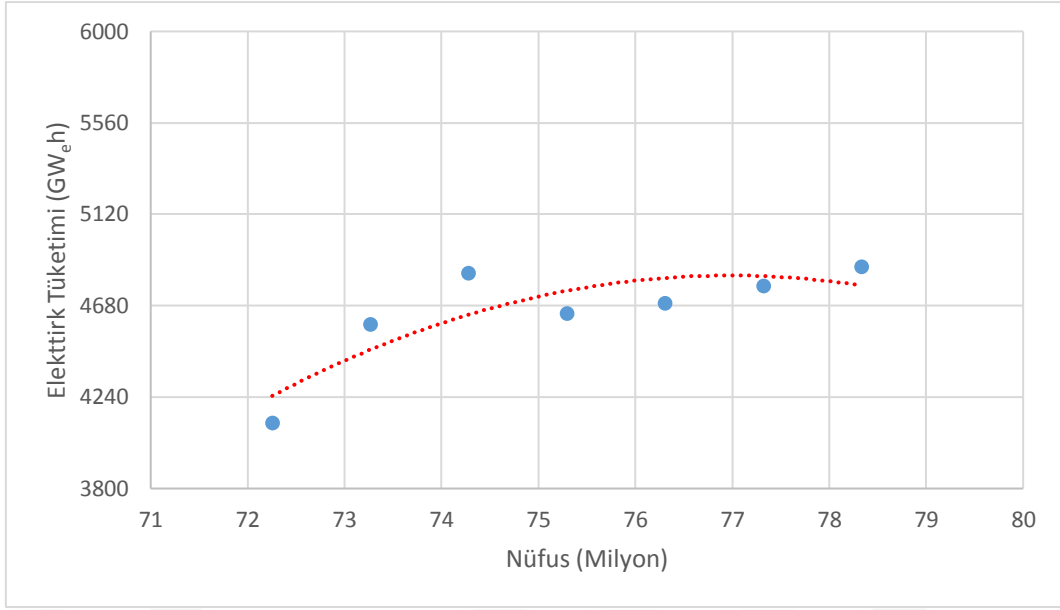
Ticari elektrik tüketimi ile sanayi elektrik tüketimi aylık olarak incelendiği ve gelecek yılların tahminleri aylık olarak yapılacağı için mesken elektrik tüketimi de yıllık değil aylık olarak değerlendirilmelidir. Aylık nüfus sayımı verisi olmadığı için, nüfus artışı doğrusal olarak kabul edilip her yılın nüfus verileri kullanılarak 12 ay için nüfus büyüklüğü belirlenmiştir. Bu belirlemenin bir nedeni de endüstri elektrik tüketiminde ve ticari elektrik tüketiminde olduğu gibi mesken elektrik tüketiminde de verileri mevsim şartlarından arındırmaktır. Bu veriler doğrultusunda 12 ay için ayrı ayrı gerçekleştirilen mesken elektrik tüketimi grafikleri aşağıdaki gibidir.



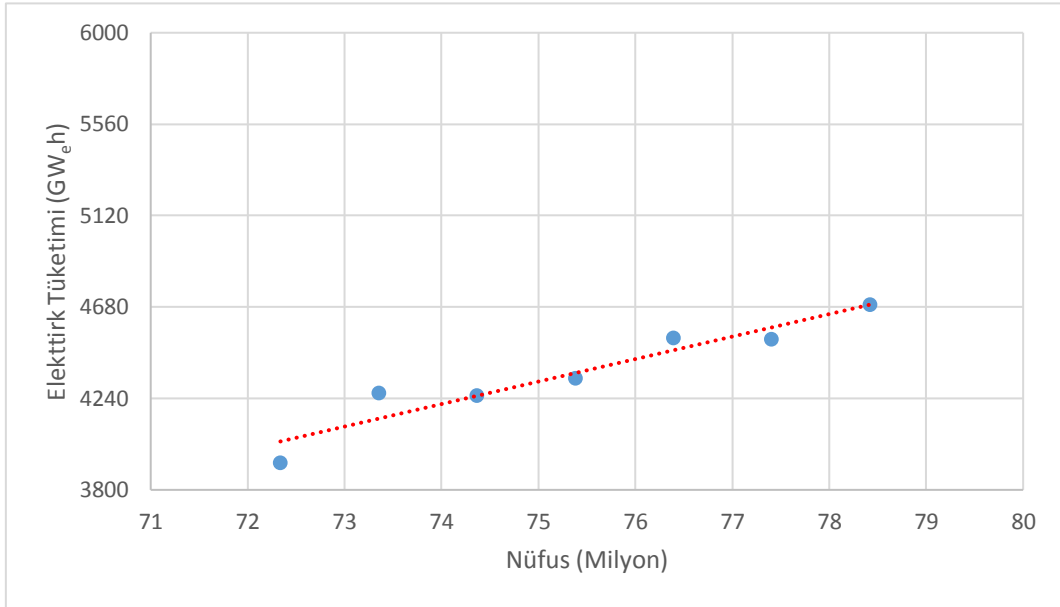
Şekil 4.52 Ocak aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



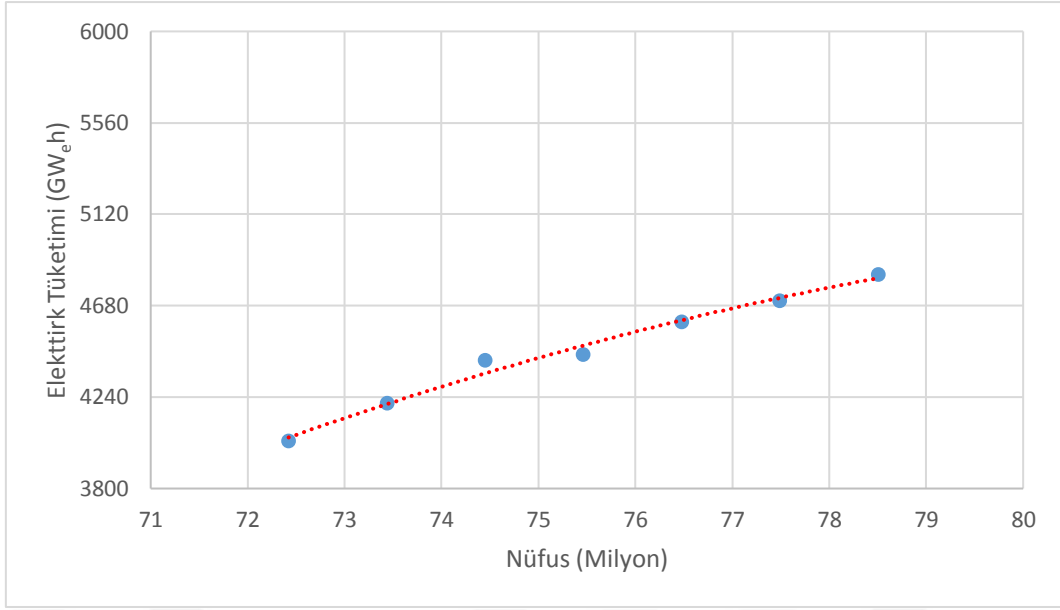
Şekil 4.53 Şubat aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



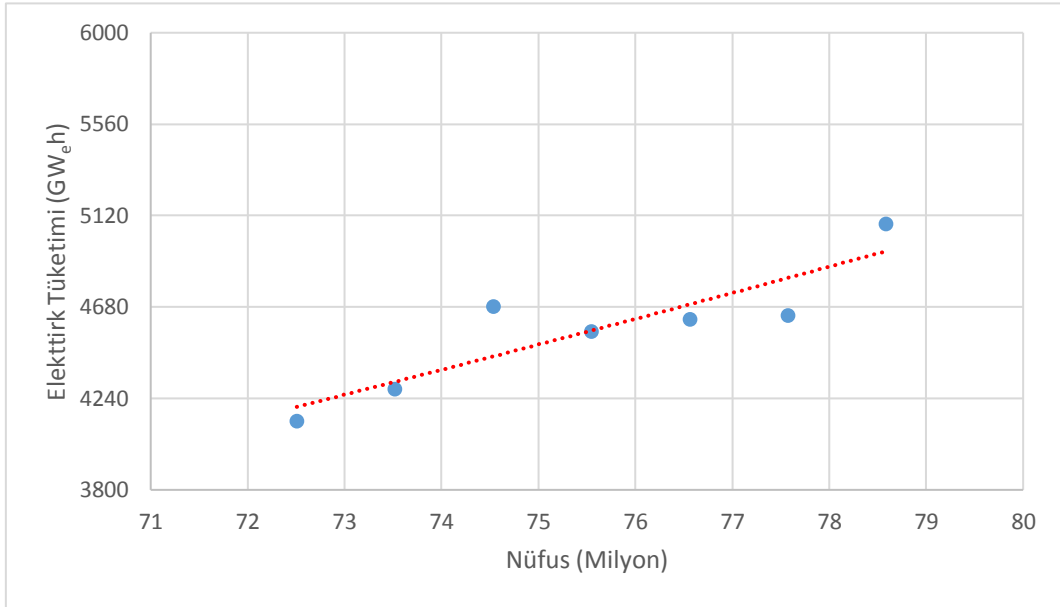
Şekil 4.54 Mart aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



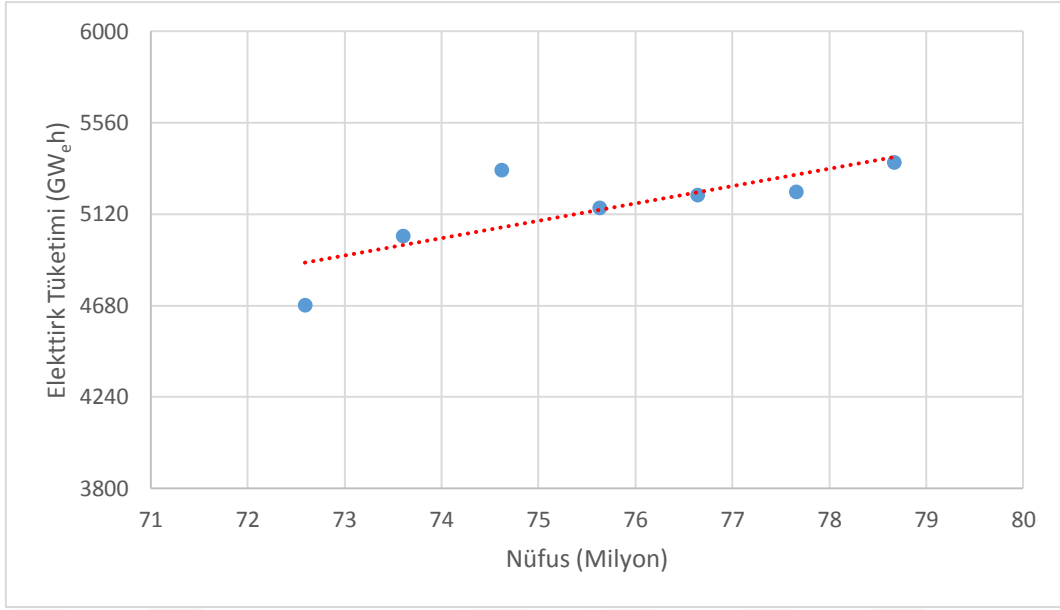
Şekil 4.55 Nisan aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



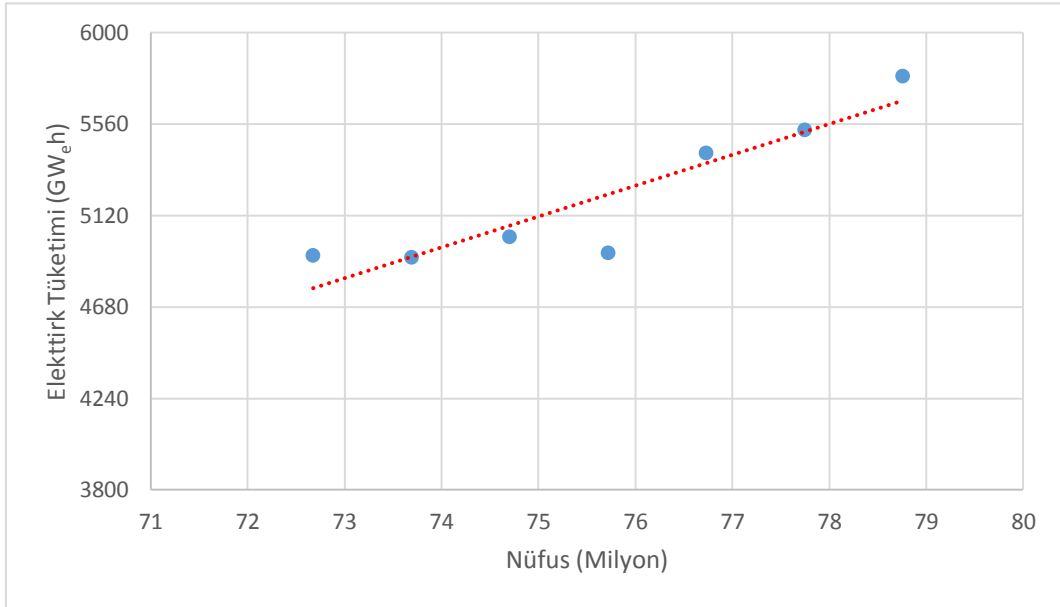
Şekil 4.56 Mayıs aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



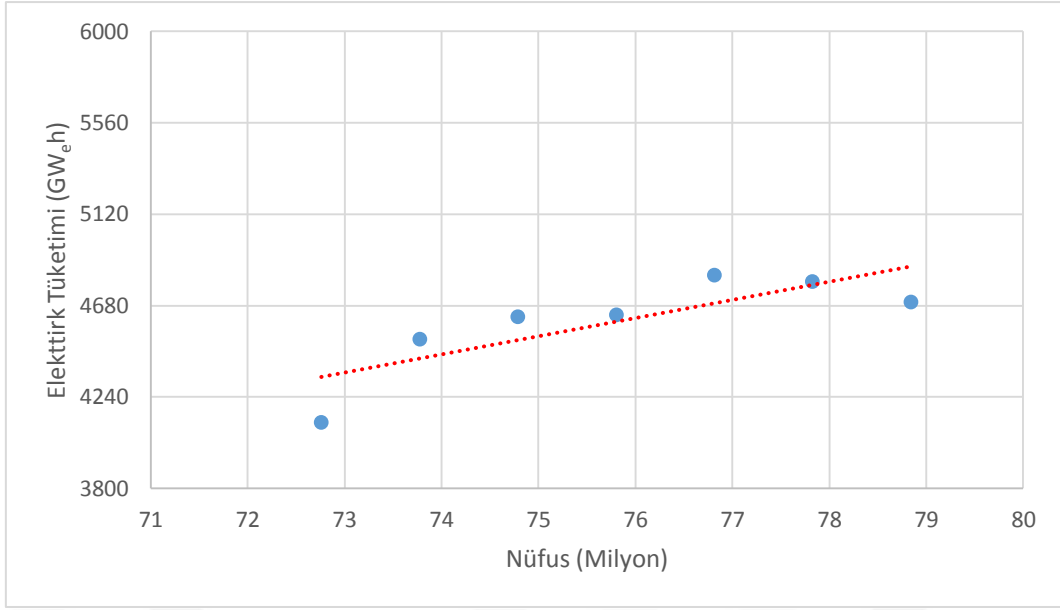
Şekil 4.57 Haziran aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



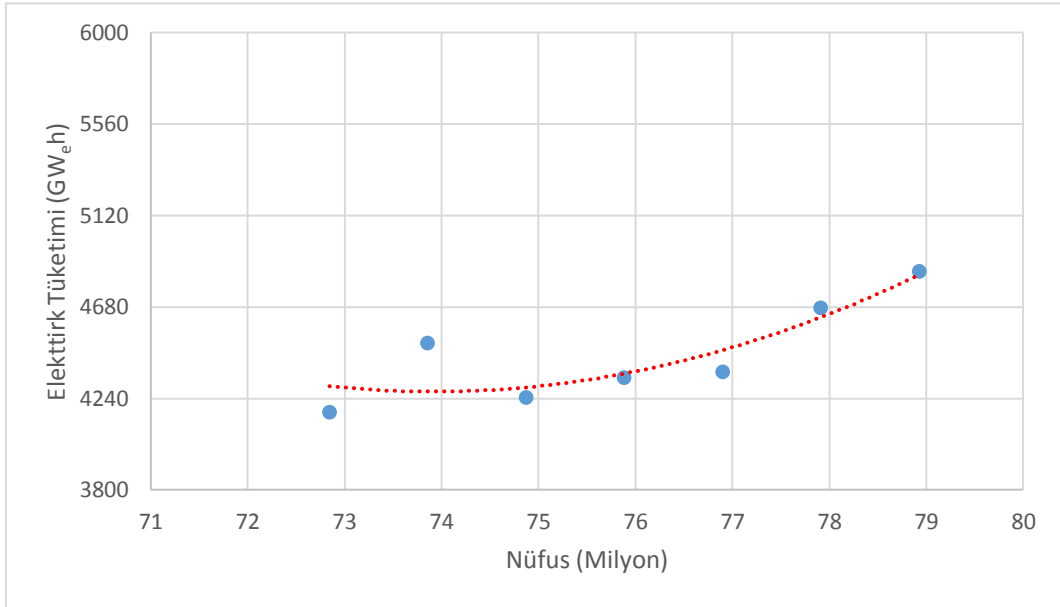
Şekil 4.58 Temmuz aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



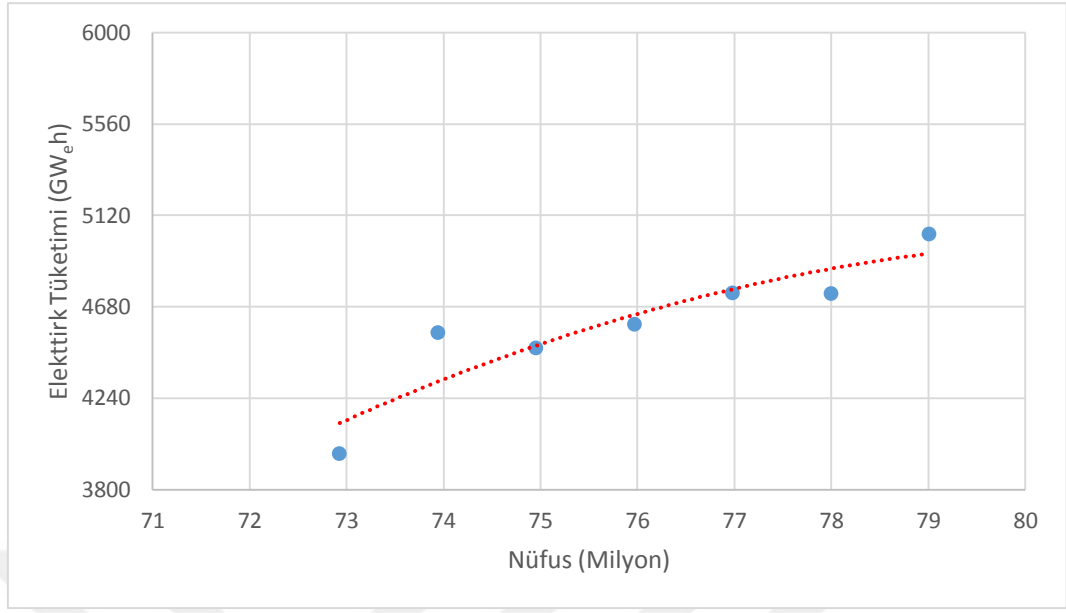
Şekil 4.59 Ağustos aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



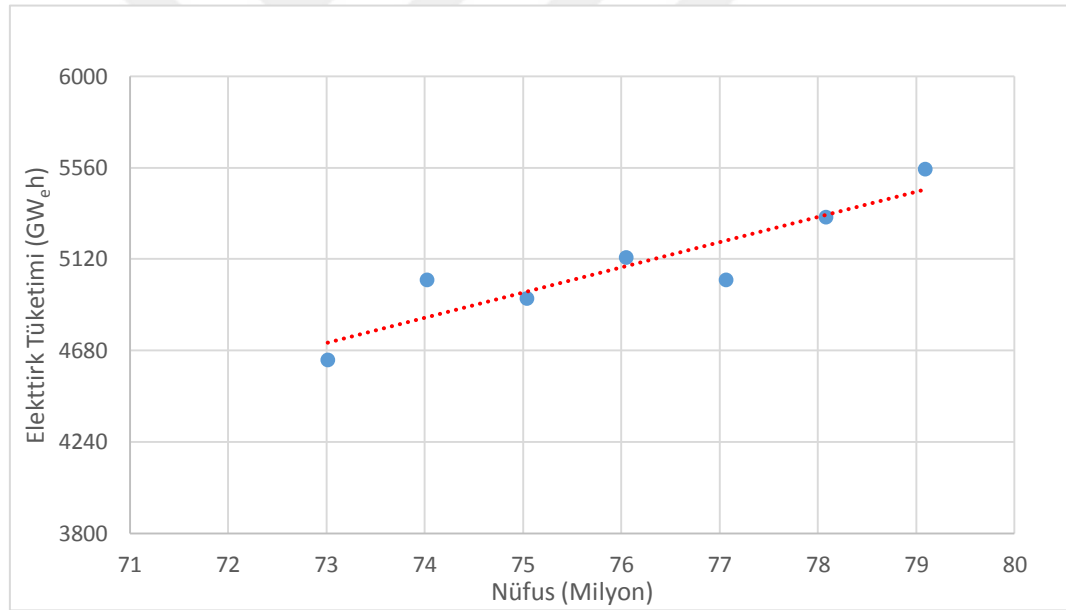
Şekil 4.60 Eylül aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



Şekil 4.61 Ekim aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



Şekil 4.62 Kasım aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)



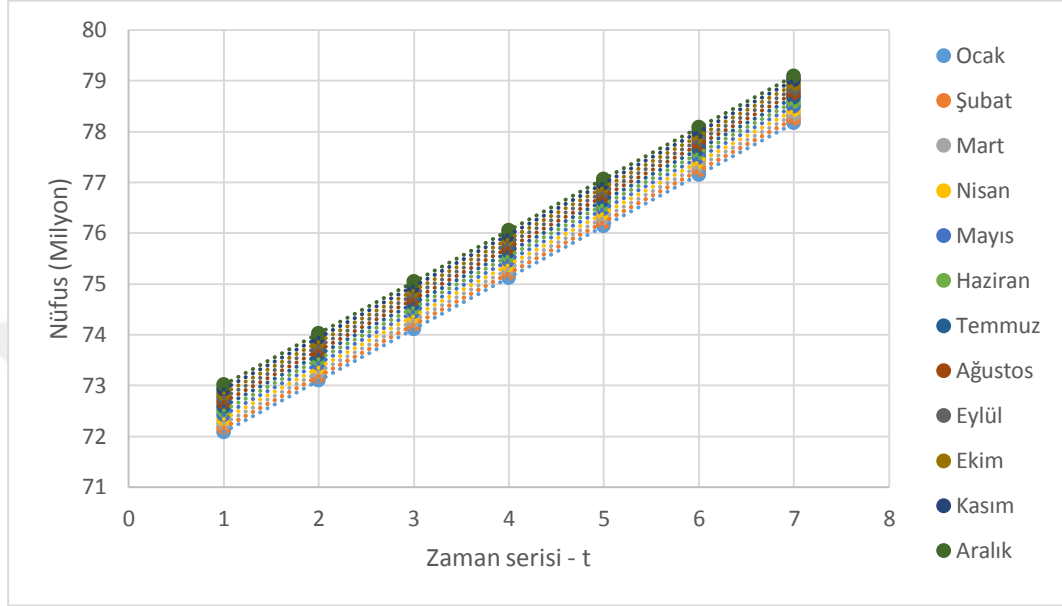
Şekil 4.63 Aralık aylarına ait nüfus miktarı – mesken elektrik tüketimi (2010-2016)

Her bir ay için ayrı ayrı belirlenen grafiklerden oluşan denklemlere o ay için öngörülen nüfus miktarına göre hesaplandığında istenilen ay için tahmin edilen mesken elektrik tüketimi elde edilecektir. Burada değişken parametre nüfus olmakla beraber, tüketim endeksi ve üretim endeksinde olduğu gibi nüfus için de bir öngörü yapılması gerekmektedir. Aylık nüfus verileri yıllık verilerden doğrusal enterpolasyon yöntemi ile elde edildiği için, üretim endeksi ve tüketim endeksinden farklı olarak her ay için değişik bir denklem elde edilmeyecektir. Elde edilen denklem tüm aylar için kullanılabilir.

Aşağıda mesken elektrik tüketiminin hesabında kullanılacak olan tahmini nüfus için oluşturulan grafik gösterilmiştir.

$$Z_{\text{tüketim}} = F(n_t) = A \times n_t^2 + B \times n_t + C \quad (4.6)$$

$$n_t = F(t) = D \times t^2 + E \times t + F \quad (4.7)$$



Şekil 4.64 Nüfusun yıllara göre değişimi (2010-2016)

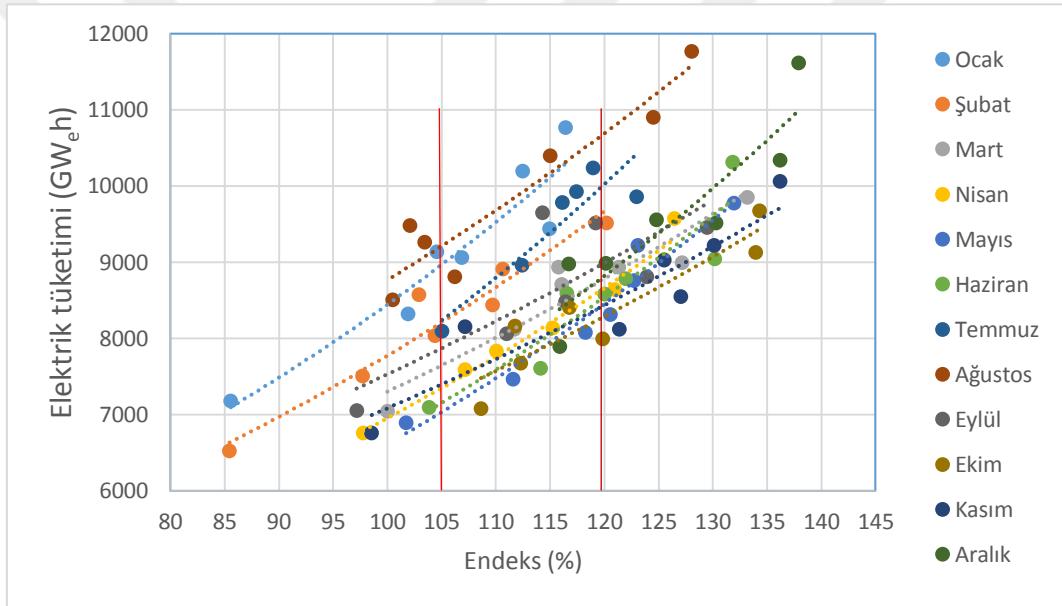
Bu grafikten elde edilecek olan denklem ile belirlenen nüfus, ilgili ayın mesken elektrik tüketimi grafiğinden elde edilen denklemde kullanılarak o ayın mesken elektrik tüketimi elde edilecektir.

4.4 Sıcaklığın Elektrik Tüketimi Üzerine Etkisi

Sanayi, mesken ve ticari elektrik tüketimine ait veriler hep birlikte ve aylık olarak incelendiğinde elde edilen grafiklerin güvenilirliği mevsim şartlarının elektrik tüketimi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Bu nedenle sanayi, mesken ve ticari elektrik tüketimi mevsim şartlarından arındırılmış şekilde aylık olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen denklemler ve veriler ile aynı mevsim koşullarının geçerli olacağı düşünülen bir sonraki yılın aynı ayı için elektrik tüketimi tahmini yapılmıştır. Ancak mevsim koşullarının benzerlik göstereceği öngörüsü gerçekleşmediği, hava sıcaklığının mevsim koşullarının altında veya üstünde gerçekleştiği durumlarda oluşturulan denklemler ve elde edilen veriler için bir düzeltme gerekmektedir. Bu kısımda sıcaklığın elektrik tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Sanayi elektrik tüketiminin, sıcaklığın ve sanayi üretim endeksinin bir fonksiyonu olduğu belirtilmişti. Sanayi elektrik tüketimi aylık olarak hesaplanırken mevsim şartlarındaki farklılıklar ortadan kaldırılarak tek bir parametreye, üretim endeksine bağlanmıştır. Sıcaklığın elektrik tüketimi üzerindeki etkisi incelenirken, bu sefer aynı üretim endeksi için farklı mevsim koşullarında ne kadar elektrik tüketildiği belirlenmiş ve bu mevsim farklılıklarının elektrik tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bir başka değişle iki farklı parametrelerden bu sefer üretim endeksi sabit tutulmuştur.

Aşağıda 2010 yılından 2016 yılına kadarki Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarının üretim endeksine bağlı olarak bu aylardaki sanayi elektrik tüketiminin grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.65 Her bir ay için sanayi tüketim endeksine göre sanayi elektrik tüketiminin toplu gösterimi (2010-2016)

Bu grafikte 105 ve 120 üretim endeksi sabit tutulmuştur. Her bir eğri için 105 üretim endeksinin gerçekleştiği zaman aralıkları ve bu zaman aralıklarındaki mevsim ortalama sıcaklıkları belirlenmiştir. Oluşan sıcaklıkların ortalaması alınarak bu ortalama sıcaklığa olan mutlak farkları belirlenmiş ve aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 %105 sanayi endeksine karşılık gelen tarihler için ortalama sıcaklık bilgileri

	Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Fark (°C)
Ağustos 2011	24	14,7	9,3
Ocak 2012	2,5		12,2
Temmuz 2010	25		10,3
Şubat 2013	7		7,7
Eylül 2010	22		7,3
Mart 2010	7,5		7,2
Kasım 2011	6		8,7
Nisan 2011	11		3,7
Ekim 2010	13		1,7
Haziran 2010	20		5,3
Mayıs 2010	16		1,3

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi Ağustos 2011, Temmuz 2010 ve Ocak 2012 yılları ortalama sıcaklığa mutlak farkın en fazla olduğu dönemlerdir. Ağustos ve Ocak eğrileri grafiğin en üstünde bulunan iki eğridir ve 105 üretim endeksi için en fazla elektriğin tüketildiği aylardır. Mayıs 2010 ise mutlak farkın da, 105 üretim endeksi için elektrik tüketiminin de en az olduğu aydır.

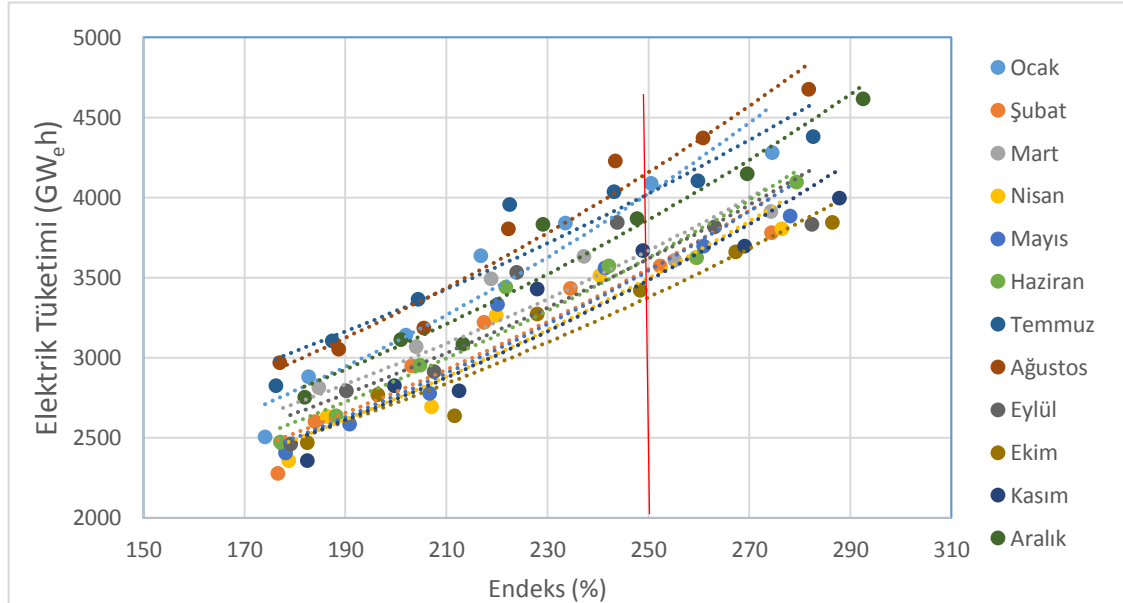
Aynı hesaplar 120 üretim endeksi için uygulandığında da benzer sonuçlara varılmaktadır. Her bir eğri için 120 üretim endeksinin gerçekleştiği zaman aralıkları ve bu zaman aralıklarındaki mevsim ortalama sıcaklıkları belirlenmiştir. Oluşan sıcaklıkların ortalaması alınarak bu ortalama sıcaklığa olan mutlak farkları belirlenmiş ve Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 %120 sanayi endeksine karşılık gelen tarihler için ortalama sıcaklık bilgileri

	Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Fark (°C)
Ağustos 2014	26	15,72	10,28
Temmuz 2013	24		8,28
Şubat 2016	8		7,72
Eylül 2015	20		4,28
Aralık 2011	6		9,72
Mart 2014	9		6,72
Nisan 2014	13		2,72
Haziran 2014	22		6,28
Kasım 2012	12		3,72
Mayıs 2013	18		2,28
Ekim 2014	15		0,72

120 üretim endeksi için Ağustos 2014 ve Temmuz 2013 mutlak sıcaklık farkının da elektrik tüketiminin de en fazla olduğu aylar olurken, Mayıs 2013 ve Ekim 2014 mutlak sıcaklık farkının da elektrik tüketiminin de en az olduğu aylar olmuştur.

Aynı yöntem ticari elektrik tüketimine uygulanıp tüketim endeksi 250 olarak sabit tutulduğunda Şekil 4.66'daki grafikler elde edilmiştir.



Şekil 4.66 Her bir ay için tüketici endeksine göre ticari elektrik tüketiminin toplu gösterimi (2010-2016)

Her bir eğri için 250 tüketici endeksinin gerçekleştiği zaman aralıkları ve bu zaman aralıklarındaki mevsim ortalama sıcaklıkları belirlenmiştir. Oluşan sıcaklıkların ortalaması alınarak bu ortalama sıcaklığa olan mutlak farkları belirlenmiş ve Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 %250 tüketici endeksine karşılık gelen tarihler için ortalama sıcaklık bilgileri

	Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Fark (°C)
Ağustos 2014	26	15	11
Temmuz 2014	25		10
Ocak 2015	6		9
Aralık 2014	8		7
Mart 2015	9		6
Eylül 2014	21		6
Haziran 2014	22		7
Şubat 2015	7		8
Mayıs 2014	18		3
Nisan 2014	14		1
Kasım 2014	9		6
Ekim 2014	15		0

Ticari tüketim endeksinin 250 olduğu Ağustos 2014 ticari elektrik tüketimin ve mutlak sıcaklık farkını en fazla olduğu, Ekim 2014 ise mutlak sıcaklık farkının da, ticari elektrik tüketiminin de en az olduğu dönem olacak şekilde bir sonuç elde edilmiştir.

Bu sonuçlara göre aynı endeksler için ortalama sıcaklık farkı ile elektrik üretimi arasında doğrusal bir orantı olduğu söylenebilir. Her ne kadar bu şekilde bir sonuca varılmış olsa da mantıklı bir düzeltme katsayısı elde edilememiştir. Burada birim endeks ve birim sıcaklık farkı başına karşılık gelen birim elektrik üretimi elde edilmeye çalışılmış olup sabit tutulan endeksler değiştirildiğinde ortaya çıkan değerler arasında tutarsızlık belirlenmiştir. Bu nedenle ortaya konulan mantıksal sonucun matematiksel bir karşılığı bulunamamıştır.

ELEKTRİK ÜRETİMİ TAHMİNİ VE KARŞILAŞTIRMA

Bir önceki bölümde hesaplama için kullanılacak olan yöntemler anlatılmıştır. Yöntemler belirlenirken 2010 yılından 2016 yılına kadarki veriler kullanılmıştır. Bu bölümde 2017 yılının her bir ayı için elektrik üretimi tahmini yapılacaktır. Bu tahminlerin sonucunda her ay için yapılan tahmin o ay için gerçekleşen elektrik üretimi ile karşılaştırılacaktır.

(4.1)' de belirtildiği gibi, toplam elektrik tüketimi, endüstri elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri toplamının bir katsayı ile çarpılması sonucu bulunacaktır. Mesken elektrik tüketimi tahmini, ilgili aya ait grafikten elde edilen denklemden, nüfus trendinden elde edilen nüfus tahmini kullanılarak gerçekleştirilecektir. Endüstri elektrik tüketimi tahmini ise, ilgili aya ait grafikten elde edilen denklemden, üretim endeksi trendinden elde edilen üretim endeksi kullanılarak, ticari elektrik tüketimi tahmini, ilgili aya ait grafikten elde denklemden, tüketim endeksi trendinden elde edilen tüketim endeksi kullanılarak hesaplanmıştır.

5.1 2017 Ocak Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Ocak ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.1) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Z_{\text{ocak2017}} = (\dot{S}_{\text{ocak2017}} + \omega_{\text{ocak2017}} + \prod_{\text{ocak2017}}) \times 1,1274 \quad (5.1)$$

2017 yılının Ocak ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.2'den elde edilen (5.2) kullanılacaktır.

$$\dot{S}_{\text{ocak2017}} = 3240,4 \times 2,71828^{(0,0106 \times \ddot{u}_{\text{ocak2017}})} \quad (5.2)$$

(5.2)'de gerekli olan 2017 yılı Ocak ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.14'den elde edilen (5.3) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{u}_{\text{ocak}2017} = 14,979 \times \ln(t_{\text{ocak}2017}) + 87,848 \quad (5.3)$$

(5.3)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Ocak ayına ait üretim endeksi tahmini 118,99 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\hat{u}_{\text{ocak}2017} = 118,99$$

(5.2)'de değişken olarak 2017 yılının Ocak ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Ocak ayı için 11439,28 GWh olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{S}_{\text{ocak}2017} = 11439,28 \text{ GWh}$$

2017 yılının Ocak ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.27'den elde edilen (5.4) kullanılacaktır.

$$\Pi_{\text{ocak}2017} = 0,8218 \times X_{\text{ocak}2017}^2 + 10,153 \times X_{\text{ocak}2017} + 162,07 \quad (5.4)$$

(5.4)'de gerekli olan 2017 yılı Ocak ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.39'dan elde edilen (5.5) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{\text{ocak}2017} = 0,8218 \times t^2 + 10,153 \times t + 162,07 \quad (5.5)$$

(5.5)'de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde ocak ayına ait tüketici endeksi tahmini 295,88 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{ocak}2017} = 295,88$$

(5.4)'de değişken olarak 2017 yılının Ocak ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Ocak ayı için 5320,98 GWh olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{ocak}2017} = 5320,98 \text{ GWh}$$

2017 yılının Ocak ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.50'den elde edilen (5.6) kullanılacaktır.

$$\mathbb{W}_{\text{ocak2017}} = 125,61 \times \eta_{\text{ocak2017}} - 4598,8 \quad (5.6)$$

(5.6)'da gerekli olan 2017 yılı Ocak ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Ocak ayına ait eğriden elde edilen (5.7) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{ocak2017}} = 1,0135 \times t + 71,071 \quad (5.7)$$

(5.7)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde ocak ayına ait nüfus miktarı 79179×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{ocak2017}} = 79179 \times 10^3$$

(5.6)'da değişken olarak 2017 yılının Ocak ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Ocak ayı için 5246,87 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\mathbb{W}_{\text{ocak2017}} = 5246,87 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Ocak ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.1)'de kullanıldığında 2017 yılının Ocak ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 24923,489 GWeh olarak hesaplanmıştır.

$$\mathbb{Z}_{\text{ocak2017}} = 24923,489 \text{ GWeh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Ocak ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 25100,648 GWeh'dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.8) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mathbb{C}_{\text{ocak2017}} = 25100,648 \text{ GWeh}$$

$$\delta_{\text{ocak2017}} = \frac{|\mathbb{C}_{\text{ocak2017}} - \mathbb{Z}_{\text{ocak2017}}|}{\mathbb{Z}_{\text{ocak2017}}} \quad (5.8)$$

$$\delta_{\text{ocak2017}} = \%0,705$$

5.2 2017 Şubat Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Şubat ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.9) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\mathbb{Z}_{\text{şubat2017}} = (\dot{\mathbb{S}}_{\text{şubat2017}} + \mathbb{W}_{\text{şubat2017}} + \mathbb{T}_{\text{şubat2017}}) \times 1,1274 \quad (5.9)$$

2017 yılının Şubat ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.3'den elde edilen (5.10) kullanılacaktır.

$$\dot{S}_{\text{şubat2017}} = -0,836 \times \ddot{U}_{\text{şubat2017}}^2 + 258,13 \times \ddot{U}_{\text{şubat2017}} - 8697,1 \quad (5.10)$$

(5.10)'da gerekli olan 2017 yılı Şubat ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.15'den elde edilen (5.11) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\ddot{U}_{\text{şubat2017}} = 85,851 \times e^{(0,0477 \times t)} \quad (5.11)$$

(5.11)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Şubat ayına ait üretim endeksi tahmini 125,74 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\ddot{U}_{\text{şubat2017}} = 125,74$$

(5.10)'da değişken olarak 2017 yılının Şubat ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Şubat ayı için 10542,52 GW_eh olarak gerçekleşmiştir.

$$\dot{S}_{\text{şubat2017}} = 10542,52 \text{ GW}_{\text{e}}\text{h}$$

2017 yılının Şubat ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.28'den elde edilen (5.12) kullanılacaktır.

$$\Pi_{\text{şubat2017}} = 15,015 \times X_{\text{ocak2017}} + 127,99 \quad (5.12)$$

(5.12)'de gerekli olan 2017 yılı Şubat ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.40'dan elde edilen (5.13) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{\text{şubat2017}} = 161,44 \times e^{(0,0749 \times t)} \quad (5.13)$$

(5.13)'de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Şubat ayına ait tüketici endeksi tahmini 294,04 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{şubat2017}} = 294,04$$

(5.12)'de değişken olarak 2017 yılının Şubat ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Şubat ayı için 4543,06 GW_eh olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{şubat2017}} = 4543,06 \text{ GW}_e\text{h}$$

2017 yılının Şubat ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.51' den elde edilen (5.14) kullanılacaktır.

$$\omega_{\text{şubat2017}} = 7580,2 \times \ln(\eta_{\text{şubat2017}}) - 28385 \quad (5.14)$$

(5.14)'de gerekli olan 2017 yılı Şubat ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Şubat ayına ait eğriden elde edilen (5.15) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{şubat2017}} = 1,0135 \times t + 71,071 \quad (5.15)$$

(5.15)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde şubat ayına ait nüfus miktarı 79263×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{şubat2017}} = 79263 \times 10^3$$

(5.14)'de değişken olarak 2017 yılının Şubat ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Şubat ayı için 4761,48 GW_eh olarak gerçekleşmiştir.

$$\omega_{\text{şubat2017}} = 4761,48 \text{ GW}_e\text{h}$$

2017 yılının Şubat ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.9)'da kullanıldığında 2017 yılının Şubat ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 22375,506 GW_eh olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{şubat2017}} = 22375,506 \text{ GW}_e\text{h}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Şubat ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 22450,766 GW_eh 'dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.16) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\epsilon_{\text{şubat2017}} = 22450,766 \text{ GW}_e\text{h}$$

$$\delta_{\text{şubat2017}} = \frac{|\epsilon_{\text{şubat2017}} - Z_{\text{şubat2017}}|}{Z_{\text{şubat2017}}} \quad (5.16)$$

$$\delta_{\text{şubat2017}} = \%0,335$$

5.3 2017 Mart Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Mart ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.17) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{Z}_{\text{mart}2017} = (\hat{S}_{\text{mart}2017} + \hat{W}_{\text{mart}2017} + \hat{\Pi}_{\text{mart}2017}) \times 1,1274 \quad (5.17)$$

2017 yılının Mart ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.4' den elde edilen (5.18) kullanılacaktır.

$$\hat{S}_{\text{mart}2017} = 3284,3 \times e^{(0,0091 \times \hat{U}_{\text{mart}2017})} \quad (5.18)$$

(5.18)'de gerekli olan 2017 yılı Mart ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.16'dan elde edilen (5.19) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{U}_{\text{mart}2017} = 99,415 \times e^{(0,0417 \times t)} \quad (5.19)$$

(5.19)'da 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Mart ayına ait üretim endeksi tahmini 138,78 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\hat{U}_{\text{mart}2017} = 138,78$$

(5.18)'de değişken olarak 2017 yılının Mart ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Mart ayı için 11612,32 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{S}_{\text{mart}2017} = 11612,32 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Mart ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.29' dan elde edilen (5.20) kullanılacaktır.

$$\hat{\Pi}_{\text{mart}2017} = 3376,1 \times \ln(\hat{X}_{\text{mart}2017}) - 14539 \quad (5.20)$$

(5.20)'de gerekli olan 2017 yılı Mart ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.41'den elde edilen (5.21) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{X}_{\text{mart}2017} = 162,36 \times e^{(0,0075 \times t)} \quad (5.21)$$

(5.21)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Mart ayına ait tüketici endeksi tahmini 293,84 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{mart}2017} = 293,84$$

(5.20)'de değişken olarak 2017 yılının Mart ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Mart ayı için 4670,38 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{mart}2017} = 4670,38 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Mart ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.52' den elde edilen (5.22) kullanılacaktır.

$$W_{\text{mart}2017} = -26,008 \times \eta_{\text{mart}2017}^2 + 4003,7 \times \eta_{\text{mart}2017} - 149262 \quad (5.22)$$

(5.22)'de gerekli olan 2017 yılı Mart ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Mart ayına ait eğriden elde edilen (5.23) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{mart}2017} = 1,0135 \times t + 71,071 \quad (5.23)$$

(5.23)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Mart ayına ait nüfus miktarı 79348×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{mart}2017} = 79348 \times 10^3$$

(5.22)'de değişken olarak 2017 yılının Mart ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Mart ayı için 4674,48 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$W_{\text{mart}2017} = 4674,48 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Mart ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.17)'de kullanıldığında 2017 yılının Mart ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 23627,053 GWeh olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{mart}2017} = 23627,053 \text{ GWeh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Mart ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 23586,49900 GWeh'dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.24) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Theta_{\text{mart}2017} = 23586,499 \text{ GWeh}$$

$$\delta_{\text{mart}2017} = \frac{|\Theta_{\text{mart}2017} - Z_{\text{mart}2017}|}{Z_{\text{mart}2017}} \quad (5.24)$$

$$\delta_{\text{mart}2017} = \%0,172$$

5.4 2017 Nisan Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Nisan ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.25) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Z_{\text{nisan}2017} = (\dot{S}_{\text{nisan}2017} + W_{\text{nisan}2017} + \Pi_{\text{nisan}2017}) \times 1,1274 \quad (5.25)$$

2017 yılının Nisan ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.5' den elde edilen (5.26) kullanılacaktır.

$$\dot{S}_{\text{nisan}2017} = 2837,8 \times e^{(0,00101 \times \ddot{U}_{\text{nisan}2017})} \quad (5.26)$$

(5.26)'da gerekli olan 2017 yılı Nisan ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.17'den elde edilen (5.27) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\ddot{U}_{\text{nisan}2017} = -0,3954 \times t^2 + 7,9402 \times t + 90867 \quad (5.27)$$

(5.27)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Nisan ayına ait üretim endeksi tahmini 129,08 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\ddot{U}_{\text{nisan}2017} = 129,08$$

(5.26)'da değişken olarak 2017 yılının Nisan ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Nisan ayı için 10451,72 GWh olarak gerçekleşmiştir.

$$\dot{S}_{\text{nisan}2017} = 10451,72 \text{ GWh}$$

2017 yılının Nisan ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.30' dan elde edilen (5.28) kullanılacaktır.

$$\Pi_{\text{nisan}2017} = -0,0965 \times X_{\text{nisan}2017}^2 + 58,952 \times X_{\text{nisan}2017} - 4812,5 \quad (5.28)$$

(5.28)'de gerekli olan 2017 yılı Nisan ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.42'den elde edilen (5.29) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{\text{nisan}2017} = 0,6457 \times t^2 + 11,717 \times t + 164,21 \quad (5.29)$$

(5.29)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Nisan ayına ait tüketici endeksi tahmini 299,27 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{nisan2017}} = 299,27$$

(5.28)'de değişken olarak 2017 yılının Nisan ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Nisan ayı için 4187,28 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{nisan2017}} = 4187,28 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Nisan ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.53' den elde edilen (5.30) kullanılacaktır.

$$W_{\text{nisan2017}} = 108,26 \times \eta_{\text{nisan2017}} - 3798,4 \quad (5.30)$$

(5.30)'de gerekli olan 2017 yılı Nisan ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Ocak ayına ait eğriden elde edilen (5.31) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{nisan2017}} = 1,0135 \times t + 71,071 \quad (5.31)$$

(5.31)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Nisan ayına ait nüfus miktarı 79432×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{nisan2017}} = 79432 \times 10^3$$

(5.30)'da değişken olarak 2017 yılının Nisan ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Nisan ayı için 4800,90 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$W_{\text{nisan2017}} = 4800,90 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Nisan ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.25)'de kullanıldığında 2017 yılının Nisan ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 21916,471 GW_{eh} olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{nisan2017}} = 21916,471 \text{ GW}_{eh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Nisan ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 22101,652 GWeh'dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.32) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mathcal{E}_{\text{nisan2017}} = 22101,652 \text{ GWeh}$$

$$\delta_{\text{nisan2017}} = \frac{|GT - \text{Tüketim}|}{GT} \quad (5.32)$$

$$\delta_{\text{nisan2017}} = \%0,837$$

5.5 2017 Mayıs Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Mayıs ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.33) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Z_{\text{mayıs2017}} = (\mathcal{S}_{\text{mayıs2017}} + \mathcal{U}_{\text{mayıs2017}} + \mathcal{T}_{\text{mayıs2017}}) \times 1,1274 \quad (5.33)$$

2017 yılının Mayıs ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.6' dan elde edilen (5.34) kullanılacaktır.

$$\mathcal{S}_{\text{mayıs2017}} = 2357,1 \times e^{(0,00115 \times \mathcal{U}_{\text{mayıs2017}})} \quad (5.34)$$

(5.34)'de gerekli olan 2017 yılı Mayıs ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.18'den elde edilen (5.35) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\mathcal{U}_{\text{mayıs2017}} = 102,27 \times t^{0,1188} \quad (5.35)$$

(5.35)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Mayıs ayına ait üretim endeksi tahmini 130,92 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\mathcal{U}_{\text{mayıs2017}} = 130,92$$

(5.34)'de değişken olarak 2017 yılının Mayıs ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Mayıs ayı için 10623,97 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\mathcal{S}_{\text{mayıs2017}} = 10623,97 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Mayıs ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.31' den elde edilen (5.36) kullanılacaktır.

$$\Pi_{\text{mayıs2017}} = 3699,5 \times \ln(X_{\text{mayıs2017}}) - 16474 \quad (5.36)$$

(5.36)'da gerekli olan 2017 yılı Mayıs ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.43'den elde edilen (5.37) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{\text{mayıs2017}} = 164,45 \times e^{(0,0756 \times t)} \quad (5.37)$$

(5.37)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Mayıs ayına ait tüketici endeksi tahmini 301,09 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{mayıs2017}} = 301,09$$

(5.36)'da değişken olarak 2017 yılının Mayıs ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Mayıs ayı için 4640,55 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{mayıs2017}} = 4640,55 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Mayıs ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.54' den elde edilen (5.38) kullanılacaktır.

$$W_{\text{mayıs2017}} = -6,348 \times \eta_{\text{mayıs2017}}^2 + 1084,3 \times \eta_{\text{mayıs2017}} - 41186 \quad (5.38)$$

(5.38)'de gerekli olan 2017 yılı Mayıs ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Mayıs ayına ait eğriden elde edilen (5.39) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{mayıs2017}} = 1,0135 \times t + 71,071 \quad (5.39)$$

(5.39)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Mayıs ayına ait nüfus miktarı 79517×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{mayıs2017}} = 79517 \times 10^3$$

(5.38)'de değişken olarak 2017 yılının Mayıs ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Mayıs ayı için 4896,17 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$W_{\text{mayıs2017}} = 4896,17 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Mayıs ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.33)'de kullanıldığında 2017 yılının Mayıs ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 22729,081 GW_{eh} olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{mayıs2017}} = 22729,081 \text{ GW}_{\text{eh}}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Mayıs ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 22853,848 GW_{eh}' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.40) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mathcal{E}_{\text{mayıs2017}} = 22853,848 \text{ GW}_{\text{eh}}$$

$$\delta_{\text{mayıs2017}} = \frac{|\mathcal{E}_{\text{nisan2017}} - Z_{\text{nisan2017}}|}{Z_{\text{nisan2017}}} \quad (5.40)$$

$$\delta_{\text{mayıs2017}} = \%0,546$$

5.6 2017 Haziran Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Haziran ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.41) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Z_{\text{haziran2017}} = (\dot{S}_{\text{haziran2017}} + \mathcal{W}_{\text{haziran2017}} + \Pi_{\text{haziran2017}}) \times 1,1274 \quad (5.41)$$

2017 yılının Haziran ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.7' den elde edilen (5.42) kullanılacaktır.

$$\dot{S}_{\text{haziran2017}} = 105,68 \times \acute{U}_{\text{haziran2017}} - 3146,1 \quad (5.42)$$

(5.42)'de gerekli olan 2017 yılı Haziran ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.19'dan elde edilen (5.43) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\acute{U}_{\text{haziran2017}} = 11,012 \times \ln(t) + 104,75 \quad (5.43)$$

(5.43)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Haziran ayına ait üretim endeksi tahmini 127,64 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\acute{U}_{\text{haziran2017}} = 127,64$$

(5.42)'de değişken olarak 2017 yılının Haziran ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Haziran ayı için 10343,82 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\dot{S}_{\text{haziran2017}} = 10343,82 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Haziran ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.32' den elde edilen (5.44) kullanılacaktır.

$$\Pi_{\text{haziran2017}} = -0,0801 \times X_{\text{haziran2017}}^2 + 53,495 \times X_{\text{haziran2017}} - 4240,8 \quad (5.44)$$

(5.44)'de gerekli olan 2017 yılı Haziran ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.44'den elde edilen (5.45) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{\text{haziran2017}} = 16,373 \times t + 157,62 \quad (5.45)$$

(5.45)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Haziran ayına ait tüketici endeksi tahmini 288,60 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{haziran2017}} = 288,60$$

(5.44)'de değişken olarak 2017 yılının Haziran ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Haziran ayı için 4526,36 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{haziran2017}} = 4526,36 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Haziran ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.45' den elde edilen (5.46) kullanılacaktır.

$$\omega_{\text{haziran2017}} = 0,6715 \times \eta_{\text{haziran2017}}^{2,0405} \quad (5.46)$$

(5.46)'da gerekli olan 2017 yılı Haziran ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Haziran ayına ait eğriden elde edilen (5.47) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{haziran2017}} = 1,0135 \times t + 71,493 \quad (5.47)$$

(5.47)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Haziran ayına ait nüfus miktarı 79601×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{haziran2017}} = 79601 \times 10^3$$

(5.46)'da değişken olarak 2017 yılının Haziran ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Haziran ayı için 5080,07 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\omega_{\text{haziran2017}} = 5080,07 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Haziran ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.41)'de kullanıldığında 2017 yılının Haziran ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 22491,841 GWeh olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{haziran2017}} = 22491,841 \text{ GWeh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Haziran ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 22304,000 GWeh' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.48) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\epsilon_{\text{haziran2017}} = 22304,000 \text{ GWeh}$$

$$\delta_{\text{haziran2017}} = \frac{|GT - \text{Tüketim}|}{GT} \quad (5.48)$$

$$\delta_{\text{haziran2017}} = \%0,842$$

5.7 2017 Temmuz Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Temmuz ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.49) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Z_{\text{temmuz2017}} = (\dot{S}_{\text{temmuz2017}} + \omega_{\text{temmuz2017}} + \Pi_{\text{temmuz2017}}) \times 1,1274 \quad (5.49)$$

2017 yılının Temmuz ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.8' den elde edilen (5.50) kullanılacaktır.

$$\dot{S}_{\text{temmuz2017}} = 112,09 \times \dot{U}_{\text{temmuz2017}} - 2568,5 \quad (5.50)$$

(5.50)'de gerekli olan 2017 yılı Temmuz ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.20'den elde edilen (5.51) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\dot{U}_{\text{temmuz2017}} = 104,36 \times e^{0,0313 \times t} \quad (5.51)$$

(5.51)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Temmuz ayına ait üretim endeksi tahmini 134,05 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\hat{U}_{\text{temmuz2017}} = 134,05$$

(5.50)'de değişken olarak 2017 yılının Temmuz ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Temmuz ayı için 12457,66 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{S}_{\text{temmuz2017}} = 12457,66 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Temmuz ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.33' den elde edilen (5.52) kullanılacaktır.

$$\Pi_{\text{temmuz2017}} = 1222,4 \times e^{0,0055 \times X_{\text{temmuz2017}}} \quad (5.52)$$

(5.52)'de gerekli olan 2017 yılı Temmuz ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.45'den elde edilen (5.53) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{\text{temmuz2017}} = 1,4564 \times t^2 + 8,1704 \times t + 166,15 \quad (5.53)$$

(5.53)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Temmuz ayına ait tüketici endeksi tahmini 308,71 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{temmuz2017}} = 308,71$$

(5.52)'de değişken olarak 2017 yılının Temmuz ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Temmuz ayı için 6677,32 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{temmuz2017}} = 6677,32 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Temmuz ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.46' dan elde edilen (5.54) kullanılacaktır.

$$\omega_{\text{temmuz2017}} = 83,55 \times \eta_{\text{temmuz2017}} - 1177,7 \quad (5.54)$$

(5.54)'de gerekli olan 2017 yılı Temmuz ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Temmuz ayına ait eğriden elde edilen (5.55) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{temmuz2017}} = 1,0135 \times t + 71,578 \quad (5.55)$$

(5.55)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Temmuz ayına ait nüfus miktarı 79686×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{temmuz2017}} = 79686 \times 10^3$$

(5.54)'de değişken olarak 2017 yılının Temmuz ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Temmuz ayı için 5480,06 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\mathcal{W}_{\text{temmuz2017}} = 5480,06 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Temmuz ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.49)'da kullanıldığında 2017 yılının Temmuz ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 27750,913 GWeh olarak hesaplanmıştır.

$$\mathcal{Z}_{\text{temmuz2017}} = 27750,913 \text{ GWeh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Temmuz ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 27776,000 GWeh' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.56) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mathcal{C}_{\text{temmuz2017}} = 27776,000 \text{ GWeh}$$

$$\delta_{\text{temmuz2017}} = \frac{|\mathcal{C}_{\text{temmuz2017}} - \mathcal{Z}_{\text{temmuz2017}}|}{\mathcal{Z}_{\text{temmuz2017}}} \quad (5.56)$$

$$\delta_{\text{temmuz2017}} = \%0,090$$

5.8 2017 Ağustos Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Ağustos ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.57) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\mathcal{Z}_{\text{ağustos2017}} = (\mathcal{S}_{\text{ağustos2017}} + \mathcal{W}_{\text{ağustos2017}} + \mathcal{T}_{\text{ağustos2017}}) \times 1,1274 \quad (5.57)$$

2017 yılının Ağustos ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.9' dan elde edilen (5.58) kullanılacaktır.

$$\mathcal{S}_{\text{ağustos2017}} = 12175 \times \ln(\mathcal{U}_{\text{ağustos2017}}) - 46484 \quad (5.58)$$

(5.58)'de gerekli olan 2017 yılı Ağustos ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.21'den elde edilen (5.59) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{U}_{a\tilde{g}ustos2017} = 0,9384 \times t^2 - 2,8332 \times t + 103,94 \quad (5.59)$$

(5.59)'da 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Ağustos ayına ait üretim endeksi tahmini 141,33 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\hat{U}_{a\tilde{g}ustos2017} = 141,33$$

(5.58)'de değişken olarak 2017 yılının Ağustos ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Ağustos ayı için 13795,78 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{S}_{a\tilde{g}ustos2017} = 13795,78 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Ağustos ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.34' den elde edilen (5.60) kullanılacaktır.

$$\hat{\Pi}_{a\tilde{g}ustos2017} = -0,0235 \times Y_{a\tilde{g}ustos2017}^2 + 29,56 \times Y_{a\tilde{g}ustos2017} - 1320,3 \quad (5.60)$$

(5.60)'da gerekli olan 2017 yılı Ağustos ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.46'dan elde edilen (5.61) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Y_{a\tilde{g}ustos2017} = 166,47 \times t^{0,2393} \quad (5.61)$$

(5.61)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Ağustos ayına ait tüketici endeksi tahmini 273,80 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$Y_{a\tilde{g}ustos2017} = 273,80$$

(5.60)'da değişken olarak 2017 yılının Ağustos ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Ağustos ayı için 5011,64 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{\Pi}_{a\tilde{g}ustos2017} = 5011,64 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Ağustos ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.47' den elde edilen (5.62) kullanılacaktır.

$$\hat{W}_{a\tilde{g}ustos2017} = 148,41 \times \eta_{a\tilde{g}ustos2017} - 6014,8 \quad (5.62)$$

(5.62)'de gerekli olan 2017 yılı Ağustos ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Ağustos ayına ait eğriden elde edilen (5.63) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{ağustos2017}} = 1,0135 \times t + 71,662 \quad (5.63)$$

(5.63)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Ağustos ayına ait nüfus miktarı 79770×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{ağustos2017}} = 79770 \times 10^3$$

(5.62)'de değişken olarak 2017 yılının Ağustos ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Ağustos ayı için 5823,86 $\text{GW}_{\text{e}}\text{h}$ olarak gerçekleşmiştir.

$$\omega_{\text{ağustos2017}} = 5823,86 \text{ GW}_{\text{e}}\text{h}$$

2017 yılının Ağustos ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.57)'de kullanıldığında 2017 yılının Ağustos ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 27769,215 $\text{GW}_{\text{e}}\text{h}$ olarak hesaplanmıştır.

$$z_{\text{ağustos2017}} = 27769,215 \text{ GW}_{\text{e}}\text{h}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Ağustos ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 27552,000 $\text{GW}_{\text{e}}\text{h}$ ' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.56) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\epsilon_{\text{ağustos2017}} = 27552,000 \text{ GW}_{\text{e}}\text{h}$$

$$\Delta_{\text{ağustos2017}} = \frac{|\epsilon_{\text{ağustos2017}} - z_{\text{ağustos2017}}|}{z_{\text{ağustos2017}}} \quad (5.64)$$

$$\Delta_{\text{ağustos2017}} = \%0,788$$

5.9 2017 Eylül Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Eylül ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.65) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$z_{\text{eylül2017}} = (\dot{S}_{\text{eylül2017}} + \omega_{\text{eylül2017}} + \Pi_{\text{eylül2017}}) \times 1,1274 \quad (5.65)$$

2017 yılının Eylül ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.10' dan elde edilen (5.66) kullanılacaktır.

$$\hat{S}_{\text{Eylül}2017} = 3826,9 \times e^{(0,0079 \times \hat{U}_{\text{Eylül}2017})} \quad (5.66)$$

(5.66)'de gerekli olan 2017 yılı Eylül ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.22'den elde edilen (5.67) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{U}_{\text{Eylül}2017} = 103,97 \times e^{0,0263 \times t} \quad (5.67)$$

(5.67)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Eylül ayına ait üretim endeksi tahmini 128,31 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\hat{U}_{\text{Eylül}2017} = 128,31$$

(5.66)'da değişken olarak 2017 yılının Eylül ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Eylül ayı için 10546,11 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{S}_{\text{Eylül}2017} = 10546,11 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Eylül ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.35' den elde edilen (5.68) kullanılacaktır.

$$\hat{\Pi}_{\text{Eylül}2017} = 1433 \times e^{(0,004 \times \hat{X}_{\text{Eylül}2017})} \quad (5.68)$$

(5.68)'da gerekli olan 2017 yılı Eylül ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.47'den elde edilen (5.69) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{X}_{\text{Eylül}2017} = 164,43 \times e^{(0,0777 \times t)} \quad (5.69)$$

(5.69)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Eylül ayına ait tüketici endeksi tahmini 306,15 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$\hat{X}_{\text{Eylül}2017} = 306,15$$

(5.68)'de değişken olarak 2017 yılının Eylül ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Eylül ayı için 4876,27 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{\Pi}_{\text{Eylül}2017} = 4876,27 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Eylül ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.48' den elde edilen (5.70) kullanılacaktır.

$$W_{\text{Eylül}2017} = 87,432 \times \eta_{\text{Eylül}2017} - 2024,6 \quad (5.70)$$

(5.70)'de gerekli olan 2017 yılı Eylül ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Eylül ayına ait eğriden elde edilen (5.71) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{Eylül}2017} = 1,0135 \times t + 71,747 \quad (5.71)$$

(5.71)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Eylül ayına ait nüfus miktarı 79855×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{Eylül}2017} = 79855 \times 10^3$$

(5.70)'de değişken olarak 2017 yılının Eylül ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Eylül ayı için 4970,78 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$W_{\text{Eylül}2017} = 4970,78 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Eylül ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.65)'de kullanıldığında 2017 yılının Eylül ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 22991,169 GW_{eh} olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{Eylül}2017} = 22991,169 \text{ GW}_{eh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Eylül ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 23790,000 GW_{eh}' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.64) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Theta_{\text{Eylül}2017} = 23790,000 \text{ GW}_{eh}$$

$$\delta_{\text{Eylül}2017} = \frac{|\Theta_{\text{Eylül}2017} - Z_{\text{Eylül}2017}|}{Z_{\text{Eylül}2017}} \quad (5.72)$$

$$\delta_{\text{Eylül}2017} = \%3,359$$

5.10 2017 Ekim Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Ekim ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.73) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Z_{ekim2017} = (\dot{S}_{ekim2017} + \omega_{ekim2017} + \Pi_{ekim2017}) \times 1,1274 \quad (5.73)$$

2017 yılının Ekim ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.11' den elde edilen (5.74) kullanılacaktır.

$$\dot{S}_{ekim2017} = -0,4855 \times \ddot{u}_{ekim2017}^2 + 200,88 \times \dot{u}_{ekim2017} - 7798,6 \quad (5.74)$$

(5.74)'de gerekli olan 2017 yılı Ekim ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.23'den elde edilen (5.75) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\dot{u}_{ekim2017} = 0,9598 \times t^2 - 3,7603 \times t + 115,49 \quad (5.75)$$

(5.75)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Ekim ayına ait üretim endeksi tahmini 146,83 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\dot{u}_{ekim2017} = 146,83$$

(5.74)'de değişken olarak 2017 yılının Ekim ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Ekim ayı için 11229,97 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\dot{S}_{ekim2017} = 11229,97 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Ekim ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.36' dan elde edilen (5.76) kullanılacaktır.

$$\Pi_{ekim2017} = 3325,3 \times \ln(X_{ekim2017}) - 14559 \quad (5.76)$$

(5.76)'da gerekli olan 2017 yılı Ekim ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.48'den elde edilen (5.77) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{ekim2017} = 17,517 \times t + 161,38 \quad (5.77)$$

(5.77)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Ekim ayına ait tüketici endeksi tahmini 301,51 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{ekim2017} = 301,51$$

(5.76)'de değişken olarak 2017 yılının Ekim ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Ekim ayı için 4424,55 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{ekim2017}} = 4424,55 \text{ GW}_{\text{eh}}$$

2017 yılının Ekim ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.49' dan elde edilen (5.78) kullanılacaktır.

$$W_{\text{ekim2017}} = 22,467 \times \eta_{\text{ekim2017}}^2 - 3321,7 \times \eta_{\text{ekim2017}} + 127048 \quad (5.78)$$

(5.78)'de gerekli olan 2017 yılı Ekim ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Ekim ayına ait eğriden elde edilen (5.79) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{ekim2017}} = 1,0135 \times t + 71,831 \quad (5.79)$$

(5.79)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Ekim ayına ait nüfus miktarı 79939×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{ekim2017}} = 79939 \times 10^3$$

(5.78)'de değişken olarak 2017 yılının Ekim ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Ekim ayı için 5084,23 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$W_{\text{ekim2017}} = 5084,23 \text{ GW}_{\text{eh}}$$

2017 yılının Ekim ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.73)'de kullanıldığında 2017 yılının Ekim ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 23380,779 GW_{eh} olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{ekim2017}} = 23380,779 \text{ GW}_{\text{eh}}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Ekim ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 23161,713 GW_{eh}' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.80) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Theta_{\text{ekim2017}} = 23161,713 \text{ GW}_{\text{eh}}$$

$$\delta_{\text{ekim2017}} = \frac{|\Theta_{\text{ekim2017}} - Z_{\text{ekim2017}}|}{Z_{\text{ekim2017}}} \quad (5.80)$$

$$\delta_{\text{ekim2017}} = \%0,945$$

5.11 2017 Kasım Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Kasım ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.81) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{Z}_{\text{kasım2017}} = (\hat{S}_{\text{kasım2017}} + \hat{W}_{\text{kasım2017}} + \hat{\Pi}_{\text{kasım2017}}) \times 1,1274 \quad (5.81)$$

2017 yılının Kasım ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.12' den elde edilen (5.82) kullanılacaktır.

$$\hat{S}_{\text{kasım2017}} = 77,903 \times \hat{U}_{\text{kasım2017}} - 124,06 \quad (5.82)$$

(5.82)'de gerekli olan 2017 yılı Kasım ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.24'den elde edilen (5.83) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{U}_{\text{kasım2017}} = 5,8184 \times t + 97,57 \quad (5.83)$$

(5.83)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Kasım ayına ait üretim endeksi tahmini 143,54 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\hat{U}_{\text{kasım2017}} = 143,54$$

(5.82)'de değişken olarak 2017 yılının Kasım ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Kasım ayı için 11757,05 GWeh olarak gerçekleşmiştir.

$$\hat{S}_{\text{kasım2017}} = 11757,05 \text{ GWeh}$$

2017 yılının Kasım ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.37' dan elde edilen (5.84) kullanılacaktır.

$$\hat{\Pi}_{\text{kasım2017}} = -0,1071 \times \hat{Y}_{\text{kasım2017}}^2 + 66,837 \times \hat{Y}_{\text{kasım2017}} - 5994,6 \quad (5.84)$$

(5.84)'de gerekli olan 2017 yılı Kasım ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.49'dan elde edilen (5.85) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\hat{Y}_{\text{kasım2017}} = 17,543 \times t + 162,41 \quad (5.85)$$

(5.85)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Kasım ayına ait tüketici endeksi tahmini 302,75 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{kasim2017} = 302,75$$

(5.84)'de değişken olarak 2017 yılının Kasım ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Kasım ayı için 4423,78 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{kasim2017} = 4423,78 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Kasım ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.50' den elde edilen (5.86) kullanılacaktır.

$$W_{kasim2017} = -12,269 \times \eta_{kasim2017}^2 + 1998,3 \times \eta_{kasim2017} - 76359 \quad (5.86)$$

(5.86)'da gerekli olan 2017 yılı Kasım ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Kasım ayına ait eğriden elde edilen (5.87) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{kasim2017} = 1,0135 \times t + 71,916 \quad (5.87)$$

(5.87)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Kasım ayına ait nüfus miktarı 80024×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{kasim2017} = 80024 \times 10^3$$

(5.86)'da değişken olarak 2017 yılının Kasım ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Kasım ayı için 4984,23 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$W_{kasim2017} = 4984,23 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Kasım ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.81)'de kullanıldığında 2017 yılının Kasım ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 23861,413 GW_{eh} olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{kasim2017} = 23861,413 \text{ GW}_{eh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Kasım ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 23960,824 GW_{eh}' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.88) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Theta_{kasim2017} = 23960,824 \text{ GW}_{eh}$$

$$\delta_{kasim2017} = \frac{|\Theta_{kasim2017} - Z_{kasim2017}|}{Z_{kasim2017}} \quad (5.88)$$

$$\delta_{\text{kasım2017}} = \%0,002$$

5.12 2017 Aralık Ayı Elektrik Üretimi Tahmini ve Karşılaştırılması

2017 yılının Aralık ayının toplam elektrik tüketimi tahmini (5.89) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Z_{\text{aralık2017}} = (\dot{S}_{\text{aralık2017}} + W_{\text{aralık2017}} + \Pi_{\text{aralık2017}}) \times 1,1274 \quad (5.89)$$

2017 yılının Aralık ayına ait sanayi elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.13' den elde edilen (5.90) kullanılacaktır.

$$\dot{S}_{\text{aralık2017}} = 14448 \times \ln(\dot{U}_{\text{aralık2017}}) - 59281 \quad (5.90)$$

(5.90)'da gerekli olan 2017 yılı Aralık ayına ait üretim endeksi değeri ise Şekil 4.25'den elde edilen (5.91) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\dot{U}_{\text{aralık2017}} = 3,9945 \times t + 110,01 \quad (5.91)$$

(5.91)'de 2017 yılının zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Aralık ayına ait üretim endeksi tahmini 141,96 olarak hesaplanmıştır.

$$t = 8$$

$$\dot{U}_{\text{aralık2017}} = 141,96$$

(5.90)'de değişken olarak 2017 yılının Aralık ayı için belirlenen üretim endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının sanayi elektrik tüketimi tahmini Aralık ayı için 12317,33 GW_eh olarak gerçekleşmiştir.

$$\dot{S}_{\text{aralık2017}} = 12317,33 \text{ GW}_{\text{e}}\text{h}$$

2017 yılının Aralık ayına ait ticari elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.38' den elde edilen (5.92) kullanılacaktır.

$$\Pi_{\text{aralık2017}} = -0,0688 \times X_{\text{aralık2017}}^2 + 49,29 \times X_{\text{aralık2017}} - 3659,1 \quad (5.92)$$

(5.92)'de gerekli olan 2017 yılı Aralık ayına ait tüketici endeksi değeri ise Şekil 4.50'den elde edilen (5.93) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$X_{\text{aralık2017}} = 17,998 \times t + 161,54 \quad (5.93)$$

(5.93)' de 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Aralık ayına ait tüketici endeksi tahmini 305,52 olarak gerçekleşmiştir.

$$t = 8$$

$$X_{\text{aralık2017}} = 305,52$$

(5.92)'de değişken olarak 2017 yılının Aralık ayı için belirlenen tüketici endeksi değeri kullanıldığında, 2017 yılının ticari elektrik tüketimi tahmini Aralık ayı için 4978,05 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$\Pi_{\text{aralık2017}} = 4978,05 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Aralık ayına ait mesken elektrik tüketimi tahmini için ise Şekil 4.51' den elde edilen (5.94) kullanılacaktır.

$$W_{\text{aralık2017}} = 121,33 \times \eta_{\text{aralık2017}} - 4141,3 \quad (5.94)$$

(5.94)'da gerekli olan 2017 yılı Aralık ayına ait nüfus miktarı ise Şekil 4.64'deki Aralık ayına ait eğriden elde edilen (5.95) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{\text{aralık2017}} = 1,0135 \times t + 72 \quad (5.95)$$

(5.95)' da 2017 yılı için zaman serisi 8 olarak belirlendiğinde Aralık ayına ait nüfus miktarı 80108×10^3 olarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{\text{aralık2017}} = 80108 \times 10^3$$

(5.94)'da değişken olarak 2017 yılının Aralık ayı için belirlenen nüfus miktarı kullanıldığında, 2017 yılının mesken elektrik tüketimi tahmini Aralık ayı için 5578,23 GW_{eh} olarak gerçekleşmiştir.

$$W_{\text{aralık2017}} = 5578,23 \text{ GW}_{eh}$$

2017 yılının Aralık ayı için hesaplanan sanayi elektrik tüketimi, ticari elektrik tüketimi ve mesken elektrik tüketimi tahminleri (5.89)'de kullanıldığında 2017 yılının Aralık ayı için toplam elektrik tüketimi tahmini 25787,577 GW_{eh} olarak hesaplanmıştır.

$$Z_{\text{aralık2017}} = 25787,577 \text{ GW}_{eh}$$

Enerji Bakanlığı verilerine göre 2017 yılının Aralık ayında Türkiye genelinde tüketilen elektrik toplamda 25594,402 GWeh' dir [19]. Bu durumda tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki sapma (5.96) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mathcal{E}_{\text{aralık2017}} = 25594,402 \text{ GWeh}$$

$$\delta_{\text{aralık2017}} = \frac{|\mathcal{E}_{\text{aralık2017}} - \mathcal{Z}_{\text{aralık2017}}|}{\mathcal{Z}_{\text{aralık2017}}} \quad (5.96)$$

$$\delta_{\text{aralık2017}} = \%0,754$$



SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda elektrik tüketiminin aylık olarak yakın ve güvenilir sonuçlar ile tahmin edilebildiği gösterilmiştir. Tahminler aylık olarak yapılmış olup, sıcaklık için ayrı bir değerlendirme yapılamamıştır. Aylık olarak gerçekleştirilen değerlendirmede elde edilen sonuçların bütün aylar için güvenilir seviyede yakınlıkta gerçekleşmesi, uygulanan hesaplama yönteminin tesadüfi sonuçlar vermediğini göstermektedir.

Çalışmada elektrik tüketimleri iki parametreye değil tek parametreye bağlanmıştır ve kullanılan tek parametre, sanayi elektrik tüketiminde sanayi üretim endeksi, ticari elektrik tüketiminde tüketici endeksi ve mesken elektrik tüketiminde nüfus olarak belirlenmiştir. Bunların yanı sıra bütün elektrik tüketim alanlarında etken olan diğer parametre sıcaklıktır. Bu çalışmada her ne kadar tüketimler mevsim şartlarından arındırılmış şekilde aylık olarak değerlendirilmiş olsa da, mevsim koşullarının dışına çıkılacağı öngörülen bir zaman dilimindeki elektrik tüketimi tahmini için birin endeks veya nüfusa karşılık gelen birim °C başına elektrik tüketimi verisi elde edilmelidir. Bu sonucun elde edilebilmesi için çalışmanın Türkiye genelinde değil, bölgesel hatta şehir bazında yapılması gerekmektedir. Ayrıca anlık meteoroloji verilerinin de bölge bazlı olacak şekilde kayıt altına alınması gerekmektedir.

Türkiye yüzölçümünün büyüklüğü, ülke içerisinde farklı iklimlerin aynı anda yaşanabilmesi, bölgesel sanayi, turizm ve tarım faaliyetlerinin farklılık göstermesi, yıl içinde dönemsel gerçekleşen göçler, sadece meteorolojik nedenlerden değil sosyolojik ve ekonomik nedenlerden dolayı da elektrik tüketimi en az şehir bazlı yapılmalıdır. Bunun için her bir şehrin ayrı ayrı elektrik tüketimleri, şehirlere ait olan üretim ve tüketim endeksleri ile nüfus miktarları kayıt altına alınmalıdır.

Yapılan çalışmalarda üretim endekslerinin tahmininde daha yakın sonuçlar elde edebilmek için şehirlerde bulunan endüstriyel tesislerin yıllık kapasiteleri, doluluk oranları ve kesinleşen siparişlerinin de kayıt altına alınıp bir merkezde toplanması gerekmektedir. Aynı alışma ticarethaneler içinde gerçekleştirilmelidir. Ticari işletmelerin tüketicici yönelimlerinin analizi yapılmalıdır. Süpermarket, alışveriş merkezi, restoran ve eēlence merkezleri tüketicilerin harcamalarını kayıt altına alarak tüketicici davranışlarını ve eēilimlerini analiz etmeli ve bu analizler endüstriyel tesislerdeki gibi bir merkezde toplanmalıdır. Endüstriyel merkezler için öngörülen yıllık kapasite, doluluk oranları, kesinleşen sipariş verilerinin kayıt altına alınması çalışması büyük ölçüde turizm faaliyeti gösteren şehirlerdeki oteller için doluluk oranı, kapasite ve kesinleşen rezervasyon yönünde yapılmalıdır. Tüm bu veriler diēer tketicim alanlarında olduēu gibi bir merkezde toplanmalıdır.

Mesken elektrik tketiciminin analizinin daha saēlıklı şekilde yapılabilmesi için evlerde bulunan aydınlatma cihazları ile beyaz eşya ürünlerinin eşitleri, bu kullanılan cihazları çalışma sıklıkları, hanede yaşayan kişi sayısı kayıtlı olmalıdır. Hane halkının meslekleri, çalışma saatleri ve koşullarının da verileri güncel bir şekilde kayıt altına alınmalıdır. Bölgesel tatil alışkanlıkları, gler yıl içerisindeki deēiřimlere hazırlıklı olmak adına incelenip analiz edilmelidir.

Yukarıda verilen bütün kayıtlar şehir bazında gerçekleştirilmelidir. Bu verilerin zaman aralıkları saatlik ve günlük olmalıdır. Yaptıēımız alışma Türkiye'nin tamamını kapsadıēı gibi aylık yapılmış bir çalışmadır. Ancak günümüz elektrik piyasasında saatlik teklifler verilmektedir. Saatlik tekliflerde deēerlendirilmek üzere bir tahmin yapılabilmesi için bahsedilen tüm kayıtların saatlik veya günlük şekilde yapılması gerekmektedir.

Çalışma süresince güvenilir ve kullanılabilir istatistik verisi bulmakta zorlanılmış olsa da hesaplar sonrasında yapılan karşılaştırmalar benimsenen hesap yönteminin kullanılabilir olduēunu göstermiştir. lke genelinde yukarıda bahsetmiş olduēumuz istatistik verilerinin, gerekli zaman aralıklarında kaydedilmesi ile oluşan bir veri havuzu elde ettiēimizde bu tezde aylık elektrik tketicimi tahmini için uygulanan hesap yöntemi benimsenerek saatlik, günlük ve bölgesel elektrik tketicim tahminleri gerçekleştirilebilir.

Yukarıda belirtilen bütün istatistik verileri tahmin yakınlıēını arttırsa da, bu karşılık yapılan işlemin süresini arttırmaktadır. Elektrik talep tahmini yaparken kesinlik ne kadar

önemli ise tahmin hızı da o kadar önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada ele alınan yalın istatistik verileri, tahminde bulunurken yapılan işlem sayısını azaltmış olup, sonuca daha hızlı ulaşılmasını sağlamıştır. Elektrik talep tahmininde bulunurken yeter şarttaki istatistik verileri kullanılarak hızlı bir şekilde sonuca ulaşılması gerekmektedir ve ülke geneli için yapılan bu çalışmada yeter şarttaki istatistik verileri kullanılarak sonuca ulaşılmıştır.



KAYNAKLAR

- [1] Yumurtacı Z. ve Asmaz A., (2004). "E. Electric energy demand of Turkey for the year 2050", *Energy Sources*, 26:1157-64.
- [2] Canyurt O.E., Ceylan H., Öztürk HK ve Hepbaşlı A., (2004). "Energy demand estimation based on two different genetic algorithm approaches", *Energy Sources*, 26:1313-20.
- [3] Ceylan H. ve Öztürk H.K., (2004). "Estimating energy demand of Turkey based on economic indicators using genetic algorithm approach", *Energy Conversion and Management*, 45:2525-37.
- [4] Sözen A., Arcaklıoğlu E. ve Özkaymak M., (2005). "Turkey's net energy consumption", *Applied Energy*, 81:209-21.
- [5] Tunç M., Camdali U. ve Parmaksızoğlu C., (2006). "Comparison of Turkey's electrical energy consumption and production with some European countries and optimization of future electrical power supply investments in Turkey", *Energy Policy*, 34:50-9.
- [6] Sözen A. ve Arcaklıoğlu E., (2007). "Prospects for future projections of the basic energy sources in Turkey", *Energy Sources*, 2:183-201.
- [7] Erdoğan E., (2007). "Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: a case study of Turkey", *Energy Policy*, 35:1129-46.
- [8] Ediger V.S. ve Akar S., (2007). "ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey", *Energy Policy*, 35:1701-8.
- [9] Sözen A. ve Arcaklıoğlu E., (2007). "Prediction of net energy consumption based on economic indicators (GNP and GDP) in Turkey", *Energy Policy*, 35:4981-92.
- [10] Yüksek O., (2008). "Re-evaluation of Turkey's hydropower potential and electric energy demand", *Energy Policy*, 36:3374-82.
- [11] Kavaklıoğlu K., Ceylan H., Öztürk H.K. ve Canyurt O.E., (2009). "Modelling and prediction of Turkey's electricity consumption using Artificial Neural Networks", *Energy Conversion and Management*, 50:2719-27.
- [12] Glasure Y.U. ve Lee A.R., (1997). "Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and electricity: the case of South Korea and Singapore", *Resour Energy Econ*, 20:17-25.

- [13] Soytaş U. ve Sarı R., (2003). "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets", Energy Econ, 25:33-7.
- [14] Chang C.C., (2010). "A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China", Appl energy, 87:3533-7.
- [15] Narayan P.K ve Smyth R., (2005). "Electricity consumption, employment, and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality tests", Energy Policy, 33:1109-16.
- [16] Ranjan M. ve Jain V.K., (1999). "Modeling of electricity energy consumption in Delhi", Energy (Oxford), 24:351-61.
- [17] Wikipedia, Türkiye Elektrik Sektörü Tarihi, https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27de_elektri%C4%9Fin_tarihi, 13 Şubat 2018.
- [18] Türk İstatistik Kurumu, Ülke Geneline Yıllara Göre Net Elektrik Tüketiminin Dağılımı, <http://www.tuik.gov.tr>, 12 Aralık 2017.
- [19] Enerji Bakanlığı, 2017 Yılı Ülke Geneline Aylık Elektrik Net Tüketimi, <http://www.enerji.gov.tr>, 05 Ocak 2018.
- [20] Dünya Bankası, Ülke Geneline Yıllara Göre Elektriğe Erişebilme Oranı, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=TR>, 08 Eylül 2017.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Utku BALCI
Doğum Tarihi ve Yeri : 19/05/1985 - Kadıköy
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : balciutku@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2008
Lise	Fen	Köy Hizmetleri Anadolu Lisesi	2003

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010-	ABB Elektrik San. A.Ş.	Üretim Şefi
2009-2010	İpragaz – SHV GAS	Üretim Mühendisi