

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE ELEKTRİK KESİNTİLERİNİN MALİYETİ: TÜKETİCİLERİN
VE DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN KESİNTİ MALİYETLERİNİN
HESAPLANMASI VE GELECEĞE YÖNELİK TAHMİNLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak DİNDAR

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2020

**TÜRKİYE’DE ELEKTRİK KESİNTİLERİNİN MALİYETİ: TÜKETİCİLERİN
VE DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN KESİNTİ MALİYETLERİNİN
HESAPLANMASI VE GELECEĞE YÖNELİK TAHMİNLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Burak DİNDAR
(504171008)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömer GÜL

TEMMUZ 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504171008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Burak DİNDAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE’DE ELEKTRİK KESİNTİLERİNİN MALİYETİ: TÜKETİCİLERİN VE DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN KESİNTİ MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI VE GELECEĞE YÖNELİK TAHMİNLER” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Ömer GÜL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. V. M. İstemihan GENÇ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gürkan SOYKAN
Bahçeşehir Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Haziran 2020
Savunma Tarihi : 20 Temmuz 2020





Aileme,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca hem akademik hem de hayata dair bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, desteğini esirgemeyen, bilgilendirici, yönlendirici ve yetiştirici yaklaşımları ile bu tezin planlanmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda büyük katkısı bulunan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Ömer GÜL’e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

İstanbul Teknik Üniversitesi’nde göreve başladığım günden itibaren yardımlarını esirgemeyen, beraber çalışmaktan keyif aldığım kıymetli araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim. Çalışmalarına destek sağlamaktan hiçbir zaman çekinmeyen, paylaşımcı tavırlarıyla her zaman yanımda olan değerli meslektaşım Can Berk SANER’e özellikle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından MYL-2018-41417 numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu değerli destek için İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi’ne teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemi sağlayan, hayatım boyunca benim için maddi manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, sevgisini esirgemeyen, tüm tercihlerimde yanımda olan ve aldığım kararlarda beni destekleyip yüreklendiren aileme teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Temmuz 2020

Burak DİNDAR
(Elektrik Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
SEMBOLLER.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.....	1
1.2 Literatür Araştırması	3
1.3 Tezin Kapsamı	8
2. ELEKTRİK KESİNTİ MALİYETLERİ	11
2.1 Tüketicilerin Elektrik Kesinti Maliyetleri.....	11
2.2 Şebeke İşletmecilerinin Elektrik Kesinti Maliyetleri	13
2.3 Ülkelerin Elektrik Kesinti Maliyetleri.....	14
3. ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDE TEDARİK SÜREKLİLİĞİ	17
3.1 Tedarik Sürekliliği İndisleri.....	17
3.2 Çeşitli Ülkelerde Tedarik Sürekliliği.....	20
3.3 Türkiye’de Tedarik Sürekliliği.....	22
3.4 Türkiye Enerji Sektörü ve Şebeke Yapısı.....	24
3.5 Dağıtım Şirketlerinin Tedarik Sürekliliği	26
3.6 Dağıtım Şirketlerinin Düşük Tedarik Sürekliliği Performanslarının Başlıca Nedenleri	29
3.6.1 Mevcut yönetmelik.....	29
3.6.2 Türkiye’deki enerji talebinin hızlı artışı	31
3.6.3 Elektrik dağıtım şirketlerinin yüksek gelir beklentisi	31
3.7 Tedarik Sürekliliği ve Maliyetler	32
4. KESİNTİ MALİYETİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ	35
4.1 Tüketici Kesinti Maliyeti Hesaplama Yöntemleri	35
4.1.1 Anket Yöntemi	36
4.1.2 Örnek olay yöntemi	37
4.1.3 Dolaylı analitik yöntemler	37
4.2 Elektrik Dağıtım Şirketi Kesinti Maliyeti Hesaplama Yöntemleri	38
4.3 Kesinti Maliyetleri Hesaplama Yöntemlerinin Çeşitli Eksiklikleri	39
4.4 Çalışmada Kullanılacak Kesinti Maliyeti Hesaplama Yöntemi	41
5. TAHMİN YÖNTEMLERİ	45
5.1 Zaman Serisi Analizi	45
5.1.1 Durağan zaman serileri.....	47
5.1.2 Durağan olmayan zaman serileri.....	47

5.1.3 Zaman serilerinin durağanlığının analiz edilmesi.....	48
5.1.4 Zaman serisi analiz modelleri.....	49
5.1.4.1 Otoregresif model (AR) (p)	50
5.1.4.2 Hareketli ortalama model (MA) (q)	50
5.1.4.3 Otoregresif hareketli ortalama model (ARMA) (p, q).....	50
5.1.4.4 Otoregresif entegre hareketli ortalama model (ARIMA) (p, d, q)	51
5.1.4.5 Mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model (SARIMA) (p, d, q) (P, D, Q) (s)	51
5.1.4.6 Dış değişkenli mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model (SARIMAX) (p, d, q) (P, D, Q) (s)	52
5.1.5 Box-Jenkins yöntemi.....	52
5.2 Makine Öğrenmesi.....	53
5.2.1 Rastgele orman regresyonu	54
5.2.2 LightGBM (Light Gradient Boosting Machine).....	55
5.3 Tahminlerin Performans Değerlendirmesi	55
5.3.1 Ortalama karesel hata (MSE).....	56
5.3.2 Kök ortalama karesel hata (RMSE)	56
5.3.3 Ortalama mutlak hata (MAE)	56
5.3.4 Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE).....	57
6. KESİNTİ MALİYETLERİ VE TAHMİNLER.....	59
6.1 Önerilen Yöntem.....	59
6.2 Kesinti Maliyeti Hesaplamaları	62
6.2.1 Tüketici kesinti maliyetlerinin hesaplanması	65
6.2.1.1 Sanayi tüketicileri.....	65
6.2.1.2 Ticarethane tüketicileri	67
6.2.1.3 Konut tüketicileri.....	68
6.2.2 Elektrik dağıtım şirketi kesinti maliyetlerinin hesaplanması	69
6.2.3 Kesinti maliyeti hesaplarının değerlendirilmesi	74
6.2.4 Şebeke yatırımlarının değerlendirilmesi	76
6.3 Veri Esaslı Kesinti Tahminleri	80
6.3.1 Veri kümesinin üretilmesi ve kullanılan yöntem	82
6.3.2 Kesinti tahminlerinin gerçekleştirilmesi	84
6.3.3 Kesinti tahminleri ile OKSÜRE değerlerinin hesaplanması	91
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	95
7.1 Sonuçlar.....	95
7.2 Öneriler.....	100
KAYNAKLAR.....	103
EKLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	127

KISALTMALAR

ACF	: Otokorelasyon fonksiyonu
AOKSIK	: Anlık ortalama kesinti sıklığı endeksi
AR	: Otoregresif model
ARIMA	: Otoregresif entegre hareketli ortalama model
ARMA	: Otoregresif hareketli ortalama model
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CEER	: Avrupa Enerji Düzenleyicileri Konseyi
EDAŞ	: Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESAYI	: Eşik kesinti sayısı
ESÜRE	: Eşik kesinti süresi
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
IEEE	: The Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMF	: Uluslararası Para Fonu
MA	: Hareketli ortalama model
MAE	: Ortalama mutlak hata
MAPE	: Ortalama mutlak yüzde hata
MLE	: En çok olabilirlik yöntemi
MSE	: Ortalama karesel hata
OHKE	: Ortalama hizmet kullanılabilirlik endeksi
OKSIK	: Ortalama kesinti sıklığı endeksi
OKSÜRE	: Ortalama kesinti süresi endeksi
OSKSIK	: Ortalama sistem kesinti sıklığı endeksi
OSKSÜRE	: Ortalama sistem kesinti süresi endeksi
OSOS	: Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri
PACF	: Kısmi otokorelasyon fonksiyonu
RMSE	: Kök ortalama karesel hata
SARIMA	: Mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model

SARIMAX	: Dış değişkenli mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model
TEAş	: Türkiye Elektrik Üretim-İletim Anonim şirketi
TEDAş	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim şirketi
TEİAş	: Türkiye Elektrik İletim Anonim şirketi
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TETAş	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim şirketi
TKSAYI	: Toplam kesinti sayısı
TKSÜRE	: Toplam kesinti süresi
TOKSIK	: Tüketici ortalama kesinti sıklığı endeksi
TOKSÜRE	: Tüketici ortalama kesinti süresi endeksi
TRT	: Türkiye Radyo Televizyon Kurumu
TTOKSÜRE	: Tüketici toplam ortalama kesinti süresi endeksi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

SEMBOLLER

D	: Mevsimsel fark terimi
d	: Fark terimi
EDAŞKM_{bopmg}	: Elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama kesinti maliyetleri
EDAŞKM_{se}	: Elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama kesinti maliyetleri
EDAŞTKM_{bopmg}	: Elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri
EDAŞTKM_{se}	: Elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri
G_i	: Gerçek değerler
L_i	: Belirli bir periyottaki i. kesintiden etkilenen yük değeri
L_T	: Talep edilen toplam yük değeri
M_a	: Anlık kesinti sayısı
m	: Meri ortalaması
N_e	: Kesintiden en az bir defa etkilenen toplam tüketici sayısı
N_f	: Kesintiye uğrayan toplam farklı tüketici sayısı
N_i	: Belirli bir periyottaki i. kesintiden etkilenen tüketici sayısı
N_T	: Toplam tüketici sayısı
N_{ai}	: Belirli bir periyottaki i. anlık kesintiden etkilenen tüketici sayısı
n	: Örnek sayısı
OSSE	: Ortalama saatlik satılan enerji
P	: Mevsimsel otoregresif terim
p	: Otoregresif terim
Q	: Mevsimsel otoregresif terim
q	: Hareketli ortalama terim
S	: Mevsimsel tekrarlama periyodu
T_i	: Tahmin edilen değerler
TKM_k	: Konut tüketicilerinin yıllık ortalama kesinti maliyetleridir
TKM_s	: Sanayi tüketicilerinin yıllık ortalama kesinti maliyetleridir

TKM_t	: Ticarethane tüketicilerinin yıllık ortalama kesinti maliyetleridir
$TTKM_k$	: Konut tüketicilerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri
$TTKM_s$	: Sanayi tüketicilerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri
$TTKM_t$	: Ticarethane tüketicilerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri
U_i	: Belirli bir periyottaki i. kesinti süresi
Y	: Zaman serisi gözlem değeri
α, β	: Model parametreleri
ϵ_t	: Hata terimi
μ	: Seri ortalaması



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Kesinti Maliyetlerinin Doğrudan ve Dolaylı Bileşenleri.	12
Çizelge 2.2 : Elektrik kesintilerinin ekonomik maliyetleri.	15
Çizelge 3.1 : Dağıtım şirketlerinin kapsadıkları iller.	25
Çizelge 3.2 : En iyi, orta ve en kötü dağıtım şirketlerinin kesinti sayıları ve tedarik sürekliliği performansları.	28
Çizelge 3.3 : Yönetmelikte yer alan eşik kesinti süresi ve sayıları.	30
Çizelge 6.1 : Dağıtım bedellerinin ağırlıklı ortalaması.	71
Çizelge 6.2 : Dağıtım şirketleri 2018 yılı yatırım tutarları.	76
Çizelge 6.3 : Kesinti istatistikleri kayıt formatı.	82
Çizelge 6.4 : Tüketici sayıları kayıt formatı.	83
Çizelge 6.5 : Model başarımlarının MSE ve RMSE metrikleri ile değerlendirilmesi.	89
Çizelge 6.6 : Model başarımlarının MAE ve MAPE metrikleri ile değerlendirilmesi.	89
Çizelge 6.7 : Gerçekleşen ve tahmin edilen kesinti sayıları.	91
Çizelge 6.8 : Gerçekleşen ve tahmin edilen OKSÜRE değerleri ve tahmin başarımları.	92
Çizelge A.1 : Sanayi tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.	112
Çizelge A.2 : Ticarethane tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.	113
Çizelge A.3 : Konut tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.	114
Çizelge A.4 : Elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.	115
Çizelge A.5 : Elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.	116



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 2019 yılı 3. çeyreğine ait alçak gerilim, tek terimli, mesken tüketicisinin birim enerji fiyatı ve bileşenleri.	14
Şekil 3.1 : Elektrik şebekesi prensip şeması.	21
Şekil 3.2 : Avrupa ülkeleri bildirimli ve bildirimsiz OKSÜRE değerleri (dk). ..	21
Şekil 3.3 : Avrupa ülkeleri bildirimli ve bildirimsiz OKSIK değerleri (adet). ...	22
Şekil 3.4 : Ülkelerin tedarik sürekliliği puanları.	23
Şekil 3.5 : Türkiye enerji sektörü.	24
Şekil 3.6 : Özelleştirmeler sonrası dağıtım şebekesi bölgeleri.	25
Şekil 3.7 : Dağıtım şirketlerinin bildirimli ve bildirimsiz OKSÜRE istatistikleri (dk).	27
Şekil 3.8 : Dağıtım şirketlerinin bildirimli ve bildirimsiz OKSIK istatistikleri (adet).....	27
Şekil 3.9 : Türkiye’de yıllık enerji tüketimleri.....	31
Şekil 3.10 : Kesinti ile yatırım maliyetleri arasındaki ilişki.....	32
Şekil 5.1 : Zaman serisi ve bileşenleri.	46
Şekil 5.2 : Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyon grafikleri.	49
Şekil 5.3 : Kayan pencere yöntemi uygulama süreci.	53
Şekil 6.1 : Kesinti maliyeti hesaplamalarına ve tahminlere ait akış şeması.....	60
Şekil 6.2 : Sanayi tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.	66
Şekil 6.3 : Ticarethane tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.	67
Şekil 6.4 : Konut tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.	69
Şekil 6.5 : Elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.	71
Şekil 6.6 : Elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.	73
Şekil 6.7 : Tüketilen enerji başına yatırım miktarı.....	77
Şekil 6.8 : Tüm tüketicilere ait yıllık ortalama toplam kesinti maliyeti başına yatırım miktarı.....	78
Şekil 6.9 : Dağıtım şirketlerine ait yıllık ortalama toplam kesinti maliyeti başına yatırım miktarı.....	79
Şekil 6.10 : Tahmin sürecinde kullanılan akış şeması.	85
Şekil 6.11 : Toroslar EDAŞ’a ait veri kümesi.	86
Şekil 6.12 : Toroslar EDAŞ’a ait eğitim ve sınama kümesi.	87
Şekil 6.13 : SARIMAX modelinin Toroslar EDAŞ’a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.....	88
Şekil B.1 : Abone sayısı başına yatırım miktarı.....	117
Şekil B.2 : Toplam hat uzunluğu başına yatırım miktarı.....	117
Şekil B.3 : Trafo kapasitesi başına yatırım miktarı.....	118
Şekil C.1 : Toroslar EDAŞ’a ait veri kümesi.	119
Şekil C.2 : Başkent EDAŞ’a ait veri kümesi.	119

Şekil C.3 : İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait veri kümesi.	119
Şekil C.4 : Toroslar EDAŞ'a ait eğitim ve sınama kümesi.....	120
Şekil C.5 : Başkent EDAŞ'a ait eğitim ve sınama kümesi.....	120
Şekil C.6 : İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait eğitim ve sınama kümesi.	120
Şekil C.7 : SARIMAX modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.	121
Şekil C.8 : SARIMAX modelinin Başkent EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.	121
Şekil C.9 : SARIMAX modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.	122
Şekil C.10 : ARIMA modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.....	122
Şekil C.11 : ARIMA modelinin Başkent EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.....	123
Şekil C.12 : ARIMA modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.....	123
Şekil C.13 : Rastgele orman regresyonu modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.	124
Şekil C.14 : Rastgele orman regresyonu modelinin Başkent EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.	124
Şekil C.15 : Rastgele orman regresyonu modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.	125
Şekil C.16 : LightGBM modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.....	125
Şekil C.17 : LightGBM modelinin Başkent EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.....	126
Şekil C.18 : LightGBM modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.	126

TÜRKİYE’DE ELEKTRİK KESİNTİLERİNİN MALİYETİ: TÜKETİCİLERİN VE DAĞITIM ŞİRKETLERİNİN KESİNTİ MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI VE GELECEĞE YÖNELİK TAHMİNLER

ÖZET

Son yıllarda meydana gelen gelişmeler ile birlikte elektrik enerjisi, ekonomik ve sosyal hayatın vazgeçilemez bir parçası olmuştur. Bu nedenle elektrik enerjisinin tedarikinde meydana gelen problemler, ekonomik ve sosyal hayatı etkilemekte ve önemli kayıplar yaşanmasına neden olmaktadır. Farklı ülkelerde yapılan araştırmalar ile elektrik kesintilerinin milyarlarca liralık maliyetlere neden olduğu tespit edilmiştir. Literatürde, farklı gelişmişlik düzeyinde çok sayıda ülke için kesinti maliyetleri ile ilgili pek çok çalışma bulunmasına rağmen ülkemizde kesinti maliyetlerine ilişkin kapsamlı çalışmalar bulunmamaktadır.

Kesinti maliyetlerini belirleyen en önemli faktör, şebeke tedarik sürekliliği performansıdır. Düşük tedarik sürekliliği performansına sahip ülkelerde kesintiler nedeniyle ortaya çıkan maliyetler çok daha yüksek olmaktadır. Tedarik sürekliliği performansı bir ülkenin gelişmişliğini belirleyen önemli kriterlerden biridir. Gelişmiş ülkelerin, gelişmişlik düzeyleri ile tedarik sürekliliği performansları arasında önemli benzerlikler olduğu gözlemlenmesine rağmen, ülkemizin gelişmişlik düzeyi ile tedarik sürekliliği performansı arasında benzer bir ilişki bulunmadığı gözlemlenmektedir. Dünyada gelişmiş ülkeler sırlamasında ilk yirmi içerisinde yer alan ülkelere göre Türkiye, tedarik sürekliliği incelendiğinde daha az gelişmiş ülkelere göre düşük performans sergilemektedir.

Ülkemizin tedarik sürekliliği performansının birçok gelişmiş ülke ile kıyaslanamayacak kadar düşük olmasının bir sonucu olarak kesintilerden kaynaklanan ekonomik kayıpların oldukça yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, ülkemizde öncelikli olarak tedarik sürekliliği performansının iyileştirilmesine ve enerji sektöründe yer alan paydaşların yaşadığı kayıpların azaltılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tedarik sürekliliği performansının artırılması ve bunun sonucunda kesinti maliyetlerinin azaltılması için yenileme yatırımları ile mevcut şebekenin iyileştirilmesi gerekmektedir. Fakat ülkemizde, elektrik şebeke yatırım kararlarında kesinti maliyetleri yeteri kadar dikkate alınmadığından şebekede gerçekleştirilen yenileme ve iyileştirme yatırımları yetersiz kalmaktadır. Ülkemizde karar vericilerin yatırım kararlarında kesinti maliyetlerini dikkate alması ve yatırım kapsamının artırılması ancak kesinti maliyetlerinin belirlenmesi ve enerji sektöründe yer alan paydaşların farkındalıklarının artırılmasıyla mümkün olacaktır.

Yatırım planlarında kesinti maliyetlerine yeteri kadar yer verilmemesinin en önemli etkenlerinden biri de kesinti maliyeti hesaplamalarının getirdiği ilave iş yükü ve maliyettir. Ülkemizdeki 21 dağıtım bölgesinde yapılacak kesinti maliyeti hesaplamalarında önemli bir iş gücüne ve ekonomik kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kesinti maliyetlerinin karar alma süreçlerinde efektif olarak dikkate

alınması için bu hesaplamaların mümkün olduğu kadar hızlı, az iş gücü gerektirecek ve ekonomik bir şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir.

Tüm bunların yanı sıra, kesinti maliyetlerine karar alma süreçlerinde yer verilememesinin etkenlerinden biri de yatırım planlarının geleceğe yönelik gerçekleştirilmesi fakat kesinti maliyetlerinin geçmiş veriler kullanılarak hazırlanıyor olmasıdır. Kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınması için karar vericilerin, kesinti maliyetlerinin gelecekte nasıl değişeceğini öngörebiliyor olması gerekmektedir. Geleceğe yönelik kesinti maliyetlerinin bilinmesi durumunda, kesintilerden en fazla etkilenen şebeke bölümleri belirlenebilir ve gerekli yenileme ve iyileştirme yatırım planları oluşturulabilir. Bilgiye dayalı yatırım planlarının oluşturulması, kısıtlı yatırım kaynakları ile kesinti sayı ve süresinin etkili biçimde azaltılması için etkin bir strateji olacaktır.

Literatürde kesinti maliyetlerinin hesaplanmasına ilişkin çok sayıda farklı yöntem bulunmaktadır. Araştırmacılar bu yöntemler arasından en çok anket yöntemini tercih etmektedir. Anket yönteminde kesintilerin farklı tüketici gruplarına maliyetleri, doğrudan kesintilerden etkilenen tüketiciler ile iletişime geçerek elde edilmektedir. Bunun yanı sıra kullanılan bir diğer yöntem, örnek olay yöntemidir. Bu yöntemde ise kesinti maliyetleri, şebekede gerçekleştirilen büyük bir kesintinin ardından yine tüketiciler ile iletişime geçerek hesaplanmaktadır. Bu yöntemler ile güvenilir sonuçların elde edilmesi için tüketici ile doğrudan iletişim kurulması ve tüketicinin konu hakkında önceden eğitilmesi gerekmektedir. Bu yöntemlerin uygulanmasında çok fazla zaman ve iş gücüne ihtiyaç duyulduğundan yöntemlerin maliyeti yükselmektedir. Bu tez çalışmasında ise kesinti maliyeti hesaplamalarında dolaylı analitik yöntemlerin kullanılması tercih edilmiştir. Dolaylı analitik yöntemler ile kesinti maliyetleri halihazırda var olan yıllık elektrik enerjisi tüketimi, gayri safi yurtiçi hasıla gibi istatistiksel veriler kullanılarak elde edilmektedir. Bu nedenle kesinti maliyeti hesaplamaları, oldukça ekonomik, hızlı ve az iş gücü gerektirecek şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca doğrudan tüketiciler ile iletişime geçilen yöntemlerde milyonlarca tüketici arasından erişilebilen tüketici sayısı sınırlı olduğundan çalışmaların kapsamı da yeteri kadar genişletilememektedir. Bu nedenle tüketici ile iletişime geçilen yöntemlerin karar alma süreçlerinde kullanılması efektif değildir. Bu tez çalışmasında kesinti maliyetlerinin dolaylı analitik yöntemler ile elde edilmesi ile karar vericilerin ihtiyaç duyduğu çözümler geliştirilmiştir.

Tüm bunların yanı sıra karar vericiler, kesinti maliyetlerine yatırım planlarında yer verebilmek için geleceğe yönelik tahminlere (forecasting) ihtiyaç duymaktadırlar. Fakat şebekede meydana gelen kesintiler, farklı zamanlarda elektriksel ya da dışsal birçok farklı nedenden kaynaklanabilmektedir. Deterministik yöntemler ile kabul edilebilir hata sınırları içerisinde kesinti nedenlerinin analiz edilmesi ve geleceğe yönelik tahminlerin gerçekleştirilmesi hemen hemen imkansızdır. Bu nedenle kesinti maliyetleri ile ilgili tahminlerin gerçekleştirilmesinde yapay zeka yöntemlerinin kullanılması uygun bir yaklaşım olmaktadır.

Bu tez çalışmasında iyileştirme ve yenileme yatırım kararlarında elektrik kesinti maliyetlerinin kapsamlı şekilde dikkate alınmasını sağlamak amacıyla kesintilere ilişkin çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu doğrultuda öncelikle ülkemizde enerji kesintilerinden en çok etkilenen paydaşlar olan tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldığı kayıplar araştırılmıştır. Çalışmalar sonucunda, kesinti kaynaklı kayıpların milyarlarca lira seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra ülkemizde yer alan dağıtım şirketleri kesinti maliyeti

performansları dikkate alınarak değerlendirilmiş ve yüksek, ortalama ve düşük performans gösteren dağıtım şirketleri belirlenmiştir. Kesinti maliyeti değerlendirmeleri, literatürdeki çalışmaların aksine yalnızca normalize edilmiş değerler kullanılarak değil, normalize edilmiş değerler ve toplam kesinti maliyetleri birlikte kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Böylece değerlendirmelerin yüksek verimlilikle gerçekleşmesi sağlanmıştır. Kesinti maliyetlerinin elde edilmesi ve değerlendirilmesinin ardından şebekede gerçekleştirilen yatırım miktarları kesinti maliyetleri ve şebekenin elektriksel özellikleri dikkate alınarak incelenmiştir. İncelemelerde yatırımlar, doğrudan yatırım miktarları kullanılarak değil birim değerler kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda yatırımlar ile kesinti maliyetleri arasında yüksek bir ilişki tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında şebeke yatırım planlarında kesinti maliyetlerinin mutlaka dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Elektrik kesinti maliyetleri incelenirken karar vericilerin ülke çapında analizlere ihtiyaç duyduğu gerçeği dikkate alınarak maliyet analizlerinin ekonomik ve hızlı bir şekilde gerçekleştiği yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca, elektrik kesinti maliyetlerinin elde edilmesi ile de paydaşların farkındalıklarının artırılmasına katkı sağlanacaktır.

Bu tez çalışmasında, elektrik kesinti maliyetlerinin tahmin edilmesinde kullanılmak üzere, çalışmada belirlenen üç dağıtım şirketine ait kesinti istatistikleri, zaman serisi analizleri ve makine öğrenmesi tabanlı modeller ile incelenerek karar vericilerin geleceğe yönelik tahmin ihtiyaçlarına çözüm geliştirilmiştir.

Kesintilerin rastlantısallığı, gerçek verilerin incelenmesi ve kesintilerdeki ani artış ve azalışlara rağmen tahmin modelleri ile oldukça yüksek başarımlar elde edilmiştir. Sonrasında günlük kesinti sayıları tahminlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak incelenen dağıtım şirketlerine ait yıllık OKSÜRE değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda da mevcut pek çok zorluğa rağmen yüksek başarımlar elde edilmiştir. Tahminlerde yüksek başarımların elde edilmesi ile karar vericileri destekleyici nitelikte, yatırım planlarında ihtiyaç duyulan geleceğe yönelik tahmin modelleri oluşturulmuştur.

Bu modellerin kullanılması ile elde edilen bir diğer önemli avantaj, tahmin modellerinin tekrarlanabilir olmasıdır. Kesinti maliyeti hesaplamalarında kullanılan anket yöntemi gibi yöntemlerin yeniden gerçekleştirilmesi, önemli maliyetlere neden olmaktadır. Diğer yöntemlerin aksine yapay zeka çözümleri ile elde edilen modellerin tekrarlanması ise düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen analizler ile birlikte elektrik kesinti maliyetlerinin karar vericilerin yatırım planlarında yer almasını kolaylaştırıcı çözümler geliştirilmiştir. Bu çözümler ile şebekede gerçekleştirilecek yatırımların sayısı ve kapsamı artırılabilir. Böylece ülkemizin tedarik sürekliliği performansı artırılacak ve enerji sektöründe yer alan paydaşların kesintiler nedeniyle maruz kaldığı kayıplar azaltılacaktır.



ELECTRICITY INTERRUPTION COST IN TURKEY: CALCULATION OF CUSTOMER AND DISTRIBUTION COMPANY INTERRUPTION COST AND FORECASTINGS FOR THE FUTURE

SUMMARY

With the developments in recent years, electrical energy has become an indispensable part of economic and social life. Therefore, the problems that occur in the electricity supply affect the economic and social life and cause significant losses. Research performed in different countries have shown that electricity interruptions costs reach billions of dollars. In the literature, although there are many studies on electricity interruption costs for many countries at different development levels, there are no comprehensive studies on electricity interruption costs in our country.

The most important factor determining the interruption costs is supply continuity performance of the grid. In countries with low supply continuity performance, the costs incurred due to electricity interruptions are much higher. Supply continuity performance is one of the important criteria that determine the development level of a country. Although there are significant similarities between developed countries' development levels and supply continuity performances, it is observed that there is no similar relationship between the development level of our country and supply continuity performance. Turkey which is one of the top twenty developed countries has low performance even compared with undeveloped countries, when the supply continuity performances are examined.

As a result of the fact that our country's supply continuity performance is incomparably lower than many developed countries, economic losses due to the electricity interruptions are estimated to be quite high. For this reason, in our country, first there is a need to improve the supply continuity performance and decrease the economic losses suffered by the stakeholders in the energy sector. To increase the supply continuity performance and consequently decrease the interruption costs, the existing grid needs to be improved with renewal investments. However, in our country, renewal investments in the grid are inadequate as the interruption costs are not sufficiently taken into account in electricity grid investment decisions. To consider the interruption costs in the investment decisions by the decision-makers and to increase the scope of the investment as a result are possible, only by determining the interruption costs and increasing the awareness of the stakeholders in the energy sector.

One of the most important factors for not having sufficient attention on the interruption costs in investment plans is the additional workload and cost brought by the interruption costs calculations. An important labour force and economic resources are needed in the calculation of the interruption costs to be made in 21 distribution regions in our country. For this reason, these calculations need to be made as quickly as possible, required less labour force and economic resources in order to take the interruption costs effectively into account in decision making processes.

In addition to these, one of the factors of not being able to include interruption costs in decision making processes is that the investment plans are performed for the future, but interruption costs are prepared using past data. In order to take the interruption costs into account in the investment plans, decision makers need to be able to predict how the interruption costs will change in the future. In case the future interruption

costs are known, the grid parts that are most affected by the interruptions can be identified and the necessary renewal investment plans can be created. Creating information-based investment plans will be a good strategy for effectively decreasing the number and duration of interruptions with limited investment resources.

In the literature, there are many different methods to calculate the interruption costs. Researchers mostly prefer the survey method, among these methods. In the survey method, different customer groups' interruptions costs are obtained by communicating customers directly affected by the interruptions. In addition, another method used in the calculations is the case study method. Also in this method, the interruption costs are calculated by communicating the customers after a major blackout in the grid. In order to obtain reliable results with these methods, direct communication with the customers and training the customers on the subject in advance are necessary. Since a lot of time and labour force are needed in the implementation of these methods, the cost of the methods increases. In this thesis, indirect analytical methods are preferred on interruption cost calculations. With indirect analytical methods, interruption costs are obtained by using existing statistical data such as annual electrical energy consumption and gross domestic product. For this reason, the interruption cost calculations can be performed in a way that is very economical, fast and requires less labour force. In addition, the scope of the studies cannot be extended sufficiently in the methods that directly communicated with the customers. Because the number of customers that can be reached among millions of customers are limited. Therefore, it is not effective to use these methods in decision making processes. In this thesis, the solutions needed by decision makers are developed with obtaining the interruption costs by using indirect analytical methods.

In addition, decision makers need forecastings in order to include interruption costs in investment plans. However, interruptions in the grid can occur from many different electrical or external causes at different times. It is almost impossible to analyze the interruption causes and make forecastings within acceptable error limits by using deterministic methods. Therefore, it is an appropriate approach to use artificial intelligence methods in performing the forecastings about the interruption costs.

In this thesis, various studies related to interruptions are performed in order to ensure that electricity interruption costs are taken into account in renewal investment decisions. Accordingly, the losses suffered by customers and electricity distribution companies, who are the most affected stakeholders by interruptions in our country, are investigated. As a result of the study, it is determined that the losses due to the interruptions are at the level of billions of Turkish Liras. In addition, the distribution companies in our country are evaluated by taking into account their interruption cost performances and the distribution companies with high, average and low performance are determined. Unlike the studies in the literature, the interruption cost assessments are performed not only by using normalized values, but by using total interruption costs together with normalized values. Thus, the evaluations are performed with high efficiency. After obtaining and evaluating the interruption costs, the amount of investment made in the grid is analyzed taking into account the interruption costs and the electrical properties of the grid. Investments are evaluated using unit values, not direct investment amounts. As a result of the evaluations, a high relationship is determined between investments and interruption costs. In the light of the obtained results, it is concluded that the interruption costs must be taken into consideration in the grid investment plans.

The fact that decision makers need countrywide analyses should be taken into account when analyzing electricity interruption costs. Therefore, the methods in which cost analysis are performed economically and quickly are used in the study. In addition, contribution will be made to increase the awareness of stakeholders by obtaining electricity interruption costs.

In this thesis, the interruption statistics of the three distribution companies that specified in the study are analyzed to be used in forecasting the electricity interruption costs. Interruption statistics are analyzed with time series analysis and machine learning models, and a solution is developed for the forecasting needs of decision makers.

Despite the randomness of the interruptions, the examination of the actual data and the sudden increases and decreases in the interruptions, very high accuracy are achieved with the forecasting models. Afterwards, the annual SAIDI values of the distribution companies are calculated using the results obtained from the forecastings of the daily interruption numbers. Despite the many difficulties present in these calculations, high accuracy is achieved. With the achievement of high accuracy, forecasting models, which are supportive to the decision makers and needed in investment plans, are created.

Another important advantage achieved by using these models is that the forecasting models are generic. Repetition of interruption cost calculation methods such as the survey method causes significant costs. Unlike the other methods, repetition of artificial intelligence methods can be performed at low costs.

Along with the analyses performed in this thesis, solutions that facilitate the inclusion of electricity interruption costs in the investment plans of decision makers are developed. With these solutions, the number and scope of investments to be made in the grid can be increased. Thus, the supply continuity performance of our country will be increased and the losses suffered by the stakeholders in the energy sector due to interruptions will be reduced.



1. GİRİŞ

Günümüzde sosyal ve ekonomik faaliyetlerin tümünde elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle elektrik enerjisinin, tüketicilere mümkün olduğu kadar ucuz ve tedarik sürekliliği yüksek bir şekilde sunulması gerekmektedir. Elektrik enerjisinin tedarikinde yaşanan küçük aksaklıklar bile önemli sosyal ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Elektrik kesintilerinin enerji sektöründe yer alan tüketiciler, elektrik üretim, iletim ve dağıtım şirketleri gibi paydaşlar üzerinde neden olduğu kayıplar milyarlarca lira seviyesine çıkmaktadır. Türkiye gibi ekonomisi büyük fakat tedarik sürekliliği performansı düşük ülkelerde kesinti kaynaklı kayıplar çok daha fazla olmaktadır. Bu nedenle ülkemizde, kesintilerin sayısını ve süresini azaltacak yatırımlar yapılarak kesintilerin neden olduğu kayıpların azaltılmasına acil biçimde ihtiyaç duyulmaktadır.

Elektrik kesinti maliyetlerini azaltacak yatırımların gerçekleştirilmesi ancak kesinti maliyetlerinin hesaplanarak ortaya çıkartılması sonucunda, enerji sektöründe yer alan paydaşların farkındalıklarının arttırılması ile mümkün olacaktır. Farkındalığı artan paydaşların, kesinti maliyetlerini yatırım planlarında dikkate alması için az iş gücü gerektiren, düşük maliyetli ve hızlı sonuç veren yöntemler geliştirilmesine ve karar verme süreçlerini destekleyici modeller oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetlerine, iyileştirme ve yenileme yatırım planlarında yer vermesiyle kesinti sayısı ve süresinde iyileşmeler meydana gelecektir. Bu iyileşmeler ile enerji sektöründeki paydaşların maruz kaldığı kayıplar azaltılabilecektir.

1.1 Tezin Amacı

Elektrik kesintileri enerji sektöründe yer alan paydaşlar üzerinde yüksek ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ortaya çıkan bu kayıpların azaltılması ancak şebekede meydana gelen kesintilerin sayılarının ve sürelerinin azaltılmasıyla yani tedarik sürekliliği performansının yükseltilmesiyle mümkün olmaktadır. Bu doğrultuda karar vericiler, yatırım planlarında elektrik kesintilerinin neden olduğu kayıpları dikkate

almalıdır. Şebekede gerçekleşecek yatırımlarda kesinti maliyetlerinin dikkate alınması için öncelikle kesintilerin neden olduğu maliyetler belirlenmeli ve paydaşların konu hakkındaki farkındalıkları artırılmalıdır.

Bu tez çalışmasının en önemli amacı enerji sektöründeki paydaşların kesintiler nedeniyle maruz kaldığı maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlanmasıdır. Bu doğrultuda, öncelikle kesinti maliyetlerinin belirlenmesiyle paydaşların farkındalıklarının artırılması bunun sonucunda ise kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınmasını kolaylaştıracak çözümler oluşturulması amaçlanmaktadır.

Tez çalışmasında belirlenen ana amaçlar doğrultusunda ülkemizin tedarik sürekliliği performansının diğer ülkelerle karşılaştırılması ve bunun sonucunda ülkemizin durumunun tespit edilmesi hedeflenmektedir. Sonrasında ise yine çeşitli incelemeler yaparak tedarik sürekliliği performansına olumlu ya da olumsuz etki eden şebeke bölümlerinin (iletim, dağıtım vb.) belirlenmesi hedeflenmektedir.

Tedarik sürekliliği performansını iyileştirmeye yönelik yatırımlar, bu performansı en kötü şekilde etkileyen şebeke bölümlerine yönelmelidir. Bu doğrultuda, yapılacak yatırımların miktarını ve kapsamını, kesintiler nedeniyle ortaya çıkan maliyetler belirlemektedir. Genellikle her yatırımdan önce fayda/maliyet analizleri yapılmakta ve elde edilecek kazanca göre yatırım kararları alınmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında öncelikle kesintilerden en çok etkilenen paydaşlar olan tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetlerinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Böylece yatırımlar sonucunda elde edilecek kazancın büyüklüğü tespit edilecek ve tedarik sürekliliği performansını arttıracak yatırımların sayısı ve kapsamı arttırılacaktır.

Kesinti maliyetlerinin elde edilmesi kadar bu maliyetlerin elde edilmesi için kullanılacak yöntemlerin maliyetleri ve güvenilirlikleri de karar vericiler için oldukça önemlidir. Ülke çapında yapılacak büyük çalışmaların, sonuca hızlı ulaşan, ucuz ve az iş gücü gerektiren şekilde olması gerekmektedir. Bu tez çalışmasının bir diğer amacı da ülkemizdeki kesinti maliyetlerini, halihazırda mevcut verileri kullanarak, mümkün olan en az ilave iş gücüne ve ekonomik kaynağa ihtiyaç duyarak hızlı bir şekilde elde etmektir.

Tüm bunların yanı sıra dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus, yatırım planlarının geleceğe yönelik olmasıdır. Kesinti maliyeti hesaplamaları ise geçmiş döneme ait veriler ile yapılmaktadır. Bu nedenle karar vericilerin kesinti maliyetlerini yatırım planlarında efektif olarak kullanabilmeleri için kesinti maliyetlerinin gelecekte ne şekilde değişim göstereceğini öngörebiliyor olmaları gerekmektedir. Bu tez çalışmasının en önemli amaçlarından biri kesinti istatistiklerini kullanarak geleceğe yönelik tahmin modelleri oluşturmaktır. Böylece kesinti maliyetlerinin gelecekteki değişimleri karar vericiler tarafından tahmin edilebilecek ve kesinti maliyetleri yatırım planlarında daha efektif olarak dikkate alınabilecektir.

Bu tez çalışmasında belirlenen amaçlara ulaşılması ile kesinti maliyetlerinin karar vericiler tarafından yatırım planlarında dikkate alınmasına yönelik çözümler elde edilecektir. Böylece ülkemizde enerji sektöründe yer alan paydaşların kesintiler nedeniyle maruz kaldığı kayıpların azaltılmasına katkı sağlanacaktır.

1.2 Literatür Araştırması

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler, elektrik enerjisinin hem sosyal yaşamda hem de ticari faaliyetlerde kullanımını önemli derecede arttırmıştır. İnsan hayatının neredeyse tümü elektrik enerjisine bağlı olarak devam etmektedir. Bu nedenle elektrik enerjisinin kesilmesi hem ekonomik olarak hem de sosyal olarak yüksek kayıplara neden olmaktadır (Chowdhury ve diğ., 2004). Elektrik enerjisinin ekonomik ve sosyal açıdan oldukça önemli olması nedeniyle tüketiciye kesintisiz, güvenilir ve düşük maliyetli bir enerji sunma zorunluluğu doğmuştur.

20. yüzyılın sonlarından itibaren dünya çapında tüketilen enerji miktarı giderek artmış 1990 yılında 11 bin 882 TWh olan elektrik enerji tüketimi, 2018 yılında 26 bin 589 TWh seviyesine ulaşmıştır (Enerdata, 2019). Bu durum elektrik şebekesinin giderek büyümesine ve karmaşıklaşmasına neden olmuştur. Hızla artan enerji ihtiyacı, şebekenin geliştirilmesi, işletilmesi ve bakımı için gerekli olan insan gücünün ve ekonomik kaynakların miktarını da giderek arttırmıştır. Birçok ülke ortaya çıkan bu önemli yükümlülükleri karşılamakta zorlanmış, hizmet yükümlülüklerinin yerine getirilmesi ve elektrik enerjisini düşük maliyetli, sürekli ve kaliteli olarak tüketiciye ulaştırmak için elektrik şebekelerini özelleştirmeye başlamışlardır (Jamass ve Pollitt, 2005).

Elektrik şebekesinin özelleştirmeler sonucunda birçok farklı özel şirket tarafından işletilmeye başlamasıyla tüketici haklarının nasıl korunacağı ve şebekenin nasıl işleteceği sorusu ortaya çıkmıştır (Gül, 2008). Bu doğrultuda birçok ülke tüketiciye sunulan elektrik enerjisinin kalitesini ve güvenilirliğini denetlemek amacıyla yasal düzenlemeler oluşturmuşlardır. Bu yasal düzenlemeler ile birlikte denetleyici kurumlar özel şirketlerin performanslarını denetlemektedir. Tüketicilere sunulan elektrik enerjisinin kalitesi, tedarik sürekliliği parametreleri ile denetlenir. Bu parametreler ile tüketiciye sunulan enerjideki kesinti sayısı ve süreleri hesaplanır ve bu değerlerin belirli limitlerin üzerine çıkmasına izin verilmez.

Gelişmiş birçok ülkede elektrik enerjisi vazgeçilemez bir hak olarak tanımlanmaktadır (Tully, 2005). Bu nedenle elektrik şebekesinde tedarik sürekliliği oldukça önemli bir konudur. Elektrik enerjisinin sosyal ve ticari hayatta bu kadar önemli bir hal alması, tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldıkları sosyal ve ekonomik kayıpların ihmal edilemez boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde şebeke güvenliği yaklaşık %99.97 olmasına rağmen elektrik kesintilerinin yıllık maliyeti 150 milyar doları bulmaktadır (Litos Strategic Communication, 2008). Benzer şekilde pek çok ülke elektrik kesintileri nedeniyle yüksek kayıplara maruz kalmaktadır.

Kesintiler nedeniyle ortaya çıkan maliyetler oldukça yüksek olmasına rağmen özelleşen elektrik dağıtım şirketleri, tüketicilerin maruz kaldıkları kesinti maliyetlerini kendi yatırım planlarında dikkate almaktan kaçınmaktadırlar (Sullivan ve diğ., 2018). Son yıllarda artan rekabet ile birlikte özel şirketler, “opportunistic behaviour” adı verilen bir biçimde tüketici haklarını neredeyse hiç dikkate almadan daha fazla kar elde etmek amacıyla şebekeyi işletmektedirler (Niesten ve Jolink, 2012). Dağıtım şebekesine işleten özel şirketlerin şebekeyi işletmelerindeki öncelikleri gelirlerini arttırmaktır. Tüketici haklarını düzenleyen yasal düzenlemelerin yetersiz olması veya denetim yapılmaması halinde özel şirketlerin kamuya ait bir şirket gibi kamu yararına önem vermesi beklenemez.

Genellikle, tüketicilerin kesintiler nedeniyle maruz kaldıkları ekonomik kayıplar yeterince dikkate alınmadığından, elektrik dağıtım hizmetini sunan özel şirketler, şebeke işletme ve bakımına yeterince önem vermemektedir. Ayrıca, kesintilerin maliyetleri dikkate alınmadığından, eskiyen ve ömrünü tamamlayan donanımların yenilenmesine ilişkin yatırımlar için yeterli kaynak sağlanamamaktadır. Bunun

sonucunda, tüketiciler kesintiler nedeniyle yüksek ekonomik kayıplar yaşamaya devam etmekte ve tüketici hakları yeterince korunamamaktadır. Tüketici haklarının korunması ve tüketicilerin yaşadığı kayıpların azaltılması için öncelikle kesintiler nedeniyle ortaya çıkan maliyetlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun sonucunda dağıtım şirketlerinin performansları bu doğrultuda incelenmeli ve dağıtım şirketlerinin yatırım planlarında tüketicilerin yaşadıkları kesintiler de dikkate alınmalıdır.

Kesintiler nedeniyle ortaya çıkan maliyetlerin değerlendirilmesi son yıllarda araştırmacılar tarafından sıklıkla ele alınan önemli bir konudur (Chowdhury ve Koval, 2001). Bu doğrultuda tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldıkları kayıpları tespit etmek amacıyla geliştirilen ve uygulanan anket yöntemi, örnek olay yöntemi ve dolaylı analitik yöntemler gibi çok sayıda yöntem bulunmaktadır (Herman ve Gaunt, 2008).

Elektrik kesintilerinin maliyetlerinin hesaplanmasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus, kesintinin ve kesintiye maruz kalan tüketicilerin karakteristikleridir. Elektrik kesintileri farklı tüketici grupları üzerinde farklı şekilde kayıplara neden olmaktadır. Örneğin kırsal kesimde gerçekleşen bir saatlik kesinti ile bir organize sanayi bölgesinde gerçekleşen bir saatlik kesintinin neden olduğu kayıplar birbirleri ile kıyaslanamayacak kadar farklıdır. Bu nedenle elektrik kesintilerinden etkilenen tüketiciler genellikle sanayi, ticaret, altyapı ve kamu hizmetleri ve konut tüketicileri olarak gruplandırılarak, tüketici kayıpları daha hassas ve doğru olarak tahmin edilmeye çalışılmaktadır (Sullivan ve diğ, 1997). Bunun yanı sıra kesinti maliyetlerini etkileyen diğer bir önemli parametre olan, kesinti karakteristikleri de yapılan çalışmalarda analiz edilmektedir. Bir kesintinin karakteristiği, kesintinin planlı ya da plansız olmasına, kesintinin gerçekleştiği mevsime, güne ve saate bağlı olarak değişmektedir (Kariuki ve Allan, 1996). Kesinti maliyetlerinin tahmin edilmesinde kullanılan yöntemlerde, kesinti maliyetlerini etkileyen bu parametreler dikkate alınarak gerekli hesaplamalar yapılmaktadır.

Anket çalışması ile yapılan kesinti maliyeti hesaplamalarında tüketicilerin kesintiler nedeniyle maruz kaldığı maliyetler doğrudan tüketiciler ile iletişime geçerek hesaplanmaktadır (Nam ve diğ, 2006). Bu anket çalışmalarında önceden hazırlanmış her biri belirli bir parametreyi ölçen soruların tüketiciler tarafından hesaplanması istenilir. Bu sorular ile farklı kesinti karakteristiklerindeki kesintilerin farklı tüketiciler üzerinde ortaya çıkardığı maliyetler tahmin edilir (London Economics, 2013).

Tahminler tüketicilerden elde edilen cevapların istatistiksel olarak analiz edilmesi ile gerçekleştirilir.

Anket yöntemi çalışmacılar tarafından en çok tercih edilen yöntemdir (Ghajar ve Billinton, 2006). Kısıtlı sayıda tüketicilerin incelendiği çalışmalar olduğu gibi çok sayıda tüketicinin incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır (Sullivan ve diğ, 2015). Bu yöntemde tüm tüketici gruplarını ve kesinti karakteristiklerini incelemek anket çalışmasının kapsamını ve zorluğunu önemli derecede arttırmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmalarda belirli tüketici gruplarına ve kesinti senaryolarına odaklanılmaktadır (New Zealand Electricity Authority, 2013).

Kesinti maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan bir diğer yöntem örnek olay yöntemidir. Bu yöntem gerçekleşen büyük ölçekli bir kesintinin ardından tüketiciler ile iletişime geçerek uygulanmaktadır (Rose ve diğ, 2007). Burada amaç kesintilerden henüz yeni etkilenmiş tüketiciler ile iletişime geçerek daha gerçekçi bilgiler edinmektir (Yamashita ve diğ, 2008). Anket çalışmasına benzer olarak bu yöntemde de tüketiciler ile iletişime geçildiği için tüm tüketici gruplarının ve kesinti karakteristiklerinin incelenmesi yerine belirli bölümler üzerine çalışılmaktadır (Shivakumar ve diğ, 2017).

Dolaylı analitik yöntemlerde ise kesinti maliyetleri, kolay ulaşılabilir, gayri safi milli hasıla ve enerji tüketimi gibi çeşitli veriler kullanılarak hesaplanır (Growitsch ve diğ, 2013). Bu yöntemde tüketiciler ile doğrudan iletişime geçilmez. Bu nedenle dolaylı analitik yöntemler ile diğer yöntemlere göre daha hızlı ve daha basit bir şekilde hesaplama yapılabilir (Castro ve diğ, 2016). Literatürde, dolaylı analitik yöntemler ile gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Leahy ve Tol, 2011). Bu çalışmalarda kesinti maliyetleri diğer yöntemlere göre daha kolay bir şekilde elde edildiği için çalışmaların kapsamı artırılabilir (Zachariadis ve Poullikkas, 2012).

Elektrik kesinti maliyetlerinin elde edilmesinde kullanılan bu yöntemlerin tamamında çeşitli bir takım eksiklikler bulunmaktadır (Diboma ve Tatiense, 2013). Örneğin anket yönteminde iletişime geçilen yetkililerin konu hakkında sınırlı bilgiye sahip olması ya da yetkililerin anket sonuçlarını manipüle etmek amacıyla bilerek yanlış cevap vermesi gibi bir takım problemler bulunmaktadır (Minnaar ve diğ, 2017). Bu durum anket çalışmalarından elde edilen verilerin istatistiksel olarak incelenmesini zorunlu hale getirmektedir. Ayrıca anket çalışmalarına katılacak tüketici bulmak oldukça zordur. Tüm bu nedenlerden dolayı anket çalışmalarının uygulanması için çok fazla iş

gücüne ihtiyaç duyulmaktadır (Kivikko ve diğ, 2008). Örnek olay yönteminde ise anket çalışmalarından farklı olarak yaşanan problem, büyük kesintilerin nadiren ortaya çıkmasıdır (Newman ve diğ, 2011). Ayrıca büyük çaplı kesintiler genellikle farklı coğrafyalarda gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu yöntem sıklıkla uygulanamamakta ve gerekli sonuçlar elde edilememektedir. Yine bu yöntemde tüketiciler ile iletişime geçildiğinden anket çalışmalarına benzer sıkıntılar da bulunmaktadır. Dolaylı analitik yöntemlerde ise genel bir takım verilerin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar tüketiciler hakkında detaylı sonuçlara ulaşamamasına neden olmaktadır (Kim ve Cho, 2017). Ortaya çıkan tüm bu eksiklikler çalışmalardan elde edilen sonuçların güvenilirliğini azaltmaktadır. Bu nedenle kesinti maliyetlerinin karar vericiler tarafından yapılacak olan yatırım planlarında kullanılması zorlaşmaktadır.

Araştırmacılar, bu problemlerin aşılması için çeşitli bir takım yenilikler geliştirmişlerdir. Genellikle birden fazla yöntem birlikte kullanılarak ilgili yöntemlerin dezavantajları azaltılarak avantajlı oldukları taraflardan yararlanılmaya çalışılmıştır (Kim ve diğ, 2014; Yin ve diğ, 2001). Fakat yine de geliştirilen yenilikler elektrik kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında uygun olarak değerlendirilmesini sağlayamamıştır.

Elektrik kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında kullanılmasının önündeki en temel problemler yapılan çalışmalar ile tekrarlanabilir modellerin oluşturulamamasıdır. Kesinti maliyetleri, kesintinin karakteristiğine ve kesintilerden etkilenen tüketicilerin karakteristiğine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Fakat literatürde yer alan yöntemler ile yalnızca belirli koşullar altında araştırmalar yapılmaktadır. Bu koşulların değişmesi halinde ise çalışmaların yeniden yapılması gerekmektedir. Özellikle literatürde sıklıkla kullanılan kapsamlı bir anket çalışmasının oluşturulması oldukça yüksek bir iş gücü ve ekonomik kaynak gerektirmektedir. Bu nedenle bu çalışmaların yeniden gerçekleştirilmesi verimli bir çözüm değildir. Ayrıca çalışmalar yeniden gerçekleştirilecek olsalar bile bunun için oldukça uzun bir zaman gerekmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı elektrik kesintilerinin karar vericiler tarafından dikkate alınması için tekrarlanabilir modellerin oluşturulması gerektiği zorunluluğu oldukça açıktır.

Bunların yanı sıra karar vericiler tarafından oluşturulan yatırım planları uzun süreleri kapsamaktadır. Bu nedenle elektrik kesinti maliyetlerinin de geleceğe yönelik olarak elde edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kesinti maliyetlerinin geleceğe yönelik elde

edilmesi ile öncelikli olarak yatırım yapılması gereken bölgeler tespit edilebilir ve yatırım kararları bu doğrultuda gerçekleştirilebilir.

Ayrıca gelişen elektrik şebekesi ile birlikte karar vericiler aynı anda birden fazla şirketi denetlemekte ve yatırım kararlarını bütüncül olarak gerçekleştirmektedirler. Dolayısıyla kesinti maliyetlerinin birçok farklı şirketin tümü için hesaplanmasına ve gerekli karşılaştırmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum kesinti maliyetlerinin elde edilmesi için gerekli olan iş gücünü oldukça arttırmakta ve süreci karmaşık hale getirmektedir. Elektrik kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında efektif olarak dikkate alınması için az iş gücü kullanarak süreç basitleştirilmeli ve kesinti maliyetleri doğrudan hesaplanmalıdır.

Tüm bu bilgiler ışığında kesinti maliyetlerinin ortaya koyularak karar vericilerin yatırım planlarında kullanılması ve bunun sonucunda enerji piyasasındaki paydaşların kesinti maliyetlerinin azaltılması için yeni bir takım yöntemlere ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.

1.3 Tezin Kapsamı

Bu tez çalışmasında öncelikle tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri hesaplanacaktır. Kesinti maliyeti hesaplamaları 21 dağıtım bölgesi için gerçekleştirilecektir. Hesaplamalarda tüketiciler, sanayi, ticarethane ve konut tüketicisi olarak gruplandırılacaktır. Kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında değerlendirilmesi hedeflendiğinden hesaplamalar, dolaylı analitik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilecektir. Bu yöntemler ile kesinti maliyetleri az iş gücüne ihtiyaç duyularak, hızlı ve ekonomik olarak hesaplanabilmektedir. Kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınması için ülke çapında çalışmalar gerektiğinden bu yöntemin kullanılması en uygun çözümdür. Ayrıca dolaylı analitik yöntemler, yalnızca bir dağıtım şirketi için yapılacak olan kesinti maliyeti hesaplamaları için de oldukça uygundur. 21 dağıtım bölgesindeki tüketicilere ve dağıtım şirketlerine ait kesinti maliyetlerinin elde edilmesi ile birlikte dağıtım şirketlerinin performansları kesinti maliyetleri dikkate alınarak değerlendirilebilecektir.

Tez çalışması kapsamında ayrıca kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında yer alması için gerekli olan geleceğe yönelik tahminler (forecasting) oluşturulacaktır. Bu ö

tahminlerde doğrudan kesinti maliyetleri değil, kesinti maliyetlerinin en önemli etmeni olan kesinti süreleri dikkate alınacaktır. Tahminlerin oluşturulmasında dağıtım şirketlerinin mevzuat gereği internet sitelerinde ilan ettikleri gerçek kesinti istatistikleri kullanılacaktır. Tahminler ile karar vericilerin ihtiyaç duyduğu geleceğe yönelik kesinti maliyetlerinin elde edilmesine katkı sağlanacaktır. Ayrıca kesinti maliyeti hesaplamalarındaki bir diğer problem, tekrarlanabilir modellerin oluşturulamamasıdır. Çalışmada yapay zeka tabanlı yöntemlerin kullanılması ile tekrarlanabilir modeller oluşturulacaktır.

Bu tez çalışması ile elektrik kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınmasını zorlaştıran, tekrarlanabilir modellerin oluşturulması, geleceğe yönelik tahminlere ihtiyaç duyulması ve az işlem gücü ile doğrudan sonuca ulaşılması problemlerine yönelik izlenmesi gereken stratejiler belirlenecektir. Bu stratejiler ile karar vericilerin yatırım planlarında elektrik kesinti maliyetlerini dikkate alması desteklenecektir.

Bu tezin 2. bölümünde elektrik kesintilerinin enerji sektöründe yer alan paydaşlar üzerinde neden olduğu maliyetler ve bu maliyetlerin bileşenleri incelenmiştir. 3. bölümde ise tedarik sürekliliği kavramı açıklanmış ve ülkemizin tedarik sürekliliği performansı çeşitli ülkeler ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Tez çalışmasının 4. bölümünde literatürde kullanılan kesinti maliyeti hesaplama yöntemleri değerlendirilmiştir. 5. bölümde ise tahmin yöntemleri incelenmiştir. Çalışmanın 6. bölümü ülkemizdeki tüketicilerin ve dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetlerinin elde edilmesini ve kesinti tahminlerinin oluşturulmasını içermektedir. Tez çalışmasının son bölümü olan 7. bölümde ise çalışmanın bulguları ışığında elde edilen sonuçlar ve öneriler bulunmaktadır.



2. ELEKTRİK KESİNTİ MALİYETLERİ

Yaşanan teknolojik gelişmeler ile birlikte elektrik enerjisinin önemi giderek artmaktadır. Günümüz insanı, yaşantısının her anında elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Elektrik enerjisinin sosyal yaşam, ticaret ve sanayi için vazgeçilmez oluşunun bir sonucu olarak, elektrik kesintilerinin neden olduğu olumsuz etkiler geçmişten günümüze katlanarak artmaktadır.

Elektrik kesintileri, üretimde meydana gelen aksamalar, hurda kayıpları gibi ekonomik, konfor kaybı, güvenlik problemleri gibi sosyal kayıplara neden olmaktadır. Tüketiciler ve şebeke işletmecileri, ortaya çıkan bu kayıp bileşenlerinden farklı şekillerde ve derecelerde etkilenmektedir.

2.1 Tüketicilerin Elektrik Kesinti Maliyetleri

Elektrik kesintilerinin tüketiciler üzerinde neden olduğu maliyetlerin doğru şekilde tespit edilebilmesi için öncelikle tüketicilerin gruplandırılması ve elektrik kesintilerinin farklı tipteki tüketici grupları üzerinde neden olduğu farklı maliyet bileşenlerinin analiz edilmesi gerekmektedir.

Tüketici grupları genel olarak;

- Konut
- Sanayi
- Ticaret
- Altyapı ve Kamu Hizmetleri

olarak sınıflandırılmaktadırlar. Elektrik kesintileri nedeniyle tüketici grupları üzerinde oluşan maliyetler yalnızca tek bir bileşenden oluşmamaktadır (Balducci ve diğ, 2002). Kesintilerin neden olduğu sosyal ve ekonomik maliyetlerin hesaplanabilmesi için öncelikle tüketici gruplarını etkileyen farklı bileşenlerin tespit edilmesi gerekmektedir.

Kesintiler üzerinde yapılan araştırmalar, kesintilerin doğrudan etkilerinin yanında bir takım dolaylı etkilerinin de olduğunu ortaya koymaktadır (Munasinghe ve Sanghvi, 1988). Kesintilerin farklı tüketici grupları üzerinde neden olduğu maliyetlerin doğrudan ve dolaylı bileşenleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Kesinti Maliyetlerinin Doğrudan ve Dolaylı Bileşenleri.

Tüketici Grubu	Kesinti Maliyetlerinin Doğrudan Bileşenleri	Kesinti Maliyetlerinin Dolaylı Bileşenleri
Konut	Rahatsızlık, Zaman Kaybı, Stres vb. Arızalar ve Maddi Hasarlar Sağlık ve Güvenlik Problemleri	Diğer Hane ve Firmalara Maliyetler
Sanayi ve Ticaret	Üretim Kaybı Çalışmayan Kaynakların Boşta Kalmaları ile Oluşan Maliyetler Kapatma ve Yeniden Başlatma Maliyetleri Arıza ve Hasarlar Hammadde Kayıpları Sağlık ve Güvenlik Problemleri	Kesintiden Etkilenen Şirketin, Birlikte Çalıştığı Diğer Şirketlere Etkisi Etkilenen Şirketin Son Satıcı Olması Durumunda Müşteriler Üzerindeki Etkiler
Altyapı ve Kamu Hizmetleri	Çalışmayan Kaynakların Boşta Kalmaları ile Oluşan Maliyetler Arıza ve Hasarlar	Sağlık ve Güvenlik Problemlerinin Yan Etkileri Etkilenen Hizmetler ve Kurumların Kamu Kullanıcılarına Maliyeti Sağlık ve Güvenlik Problemlerinin Yan Etkileri Hırsızlık Gibi Potansiyel Sosyal Sorunların Maliyeti

Çizelge 2.1 incelendiğinde elektrik kesintilerinin yarattığı sosyal ve ekonomik maliyetlerin yalnızca çeşitli tüketici grupları için farklılıklar göstermediği ayrıca her bir tüketici grubunun kendi içinde de birbirinden farklı çok sayıda kesinti bileşeninden etkilendiği gözlemlenmektedir. Yapılan kesinti maliyet analizlerinin yüksek doğrulukta olması için bu bileşenlerin tümünün detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Bunun yanı sıra kesintilerin maliyetlerini etkileyen bir diğer önemli konu da kesinti karakteristikleridir. Elektrik kesintileri, genel olarak;

- Bildirimli/bildirimsiz
- Uzun/kısa
- Sık/aralıklı

olarak gruplandırılmaktadır (Rao ve diğ, 2010). Yapılan çalışmalar, farklı karakteristikteki kesintilerin maliyetlerinin önemli ölçüde farklılar gösterdiğini ortaya koymaktadır (Zidan ve El-Saadany, 2015). Örneğin bir halı dokuma fabrikasında gerçekleşen birkaç saniyelik bir kesinti üretim uzun bir süre durmasına neden olurken bir mobilya fabrikasında meydana gelen birkaç saniyelik bir kesintinin etkisi oldukça sınırlıdır.

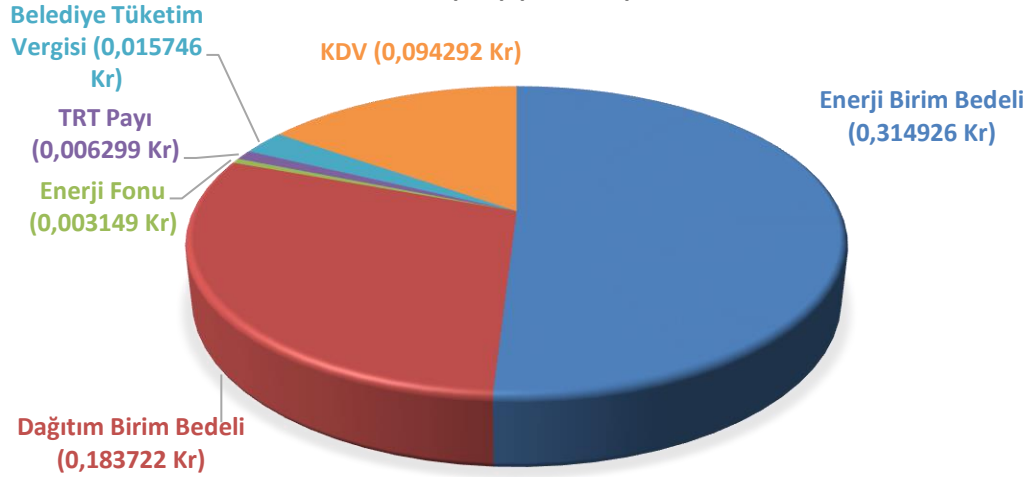
Ayrıca kesinti maliyetlerini etkileyen bir diğer önemli faktör de kesintinin gerçekleştiği zamandır (Reichl ve diğ, 2013). Bir kesintinin yaz ayında ya da kış ayında gerçekleşmesi, iş günü çalışma saatleri içerisinde ya da hafta sonu çalışma saatleri dışında gerçekleşmesi ortaya çıkan kesinti maliyetinin önemli ölçüde değişmesine neden olmaktadır. Örneğin bir soğuk hava deposu için yaz ayında gerçekleşen bir kesinti ile kış ayında gerçekleşen bir kesinti arasında ciddi farklar bulunmaktadır. Bunun yanı sıra kesintiler, tüketicilerin çalışma saatleri içerisinde ya da çalışma saatleri dışarısında meydana gelebilir. Yine bu durumda da kesinti maliyetleri önemli derecede etkilenmektedir.

2.2 Şebeke İşletmecilerinin Elektrik Kesinti Maliyetleri

Elektrik enerji kesintileri, tüketicilere olduğu gibi enerji sektöründe yer alan elektrik dağıtım şirketleri, iletim şirketleri, elektrik üreticileri gibi paydaşlara ve enerji tüketiminden gelir elde eden kamu kurumlarına oldukça büyük ekonomik zararlar vermektedir. Ortaya çıkan bu maliyetler, kesintiler nedeniyle tüketiciye sağlanamayan enerjinin bedeli, kesintiyi giderecek olan insan gücü vb. gibi bir takım bileşenleri içermektedir (Lassila ve diğ, 2005). Örnek olarak ülkemizdeki 2019 yılı 3. çeyreğine ait alçak gerilim, tek terimli, mesken tüketicisinin birim enerji fiyatı ve bileşenleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

Şekil 2.1’e benzer şekilde sanayi, ticarethane ve konut tüketicileri gibi tüketiciler için de enerji birim fiyatı değişiklik göstermesine karşın benzer bileşenler bulunmaktadır. Dolayısıyla şebekede meydana gelen kesintiler enerji tüketiminden gelir elde eden dağıtım şirketleri, iletim şirketleri, üretim şirketleri, belediyeler, Türkiye Radyo Televizyon Kurumu (TRT) gibi kurumların tümünün önemli ekonomik kayıplar yaşamalarına neden olmaktadır.

**2019 3. Çeyrek Tek Terimli, Tek Zamanlı Mesken Enerji Fiyatı
(AG) (Kr/kwh)**



Şekil 2.1 : 2019 yılı 3. çeyreğine ait alçak gerilim, tek terimli, mesken tüketicisinin birim enerji fiyatı ve bileşenleri.

Tüm bunların yanı sıra Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği uyarınca dağıtım şirketlerinin hizmet kalitesini denetlemektedir (EPDK, 2012). Yönetmelikte belirtilen kesinti sayısını ve süresini aşan dağıtım şirketleri tazminat ödemesi yapmak zorundadır. Ayrıca aynı yönetmelik gereği dağıtım şirketleri 12 saati aşan kesintiler için kesintiden etkilenen her bir kullanıcıya kesinti tazminatı ödemek zorundadır. Bu nedenle yüksek kesinti sayısına ve süresine sahip dağıtım şirketleri diğer kesinti maliyetlerine ek olarak tazminatlar nedeniyle ilave ekonomik kayıplara maruz kalmaktadırlar. Elektrik kesintileri nedeniyle ortaya çıkan tüm bu bileşenler incelendiğinde kesintilerin ülkeler boyutunda neden olduğu kaybın büyüklüğü net olarak anlaşılmaktadır.

2.3 Ülkelerin Elektrik Kesinti Maliyetleri

Elektrik kesintilerinin neden olduğu maliyetlerin oldukça yüksek olması ve bu maliyetlerin tüketicileri ve enerji sektöründeki tüm paydaşları önemli derecede etkilemesi, elektrik kesintilerinin ülkelere maliyetlerinin tahmin edilmesi ile ilgili dünya çapında çok sayıda çalışmanın yapılmasına neden olmuştur. Çizelge 2.2’de elektrik kesintilerinin çeşitli ülke ekonomilerine olan maliyetleri gösterilmiştir. (Targosz ve Manson, 2013; LaCommare ve Eto, 2006).

Çizelge 2.2 : Elektrik kesintilerinin ekonomik maliyetleri.

Yazar	Ülke	Yıl	Tüketiciler	Toplam Yıllık Kayıp
Targosz ve Manson (2007)	AB-25	2004-2006	Sanayi / Altyapı ve kamu hizmetleri	150 Milyar Avro
			Konut	1.5 Milyar Dolar
LaCommare ve Eto (2006)	ABD	2001	Ticari	56.8 Milyar Dolar
			Sanayi	20.4 Milyar Dolar
			Toplam	79 Milyar Dolar

Çizelge 2.2’de gösterildiği gibi elektrik kesintilerinin maliyetleri milyarlarca dolar seviyelerine çıkmaktadır. Ne yazık ki ülkemizde elektrik kesintilerinin maliyetlerini inceleyen detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Fakat ülkemiz Uluslararası Para Fonu’nun (IMF) Ekim 2019’da Gayrisafi Yurt İçi Hasılları dikkate alarak oluşturduğu raporda 743.708 milyar dolarlık gayri safi milli hasılası ile dünyanın en büyük 19. ekonomisidir (IMF, 2019). Bunun yanı sıra Türkiye genelinde 2019 yılı toplam enerji tüketimi 304.252 GWh’tır (TEİAŞ, 2019). Ülkemizin ekonomik gelişmişliği ve toplam enerji tüketimi dikkate alındığında Çizelge 2.2’de yer alan ülkelere benzer şekilde elektrik kesintilerinin yüksek kayıplara neden olduğu açıktır. Ayrıca ekonomik kayıpların yanında kesintiler nedeniyle ortaya çıkan konfor kayıpları, güvenlik problemleri, kamu hizmetlerindeki aksamalar gibi sosyal kayıplar da oldukça yüksektir.

Ortaya çıkan bu yüksek kayıplar düşünüldüğünde ülkemizde de diğer ülkelerde olduğu gibi kesinti maliyetlerini inceleyen, maliyetlerin tüketiciler ve şebeke işletmecileri üzerindeki etkilerini ortaya koyan çalışmaların sayısı arttırılmalıdır. Çalışmalar sonucunda elde edilecek çıktılar, karar verici kurum ve kuruluşlar ile paylaşılmalı ve karar alma süreçleri yapılan bilimsel çalışmalar ile desteklenmelidir.

Elektrik kesintilerinin maliyetlerinin bütüncül ve doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için elektrik şebekelerinde gerçekleşen arızaların detaylı olarak incelenmesi ve şebeke performansının uygun parametreler ile değerlendirilmesi gerekmektedir.



3. ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDE TEDARİK SÜREKLİLİĞİ

Elektrik enerjisinin hayatın vazgeçilmez bir parçası olması, artan enerji talebi ve elektrik kesintilerinin yüksek maliyetleri nedeniyle son kullanıcıya kesintisiz ve düşük maliyetli enerji sunma zorunluluğu doğmuştur. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin tümünde tüketiciye sağlanan enerjinin kalitesi, düzenleyici kurumlar tarafından denetlenmektedir. Düzenleyici kurumlar, yönetmelikler ile elektrik kesinti sayılarını ve sürelerini belirli limitlerin içerisinde tutmaya çalışırlar. Tüketiciye kesinti sayısı ve süresi az enerji sağlanması tedarik sürekliliği olarak adlandırılmaktadır. Düzenleyici kurumlar, dağıtım şirketlerinin tüketicilere sağladığı enerjinin kalitesini ve yönetmeliklerle belirlenen sınır değerlerin aşılmadığını çeşitli tedarik sürekliliği indisleri yardımıyla denetler. Böylece tüketiciye tedarik sürekliliği performansı yüksek enerji sunularak kesintiler nedeniyle ortaya çıkan yüksek ekonomik ve sosyal maliyetlerin azaltılması hedeflenmektedir.

3.1 Tedarik Sürekliliği İndisleri

Bir şebekenin tedarik sürekliliği performansının değerlendirilmesi için kullanılan çok sayıda indis bulunmaktadır. Bu indisler yardımıyla şebekede meydana gelen kesintiler, yalnızca süre ve sayı olarak değil aynı zamanda tüketicilerin üzerinde yarattıkları etkiler ile de değerlendirilmektedir. Ayrıca tedarik sürekliliği indislerinin kullanılmasıyla farklı karakteristiklere sahip şebekeler birbirleri ile uygun şekilde kıyaslanabilmekte ve performans değerlendirmeleri yapılabilmektedir.

IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers), 1366-2012 numaralı standart ile başlıca tedarik sürekliliği indislerini tanımlamıştır (IEEE, 2012). Başlıca tedarik sürekliliği indisleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- **Ortalama kesinti süresi endeksi (OKSÜRE) (SAIDI)**

Ortalama kesinti süresi endeksi (OKSÜRE), tüketicilerin belirli bir zaman dilimi içerisinde maruz kaldığı ortalama kesinti süresini tanımlar.

$$OKSÜRE = \frac{\text{Tüketicilerin kesinti süreleri toplamı}}{\text{Toplam tüketici sayısı}} = \frac{\sum U_i N_i}{N_T} \quad (3.1)$$

Burada U_i , belirli bir periyottaki i . kesinti süresi, N_i , belirli bir periyottaki i . kesintiden etkilenen tüketici sayısı, N_T , toplam tüketici sayısıdır.

- **Ortalama kesinti sıklığı endeksi (OKSIK) (SAIFI)**

Ortalama kesinti sıklığı endeksi (OKSIK), tüketicilerin belirli bir zaman dilimi içerisinde maruz kaldığı ortalama kesinti sayısını tanımlar.

$$OKSIK = \frac{\text{Kesintilerden etkilenen tüketici sayısı}}{\text{Toplam tüketici sayısı}} = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (3.2)$$

Burada N_i , belirli bir periyottaki i . kesintiden etkilenen tüketici sayısı, N_T , toplam tüketici sayısıdır.

- **Tüketici ortalama kesinti süresi endeksi (TOKSÜRE) (CAIDI)**

Tüketici ortalama kesinti süresi endeksi (TOKSÜRE), toplam kesinti süresinin, toplam kesinti sayısına oranı olarak tanımlanır. Yani TOKSÜRE, OKSÜRE'nin OKSIK'a oranıdır.

$$TOKSÜRE = \frac{\text{Tüketicilerin kesinti süreleri toplamı}}{\text{Tüketicilerin kesinti sayıları toplamı}} = \frac{OKSÜRE}{OKSIK} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \quad (3.3)$$

Burada U_i , belirli bir periyottaki i . kesinti süresi, N_i , belirli bir periyottaki i . kesintiden etkilenen tüketici sayısıdır.

- **Tüketici toplam ortalama kesinti süresi endeksi (TTOKSÜRE) (CTAIDI)**

Tüketici toplam ortalama kesinti süresi endeksi (TTOKSÜRE), belirli bir süre içerisinde toplam kesinti süresinin, farklı tüketici sayısına oranıdır. Bu endeks hesaplanırken her bir müşteri kaç defa kesintiye uğradığına bakılmaksızın yalnızca bir defa dikkate alınmalıdır.

$$TTOKSÜRE = \frac{\text{Tüketicilerin kesinti süreleri toplamı}}{\text{Kesintiye uğrayan farklı tüketici sayısı toplamı}} = \frac{\sum U_i N_i}{N_f} \quad (3.4)$$

Burada U_i , belirli bir periyottaki i . kesinti süresi, N_i , belirli bir periyottaki i . kesintiden etkilenen tüketici sayısı, N_f , kesintiye uğrayan toplam farklı tüketici sayısıdır.

- **Tüketici ortalama kesinti sıklığı endeksi (TOKSIK) (CAIFI)**

Tüketici ortalama kesinti sıklığı endeksi (TOKSIK), belirli bir süre içerisinde tüketicilerin kesinti süreleri toplamının, kesintiden etkilenen tüketici sayısına oranıdır. Bu endeksin OKSIK endeksinden farkı yalnızca en az bir defa kesintiye uğrayan tüketiciler işleme dahil edilir.

$$TOKSIK = \frac{\text{Kesintilerden etkilenen tüketici sayısı}}{\text{Kesintiden etkilenen tüketici sayısı}} = \frac{\sum N_i}{N_e} \quad (3.5)$$

Burada, N_i , belirli bir periyottaki i . kesintiden etkilenen tüketici sayısı, N_e , kesintiden en az bir defa etkilenen toplam tüketici sayısıdır.

- **Ortalama hizmet kullanılabilirlik endeksi (OHKE) (ASAI)**

Ortalama hizmet kullanılabilirlik endeksi (OHKE), bir yıl içerisinde tüketicilerin toplam hizmet alımının, toplam talep hizmetine oranı olarak ifade edilir.

$$OHKE = \frac{\text{Tüketicilerin toplam hizmet kullanılabilirliği}}{\text{Tüketicilerin toplam hizmet talebi}} = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \quad (3.6)$$

Burada U_i , bir yıl içerisindeki i . kesinti süresi, N_i , bir yıl içerisindeki i . kesintiden etkilenen tüketici sayısıdır.

- **Ortalama sistem kesinti süresi endeksi (OSKSÜRE) (ASIDI)**

Ortalama sistem kesinti süresi endeksi (OSKSÜRE), toplam yük kesinti süresinin, talep edilen toplam yüke oranıdır. Bu endeks kesintilerden etkilenen tüketicilerden ziyade yük odaklıdır.

$$OSKSÜRE = \frac{\text{Toplam yük kesinti süresi}}{\text{Talep edilen toplam yük}} = \frac{\sum U_i L_i}{L_T} \quad (3.7)$$

Burada U_i , belirli bir periyottaki i . kesinti süresi, L_i , belirli bir periyottaki i . kesintiden etkilenen yük değeri, L_T , talep edilen toplam yük değeridir.

- **Ortalama sistem kesinti sıklığı endeksi (OSKSIK) (ASIFI)**

Ortalama sistem kesinti sıklığı endeksi (OSKSIK), kesintiye uğrayan toplam yükün, talep edilen toplam yüke oranıdır. Bu endeks de kesintilerden etkilenen tüketicilerden ziyade yük odaklıdır.

$$OSKSIK = \frac{\text{Kesintiye uğrayan toplam yük}}{\text{Talep edilen toplam yük}} = \frac{\sum L_i}{L_T} \quad (3.8)$$

Burada L_i , belirli bir periyottaki i . kesintiden etkilenen yük değeri, L_T , talep edilen toplam yük değeridir.

- **Anlık ortalama kesinti sıklığı endeksi (AOKSIK) (MAIFI)**

Anlık ortalama kesinti sıklığı endeksi (AOKSIK), anlık müşteri kesintileri toplam sayısının, toplam tüketici sayısına oranı olarak tanımlanır.

$$AOKSIK = \frac{\text{Anlık müşteri kesintileri toplam sayısı}}{\text{Toplam tüketici sayısı}} = \frac{\sum M_a N_{ai}}{N_T} \quad (3.9)$$

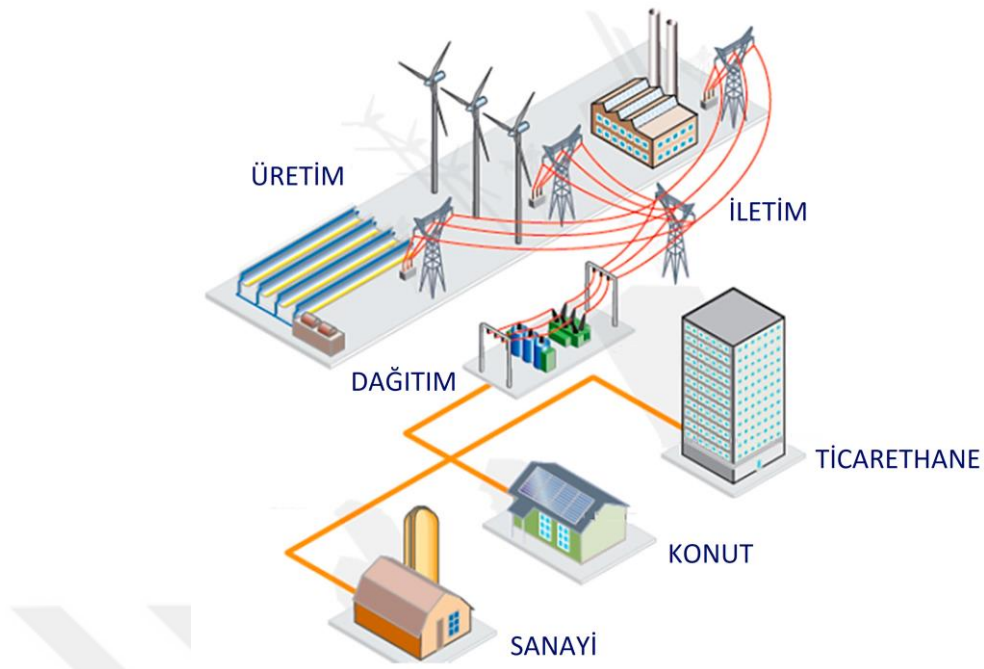
Burada M_a , anlık kesinti sayısı, N_{ai} , belirli bir periyottaki i . anlık kesintiden etkilenen tüketici sayısı, N_T , toplam tüketici sayısıdır.

Bu indisler kullanılarak bir şebekenin performansı tüketici ya da yük bazlı olarak uygun şekillerde incelenebilir. Bu indisler IEEE 1366-2012 tarafından tanımlanmış olan genel indislerdir, bir şebekenin farklı alanlardaki performansı değerlendirilmek istenirse özel bir takım indisler geliştirilebilir.

3.2 Çeşitli Ülkelerde Tedarik Sürekliliği

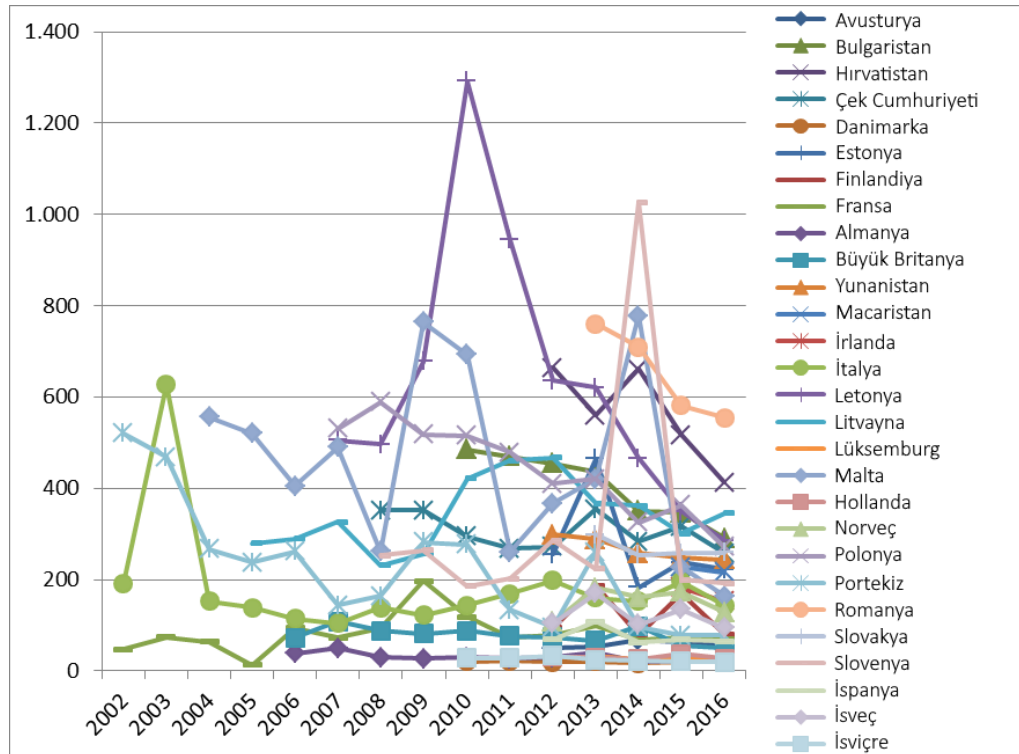
Elektrik şebekelerinde tüketiciler çoğunlukla (büyük organize sanayiler hariç) dağıtım şebekesinden enerji sağlamaktadırlar. Dolayısıyla tüketicilerin tedarik sürekliliği performansını denetleyen indisler, genellikle dağıtım şebekesinin performans değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Şekil 3.1’de örnek bir elektrik şebekesinin prensip şeması gösterilmiştir.

Elektrik şebekelerinin tedarik sürekliliği performansları, ülkelerin yatırım yapılabilirliklerinin belirlenmesini kullanılan en önemli parametrelerden biridir (World Bank Group, 2018). Bu nedenle Dünya Bankası, Avrupa Enerji Düzenleyicileri Konseyi (CEER) gibi uluslararası önemli kuruluşlar gerekli istatistiksel verileri kullanarak ülkelerin tedarik sürekliliği performanslarını değerlendirirler. Tedarik sürekliliği performansını denetleyen çok sayıda indis olmasına karşın yapılan değerlendirmelerde genel olarak OKSÜRE (SAIDI) ve OKSIK (SAIFI) indisleri kullanılmaktadır.

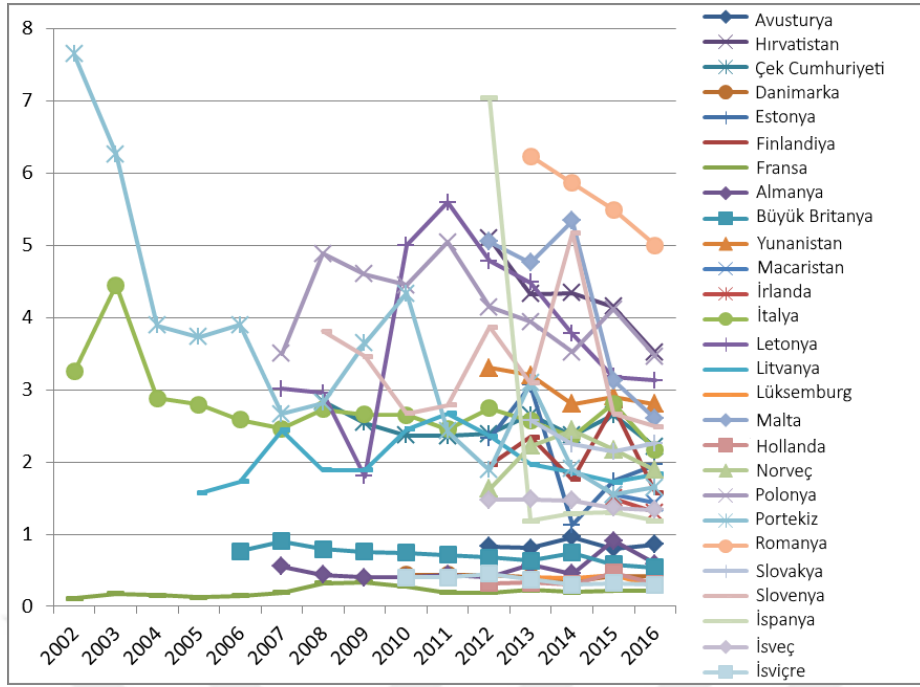


Şekil 3.1 : Elektrik şebekesi prensip şeması.

Şekil 3.2 ve 3.3'te CEER'in Avrupa ülkelerini dikkate alarak 2018 yılında yayımladığı teknik raporda yer alan, OKSÜRE ve OKSIK değerleri sırasıyla gösterilmiştir (CEER, 2018). CEER tarafından hazırlanan 2017 – 2019 yılları güncel performans değerlendirme raporunun 2020 yılının ortalarında yayımlanması planlanmaktadır.



Şekil 3.2 : Avrupa ülkeleri bildirimli ve bildirimsiz OKSÜRE değerleri (dk).



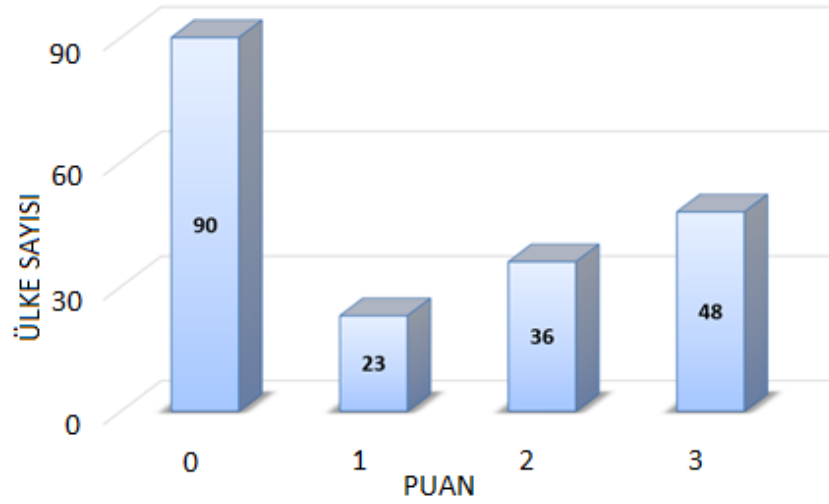
Şekil 3.3 : Avrupa ülkeleri bildirimli ve bildirimsiz OKSIK değerleri (adet).

Şekil 3.2 ve 3.3 incelendiğinde Almanya, Birleşik Krallık, İsveç gibi gelişmiş ülkelerin yüksek performansa sahip olduğu gözlemlenmektedir. Elektrik enerji kalitesi, ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle gelişmekte olan ülkeler de tedarik sürekliliği performanslarını uygun yatırımlar ile iyileştirmelidir.

CEER'in teknik raporuna benzer şekilde Dünya Bankası da istatistiksel verilerine erişebildiği ülkelerin OKSÜRE ve OKSIK indislerini değerlendirerek raporlar oluşturmaktadır.

3.3 Türkiye'de Tedarik Sürekliliği

Ülkemizin tedarik sürekliliği performansını uygun bir şekilde değerlendirebilmek için tedarik sürekliliği performansımızın diğer ülkelerle kıyaslanması gerekir. Dünya Bankası tarafından desteklenen "Doing Business" organizasyonu 2017 yılında dünya genelinde 197 ülkeyi kapsayan bir tedarik sürekliliği çalışması yapmıştır (Doing Business, 2017). Bu çalışma doğrultusunda 197 ülkenin OKSIK ve OKSÜRE parametreleri incelenmiş ve ülkeler gösterdikleri performanslara göre dört gruba ayrılmışlardır. Sırasıyla en iyi performansı gösteren grup üç puan ve en kötü performansı gösteren grup sıfır puan olacak şekilde bu dört grup puanlandırılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçları Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4 : Ülkelerin tedarik sürekliliği puanları.

Yapılan bu çalışmada Türkiye sıfır puan olarak son grupta yer alan doksan ülke içinde bulunmuştur. Ayrıca ülkemiz, Dünya Bankası verilerine göre 2019 yılı güncel durumu incelendiğinde hem OKSÜRE hem OKSIK indislerinde ilk 100 ülke arasında yer almamaktadır (Doing Business, 2017).

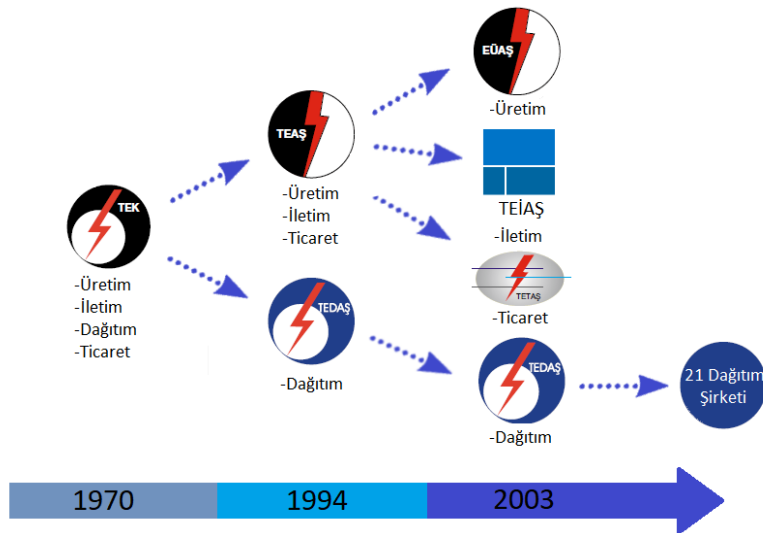
Elektrik enerjisi tüketimi ve tedarik sürekliliği performansı bir ülkenin gelişmişlik düzeyinin ölçülmesinde en önemli parametrelerdendir. Dünyadaki büyük ekonomiler incelendiğinde ekonomik gelişmişlik ile kişi başına tüketilen elektrik enerjisi ve elektrik kesintileri önemli paralellikler göstermektedir. Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi ülkemiz IMF raporlarına göre Gayrisafi Yurt İçi Hasıllar dikkate alındığında dünyanın en büyük 19. ekonomisidir (IMF, 2019). Ülkemizin tedarik sürekliliği parametreleri araştırmasında bulunduğu konum ile ekonomik büyüklük sıralamasında bulunduğu konum karşılaştırıldığında bir paralellik olmadığı aksine önemli derecede farklar olduğu gözlemlenmektedir. Ekonomik olarak 19. sırada bulunan ülkemiz söz konusu elektrik kesintileri olduğunda ilk 107 ülke arasında yer alamamıştır. Türkiye ile benzer ekonomik büyüklüklere sahip, Gayrisafi Yurt İçi Hasıla sıralamasında, 16, 17 ve 18. sıralarda yer alan Endonezya, Hollanda ve Suudi Arabistan, 20, 21 ve 22. sıralarda yer alan İsviçre, Tayvan, Polonya gibi ülkeler incelendiğinde ise Türkiye'nin aksine gelişmişliklerine paralel şekilde şebeke performanslarına sahip oldukları gözlemlenmektedir (Doing Business, 2017).

Elektrik kesintilerinin ülke ekonomisine meydana getirdiği ekonomik ve sosyal kayıpların büyüklüğü düşünüldüğünde, elektrik kesintilerin etkilerinin azaltılması için araştırma-geliştirme çalışmalarının yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ülkemizin

sahip olduğu kötü tedarik sürekliliğinin sebeplerinin anlaşılması ve uygun çözümlerin geliştirilebilmesi için öncelikle Türkiye elektrik şebeke yapısının analiz edilmesi gerekmektedir.

3.4 Türkiye Enerji Sektörü ve Şebeke Yapısı

Türkiye’de elektrik enerjisinin kullanımı 19. yüzyılın sonlarında başlamış olmasına karşın Türkiye’de enerji sektörünün merkezi bir kurum tarafından yürütülmesi 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu’nun (TEK) kurulmasıyla başlamıştır. TEK ile üretim, iletim ve dağıtım tekel olarak yönetilmiştir. Tüketilen elektrik enerjisinin yıldan yıla giderek artması, şebekenin önemli ölçüde büyümesi nedeniyle TEK, 1994 yılında yeniden yapılandırılmıştır. Bu kapsamda TEK, Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) adı altında iki ayrı kuruma ayrılmıştır. 2001 yılına gelindiğinde ise elektrik piyasasını denetleyecek bağımsız bir kuruluş olan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur. Yine 2001 yılında yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Kanunu ile TEAŞ, Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş (TETAŞ) ve Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) olarak üç ayrı kuruma ayrılmıştır. 2001 yılında başlayan özelleştirme çalışmalarıyla birlikte 2003 yılında dağıtım şebekesi 21 bölgeye ayrılmıştır. Şekil 3.5’te Türkiye enerji sektörünün yıllara göre gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Türkiye enerji sektörü.

Türkiye elektrik dağıtım şebekesinin 21 bölgeye ayrılmasının ardından 2008 yılında şebeke mülkiyeti TEDAŞ’ta kalmak kaydıyla özelleştirilmeye başlanmış ve 2013

yılında özelleştirme tamamlanmıştır. Türkiye elektrik dağıtım şebekesinde yapılan özelleştirmelerde, şebeke tamamen devredilmemiş 30 yıllık lisans süresi boyunca işletme hakları devredilmiştir. Şekil 3.6’te özelleştirmeler sonrasında dağıtım şebekesi bölgeleri ve kapsadıkları iller gösterilmiştir.



Şekil 3.6 : Özelleştirmeler sonrası dağıtım şebekesi bölgeleri.

Şekil 3.6’da gösterildiği gibi Türkiye’de 21 farklı dağıtım şirketi bulunmaktadır. Bu dağıtım şirketleri birden fazla ili kapsayabilmektedir. Çizelge 3.1’de dağıtım şirketlerinin kapsadıkları iller gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Dağıtım şirketlerinin kapsadıkları iller.

Dağıtım Bölgesi	Dağıtım Şirketi	Kapsanan İller
1	Dicle	Diyarbakır, Şanlıurfa, Mardin, Batman, Siirt, Şırnak
2	Vangölü	Bitlis, Hakkari, Muş, Van
3	Aras	Erzurum, Ağrı, Ardahan, Bayburt, Erzincan, Iğdır, Kars
4	Çoruh	Trabzon, Artvin, Giresun, Gümüşhane, Rize
5	Fırat	Elazığ, Bingöl, Malatya, Tunceli
6	Çamlıbel	Sivas, Tokat, Yozgat
7	Toroslar	Adana, Gaziantep, Hatay, Mersin, Osmaniye, Kilis
8	Meram	Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Konya, Karaman
9	Başkent	Ankara, Kırıkkale, Zonguldak, Bartın, Karabük, Çankırı, Kastamonu
10	Akdeniz	Antalya, Burdur, Isparta
11	Gdz	İzmir, Manisa
12	Uludağ	Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Yalova
13	Trakya	Edirne, Kırklareli, Tekirdağ
14	İst. Anadolu Yak.	İstanbul Anadolu Yakası
15	Sakarya	Sakarya, Bolu, Düzce, Kocaeli
16	Osmangazi	Eskişehir, Afyon, Bilecik, Kütahya, Uşak
17	Boğaziçi	İstanbul Avrupa Yakası
18	Kayseri ve Civarı	Kayseri
19	Adm	Denizli, Aydın, Muğla
20	Akedaş	Kahramanmaraş, Adıyaman
21	Yeşilirmak	Samsun, Amasya, Çorum, Ordu, Sinop

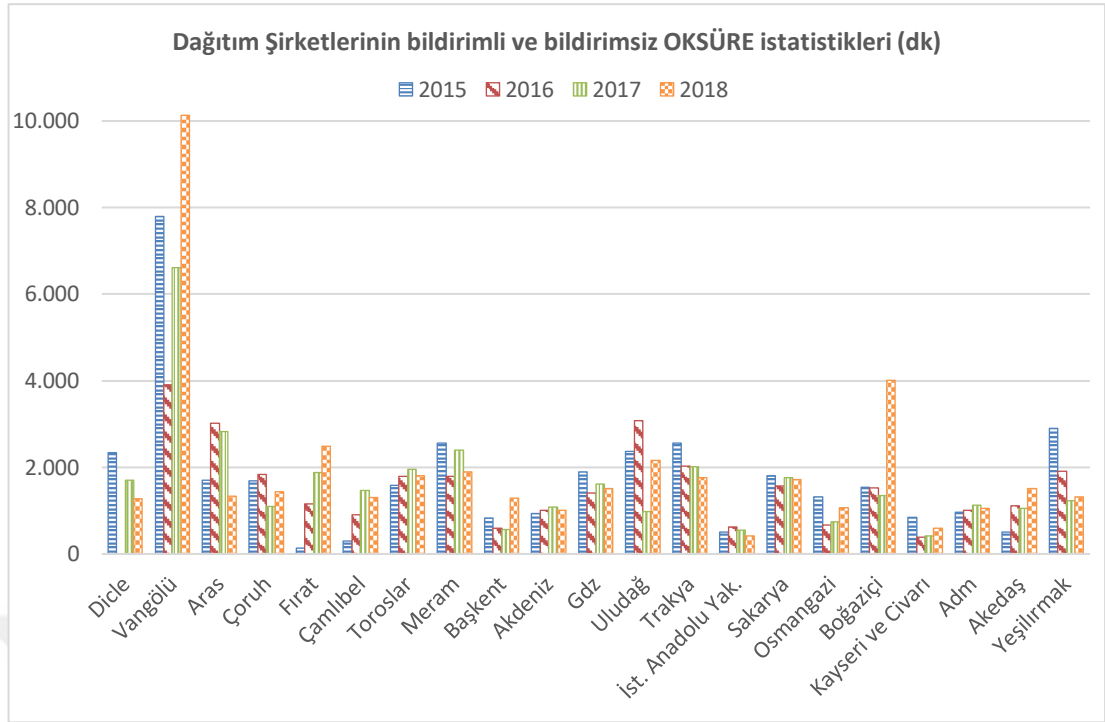
21 dağıtım bölgesinin her biri farklı tüketici karakteristiğine (tüketici sayısı, tüketici tipi, enerji tüketimi vb.) ve şebeke yapısına (hat uzunlukları, trafo sayıları vb.) sahiptir. Yapılacak performans değerlendirmelerinde bu durum mutlaka dikkate alınmalıdır.

3.5 Dağıtım Şirketlerinin Tedarik Sürekliliği

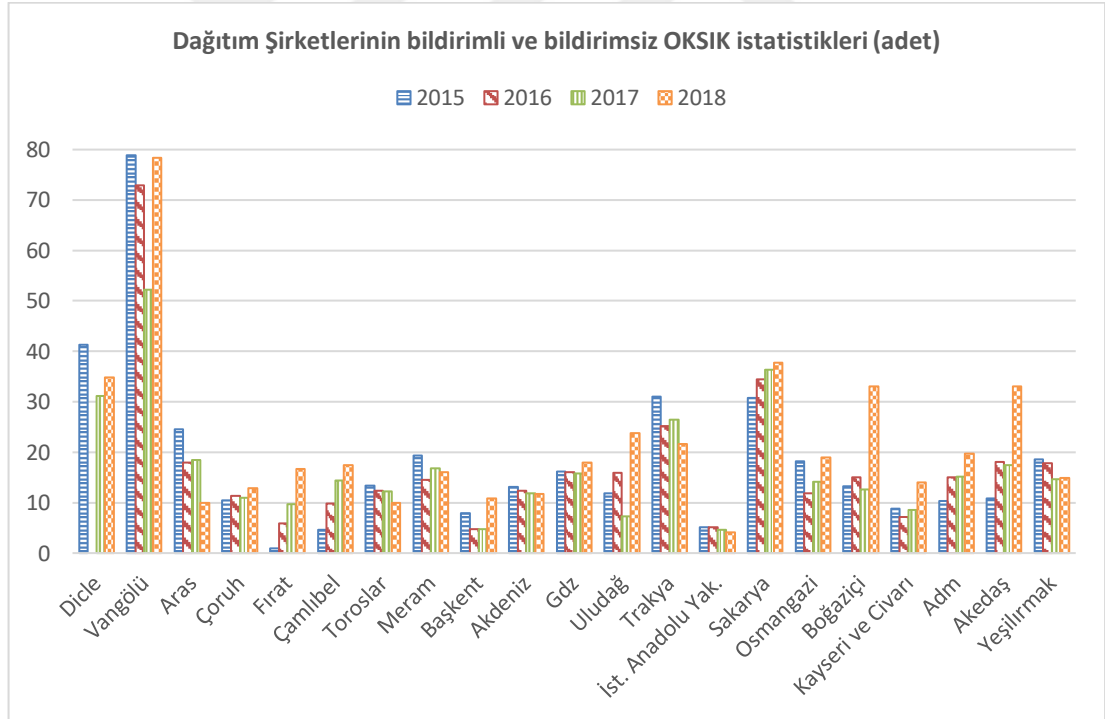
Ülkemizde yapılan özelleştirme ile birlikte elektrik dağıtım şebekesinin işletme hakları özel şirketlere geçmiştir. Bu özel şirketlerin tüketicilere sunduğu enerjinin kalitesi ise bağımsız bir kamu kuruluşu olan EPDK tarafından Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği uyarınca denetlenmektedir (EPDK, 2012). Bu yönetmeliğe göre dağıtım şirketleri, kesinti sayılarını, sürelerini, tedarik sürekliliği performanslarını il, ilçe, dağıtım bölgesi bazında yönetmelikte belirtilen formata uygun olarak kayıt altına almak zorundadırlar. Kayıt altına alınan bu veriler yönetmeliğin 17. maddesi 1. ve 2. fıkrasına göre aylık ve yıllık olarak EPDK'ya sunulmak zorundadır. Aynı zamanda bu veriler 17. maddenin 3. ve 4. fıkrasına göre dağıtım şirketlerinin resmi web sitesinde yayımlanmak zorundadır. EPDK, yönetmeliğin 13. maddesi uyarınca kayıt altına alınarak EPDK'ya gönderilen ve yayımlanan bu verilerin kayıt esaslarını ve doğruluğunu denetler.

2015 yılından itibaren EPDK, yıllık olarak yayımladığı Elektrik Piyasası Gelişim Raporları ile dağıtım şirketlerinin hizmet kalitesi performanslarını enerji sektörü ile paylaşmaktadır (EPDK, 2017, 2019). Şekil 3.7 ve 3.8'de dağıtım şirketlerinin bildirimli ve bildirimsiz OKSÜRE ve OKSIK istatistikleri gösterilmiştir.

Şekil 3.7 ve 3.8'de gösterilen dağıtım şirketlerinin performansları, CEER tarafından hazırlanan raporda yer alan, Şekil 3.2 ve 3.3'te gösterilen Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında, ülkemizde yer alan dağıtım şirketlerinin oldukça kötü bir performansa sahip olduğu gözlemlenmektedir. 2016 yılı esas alınarak (CEER raporu 2016'da son buluyor) OKSIK indisi incelenirse yalnızca Başkent elektrik dağıtım anonim şirketi (EDAŞ), Romanya'dan, OKSÜRE indisi incelenirse yalnızca Kayseri ve Civarı EDAŞ, Romanya ve Hırvatistan'dan iyi performans göstermektedir. Dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performanslarında dikkate değer bir iyileşme olmadığı düşünüldüğünde günümüzde yapılacak kıyaslamalarda da benzer sonuçlar çıkacağı açıktır.



Şekil 3.7 : Dağıtım şirketlerinin bildirimli ve bildirimsiz OKSÜRE istatistikleri (dk).



Şekil 3.8 : Dağıtım şirketlerinin bildirimli ve bildirimsiz OKSIK istatistikleri (adet).

Bunun yanı sıra 2016 yılında Dicle elektrik dağıtım şirketi performans sürekliliği değerlendirmesinden muaf tutulmuştur. Bunun nedeni kaçak elektrik tüketime bağlı olarak artan kesintilerdir. Kaçak elektrik bağlantısı yapmaya çalışan tüketiciler şebekede yüksek miktarda arızaya sebep olmaktadır. Ayrıca enerjinin kaçak olarak

ücretsiz tüketilmesinden dolayı çok fazla tüketim olmakta, hatlar ve transformatörler üzerinde aşırı yüklenmeye bağlı olarak arızalar oluşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı kayıp kaçak oranının belli bir limitin üstünde olduğu durumlarda elektrik dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performansları değerlendirilmemektedir.

Bir şebekede elektrik kesintileri yalnızca dağıtım şebekesinde meydana gelen arızaların yanı sıra iletim şebekesinde meydana gelen arızalardan da kaynaklanmaktadır. Bu nedenle dağıtım şirketlerinin performans incelemeleri yapılırken iletim şebekesi kaynaklı arızaların dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performanslarına olan etkilerinin de incelenmesi gerekmektedir. Şekil 3.7 incelendiğinde Türkiye’de en iyi ve en kötü performansa sahip elektrik dağıtım şirketlerinin sırasıyla İstanbul Anadolu Yakası ve Vangölü dağıtım şirketleri olduğu gözlemlenmektedir. Çoruh EDAŞ ise 21 dağıtım şirketi içerisinde 11. sırada yer alarak orta seviye performans göstermiştir. Fakat Çoruh EDAŞ tarafından paylaşılan tedarik sürekliliği verilerindeki format problemleri nedeniyle orta performans gösteren EDAŞ olarak 12. sıradaki Gdz EDAŞ incelenmiştir. Yapılan incelemelerde Gdz EDAŞ’ın da tedarik sürekliliği verilerinde format problemleri olduğu tespit edilmiş bu nedenle 13. sırada yer alan Akedaş orta seviye performansa sahip dağıtım şirketi olarak seçilmiştir. Türkiye’de en iyi, orta ve en kötü performansa sahip üç elektrik dağıtım şirketinin web sitelerinden alınan, 2018 yılı yaz ve kış mevsimlerine ait örnek aylardaki kesinti sayıları ve tedarik sürekliliği performansları Çizelge 3.2’de gösterilmiştir (İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ, 2019; Akedaş, 2019; Vangölü EDAŞ, 2019).

Çizelge 3.2 : En iyi, orta ve en kötü dağıtım şirketlerinin kesinti sayıları ve tedarik sürekliliği performansları.

Dağıtım Bölgesi	Arıza kaynağı	Haziran 2018						Aralık 2018					
		Kesinti Sayısı	Oksüre (Bildi-rimsiz) (dk)	Oksüre (Bildi-rimli) (dk)	Oksık (Bildi-rimsiz) (adet)	Oksık (Bildi-rimli) (adet)	Kesinti Sayısı	Oksüre (Bildi-rimsiz) (dk)	Oksüre (Bildi-rimli) (dk)	Oksık (Bildi-rimsiz) (adet)	Oksık (Bildi-rimli) (adet)		
İst. Anadolu Yak.	Dağıtım şebekesi	1264	21,75	5,64	0,33	0,04	1349	22,96	15,75	0,25	0,05		
	İletim şebekesi	2	0,09	0	0,01	0	1	0,08	0	0	0		
Akedaş	Dağıtım şebekesi	4930	122,3	11,55	3,76	0,1	3094	94,32	9,46	1,32	0,09		
	İletim şebekesi	9	1,66	1,68	0,09	0,31	15	0,31	15,26	0,01	0,07		
Vangölü	Dağıtım şebekesi	9853	967,4	8,56	8,1	0,03	10049	960,7	9,78	4,92	0,05		
	İletim şebekesi	19	22,03	0	0,46	0	27	1,28	5,53	0,1	0,02		

Çizelge 3.2 incelendiğinde en iyi, orta ve en kötü performansa sahip üç dağıtım bölgesinde de dağıtım şebekesinden kaynaklanan arızaların iletim şebekesinden kaynaklanan arızalara göre oldukça fazla olduğu gözlemlenmektedir. Fakat yalnızca arıza sayılarını dikkate alarak yapılan bir karşılaştırma yeterince doğru değildir. Karşılaştırmaların yüksek doğrulukta olması için kesintilerin etkilerini belirleyen kesinti süresi ve sıklığı gibi tedarik sürekliliği performanslarının değerlendirilmesi gerekir. Çizelge 3.2’de verilen tedarik sürekliliği performansları incelendiğinde de kesinti sayılarına benzer şekilde, dağıtım şebekesinin tedarik sürekliliği performansının iletim şebekesine göre oldukça kötü olduğu gözlemlenmektedir. Çizelge 3.2’de gösterilen verilerin yanı sıra, tüm dağıtım şirketlerine ait tedarik sürekliliği verileri yılın tüm aylarını kapsayacak şekilde şirketlerin web siteleri aracılığıyla incelenirse, tüm şirketlerin tedarik sürekliliği performanslarının da çalışmada aktarılan istatistiklere benzer olduğu gözlemlenmektedir.

İletim şebekesinde gerçekleşen arızaların dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performanslarına olan etkisi oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle tüketicilere sunulan elektrik enerjisinin kalitesini arttırmaya yönelik akademik çalışmalarda, projelerde ve şebeke yatırımlarında öncelikle dağıtım şebekelerine odaklanılmalıdır.

3.6 Dağıtım Şirketlerinin Düşük Tedarik Sürekliliği Performanslarının Başlıca Nedenleri

Türkiye’de tüketicilere sunulan elektrik enerjisinin kalitesinin artırılması için çok sayıda önlem alınmalıdır. Alınacak önlemlerin, kapsamlarının ve niteliklerinin uygun şekilde belirlenebilmesi için ise öncelikle düşük tedarik sürekliliği performanslarının nedenleri incelenmelidir. Türkiye’deki elektrik dağıtım şebekesinin tedarik sürekliliği parametreleri dikkate alındığında Avrupa ülkelerine göre oldukça kötü performans sergilemesi, birçok farklı nedenden kaynaklanmaktadır. Fakat bu durum, mevcut yönetmelikte bulunan eksiklikler, Türkiye’deki enerji talebinin hızlı artışı ve elektrik dağıtım şirketlerinin yüksek gelir beklentisi olarak üç temel neden ile açıklanabilir (Dindar ve Gül, 2019).

3.6.1 Mevcut yönetmelik

Türkiye’de tedarik sürekliliği, EPDK tarafından Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği uyarınca denetlenmektedir (EPDK,

2012). Yönetmelikte, dağıtım şirketlerinin bir takvim yılı boyunca aşmaması gereken Eşik kesinti süresi (ESÜRE) ve Eşik kesinti sayısı (ESAYI) bildirimli/bildirimsiz kesintiler ve imar alanı içi/dışı için belirlenmiştir. Çizelge 3.3'te yönetmelikte yer alan eşik kesinti süresi ve sayıları gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 : Yönetmelikte yer alan eşik kesinti süresi ve sayıları.

Eşik Değer Adı	Kesinti Sınıfı	İmar Alanı İçindeki Kullanıcılar İçin		İmar Alanı Dışındaki Kullanıcılar İçin	
		AG	OG	AG	OG
ESURE (Saat)	Bildirimsiz	48	24	72	36
ESAYI (Kez)		56	56	72	72
ESURE (Saat)	Bildirimli	24	16	32	24
ESAYI (Kez)		6	4	8	6

Yönetmelikte tanımlanan Toplam kesinti süresi (TKSÜRE) ve Toplam kesinti sayısı (TKSAYI) indisleri Çizelge 3.3'te gösterilen eşik değerleri aşmamalıdır. Belirlenen limit değerlerin aşılması durumunda, elektrik dağıtım şirketleri yönetmelikte belirtilen miktar kadar ceza öder.

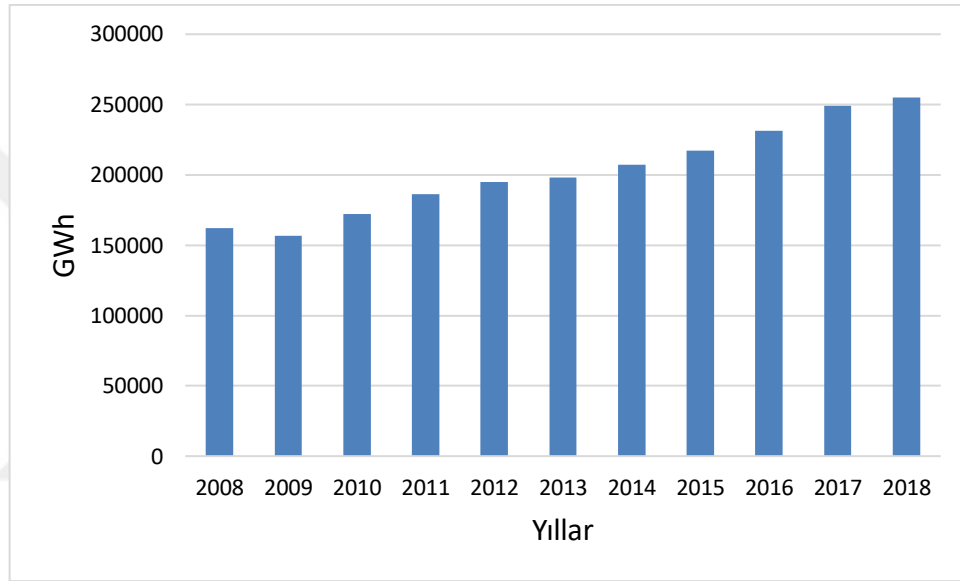
Bunların yanı sıra elektrik kesintileri nedeniyle tüketicilerin cihazlarında oluşan hasarlar, tüketiciler tarafından gerekli başvuruların yapılması halinde elektrik dağıtım şirketleri tarafından karşılanmaktadır. Fakat mevcut yönetmelik, enerji kesintilerinin doğrudan tüketiciyi etkileyen üretim kaybı, boşa kalan insan gücü, hurda kayıpları vb. maliyetlerini denetlememektedir. EPDK, kesintilerin denetlenmesi açısından 3kW kurulu gücü olan bir konut aboneli ile 30 MW'lık bir fabrikanın elektriğinin kesilmesi arasındaki farkı dikkate almamaktadır. Bu nedenle elektrik dağıtım şirketleri fayda/maliyet analizlerinde, şirketlerini doğrudan etkileyen cezai yaptırımlar ve dağıtılamayan enerjiden kaynaklanan ekonomik kayıpları dikkate almakta fakat tüketici maliyetlerini dikkate almamaktadırlar. Üstelik EPDK tarafından kesilen para cezaları da yeterince caydırıcı değildir.

Ayrıca elektrik dağıtım şirketleri Çizelge 3.2'te belirtilen limit değerler için gerekli olan kesinti istatistiklerini kendileri kayıt altına almaktadırlar. Bu limit değerlerin

aşılması ile birlikte dağıtım şirketlerinin ceza ödemesi yapacağı düşünüldüğünde kesinti istatistiklerinin şeffaf ve güvenilir bir biçimde kayıt altına alınması manipüle edilmeye açık bir durumdur.

3.6.2 Türkiye’deki enerji talebinin hızlı artışı

Ülkemizde özelleştirmenin başladığı yıllardan günümüze talep edilen enerji %50’den fazla bir artış göstermiştir. Yaşanan bu artış, dağıtım şirketlerinin, oldukça yüksek ek yatırım maliyetlerine ihtiyaç duymasına neden olmuştur. Şekil 3.9’da Türkiye’de yıllara göre tüketilen enerji miktarları gösterilmiştir (TEİAŞ, 2019).



Şekil 3.9 : Türkiye’de yıllık enerji tüketimleri.

Tüketilen enerjinin kısa süre içerisinde bu kadar yüksek oranda artması nedeniyle yatırımlar sürekli olarak yeni şebeke kurulumuna yapılmaktadır. Bu sebeple mevcut yaşlanmış şebekenin iyileştirilmesi için yeterli kaynak bulunamamaktadır. Bu durum elektrik dağıtım şebekesinin tedarik sürekliliği performansının düşük olmasına neden olmaktadır.

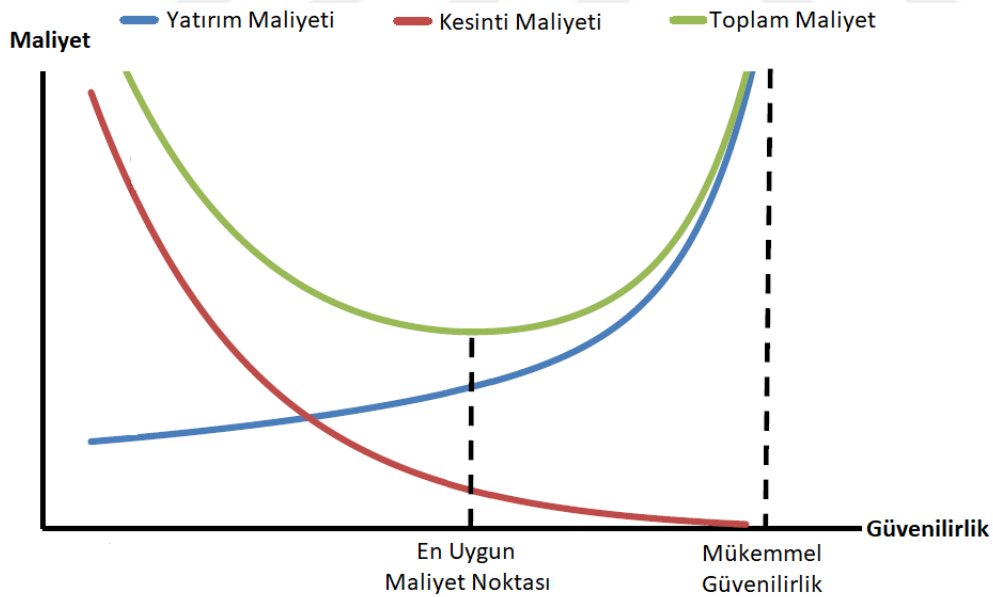
3.6.3 Elektrik dağıtım şirketlerinin yüksek gelir beklentisi

Türkiye’de elektrik dağıtım şebekesinin yaşlanmış olması kesinti sayısını arttıran bir faktördür. Fakat bir arızanın kesinti süresini belirleyen en önemli faktör ise şebekeyi işleten elektrik dağıtım şirkettir. Şebekeyi işleten dağıtım şirketleri yüksek gelir beklentisi nedeniyle kesinti süresini azaltacak iyileştirmelerden işletme giderlerini artıracakları gerekçesiyle kaçınmaktadırlar. Türkiye elektrik dağıtım şebekesinde izleme

(monitoring) oldukça zayıftır. Bu nedenle elektrik dağıtım şirketleri, oluşan arızalardan oldukça geç haberdar olmaktadır. Ayrıca dağıtım şirketlerinde bulunan arıza ekiplerinin sayısının az olması, arıza onarım süreleri uzatmakta ve tüketiciler daha uzun süreler enerjisiz kalmaktadır. Bunun yanı sıra limit kesinti sürelerini ve sayılarını belirleyen Çizelge 3.3'teki değerler, şirketlerin karakteristik özelliklerini dikkate almamaktadır. Farklı tüketici karakteristiği ve şebeke karakteristiklerine sahip tüm dağıtım şirketleri performansları aynı kriterler ile değerlendirilmektedir. Bu durum belirtilen değerlere zaten uyan dağıtım şirketlerinin performanslarını daha da arttırmaları için yeterince motivasyon sağlamamaktadır.

3.7 Tedarik Sürekliliği ve Maliyetler

Dağıtım şirketlerinin düşük tedarik sürekliliği performanslarının iyileştirilmesi ve kesinti maliyetlerinin azaltılması ancak yapılacak olan yatırımlar ile mümkündür. Fakat kesintilerden kaynaklı maliyetlerin büyük oranda azaltılması hedeflendikçe yapılması gerekli olan yatırımın miktarı önemli derecede artmaktadır. Şekil 3.10'da kesinti maliyetleri ile yatırım maliyetleri arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 3.10 : Kesinti ile yatırım maliyetleri arasındaki ilişki.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yapılabilecek yatırımların miktarı sınırlıdır. Bu nedenle yatırımlardan en yüksek verimin alınabilmesi için en uygun (optimum) yatırım düzeyinin tespit edilmesi gerekmektedir. Türkiye dağıtım şebekesinde özelleştirme satış değil lisans işletim hakkının devredilmesi şeklinde yapıldığı için

dağıtım şirketlerinin yatırımları kamu tarafından karşılanmaktadır. Yatırım miktarının sınırlı olduğu düşünüldüğünde hangi dağıtım bölgesine ne tür yatırımların yapılacağını tespit edilmesi oldukça önemlidir.

Türkiye elektrik dağıtım şebekesinin özelleştirilmesi sonrası günümüze kadar süre gelen yatırımlarda kesinti maliyetlerinin yeteri kadar dikkate alınmaması tedarik sürekliliği performansında beklenen iyileşmenin sağlanamamasına neden olmaktadır. Bunun en önemli nedeni ülkemizde elektrik kesinti maliyetlerini detaylı ve bütüncül bir şekilde ortaya koyan çalışmaların bulunmamasıdır. Bu nedenle kesinti maliyetleri, hem karar vericiler hem de dağıtım şirketleri tarafından göz ardı edilmektedir. Dağıtım şebekesi tedarik sürekliliği performansında önemli ölçüde iyileştirmelerin elde edilebilmesi için mutlaka kesinti maliyetlerini dikkate alan yatırımların yapılması gerekmektedir.

Günümüzde gelişen teknolojik imkanlarla birlikte şebekede tedarik sürekliliği performansını arttıracak kendi kendini iyileştiren şebekeler, fider otomasyonu gibi çok sayıda akıllı şebeke çözümü bulunmaktadır (EPRI, 2011). Fakat ülkemizde bu tür çözümler yeteri kadar yaygınlaşmamaktadır. Özellikle tüketicilerin kesinti maliyetlerinin göz ardı edilmesi, akıllı şebeke yatırımlarının geri dönüş sürelerini uzatmakta ve akıllı şebeke çözümleri pilot bölgelerle sınırlı kalmaktadır (EPRI, 2012).

Akıllı şebekelerin yaygınlaşarak tedarik sürekliliği performanslarının iyileştirilmesi için öncelikle elektrik kesintilerinden etkilenen dağıtım şirketleri, üreticiler ve tüketiciler gibi enerji sektörü paydaşlarının kesinti maliyetleri tespit edilmelidir. Sonrasında ise kesintilerden en çok etkilenen tüketici grupları/bölgeler belirlenerek öncelikli olarak yatırım yapılacak alanların tespit edilmesi gerekmektedir. Böylece yapılacak asgari yatırımlar ile azami kazançlar elde edilebilecektir.



4. KESİNTİ MALİYETİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Kesinti maliyetlerinin hesaplanması araştırmacılar tarafından uzun yıllardır ele alınan önemli bir konudur. Gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde bu konu üzerine çok sayıda çalışma yapılmaktadır (Praktijnjo, 2014; Baarsma ve Hop, 2009). Literatürde yer alan çalışmalar büyük çoğunluk ile tüketicilerin kesinti maliyetlerinin hesaplanmasına odaklanmaktadır (Billinton ve Wangdee, 2003). Bu durumun nedeni, satılamayan enerji maliyeti, arıza ekiplerinin maliyeti gibi elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetlerini belirleyen parametrelerin hesaplanmasının tüketici maliyetlerinin hesaplanmasına göre daha kolay olmasıdır. Tüketiciler üzerinde ortaya çıkan maliyetlerin hesaplanması ise oldukça karmaşık ve zorlu bir konudur. Çünkü her bir tüketicinin elektrik kesintileri nedeniyle maruz kaldıkları maliyetler, tüketicinin çalışma sektörüne, çalışma saatlerine, kesintinin gerçekleştiği zamana vb. bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldıkları maliyetlerin hesaplanması için çok sayıda yöntem kullanılmaktadır.

4.1 Tüketici Kesinti Maliyeti Hesaplama Yöntemleri

Tüketici kesinti maliyetlerinin çeşitli parametrelere bağlı olarak oldukça fazla değişkenlik göstermesi, maliyetlerin hesaplanmasındaki zorluklar, tüketici kesinti maliyetlerinin hesaplanması amacıyla farklı yöntemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Schröder ve Kuckshinrichs, 2015). Ayrıca kesinti maliyetleri sanayi, ticari, alt yapı hizmetleri gibi tüketici grupları için genellikle ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bunun yanı sıra konut tüketicileri de hesaplanabilir üretim değerlerine sahip olmadığı için ayrı olarak ele alınmaktadır (Wacker ve Billinton, 1989).

Tüketici kesinti maliyetlerinin hesaplanması genel olarak anket yöntemi, örnek olay yöntemi ve dolaylı analitik yöntemler olarak üç farklı şekilde yapılmaktadır. Anket yönteminde ve örnek olay yönteminde kesinti maliyetleri ile ilgili veriler doğrudan kesintiden etkilenen kullanıcıdan temin edilir. Dolaylı analitik yöntemlerde ise

Ülkelerin gayrı safı milli hasılaları, tketicı gruplarının enerji tüketimleri gibi veriler kullanarak kesinti maliyetleri hesaplanır.

Kesintilerin gerçekleştiği bölge, zaman vb. parametrelere bağlı olarak elde edilebilecek veriler, kesinti maliyetlerinin hangi yöntemle daha verimli bir şekilde hesaplanabileceğini belirlemektedir. Bunun yanı sıra ortaya çıkacak verinin boyutu, hesaplama için ayrılacak insan gücü ve bütçe gibi parametreler de hangi yöntemin kullanılabileceğini belirleyen diğer önemli faktörlerdir. Ayrıca elde edilecek sonuçların hangi amaçla ne tür uygulamalarda kullanılacağı, çalışmanın kapsamını ve çözünürlüğünü belirlemekte buna bağlı olarak kullanılacak yöntem değişmektedir.

4.1.1 Anket Yöntemi

Bu yöntem, tketicı maliyetlerini hesaplamaya çalışan araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen yöntemdir (Tollefson ve diğ, 1994). Bu yöntemde araştırmacılar tketicı kesinti maliyetlerini ölçmek amacıyla kesintiden doğrudan etkilen tüketicilere önceden hazırlanmış olan bir takım soruları yöneltirler. Bu sorulardan her biri kesinti maliyetleri için önemli olan çeşitli bir takım verileri elde etmek amacıyla hazırlanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalarda tketicı maliyetlerinin tespit edilmesi amacıyla kullanılan Kabul Etme İstekliliği (Willingness to Accept (WTA)), deme İstekliliği (Willingness to Pay (WTP)), Doğrudan Maliyet Hesaplaması (Direct Costing) gibi farklı anket yöntemleri bulunmaktadır (Dzobo, 2014). deme İstekliliği, bir tüketicinin belirli bir kesinti süresini ve sayısını azaltmak için deyecebileceği azami para miktarını belirtir. Kabul Etme İstekliliği ise bir tüketicinin belirli bir kesinti süresini ve sayısını kabul etmesi için alacağı tazminat miktarını belirtir. Doğrudan Maliyet Hesaplama yönteminde yapılan anketler ile tüketicilerin doğrudan kesintiler nedeniyle maruz kaldıkları ekonomik kayıplar elde edilmeye çalışılır (Chowdhury ve Koval, 1999). Bu anket yöntemlerinin her birinde çok sayıda tketicı ile yüz yüze mülakat şeklinde ya da elektronik posta ile iletişime geçilmektedir. Böylece tüketicilerin ilgili soruları cevaplaması sağlanarak tketicı kesinti maliyetleri elde edilmektedir.

4.1.2 Örnek olay yöntemi

Örnek olay yönteminde tüketici maliyetleri, deprem ve sel gibi büyük doğa olayları ya da siber saldırılar sonucunda şebekede meydana gelen büyük kesintiler sonrasında hesaplanmaya çalışılır (Billinton ve diğ, 1991). Bu yöntemden elde edilen sonuçlar diğer yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre daha doğru olmaktadır. Bunun birinci nedeni yapılan çalışmaların örnek olaylar üzerine değil gerçek bir kesinti üzerine yapılıyor olmasıdır. İkinci nedeni ise yapılan çalışmanın kesintiler hemen yaşandıktan sonra uygulanmasıdır. Bu gibi durumlarda tüketiciler kesintilerin maliyetlerine henüz yeni maruz kaldıkları için kesinti maliyetlerini daha iyi değerlendirebilmektedirler.

4.1.3 Dolaylı analitik yöntemler

Dolaylı analitik yöntemler ile kesinti maliyeti hesabı, temel olarak kamuya açıklanmış, erişmesi kolay tüketici gruplarının gayri safi yurt içi hasılaya katkıları, yıllık enerji tüketimleri gibi veriler kullanılarak yapılır (Kjølle ve diğ, 2008). Yöntemin uygulaması esnasında tüketici ile doğrudan bir temas kurulmaz. Dolayısıyla elektrik kesintilerinin bireysel olarak tüketiciler üzerinde yarattığı ekonomik kayıplar tespit edilemez. Bu nedenle bu yöntem ile elektrik kesintileri hakkında genel bir sonuç elde edilir.

Dolaylı analitik yöntemde kullanılan en temel yaklaşım bir kullanıcının elektrik tüketimine orantılı olarak ürettiği katma değerdir (Value Added). Bir elektrik kesintisi gerçekleştiğinde kullanıcının üretim süreci etkileneceğinden kullanıcı, kesinti boyunca ürün ya da diğer bir deyiş ile katma değer üretmez. Elektrik kesintilerinin maliyeti de teorik olarak üretilemeyen bu katma değer miktarı olarak belirlenebilir.

Konut tüketicilerinin ortaya koyduğu bir üretim olmadığından, konut tüketicileri farklı bir bakış açısı ile ele alınmalıdır. Konut tüketicilerinin boş zamanlarında maruz kaldığı kesinti maliyeti genellikle hanehalkının geliri üzerinden değerlendirilir. Her bir bireyin çalışabileceği ideal bir süre vardır. Bu sürenin aşılması durumunda bireyin boş zamanın süresi azalmakta dolayısıyla boş zamanın değeri artmaktadır. Konut tüketicilerinin boş zamanlarında gerçekleşen bir saatlik kesintini bir saatlik fazladan çalışmaya karşılık geldiği varsayılır. Bu nedenle genel bir yaklaşım olarak bir saatlik boş zamanın değerinin bir saatlik çalışma ücretine eşit olduğu düşünülür. Dolayısıyla konut tüketicileri için bir saatlik elektrik kesintilerinin maliyeti, hanehalkının bir

saatlik fazladan çalışmasına yani bir saatlik maaş gelirine eşit olarak değerlendirilir (De Nooij, 2007).

4.2 Elektrik Dağıtım Şirketi Kesinti Maliyeti Hesaplama Yöntemleri

Elektrik dağıtım şirketleri, elektrik şebekesi üzerindeki enerji satışları, yatırım sermayeleri, işletme ve bakım maliyetleri gibi bir takım çeşitli gelir ve giderlere sahiptir. Elektrik şebekesinde meydana gelen arızalar, dağıtım şirketlerinin gelir ve giderlerini önemli ölçüde etkiler. Buna karşın kesinti maliyetleri ile ilgili literatürde yer alan çalışmaların neredeyse tamamı, tüketici kesinti maliyetleri üzerine odaklanmaktadır. Fakat elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle yaşadıkları ekonomik kayıpların büyüklüğü düşünüldüğünde kesinti maliyetlerinin dağıtım şirketleri üzerindeki etkisi ihmal edilmemelidir.

Elektrik dağıtım şirketleri genel olarak satılamayan enerji maliyeti, bakım ve işletme giderleri ve düşük tedarik sürekliliği performansları nedeniyle ödedikleri tazminatlar ile elektrik kesintilerinden ekonomik olarak etkilenirler (Leite ve diğ., 2016). Belirli bir yerde gerçekleşecek olan belirli bir periyotluk kesintinin satılamayan enerji bedeli elektrik dağıtım şirketlerinin teknolojik imkanları kullanılarak elde edilebilir. Dağıtım şirketleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri (OSOS) yardımıyla kesintinin gerçekleştiği bölgedeki tüketici sayısını, bölgede bulunan transformatörlerin kurulu gücünü ve kullanıcıların enerji tüketimi verilerini elde edebilir. Böylece kesintiler nedeniyle satılamayan enerji bedeli, bu veriler kullanılarak hesaplanabilir.

Dağıtım şirketleri üzerinde ekonomik kayıp yaratan diğer bir parametresi ise kesintiler nedeniyle ortaya çıkan bakım ve işletme giderleridir. Yüksek kesinti istatistiklerine sahip dağıtım şirketleri, arızaların giderilmesi için çok sayıda bakım ekibi bulundurmalı buna bağlı olarak ekiplerin arızalı bölgelere ulaşmasını sağlayacak lojistik imkanları temin etmelidir. Ayrıca arızalar nedeniyle şebekede yer alan transformatör, yer altı kablosu gibi ekipmanlarda meydana gelen hasarlar da ilave maliyetlere neden olmaktadır. Dağıtım şirketlerinin personel sayısı, havai hat ve kablo uzunlukları gibi çeşitli parametreler yardımıyla bu maliyet parametresi hakkında çeşitli hesaplamalar yapılabilir.

Gelişmiş ülkelerin birçoğunda dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performansları yasal düzenlemeler ile denetlenir. Tüketicie sunulan enerjide belli sayıda kesinti sayısının ve/veya süresinin aşıldığı durumlarda dağıtım şirketlerine yasal yaptırımlar uygulanır. Bu yaptırımlar, bireysel kesinti bazında belirlenen sürenin aşılması dolayısı ile dağıtım şirketlerinin tüketicilere ödediği tazminatlar ve yıllık bazda belirli bir tedarik sürekliliği performansının altında kaldığında dağıtım şirketlerinin düzenleyici kurumlara ödedikleri tazminatlar olarak ikiye ayrılır. Dağıtım şirketleri bu parametrelerin her birinde önemli miktarda tazminatlar ödemek zorunda kalabilirler. Örneğin Finlandiya’da dağıtım şirketlerinin 2016 yılında tüketicilere ödedikleri toplam kesinti tazminatı 7,361,479 Avro’dur (Gündüz ve diğ, 2018). Ortaya çıkan bu maliyetlerin büyüklüğü düşünüldüğünde kesinti maliyetleri ile ilgili yapılan çalışmalarda dağıtım şirketlerinin ödedikleri tazminatlar mutlaka dikkate alınmalıdır. Ancak Türkiye gibi bazı ülkelerde ödenen bu tazminat miktarları düzenleyici kurum tarafından halka açık bir şekilde paylaşılmamaktadır.

4.3 Kesinti Maliyetleri Hesaplama Yöntemlerinin Çeşitli Eksiklikleri

Literatürde yer alan tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin tümünün çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Anket yöntemindeki en büyük problem soruları cevaplayan tüketicilerin, elektrik kesintileri hakkında sınırlı bilgiye sahip olmasıdır (Küfeoğlu ve Lehtonen, 2015). Birçok işletmede yer alan ilgili kişiler elektrik kesintilerinin olası sonuçları hakkında yeterli düzeyde bilgiye sahip değildir. Bu durum yapılan anket çalışmalarının güvenilirliğini azaltmaktadır. Ayrıca pek çok yetkili anket çalışmasını hızlı bitirebilmek adına soruların büyük bir kısmını yanıtsız bırakmaktadır. Yaşanan diğer bir problem ise bazı yetkililerin anket sonuçlarını yanıltmak adına bilerek yanlış cevaplar vermeleridir. Tüm bunların yanı sıra birçok kurum verilerin korunması konusunda yaşadıkları kaygılar nedeniyle soruları cevaplamaktan kaçınmaktadır. Yüz yüze, elektronik posta ya da telefon ile yapılan davetlerin neredeyse %90’ı olumsuz sonuçlanmaktadır. Bu durum doğru sonuçlar alabilmek için ulaşılmaması gereken asgari anket sayısına uzun süreler boyunca ulaşılamamasına neden olmaktadır. Böylece anket çalışmasının zamanı ve maliyeti önemli derecede artmaktadır.

Anket çalışmalarının tüketicilere uygulanmasının ardından yaşanan bir diğer önemli sorun da toplanan verilerin işlenmesidir. Tüketiciler tarafından bilinçli olarak yanlış cevaplanmış soruların ve anketin hızlı tamamlanması için boş bırakılmış soruların, istatistiksel olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Çeşitli yöntemlerle bu cevaplar çalışmanın dışında bırakılmalı ve anket çalışmalarının doğruluğu arttırılmalıdır. Bu durum da anket çalışmaları için önemli bir iş yükü oluşturmaktadır.

Yine anket çalışmaları içerisinde yer alan Kabul Etme İstekliliği ve Ödeme İstekliliği yöntemlerinin uygulanmasında özellikle insan psikolojisinden kaynaklı önemli problemler bulunmaktadır (Lienhoop ve MacMillan, 2007). İnsan doğası gereği soruları yanıtlayan yetkililer, kesintiler nedeniyle gördükleri zararları abartma ve kaliteli enerji alabilmek için ödeyecekleri ilave tutarları ödememe eğilimindedir. Bu durum Kabul Etme İstekliliği ve Ödeme İstekliliği yöntemlerinden elde edilen sonuçlar arasında önemli derecede farklar olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu iki yöntem, genellikle tek başına değil diğer yöntemleri destekleyici nitelikte kullanılmaktadır. Ortaya çıkan bu durumun giderilmesi için yöntemin uygulanması sırasında bir takım ek önlemler alınmaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde de istatistiksel düzeltmeler kullanılmaktadır. Bu ilave tedbirlerin tümü yöntemin sağlıklı bir şekilde uygulanması için gerekli olan iş yükünü arttırmaktadır.

Örnek olay yönteminde ise farklı bir takım zorluklar bulunmaktadır. Bu yöntem gerçekleşen büyük kesintilerden sonra uygulanmaktadır. Fakat elektrik şebekesinde büyük kesintiler nadiren gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu yöntem uzun yıllar boyunca yalnızca birkaç kez uygulanabilmektedir. Kesintilerin, gerçekleştikleri mevsim, zaman gibi parametrelere bağlı olarak çok farklı şekillerde ekonomik maliyetler yaratması ve bu yöntemin sık sık uygulanamaması nedeniyle bu yöntemden elde edilen sonuçlar genelleştirilememektedir. Ayrıca büyük kesintiler sonrasında yapılacak olan kapsamlı çalışmalar ekonomik olarak oldukça maliyetlidir.

Dolaylı analitik yöntemde ise tüketiciler ile doğrudan iletişim kurulmayarak genel istatistiksel veriler yardımıyla kesinti maliyetleri hesaplanmaktadır. Dolayısıyla tüketiciler ayrı ayrı değil birlikte değerlendirilmektedir. Elektrik kesintilerinin, farklı tüketiciler için oldukça farklı ekonomik kayıplar yarattığı düşünüldüğünde bu yöntemden elde edilen sonuçlar, kesinti maliyetlerini detaylı biçimde değil genel olarak ifade etmektedir.

Dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldıkları maliyetlerin hesaplanmasında ortaya çıkan en büyük zorluk, şirketlerin çeşitli verileri güvenlik gerekçeleriyle paylaşmak istememesidir. Ayrıca Türkiye’de olduğu gibi özel birçok özel şirketin şebekenin belirli bölümlerini işlettiği ülkelerde şirketler arası rekabetten dolayı da veri paylaşılmasına imtina edilmektedir. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda kesinti maliyetlerini etkileyen çeşitli parametreler göz ardı edilmektedir.

Kesinti maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin çok sayıda avantaja ve dezavantaja sahip olması, araştırmacıların yapacakları çalışmalarda en uygun yöntemi bulmasını zorlaştırmaktadır. Buradaki en uygun yaklaşım, çalışmadan elde edilecek çıktıların nerede kullanılacağına karar verilerek sonrasında hesaplama yönteminin seçimi olmalıdır. Kullanılacak her yöntemde belirli bir takım eksikliklerin ve zorlukların bulunması nedeniyle araştırmacılar yapacakları çalışmalarda bazı riskleri kabullenmelidir.

4.4 Çalışmada Kullanılacak Kesinti Maliyeti Hesaplama Yöntemi

Literatürde yer alan elektrik kesinti maliyetleri ile ilgili yöntemlerde bulunan eksiklikler ve zorluklar araştırmacıları farklı yaklaşımlar ile kesinti maliyetlerini hesaplamaya yöneltmiştir. Birçok çalışmada birden fazla yöntem birlikte kullanılarak yöntemlerde yer alan eksiklikler giderilmeye çalışılmaktadır (Küfeoğlu ve Lehtonen, 2013; Küfeoğlu ve diğ, 2015). Fakat literatürde yer alan pek çok çalışma tüketici odaklı yürütülmektedir. Bu durum yürütülen çalışmaları karmaşıklştırmakta, iş yükünü ve maliyetleri oldukça arttırmaktadır. Ayrıca kesintilerin yarattığı ekonomik maliyetleri etkileyen kesintilerin gerçekleştiği mevsim ve saat, kesintinin süresi gibi çok sayıda parametre bulunmaktadır. Dolayısıyla kesintiler her bir tüketicide farklı ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu nedenle tüketici odaklı yapılan çalışmaların genelleştirmesi ile elde edilen sonuçların güvenilirlikleri azalmaktadır.

Gündüz ve diğ. (2018) yayımladıkları, Finlandiya’daki tüketici kesinti maliyetlerini hesapladıkları çalışmalarında tüketici odaklı değil elektrik dağıtım şirketi odaklı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, dağıtım şirketlerinin halihazırda kayıt altına aldıkları elektrik kesinti istatistiklerini kullanarak kesinti maliyetlerini daha az işlem gücü ve ekonomik kaynak kullanarak doğrudan hesaplamışlardır.

Yapılacak olan bu tez çalışmasında amaç Türkiye’de elektrik kesinti maliyetlerini ortaya koyarak karar vericilerin yatırım planlarında kesinti maliyetlerini dikkate almalarına katkı sağlamaktır. Mevcut durumda ülkemizde şebeke performansı kesinti sayısı ve süresi ile denetlenmekte kesintiler nedeniyle ortaya çıkan ekonomik ve sosyal kayıplar dikkate alınmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada karar vericilerin ihtiyaçları doğrultusunda 21 dağıtım şirketinin de verileri incelenerek tüm elektrik dağıtım bölgelerini kapsayan bir çalışma yapılacaktır. Çünkü elektrik dağıtım şirketlerinin performanslarının kesinti maliyetleri dikkate alınarak değerlendirilmesi ve yatırım planlarının geliştirilmesi için tüm dağıtım şirketlerinin sonuçlarının elde edilmesi gerekmektedir.

Bu ölçekte yapılacak bir çalışmada, anket yöntemi kullanmak ve her ilden binlerce kişiyle görüşerek bir sonuç elde etmek hem karmaşıklık açısından hem iş gücü ve ekonomik maliyet açısından mümkün değildir. Aynı zamanda elektrik kesinti maliyetlerinin ortaya çıkarılarak yatırım kararlarında kullanılması için tek tek tüketicilere bağlı özel bir yaklaşım değil genel bir yaklaşım gereklidir. Bu nedenle bireysel olarak tüketicileri değil, tüketici gruplarını dikkate alan ve hızlı bir şekilde sonuç alınabilecek bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada hem tüketici odaklı hem de elektrik dağıtım şirketli odaklı bir yöntem kullanılacaktır. Elektrik kesintilerinin tüketicilere ve dağıtım şirketlerine olan maliyetleri, tüketiciler ile ilgili ekonomik verilerin yanı sıra elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti istatistikleri yardımıyla hesaplanacaktır.

Bu çalışmada elektrik kesinti maliyetlerinin hızlı ve pratik olarak elde edilebilmesi için dolaylı analitik yöntemler kullanılacaktır. Tüketicilerin kesinti maliyetleri hesaplanırken grupların gayrisafi yurt içi hasıllara olan katkıları yani katma değer üretimleri, yıllık enerji tüketimleri gibi parametrelere yer verilecektir. Elektrik dağıtım şirketlerinin maruz kaldığı maliyetler ise yine dolaylı analitik yöntemler kullanılarak dağıtım şirketlerine ait erişilebilir veriler yardımıyla hesaplanacaktır.

Dağıtım şirketlerinin performansları yıllık olarak değerlendirilmektedir. Eğer elektrik kesinti maliyetleri dikkate alınarak bir performans değerlendirmesi yapılacaksa ve/veya yatırım kararları alınacaksa, elektrik kesinti maliyetlerinin de yıllık olarak ortaya koyulması gerekmektedir. Fakat anket çalışmalarının bu kadar büyük ölçekli olarak yıllık tekrar edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle karar vericilerin kullanması amacıyla tekrarlanabilir modeller oluşturulmalıdır. Ayrıca elde edilecek çıktılar

yatırım planlarında kullanılacağı ve yatırım planlarının geleceğe yönelik uzun yılları kapsayacağı düşünüldüğünde geçmişe dönük kesinti istatistiklerinin kullanılmasıyla elde edilen sonuçların yanı sıra geleceğe yönelik bir takım tahminlerin de (forecasting) yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada zaman serisi analizleri ve makine öğrenmesi tabanlı modeller yardımıyla elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti istatistikleri kullanılarak, geleceğe yönelik tahminler oluşturulacaktır. Tahminlerin zaman serisi analizleri ve makine öğrenmesi tabanlı modeller ile oluşturulmasıyla, tekrarlanabilir modeller elde edilecektir. Bu tez çalışması ile karar vericilerin elektrik kesinti maliyetlerini yatırım planlarında dikkate almak için ihtiyaç duydukları tahminler ve tekrarlanabilir modeller oluşturulacaktır. Böylece elektrik kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında kullanılmasına katkı sağlanacaktır.



5. TAHMİN YÖNTEMLERİ

Tahmin oluşturma (forecasting), geçmişe ve günümüze ait verilerin girdi olarak kullanılmasıyla geleceğe yönelik kestirimler yapma sürecidir. Araştırmacılar ve karar vericiler pek çok konuda geleceğe yönelik bilgi sahibi olmak isterler. Özellikle oluşturulacak yatırım planlarında geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak oldukça önemlidir. Böylelikle yapılacak olan farklı yatırımlarla ne tür kazançlar sağlanacağı öngörülebilir ve yatırım planları bu doğrultuda düzenlenebilir.

Literatürde yer alan nitel (qualitative) ve nicel (quantitative), nedensel/ekonometrik (causal/econometric), zaman serisi analizi (time series analysis) ve makine öğrenmesi (machine learning) gibi çok sayıda tahmin yöntemi vardır (Hahn ve diğ., 2009). Bu çalışmada zaman serisi analizi ve makine öğrenmesi tabanlı yöntemler kullanılacaktır. Zaman serisi analizleri kimi araştırmacılar tarafından bağımsız olarak ele alınmakta kimi araştırmacılar tarafından ise makine öğrenmesi tabanlı bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Fakat genel kanı zaman serisi analizlerinin farklı bir yöntem olduğu yönündedir. Bu çalışmada da bu iki yöntem farklı olarak ele alınmıştır.

5.1 Zaman Serisi Analizi

Zaman serileri, her biri belirli bir zamanda kaydedilen bir dizi gözlemden oluşmaktadır (Hamilton, 1994). Zaman serileri, gözlemler arasındaki farklar eşit olmak koşuluyla saniyelik, saatlik, günlük vb. boyutlarda olabilir. Zaman serisi analizlerinde geçmişte yer alan gözlemlerdeki genel eğilim (trend), mevsimsel (seasonality), döngüsel (cyclic) ve kalıntı (residual) bileşenleri gibi karakteristik özellikler incelenerek bir takım tahminler gerçekleştirilir. Bu özelliklerin incelenmesi ve verilerin formülize edilmesi ile model oluşturma sürecine zaman serisi analizi adı verilmektedir.

Zaman serisi analizlerinin yapılabilmesi için öncelikle veri kümesinin incelenmesi ve serilerin karakteristik bileşenlerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Bir zaman serisi genel olarak dört bileşenden oluşur:

- **Genel eğilim bileşeni (Trend)**

Zaman serilerindeki uzun vadeli artış ya da azalış eğilimi, genel eğilim (trend) olarak adlandırılmaktadır. Bu eğilim doğrusal olabileceği gibi doğrusal olmayan bir şekilde de gerçekleşebilir. Genel eğilim bileşeni zaman içerisinde tekrar etmez.

- **Mevsimsel bileşen (Seasonality)**

Zaman serilerinde, mevsimsel etkilerden kaynaklı ortaya çıkan periyodik kısmi artışlar ve azalışlar mevsimsel bileşen olarak tanımlanmaktadır. Mevsimsel bileşen genel olarak yılın dört mevsimini temsil etse de haftalık, aylık vb. şekilde meydana gelen düzenli değişimleri de ifade edebilir. Mevsimsel etki genellikle tahmin edilebilir ve düzenli bir yapıya sahiptir.

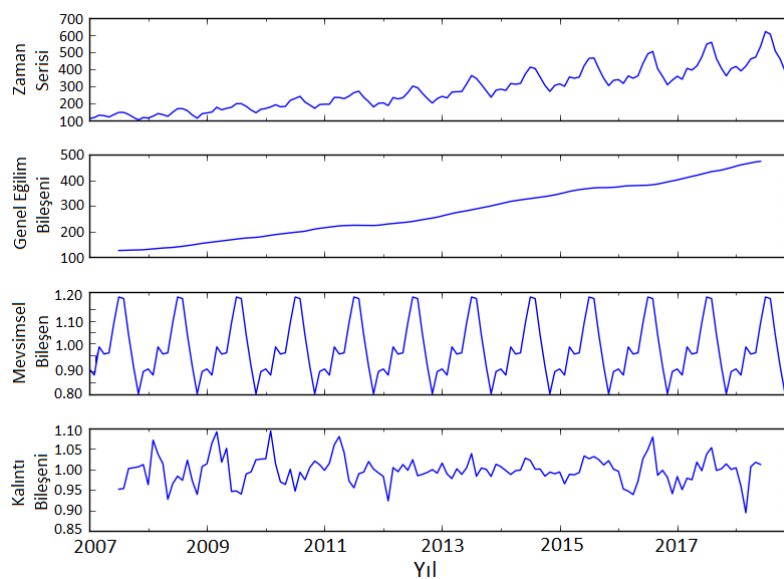
- **Döngüsel bileşen (Cyclic)**

Döngüsel bileşenler, bir seride bir yıldan daha uzun sürelerde ortaya çıkan salınımlardır. Bu salınımlar mevsimsel hareketlerin aksine periyodik değildir.

- **Kalıntı bileşeni (Residual)**

Kalıntı, bir zaman serisindeki tahmin edilemeyen ve sistematik olmayan kısa süreli dalgalanmalardır. Bir seriden mevsimsel ve genel eğilim bileşenleri çıkarıldığında serinin kalıntı bileşeni elde edilir.

Bir zaman serisi genel olarak bu dört bileşenin toplamı olarak ifade edilebilir. Şekil 5.1’de örnek bir zaman serisi ve serinin bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Zaman serisi ve bileşenleri.

Zaman serisi analizlerinde tahminlerin hata oranı düşük ve gerçekçi olarak elde edilebilmesi için bu dört bileşen uygun şekilde analiz edilmelidir. Ayrıca unutulmamalıdır ki bir zaman serisinde genel eğilim, mevsimsel, döngüsel ve kalıntı bileşenleri her zaman birlikte bulunmayabilir.

Zaman serileri genel olarak durağan zaman serileri ve durağan olmayan zaman serileri olarak iki grupta incelenirler. Zaman serilerinin durağan olup olmadığını serinin ortalaması, varyansı ve kovaryansı gibi istatistiksel özellikleri belirler (Cavaliere ve Taylor, 2007). Durağan zaman serilerinde istatistiksel özellikler zamana bağlı olarak değişmez iken durağan olmayan serilerde bu parametreler zamana bağlı olarak değişirler. Zaman serisi analizlerinde öncelikle bir serinin durağan olup olmadığının tespit edilmesi gerekmektedir.

5.1.1 Durağan zaman serileri

Bir zaman serisinin durağanlığını belirleyen faktörler serinin istatistiksel özellikleridir. İncelenen zaman serisinin ortalama ve varyans gibi istatistiksel özellikleri zaman içinde sabit kalıyorsa bu seri durağan bir zaman serisidir. Zaman serileri üzerinde yapılan analizlerin neredeyse tümü serilerin durağan olduğu durumlarda yapılmaktadır (Grenander ve Rosenblatt, 2008). Bu nedenle bir serinin durağan olup olmaması oldukça önemlidir. Durağan zaman serisinde serinin karakteristiği zamana bağlı olarak değişmediğinden geleceğe yönelik yapılacak olan tahminlerin doğrulukları yüksek olmaktadır.

5.1.2 Durağan olmayan zaman serileri

Bir zaman serisinin istatistiksel özellikleri zamana bağlı olarak değişiyorsa bu seri durağan olmayan bir seridir. Durağan olmayan zaman serilerinde, istatistiksel özelliklerin zamana bağlı olarak değişmesi, serinin davranışının da zamana bağlı olarak değişmesine neden olur. Dolayısıyla bu durum serinin geleceğe yönelik tahminlerin doğruluğunu önemli ölçüde azaltır.

Zaman serilerinde tahminlerin yüksek doğrulukta yapılabilmesi için serinin durağan bir seri olması gerekmektedir. Fakat zaman serilerinin çoğu yapıları gereği durağan değildirler (Huang ve diğ, 1998). Bu nedenle zaman serisi analizlerinde öncelikle serinin durağan olup olmadığı tespit edilmesi sonrasında ise durağan olmayan zaman serileri çeşitli yöntemler kullanılarak durağan hale getirilmelidir.

5.1.3 Zaman serilerinin durağanlığının analiz edilmesi

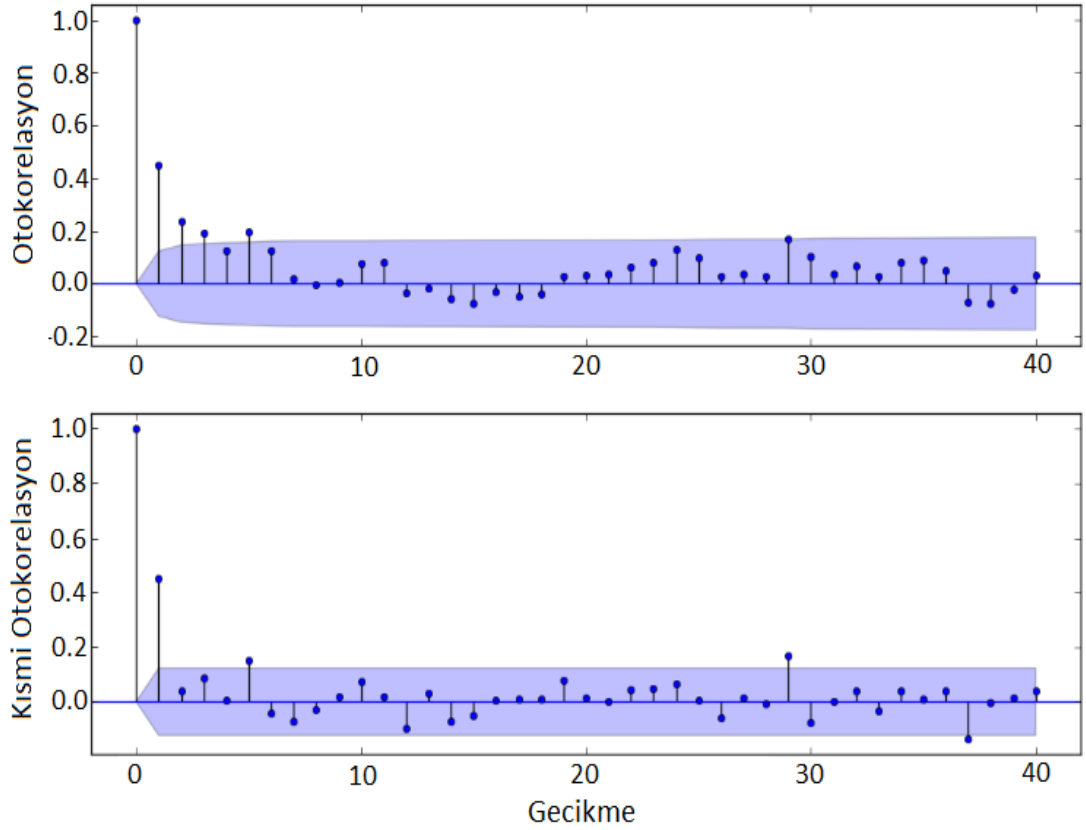
Literatürde yer alan zaman serisi analiz yöntemlerinin büyük çoğunlukla durağan zaman serileri için kullanılabilir olması nedeniyle zaman serilerinde öncelikle durağanlık analizi yapılması gerekmektedir. Bir zaman serisinden elde edilen ortalama, korelasyon gibi istatistiksel veriler ancak seri durağan ise yapılacak olan tahminler için faydalıdır. Eğer zaman serisi durağan değilse zaman serisi, tahmin edilemeyen ve olağan dışı değişimler gösterir. Bu nedenle bir serinin durağanlığının incelenmesi yapılacak olan tahminler için oldukça önemlidir.

Zaman serilerinde durağanlık analizi Dickey Fuller testi, otokorelasyon fonksiyonu (ACF) ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu (PACF) grafiklerinin kullanılması gibi yöntemler yardımıyla gerçekleştirilir. Bu tez çalışmasında zaman serilerinin durağanlık analizi, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarına ait grafikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Eğer bir zaman serisi genel eğilim bileşeni ve/veya mevsimsellik bileşenine sahip ise bu zaman serisi durağan zaman serisi değildir. Zaman serilerinde bu bileşenlerin varlığı, otokorelasyon fonksiyonunun ve kısmi otokorelasyon fonksiyonun çizilmesiyle tespit edilebilmektedir. Otokorelasyon fonksiyonu, bir zaman serisinde yer alan farklı elemanlar arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Bu ilişkinin büyüklüğünün tanımlanabilmesi için otokorelasyon katsayıları kullanılmaktadır. Otokorelasyon katsayılarının değeri ne kadar büyük ise serinin geçmiş değerlere bağımlılığı o kadar fazladır.

Kısmi otokorelasyon fonksiyonu ise bir zaman serisinde yer alan iki eleman arasındaki ilişkiyi, diğer elemanların sabit olduğu durumda inceler. Otokorelasyonda olduğu gibi kısmi otokorelasyonda da bu ilişkinin büyüklüğü kısmi otokorelasyon katsayıları ile belirlenir. Şekil 5.2’de örnek bir zaman serisine ait otokorelasyon ve kısmi korelasyon fonksiyonlarının grafiği gösterilmiştir.

Zaman serilerinden elde edilen otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarına ait grafikler, zaman serileri analizleri için gerekli olan modellerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu grafikler incelenerek zaman serisinin genel eğilim bileşenine ya da mevsimsel bileşene sahip olup olmadığı incelenir. Böylece serinin durağan olup olmadığı tespit edilir. Eğer seri bu bileşenlere sahipse ve durağan değilse serinin analiz öncesi durağanlaştırılması gerekmektedir.



Şekil 5.2 : Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyon grafikleri.

Bir serinin hangi parametreler kullanılarak durağanlaştırılacağı da yine otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının grafikleri yardımıyla yapılmaktadır. Böylece gerekli parametreler seçilerek zaman serisi analizleri için uygun modeller elde edilmektedir.

5.1.4 Zaman serisi analiz modelleri

Literatürde zaman serisi analizlerinde kullanılan Naive, üstel düzleştirme, hareketli ortalama ve Box-Jenkins gibi çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Box-Jenkins yöntemi, otoregresif entegre hareketli ortalama (ARIMA) modelleri sınıfındaki zaman serilerini tanımlamak ve tahminler yapmak için bir dizi prosedürü ifade eder (Box ve Jenkins, 1970). Bu yöntem aynı zamanda mevsimsel etkileri içerecek şekilde genişletilebilir. Box-Jenkins yöntemi de durağan zaman serilerine uygulanabilen bir yöntemdir. Eğer seri durağan değilse yöntem uygulanmadan önce zaman serisinin durağanlaştırılması gerekmektedir. Box-Jenkins yönteminin modeller üzerinde efektif olarak uygulanabilmesi için öncelikle modellerin ve modellere ait parametrelerin incelenmesi gerekmektedir.

5.1.4.1 Otoregresif model (AR) (p)

Otoregresif modellerde geleceğe yönelik tahminler, zaman serisinin geçmiş dönemdeki verilerine ve belirli bir hata değeriyle tahmin edilebilir stokastik bir terime bağlıdır. Bir otoregresif zaman serisi, serinin belirli bir dönem (p) geriye giden ağırlıklı ortalaması ile hata teriminin toplamı olarak ifade edilebilir.

$$Y_t = m + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (5.1)$$

Burada Y , zaman serisi gözlem değeri, β , model parametresi, ε_t , hata terimi ve m , serinin ortalamasıdır. Otoregresif modeller öğrenme işlemini zaman serisi içindeki geçmiş değerleri analiz ederek gerçekleştirir ve sonrasında yapılacak olan tahminlerde bunu bir girdi olarak kullanır.

5.1.4.2 Hareketli ortalama model (MA) (q)

Bir zaman serisine ait gecikmeli hata terimleri, serinin şimdiki değerini etkiliyor ise bu serinin analizi için hareketli ortalama modelleri kullanılmalıdır. Hareketli ortalama modelleri, belirli bir hata değeriyle tahmin edilebilir stokastik bir terime sahip olan ve bu terimin belirli sayıdaki (q) geçmiş değerde yapılan hatalara bağlı olduğu bir model olarak ifade edilebilir.

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q} \quad (5.2)$$

Burada Y , zaman serisi gözlem değeri, α , model parametresi, ε_t , hata terimi ve μ , serinin ortalamasıdır.

5.1.4.3 Otoregresif hareketli ortalama model (ARMA) (p, q)

Bir zaman serisi genellikle yalnızca otoregresif model (AR) ya da yalnızca hareketli ortalama model (MA) ile ifade edilemez. Çoğu zaman serisi aynı anda hem otoregresif model hem de hareketli ortalama modelinin özelliklerini taşır.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q} \quad (5.3)$$

Burada Y , zaman serisi gözlem değeri, β , α , model parametreleri ve ε_t , hata terimidir. Otoregresif hareketli ortalama modeli kullanılarak yapılacak tahminlerde önce p ve q parametrelerin değerleri belirlenir.

5.1.4.4 Otoregresif entegre hareketli ortalama model (ARIMA) (p, d, q)

Otoregresif model (AR), hareketli ortalama modeli (MA) ve otoregresif hareketli ortalama model (ARMA) zaman serilerinin durağan olduğu durumlarda uygulanabilmektedir. Fakat bilinmektedir ki zaman serilerin çoğu durağan değildir. Otoregresif entegre hareketli ortalama model (ARIMA) ile durağan olmayan zaman serileri fark alma yöntemi (d) ile durağanlaştırılır ve diğer modellerin uygulanabileceği bir hale getirilir. Bir ARIMA modeli aşağıdaki parametrelerden oluşur:

- p: otoregresif terim
- d: fark terimi
- q: hareketli ortalama terim

Durağan olmayan seri d defa fark alınarak durağan hale getirilir. Sonrasında ise diğer terimler belirlenerek uygun model oluşturulur.

5.1.4.5 Mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model (SARIMA) (p, d, q) (P, D, Q) (s)

Zaman serileri, mevsimsel bir takım özellikler gösterebilir. Bu tür zaman serilerinde yapılacak tahminlerde uygun sonuçların elde edilebilmesi için mutlaka mevsimsel etkilerin dikkate alınması gerekmektedir. ARIMA modeli mevsimsel etkileri içerecek şekilde genişletilerek mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model (SARIMA) elde edilir. Bir SARIMA modeli aşağıdaki parametrelerden oluşur:

- p: otoregresif terim
- d: fark terimi
- q: hareketli ortalama terim
- P: mevsimsel otoregresif terim
- D: mevsimsel fark terimi
- Q: mevsimsel otoregresif terim
- s: mevsimsel tekrarlama periyodu

Gösterildiği gibi SARIMA modeli, diğer modellere ek olarak mevsimsel etkileri uygun şekilde değerlendirebilmek amacıyla farklı mevsimsel parametrelere de sahiptir.

5.1.4.6 Dış değişkenli mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model (SARIMAX) (p, d, q) (P, D, Q) (s)

Dış değişkenli mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama model (SARIMAX), SARIMA modelinin dışsal değişkenler (exogenous variables) ile desteklenmesiyle oluşturulur. Bu model SARIMA modeli ile aynı parametrelere sahiptir. Fakat bu model ile elde edilecek başarımların arttırılabilmesi için bir takım yardımcı değişkenler kullanılır. Bu değişkenler incelenecek probleme göre değişiklik göstermektedir.

5.1.5 Box-Jenkins yöntemi

Box-Jenkins yöntemi tek değişkenli zaman serilerinde geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak üzere kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin uygulanabilmesinde en önemli şart serinin durağan bir seri olmasıdır. Durağan olmayan seriler fark alma yöntemleriyle durağanlaştırılır ve parametreler uygun şekilde tasarlanarak tahminler yapılır. Box-Jenkins yönteminin adımları şu şekilde sıralanabilir:

- **Veri hazırlama**

Bu bölüm dönüştürme ve farklılaştırma yapılarak serinin model için kullanıma hazır hale getirildiği bölümdür. Dönüşümler yapılarak varyans sabitlenir ve fark alma işlemleri ile seri durağan hale getirilir.

- **Model seçimi**

Dönüştürülmüş ve farklılaştırılmış serilerin, otokorelasyon fonksiyonlarının ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının grafikleri kullanılarak uygun model tanımlanır. Bu fonksiyonlar kullanılarak bir zaman serisi için bir ya da birden fazla model tanımlamak mümkündür.

- **Parametre tahmini**

Bir seri için en uygun modelin bulunabilmesi için model katsayılarının değerleri tahmin edilir. Bu işlem genel olarak en çok olabilirlik yöntemi (MLE) ve en küçük kareler yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir.

- **Model denetimi**

Bu bölümde modelin yeterliliği test edilir. Eğer model gerekli başarıma ulaşamadıysa yeniden model seçimi aşamasına dönülür ve model güncellenir. En uygun model elde edilinceye kadar süreç tekrarlanır.

- **Tahminlerin gerçekleştirilmesi**

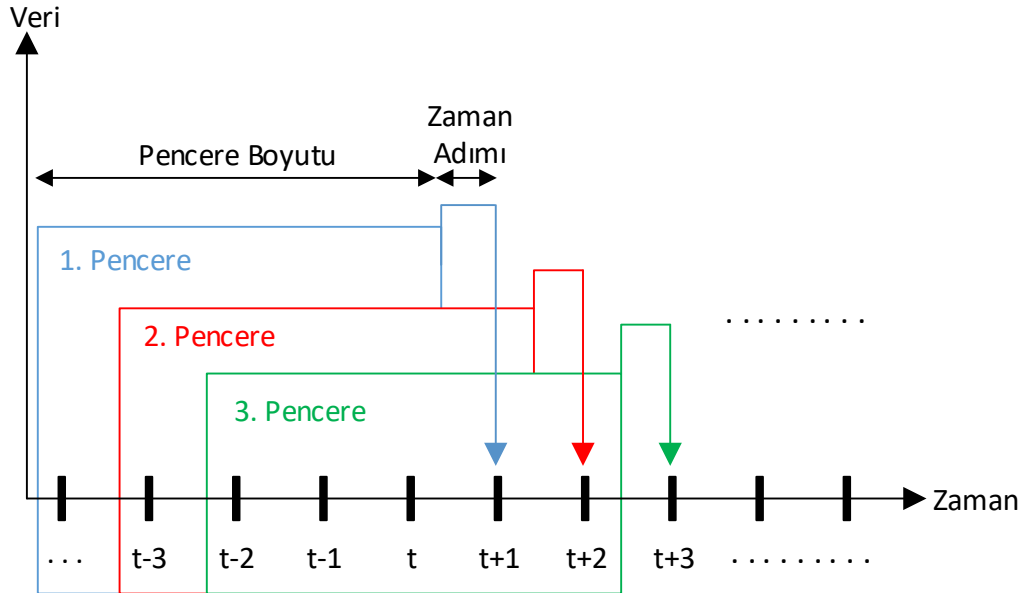
Oluşturulan modelin kullanılmasıyla geleceğe yönelik tahminlerin yapıldığı bölümdür. Modelin seriyi uygun bir şekilde değerlendirip değerlendiremediği tespit edilir.

Eğer seride bir değişiklik yaşandıysa bu sürecin tekrar edilerek yeniden uygun modelin elde edilmesi gerekebilir.

5.2 Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi tabanlı yöntemler, geleceğe yönelik tahminlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tür yöntemlerde genellikle zaman serileri, kayan pencere yöntemi (sliding window) kullanılarak gözetimli öğrenme yöntemlerinden biri olan regresyon problemlerine dönüştürülmektedir. Böylece makine öğrenmesi tabanlı yöntemler ile geleceğe yönelik tahminler yapılabilmektedir.

Kayan pencere yöntemi ile zaman serilerindeki geçmiş gözlemler giriş değişkeni olarak, gelecekteki gözlem ya da gözlemler de çıkış değişkeni olarak kullanılarak bir regresyon modeli oluşturulmaktadır. Şekil 5.3'te kayan pencere yöntemi uygulama süreci gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : Kayan pencere yöntemi uygulama süreci.

Kayan pencere yönteminde pencere boyutu (window size) ve zaman adımı (time step) ele alınan probleme uygun olarak seçilmelidir. Bu yöntemde pencere içerisinde yer

alan gözlemler kullanılarak belirlenen zaman adımı kadar sonraki gözlem ya da gözlemler tahmin edilmektedir. Tahmin edilecek gözlem sayısı yani zaman adımı probleme göre değişebilmektedir. Tek adımlı tahminlerde bir sonraki adım ($t+1$) tahmin edilirken, çok adımlı tahminlerde iki veya ikiden daha fazla adım ($t+n$) tahmin edilmektedir. Pencere boyutu da veri kümesi içerisinde yer alan gözlem sayısına ve zaman serisinin karakteristiğine uygun olarak seçilmelidir. Örneğin günlük gözlem noktalarına sahip bir yıllık bir veri kümesinde pencere boyutu, haftalık, aylık, üç aylık vb. olarak seçilebilir. Kayan pencere yönteminin kullanılmasıyla zaman serileri, makine öğrenmesi tabanlı regresyon problemleri ile analiz edilebilir hale getirilmektedir.

Bir zaman serisi tahmin probleminin kayan pencere yöntemi ile makine öğrenmesi tabanlı regresyon problemine dönüştürülmesinin ardından ele alınan problem çok sayıda farklı regresyon modeli ile incelenebilmektedir. Makine öğrenmesinde regresyon problemlerini inceleyen lineer regresyon, destek vektör regresyonu, karar ağacı regresyonu, Ridge regresyonu, LightGBM (Light Gradient Boosting Machine) regresyonu ve rastgele orman regresyonu gibi çok sayıda model bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında veri kümesi birçok regresyon modeli ile test edilmiş en iyi sonuçlara rastgele orman regresyonu ve LightGBM ile ulaşılmıştır.

5.2.1 Rastgele orman regresyonu

Rastgele orman regresyon yöntemi, karar ağacı temelli bir yöntemdir. Bu yöntemde çok sayıda bireysel karar ağacı oluşturulmaktadır. Bu bireysel ağaçlar oluşturulurken rastgele vektörler kullanılmaktadır. Bireysel ağaçların bir araya gelmesi ile de bir orman oluşturulmaktadır.

Rastgele orman yöntemi, torbalama (bagging) ve rastgele alt uzay (random subspace) birleşmesiyle oluşturulmuştur (Lasota ve diğ, 2012). Bu yöntemde veri seti torbalama yöntemine uygun olarak alt kümeler ayrılır. Sonrasında ise rastgele alt uzay yöntemine uygun olarak ağaçlar üzerindeki düğümlerden en iyi dallara ayrılan değişkenler, oluşturulan alt kümeler içerisinde rastgele seçilir. Rastgele orman yönteminde baskın değişkenlerin olması durumunda, ağaç dalları üzerinde gerçekleştirilecek her yeni ayırma işleminde tüm değişkenlerin değil, rastgele olarak seçilen değişkenlerin kullanılması, yüksek korelasyona sahip ağaçların oluşmasını engellemektedir (Genuer ve diğ, 2010).

Rastgele orman regresyon yönteminde veri seti, öğrenme (inBag) ve test (out of bag) olmak üzere ikiye ayrılır. Öğrenme verisi içerisinde her bir ağaç için torbalama yöntemi ile örneklemeler seçilmektedir. Dolayısıyla her bir ağacın örnekleme farklı olmaktadır. Bu farklı örneklemeler ile oluşturulan ağaçların farklı alt kümeleri kullanılarak tahminler yapılmaktadır. Bu tahminler test kümesi yardımıyla denetlenmektedir. Çok sayıda alt küme oluşuyor olması ve bu alt kümelerin başarılarının sürekli olarak değerlendirilmesi nedeniyle rastgele orman regresyon yöntemi ile yüksek başarımlar elde edilebilmektedir. Ayrıca bu yöntem az işlem gücüne ihtiyaç duyarak oldukça hızlı çalışmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı rastlantısal orman regresyon yöntemi, regresyon problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

5.2.2 LightGBM (Light Gradient Boosting Machine)

LightGBM yöntemi de rastgele orman regresyon yöntemi gibi karar ağacı temelli bir yöntemdir. Diğer karar ağacı tabanlı yöntemlerin aksine bu yöntem yalnızca dikey bir dallanma yerine, hem dikey olarak dallanma yapmakta hem de yatay olarak dallanma yaparak yapraklar üzerinden bir büyüme gerçekleştirmektedir (Ke ve diğ, 2017). Yapraklar üzerinden gerçekleşen büyümede bölünecek yaprağa kayıp miktarına bakılarak karar verilmektedir. Büyüme, kaybı en aza indirgeyen yaprak üzerinden devam etmektedir (Ju ve diğ, 2019). Yaprak üzerinden gerçekleştirilen büyümeler ile dikey dallanma ile oluşturulabilecek ağaçlar da oluşturulabilmektedir.

LightGBM yöntemi diğer karar ağacı temelli yöntemlere göre çok daha hızlı işlem yapabilmekte ve daha az işlem gücüne ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca diğer karar ağacı temelli yöntemlerden yüksek başarımlara ulaşabilmektedir. Büyük veri kümeleri ile yapılan analizlerde de doğruluk oranı yüksek sonuçlar elde edilebilmektedir.

5.3 Tahminlerin Performans Değerlendirmesi

Tahminlerin gerçekleştirilmesinde oluşturulan modellerin performanslarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması önemli bir diğer husustur. Bu doğrultuda literatürde yer alan çok sayıda performans değerlendirme ölçeği (metric) bulunmaktadır. Fakat yapılan çalışmalar incelendiğinde ortalama karesel hata (MSE), kök ortalama karesel hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), ölçeklerinin yaygın olarak kullanıldığı gözlemlenmektedir.

Tahminlerin performanslarının hangi ölçeğe göre değerlendirileceği problemin karakteristik özelliklerine göre belirlenebilir. Ayrıca çalışmalarda performans değerlendirmesi birden fazla ölçek kullanılarak da yapılabilir.

5.3.1 Ortalama karesel hata (MSE)

Ortalama karesel hata (mean squared error), tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkların karelerinin ağırlıklı ortalamasıdır. MSE aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G_i - T_i)^2 \quad (5.4)$$

Burada n , örnek sayısı, G_i , gerçek değerler, T_i , tahmin edilen değerlerdir. MSE ölçeği ile tahminlerdeki aşırı hatalar cezalandırılır. MSE değerinin küçük olması bir tahminin başarımının yüksek olduğu anlamı taşımaktadır.

5.3.2 Kök ortalama karesel hata (RMSE)

Kök ortalama karesel hata (root mean squared error), tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkların karelerinin ağırlıklı ortalamalarının kareköküdür. RMSE aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G_i - T_i)^2} \quad (5.5)$$

Burada n , örnek sayısı, G_i , gerçek değerler, T_i , tahmin edilen değerlerdir. Bu işlev ile de tahminlerdeki aşırı hatalar cezalandırılır. Birçok işleve benzer şekilde RMSE değerinin küçük olması tahminlerin başarılı olduğunu göstermektedir.

5.3.3 Ortalama mutlak hata (MAE)

Ortalama mutlak hata (mean absolute error), tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki mutlak farkların ağırlıklı ortalamasıdır. MAE, negatif ve pozitif hataları birbirlerinden ayırmaz. MAE aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |G_i - T_i| \quad (5.6)$$

Burada n , örnek sayısı, G_i , gerçek değerler, T_i , tahmin edilen değerlerdir. MAE değeri sıfır ila sonsuz arasında bir değer alabilir. Bir tahminin başarılı olması için MAE değeri mümkün olduğunca küçük olmalıdır.

5.3.4 Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE)

Ortalama mutlak yüzde hata (mean absolute percentage error), tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki mutlak farkların ağırlıklı ortalamasının yüzde cinsinden ifade edilmesidir. MAPE de negatif ve pozitif hataları birbirinden ayırmaz. MAPE aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|G_i - T_i|}{G_i} \right) \times 100 \quad (5.7)$$

Burada n , örnek sayısı, G_i , gerçek değerler, T_i , tahmin edilen değerlerdir. Bu ölçev yüzde olarak ifade edildiği için anlaşılması ve yorumlanması kolaydır. Ayrıca yüzdesel olarak sonuç vermesi dolayısıyla büyük değerli verilerin olduğu problemlerde kullanılması oldukça uygundur.



6. KESİNTİ MALİYETLERİ VE TAHMİNLER

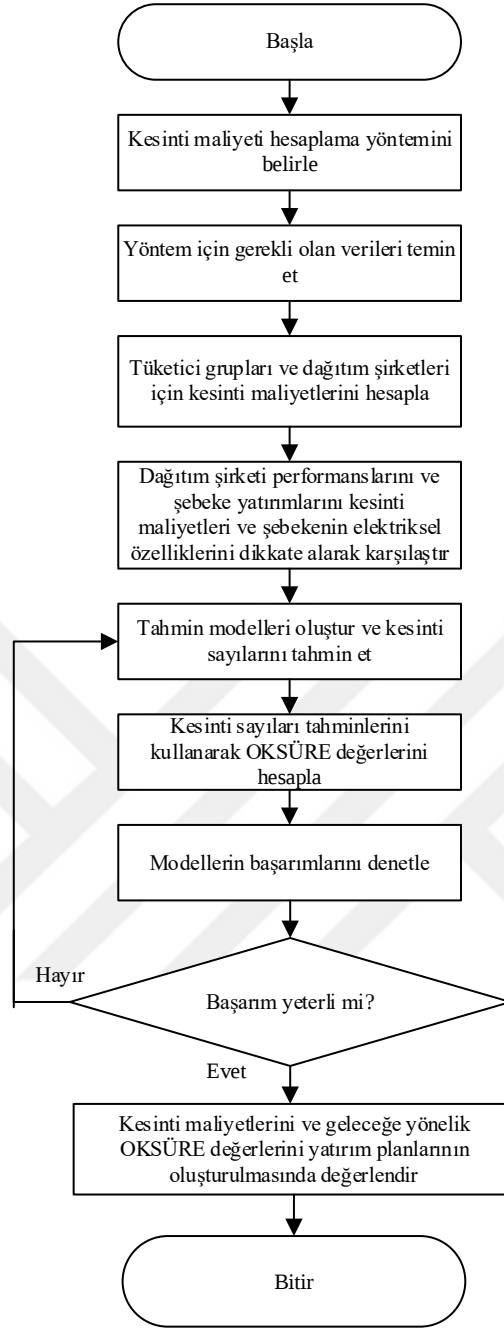
Çalışmanın bu bölümünde ülkemizde yer alan tüketici gruplarının ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyetleri elde edilmiştir. Ardından kesinti maliyetleri ve şebekede gerçekleştirilen yatırımlar değerlendirilerek dağıtım şirketi performansları karşılaştırılmıştır. Sonrasında ise dağıtım şirketlerinin mevzuat gereği internet sitelerinde ilan ettikleri gerçek kesinti istatistikleri kullanılarak tahminler gerçekleştirilmiş ve geleceğe yönelik OKSÜRE değerleri elde edilmiştir.

6.1 Önerilen Yöntem

Literatürde kesinti maliyeti hesaplamalarında ve tahminlerde kullanılan çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler pek çok avantaja ve dezavantaja sahiptir. Bu nedenle çalışmalarda yöntemler, mevcut avantajlardan en fazla faydalanılacak ve dezavantajlar azaltılacak şekilde değerlendirilmelidir. Bu çalışmada da yöntemlerin kullanılmasında benzer bir yaklaşım izlenerek gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1’de kesinti maliyeti hesaplamalarına ve tahminlere ait akış şeması gösterilmiştir.

Elektrik kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınmamasına neden olan en temel problem ülkemizde elektrik kesinti maliyetlerini inceleyen kapsamlı çalışmaların yapılarak kesinti maliyetlerinin ortaya çıkarılmamış olmasıdır. Elektrik kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınmasının sağlanması için öncelikle ülkemizdeki kesinti maliyetleri ortaya koyularak enerji sektöründeki paydaşların farkındalıkları arttırılmalıdır.

Tüm Türkiye ölçeğinde çeşitli tüketici gruplarını ve elektrik dağıtım şirketlerini dikkate alarak kesinti maliyetlerinin ortaya koyulması, elektrik kesintilerinin ekonomik etkilerinin farklılıkları da göz önüne alındığında oldukça zor bir işlemdir. Bu nedenle kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınması için bu süreci hızlandıracak bir takım çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda elektrik kesinti maliyetlerinin hesaplanmasında dolaylı analitik yöntemler kullanılmaktadır.



Şekil 6.1 : Kesinti maliyeti hesaplamalarına ve tahminlere ait akış şeması.

Dolaylı analitik yöntemler ile ilave saha çalışmalarına ihtiyaç duyulmadan halihazırda var olan mevcut veriler ile elektrik kesinti maliyetleri elde edilmektedir. Bu yöntemin ilave iş gücüne neden olmaması hem kesinti maliyeti hesaplama süresini kısaltmakta hem de bu işlemin ekonomik olarak ilave masraflar yaratmasını engellemektedir. Böylece elektrik kesinti maliyetleri yapılacak yatırım planlarında kullanılabilir hale gelmektedir. Aksi takdirde uzun ve maliyetli bir sürecin yatırım planlarında kullanılmasının imkansız olduğu açıktır.

Dolaylı analitik yöntemlerin hızlı ve kullanışlı olmasının en temel sebeplerinden biri halihazırda var olan verilerin kullanılmasıdır. Bu tez çalışmasında da kesinti maliyetlerinin elde edilebilmesi için Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), EPDK ve TEDAŞ tarafından yayımlanan istatistiksel verilerden yararlanılmıştır (TÜİK, 2019; EPDK, 2011; TEDAŞ, 2019). İlgili veriler genellikle bir takvim yılının tamamlanmasının ardından sonraki yıl içerisinde işlenmekte, raporlanmakta ve yetkili kurumlar tarafından yayımlanmaktadır. Bu nedenle analizlerde ve modellemelerde, henüz 2019 yılı verilerinin tamamının yayımlanmamış olması nedeniyle 2018 yılı verileri kullanılmıştır.

Dolaylı analitik yöntemin uygulanması ile birlikte tüketici gruplarının ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri, dağıtım bölgeleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonrasında dağıtım şirketlerinin kesinti maliyeti performansları karşılaştırılmıştır. Ayrıca şebekede gerçekleştirilen yatırımlar, kesinti maliyetleri ve şebekenin elektriksel özellikleri dikkate alınarak birim değerler kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde doğrudan yatırım miktarlarının yerine, birim değerler kullanılmıştır. Böylece şebeke yatırımları daha iyi bir şekilde değerlendirilebilmiştir.

Tüm bunların yanı sıra dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus yatırım planlarının geleceğe yönelik olmasıdır. Fakat kesinti maliyeti hesaplamaları geçmiş veriler kullanılarak tamamlan bir dönem için oluşturulmaktadır. Düzenleyici kurumlar tarafından oluşturulan yatırım kararlarının efektif bir şekilde oluşturulması için ise geleceğe yönelik öngörülerle ihtiyaç duyulmaktadır.

Elektrik kesintilerinin meydana gelmesi şebeke kaynaklı elektriksel olaylardan ya da dışsal pek çok farklı nedenden kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle kesintiler ile ilgili geleceğe yönelik tahminlerin yapılması oldukça zor bir süreçtir. Geleceğe yönelik olarak bir şebekede hangi zaman aralığında hangi büyüklükte bir kesintinin meydana geleceğini deterministik yöntemler ile tahmin etmek neredeyse imkansızdır. Tüm bu nedenlerden dolayı elektrik kesintileri ile ilgili tahminlerde zaman serisi analizleri ve makine öğrenmesi gibi yapay zeka çözümleri kullanılmalıdır.

Çalışmada yapay zeka yöntemleri ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. Bu tahmin modelleri ile dağıtım şirketlerine ait gerçek kesinti istatistikleri kullanılarak geleceğe yönelik günlük kesinti sayısı tahminleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise kesinti

tahminlerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak incelenen dağıtım şirketlerine ait yıllık OKSÜRE değerleri hesaplanmıştır. Böylece yapay zeka çözümlerinden faydalanılarak, elektrik kesinti maliyetlerini etkileyen en önemli parametre olan tedarik sürekliliği performansı geleceğe yönelik olarak tahmin edilmiştir. Bunun yanı sıra modellerin oluşturulmasının sağladığı bir diğer büyük avantaj ise modellerin tekrarlanabilir olmasıdır. Tekrarlanabilir modellerin oluşturulamaması halinde elektrik kesinti maliyetlerinin hesaplanması her defasında yeni bir iş yüküne neden olacaktır.

Elektrik kesinti tahmin modellerinin yatırım planlarına katkı sağlayabilmesi ancak modellerin yüksek başarımlarını göstermesi ile mümkün olacaktır. Bu nedenle modellerin başarımlarının uygun bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Eğer modeller gerekli başarıma sahip değil ise süreç tekrar edilmeli ve modeller güncellenmelidir. Modellerin gerekli başarımları sağlaması sonrasında ise yapay zeka tabanlı çözümlerin sağladığı avantajlar göz önünde bulundurularak, tahminlerin sonucunda elde edilen OKSÜRE değerleri, karar vericiler tarafından geleceğe yönelik kesinti maliyeti hesaplamalarında değerlendirilebilecektir. Böylece kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında efektif olarak dikkate alınmasına katkı sağlanacaktır.

6.2 Kesinti Maliyeti Hesaplamaları

Elektrik kesintileri, elektrik enerji piyasasının tüm paydaşlarında önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Fakat literatürde yer alan çalışmalarda elektrik kesinti maliyetleri incelenirken genellikle kesintilerden en çok etkilenen paydaşlar olan tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri incelenmektedir. Bu tez çalışmasında da Türkiye'nin farklı elektrik dağıtım bölgelerindeki, tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında amaç, elektrik enerji sektörünü yöneten karar vericilerin yatırım planlamalarını destekleyici bir takım bilgiler ve modeller geliştirmektir. Bu nedenle elektrik kesinti maliyetleri, halihazırda var olan istatistiksel verilerin kullanılması ile az iş gücüne ve zamana ihtiyaç duyarak kesinti maliyetlerine doğrudan ulaşılabilen dolaylı analitik yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır.

Elektrik kesintileri nedeniyle ortaya çıkan maliyetler, farklı tüketici gruplarına, tüketici grupları içerisinde yer alan farklı alt sektörlerle hatta her bir bireysel tüketiciye

bağlı olarak büyük farklar göstermektedir. Örneğin sanayi tüketici grubu içerisinde yer alan bir cam sanayii fabrikası ile bir kimyasal üretim tesisi kesintilerden farklı şekilde etkilenmektedir. Bunun yanı sıra aynı sektörde yer almalarına rağmen kimyasal üretim gerçekleştiren iki farklı tesis için de elektrik kesinti maliyetleri oldukça farklı olabilmektedir. Bunun nedeni kesintilerin boşta insan gücü, hurda kayıpları vb. gibi maliyet bileşenlerinin kurumların üretim süreçlerine bağlı olarak değişmesidir. Dolaylı analitik yöntemler ile yapılan kesinti maliyeti hesaplamalarında, bu bireysel farklılıkları dikkate almayan bütüncül istatistikler kullanıldığından bu yöntem ortalama sonuçlar vermektedir. Literatürde yer alan çalışmalarda da bu durum yapılan hesaplamalar ile gösterilmiştir (Küfeoğlu, 2015).

Bu tez çalışmasında amaç, karar vericilerin yatırım planlarını desteklemek hedefiyle dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performanslarını ve dağıtım bölgelerindeki elektrik kesinti maliyetlerini tespit etmek ve karşılaştırmalar yapmaktır. Bu nedenle dolaylı analitik yöntemler ile elde edilecek ortalama sonuçlar değerlendirmeler için yeterli olacaktır. Ayrıca bireysel olarak tüketicilerin maliyetlerini tespit etmeye yönelik çalışmaların ülke çapında gerçekleştirilmesi hem ekonomik açıdan hem de iş gücü açısından mümkün olamayacaktır. Bu nedenle dolaylı analitik yöntemler ile daha az iş gücüne ihtiyaç duyarak, hızlı ve efektif bir şekilde ihtiyaca yönelik çözümlere hızlıca ulaşılabilecektir.

Kesinti maliyet hesaplamalarında kullanılacak dolaylı analitik yöntemler için gerekli istatistiksel veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), EPDK tarafından yıllık olarak yayımlanan Elektrik Piyasası Sektör Raporu ve TEDAŞ tarafından yıllık olarak yayımlanan Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri'nden temin edilmiştir (TÜİK, 2019; EPDK, 2011; TEDAŞ, 2019). Tez çalışmasında 2018 yılı incelendiğinden ilgili istatistiksel kaynaklardan da 2018 yılını içeren veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Önceki bölümlerde açıkladığı üzere Türkiye elektrik şebekesinde gerçekleşen arızaların büyük bir çoğunluğu dağıtım şebekesinden kaynaklanmaktadır. Buna karşın iletim şebekesinin tedarik sürekliliğine olan olumsuz etkisi, Çizelge 3.2'de de gösterildiği gibi ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle yapılacak olan dağıtım şirketi performans değerlendirmelerinde iletim şebekesi kaynaklı kesintilerin etkisi ihmal edilmiştir. Ayrıca bildirimli elektrik kesintileri karşısında tüketiciler ve elektrik dağıtım şirketleri, kesintilerin etkilerini azaltacak işletme süreçlerine bağlı bir takım

önlemler almaktadırlar. Bu önlemler ile birlikte kesintilerin maliyetleri önemli derecede azaltılabilmektedir. Dolayısıyla bildirimli kesinti maliyetlerinin hesaplanabilmesi için ayrıca bir takım yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı bu çalışmada yalnızca bildirimsiz kesintiler incelenmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalarda elektrik kesinti maliyeti değerlendirmeleri, kesinti maliyetleri yıllık enerji tüketimi ya da çekilen maksimum güç kullanılarak normalize edildikten sonra gerçekleştirilmektedir (Wangdee ve Billinton, 2004). Fakat elektrik dağıtım şirketi performanslarının ve kesinti maliyetlerinin birlikte değerlendirilmesi için yalnızca normalize edilmiş değerlerin kullanılması yeterli olmamaktadır. Bu çalışmada dağıtım şirketi performanslarının ve kesinti maliyetlerinin uygun bir şekilde değerlendirilmesi ve karşılaştırmalar yapılabilmesi için toplam kesinti maliyetleri ve yıllık enerji tüketimi ile normalize edilmiş kesinti maliyetleri birlikte kullanılmıştır.

Elektrik kesinti maliyeti hesaplamalarında tüketicilerin çalışma sürelerinin, enerji tüketimlerinin, OKSÜRE'lerin ve kesintilerden etkilenen tüketici gruplarının dağıtım bölgelerindeki coğrafi dağılımlarının homojen olduğu varsayılmıştır. Bunun nedeni gün içerisinde gerçekleşen kesintilerin hangi zaman diliminde gerçekleşeceğinin modellenmesinin imkansız olmasıdır. Modelin oluşturulamaması nedeniyle hangi kesintinin tüketicilerin çalışma sürelerinin içinde hangi kesintilerin çalışma sürelerinin dışında gerçekleştiği bilinmemektedir. Bu nedenle kesintilerin de gün içerisinde homojen olarak gerçekleştiği varsayılmıştır.

Bu tez çalışmasındaki kesinti maliyeti hesaplamalarında, ülkemizde yer alan 21 dağıtım şirketinin tümü incelenmiştir. Böylelikle kesinti maliyetlerini etkileyen tüketici sayıları, tüketici grupları, enerji tüketimleri ve şebeke karakteristiği gibi dağıtım şirketlerinin farklı özelliklerinin tümü bütüncül olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca kesinti maliyeti hesaplamalarında kullanılan ekonomik ve coğrafi veriler, Avrupa ve Anadolu Yakası olarak ayrı ayrı değil İstanbul'un tümü için birlikte verilmektedir. Bu nedenle kesinti maliyeti hesaplamalarında, Boğaziçi EDAŞ ve İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ birlikte değerlendirilmiştir.

Çalışmada kesinti maliyetleri, takip eden bölümde belirtilen formüller ile hesaplanmış ve şekiller ile gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan detaylı veriler, çalışmanın bütünlüğünün korunması amacıyla çizelgeler halinde EK A bölümünde gösterilmiştir.

6.2.1 Tüketici kesinti maliyetlerinin hesaplanması

Elektrik kesintilerinin neden olduğu ekonomik kayıplar tüketici gruplarına bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle elektrik kesintilerinin tüketiciler üzerinde neden olduğu kayıplar incelenirken tüketici grupları ayrı ayrı ele alınmalıdır. Bu çalışmada tüketiciler, sanayi, ticarethane ve konut tüketicileri olarak gruplandırılmış ve incelenmiştir. Literatürde, tüketici gruplarının elektrik kesintileri nedeniyle maruz kaldığı kayıplar genellikle Sektörel Tüketici Hasar Fonksiyonları (Sector Customer Damage Functions) ile ifade edilmektedir. Bu fonksiyonlar ile farklı tüketici gruplarının kesinti maliyetleri hesaplanabilmektedir. Bu bölümde kesinti maliyetleri tüketici grupları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Fakat dağıtım bölgeleri dikkate alınarak yapılacak değerlendirmelerin sağlıklı olabilmesi için hesaplamaların bütüncül olarak değerlendirmesi gerekmektedir. Bu nedenle kesinti maliyeti değerlendirmeleri tüm hesaplamalar tamamlandıktan sonra ayrı bir bölümde gerçekleştirilmiştir.

6.2.1.1 Sanayi tüketicileri

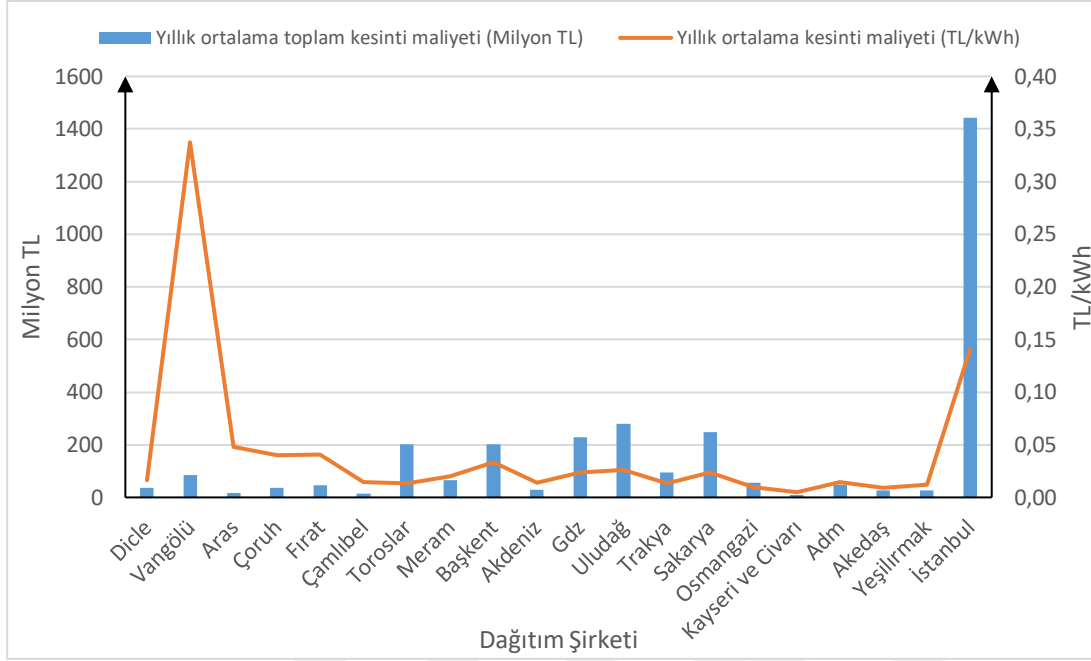
Günümüzde sanayide gerçekleştirilen üretimin neredeyse tamamı elektrik enerjisine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu nedenle elektrik tedarikinde meydana gelen kesintiler, sanayi tüketicilerinin üretim sürecini tamamen aksatmaktadır. Sanayi tüketicilerinde sürekli üretim, yalnızca elektrik enerjisinin sürekli olarak kullanılmasıyla mümkün olmaktadır. Bunun yanı sıra bir tesiste üretimin gerçekleşmesi ile katma değer (value added) elde edilmektedir. Bu nedenle sanayi tüketicilerinde, elektrik enerjisi, üretim ve katma değer parametreleri birbirleri ile doğru orantılıdır.

Elektrik enerjisinde meydana gelen bir kesinti, üretim sürecini etkileyeceğinden yani elde edilen katma değeri azaltacağından, elektrik kesintilerinin maliyetleri bu doğrusal ilişki kullanılarak elde edilebilir.

$$TTKM_s(TL) = \text{katma değer } (TL/\text{saat}) \times \text{ortalama kesinti süresi}(\text{saat}) \quad (6.1)$$

$$TKM_s(TL/kWh) = \frac{\text{katma değer } (TL/\text{saat}) \times \text{ortalama kesinti süresi}(\text{saat})}{\text{yıllık enerji tüketimi } (kWh)} \quad (6.2)$$

Burada, $TTKM_s$, sanayi tüketicilerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri ve TKM_s , sanayi tüketicilerinin yıllık ortalama kesinti maliyetleridir. Şekil 6.2’de sanayi tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 6.2 : Sanayi tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda kesinti maliyeti hesaplamaları, sanayi tüketicilerinin günde 8 saat çalıştığı varsayımı üzerine gerçekleştirilmiştir (Lehtonen, ve diğ, 2006). Fakat ülkemizde sanayi tüketicilerinin büyük çoğunluğu günde 24 çalışma süresine sahiptir. Ayrıca, kesintilerin gün içerisinde meydana gelme karakteristiklerinin modellenmesi oldukça zordur. Bu nedenle sanayi tüketicileri için günlük belirli bir çalışma süresi belirlense bile hangi kesintinin çalışma saatinin içinde hangi kesintinin çalışma saatinin dışında gerçekleştiği tespit edilemeyecektir. Tüm bu nedenlerden dolayı sanayi tüketicileri için belirli bir çalışma süresi belirlenmemiş ve hesaplamalar tüm yılı kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Hesaplamalarda kesinti maliyetlerinin yüksek ya da düşük olduğunun belirlenebilmesi için hem ortalama kesinti maliyetlerinin hem de ortalama toplam kesinti maliyetlerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Yalnızca bir parametre dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler yeterli değildir. Her iki parametrenin yüksek olduğu dağıtım şirketleri, kötü ve her iki parametrenin düşük olduğu dağıtım şirketleri, iyi performans göstermektedir.

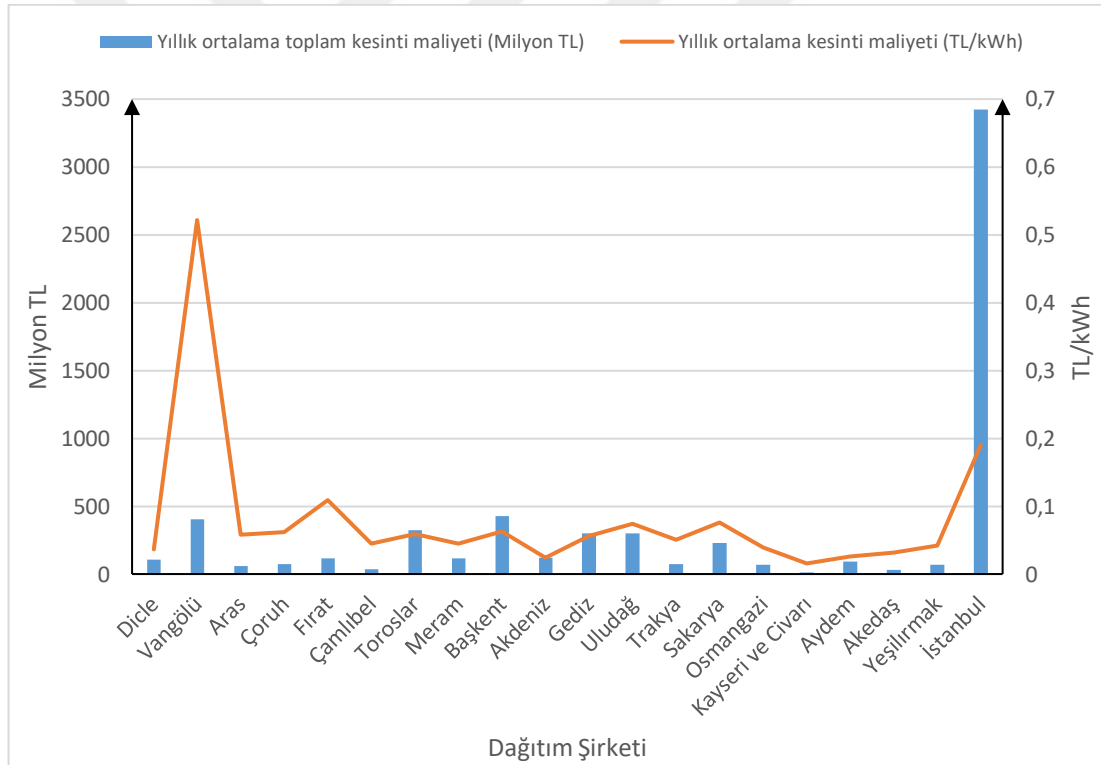
6.2.1.2 Ticarethane tüketicileri

Sanayi tüketicilerinde olduğu gibi ticarethanelerde de tüketicilerin organizasyon şemaları içerisinde yer alan işlerin neredeyse tamamı elektrik enerjisine bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle ticarethane tüketicilerinin elektrik kesinti maliyetleri de sanayi tüketicilerine benzer bir şekilde hesaplanabilmektedir.

$$TTKM_t(TL) = \text{katma değer (TL/saat)} \times \text{ortalama kesinti süresi(saat)} \quad (6.3)$$

$$TKM_t(TL/kWh) = \frac{\text{katma değer (TL/saat)} \times \text{ortalama kesinti süresi(saat)}}{\text{yıllık enerji tüketimi (kWh)}} \quad (6.4)$$

Burada, $TTKM_t$, ticarethane tüketicilerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri ve TKM_t , ticarethane tüketicilerinin yıllık ortalama kesinti maliyetleridir. Şekil 6.3'te ticarethane tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 6.3 : Ticarethane tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.

Çalışma saatlerinin içerisinde ya da dışarısında gerçekleşen elektrik kesintileri tam olarak tespit edilemeyeceğinden ticarethane tüketicileri için de sanayi tüketicilerine benzer olarak belirli bir çalışma süresi belirlenmemiş ve hesaplamalar tüm yılı kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

6.2.1.3 Konut tüketicileri

Konut tüketicilerinin elektrik kesintileri nedeniyle maruz kaldığı kayıpların hesaplanması, diğer tüketici gruplarına kıyasla daha karmaşık bir süreçtir. Çünkü konut tüketicilerinin gerçekleştirdiği aktivitelerin elektrik enerjisi ile olan ilişkisi diğer tüketicilerde olduğu gibi kolaylıkla açıklanamaz. Bu nedenle konut tüketicilerin kesintiler nedeniyle maruz kaldığı kayıpların hesaplanması için bir takım yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

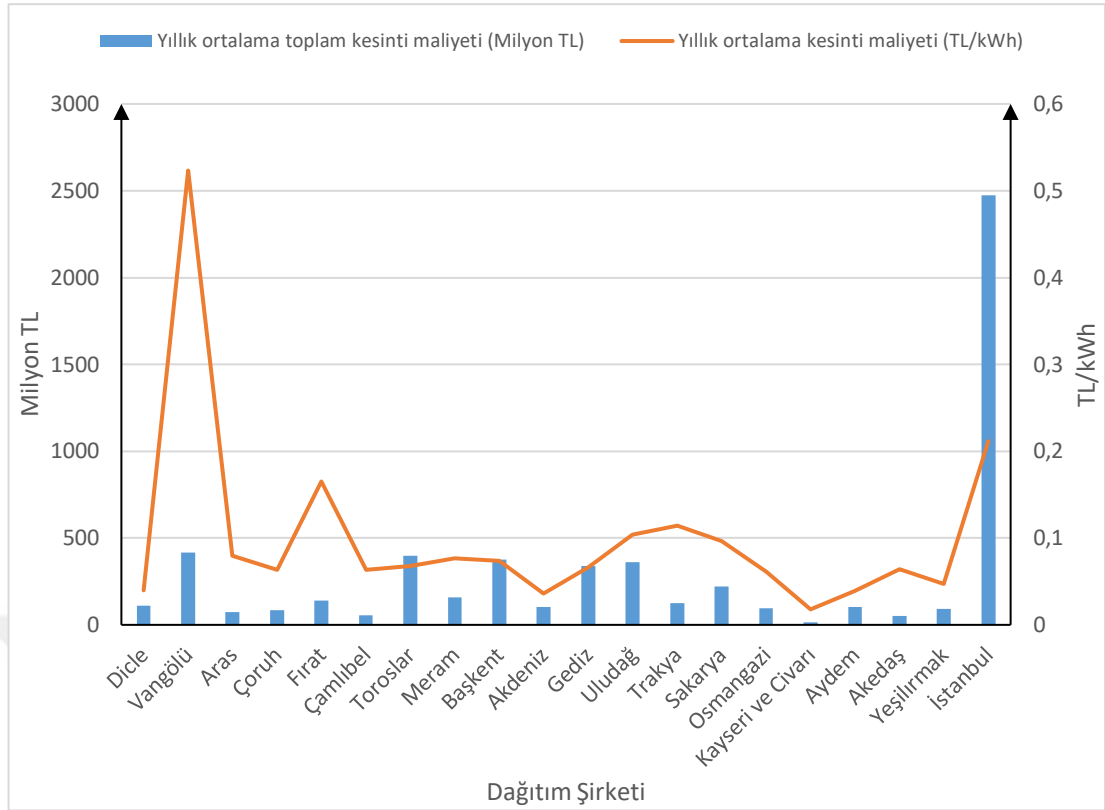
Geliştirilen bir yaklaşımda konut tüketicilerinin elektrik kesintileri nedeniyle maruz kaldığı maliyetler şu şekilde hesaplanmaktadır; Konut tüketicilerin boş zamanında gerçekleşen bir kesinti, tüketicilerin sosyal aktivitelerinin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Fakat her insanın verimli olarak çalışabilmesi için sosyal aktiviteler gerçekleştirmeye ve psikolojik olarak rahatlamaya ihtiyacı vardır. Kesintiler nedeniyle tüketicilerin sosyal aktivitelerinde meydana gelen problemler, tüketicilerin çalışma verimlerini de önemli derecede azaltmaktadır. Bu nedenle tüketicilerin boş zamanlarında gerçekleşen bir saatlik kesinti, çalışma süresi içerisinde bir saatlik daha az çalışmaya neden olmaktadır. Dolayısıyla tüketicilerin boş zamanlarında gerçekleşen bir saatlik kesintinin maliyeti, bir saatlik çalışma ücretine eşit olarak ifade edilebilir (Praktikno ve diğ., 2011). Bu tez çalışmasında kesinti maliyetleri dağıtım bölgesi dikkate alınarak incelendiğinden, saatlik ortalama kazanç ve enerji tüketim verileri yalnızca bir bireysel tüketici için değil dağıtım bölgesinin tümü için oluşturulmuştur.

$$TTKM_k(TL) = \text{ortalama saatlik kazanç (TL/saat)} \times \text{ortalama kesinti süresi(saat)} \quad (6.5)$$

$$TKM_k(TL/kWh) = \frac{\text{ortalama saatlik kazanç (TL/saat)} \times \text{ortalama kesinti süresi(saat)}}{\text{yıllık enerji tüketimi (kWh)}} \quad (6.6)$$

Burada, $TTKM_k$, konut tüketicilerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri ve TKM_k , konut tüketicilerinin yıllık ortalama kesinti maliyetleridir. Şekil 6.4'te konut tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri gösterilmiştir.

Dağıtım bölgelerinde yer alan konut tüketicilerine ait bölgesel ortalama kazanç verisi oluşturulurken TÜİK'ten elde edilen illere göre yıllık ortalama kazanç ve nüfus bilgisi verileri kullanılmıştır.



Şekil 6.4 : Konut tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.

6.2.2 Elektrik dağıtım şirketi kesinti maliyetlerinin hesaplanması

Elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldıkları ekonomik kayıplar genel olarak satılamayan enerji maliyeti, arızalar kaynaklı bakım ve işletme giderleri ve cezai yaptırımlar olarak üç başlık altında incelenmektedir. Dağıtım şirketlerine ait kesinti maliyetlerine ilişkin değerlendirmeler, tüketicilerde olduğu gibi hesaplamaların sonunda ayrı bir bölümde gerçekleştirilmiştir.

Elektrik dağıtım şirketleri tüketicilere sundukları hizmet karşılığında, tüketicilere satılan enerjinin birim fiyatı üzerinden belirli oranda bir ücret almaktadırlar. Alınan bu ücret “dağıtım bedeli” olarak adlandırılmaktadır. Elektrik enerjisinde yaşanan kesintiler, elde edilen bu gelirin azalmasına neden olarak önemli bir kayıp yaratmaktadır.

$$EDAŞTKM_{se}(TL) = OSSE (kWh/saat) \times OKSÜRE(saat) \times \text{dağıtım bedeli} (TL/kWh) \quad (6.7)$$

$$EDAŞKM_{se}(TL/kWh) = \frac{OSSE (kWh/saat) \times OKSÜRE(saat) \times \text{dağıtım bedeli} (TL/kWh)}{\text{yıllık satılan enerji} (kWh)} \quad (6.8)$$

Burada, OSSE, ortalama saatlik satılan enerji, $EDAŞTKM_{se}$, elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri ve $EDAŞKM_{se}$, elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama kesinti maliyetleridir. Dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyetlerinin yüksek doğrulukla hesaplanabilmesi için EPDK tarafından belirlenen dağıtım bedelleri, mutlaka analiz edilmelidir.

Türkiye enerji piyasasında, elektrik enerjisi birim fiyatı ve dağıtım bedeli, tüketici grubu, bağlantı seviyesi ve kullancı tarifelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda bu parametreler dikkate alınarak incelemeler yapılmalıdır. Çift terimli tarifelerde kullanıcının tükettiği enerjinin yanı sıra bir de anlık olarak tüketilen güç değeri incelenir ve bu gücün sözleşme ile belirlenen büyüklüğün üzerine çıkması durumunda tüketicilerden ek ödemeler talep edilir. Çift terimli tarifeler yalnızca orta gerilim ile beslenen, darbeli yük çeken tüketiciler ve ark fırınları için zorunludur. Ülkemizdeki tüketicilerin büyük bir çoğunluğunun tek terimli tarife kullanıldığı düşünüldüğünde bu çalışmada tek terimli tarifeler dikkate alınmıştır. Ayrıca dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus da zamana bağlı tarifelerdir. Ülkemizde kullanıcılar tek zamanlı ya da çok zamanlı tarifeler kullanabilmektedir. Bu durumda da tüketicilerden alınan dağıtım bedeli zamana bağlı olarak değişmektedir. Bu tez çalışmasında kesintilerin gün içerisinde gerçekleştiği zaman detaylı olarak incelenmediğinden yapılan hesaplamalarda tek zamanlı tarife fiyatlandırmaları dikkate alınmıştır.

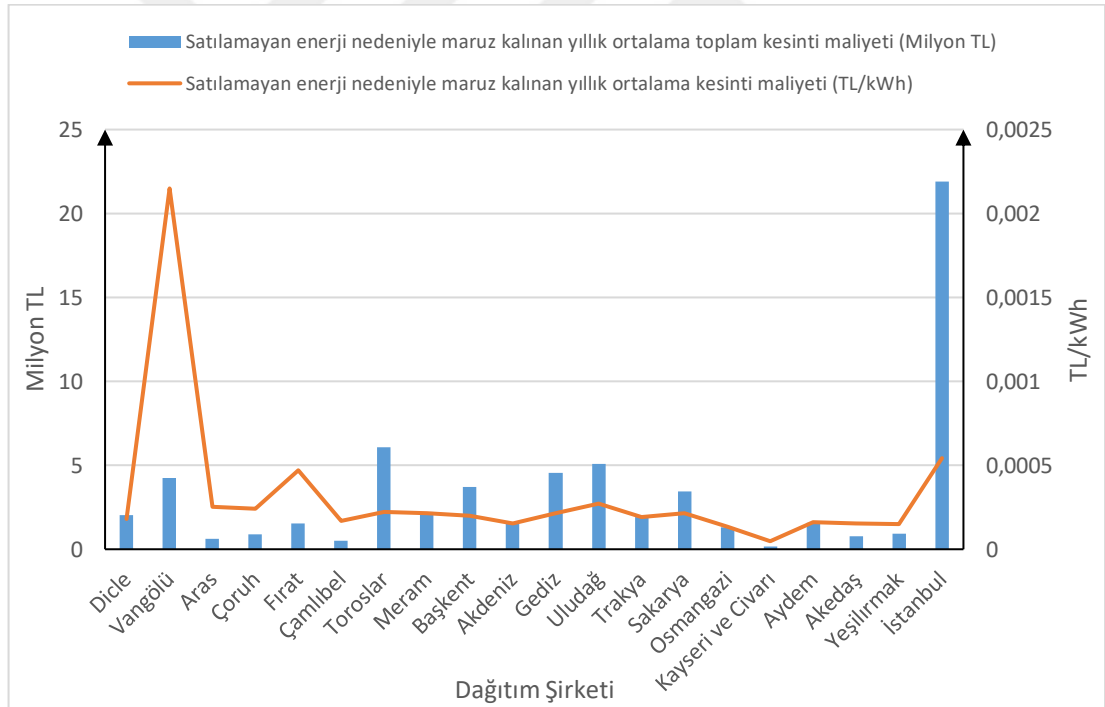
Tarifelere bağlı fiyat değişikliklerinin yanı sıra kesinti maliyeti hesaplamalarında dağıtım bedelinde meydana gelen fiyat değişimlerine mutlaka dikkat edilmelidir. Çalışmada incelenen 2018 yılı içerisinde enerji birim fiyatı, dolayısıyla dağıtım bedeli beş defa değiştirilmiştir. Bu değişimlerin göz ardı edilmemesi için bu çalışmada, her bir birim fiyatın kullanıldığı süre dikkate alınarak dağıtım bedellerinin ağırlıklı ortalaması, tüketici gruplarına, bağlantı seviyelerine ve tarifelere bağlı olarak oluşturulmuştur. Çizelge 6.1’de dağıtım bedellerinin ağırlıklı ortalaması gösterilmiştir.

Türkiye’de dağıtım bedeli genellikle kr/kWh cinsinden ifade edilirken bu çalışmada bütünlük oluşması açısından TL/kWh cinsinden ifade edilmiştir. Dağıtım bedellerinin gerekli parametreler dikkate alınarak oluşturulmasının ardından, kesinti maliyetleri elde edilmiştir.

Çizelge 6.1 : Dağıtım bedellerinin ağırlıklı ortalaması.

Tüketici grupları	Bağlantı Seviyesi	Dağıtım Bedeli Ağırlıklı Ortalaması (TL/kWh)
Sanayi	Orta gerilim	0,0636
	Alçak gerilim	0,0977
Ticarethane	Orta gerilim	0,1129
	Alçak gerilim	0,1339
Konut	Orta gerilim	0,1104
	Alçak gerilim	0,1310
Tarımsal Sulama	Orta gerilim	0,0927
	Alçak gerilim	0,1099
Aydınlatma	Orta gerilim	0,1084
	Alçak gerilim	0,1283

Şekil 6.5'te elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 6.5 : Elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.

Türkiye’de her tüketici grubu için orta ve alçak gerilim dağıtım bedeli tanımlanmasına karşın aynı grup içerisinde yer alan tüketicilerin büyük bir çoğunluğu genellikle tek bir bağlantı seviyesinde bulunmaktadır. Örneğin ülkemizde konut tüketicilerinin neredeyse tamamı alçak gerilim tüketicisidir, orta gerilim konut tüketicilerinin sayısı

ise oldukça azdır. Bu nedenle hesaplamalarda tüm konut tüketicileri alçak gerilim tüketicisi olarak varsayılabilir. Bu çalışmada dağıtım bedelleri dikkate alınırken, sanayi tüketicilerinin orta gerilim tüketicisi olduğu ve diğer tüketici gruplarının tümünün alçak gerilim tüketicisi olduğu varsayılmıştır.

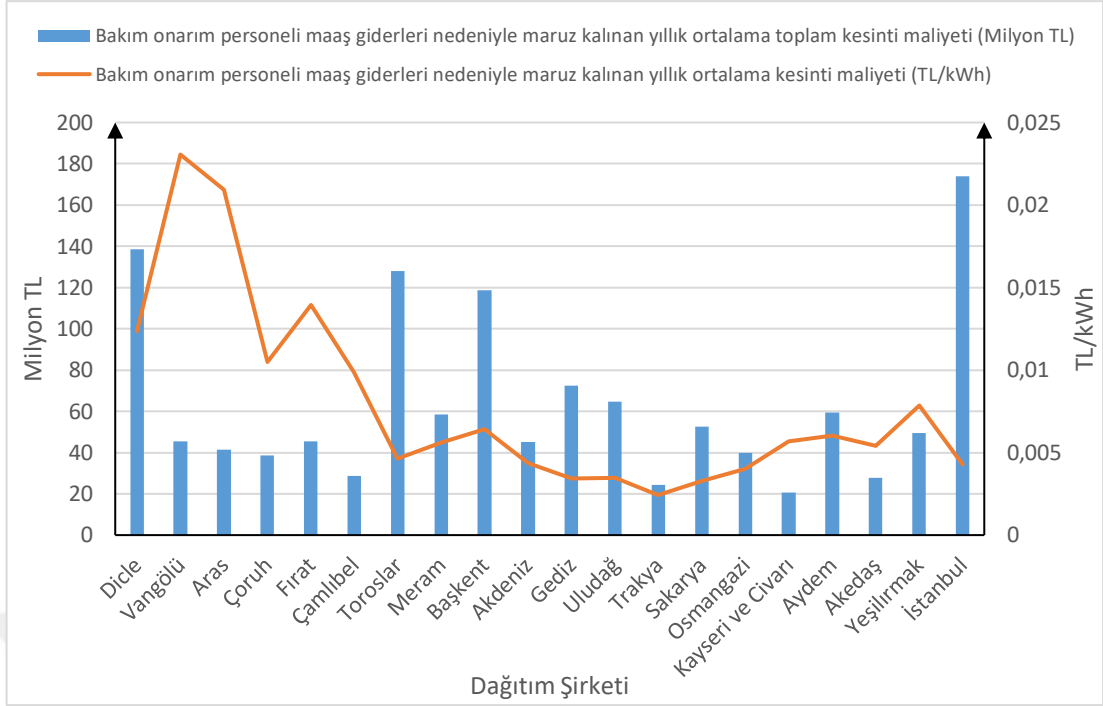
Elektrik kesintilerinin dağıtım şirketleri üzerinde neden olduğu bir diğer maliyet parametresi de arızalar kaynaklı bakım ve işletme maliyetleridir. Artan arıza sayıları şebekenin işletilmesi için gerekli personel sayılarını arttırmakta dolayısıyla personel giderleri de artmaktadır. Ayrıca arızalara müdahale edilmesi için gerekli olan araç gereç sayısının artması, arıza ekiplerinin kat ettikleri mesafelerin artması vb. parametreler de işletme maliyetlerini arttırmaktadır. Kesintiler nedeniyle ortaya çıkan bakım ve işletme maliyetleri dağıtım şirketlerinin organizasyon şemasına ve işletim sürecine bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle bakım ve işletme maliyetlerinin yüksek doğrulukta elde edilebilmesi için şirket içi verilerin tümüne ihtiyaç duyulmaktadır ve bu veriler genellikle ticarî sır kapsamında değerlendirilmektedir. Fakat bu tez çalışmasında, halka açık ve kolay ulaşılabilir veriler kullanıldığından bakım ve işletme maliyetleri hesaplanırken yalnızca kolay erişilebilir personel maaş giderleri dikkate alınacaktır.

$$EDAŞTKM_{bopmg}(TL) = \text{yıllık ortalama bakım onarım personeli maaş gideri (TL)} \quad (6.9)$$

$$EDAŞKM_{bopmg}(TL/kWh) = \frac{\text{yıllık ortalama bakım onarım personeli maaş gideri (TL)}}{\text{yıllık satılan toplam enerji (kWh)}} \quad (6.10)$$

Burada, $EDAŞTKM_{bopmg}$, elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri ve $EDAŞKM_{bopmg}$, elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı yıllık ortalama kesinti maliyetleridir. Şekil 6.6’da elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri gösterilmiştir.

Hesaplama da kullanılan bir personelin işverene yıllık maliyeti verisi, TÜİK tarafından yayımlanan elektrik enerjisi dağıtım sektöründe görevli personelin yıllık ortalama brüt maaş verisi kullanılarak hesaplanmıştır. Fakat bir personelin işverene olan maliyeti yalnızca personele ait brüt ücret ile sınırlı değildir. İşveren maliyeti, personelin brüt ücretinin yanı sıra Sosyal Güvenlik Kurumu primi işveren payı (%20.5) ve İşsizlik Sigortası Fonu (%2) paylarını da içermektedir.



Şekil 6.6 : Elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.

Bu çalışmada bir personelin işverene maliyeti, TÜİK'ten elde edilen brüt ücretler ile ilgili paylar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Personel maliyetleri, illerin ve bölgelerin yaşam standartlarına bağlı olarak değişmektedir. Fakat TÜİK verisi il ya da bölgesel kırılım içermediği için bakım onarım personellerinin maliyetleri tüm dağıtım şirketleri için eşit alınmıştır.

Dağıtım şirketlerinin toplam personel sayılarının EPDK tarafından yayımlanan raporlarda yer almasına karşın bu personellerin çalışma birimlerini içeren alt kırılımlar ilgili raporlarda yer almamaktadır. Dağıtım şirketleri tarafından yayımlanan faaliyet raporlarının büyük çoğunluğunda da alt kırılımlar yer almamaktadır. Faaliyet raporlarında alt kırılımlara yer veren dağıtım şirketleri incelendiğinde genel olarak toplam personel sayısının yaklaşık %35 kadarının bakım onarım personeli olarak istihdam edildiği gözlemlenmektedir (Uludağ EDAŞ, 2019). Bu nedenle bu çalışmada personel alt kırılımlarına ulaşamayan dağıtım şirketlerinin bakım onarım personelinin toplam personele oranı da %35 olarak kabul edilmiştir.

Elektrik dağıtım şirketlerinin kesintiler nedeniyle maruz kaldığı ekonomik kayıplardan bir diğeri de cezai yaptırımlardır. Birçok ülkede tüketiciye sunulan elektrik enerjisinin kalitesi yönetmelikler ile denetlenmektedir. Türkiye'de de elektrik enerji kalitesi, Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği uyarınca

denetlenmektedir (EPDK, 2012). İlgili yönetmeliğe göre elektrik dağıtım şirketleri yönetmelikte belirlenen eşik değerlerin aşılması durumunda ceza öderler. Ayrıca 12 saati aşan her bir kesinti için elektrik dağıtım şirketi kesintilerden etkilenen kullanıcılara tazminat ödemesi yapmak zorundadırlar. Yönetmelikler dolayısıyla kesintiler, elektrik dağıtım şirketlerinde önemli kayıplara yol açabilir. Literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda da dağıtım şirketlerinin cezai ödemelerine yer verilmiştir. Örneğin Türkiye’ye göre yüksek tedarik sürekliliği performansına sahip Finlandiya’da 2016 yılı içerisinde dağıtım şirketlerinin kullanıcılara ödedikleri tazminat miktarı 7,361,479 Avro’dur (Gündüz ve diğ, 2018). Bu nedenle yapılacak olan kesinti maliyeti analizlerinde bu parametre de dikkate alınmalıdır. Fakat ülkemizde dağıtım şirketlerinin ödedikleri bu cezai yaptırımlar ticari sır olarak değerlendirilmekte ve istatistiksel veri olarak paylaşılmamaktadır. Tez çalışması kapsamında da dağıtım şirketlerinin ödedikleri ceza miktarları resmi yollar ile ilgili kurumlardan talep edilmiş fakat veriler paylaşılmamıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında kesintilerin dağıtım şirketlerine maliyetlerinin bir parametresi olan cezai yaptırımlar dikkate alınmamıştır.

6.2.3 Kesinti maliyeti hesaplarının değerlendirilmesi

Ülkemizde dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performansları, EPDK tarafından ilgili yönetmelik uyarınca denetlenmektedir (EPDK, 2012). Tedarik sürekliliği performans değerlendirmelerinde, yönetmelikte belirtilen OKSÜRE ve OKSIK parametreleri kullanılmaktadır. Denklem 3.1 ve 3.2’de gösterildiği gibi bu parametrelerin hesaplamalarında her bir tüketicinin eşit olduğu varsayılmakta, tüketici grupları ya da karakteristikleri dikkate alınmamaktadır. Fakat kesinti maliyeti hesaplamalarında gösterildiği üzere kesintilerin yani düşük performans sürekliliğinin neden olduğu kayıplar, tüketici gruplarına ve karakteristiklerine bağlı olarak yüksek farklılıklar göstermektedir. Örneğin benzer tedarik sürekliliği performansına sahip iki dağıtım şirketine ait kesinti maliyetleri oldukça farklı olabilmektedir. Bu nedenle düzenleyici kurum tarafından yapılan performans değerlendirmelerinde ve şebeke yatırım planlamalarında bu farklılıklar mutlaka dikkate alınmalıdır.

Literatürdeki çalışmalarda kesinti maliyetleri kullanılarak yapılan değerlendirmeler normalize edilmiş büyüklükler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Fakat kesinti maliyetlerini, yalnızca normalize edilmiş büyüklükler kullanarak değerlendirmek

uygun bir yaklaşım değildir. Çünkü normalize edilmiş değerler, tüketilen birim enerjinin ne kadarlık bir katma değere ya da kazanca dönüştürüldüğünün ölçülmesinde kullanılmaktadır.

Elektrik tüketiminin yoğun olduğu bölgelerde normalize edilmiş ortalama kesinti maliyetleri düşük çıkabilir fakat üretilen katma değer fazla ise toplam kesinti maliyeti de yüksek olacaktır. Tam tersi şekilde elektrik enerjisine bağımlılığın düşük olduğu bölgelerde normalize edilmiş değer yüksek çıkar iken toplam kesinti maliyeti düşük çıkabilir. Dolayısıyla tek bir parametre dikkate alınarak gerçekleştirilen değerlendirmelerin güvenilirlikleri yüksek olmamaktadır. Bu nedenle kesinti maliyetlerinin uygun bir şekilde değerlendirilmesi için normalize edilmiş değerler ile toplam kesinti maliyetleri birlikte dikkate alınmalıdır.

Önceki bölümde, kesinti maliyetlerine ait heaplamaların yer aldığı şekillerde, normalize edilmiş ortalama kesinti maliyetleri ve ortalama toplam kesinti maliyetleri birlikte gösterilmiştir. Bu iki parametre dikkate alınarak kesinti maliyetleri değerlendirildiğinde, her iki parametrenin de yüksek olduğu dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri açısından kötü performansa sahip olduğu söylenebilir. Bu doğrultuda sonuçlar incelendiğinde İstanbul (Boğaziçi EDAŞ ve İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ önceki bölümlerde detaylı olarak açıklandığı gibi birlikte değerlendirilmiştir.), Başkent, Gdz, Sakarya, Toroslar ve Uludağ EDAŞ'ın diğer dağıtım şirketlerine göre düşük bir performansa sahip olduğu gözlemlenmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta tüm bu dağıtım şirketlerinin abone sayısı, tüketilen enerji vb. parametreler dikkate alındığında ülkemizde yer alan büyük dağıtım şirketleri olduğudur.

Adm, Akdeniz, Akedaş, Çamlıbel, Dicle, Kayseri ve Civarı, Osmangazi ve Yeşilirmak EDAŞ'ın ise her iki parametre değerleri düşüktür. Dolayısıyla bu dağıtım şirketleri kesinti maliyetleri dikkate alındığında yüksek performansa sahiptir. Meram ve Trakya EDAŞ ise ortalama kesinti maliyeti performansına sahiptir. Ayrıca Aras, Çoruh, Fırat ve Vangölü EDAŞ'ın normalize edilmiş ortalama kesinti maliyetleri yüksek olmasına karşın ortalama toplam kesinti maliyetleri düşüktür. Bunun nedeni genel olarak belirtilen bölgelerde tüketilen enerjinin, diğer bölgelere kıyasla düşük olmasıdır. Bu durumda olan dağıtım şirketlerinin kesinti maliyeti performansları da ortalama olarak değerlendirilmelidir.

Dağıtım şirketlerinin performansları incelendiğinde beklenildiği üzere büyük şehirleri işleten dağıtım şirketlerinin ortalama toplam kesinti maliyetleri yüksektir. Çünkü bu bölgelerde üretilen katma değer ve ortalama kazanç oldukça yüksektir. Fakat ortalama toplam kesinti maliyetleri ile birlikte normalize edilmiş ortalama kesinti maliyetleri dikkate alındığında, normalize edilmiş değerlerin de yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum ilgili dağıtım şirketlerinin kesinti maliyeti performanslarının düşük olduğunu dolayısıyla kesinti maliyetlerinin azaltılması için öncelikli olarak bu dağıtım şirketlerine yapılan yatırımların arttırılması gerektiğini net bir şekilde göstermektedir.

Belirli kabuller ile gerçekleştirilen detaylı hesaplamalar sonucunda elde edilen kesinti maliyetleri ülke çapında incelendiğinde, çalışmada dikkate alınan tüketici gruplarının ortalama toplam kesinti maliyetleri 15 milyar 367 milyon TL iken, dağıtım şirketlerinin 1 milyar 339 milyon TL'dir. Tüketiciler ile dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri karşılaştırıldığında, tüketicilerin maruz kaldığı maliyetler dağıtım şirketlerine oranla oldukça yüksektir. Bu nedenle şebeke yatırım planları tüketici odaklı olarak gerçekleştirilmeli ve tüketicilerin maruz kaldığı kayıplar azaltılmalıdır.

6.2.4 Şebeke yatırımlarının değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde şebekede gerçekleştirilen yatırımlar detaylı olarak analiz edilmiştir. Çizelge 6.2'de dağıtım şirketlerinin 2018 yılında gerçekleştirdikleri yatırım tutarları gösterilmiştir.

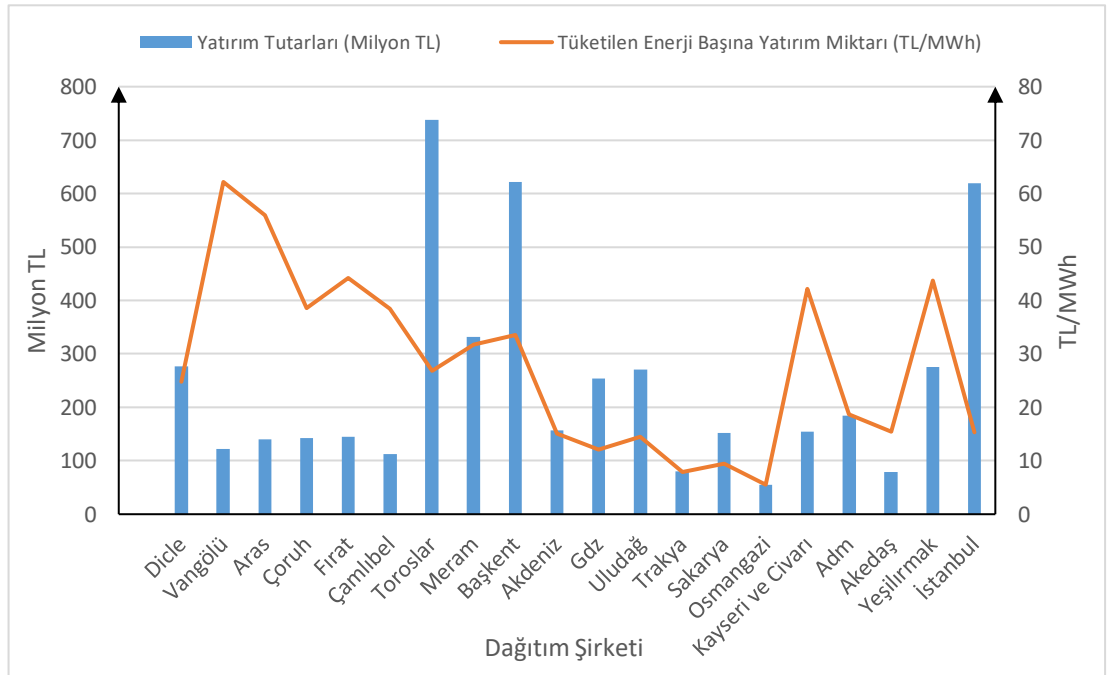
Çizelge 6.2 : Dağıtım şirketleri 2018 yılı yatırım tutarları.

Dağıtım Şirketi	Yatırım Tutarları (Milyon TL)	Dağıtım Şirketi	Yatırım Tutarları (Milyon TL)
Dicle	277,2	Gdz	254,2
Vangözü	122,5	Uludağ	270,9
Aras	140	Trakya	79,7
Çoruh	142,6	Sakarya	151,6
Fırat	144,4	Osmangazi	54,8
Çamlıbel	111,9	Kayseri ve Civarı	154
Toroslar	737,8	Adm	183,8
Meram	332,3	Akdaş	79,5
Başkent	621,1	Yeşilırmak	275,4
Akdeniz	156,6	İstanbul	618,7

Ülkemizde 2018 yılında dağıtım şebekesine 4 milyar 909 milyon TL yatırım gerçekleştirilmiştir. Kesintiler nedeniyle ortaya çıkan yüksek maliyetlerin azaltılması için yatırım miktarının hızlı bir şekilde arttırılması mümkün değildir. Bu nedenle en az yatırım ile en yüksek kazançların elde edileceği bölgelere odaklanılmalı ve kesinti maliyetleri etkin bir şekilde azaltılmalıdır.

Şebeke yatırımlarını yalnızca gerçekleşen yatırım tutarı üzerinden değerlendirmek uygun bir yaklaşım değildir. Şebeke yatırımları karar vericiler tarafından, abone sayısı, tüketilen enerji, trafo kapasitesi, toplam hat uzunlukları, kayıp kaçak oranı, yeni enerji talepleri gibi pek çok parametre dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla şebeke yatırımları mümkün olan en çok sayıda parametre dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Bu çalışmada da şebeke yatırımları, temin edilebilen veriler doğrultusunda mümkün olan en çok sayıda parametre ile değerlendirilmiştir.

Şebekede kesinti maliyetlerinin azaltılması ancak önceki bölümde belirtilen kesinti maliyeti performansı düşük dağıtım şirketlerine birim başına daha fazla yatırım yapılması ile mümkündür. Bu doğrultuda dağıtım şirketlerine yapılan yatırım miktarları belirlenen parametreler ile değerlendirilerek, tüketilen enerji, abone sayısı, toplam hat uzunluğu ve trafo kapasitesi başına yatırım miktarı elde edilmiştir. Tüketilen enerji başına yatırım miktarı Şekil 6.7’de gösterilmiştir. Diğer hesaplamalar çalışmanın bütünlüğünün korunması amacıyla EK B bölümünde gösterilmiştir.

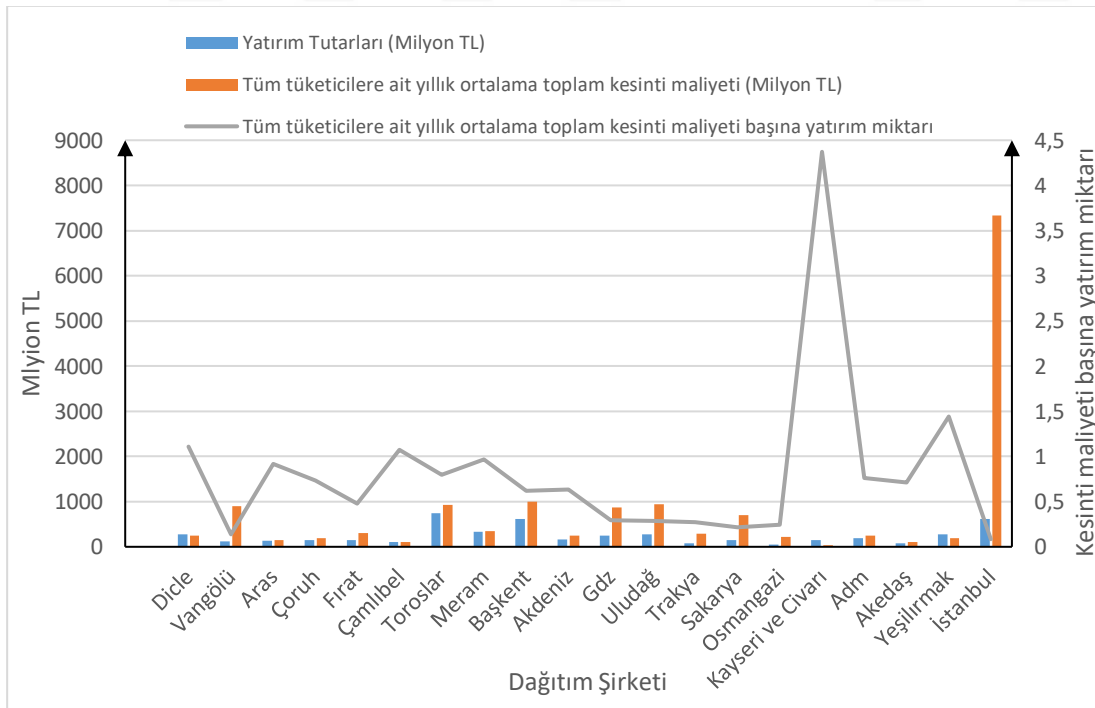


Şekil 6.7 : Tüketilen enerji başına yatırım miktarı.

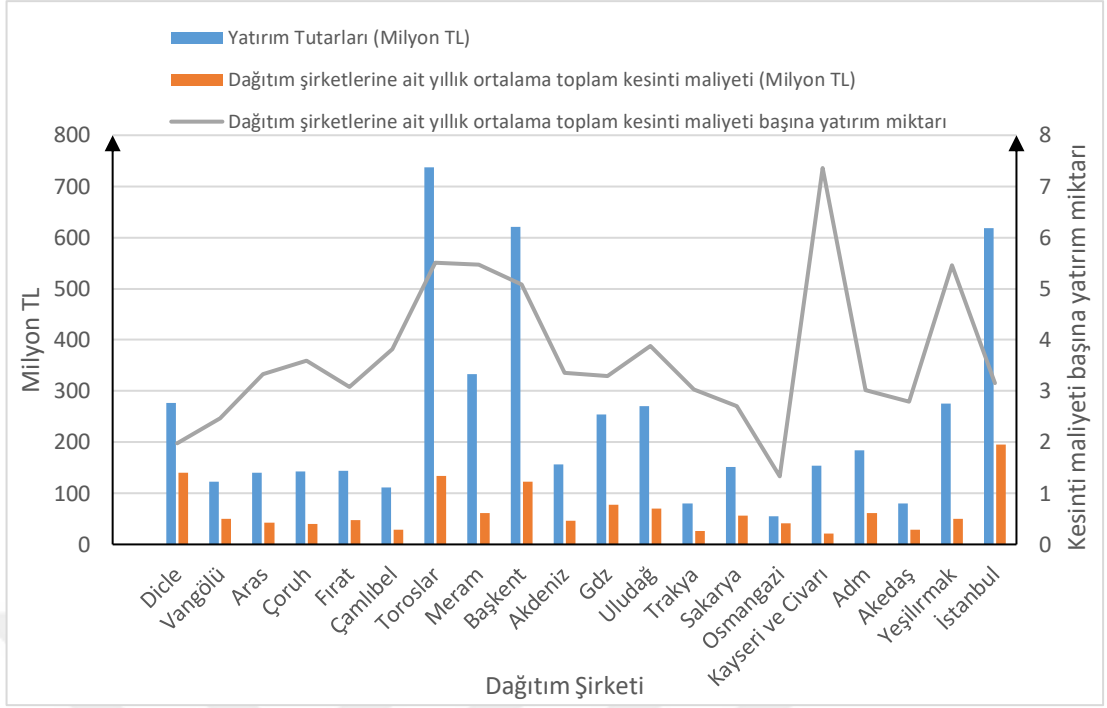
Önceki bölümde İstanbul, Başkent, Gdz, Sakarya, Toroslar ve Uludağ EDAŞ'ın kesinti maliyeti performanslarının düşük olduğu belirlenmiştir. Şekil 6.7'de ve ek bölümünde gösterilen veriler incelendiğinde bu dağıtım şirketlerine diğer şirketlere kıyasla daha çok yatırım yapılmadığı aksine pek çok durumda yapılan yatırımların düşük kaldığı gözlemlenmektedir.

Diğer taraftan kesinti maliyeti performansı iyi olarak belirlenen Çamlıbel, Dicle, Kayseri ve Cıvırı, Yeşilirmak EDAŞ'a birçok parametrede diğer dağıtım şirketlerine göre yüksek yatırım yapıldığı gözlemlenmektedir. Bu durum eğer şebekede yatırım yapılırsa kesinti maliyetlerinin önemli derecede azaltılacağını net bir şekilde göstermektedir.

Bu çalışmada ayrıca önceki bölümde hesaplanan kesinti maliyetleri dikkate alınarak yapılan yatırımlar incelenmiştir. İncelemelerde tüketicilerin ve elektrik dağıtım şirketlerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri dikkate alınmıştır. Şebekede gerçekleştirilecek yatırımlar doğrudan tüm tüketici gruplarını ilgilendireceği için değerlendirmede tüketici gruplarının maruz kaldığı maliyetler birlikte değerlendirilmiştir. Tüm tüketicilere ve dağıtım şirketlerine ait yıllık ortalama toplam kesinti maliyeti başına yatırım miktarı sırasıyla Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.8 : Tüm tüketicilere ait yıllık ortalama toplam kesinti maliyeti başına yatırım miktarı.



Şekil 6.9 : Dağıtım şirketlerine ait yıllık ortalama toplam kesinti maliyeti başına yatırım miktarı.

Şekil 6.8 ve Şekil 6.9 incelendiğinde kesinti maliyetleri ile yatırım miktarları arasında ilişkinin diğer parametrelere benzer olduğu gözlemlenmektedir. Yani kesinti maliyeti performansı düşük olan dağıtım şirketlerine, diğer dağıtım şirketlerine kıyasla yüksek yatırım gerçekleşmemiştir. Bu durum şebeke yatırım planlarında kesinti maliyetlerinin yeterli derecede dikkate alınmadığını net bir şekilde göstermektedir. Fakat bilinmektedir ki kesinti maliyetlerinin azaltılması için yatırım planlarında kesinti maliyetleri mutlaka dikkate alınmalı ve öncelikle kötü kesinti maliyeti performansı gösteren dağıtım şirketlerine odaklanılmalıdır. Böylece gerçekleştirilecek minimum yatırım ile maksimum kazanç sağlanabilecektir.

Tüketici gruplarının ve dağıtım şirketlerinin yanı sıra enerji sektöründeki diğer paydaşlar da kesintilerden önemli derecede etkilenmektedir. Örneğin kamu kuruluşları tarafından tüketicilerden gelir vergisi alınmaktadır. Tüketicilerin yaşadığı kayıplar bu gelir vergilerinin de azalmasına neden olmakta ve kamuda önemli kayıplar yaşanmaktadır. Benzer şekilde enerji sektöründeki diğer paydaşlar da yüksek kayıplara maruz kalmaktadır. Yalnızca tüketicilerin ve dağıtım şirketlerinin yaşadığı milyarlarca liralık kayıplara, diğer paydaşların yaşadığı kayıplar da eklendiğinde ortaya çıkan değerler oldukça yüksek olmaktadır. Şebekede gerçekleştirilecek

yüzdesel olarak küçük iyileştirmelerle bile ekonomik olarak önemli kazançlar sağlanabilecektir.

6.3 Veri Esaslı Kesinti Tahminleri

Önceki bölümde tüketici gruplarının ve dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri, dağıtım bölgeleri dikkate alınarak elde edilmiştir. Kesinti maliyetlerinin karar vericiler tarafından yatırım planlarında dikkate alınması için gerekli olan bir diğer önemli nokta ise geleceğe yönelik tahminlerin yapılmasıdır. Geçmiş veriler ile elde edilen kesinti maliyetlerinin gelecekte nasıl bir değişim göstereceğinin bilinmesi, kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında daha efektif olarak dikkate alınmasını sağlayacaktır. Bunun sonucunda elektrik kesinti maliyetlerinin azaltılması için öncelikli bölgeler tespit edilerek yatırımlar bu bölgelere yönlendirilebilecektir. Böylece karar vericilerin elinde bulunan sınırlı bütçe en uygun şekilde kullanılarak en az yatırım ile en yüksek kazanç sağlanabilmesine katkı sağlanacaktır.

Ülkemizde mevcut durumda kesinti maliyetlerini yalnızca kesinti maliyeti verilerini kullanarak tahmin etmek mümkün olmamaktadır. Bunun nedeni kesinti maliyetleri ile ilgili geçmiş döneme ait yeteri kadar verinin bulunmamasıdır. Ülkemizde kesinti verileri dağıtım şirketleri tarafından 2012 yılı itibarıyla düzenleyici kuruma sunulmaya başlamış fakat geçiş sürecinde yaşanan problemler nedeniyle sağlıklı verilerin oluşturulmaya başlanması 2015 yılını bulmuştur. Buna rağmen kesinti verileriyle ilgili hala bir takım problemler bulunmaktadır. Dolayısıyla sınırlı sayıda verinin kullanılmasıyla gerçekleştirilecek tahminlerin başarımları istenilen düzeyde olamayacaktır.

Tahminler ile yüksek başarımların elde edilmesi için veri sayısının mutlaka artırılması gerekmektedir. Literatürde farklı konularda gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde bu problemin benzer şekilde ele alındığı gözlemlenmektedir. Örneğin literatürde yaygın olarak yer alan ülkelerin enerji tüketimleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, yıllık enerji tüketimleri saatlik bazdaki veriler yardımıyla tahmin edilmektedir (Pao, 2009). Böylece veri sayısı artırılarak tahminlerin de başarımları arttırılmaktadır. Kesinti maliyetlerine yönelik tahminlerin başarımlarının arttırılması için de literatürdeki çalışmalara benzer bir yaklaşım oluşturulmalıdır. Fakat kesinti maliyetlerini doğrudan bu şekilde aylık, günlük, saatlik olarak ele almak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında kesinti maliyeti tahminleri doğrudan

kesinti maliyetleri ile değil kesinti maliyetlerini oluşturan bileşenler yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Önceki bölümde gösterildiği üzere kesinti maliyetleri genel olarak, üretilen katma değer/kazanç ve OKSÜRE parametrelerinden oluşmaktadır. Ayrıca normalize edilmiş değerler için yıllık enerji tüketimi parametresine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu üç parametreden ikisi olan katma değer/kazanç ve enerji tüketimleri ile ilgili karar vericilerin elinde hali hazırda geleceğe yönelik tahminler bulunmaktadır. Çeşitli kamu kurumları bu parametreleri kendi yatırım planlarında kullanmak üzere incelemekte ve analizler gerçekleştirmektedir. Fakat OKSÜRE parametresi ile ilgili gerçekleştirilen kapsamlı çalışmalar bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında dağıtım şirketlerine ait kesinti verileri kullanılarak kesinti maliyeti hesaplamalarında ihtiyaç duyulan ve kesinti maliyetlerinin en önemli etmeni olan OKSÜRE parametresi tahmin edilmiştir. Yıllık OKSÜRE tahminlerinde günlük kesinti sayıları dikkate alınmıştır. Dolayısıyla incelenecek veri sayısı arttırılarak başarımların da arttırılması sağlanmıştır. Böylece kesinti maliyeti hesaplamalarında ihtiyaç duyulan fakat detaylı olarak incelenmeyen OKSÜRE değerleri ile ilgili tahminler gerçekleştirilerek karar vericiler desteklenmiştir. Karar vericiler bu doğrultuda hali hazırda var olan parametrelere ait tahminler ile birlikte OKSÜRE tahminlerini kullanarak kesinti maliyetlerine ait tahminler gerçekleştirebilirler.

Elektrik kesintileri ile ilgili tahminlerin yapay zeka desteği alınmadan kabul edilebilir hata sınırları içerisinde deterministik olarak gerçekleştirilmesi ve tahmin modellemelerinin oluşturulması neredeyse imkansızdır. Bunun en temel nedenlerinden biri dağıtım şebekesinde gerçekleşen arıza sayılarıdır. Türkiye’de dağıtım bölgelerinin büyük bir çoğunluğunda yıllık arıza sayıları 50 bin ile 100 bin arasında değişmektedir (İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ, 2019; Başkent EDAŞ, 2019). Bazı dağıtım bölgelerinde ise bu sayı daha da yükselebilmektedir. Örneğin 21 dağıtım şirketinin 4 yıllık kesinti verileri ile yapılacak bir analiz için milyonlarca verinin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle yapılacak analizlerin deterministik olarak gerçekleştirilmesi oldukça zorlaşmaktadır. Bunun yanı sıra şebekede gerçekleşen arızalar birçok farklı nedenden kaynaklanmaktadır. Bunlar ekipmanların ömürlerinin dolması, aşırı gerilimler, aşırı akımlar, dışsal müdahaleler vb. olarak sıralanabilir. Arızalara neden olan bu gibi durumların şebekede ne zaman ve hangi boyutta gerçekleşeceğinin deterministik olarak önceden tahmin edilmesi ise neredeyse

hesaplamasında kullanılan kesinti süresi, kesintiden etkilenen kullanıcı sayısı ve toplam etkilenme süresi gibi bilgiler de kayıt altına alınmaktadır. Türkiye’de elektrik kesintileri dikkate alındığında tüketiciler, imar alanı içi-dışı ve orta-alçak gerilim tüketicileri olarak sınıflandırılmaktadır. Şebekenin tedarik sürekliliği performansını belirleyen parametreler de bu sınıflandırmaya uygun olarak hesaplanmaktadır.

Çizelge 6.3’te renkli olarak gösterilen toplam etkilenme süresi, kesinti süresi ile kesintilerden etkilenen kullanıcı sayılarının çarpımları olarak ifade edilmektedir. Toplam etkilenme süresi dikkatli olarak incelenirse bu parametrenin denklem 3.1’de gösterilen OKSÜRE’nin pay kısmına karşılık geldiği gözlemlenmektedir. Denklem 3.1’de payda kısmında yer alan toplam tüketici sayıları ise kesintiler dikkate alınarak yapılan tüketici sınıflandırmasına uygun olarak düzenlenmektedir. Çizelge 6.4’te yönetmelikte yer alan ve tedarik sürekliliği parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan tüketici sayılarını ifade eden kayıt formatı gösterilmiştir.

Çizelge 6.4 : Tüketici sayıları kayıt formatı.

	İmar Alanı İçi Tüketiciler			İmar Alanı Dışı Tüketiciler			Genel Toplam
	OG	AG	Toplam	OG	AG	Toplam	
Tüketici Sayıları							

Çizelge 6.4’te yer alan tüketici sayıları her yıl için 31 Ocak tarihine kadar düzenleyici kuruma bildirilir. Tedarik sürekliliği hesaplamalarında yıl boyunca aynı tüketici sayıları kullanılır. Yıl içerisinde tüketici sayılarında meydana gelen artışlar ya da azalışlar o yıl için dikkate alınmayarak bir sonraki yılın tüketici sayılarını etkiler. Çizelge 6.3’te kayıt altına alınan toplam etkilenme süresi ile Çizelge 6.4’te gösterilen tüketici sayıları kullanılarak denklem 3.1 yardımıyla OKSÜRE parametresi hesaplanabilir.

Bu tez çalışmasında veri kümeleri, dağıtım şirketlerinin yayımladıkları kesinti istatistikleri kullanılarak oluşturulacaktır. Dağıtım bölgelerinde gerçekleşen kesintiler, günlük olarak ele alınacak yani gün içerisinde gerçekleşen birden fazla kesinti kümülatif olarak toplanarak birlikte değerlendirilecek ve zaman serisi analizleri yapılacaktır. Bu zaman serisi analizleri ile dağıtım bölgelerinde bir yıl içerisinde gerçekleşecek kesintiler için tahminler oluşturulacaktır.

Tahminler sonrasında dağıtım bölgelerine ait OKSÜRE parametrelerinin hesaplanması için Çizelge 6.3'te renkli olarak gösterilen imar alanı içi-dışı ve orta-alçak gerilim tüketicilerinin toplam etkilenme süreleri elde edilmelidir. Toplam etkilenme süreleri elde edilirken bir kesintinin neden olduğu etki, imar alanı içi-dışı ve orta-alçak gerilim tüketicilerinin her biri için ayrı ayrı ortalama olarak incelenecektir. Yani hesaplama yapılan ilgili yılda, her bir kesintinin neden olduğu etkinin, yönetmelikte belirtilen tüketici gruplarının kendi içerisinde eşit olduğu varsayılacaktır. Ayrıca toplam etkilenme süreleri elde edilirken 2018 yılına ait veriler kullanılmamıştır. Bunun nedeni 2018 yılı için tahminler gerçekleştirilirken 2018 yılı verilerinin bilinmiyor olduğunun varsayılmasıdır. Toplam etkilenme sürelerinin elde edilmesinin sonrasında ise tüketici sayıları kullanılarak OKSÜRE değerleri hesaplanacaktır. Böylece tahmin modelleri yardımıyla elde edilmiş OKSÜRE değerleri kullanılarak geleceğe yönelik kesinti maliyetleri elde edilebilecektir.

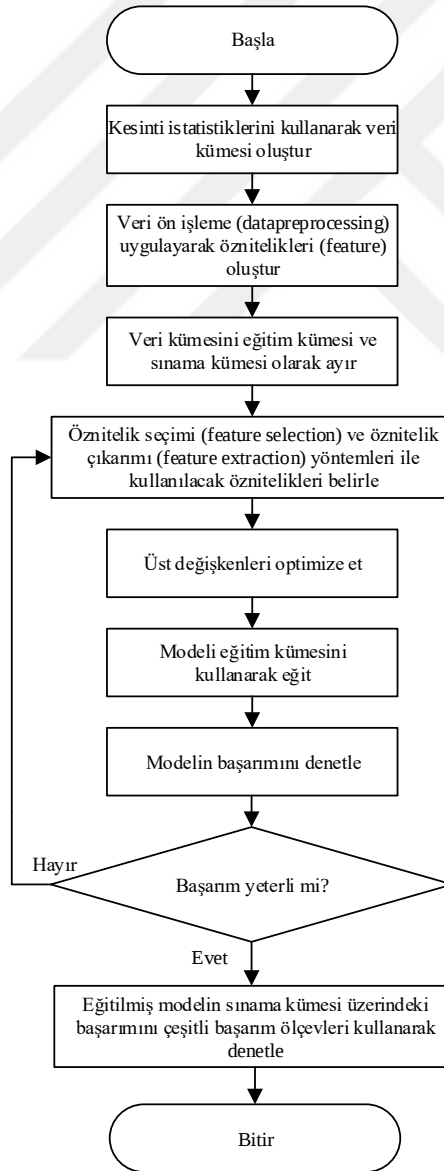
Elektrik kesintileri ile ilgili veriler, dağıtım şirketleri tarafından yönetmelik gereğince 2012 yılı itibari ile kayıt altına alınarak düzenleyici kuruma sunulmuştur. Fakat geçiş sürecinde yaşanan bir takım sorunlar nedeniyle dağıtım şirketleri kesinti verilerini 2015 yılı itibariyle web sitelerinde paylaşmaya başlamışlardır. Çalışmanın yapıldığı dönemde kesinti maliyeti hesaplamalarında gerekli olan diğer verilerden bazıları da 2019 yılı için yayımlanmamıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında gerçekleştirilecek zaman serisi analizlerinde 2015-2018 yıl aralığındaki veriler kullanılacaktır. Dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan bir diğeri de tez çalışmasında analiz edilecek verilerin dağıtım şirketleri tarafından yayımlanan gerçek veriler olduğudur.

6.3.2 Kesinti tahminlerinin gerçekleştirilmesi

Tez çalışmasının bu bölümünde dağıtım şirketlerine ait kesinti istatistikleri kullanılarak kesinti tahminleri gerçekleştirilmiştir. Tahminlerin gerçekleştirilmesinde, hem zaman serisi analiz modelleri hem de makine öğrenmesi modelleri kullanılmıştır. Makine öğrenmesi modelleri ile zaman serisi analizlerinin gerçekleştirilmesi için kayan pencere yönteminden yararlanılmıştır.

Bu bölümde tahminler tüm dağıtım şirketleri için değil, belirli kriterlere göre yapılan değerlendirmeler sonrasında belirlenen dağıtım şirketleri için gerçekleştirilmiştir. Geleceğe yönelik tahminler, dağıtım şirketlerine ait geçmiş veriler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle tahmin başarımlarının yüksek olabilmesi için

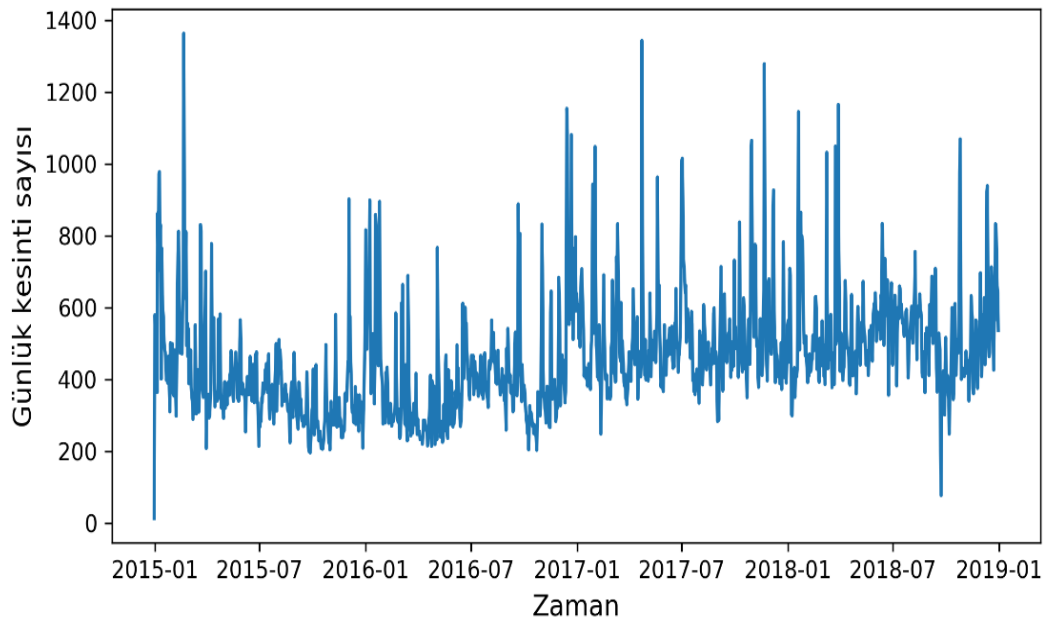
kullanılan verilerde problemlerin bulunmaması ve veri güvenilirliğinin yüksek olması gerekmektedir. Kesinti verileri incelendiğinde, bazı dağıtım şirketlerinin geçmiş yıllarına ait verilerde geçiş sürecinden kaynaklı bir takım problemler bulunmaktadır. Bu problemler dağıtım şirketlerinin web sitelerinde geçmiş yıllara ait verilerin bir kısmının eksik olması, verilerin belirlenen formata uygun olmaması, hatalı girilen verilerin bulunması vb. olarak sıralanabilir. Bu tez çalışmasında tahminler, yapılan değerlendirmeler sonucunda kesinti verilerinde belirtilen sorunlar bulunmayan ve güvenilirliği yüksek Toroslar, Başkent ve İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ için gerçekleştirilmiştir (Toroslar EDAŞ, 2019; Başkent EDAŞ, 2019; İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ, 2019). Tüm bu bilgiler ışığında tahmin sürecinde kullanılan akış şeması Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.10 : Tahmin sürecinde kullanılan akış şeması.

Bu bölümde tahmin süreci ile ilgili görseller, çalışmanın bütünlüğünün bozulmaması amacıyla yalnızca Toroslar EDAŞ için verilmiştir. İncelenen diğer dağıtım şirketlerine ait şekiller ise çalışmanın EK C bölümünde bulunmaktadır.

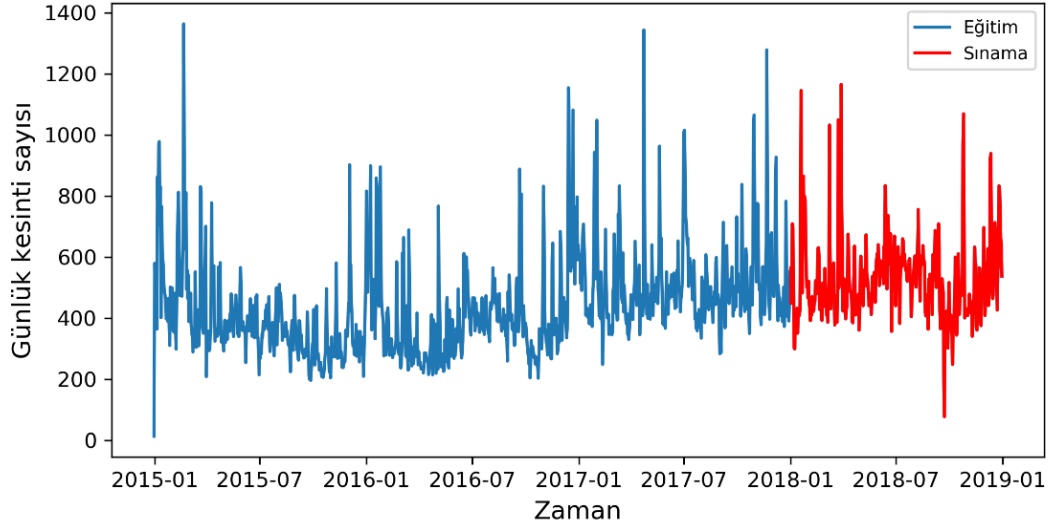
Çalışmada öncelikle dağıtım şirketlerine ait kesinti istatistikleri kullanılarak veri kümesi oluşturulmuştur. Önceki bölümlerde detaylı olarak açıklandığı gibi bildirimli kesintiler, veri kümesinde yer almamaktadır. Bunun yanı sıra dağıtım bölgelerinde bir gün içerisinde gerçekleşen tüm kesintiler kümülatif olarak toplanmış ve çalışmada incelenen 2015-2018 yılları boyunca günlük olarak gerçekleşen kesinti sayıları elde edilmiştir. Şekil 6.11’de Toroslar EDAŞ’a ait veri kümesi gösterilmiştir.



Şekil 6.11 : Toroslar EDAŞ’a ait veri kümesi.

Veri kümesinin elde edilmesinin ardından, tahminlerin başarımlarının arttırılması amacıyla çeşitli öznitelikler (feature) oluşturulmuştur. Bu öznitelikler, kesinti sayılarının haftalık, aylık, yıllık standart sapmaları ve ortalamaları vb. parametreler olarak sıralanmaktadır. Özniteliklerin oluşturulması ile birlikte veri kümeleri algoritmalarda kullanılmaya uygun bir şekle dönüştürülmüştür. Tahminlerde özniteliklerin uygun olarak belirlenmesi, yöntemin başarısı için oldukça önemlidir.

Özniteliklerin belirlenmesi sonrasında veri kümesi, eğitim kümesi (training set) ve sına kümesi (test set) olarak ikiye ayrılmıştır. 2018 yılına ait kesintiler, sına kümesinde, diğer yıllara ait kesintiler ise eğitim kümesinde yer almaktadır. Şekil 6.12’de Toroslar EDAŞ’a ait eğitim ve sına kümesi gösterilmiştir.



Şekil 6.12 : Toroslar EDAŞ’a ait eğitim ve sınama kümesi.

Tahmin modellerinin başarısının artırılması için en önemli unsurlardan biri veri ön işlemedir. Veri ön işleme ile birlikte, veri kümesinde yer alan bazı öznitelikler çıkarılır (feature extraction) ve diğer veriler modelde kullanılmak üzere seçilir (feature selection). Bu çalışmada öznitelikler, ön işleme yöntemleri ile analiz edilmiş ve uygun öznitelikler seçilmiştir.

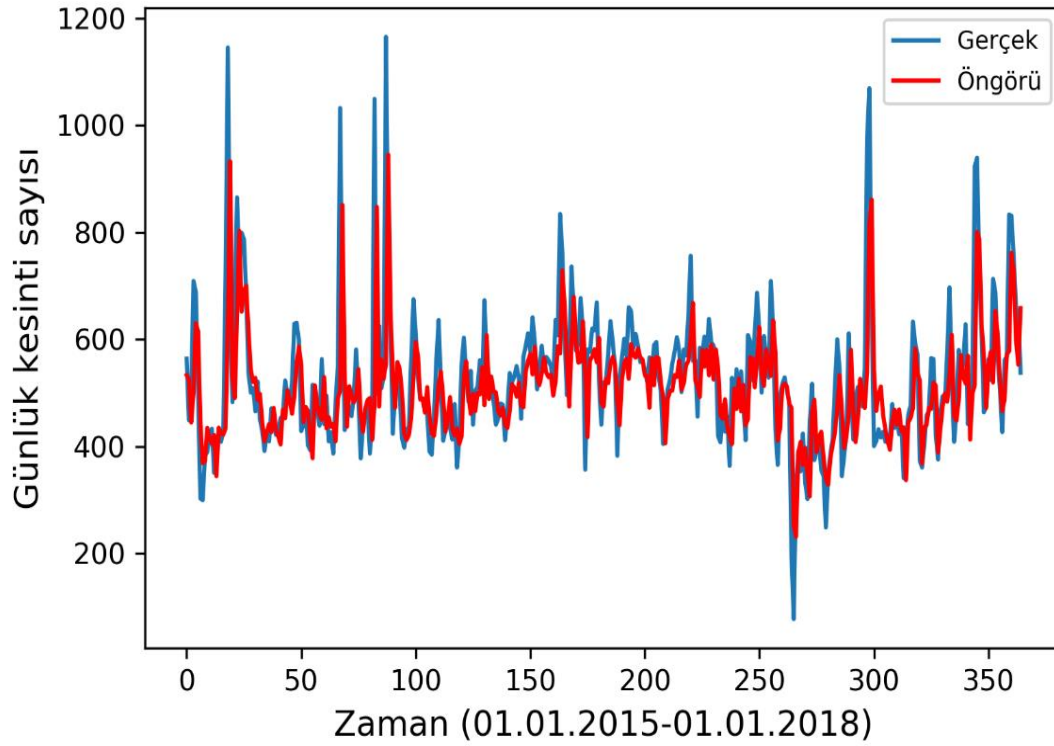
Veri ön işleme sürecinin ardından modellerin başarısını belirleyen en önemli faktörlerden biri de modelde yer alan üst değişkenlerin (hyperparameter) optimize edilmesidir. Üst değişkenler bir modelde eğitim sürecini yönetirler. Bu nedenle üst değişken optimizasyonu (hyperparameter tuning optimization), elde edilen başarının artırılması için oldukça önemlidir.

Çalışmada kullanılan ARIMA ve SARIMAX zaman serisi modellerine ait üst değişkenlerin (p, d, q, P, D, Q, s) optimizasyonu, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiklerinin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Rastgele orman regresyonu ve LightGBM gibi makine öğrenmesi modellerinde ise genellikle tam arama (grid search), rastsal arama (random search) ve Bayesian optimizasyonu yöntemleri kullanılır. Bu çalışmada kullanılan makine öğrenmesi modellerinde üst değişkenlerin optimizasyonu, Bayesian optimizasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Yapılan tüm bu işlemlerden sonra tahmin modelleri, eğitim kümesi üzerinde eğitilmiştir. Eğitilen modellerin başarımları, eğitim kümesi içerisinde yer alan doğrulama (validation) kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Elde edilen başarımlar yeterli ise eğitim süreci sonlandırılmış aksi takdirde eğitim süreci yeterli başarımla

sağlanıncaya kadar tekrarlanmıştır. Böylece modellerin en yüksek doğrulukla eğitilmesi sağlanmıştır.

Bir modelin başarımını belirleyen en önemli husus, modelin, eğitim sürecinin tamamlanmasının ardından sınama kümesi üzerinde gösterdiği başarımıdır. Bir model, eğitim süreci boyunca sınama kümesi ile ilişkilendirilmez. Bu doğrultuda sınama kümesi, modelin karşılaştığı yeni verileri temsil etmektedir. Bu nedenle modelin sınama kümesi üzerinde göstereceği başarımlar oldukça önemlidir. Bu çalışmada da eğitilen modeller, eğitim sürecinin ardından sınama kümesi kullanılarak sınanmıştır. Şekil 6.13'te SARIMAX modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri gösterilmiştir.



Şekil 6.13 : SARIMAX modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.

Şekil 6.13 incelendiğinde sınama kümesindeki ani artışların ve azalışların model tarafından tahmin edilebildiği gözlemlenebilmektedir. Fakat bunun yanı sıra modellerin başarımlarının ölçevler (metric) yardımıyla değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada modeller, ortalama karesel hata (MSE), kök ortalama karesel hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ölçevleri ile değerlendirilmiştir.

Çalışmada incelenen her bir dağıtım şirketinin kesinti karakteristikleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Bu nedenle tahminlerin gerçekleştirilmesi esnasında Şekil 6.10'da gösterilen akış şeması, her bir dağıtım şirketi ve model için yeniden uygulanmıştır. Dolayısıyla süreç içerisinde yer alan öznitelik seçimi ve üst değişken optimizasyonu gibi adımlar için de analizler, her bir dağıtım şirketi ve model dikkate alınarak tekrar tekrar gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda dağıtım şirketleri ve modeller için en uygun öznitelikler ve üst değişken değerleri seçilmiştir. Böylece tahmin modellerinde mümkün olan en yüksek başarımlar elde edilmiştir. Çizelge 6.5 ve 6.6'da çalışmada kullanılan modellerin, Toroslar, Başkent ve İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait kesinti istatistikleri üzerindeki tahmin başarımları gösterilmiştir. Alan yetersizliği nedeniyle başarımların değerlendirildiği metrikler iki ayrı çizelge şeklinde verilmiştir. Başarım değerlendirmelerinde bu iki çizelge birlikte dikkate alınmalıdır.

Çizelge 6.5 : Model başarımlarının MSE ve RMSE metrikleri ile değerlendirilmesi.

Dağıtım Şirketi	SARIMAX		ARIMA		Rastgele Orman Regresyonu		LightGBM	
	MSE	RMSE	MSE	RMSE	MSE	RMSE	MSE	RMSE
Toroslar	10948	104,63	11479	107,14	13362	115,59	11932	109,23
Başkent	7394,6	85,99	7693,4	87,71	9725,8	98,61	11469	107,09
İst. Anadolu Yak.	87,79	9,36	105,1	10,25	115,8	10,76	114,91	10,71

Çizelge 6.6 : Model başarımlarının MAE ve MAPE metrikleri ile değerlendirilmesi.

Dağıtım Şirketi	SARIMAX		ARIMA		Rastgele Orman Regresyonu		LightGBM	
	MAE	MAPE	MAE	MAPE	MAE	MAPE	MAE	MAPE
Toroslar	66,90	12,69	69,67	13,90	78,16	15,68	73,86	14,67
Başkent	51,18	15,92	53,02	16,99	62,51	19,14	67,82	20,32
İst. Anadolu Yak.	7,29	25,48	8,03	28,89	8,56	35,24	8,42	34,2

Çizelge 6.5 ve 6.6 incelendiğinde dağıtım şirketlerine ait ölçekler arasında sayısal farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Bu farklılıklar dağıtım şirketlerinin her birinde gerçekleşen kesinti sayılarının büyük değişkenlikler göstermesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'ta günlük gerçekleşen kesinti sayısı 50 civarında iken Toroslar EDAŞ'ta 500 civarında kesinti gerçekleşmektedir. Bu nedenle model başarımlarının uygun bir şekilde değerlendirilmesi için dağıtım şirketleri kendi içerisinde kıyaslanmalıdır. Ayrıca dağıtım şirketlerinin birbirleri ile kıyaslanmak istenmesi durumunda, ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ölçeği kullanılmalıdır. Bu ölçek yüzdesel değerlendirme

yaptığından farklı dağıtım şirketlerinin kıyaslanması amacıyla kullanılmaya daha elverişli bir ölçektir.

Çalışmada kullanılan modeller kıyaslandığında bir zaman serisi analiz modeli olan SARIMAX ile diğer modellere nazaran daha yüksek başarımlar elde edildiği gözlemlenmektedir. Bunun en temel nedeni kesinti verilerinin mevsimsellik bileşeni içermesidir. Bilindiği üzere ülkemizde yaz ve kış aylarında elektrik tüketimi, bahar aylarına kıyasla yüksek seviyelerdedir. Bu durum şebekede aşırı yüklenmelere bağlı olarak meydana gelen arıza sayılarını arttırmaktadır. Ayrıca kış aylarında kötü hava şartlarına bağlı olarak kesinti sayıları artmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı kesinti istatistikleri genel olarak mevsimsel bileşen içermektedir. Bunun yanı sıra kesinti istatistikleri dağıtım şirketlerinin coğrafi ve elektriksel karakteristiklerine bağlı olarak farklı özellikler gösterebilir. Örneğin göçmen kuşların göç yolları üzerinde yer alan ve havai hat yoğunluğu yüksek olan bir dağıtım şebekesinde, göç dönemlerinde kesinti sayısı önemli derecede artmaktadır. Tahminlerde yüksek başarımların elde edilebilmesi için dağıtım şirketlerine ait bu tür farklılıkların da dikkate alınması gerekmektedir.

SARIMAX modeli bir veri kümesi içerisindeki mevsimsel bileşenleri detaylı olarak dikkate aldığından diğer modellere göre daha iyi performans göstermiştir. ARIMA modelinde ise mevsimsellik bileşeni dikkate alınmadığından başarımlar SARIMAX'a göre düşük olmaktadır. Makine öğrenmesi tabanlı rastlantısal orman regresyonu ve LightGBM modeli incelendiğinde elde edilen başarımların zaman serisi analiz modellerine kıyasla düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumda kesinti istatistiği tahminlerinde, makine öğrenmesi tabanlı modellerin yerine zaman serisi analiz modellerinin kullanılmasının daha uygun olduğu ifade edilebilir.

Tahminlerde dağıtım şirketlerine ait gerçek kesinti verileri kullanılmıştır. Kesinti verileri incelendiğinde, veri kümesinde ani artış ve azalışların çok yoğun olduğu gözlemlenmektedir. Çalışmada en iyi sonuçların elde edildiği SARIMAX modeli %74 ile %87 aralığında başarımlar sağlamıştır. Şebekede gerçekleşen kesintilerin rastlantısallığı, gerçek verilerin kullanılması ve veri kümesindeki ani artış ve azalışların fazlalığı dikkate alındığında elde edilen başarımlar oldukça yüksektir. Tüm bunların yanı sıra zaman serisi ve makine öğrenmesi analizleri ile oluşturulan modeller, tekrarlanabilir modellerdir. Bu doğrultuda çalışmada incelenmeyen diğer dağıtım şirketleri için de benzer şekilde tahminler gerçekleştirilebilir.

6.3.3 Kesinti tahminleri ile OKSÜRE değerlerinin hesaplanması

Çalışmanın bu bölümünde, tahminlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak dağıtım şirketlerinin OKSÜRE değerleri hesaplanmıştır. OKSÜRE hesaplamalarında her dağıtım şirketi için en iyi sonucu veren SARIMAX modelinden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.

Çalışmada, Toroslar, Başkent ve İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'ın, 2018 yılı içerisindeki günlük kesinti sayıları tahmin edilmektedir. Günlük kesinti sayılarının kullanılması ile dağıtım bölgelerinde 2018 yılının tamamındaki kesinti sayıları tahmin edilmiştir. Çizelge 6.7'de çalışmada incelenen üç dağıtım şirketine ait 2018 yılında gerçekleşen ve tahmin edilen kesinti sayıları gösterilmiştir.

Çizelge 6.7 : Gerçekleşen ve tahmin edilen kesinti sayıları.

Dağıtım Şirketi	Gerçekleşen Kesinti Sayısı (adet)	Tahmin Edilen Kesinti Sayısı (adet)
Toroslar	191.799	185.568
Başkent	119.439	116.528
İst. Anadolu Yak.	12.870	12.830

Tahminler sonucunda yıllık kesinti sayılarının elde edilmesi ile Çizelge 6.3'te renkli olarak gösterilen, imar alanı içi-dışı ve orta-alçak gerilim tüketicileri için toplam etkilenme süreleri hesaplanmıştır. Toplam etkilenme süreleri hesaplamalarında bir kesintinin neden olduğu etkinin, imar alanı içi-dışı ve orta-alçak gerilim tüketicilerinin her birinin kendi içerisinde eşit olduğu varsayılmıştır. Ayrıca yapılan hesaplamalarda, 2018 yılı için tahminler gerçekleştirilirken bu yıla ait verilerin bilinmediği varsayıldığından 2015-2017 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Tüketicilere ait toplam etkilenme sürelerinin hesaplanmasının ardından denklem 3.1 kullanılarak OKSÜRE değerleri elde edilmiştir. OKSÜRE hesaplamalarında gerekli olan dağıtım şirketlerinin tüketici sayılarına, dağıtım şirketlerinin yayımladıkları tedarik sürekliliği performans verilerinden ulaşılmıştır (Toroslar EDAŞ, 2019; Başkent EDAŞ, 2019; İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ, 2019). Çizelge 6.8'de 2018 yılında gerçekleşen ve tahmin edilen OKSÜRE değerleri ve tahminlerin başarımları gösterilmiştir.

Çizelge 6.8 incelendiğinde tahminler sonucunda elde edilen OKSÜRE değerlerinin gerçek değerlere oldukça yakın olduğu gözlemlenmektedir. Toroslar ve İstanbul

Anadolu Yakası EDAŞ için oluşturulan tahminlerde %95'in üzerinde başarımlar sağlanmıştır. Başkent EDAŞ için ise %86,96 başarımlar elde edilmiştir.

Çizelge 6.8 : Gerçekleşen ve tahmin edilen OKSÜRE değerleri ve tahmin başarımları.

Dağıtım Şirketi	Gerçekleşen OKSÜRE Değeri (dk)	Tahmin Edilen OKSÜRE Değeri (dk)	Başarımlar (%)
Toroslar	1238	1205,92	97,41
Başkent	961,1	835,73	86,96
İst. Anadolu Yak.	232,8	221,52	95,15

Başkent EDAŞ'ın başarımlarının diğer dağıtım şirketlerine göre düşük olmasının nedeni 2018 yılında Başkent EDAŞ'ta meydana gelen anormal farklılıktır. Başkent EDAŞ'ın geçmiş yıllara ait verileri incelendiğinde 2017 ile 2018 yılları arasında %126,08'lik büyük bir değişim olduğu gözlemlenmektedir (EPDK, 2019). Bu büyük değişime rağmen tahmin modeli bu artışı tespit edebilmiş ve %86,96 oranında bir başarımlar yakalanmıştır. Yıllık olarak gerçekleştirilen tahminlerde, kesintilerin rastlantısalılığı ve verilerdeki ani artış ve azalışlar dikkate alındığında oldukça yüksek

OKSÜRE tahminleri, günlük olarak oluşturulan kesinti verileri kullanılarak yıllık bazda elde edilmiştir. Elektrik enerji piyasasında karar vericiler tarafından oluşturulan yatırım planları, bir yıllık veya bir yıldan uzun süreler için oluşturulmaktadır. Bu nedenle tahminlerde, günlük olarak elde edilen sonuçlar değil yıllık olarak elde edilen sonuçlar önem kazanmaktadır. Bu çalışmada da yıllık olarak hesaplanan OKSÜRE değerlerinin başarımları oldukça yüksek olduğundan tahminler, karar vericilerin yatırım planlarını destekleyici şekilde kullanılabilir.

Çalışmanın bu bölümünde elektrik dağıtım şirketlerine ait kesinti istatistiklerinin kullanılmasıyla geleceğe yönelik tedarik sürekliliği performans tahminlerinin gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Tahminler sonucunda kesinti maliyetlerinin en önemli bileşeni olan OKSÜRE değerlerinin elde edilmesi ile birlikte, önceki bölümlerde açıklandığı gibi bu değerler kullanılarak kesinti maliyetleri hesaplanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, kesinti maliyeti hesaplamalarında elektrik enerji tüketimi ve katma değer/kazanç verilerine yönelik tahminlere de ihtiyaç olduğudur. Fakat bilinmektedir ki halihazırda kamu kurumları bu tür veriler için geleceğe yönelik çok sayıda tahmin oluşturmaktadır. Bu verilere ait tahminlerin ve bu

Çalışmada oluşturulan tedarik sürekliliği tahminlerinin kullanılması ile karar vericiler, geleceğe yönelik kesinti maliyetlerine kolaylıkla ulaşabilirler.

Bu çalışmada tahminler, Toroslar, Başkent ve İstanbul Anadolu Yakası EDAş için gerçekleştirilmiştir. Tahminler, zaman serisi analiz modelleri ve makine öğrenmesi modelleri kullanılarak oluşturulmuştur. Yapay zeka çözümlerinin sağladığı en büyük avantajlardan biri tekrarlanabilir modellerin oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda, çalışmada incelenmeyen ülkemizdeki diğer dağıtım şirketleri için de hızlı bir şekilde tahminler oluşturulabilir. Böylece karar vericilerin kesinti maliyetlerini yatırım planlarında dikkate almak için ihtiyaç duyduğu tahminler, en az iş gücüne ihtiyaç duyularak, hızlı ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.





7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında ülkemizdeki elektrik kesinti maliyetleri ile ilgili detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde çalışmanın bulguları ışığında elde edilen sonuçlar ve öneriler açıklanmıştır.

7.1 Sonuçlar

Tez çalışmasında öncelikle ülkemizin tedarik sürekliliği performansı incelenmiştir. İncelemelerde ülkemizin tedarik sürekliliği performansının, benzer ekonomik büyüklüğe sahip ülkelere göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle ülkemizde enerji sektöründe yer alan paydaşlar, yüksek elektrik kesinti maliyetlerine maruz kalmaktadır. Ülkemizde elektrik şebekesi incelendiğinde, arızaların büyük bir çoğunluğu dağıtım şebekesinde meydana gelmektedir. Bu durum ülkemizin düşük tedarik sürekliliği performansının dağıtım şebekesinden kaynaklandığını göstermektedir.

Ülkemizde dağıtım şebekesi, gerçekleştirilen özelleştirmeler ile birlikte 21 dağıtım şirketi tarafından işletilmektedir. Özelleştirmelerin amacı, şebekenin tedarik sürekliliği performansının iyileştirilerek tüketicilere kaliteli ve ucuz enerji sunulmasıdır. Fakat özelleştirmeler sonrasında dağıtım şebekesinin tedarik sürekliliği performansı incelendiğinde beklenen düzeyde bir iyileşme gözlemlenmemektedir. Bu durumun en temel nedeni düzenleyici kurum ve dağıtım şirketleri tarafından oluşturulan şebeke yatırım planlarında, kesintiler nedeniyle paydaşların maruz kaldığı maliyetlerin, yeterince dikkate alınmamasıdır. Pek çok işletmede olduğu gibi elektrik şebekesinde de yatırımlar, fayda/maliyet analizleri sonucunda gerçekleştirilmektedir. Şebekede gerçekleştirilen yatırımlarda özellikle tüketicilerin kesintiler nedeniyle maruz kaldığı kayıplar dikkate alınmadığından, yatırımlar sonucunda elde edilen faydalar, olduğundan daha az görülmektedir. Bu durum şebekede tedarik sürekliliği performansını arttıracak yatırımların sınırlı sayıda ve kapsamda kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle şebekede düşük tedarik sürekliliği performansı sürmekte ve

enerji sektöründe yer alan paydaşlar yüksek kayıplara maruz kalmaya devam etmektedir.

Yatırım planlarında kesinti maliyetlerinin dikkate alınması için öncelikle paydaşların maruz kaldığı maliyetlerin ortaya koyulması ve paydaşların farkındalıklarının artırılması gerekmektedir. Fakat ülkemizde kesintiler nedeniyle paydaşların maruz kaldığı maliyetlerini inceleyen kapsamlı çalışmalar bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında ülkemizdeki 21 dağıtım şirketinin ve bu dağıtım bölgelerinde yer alan tüketicilerin kesinti maliyetleri, tüketici grupları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Literatürdeki çalışmaların aksine kesinti maliyetleri, yalnızca normalize edilmiş değerler kullanılarak değil, yıllık ortalama toplam kesinti maliyeti ve yıllık normalize edilmiş ortalama kesinti maliyeti parametreleri birlikte kullanılarak değerlendirilmiştir. Böylece tüketici gruplarına ve dağıtım şirketlerine ait kesinti maliyetleri daha efektif bir şekilde değerlendirilebilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda kesinti maliyeti performansı yüksek ve düşük dağıtım şirketleri belirlenmiştir.

Beklenildiği üzere ülkemizdeki büyük şehirleri işleten dağıtım şirketlerinin yıllık ortalama toplam kesinti maliyetleri diğer şirketlere göre yüksektir. Fakat bunun yanı sıra bu şirketlerin yıllık normalize edilmiş ortalama kesinti maliyetleri de yüksektir. Bu parametrelerin ikisinin birlikte yüksek çıkması bu dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetleri dikkate alındığında düşük performansa sahip olduklarını göstermektedir. Enerji paydaşlarının maruz kaldığı yüksek maliyetlerin azaltılması için öncelikle düşük kesinti maliyeti performansına sahip dağıtım şirketlerine odaklanılmalıdır.

Elektrik kesintileri ülke çapında incelendiğinde ortaya çıkan maliyetler milyarlarca lira olmaktadır. Bunun yanı sıra tüketiciler, elektrik dağıtım şirketlerine kıyasla çok daha fazla maliyete maruz kalmaktadır. Bu nedenle şebeke yatırım planlamaları mutlaka tüketici odaklı gerçekleştirilmelidir. Tüm bunların yanı sıra elektrik enerji piyasasında çalışmada detaylı olarak incelenmeyen paydaşlar da bulunmaktadır. Bu paydaşlar da elektrik kesintilerinden önemli derecede etkilenmektedir. Örneğin kamu kuruluşları elektrik enerji tüketiminden katma değer vergisi almaktadır. Kesintiler nedeniyle enerji satışı gerçekleşemediğinde ise bu vergi alınamamaktadır. Ayrıca elektrik kesintileri, özellikle sanayi ve ticarethane tüketicilerinin üretimlerini büyük ölçüde aksatmaktadır. Bu aksaklıklar nedeniyle sanayi ve ticarethane tüketicileri gelir

kayıpları yaşamaktadır. Bununla birlikte kamu kuruluşlarının bu tüketicilerden aldığı gelir vergileri de azalmaktadır. Tüm bu vergi kayıpları düşünüldüğünde kamu kuruluşları da elektrik kesintileri nedeniyle oldukça yüksek kayıplar yaşamaktadır. Elektrik kesintileri bu ve bunun gibi pek çok farklı şekilde paydaşları etkilemektedir. Tüm bu kayıplar düşünüldüğünde düzenleyici kurumun şebekenin tedarik sürekliliği performansını arttırarak kesinti maliyetlerini azaltacak bir takım önlemler alması gerektiği açıktır.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yatırımlar, sınırlı kaynaklar ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle tedarik sürekliliği performansının efektif olarak iyileştirilmesi için akıllı stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yatırım planlamalarında en az harcama ile en yüksek kazancın sağlanabilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda gerçekleştirilecek analizler ile şebekede öncelikli olarak yatırım yapılacak bölgelerin yani en çok kazanç sağlanabilecek tespit edilmesi gerekmektedir. Şebekede öncelikli olarak yatırım yapılması gereken bölgeler, kesinti maliyetlerinin en yüksek olduğu bölgelerdir.

Bu tez çalışmasında dağıtım şirketlerinin gerçekleştirdikleri yatırım miktarları, kesinti maliyetleri ve şebekenin elektriksel karakteristiğini belirleyen pek çok parametre dikkate alınarak elde edilen birim değerler yardımıyla incelenmiştir. İncelemelerde kesinti maliyeti performansı düşük olarak belirlenen dağıtım şirketlerinin diğer şirketlere kıyasla yüksek yatırım gerçekleştirmedikleri aksine birçok parametrede yatırım miktarlarının düşük kaldığı gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra birim değerler üzerinden gerçekleştirilen değerlendirmelerde yüksek yatırım yapılan dağıtım şirketlerinin kesinti maliyeti performanslarının da gözlemlenmektedir. Bu durum şebekede gerçekleştirilen yatırımlar ile kesinti maliyetlerinin önemli derecede azaltılabileceğini net bir şekilde göstermektedir.

Şebeke yatırım planlarının oluşturulması oldukça karmaşık bir süreçtir. Karar vericiler şebeke yatırımlarını pek çok farklı parametreyi dikkate alarak gerçekleştirmektedirler. Bu nedenle yatırım kararlarının tamamen kesinti maliyetleri dikkate alınarak gerçekleşmesi beklenemez. Fakat kesintiler nedeniyle paydaşlar milyarlarca liralık maliyetlere maruz kalmaktadır. Ayrıca birim değerlere göre yapılan incelemelerde elde edilen yüksek ilişki düşünüldüğünde kesinti maliyetlerinin yatırım planlarında dikkate alınması gerektiği açıktır.

Karar vericiler için kesinti maliyetlerinin hesaplanması yanı sıra bu maliyetlerin elde edilme yöntemi de oldukça önemlidir. Ülkemizde, yatırım planlarında kesinti maliyetlerinin dikkate alınabilmesi için 21 dağıtım şirketinin tümünü kapsayacak şekilde kesinti maliyetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle hesaplamalarda, hızlı, ekonomik ve en az iş gücüne ihtiyaç duyan yöntemler kullanılmalıdır. Bu tez çalışmasında kesinti maliyetleri, dolaylı analitik yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır. Dolaylı analitik yöntemlerde kesinti maliyetleri, halihazırda mevcut olan veriler kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle dolaylı analitik yöntemler ile ihtiyaç duyulan şekilde, hızlı, ekonomik ve en az iş gücü ile hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem ile tüketicilerin bireysel farklılıkları dikkate alınmayarak ortalama sonuçlar elde edilmektedir. Fakat ülke çapında gerçekleştirilen hesaplamalarda, bireysel farklılıkların dikkate alınmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle oldukça büyük ölçekli yatırım planlarının oluşturulmasında, sağladığı avantajlar nedeniyle dolaylı analitik yöntemlerin kullanılması en uygun çözümdür.

Karar vericiler tarafından oluşturulan yatırım planlarında, geçmiş döneme ait hesaplamaların yanı sıra geleceğe yönelik tahminlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü şebeke yatırımları, geleceğe yönelik olarak planlanmaktadır. Yatırım planlarının kesinti maliyetlerini dikkate alarak efektif olarak gerçekleştirilmesi için kesinti maliyetlerinin gelecekte nasıl bir değişim göstereceği karar vericiler tarafından bilinmelidir.

Bu tez çalışmasında, dağıtım şirketlerine ait kesinti istatistikleri kullanılarak, zaman serisi analizleri ve makine öğrenmesi tabanlı modeller ile tahminler gerçekleştirilmiştir. Tahminler incelendiğinde SARIMAX modelinin diğer modellere göre yüksek başarımlar elde ettiği gözlemlenmektedir. Bu durum kesinti verilerinin mevsimsel veriler içermesinden kaynaklanmaktadır. SARIMAX modeli mevsimsel farklılıkları dikkate aldığından diğer modellere göre daha iyi bir performans göstermiştir. Bunun yanı sıra makine öğrenmesi tabanlı modellerin sonuçları incelendiğinde ise bu modellerin başarımlarının, zaman serisi analiz modellerine göre düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle kesinti istatistikleri ile ilgili çalışmalarda zaman serisi analiz modellerinin kullanılmasının daha uygun bir çözüm olduğu anlaşılmaktadır.

Tahmin modellerinin performansları değerlendirilirken, dağıtım şirketlerinin mevzuat gereği internet sitelerinde ilan ettikleri gerçek verilerin kullanıldığı göz ardı edilmemelidir. Şebekede meydana gelen kesintiler büyük bir rastlantısallık göstermektedir ve deterministik yöntemler ile kabul edilebilir hata sınırları içerisinde hedeflenen çözümlere ulaşılması oldukça zordur. Bunun yanı sıra dağıtım şirketlerinin kesinti istatistiklerinde önemli sayıda ani artış ve azalışlar bulunmaktadır. Tüm bu durumlara rağmen çalışmada oluşturulan tahminler ile oldukça yüksek başarımlar elde edilmiştir.

Çalışmada günlük kesinti sayılarının tahmin edilmesinin ardından, en yüksek başarımlara ulaşılan SARIMAX modelinden elde edilen veriler kullanılarak dağıtım şirketlerinin yıllık OKSÜRE değerleri hesaplanmıştır. OKSÜRE hesaplamalarında dağıtım şirketlerine ait geçmiş yıllardaki kesinti etkisi parametreleri kullanılmıştır. OKSÜRE hesaplamalarının başarımları incelendiğinde her üç dağıtım şirketi için de yüksek başarımların elde edildiği gözlemlenmektedir. Toroslar ve İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'ta %95 üzerinde başarımlar elde edilirken Başkent EDAŞ'ta bu değer %86 seviyelerindedir. Önceki bölümde detaylı olarak açıklandığı gibi bu durum Başkent EDAŞ'ta incelemenin yapıldığı yıldaki olağan dışı artıştır. Fakat bu olağan dışı duruma rağmen tahminler ile yine de yüksek başarımlar elde edilebilmiştir. Bu durum tahmin modellerinin beklenmedik ani durumlara karşı da uygun sonuçlar verdiğini ve bu gibi durumlarda da kullanılabileceğini göstermektedir.

Tahmin modelleri ile dağıtım şirketlerine ait yıllık OKSÜRE hesaplamalarında yüksek başarımlar elde edilmiştir. Dolayısıyla tahminler, karar vericiler tarafından şebeke yatırım planlarında uygun bir şekilde kullanılabilecektir. Tahminler ile şebekenin tedarik sürekliliği performansının dolayısıyla kesinti maliyetlerinin gelecekte ne şekilde değişim göstereceği tespit edilebilmektedir. Bunun yanı sıra karar vericiler detaylı analizler için kesinti maliyeti hesaplamalarında kullanılan diğer parametrelere ait tahminler oluşturarak ya da halihazırda var olan tahminleri kullanarak geleceğe yönelik kesinti maliyeti hesaplamalarını daha detaylı bir şekilde oluşturabilirler.

Tahminlerde zaman serisi ve makine öğrenmesi analizlerinin kullanılması ile tekrarlanabilir modeller elde edilmiştir. Karar vericiler için tekrarlanabilir modellerin elde edilmesi oldukça önemlidir. Böylelikle geleceğe yönelik tahminler, ilave maliyetlere gerek duyulmadan tekrar tekrar gerçekleştirilebilmektedir. Bu tez

alışmasında geleceğe yönelik tahminler oluşturularak, karar vericilerin yatırım planlarını daha efektif bir şekilde gerçekleştirilmesine katkı sağlanmıştır.

7.2 neriler

Çalışmada kesinti maliyeti hesaplamaları tüketiciler için gerçekleştirilmiştir. Tüketiciler içerisinde yer alan farklı sektörler ayrıca incelenmemiştir. Bunun en önemli nedeni alt sektörlere ait halka açık detaylı verilerin bulunmamasıdır. Ayrıca çalışmalarda alt sektörlerin dikkate alınması, gerekli olan iş gücünü önemli derecede arttıracaktır. Fakat karar vericiler kesinti maliyetleri ile ilgili çok daha detaylı sonuçlara ihtiyaç duymaları halinde alt sektörleri de dikkate almalıdır. Ayrıca kesinti maliyetlerinin daha da detaylandırılması amacıyla boşta insan gücü ve hurda kayıpları gibi kesinti maliyeti bileşenleri ayrı ayrı değerlendirilebilir. Tüm bunların yanı sıra kesintilerin gerçekleştiği zaman da kesinti maliyetlerini önemli derecede etkilemektedir. Bu nedenle detaylı analizler için kesintilerin hangi zaman aralığında gerçekleştiği mevsim, ay, hafta, gün ve saat dikkate alınarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada tahminler, Toroslar, Başkent ve İstanbul Anadolu Yakası EDAş için gerçekleştirilmiştir. Tahminlerde yüksek başarımların elde edilebilmesi için kesinti istatistiklerinin, düzenleyici kurum tarafından belirlenen formata uygun olarak, şeffaf ve güvenilir olarak kayıt edilmesi gerekmektedir. Fakat lkemizde kesinti verilerinin kayıt süreçleri ile ilgili geçiş süreci henüz tamamlanmadığından bazı dağıtım şirketlerine ait kesinti verilerinde bir takım problemler bulunmaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında güvenilir kesinti verilerine sahip olduğu tespit edilen dağıtım şirketleri kullanılmıştır. Fakat çalışmada, tekrarlanabilir modeller oluşturulduğundan kesinti verilerinin problem içermemesi durumunda, diğer dağıtım şirketleri için de bu modeller yardımıyla tahminler gerçekleştirilebilir.

Elektrik dağıtım şirketlerinin kesinti istatistiklerinin kayıt altına alınması düzenleyici kurum tarafından denetlenmektedir. Fakat bu denetlemelere rağmen kayıt altına alınan verilerde bir takım problemler bulunmaktadır. Bu durum kesinti istatistikleri kullanarak yapılan çalışmaları önemli derecede zorlaştırmakta ve pek çok çalışma verilerde bulunan problemler nedeniyle gerçekleştirilememektedir. Çalışmalarda yüksek başarımların elde edilmesi uzun vadeli güvenilir verilerin elde edilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle düzenleyici kurum, kesinti verilerinin kayıt altına alınmasını kolaylaştıracak ve verilerin güvenilirliğini arttıracak yeni bir takım

düzenlemeler getirmelidir. Bu düzenlemeler ile sahada aktif olarak rol alan bakım onarım personellerinin, kesintileri kayıt altına alması kolaylaştırılmalıdır.

Kesinti verilerinde bulunan problemlerin ortadan kaldırılması için kesintilerin online olarak kayıt altına alınabileceği yazılımlar kullanılmalıdır. Bu yazılım ile kesinti istatistiklerinin kayıt altına alınmasında gerekli olan çok sayıda bilgi, otomatik olarak doldurulmalıdır. Bakım onarım personellerine, doldurması amacıyla yalnızca birkaç parametre bırakılmalı ve bu parametreler de çok sayıda seçenek içermemelidir. Böylece personellerin kayıt alma işlemleri kolaylaştırılacak ve kesinti verilerinin güvenilir olarak kayıt altına alınması sağlanacaktır. Ayrıca online kayıt alınabilen yazılımların kullanılması ile verilerin şeffaflığı ve güvenilirlikleri önemli derecede arttırılabilecektir.

Ülkemizde dağıtım şebekesinin tedarik sürekliliği performansının düşük olmasının en temel nedenlerinden biri mevcut yönetmelikte bulunan bir takım eksikliklerdir. Mevcut yönetmelikte kesinti sayıları ve süreleri ile ilgili detaylı ve zorlayıcı sınır değerler bulunmamaktadır. Elektrik dağıtım şirketlerinin uymak zorunda olduğu sınır değerler, örneğin sanayi tüketicilerinin çok yoğun olduğu bir dağıtım şirketi ile tüketicilerinin büyük bir çoğunluğunun konut tüketicisi olduğu dağıtım şirketi için aynıdır. Bunun yanı sıra, sınır değerler şebekenin yapısal özelliklerini de dikkate almamaktadır. Orta ve alçak gerilim dağıtım şebekesinin %80'ine yakını kablo olan dağıtım şirketi ile kablo şebeke oranı %20 olan dağıtım şirketine aynı sınır değerler uygulanmaktadır. Ayrıca çalışmada incelenen kesinti maliyetleri dikkate alındığında dağıtım şirketleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Benzer şekilde sınır değerler oluşturulurken kesinti maliyetlerindeki farklılıkları dikkate almamaktadır. Aynı zamanda yönetmelik tarafından belirlenen cezai yaptırımlar da yeterince caydırıcı değildir.

Mevcut yönetmelik uyarınca dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliği performansları, OKSÜRE ve OKSIK gibi parametreler kullanılarak değerlendirilmektedir. Fakat bu parametrelerin hesaplamalarında, tüketicilerin farklılıkları dikkate alınmamaktadır. Örneğin büyük bir sanayi tüketicisi ile bir konut tüketicisi eşit olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle farklı tüketici karakteristiklerine sahip dağıtım şirketlerinin performanslarının, aynı parametreler kullanılarak değerlendirilmesi adil bir yaklaşım olmamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı elektrik dağıtım şirketleri,

elektrik kesintilerini azaltmak ve şebekenin tedarik sürekliliği performansını arttırmak için yeterli özveriyi göstermeyerek şebeke yatırımlarını hızlandırmamaktadır.

Ülkemizin tedarik sürekliliği performansının iyileştirilmesi için dağıtım şirketlerinin tüketici ve yapısal farklılıklarını dikkate alan yönetmelik değişiklikleri yapılmalıdır. Yönetmelik değişikliklerinde bu tez çalışmasında elde edilen kesinti maliyeti gibi parametreler, dağıtım şirketlerinin farklılıklarının dikkate alınması amacıyla kullanılabilir. Bu farklılıkların yönetmelikte dikkate alınması ile birlikte, dağıtım şirketleri şebeke yatırımlarına teşvik edilecek, yatırımların sayısı ve kapsamı arttırılacaktır.

Bir ülkenin tedarik sürekliliği performansı, o ülkenin iş yapılabilirlik düzeyini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle şebekede meydana gelecek iyileşmeler, ülkemizin iş yapılabilir ülkeler arasındaki sıralamasının arttırılmasına önemli katkı sağlayacaktır. Bunun yanı sıra elektrik kesintileri kaynaklı ekonomik kayıplar nedeniyle üreticilerimizin uluslararası pazarda rekabet gücü zayıflamaktadır. Bunun sonucunda ihracatın ithalatı karşılama oranı düşük kalmakta, oluşan bu dış ticaret açığı ülke ekonomisi için önemli problemlerden birini oluşturmaktadır.

Şebekede tedarik sürekliliği performansının arttırılması ile özellikle sanayi ve ticarethane tüketicilerinin maruz kaldığı ekonomik kayıplar azaltılacak ve üreticilerimizin uluslararası pazarda rekabet gücü arttırılacaktır. Bununla birlikte sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkı sağlanacaktır. Ayrıca elektrik dağıtım şirketlerinin de kar oranlarının arttırılacak, yeni şebeke planlamaları için uygun kaynakların yaratılmasına katkı sağlanacaktır. Tüm bu olumlu gelişmeler ile birlikte elektrik kesintilerinin neden olduğu milli gelir kayıpları da önlenmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Baarsma, B. E., & Hop, J. P.** (2009). Pricing power outages in the Netherlands. *Energy*, 34(9), 1378-1386.
- Balducci, P. J., Roop, J. M., Schienbein, L. A., DeSteele, J. G., & Weimar, M. R.** (2002). *Electric power interruption cost estimates for individual industries, sectors, and US economy* (No. PNNL-13797). Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).
- Billinton, R., Tollefson, G., & Wacker, G.** (1991). Assessment of electric service reliability worth. *Third International Conference on Probabilistic Methods Applied to Electric Power Systems*, (pp. 9-14). London, UK, July 3-5.
- Billinton, R., & Wangdee, W.** (2003). Estimating customer outage costs due to a specific failure event. *IEEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, 150(6), 668-672.
- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M.** (1970). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco, CA.: Holden-Day.
- Castro, R., Faias, S., & Esteves, J.** (2016). The cost of electricity interruptions in Portugal: Valuing lost load by applying the production-function approach. *Utilities Policy*, 40, 48-57.
- Cavaliere, G., & Taylor, A. R.** (2007). Testing for unit roots in time series models with non-stationary volatility. *Journal of Econometrics*, 140(2), 919-947.
- CEER.** (2018). *CEER Benchmarking Report 6.1 on the Continuity of Electricity and Gas Supply*. Council of European Energy Regulators.
- Chowdhury, A. A., & Koval, D. O.** (1999). Value-based power system reliability planning. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 35(2), 305-311.
- Chowdhury, A. A., & Koval, D. O.** (2001). Application of customer interruption costs in transmission network reliability planning. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 37(6), 1590-1596.
- Chowdhury, A. A., Mielnik, T. C., Lawion, L. E., Sullivan, M. J., & Katz, A.** (2004). Reliability worth assessment in electric power delivery systems. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, (pp. 654-660). Denver, CO, USA, June 6-10.
- De Nooij, M., Koopmans, C., & Bijvoet, C.** (2007). The value of supply security: The costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in networks. *Energy Economics*, 29(2), 277-295.

- Diboma, B. S., & Tatietse, T. T. (2013).** Power interruption costs to industries in Cameroon. *Energy policy*, 62, 582-592.
- Dindar, B., & Gül, Ö. (2019).** A Current Assessment of Effects of Electricity Market Liberalization on Electricity Consumer Rights in Turkey. *6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)*, (pp. 60-64). Istanbul, Turkey, April 16-17.
- Dzobo, O. (2014).** *Risk-based interruption cost index based on customer and interruption parameters.* (Doctoral dissertation). University of Cape Town, Department of Electrical Engineering, Cape Town.
- EPDK (2012).** *Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği*
- EPDK. (2017).** *Elektrik Piyasası 2016 Yılı Piyasa Gelişim Raporu.* TC Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.
- EPDK. (2019).** *Elektrik Piyasası Sektör Raporu 2018.* TC Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.
- EPRI. (2011).** *Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid.* Electric Power Research Institute.
- EPRI. (2012).** *Guidebook for Cost/Benefit Analysis of Smart Grid Demonstration Projects.* Electric Power Research Institute.
- Genuer, R., Poggi, J. M., & Tuleau-Malot, C. (2010).** Variable selection using random forests. *Pattern recognition letters*, 31(14), 2225-2236.
- Ghajar, R. F., & Billinton, R. (2006).** Economic costs of power interruptions: a consistent model and methodology. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 28(1), 29-35.
- Grenander, U., & Rosenblatt, M. (2008).** *Statistical analysis of stationary time series.* Rhode Island, USA, American Mathematical Society.
- Growitsch, C., Malischek, R., Nick, S., & Wetzel, H. (2013).** *The costs of power interruptions in Germany-an Assessment in the light of the Energiewende* (No. 13/07). EWI Working Paper.
- Gul, O. (2008).** An Assessment of Power Quality and Electricity Consumer's Rights in Restructured Electricity Market in Turkey. *Electrical Power Quality and Utilisation. Journal*, 14(2), 29-34.
- Gündüz, N., Küfeoğlu, S., & Lehtonen, M. (2018).** Customer Interruption Cost Estimations for Distribution System Operators in Finland. *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe)*, (pp. 1-5). Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, October 21-25.
- Hahn, H., Meyer-Nieberg, S., & Pickl, S. (2009).** Electric load forecasting methods: Tools for decision making. *European journal of operational research*, 199(3), 902-907.
- Hamilton, J. D. (1994).** *Time series analysis.* New Jersey: Princeton.
- Herman, R., & Gaunt, C. T. (2008).** Direct and indirect measurement of residential and commercial CIC: Preliminary findings from South African surveys. *Proceedings of the 10th International Conference on Probabilistic*

Methods Applied to Power Systems, (pp. 1-7). Rincón, Puerto Rico, May 25-29.

- Huang, N. E., Shen, Z., Long, S. R., Wu, M. C., Shih, H. H., Zheng, Q., ... & Liu, H. H.** (1998). The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: mathematical, physical and engineering sciences*, 454(1971), 903-995.
- IEEE.** (2012). IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. *Distribution*, 1997, 1-43.
- Jamasb, T., & Pollitt, M.** (2005). Electricity market reform in the European Union: review of progress toward liberalization & integration. *The Energy Journal*, 26(Special Issue).
- Ju, Y., Sun, G., Chen, Q., Zhang, M., Zhu, H., & Rehman, M. U.** (2019). A model combining convolutional neural network and LightGBM algorithm for ultra-short-term wind power forecasting. *IEEE Access*, 7, 28309-28318.
- Kariuki, K. K., & Allan, R. N.** (1996). Assessment of customer outage costs due to electric service interruptions: residential sector. *IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, 143(2), 163-170.
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., ... & Liu, T. Y.** (2017). Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 3146-3154).
- Kim, C. S., Jo, M., & Koo, Y.** (2014). Ex-ante evaluation of economic costs from power grid blackout in South Korea. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 9(3), 796-802.
- Kim, K., & Cho, Y.** (2017). Estimation of power outage costs in the industrial sector of South Korea. *Energy Policy*, 101, 236-245.
- Kivikko, K., Mäkinen, A., Järventausta, P., Silvast, A., Heine, P., & Lehtonen, M.** (2008). Comparison of reliability worth analysis methods: data analysis and elimination methods. *IET generation, transmission & distribution*, 2(3), 321-329.
- Kjølle, G. H., Samdal, K., Singh, B., & Kvitastein, O. A.** (2008). Customer costs related to interruptions and voltage problems: Methodology and results. *IEEE Transactions on power systems*, 23(3), 1030-1038.
- Küfeoğlu, S., & Lehtonen, M.** (2013). A novel hybrid approach to estimate customer interruption costs for industry sectors. *Engineering*, 2013.
- Küfeoğlu S.** (2015). *Economic Impacts of Electric Power Outages and Evaluation of Customer Interruption Costs*. (Doctoral dissertation). Aalto University, Department of Electrical Engineering and Automation, Helsinki.
- Küfeoğlu, S., & Lehtonen, M.** (2015). Interruption costs of service sector electricity customers, a hybrid approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 64, 588-595.
- Küfeoğlu, S., Prittinen, S., & Lehtonen, M.** (2015). Customer interruption costs calculation of finnish electricity customers. *12th International*

- Conference on the European Energy Market (EEM)*, (pp. 1-5). Lisbon, Portugal, May 19-22.
- LaCommare, K. H., & Eto, J. H.** (2006). Cost of power interruptions to electricity consumers in the United States (US). *Energy*, 31(12), 1845-1855.
- Lasota, T., Telec, Z., Trawiński, B., & Trawiński, G.** (2012). Investigation of random subspace and random forest regression models using data with injected noise. *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*, (pp. 1-10). Springer, Berlin, Heidelberg, September 10-12.
- Lassila, J., Honkapuro, S., & Partanen, J.** (2005). Economic analysis of outage costs parameters and their implications on investment decisions. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, (pp. 2165-2172). San Francisco, California, USA, June 12-16.
- Leahy, E., & Tol, R. S.** (2011). An estimate of the value of lost load for Ireland. *Energy policy*, 39(3), 1514-1520.
- Lehtonen, M., Heine, P., Silvast, A., Kivikko, K., Mäkinen, A., & Järventausta, P.** (2006). Customers' outage costs in electrical distribution networks. In *5th International Conference Electric Power Quality and Supply Reliability*, Viimsi, Estonia, August 23-25.
- Leite, J. B., Mantovani, J. R. S., Dokic, T., Yan, Q., Chen, P. C., & Kezunovic, M.** (2016). The impact of time series-based interruption cost on online risk assessment in distribution networks. *Ieee Pes Transmission & Distribution Conference And Exposition-latin America (pes T&d-la)*, (pp. 1-6). Morelia, Mexico, September 21-24.
- Lienhoop, N., & MacMillan, D.** (2007). Valuing wilderness in Iceland: estimation of WTA and WTP using the market stall approach to contingent valuation. *Land Use Policy*, 24(1), 289-295.
- Litos Strategic Communication.** (2008). *Exploring the imperative of revitalizing America's electric infrastructure*. U.S. Department of Energy.
- London Economics.** (2013). *The value of lost load (VoLL) for electricity in Great Britain*. Commissioned by Ofgem and DECC.
- Minnaar, U. J., Visser, W., & Crafford, J.** (2017). An economic model for the cost of electricity service interruption in South Africa. *Utilities Policy*, 48, 41-50.
- Munasinghe, M., & Sanghvi, A.** (1988). Reliability of electricity supply, outage costs and value of service: an overview. *The Energy Journal*, 9(Special Issue 2).
- Nam, K. Y., Choi, S. B., Ryoo, H. S., Jeong, S. H., Lee, J. D., & Kim, D. K.** (2006). A survey on interruption costs of Korean industrial customers. *2005/2006 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition*, (pp. 781-787). Dallas, TX, USA, May 21-24.
- Newman, D. E., Carreras, B. A., Lynch, V. E., & Dobson, I.** (2011). Exploring complex systems aspects of blackout risk and mitigation. *IEEE Transactions on Reliability*, 60(1), 134-143.

- New Zealand Electricity Authority.** (2013). *Investigation into the Value of Lost Load in New Zealand–Report on Methodology and Key Findings*. New Zealand Electricity Authority.
- Nielsen, E., & Jolink, A.** (2012). Regulating opportunism in the electricity industry and consumer interests. *Utilities policy*, 20(1), 38-45.
- Pao, H. T.** (2009). Forecasting energy consumption in Taiwan using hybrid nonlinear models. *Energy*, 34(10), 1438-1446.
- Praktijnjo, A. J., Hähnel, A., & Erdmann, G.** (2011). Assessing energy supply security: Outage costs in private households. *Energy Policy*, 39(12), 7825-7833.
- Praktijnjo, A. J.** (2014). Stated preferences based estimation of power interruption costs in private households: An example from Germany. *Energy*, 76, 82-90.
- Rao, J. M., Prasad, P. V. N., & Das, G. T. R.** (2010). Customer outage cost evaluation in electric power systems. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(8), 88-96.
- Reichl, J., Schmidthaler, M., & Schneider, F.** (2013). The value of supply security: The costs of power outages to Austrian households, firms and the public sector. *Energy Economics*, 36, 256-261.
- Rose, A., Oladosu, G., & Liao, S. Y.** (2007). Business interruption impacts of a terrorist attack on the electric power system of Los Angeles: customer resilience to a total blackout. *Risk Analysis: An International Journal*, 27(3), 513-531.
- Schröder, T., & Kuckshinrichs, W.** (2015). Value of lost load: An efficient economic indicator for power supply security? A literature review. *Frontiers in energy research*, 3, 55.
- Shivakumar, A., Welsch, M., Taliotis, C., Jakšić, D., Baričević, T., Howells, M., ... & Rogner, H.** (2017). Valuing blackouts and lost leisure: Estimating electricity interruption costs for households across the European Union. *Energy Research & Social Science*, 34, 39-48.
- Sullivan, M. J., Vardell, T., & Johnson, M.** (1997). Power interruption costs to industrial and commercial consumers of electricity. *IEEE Transactions on industry applications*, 33(6), 1448-1458.
- Sullivan, M., Schellenberg, J., & Blundell, M.** (2015). *Updated value of service reliability estimates for electric utility customers in the United States* (No. LBNL-6941E). Lawrence Berkeley National Lab.(LBNL), Berkeley, CA (United States).
- Sullivan, M., Collins, M. T., Schellenberg, J., & Larsen, P. H.** (2018). *Estimating power system interruption costs: A guidebook for electric utilities*. U.S. Department of Energy's Office of Electricity under Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Targosz, R. and Manson J.** (2007). In Pan European LPQI Power Quality Survey. *19th International Conference on Electricity Distribution*. (Paper Vol. 263). Vienna, Austria, May 21-24.

- TEDAŞ.** (2019). *Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri (2018 Yılı Sonu)*. Türkiye Elektrik Dağıtım A. Ş. Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı.
- Tollefson, G., Billinton, R., Wacker, G., Chan, E., & Aweya, J.** (1994). A Canadian customer survey to assess power system reliability worth. *IEEE Transactions on Power Systems*, 9(1), 443-450.
- Tully, S. R.** (2005). The contribution of human rights to universal energy access. *Nw. Univ. J. Int'l Hum. Rts.*, 4, 518.
- Uludağ EDAŞ.** (2019). *Faaliyet Raporu 2018*. Uludağ Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi.
- Wacker, G., & Billinton, R.** (1989). Customer cost of electric service interruptions. *Proceedings of the IEEE*, 77(6), 919-930.
- Wangdee, W., & Billinton, R.** (2004). Utilization of time varying event-based customer interruption cost load shedding schemes. *International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*, (pp. 769-775). Ames, IA, USA, September 12-16.
- World Bank Group.** (2018). *Doing Business 2018: Reforming to Create Jobs: Comparing Business Regulation for Domestic Firms in 190 Economies*. International Bank for Reconstruction and Development/World Bank.
- Yamashita, K., Joo, S. K., Li, J., Zhang, P., & Liu, C. C.** (2008). Analysis, control, and economic impact assessment of major blackout events. *European Transactions on Electrical Power*, 18(8), 854-871.
- Yin, S. A., Lu, C. N., Liu, E., Huang, Y. C., & Huang, C. Y.** (2001). Assessment of interruption cost to high tech industry in Taiwan. *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition. Developing New Perspectives (Cat. No. 01CH37294)*, (Vol. 1, pp. 270-275). Atlanta, GA, USA, November 2.
- Zachariadis, T., & Poullikkas, A.** (2012). The costs of power outages: A case study from Cyprus. *Energy Policy*, 51, 630-641.
- Zidan, A., & El-Saadany, E. F.** (2015). Incorporating customers' reliability requirements and interruption characteristics in service restoration plans for distribution systems. *Energy*, 87, 192-200.
- Url-1** <<https://www.doingbusiness.org/en/data/exploretopics/getting-electricity>>, erişim tarihi 17.04.2019.
- Url-2** <<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2019/02/weodata/weoselgr.aspx>>, erişim tarihi 17.04.2019.
- Url-3** <<https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>>, erişim tarihi 03.10.2019.
- Url-4** <<http://www.tuik.gov.tr/>>, erişim tarihi 03.10.2019.
- Url-5** <<https://yearbook.enerdata.net/electricity/>>, erişim tarihi 23.12.2019.
- Url-6** <<https://www.ayedas.com.tr/Pages/Bilgilendirme/YasalBildirimler/Tedarik-Surekliligi-Kalite-Gostergeleri.aspx>>, erişim tarihi 21.05.2019.
- Url-7** <http://www.akedasdagitim.com.tr/Kalite_Gostergeleri>, erişim tarihi 21.05.2019.

Url-8 <<https://www.vedas.com.tr/tr/detay/tedarik-surekliligi-kalitesi>>, erişim tarihi 21.05.2019.

Url-9 <www.toroslaredas.com.tr/Pages/Bilgilendirme/YasalBildirimler/Tedarik-Surekliligi-Kalite-Gostergeleri.aspx>, erişim tarihi 21.05.2019.

Url-10 <www.baskentedas.com.tr/Pages/Bilgilendirme/YasalBildirimler/Tedarik-Surekliligi-Kalite-Gostergeleri.aspx>, erişim tarihi 21.05.2019.





EKLER

EK A: Kesinti Maliyeti Hesaplamaları

EK B: Şebeke Yatırımlarının Değerlendirilmesi

EK C: Kesinti Tahminlerinin Gerçekleştirilmesi



Çizelge A.1 : Sanayi tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.

Dağıtım Şirketi	Ortalama Katma Değer (Milyon TL/saat)	Ortalama Kesinti Süresi (saat)	Ortalama Toplam Kesinti Maliyeti (Milyon TL)	Enerji Tüketimi (MWh)	Ortalama Kesinti Maliyeti (TL/kWh)
Dicle	2,522	14,033	35,398	2.182.227	0,0162
Vangölü	0,559	153,282	85,715	254.085	0,3374
Aras	0,953	18,103	17,247	357.086	0,0483
Çoruh	1,914	18,435	35,279	884.933	0,0399
Fırat	1,183	38,030	45,004	1.112.401	0,0405
Çamlıbel	1,001	13,725	13,732	952.976	0,0144
Toroslar	9,823	20,633	202,672	15.112.805	0,0134
Meram	3,723	17,720	65,979	3.321.992	0,0199
Başkent	12,521	16,018	200,567	6.000.112	0,0334
Akdeniz	2,503	11,468	28,703	2.084.683	0,0138
Gdz	12,227	18,762	229,396	9.574.863	0,0240
Uludağ	10,882	25,643	279,047	10.758.623	0,0259
Trakya	4,715	20,088	94,718	7.195.437	0,0132
Sakarya	11,521	21,595	248,787	10.461.426	0,0238
Osmangazi	4,369	12,993	56,771	5.998.513	0,0095
Kayseri ve Civarı	2,086	4,313	8,999	1.807.276	0,0050
Adm	3,714	12,842	47,698	3.292.542	0,0145
Akedaş	1,852	14,705	27,231	3.073.045	0,0089
Yeşilirmak	2,268	12,163	27,589	2.305.845	0,0120
İstanbul	34,970	41,225	1.441,655	10.264.978	0,1404

Çizelge A.2 : Ticarethane tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.

Dağıtım Şirketi	Ortalama Katma Değer (Milyon TL/saat)	Ortalama Kesinti Süresi (saat)	Ortalama Toplam Kesinti Maliyeti (Milyon TL)	Enerji Tüketimi (MWh)	Ortalama Kesinti Maliyeti (TL/kWh)
Dicle	7,443	14,033	104,445	2.880.809	0,0363
Vangölü	2,633	153,282	403,641	773.683	0,5217
Aras	3,356	18,103	60,754	1.052.139	0,0577
Çoruh	3,968	18,435	73,144	1.191.969	0,0614
Fırat	2,996	38,030	113,945	1.041.192	0,1094
Çamlıbel	2,687	13,725	36,881	825.864	0,0447
Toroslar	15,762	20,633	325,221	5.473.951	0,0594
Meram	6,589	17,720	116,749	2.597.799	0,0449
Başkent	26,526	16,018	424,907	6.766.035	0,0628
Akdeniz	10,321	11,468	118,365	4.960.533	0,0239
Gdz	15,972	18,762	299,654	5.369.940	0,0558
Uludağ	11,745	25,643	301,193	4.085.210	0,0737
Trakya	3,739	20,088	75,114	1.495.497	0,0502
Sakarya	10,609	21,595	229,101	3.007.582	0,0762
Osmangazi	5,439	12,993	70,670	1.791.664	0,0394
Kayseri ve Civarı	2,868	4,313	12,371	792.786	0,0156
Adm	7,074	12,842	90,841	3.499.364	0,0260
Akedaş	2,180	14,705	32,050	1.024.781	0,0313
Yeşilırmak	5,810	12,163	70,671	1.675.933	0,0422
İstanbul	82,976	41,225	3.420,669	17.982.523	0,1902

Çizelge A.3 : Konut tüketicilerine ait kesinti maliyeti parametreleri.

Dağıtım Şirketi	Ortalama Kazanç (Milyon TL/saat)	Ortalama Kesinti Süresi (saat)	Ortalama Toplam Kesinti Maliyeti (Milyon TL)	Enerji Tüketimi (MWh)	Ortalama Kesinti Maliyeti (TL/kWh)
Dicle	7,807	14,033	109,552	2.739.108	0,0400
Vangölü	2,713	153,282	415,902	794.778	0,5233
Aras	4,124	18,103	74,661	939.666	0,0795
Çoruh	4,646	18,435	85,642	1.354.492	0,0632
Fırat	3,718	38,030	141,413	856.374	0,1651
Çamlıbel	3,932	13,725	53,967	852.510	0,0633
Toroslar	19,217	20,633	396,510	5.827.783	0,0680
Meram	9,017	17,720	159,786	2.080.330	0,0768
Başkent	23,546	16,018	377,167	5.102.398	0,0739
Akdeniz	8,830	11,468	101,262	2.812.663	0,0360
Gdz	18,152	18,762	340,554	5.147.120	0,0662
Uludağ	14,063	25,643	360,622	3.467.313	0,1040
Trakya	6,162	20,088	123,791	1.083.210	0,1143
Sakarya	10,229	21,595	220,896	2.295.751	0,0962
Osmangazi	7,400	12,993	96,153	1.571.857	0,0612
Kayseri ve Civarı	3,212	4,313	13,855	776.305	0,0178
Adm	7,987	12,842	102,562	2.612.545	0,0393
Akedaş	3,529	14,705	51,898	811.517	0,0640
Yeşilırmak	7,626	12,163	92,762	1.959.380	0,0473
İstanbul	60,050	41,225	2.475,561	11.684.879	0,2119

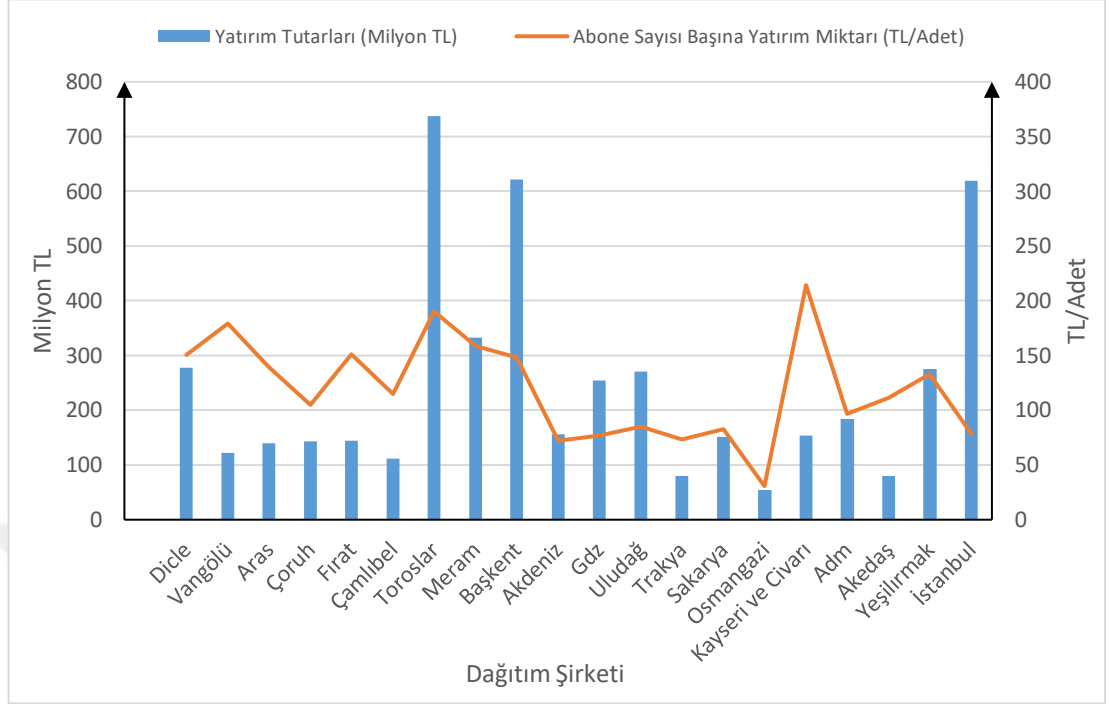
Çizelge A.4 : Elektrik dağıtım şirketlerinin satılamayan enerji nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.

Dağıtım Şirketi	Sanayi Tüketicisi Enerji Tüketimi (MWh)	Ticarethane Tüketicisi Enerji Tüketimi (MWh)	Konut Tüketicisi Enerji Tüketimi (MWh)	Tarımsal Sulama Tüketicisi Enerji Tüketimi (MWh)	Aydınlatma Enerji Tüketimi (MWh)	Ortalama Kesinti Süresi (saat)	Ortalama Toplam Kesinti Maliyeti (Milyon TL)	Ortalama Kesinti Maliyeti (TL/kWh)
Dicle	2.182.227	2.880.809	2.739.108	3.212.222	186.249	14,033	2,019	0,000180
Vangölü	254.085	773.683	794.778	42.599	105.425	153,282	4,235	0,002149
Aras	357.086	1.052.139	939.666	15.491	138.661	18,103	0,633	0,000253
Çoruh	884.933	1.191.969	1.354.492	1.661	260.633	18,435	0,898	0,000243
Fırat	1.112.401	1.041.192	856.374	141.770	112.224	38,030	1,530	0,000469
Çamlıbel	952.976	825.864	852.510	147.596	135.910	13,725	0,496	0,000170
Toroslar	15.112.805	5.473.951	5.827.783	686.351	416.956	20,633	6,093	0,000221
Meram	3.321.992	2.597.799	2.080.330	2.177.948	286.437	17,720	2,241	0,000214
Başkent	6.000.112	6.766.035	5.102.398	171.014	475.547	16,018	3,723	0,000201
Akdeniz	2.084.683	4.960.533	2.812.663	266.659	238.335	11,468	1,604	0,000155
Gdz	9.574.863	5.369.940	5.147.120	690.549	310.766	18,762	4,537	0,000215
Uludağ	10.758.623	4.085.210	3.467.313	166.888	300.244	25,643	5,101	0,000272
Trakya	7.195.437	1.495.497	1.083.210	136.305	138.343	20,088	1,910	0,000190
Sakarya	10.461.426	3.007.582	2.295.751	16.321	212.725	21,595	3,447	0,000216
Osmangazi	5.998.513	1.791.664	1.571.857	349.680	204.745	12,993	1,323	0,000133
Kayseri ve Civarı	1.807.276	792.786	776.305	164.328	110.896	4,313	0,175	0,000048
Adm	3.292.542	3.499.364	2.612.545	188.132	241.887	12,842	1,571	0,000160
Akedaş	3.073.045	1.024.781	811.517	133.664	93.240	14,705	0,782	0,000152
Yeşilırmak	2.305.845	1.675.933	1.959.380	84.036	272.775	12,163	0,933	0,000148
İstanbul	10.264.978	17.982.523	11.684.879	5.935	513.804	41,225	21,919	0,000542

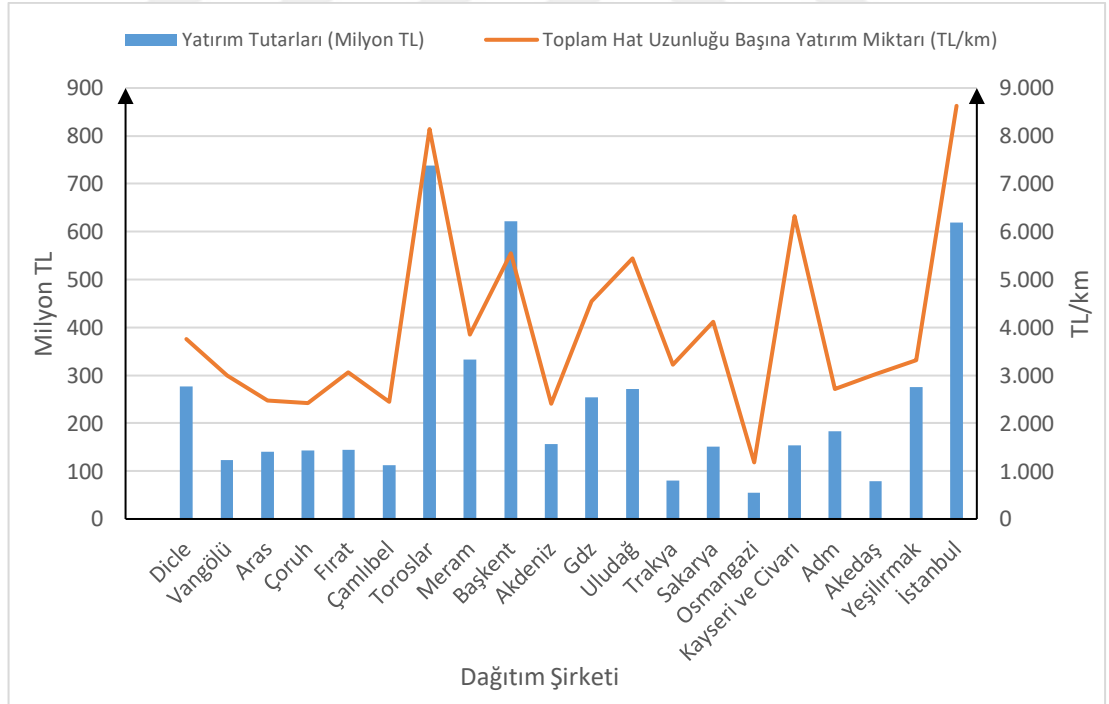
Çizelge A.5 : Elektrik dağıtım şirketlerinin bakım onarım personeli maaş giderleri nedeniyle maruz kaldığı kesinti maliyeti parametreleri.

Dağıtım Şirketi	Yaklaşık Bakım Onarım Personeli Sayısı (Adet)	Bir Personelin İşverene Maliyeti (TL)	Ortalama Toplam Kesinti Maliyeti (Milyon TL)	Satılan Enerji (MWh)	Ortalama Kesinti Maliyeti (TL/kWh)
Dicle	2.084	66473,4	138,547	11.200.615	0,0124
Vangölü	684		45,438	1.970.569	0,0231
Aras	623		41,436	1.980.373	0,0209
Çoruh	583		38,761	3.693.687	0,0105
Fırat	684		45,461	3.263.961	0,0139
Çamlıbel	433		28,803	2.914.857	0,0099
Toroslar	1.924		127,868	27.517.846	0,0046
Meram	879		58,443	10.464.506	0,0056
Başkent	1.784		118,608	18.515.106	0,0064
Akdeniz	678		45,066	10.362.873	0,0043
Gdz	1.092		72,589	21.093.237	0,0034
Uludağ	975		64,818	18.778.278	0,0035
Trakya	366		24,359	10.048.792	0,0024
Sakarya	791		52,580	15.993.805	0,0033
Osmangazi	600		39,854	9.916.460	0,0040
Kayseri ve Civarı	312		20,753	3.651.590	0,0057
Adm	893		59,351	9.834.469	0,0060
Akedaş	417		27,733	5.136.248	0,0054
Yeşilırmak	746		49,556	6.297.969	0,0079
İstanbul	2.616		173,911	40.452.119	0,0043

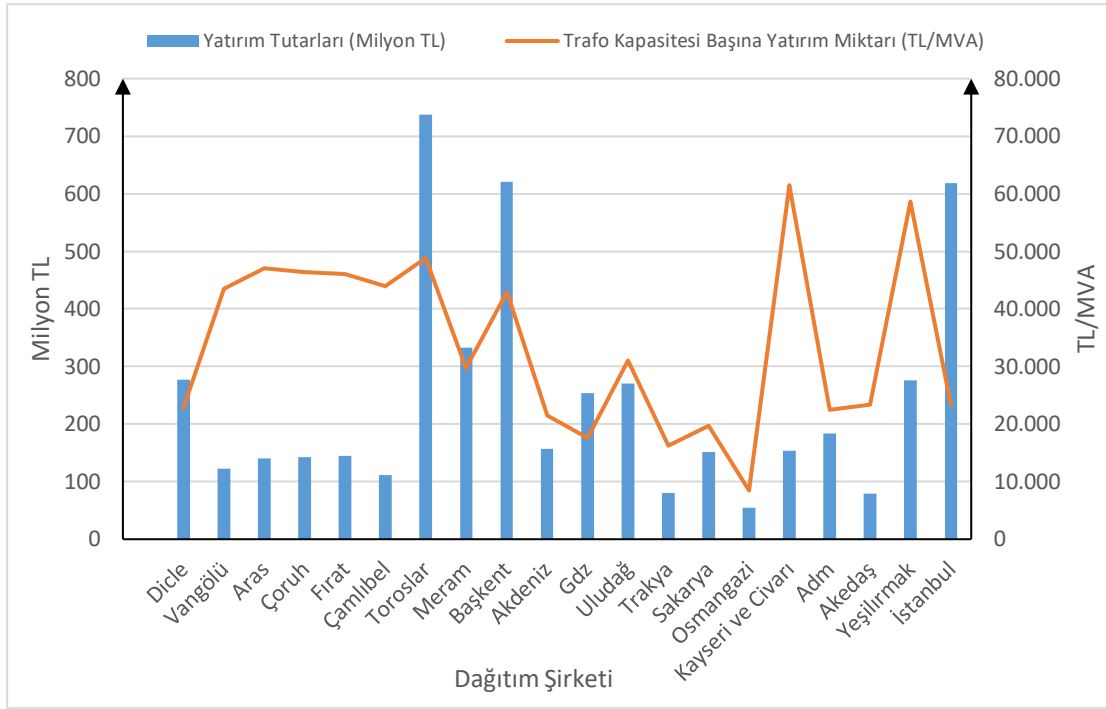
EK B



Şekil B.1 : Abone sayısı başına yatırım miktarı.

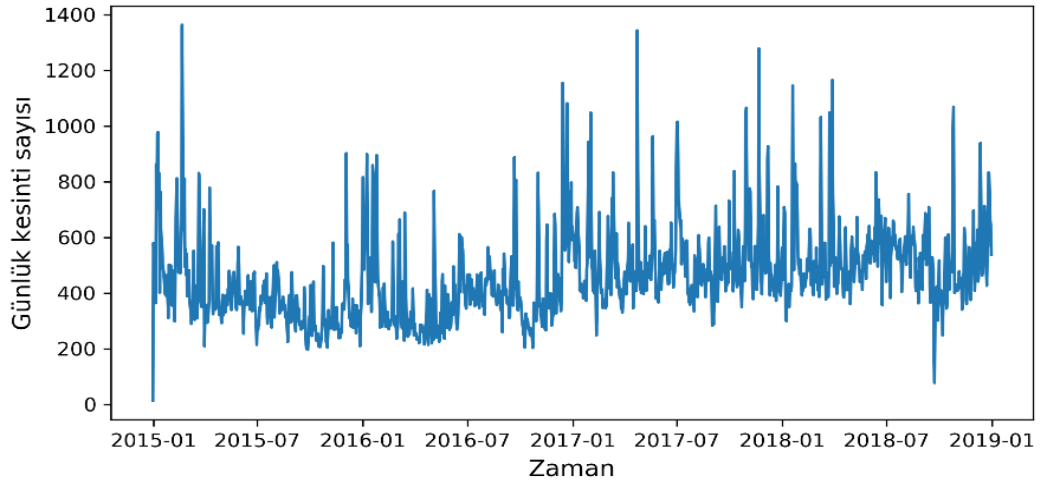


Şekil B.2 : Toplam hat uzunluğu başına yatırım miktarı.

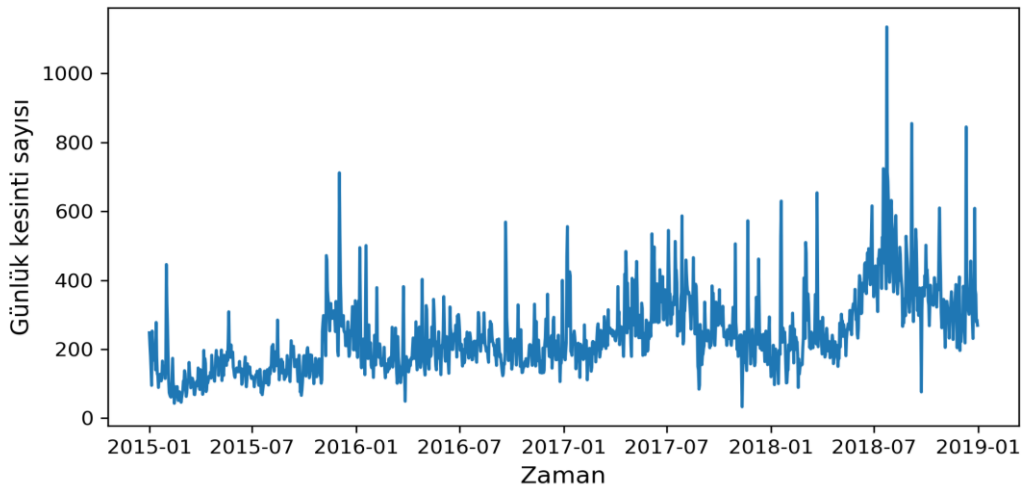


Şekil B.3 : Trafo kapasitesi başına yatırım miktarı.

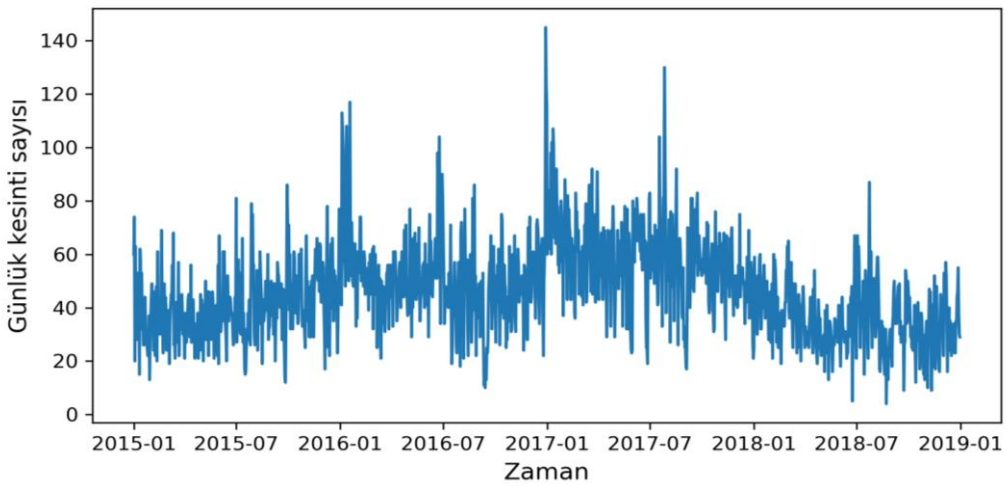
EK C



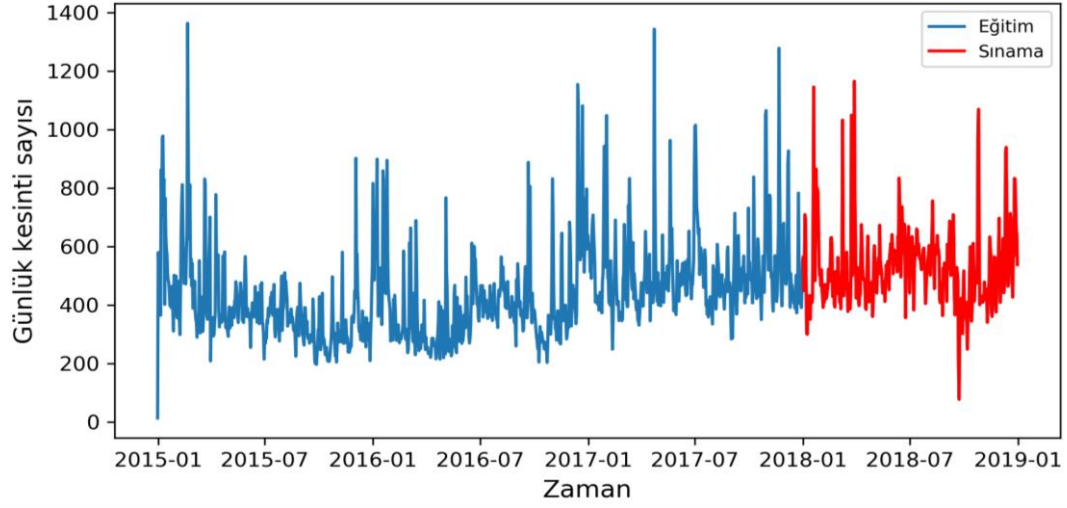
Şekil C.1 : Toroslar EDAŞ'a ait veri kümesi.



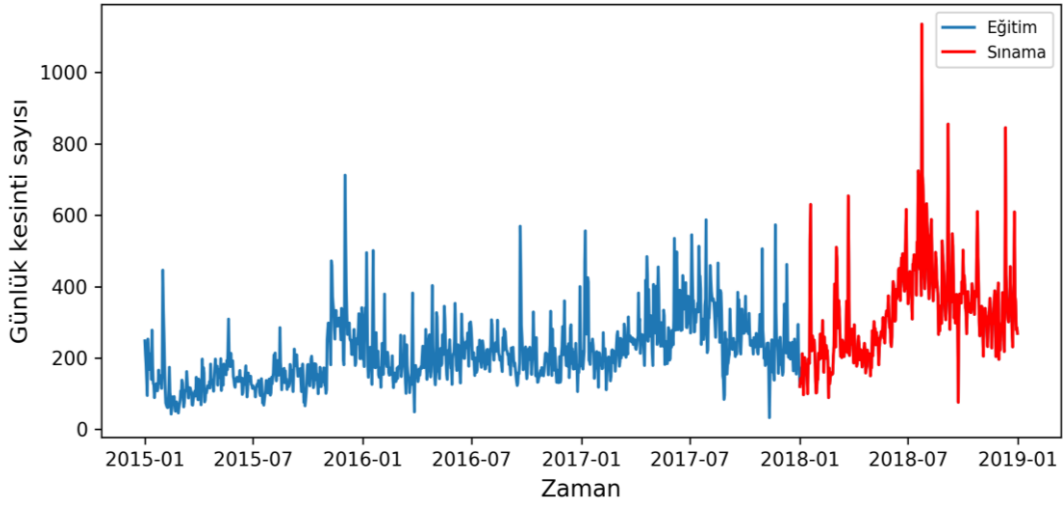
Şekil C.2 : Başkent EDAŞ'a ait veri kümesi.



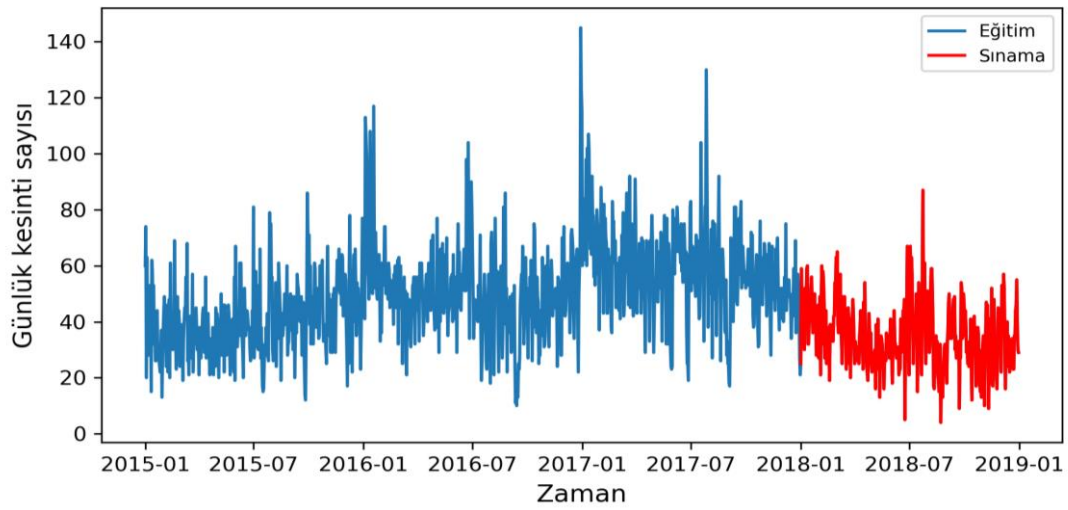
Şekil C.3 : İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait veri kümesi.



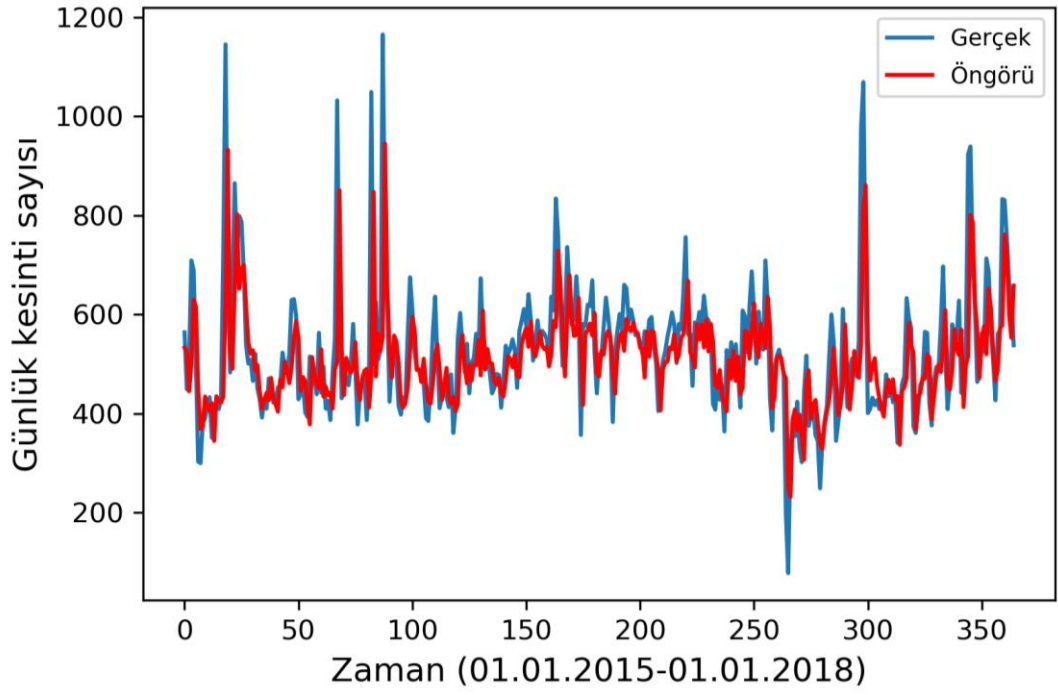
Şekil C.4 : Toroslar EDAŞ'a ait eğitim ve sınama kümesi.



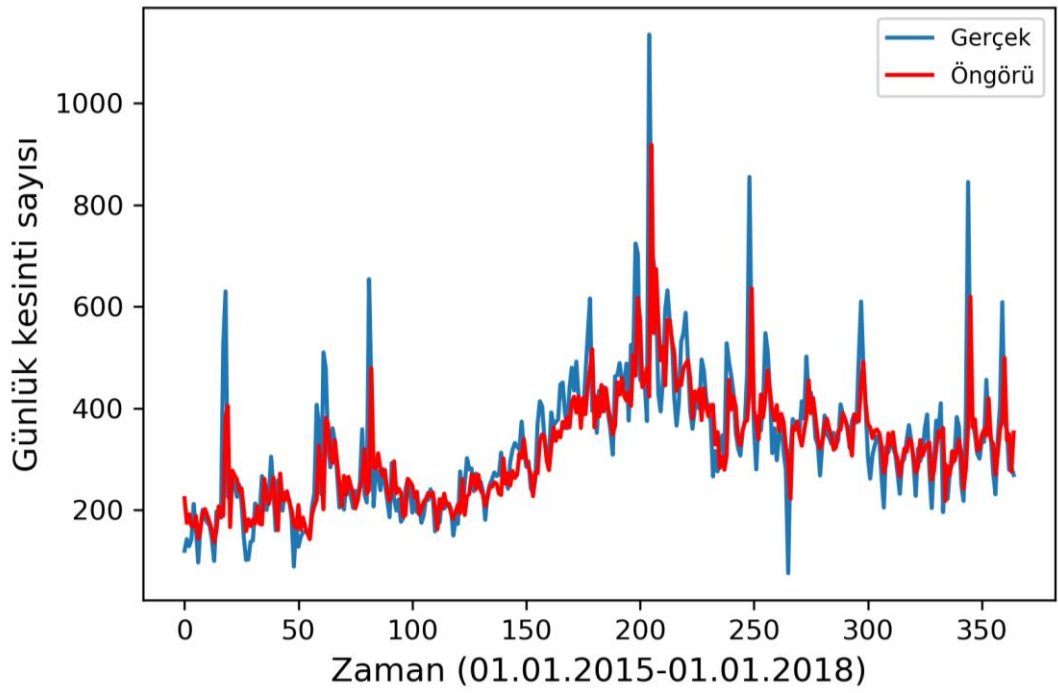
Şekil C.5 : Başkent EDAŞ'a ait eğitim ve sınama kümesi.



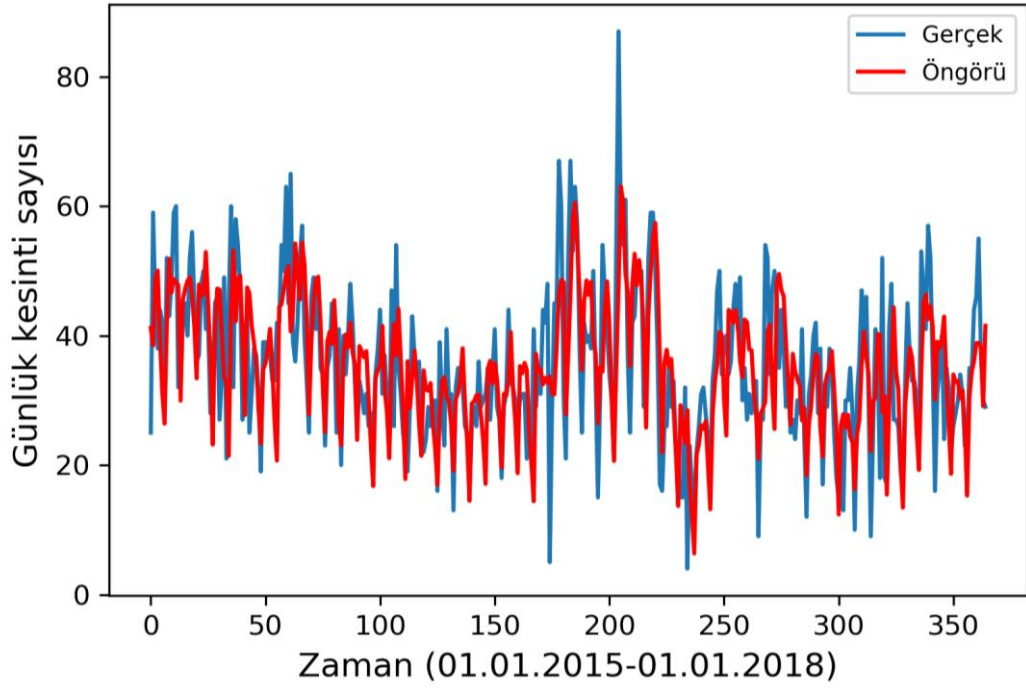
Şekil C.6 : İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait eğitim ve sınama kümesi.



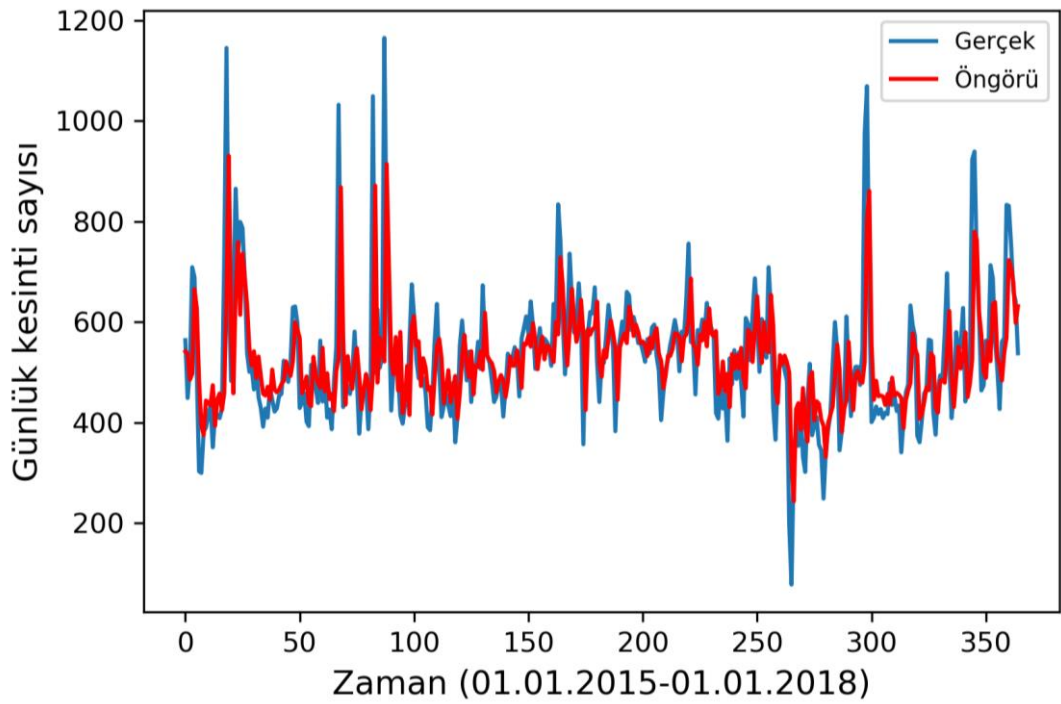
Şekil C.7 : SARIMAX modelinin Toroslar EDAŞ’a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.



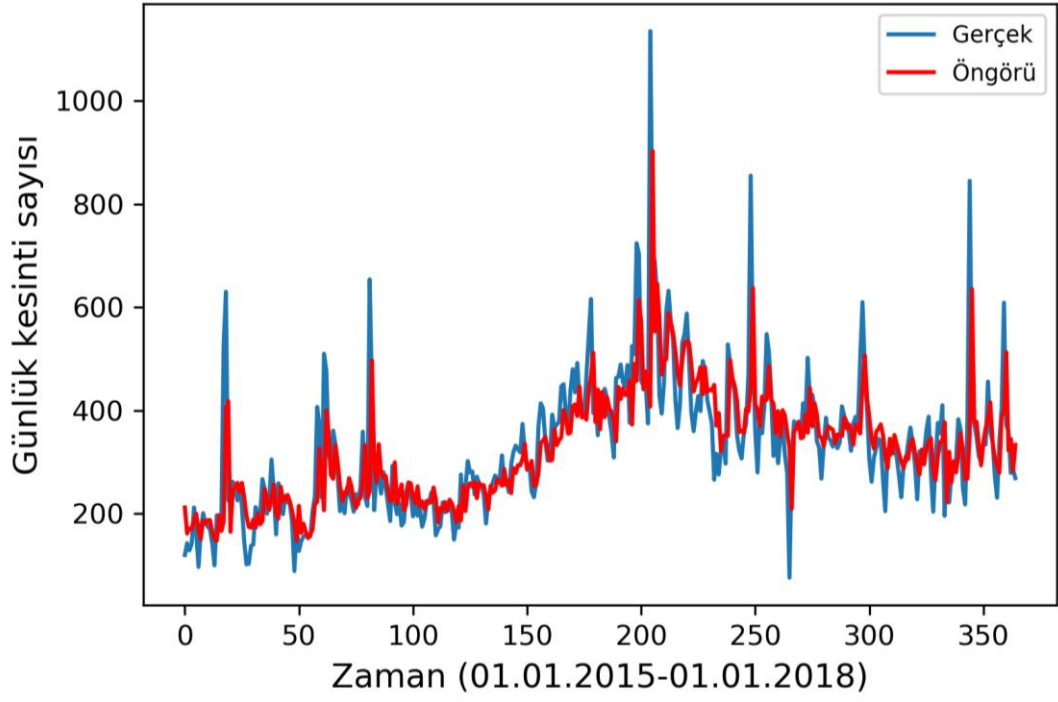
Şekil C.8 : SARIMAX modelinin Başkent EDAŞ’a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.



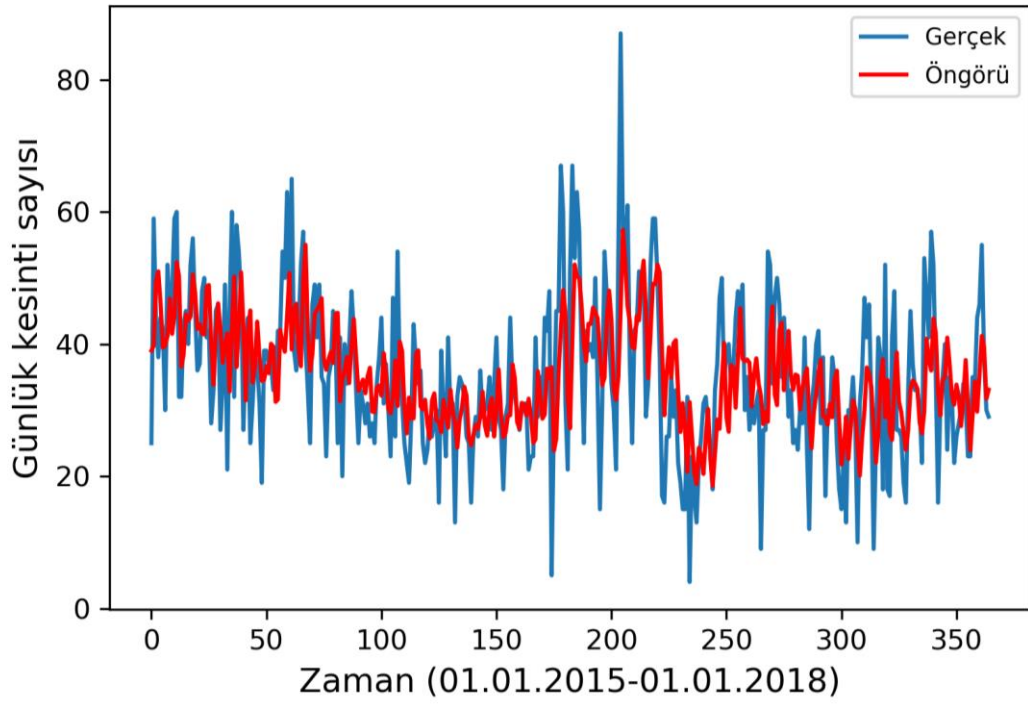
Şekil C.9 : SARIMAX modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ’a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.



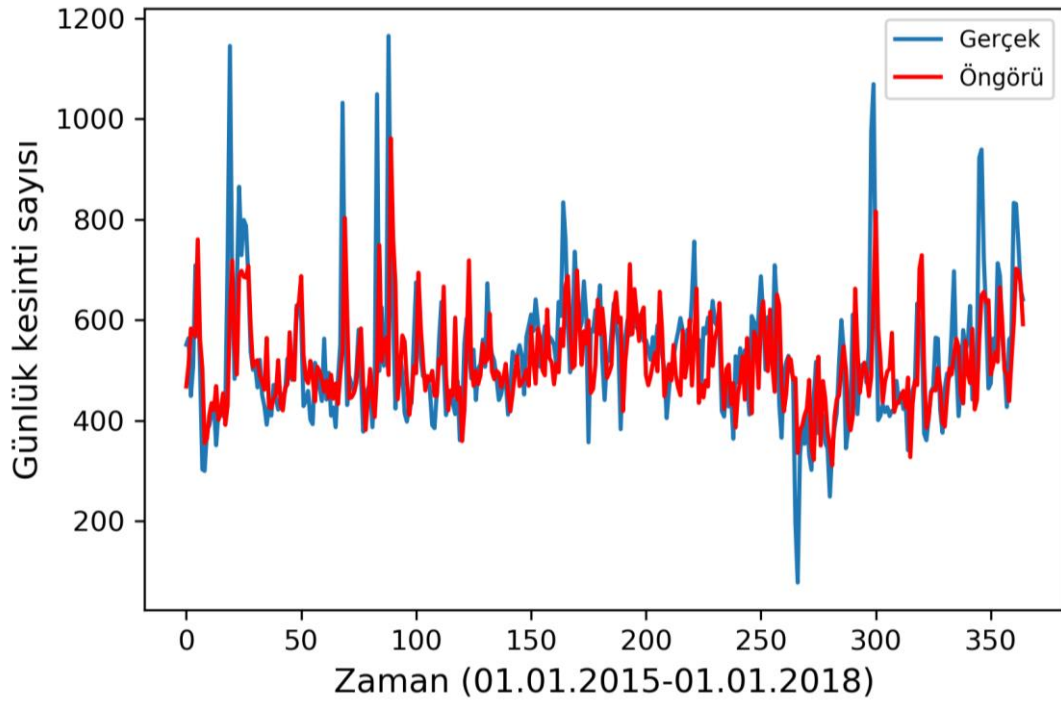
Şekil C.10 : ARIMA modelinin Toroslar EDAŞ’a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.



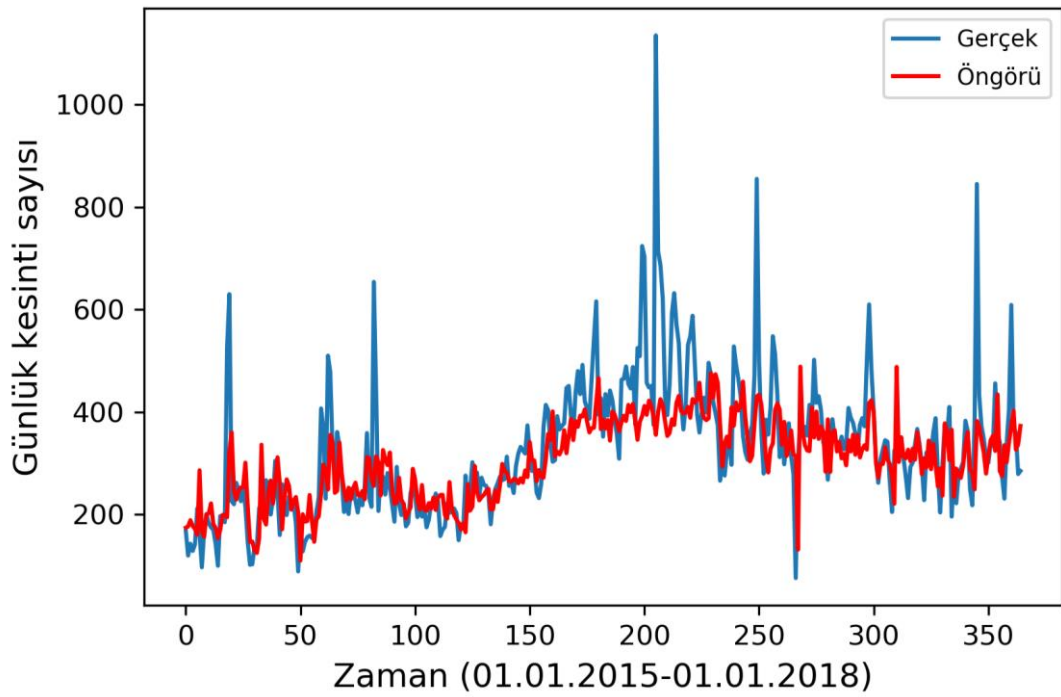
Şekil C.11 : ARIMA modelinin Başkent EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.



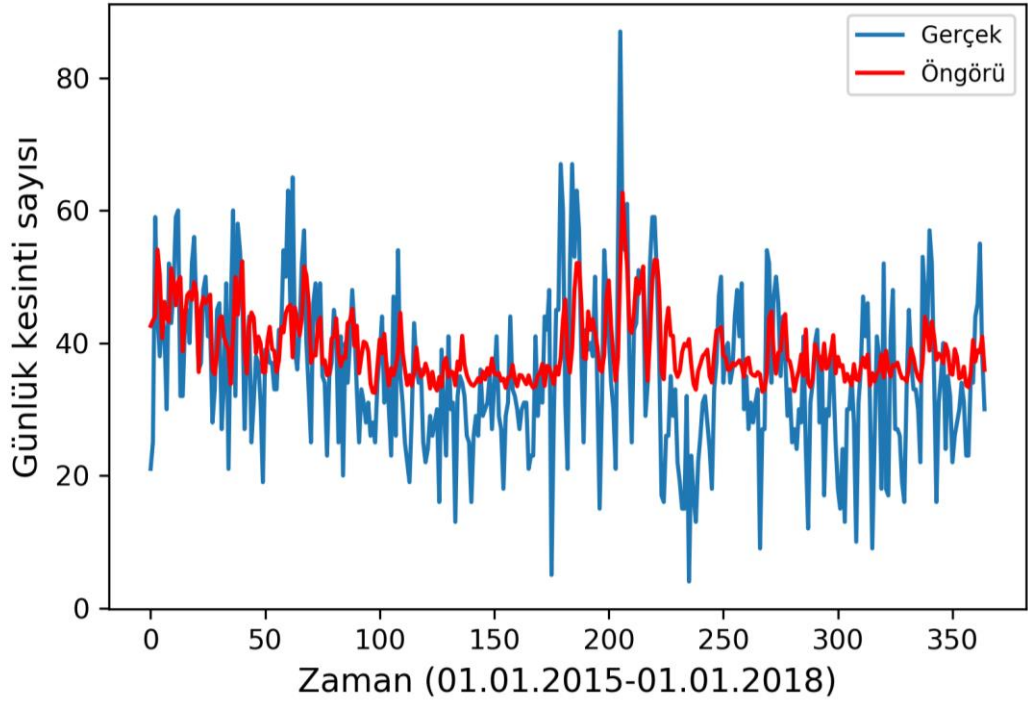
Şekil C.12 : ARIMA modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.



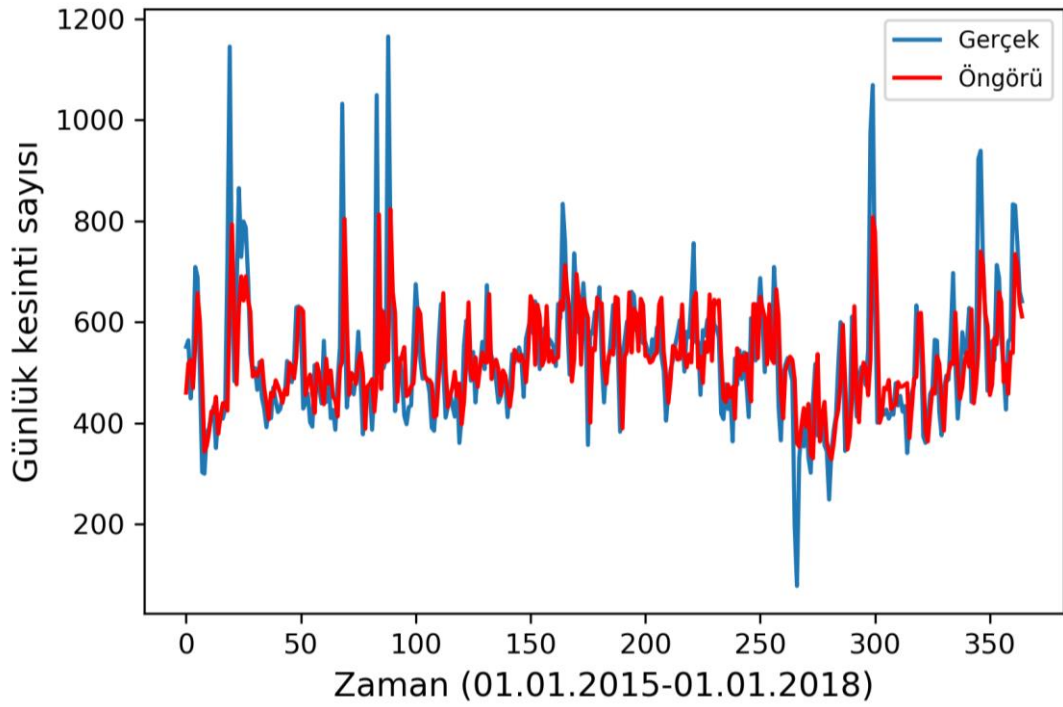
Şekil C.13 : Rastgele orman regresyonu modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.



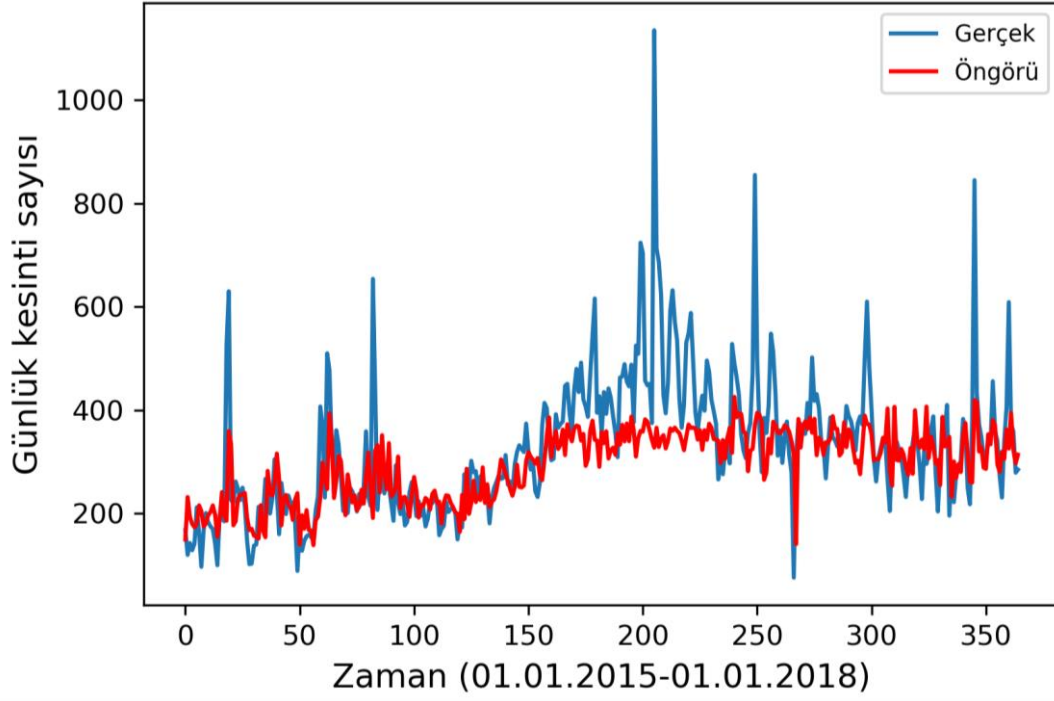
Şekil C.14 : Rastgele orman regresyonu modelinin Başkent EDAŞ'a ait sınama kümesi üzerindeki tahminleri.



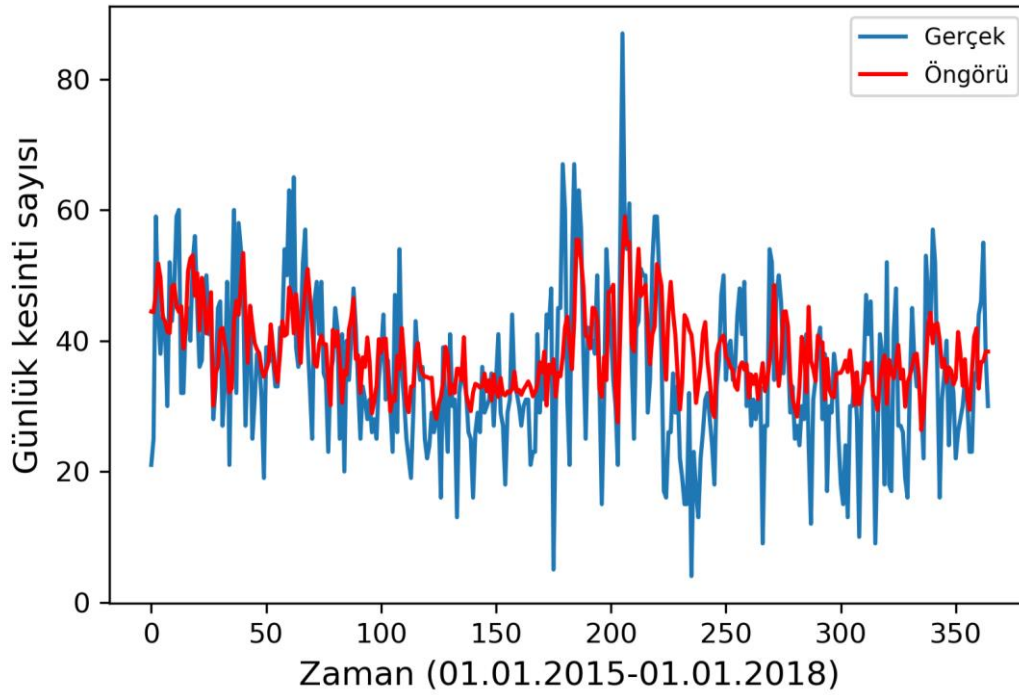
Şekil C.15 : Rastgele orman regresyonu modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ'a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.



Şekil C.16 : LightGBM modelinin Toroslar EDAŞ'a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.



Şekil C.17 : LightGBM modelinin Başkent EDAŞ’a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.



Şekil C.18 : LightGBM modelinin İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ’a ait sınaama kümesi üzerindeki tahminleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Burak DİNDAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 27.12.1994, İstanbul
E-posta : burakdindar@itu.edu.tr, burakdindar41@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- 2016-2017 yılları arasında Türk Silahlı Kuvvetleri'nde proje subayı olarak çalıştı.
- 2018 yılı Mart ayından itibaren İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Dindar, B., & Gül, Ö.** (2019). A Current Assessment of Effects of Electricity Market Liberalization on Electricity Consumer Rights in Turkey. *6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)*, (pp. 60-64). Istanbul, Turkey, April 16-17.
- **Göynüer, H., Dindar, B., & Gül, Ö.** (2019). A Comparative Study on the Impact of Different Grid Structures in Case of Electricity Interruption on Supply Continuity Indicators. *7th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG)*, Istanbul, Turkey, (pp. 61-65). April 25-26.