

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKILLI SAYAÇ KULLANIMININ TÜRKİYE'DE KONUTLARDA
ELEKTRİK TÜKETİMİ VE HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin KARAKAŞ

**Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik Mühendisliği Programı**

HAZİRAN 2017

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKILLI SAYAÇ KULLANIMININ TÜRKİYE'DE KONUTLARDA
ELEKTRİK TÜKETİMİ VE HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hüseyin KARAKAŞ
(504101021)**

**Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ

HAZİRAN 2017

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504101021 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Hüseyin KARAKAŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AKILLI SAYAÇ KULLANIMININ TÜRKİYE'DE KONUTLARDA ELEKTRİK TÜKETİMİ VE HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Nurettin UMURKAN**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Canan KARATEKİN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 5 Mayıs 2017

Savunma Tarihi : 7 Haziran 2017



ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca üzerimde çok ciddi emeği olan, kendisini her gördüğümde enerjisi ile bendeki çalışma, araştırma ve öğrenme duygularını tetikleyen ve tez çalışmam sırasında, değerli zamanını ayırarak kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana destek olan kıymetli ve saygıdeğer hocam Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ'ye, çalışmalarım boyunca manevi desteklerinin yanı sıra yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte, bana her türlü desteği sağlayan, tüm zorlukları benimle birlikte göğüsleyen, sabır ve hoşgörü ile oluşturduğu ortamla çalışmalarına destek olan sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2017

Hüseyin KARAKAŞ
Elektrik Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. AKILLI ŞEBEKELER.....	5
2.1 Akıllı Şebekelerin Yararları.....	6
2.2 Akıllı Şebeke Bileşenleri	7
2.2.1 Gelişmiş ölçme altyapısı (AMI) ve akıllı sayaçlar	8
2.2.1.1 Akıllı sayaçlar.....	8
2.2.1.2 Haberleşme altyapısı.....	10
2.2.1.3 Sayaç veri yönetim sistemi.....	12
2.2.2 Yenilenebilir ve dağıtık üretim kaynakları şebeke entegrasyonu	12
2.2.3 Coğrafi bilgi sistemi, müşteri bilgi sistemi ve varlık yönetimi	14
2.2.4 Dağıtım yönetim sistemleri ve bütünleştirilmiş haberleşme	16
2.2.5 Elektrikli araç şarj altyapısı	19
2.2.6 Enerji depolama sistemleri.....	20
2.2.7 Bilgi ve iletişim teknolojileri, siber güvenlik.....	23
2.2.8 Akıllı şebeke standardizasyon çalışmaları	24
3. AKILLI ŞEBEKE VE AKILLI SAYAÇ ÇALIŞMALARI	27
3.1 ABD ve Dünyada Yapılan Çalışmalar.....	27
3.2 Avrupa Birliği Ülkelerinde Akıllı Şebeke ve Akıllı Sayaç Çalışmaları.....	41
3.3 Türkiye’de Şebeke Gelişimi ve Akıllı Sayaç Çalışmaları	49
4. AKILLI SAYAÇ KULLANIMININ KONUTLARDA ELEKTRİK TÜKETİMİ VE HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	55
4.1 Türkiye’de Konutlarda Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Standart Yük Profili	56
4.2 Türkiye’de Konutlarda Elektrik Tüketiminin Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi.....	62
4.3 Türkiye’de Liberal Elektrik Piyasası ve Konutlarda Yük Kaydırma Yönteminin Elektrik Harcamaları Üzerindeki Etkisi	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ	89



KISALTMALAR

MTEP	: Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
IEA	: International Energy Agency
AB	: Avrupa Birliği
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EPRI	: Electric Power Research Institute
AMI	: Advanced Metering Infrastructure
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
IEI	: Institute of Electric Innovation
WAN	: Wide Area Network
LAN	: Local Area Network
HAN	: Home Area Network
RF	: Radio Frequency
PLC	: Power Line Carrier
DSL	: Digital Subscriber Line
GSM	: Global System of Mobile Communication
GPRS	: General Packet Radio Service
SIM	: Subscriber Identity Module
MDMS	: Meter Data Management System
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
OMS	: Outage Management System
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
CIS	: Customer Information System
DMS	: Distribution Management System
SAE	: Society of Automotive Engineers
IEC	: International Electrotechnical Commission
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
NIST	: National Institute of Standards and Technology
DOE	: Department of Energy
EISA	: Energy Independence and Security Act
SGIG	: Smart Grid Investment Grant
EIA	: Energy Information Administration
FPL	: Florida Power & Light Company
OG & E	: Oklahoma Gas and Electric
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
TOU	: Time of Use
CPP	: Critical Peak Pricing
RTP	: Real Time Pricing
PTR	: Peak Time Rebate
SGCC	: State Grid Corporation of China
KEPCO	: Korean Electric Power Corporation
ANEEL	: Agencia Nacional De Energia Electrica
SBSA	: Standards Bureau of South Africa

SANDI	: South Africa National Energy Development Institute
SASGI	: South Africa Smart Grid Initiative
DMES	: Daily Maximum Energy Scheduling
SAARF	: South African Advertising Research Foundation
ETP SG	: European Technology Platform Smart Grid
SRA	: Strategic Research Agenda
JRC	: Joint Research Center
DENA	: Deutsche Energie Agentur
MOMA	: Model Town Mannheim
ERDF	: Electricite Reseau Distribution France
UK	: United Kingdom
DECC	: Department of Energy and Climate Change
MTA	: Maden Tetkik Arama
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
EPIAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
OSOS	: Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
ELDER	: Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği
TAŞ 23	: Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TWh	: Terawatt hour
MWh	: Megawatt hour
kWh	: Kilowatt hour
GW	: Gigawatt
MW	: Megawatt
W	: Watt
kW	: Kilowatt
kV	: Kilovolt

SEMBOLLER

CO₂	: Karbondioksit
°C	: Sıcaklık, Celcius
°F	: Sıcaklık, Fahrenheit
\$: Dolar
kg	: Ağırlık, kilogram
R\$: Brezilya doları
R	: Rand
V	: Gerilim, volt
l	: Litre
"	: Uzunluk, inch
TL	: Türk Lirası
T1	: 06:00-17:00 Gündüz zaman dilimi
T2	: 17:00-22:00 Puant zaman dilimi
T3	: 22:00-06:00 Gece zaman dilimi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : 2015 yılı ABD’de kurulmuş akıllı sayaç sayılarının sektörlere göre dağılımı.	30
Çizelge 3.2 : Kesintisiz kullanım ve yük kaydırma durumlarında klima enerji tüketiminin ve enerji maliyetlerinin karşılaştırılması.....	32
Çizelge 3.3 : Optimizasyon öncesi ve sonrası, cihazların kullanım zamanları ve enerji maliyetleri.....	37
Çizelge 3.4 : 2001-2006 arası “Telegestore” projesi kapsamında akıllı sayaç kurulumu	47
Çizelge 4.1 : 2013, 2014 ve 2015 yılları elektrik enerjisi üretim ve tüketim değerlerinin genel görünümü	56
Çizelge 4.2 : Dağıtım bölgeleri bazında toplam konut abone sayıları ve toplam elektrik enerjisi tüketim miktarları.....	57
Çizelge 4.3 : Bir konut için standart yük profili.....	62
Çizelge 4.4 : Konut aboneleri 2015 yılı (son çeyrek) aktif enerji tüketimi tek zamanlı ve çok zamanlı fiyat tarifesi.	69
Çizelge 4.5 : Zaman bazlı günlük ortalama toplam enerji tüketim miktarı.	70
Çizelge 4.6 : T1, T2 ve T3 zamanlarında gerçekleşen, saatlik ortalama tüketilen enerji miktarlarının karşılaştırılması.	71
Çizelge 4.7 : Bir konutun oluşturulan ortalama yük eğrisine göre tek zamanlı veya çok zamanlı tarife kullanması durumunda aylık enerji harcamaları.	72
Çizelge 4.8 : Standart yük profili içerisinde yer alan elektrikli cihazların belirlenen kategorilere göre sınıflandırılması.	73
Çizelge 4.9 : Standart yük profilinde yer alan cihazların yük kaydırma sonucunda günlük kullanılma zamanları.....	74
Çizelge 4.10 : Yük kaydırma sonucunda, ortalama bir konut için tek zamanlı ve çok zamanlı tarife göre hesaplanan aylık enerji tüketim bedeli.....	76



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Türkiye’de 2015 yılı enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı (%).....	3
Şekil 2.1 : Günümüz elektrik şebeke yapısı.....	5
Şekil 2.2 : Geleceğin elektrik şebeke yapısı.	6
Şekil 2.3 : Akıllı şebeke akış diyagramı	7
Şekil 2.4 : Enerji tüketimi kontrol birimi, akıllı sayaç ve akıllı şebeke yapısı.	10
Şekil 2.5 : Dağıtık üretim şebeke bağlantısı.	13
Şekil 2.6 : Coğrafi bilgi sisteminin diğer bileşenlerle ilişkisi.	15
Şekil 2.7 : DMS’nin yapısı	17
Şekil 2.8 : DMS fonksiyonlarının birbirleriyle olan etkileşimi.	18
Şekil 2.9 : Elektrik güç şebekesinin modernizasyonu.....	21
Şekil 2.10 : Enerji depolama sisteminin tipik günlük elektrik yük eğrisine etkisi.....	22
Şekil 2.11 : Elektrik şebekelerinde kullanılan enerji depolama sistemi diyagramı. ...	23
Şekil 2.12 : NIST akıllı şebeke referans modeli.	24
Şekil 3.1 : ABD’de en çok tercih edilen akıllı sayaçlar.....	29
Şekil 3.2 : ABD akıllı sayaç kurulum rakamları.....	30
Şekil 3.3 : Akıllı sayaçların özelliklerinin kullanım oranları.....	33
Şekil 3.4 : Tüketicilere sunulan elektrik fiyat tarifelerinin tercih edilme oranları.....	33
Şekil 3.5 : Brezilya’da akıllı şebeke çalışmaları kapsamında yürütülen çalışmaların konulara göre dağılımı.	39
Şekil 3.6 : Akıllı sayaca yerleştirilen DMES cihazı ile kurulan model.....	41
Şekil 3.7 : 2014 yılına kadar gerçekleştirilen projelerin ülkelere göre dağılımı.	43
Şekil 3.8 : AB ülkeleri akıllı sayaç fayda-maliyet analizleri ve akıllı sayaç kurulumu 2020 perspektifi.	44
Şekil 3.9 : İş günleri aylık ortalama beklenen ve yük kaydırma sonucu gerçekleşen yük eğrisi.	46
Şekil 3.10 : Önerilen talep tarafı yönetiminin ev mimarisi.....	48
Şekil 3.11 : Talep tarafı yönetimi ile puant yük kaydırılması.....	49
Şekil 4.1 : 2015 yılı faturalanan tüketimin tüketici türüne göre dağılımı.....	57
Şekil 4.2 : Dağıtım bölgeleri bazında bir konutta gerçekleşen yıllık ortalama elektrik enerjisi tüketim miktarları.	58
Şekil 4.3 : Dağıtım bölgeleri bazında bir konutta gerçekleşen aylık ortalama elektrik enerjisi tüketim miktarları.	59
Şekil 4.4 : Bir konutta aylık elektrik enerjisi tüketiminin cihazlara göre dağılımı. ...	63
Şekil 4.5 : Buzdolabı enerji tüketim, güç ve sıcaklık eğrileri.	64
Şekil 4.6 : Bir çamaşır makinesinin zamana bağlı enerji tüketim eğrisi.	65
Şekil 4.7 : Bir bulaşık makinesinin enerji tüketim ve kazan içi su sıcaklık eğrisi.....	66
Şekil 4.8 : İstanbul ili genelinde 2015 yılında konutlarda gerçekleşen ortalama bir günlük toplam yük eğrisi.	70
Şekil 4.9 : Bir günlük ortalama toplam tüketimin T1, T2 ve T3 zaman dilimlerine göre dağılımı.....	71

Şekil 4.10 : Türkiye’de bir konut için oluşturulan standart yük profiline karşılık gelen günlük yük eğrisi	72
Şekil 4.11 : Yük kaydırma sonucunda günlük ortalama yük eğrisi.	75
Şekil 4.12 : Yük kaydırma sonucunda, elektrik enerjisi tüketiminin gündüz, puant ve gece zaman dilimlerine göre dağılımı.	75



AKILLI SAYAÇ KULLANIMININ TÜRKİYE’DE KONUTLARDA ELEKTRİK TÜKETİMİ VE HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Enerji yaşam kalitesini etkileyen, ülkelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi bakımından ilerlemesini sağlayan en önemli etkidir. Enerji üretiminde büyük pay sahibi olan fosil yakıtların rezervlerinin giderek azalması ve fosil yakıtların çevresel etkileri, ülkeleri, verimli, kaliteli, kesintisiz, yenilenebilir, çevre dostu, güvenilir ve ucuz enerji arayışlarına yöneltmiştir. Bu kapsamda dünyanın birçok ülkesinde, belirlenen gereksinimler doğrultusunda akıllı şebeke çalışmaları yapılmakta, bu çalışmaların büyük bölümünü ise uzaktan kesme/açma, uzaktan ve çift taraflı okuma, çok zamanlı okuma ve kayıt etme gibi özellikleriyle, enerji dağıtım şirketleri ile tüketiciler arasında sürekli ve anlık haberleşme olanağı sunan akıllı sayaçlar üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Bu çalışmada akıllı şebeke kavramı ve akıllı şebeke bileşenleri incelenmiş ve akıllı şebekelerin en önemli elemanlarından olan akıllı sayaçlar ve dünya genelindeki uygulamaları üzerinde durularak, akıllı sayaç kullanımının Türkiye’de konutlarda elektrik tüketimi ve elektrik harcamaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda TEDAŞ’tan alınan 2015 yılı, dağıtım bölgeleri bazında konutlarda gerçekleşen toplam elektrik tüketimi miktarları ve abone sayıları verileri kullanılarak, dağıtım bölgeleri bazında konutlarda gerçekleşen aylık ortalama tüketim değerleri hesaplanmıştır. Gelecek adına da bir perspektif oluşturması amacıyla Kalkınma Bakanlığı tarafından 2011 yılında yayımlanan “İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması”nda, sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi bakımından ülkemizde birinci sırada yer alan İstanbul ilindeki bir konut için aylık ortalama elektrik enerjisi tüketim değeri hesaplanmış, 148 kWh olan bu değer referans kabul edilmiş ve bir konut için bu değere karşılık gelen standart yük profili oluşturulmuştur.

Standart yük profili içerisinde yer alan elektrikli cihazlardan, konut elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %50’sini oluşturan buzdolabı, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi cihazlarına TSE Gebze Elektroteknik Laboratuvarı olanakları kullanılarak enerji performans testleri yapılmış ve enerji tüketim davranışları izlenmiştir. Bu doğrultuda beyaz eşya grubuna giren ve konut elektrik enerjisi tüketiminde büyük paya sahip olan bu cihazların enerji tüketimlerinin azaltılması ve daha verimli kullanılması adına değerlendirmeler yapılmıştır.

Çok zamanlı okuma yapabilen ve haberleşme donanımına sahip akıllı sayaç kullanımının konutlarda aylık elektrik harcamalarını ve puant zamanı tüketilen enerji miktarını azaltma üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, referans olarak kabul edilen aylık ortalama 148 kWh elektrik enerjisi tüketimine karşılık gelen standart yük profilinin gün içerisindeki dağılımını gösteren günlük yük eğrisini oluşturmak için EPIAŞ tarafından her dağıtım bölgesi için ayrı ayrı yayımlanan saatlik bazda çarpan

değerleri kullanılarak, konutlarda gerçekleşen saatlik tüketilen ortalama tüketim değerleri hesaplanmış ve 2015 yılında konutlarda gerçekleşen bir günlük ortalama elektrik enerjisi tüketiminin dağılımını gösteren referans günlük yük eğrisi oluşturulmuştur. Buna göre 2015 yılı Türkiye elektrik enerjisi tüketiminde %24,76'lık paya sahip konutlarda, günlük tüketimin %48,72'si 06:00-17:00 gündüz (T1) zaman diliminde, %25,60'ı 17:00-22:00 puant (T2) zaman diliminde, %25,68'i 22:00-06:00 gece (T3) zaman diliminde gerçekleşmiştir.

Bu değerlendirmeler üzerinden, dağıtım şirketlerinin özelleştirilmesinin ardından Türkiye elektrik piyasasının liberalleşme süreciyle birlikte, çok zamanlı tarife olanaklarından yararlanılması suretiyle yük yönetimine talep tarafının katılımıyla yük kaydırma yöntemi uygulanarak konut tüketicilerinin elektrik enerjisi taleplerini, enerjinin en pahalı olduğu T2 zaman diliminden, enerjinin en ucuz olduğu T3 zaman dilimine kaydırması durumunda aylık enerji harcamalarının ve konut kaynaklı puant yük talebinin azaltılması hedeflenerek standart yük profili içerisinde yer alan cihazlar, tüketicilere yük kaydırma konusunda esneklik sağlama durumlarına göre Kategori 1, Kategori 2 ve Kategori 3 olmak üzere 3 kategoriye ayrılmıştır. Yük kaydırma yöntemi uygulanarak, kategorilere göre cihazların kullanım zamanları ile ilgili yük dağılımı yapılmış ve günlük yük eğrisi oluşturulmuştur. Sonuç olarak, konutlarda referans yük eğrisine göre 12:00-22:00 arasında yoğunlaşan günlük ortalama elektrik enerjisi tüketiminin, tüketicilerin yaşam kaliteleri ve konforu azalmaksızın 22:00-06:00 arasına kaydırılarak, çok zamanlı tarifeden yararlanılması suretiyle aylık enerji harcamalarının %12,5 oranında azaltılabileceği, puant zamanı tüketilen enerjinin konut tüketimi içerisindeki payının da %25,60'dan %11,20 oranında azaltılarak %14,40 seviyelerine kadar düşebileceği değerlendirilmiştir. Bir konut için ortalama aylık 7,21 TL'ye karşılık gelen kazanç miktarı yıllık 86,52 TL olacak, 2015 yılı verilerine göre 32,3 milyon konut abonesi bulunan ülkemizde konut tüketicileri açısından toplamda 2,8 milyar TL'ye kadar tasarruf sağlanabileceği değerlendirilmiştir. Diğer taraftan bir konut için puant zamanı tüketilen enerji miktarı aylık olarak 16,5 kWh kadar azaltılabilecek, ülke geneli açısından ise puant zaman diliminde konut kaynaklı elektrik enerjisi tüketiminin günlük 17 GWh kadar azaltılabileceği değerlendirilmiştir.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SMART METERS USE ON ELECTRICITY CONSUMPTION AND EXPENDITURES IN RESIDENCES IN TURKEY

SUMMARY

Energy has the huge impact on our daily life and intimately affects the welfare of countries. Socio-economic development of the countries most often depends on their energy supply capabilities. The increasingly decreasing reserves of fossil fuels, which have a big share in energy production, and the environmental effects of fossil fuels have led the countries to search for quality, uninterrupted, renewable, environmentally friendly, reliable, cheap and most importantly efficient energy supplies. The present electric power delivery infrastructure was not designed to meet the needs of a restructured electricity marketplace, the increasing demands of a digital society, or the increased use of renewable power production.

Smart grid plays more and more important role in the economic development, energy structure adjustment and coping with the climate changes, which can help energy saving and emission reduction. The Smart Grid has greatly enhanced sensory and control capability configured to accommodate distributed resources as well as electric vehicles, direct consumer participation in energy management and efficient communicating appliances. As a result of this, with the development of technology and advent of the smart-grid technologies, developed countries began to carried out exhaustive research about smart grid so as to provide energy efficiency in particular for their electrical energy system. Majority of these researches are related with smart meters with the features of remote reading, two way communication and multi-time reading and recording of the electricity consumption and production. In addition to consumption measurements, smart meter functionality includes: voltage measurement and alarms that can be integrated with distribution automation projects to maximize conservation voltage reduction benefits, and interval data to support dynamic pricing and demand response programs. As a result, smart meters, which continuously and instantly enable communication between electricity producers and consumers is the focus of these research activities.

In this study, smart-grid concept and its components are examined and by bringing into focus smart meters, which is key element of smart grid system and by taking into consideration of worldwide applications. To understand the smart meters utility, the effect of smart meters use in residences on power consumption and electricity expenditures in Turkey is investigated. To achieve that, the monthly average electricity consumption of residences is calculated based on the distribution regions by using the total electricity consumption dataset for 2015, which are taken from TEDAS. In order to create a perspective for the future of residential electricity consumption, monthly average electricity energy consumption was calculated for a residence in İstanbul which is the first place in Turkey in terms of socio-economic development level determined by a research named "Socio-Economic Development Ranking Survey of Provinces and Regions" published by the Ministry of

Development in 2011. As a consequence of calculation of monthly average electricity consumption, 148 kWh was accepted as a reference and a standard load profile corresponding to this value was established for a residence.

Energy performance tests were performed and energy consumption behaviors were observed of the refrigerators, washing machines and dishwashers, which constitute approximately 50% of the electricity consumption of the residential electricity consumption, using the facilities of Turkish Standards Institution Gebze Electrotechnical Laboratory. According to test results energy consumption curves are depicted. Aftermath of test and observation, the devices which is within the white goods group and have a large share in the electricity consumption of the residence, were evaluated in order to reduce the energy consumption and use more efficiently.

In order to investigate the effect of smart meter, having capability of multi-time reading and communication featured, usage on reducing monthly electricity expenditures and peak energy consumption in the residences. Firstly, hourly consumed average electricity consumption in the residences were calculated by using the hourly basis multiplier values which separately published by EPIAŞ for each distribution region to generate the daily load curve showing the distribution of the standard load profile corresponding to the electricity consumption of 148 kWh per month. Then, a reference daily load curve showing the distribution of daily average electricity energy consumption in residential areas for 2015 was generated. Accordingly observed that, residences which share of 24.76% in the electricity consumption of Turkey in 2015, have daily consumption respectively 48.72% for time period of 06: 00-17: 00 day (T1), 25.60% for peak time period of 17:00-22:00 (T2) and 25.68% for time period of 22: 00-06: 00 night (T3). As it can be seen that most of energy is consumed in time period of T1 by residential consumers. But when evaluate the per hour consumption, peak time period T2 is the highest. It means that it is possible for residential consumers to shift their load from peak time period T2 to the night time period T3 and by shifting their load individual household will make financial savings.

These results indicate that, following the privatization of the distribution companies within the scope of liberalisation of the Turkish electricity market and utilizing multi-timed tariff facilities of the Turkish electricity market, load shifting method was applied to shift the electricity demand time of the consumers from the time period T2 where the energy is the most expensive to the time period T3 where the energy is the cheapest. By the help of the method, it is aimed to reduce monthly energy expenditures and residence-based peak load demands. To accomplish that the devices included in the standard load profile are divided into three categories as Category 1, Category 2 and Category 3 according to their flexibility in providing load shifting to consumers. Category 1 is the appliances that their working time can not be shiftable with determined working time, such as refrigerator that has to be powered in 24 hours. Category 2 is the appliances that their working time can be shiftable but not every time by taking into account consumers comfort. Category 3 is the appliances which led consumers to shift their load to any time of day without any lack of comfort, such as washing machines and dishwashers included in this category. In accordance with the categories, the load distributions were made related to the usage times of the devices and especially the devices which are included in Category 3 shifted to the night time period T3. At the end the daily load curve was created by applying the load shift method.

As a result of the study suggested that, the daily average energy consumption, which is concentrated between 12:00- 22:00 according to the reference load curve of the residences, can be reduced by 12,5% of the monthly energy expenditure by shifting the consumption of consumers from time period 12:00- 22:00 to time period of 22:00- 06:00 without decreasing their living quality and comfort. Correspondingly, it was also estimated that the share of consumption of peak demand in residence could be reduced to 14.40% by decreasing from 25.60% to 11.20%. Thus, the average monthly saving for a residence will be TL 7.21, which yearly corresponds to TL 86.52. According to the data in 2015, there are 32.3 million residential electricity subscribers in Turkey; it means that savings up to 2.8 billion TL can be achieved only for residential consumers. Likewise, 16.5 kWh per month may reduce the amount of energy consumed at peak time for a residence. Correspondingly, consumption of residential electricity energy can be reduced by 17 GWh per day in peak time across the country.





1. GİRİŞ

Enerji, yaşam kalitesini etkileyen, ekonomik ve sosyal anlamda ilerlemeyi sağlayan en önemli etkidir. Giderek artan dünya nüfusu ve toplumların demografik yapısında meydana gelen değişikliklerle beraber sanayileşme ve kentleşme, enerji talebini önemli oranda etkilemektedir. Gelişmekte olan ülkelerde görülen yüksek ekonomik büyüme oranları ve bununla beraber kişi başına düşen gelirin artması; yaşam standartlarını yükseltmekte, böylelikle endüstri, aydınlatma ve ev aletleri için elektrik enerjisine olan gereksinim önemli oranda artmaktadır. 2016 yılında 7,4 milyar olan dünya nüfusunun 2040 yılında 10,0 milyara yükselmesi beklenmektedir. Buna paralel olarak dünyada enerji talebinin yılda ortalama % 1,38'lik artışlarla 2040 yılında 2013 yılına göre % 44,9 (13.559 milyon ton eşdeğeri petrolden (MTEP) 19.643 MTEP'e) daha fazla olacağı tahmin edilmektedir [1].

Enerji kaynakları bakımında değerlendirildiğinde, birincil enerji arzında doğal gaz, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların ağırlıklı olduğu bilinmekte ve gelecekte de bunun süreceği öngörülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA: International Energy Agency) tarafından hazırlanan senaryo çalışmasına göre 2013 yılında 23.318 TWh olan elektrik üretiminin ortalama % 2,3'lük artışlarla 2020'de 27988 TWh, 2030'da 35.545 TWh ve 2040'ta da 43.120 TWh olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Yine 2013-2040 arası dönemde elektrik üretiminde doğal gazın payının % 21,8'den % 24,4'e, rüzgarın payının % 2,7'den % 6,4'e yükseleceği, kömürün payının % 41,2'den % 38,3'e, petrolün payının % 4,5'ten % 1,4'e, hidroelektriğin payının % 16,3'ten % 13,7'ye, nükleerin payının % 10,6'dan % 9,2'ye düşeceği öngörülmektedir [2].

Elektrik üretiminde kömür ve doğalgaz çok büyük bir paya sahiptir. Doğalgazdan karbondioksit (CO₂) salınması kömüre göre % 50 daha azdır. Bu nedenle daha çevre dostu bir enerji kaynağı olduğu için doğalgaza olan ilgi devam etmektedir. Ancak uzun vadede kömürden elektrik üretimi ile ilgili öngörülerin, CO₂ emisyonlarının ve buna bağlı olarak sera gazı salınmalarının azaltılması veya kabul edilebilir seviyeye

çekilmesi için geliştirilen politikaların uygulanma durumlarına göre değişiklik gösterebileceği öngörülmektedir.

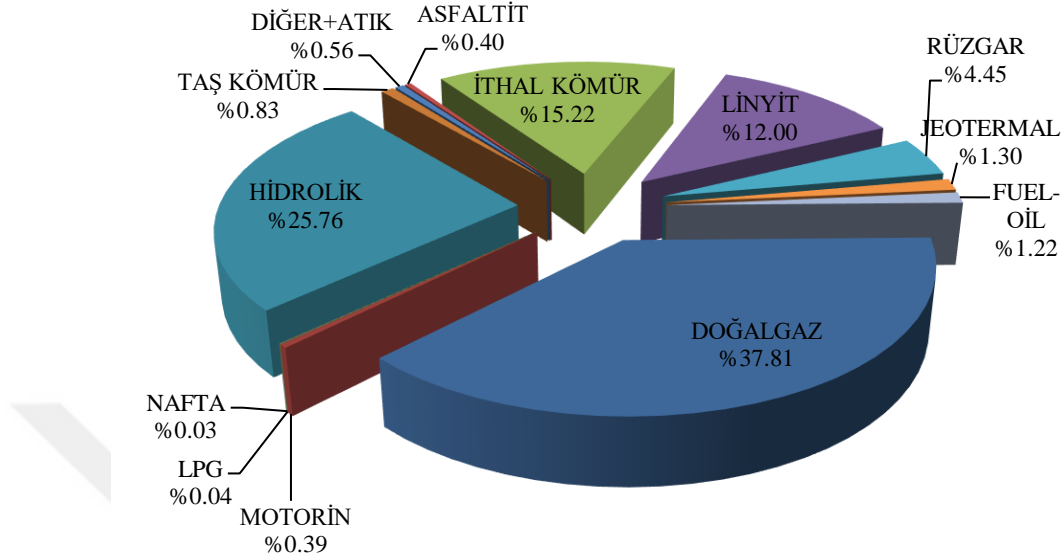
2011 yılının Mart ayında Japonya'da meydana gelen Fukushima Daichii nükleer santral kazası sonrası ise, dünya genelinde nükleer enerjiye bakış konusunda belirsizlikler meydana gelmiş ve özellikle Avrupa'da nükleer santrallerini kademeli bir şekilde kapatma kararı alan ülkeler olmuştur. Bu ülkelerden Almanya 2022 yılına kadar, Belçika 2025 yılına kadar ve İsviçre de 2034 yılına kadar yeni nükleer santral yapmama ve mevcut nükleer santralleri de devreden çıkarma kararı almıştır. 2014 yılı itibariyle mevcut enerji ihtiyacının % 75'ini nükleer santrallerden karşılayan Fransa ise 2025 yılına kadar bu oranı % 50'ye çekmek için yasal düzenleme yapmıştır [3].

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar, gelecekte insan yaşamı ve çevre dengeleri üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkiler ve fosil yakıt rezervlerinin 100 yıllık ömrünün kalması gibi durumların yanında nükleer enerjiye bakış konusunda devam eden belirsizlikler, dünya genelinde alternatif enerji kaynağı arayışlarını ve yönelimlerini giderek artırmaktadır. Ayrıca gelişen teknoloji ve buna bağlı olarak düşen maliyetler ve ülkelerin giderek artan enerji ihtiyacını kendi ulusal kaynaklarından karşılama noktasında geliştirdiği politikalar, bir taraftan rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki katkısını artırırken diğer taraftan var olan enerji kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı 2013'te % 9,6 iken, bu oranın 2020 yılında % 15,2'ye, 2030'da % 18,5'e, 2040'ta da % 20,7'ye yükseleceği öngörülmektedir [2].

Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde de kömür ve nükleer enerjiden elektrik üretiminin yerini giderek doğalgaza ve yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda AB'nin 2020 yılına kadar enerji politikasının; enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını % 20'ye çıkarmak, sera gazı salımlarını 1990'lı yıllara göre % 20 azaltmak ve enerji verimliliğinde % 20'lik bir gelişme sağlamak üzere 20-20-20 hedefleri etrafında şekillendiği görülmektedir.

Ülkemizde toplamda 2015 yılı itibariyle 259,69 TWh olan elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı Şekil 1.1'deki gibidir. Elektrik üretiminde % 37,81 ile

doğalgaz en büyük paya sahiptir. Hidroelektrik santrallerin elektrik üretimindeki payı % 25,76, yerli kömürün (linyit, asfaltit ve taş kömürü) payı % 13,23 ve ithal kömürün payı % 15,22 olarak gerçekleşmiştir [4].



Şekil 1.1: Türkiye’de 2015 yılı enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı (%).

Ülkemiz ekonomik büyüme ve kalkınma hedeflerini gerçekleştirme, toplumsal refah düzeyini artırma, sanayi üretimini uluslararası alanda rekabet edebilecek seviyeye çıkarma gayreti içerisinde. Bu hedefleri yakalama noktasında en önemli ve etkili yapıtaşlarından birisi süreklilik arz eden, kaliteli, ucuz ve güvenilir enerji teminidir. Mevcut durumda ise yıllık elektrik üretiminde doğalgaz ve ithal kömür önemli bir paya sahiptir. Yıllık elektrik üretimimizin neredeyse toplamda % 50’si tamamen dışa bağımlı olduğumuz doğalgazdan ve ithal kömürden elde edilmektedir. Ayrıca ülke genelinde elektrik enerjisi kayıp-kaçak oranlarının ortalama % 15’leri bulunduğu bilinmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde büyük oranlarda dışa bağımlılık ve kayıp-kaçak oranlarındaki bu yüksek rakamlar, sanayi üretiminin ve ekonomik büyüme hedeflerinin gerçekleştirilmesinin önünde önemli bir risk olarak yer almaktadır. Bu riskleri azaltmanın yolu alternatif enerji kaynaklarına yönelmekten, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği çalışmalarını hızlandırmaktan geçmektedir.

Klasik şebeke yapısında enerji, yerleşim yerlerine uzak bölgelerde üretilip, yüksek gerilim hatları ile tek yönlü olarak dağıtım bölgelerine ve tüketicilere iletilmektedir. Kaliteli, ucuz ve sürdürülebilir elektrik enerjisinin; insan hayatının, ülke ekonomilerinin, kalkınmanın, sanayi üretiminin vazgeçilmez bir parçası haline

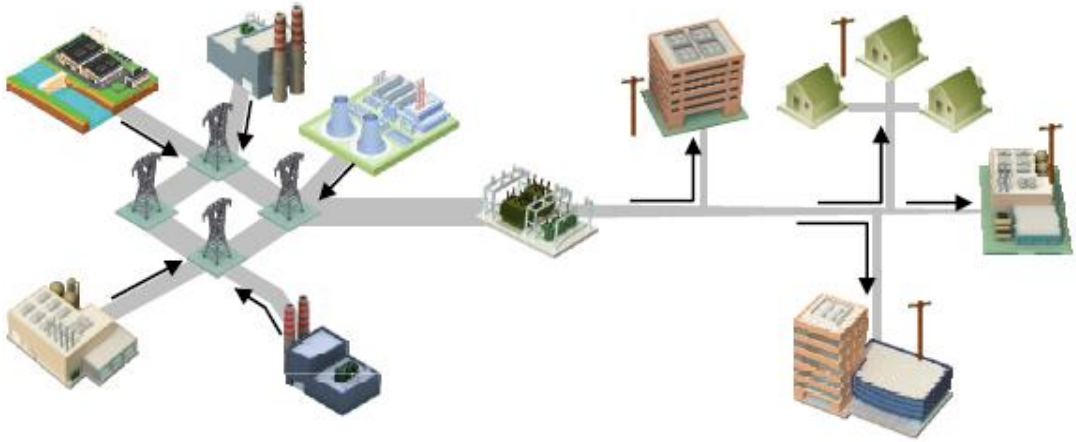
geldiği günümüzde klasik Şebeke yapısı ihtiyaçlara tam olarak cevap verememektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklı dağıtık sistemlerin giderek yaygınlaŐmasıyla beraber, özellikle dağıtım seviyesinde talep tarafının da katılımını sağlayan iki yönlü enerji akışına izin veren gelişmiş sayaç altyapısıyla birlikte akıllı Şebeke kavramı gündeme gelmiştir.

Akıllı Şebekeler, üretimden son tüketicie kadar bütün bir sistemin uzaktan izlenebilir ve kontrol edilebilir olduğu, alt sistemlerin birbirleriyle haberleŐmesine olanak sağlayarak mevcut Şebekenin en verimli ve güvenilir bir Şekilde iŐletildiđi sistemlerdir. Böylelikle iki yönlü enerji akışına izin veren, uzaktan sayaç okuma, enerji kesme ve açma işlemleri yapılabilen akıllı sayaç altyapısıyla birlikte talep tarafının da katılımı sağlanmaktadır.

Bu çalışmada akıllı Şebeke kavramı ve akıllı Şebekelerin en önemli bileşenlerinden olan akıllı sayaç kavramı ele alınmıŐ olup, akıllı sayaç kullanımının Türkiye’de konutlarda elektrik tüketimi ve harcamaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) kurumundan dağıtım bölgeleri bazında, konutlardaki toplam abone sayıları ve enerji tüketim miktarları talep edilmiştir. TEDAŞ’tan alınan veriler kullanılarak bir hanenin ortalama enerji tüketim miktarı ve yük profili çıkartılmıştır. Yük profili içerisinde yer alan, konutlarda kullanılan elektrikli cihazların daha verimli kullanılabilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar değerlendirilmiştir. Akıllı sayaç kullanımının beraberinde getirdiği yararlarla birlikte giderek liberalleŐen elektrik piyasasının da etkisiyle, tüketicilere sunulan tek zamanlı ve çok zamanlı tarifelerden yararlanmak suretiyle, yük yönetimine talep tarafının katılımıyla yük kaydırma yöntemi uygulanarak konutlarda enerji harcamalarını, enerji tüketim miktarını ve puant zamanlarında talep edilen enerjiyi azaltmanın, ev ekonomisine ve ülke ekonomisine katkıları incelenmiştir.

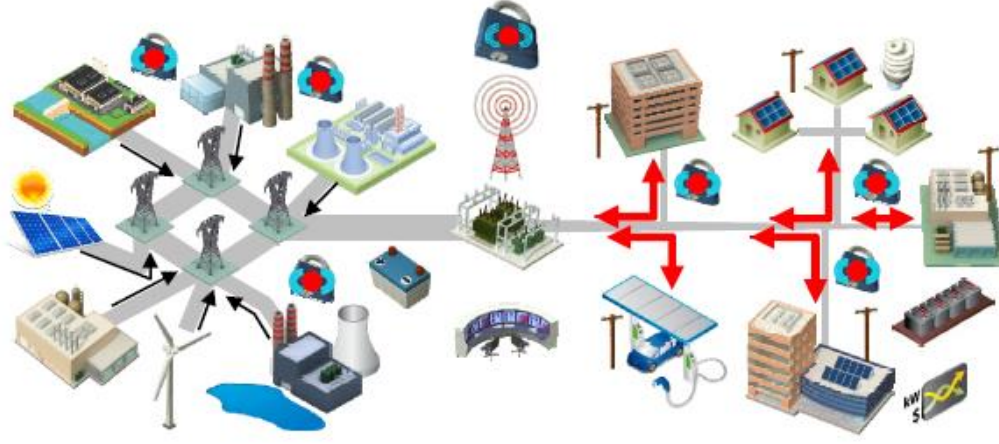
2. AKILLI ŞEBEKELER

Akıllı şebeke, enerjinin üretimden son tüketiciye iletiildiği yere kadar bütün şebeke elemanlarının bilgisayar ve ağ teknolojileriyle donatıldığı, esnek, güvenilir, verimli, çevre dostu, ekonomik ve birbirleriyle eşgüdümlü olarak çalışan her biri otomasyona bağlı birçok iletim ve dağıtım sisteminden oluşan bir enerji sistemidir. Merkezi üretim yapısı içerisinde büyük enerji santrallerinin birbirlerine uzun iletim hatları ile bağlandığı ve tüketiciye tek yönlü iletim ile elektriğin ulaştırıldığı Şekil 2.1’de gösterilen klasik şebeke yapısının günümüz ihtiyaçlarına cevap veremediği görülmüş ve elektrik şebekesine bilgisayar ve ağ teknolojileri eklenerek akıllı şebeke sistemi oluşturulmuştur.



Şekil 2.1: Günümüz elektrik şebeke yapısı [5].

Amerikan Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (EPRI: Electric Power Research Institute) akıllı şebekeyi (Şekil 2.2), merkezi üretimden dağıtık üretim santrallerine, yüksek gerilim iletim hatlarından dağıtım sistemlerine, endüstriyel tüketicilerden bina otomasyon sistemlerine, enerji depolama sistemlerine, son tüketicilere ve onların elektrikli araçlarına, cihazlarına ve bütün elektrikli ev aletlerine kadar bütün alt sistemlerin, izlenebilir, güvenilir ve otomatik olarak optimize edilebilir şekilde elektrik şebekesinin modernize edilmesi şeklinde tanımlamıştır [5].



Şekil 2.2: Geleceğin elektrik şebeke yapısı [5].

2.1 Akıllı Şebekelerin Yararları

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artan enerji ihtiyacı, gelişen teknolojiyle beraber yeni tip tüketim şekilleri ortaya çıkarmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında, kaynakların verimli kullanılması, dağıtık üretim santrallerinin sisteme katılması, kayıpların azaltılması önemli konular olarak değerlendirilmektedir. Mevcut şebekeler ise giderek eskimekte, istenilen şekilde çalışmamakta ve ihtiyaca cevap verememektedir. İklim değişikliği ile mücadelede ve çevresel etkilerin azaltılmasında da akıllı şebekelerin önemli rolü bulunmaktadır.

EPRI, paydaşlar açısından değerlendirildiğinde akıllı şebekelerin yararlarını üç temel gruba bölmüştür:

- 1- Tüketiciler, gerçek zamanlı sağlanan enerji ve farklı tarife olanakları ile kendi enerji tüketimlerini yönetebilecekler,
- 2- Enerji hizmeti veren kuruluşlar, daha güvenilir enerji sağlayabilecek, daha verimli enerji ile maliyetlerini etkin olarak yönetebilecekler,
- 3- Toplum, enerji kesintilerine karşı daha güvenilir enerji ile beslenecek, yenilenebilir enerji kaynakları, artan verimlilik, elektrikli araçların yaygınlaşması ve böylelikle daha düşük karbondioksit salınması ile çevresel etkiler, maliyetler azaltılabilecektir [5].

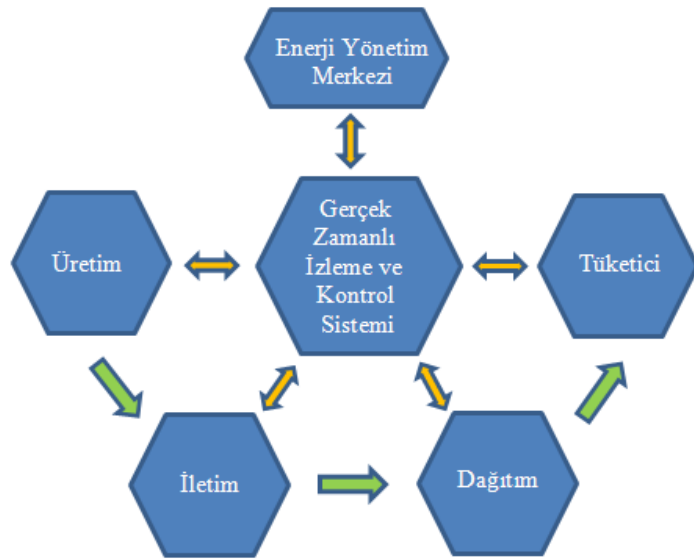
Akıllı şebekeler, ileri teknoloji izleme ve kontrol sistemleri ile, iletim ve dağıtım süreçlerindeki kayıpları azaltabilme olanağı tanımakta ve enerji üretim şirketlerinin kaynaklarını daha güvenilir ve verimli kullanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Arıza durumlarından en kısa sürede haberdar olunmakta ve meydana gelen kesintilerden etkilenen bölgeler klasik şebeke yapısına kıyasla çok daha az olmaktadır. Otomatik kontrol ve otomasyon sistemleri ve dijital bilgilerin kullanılmasıyla daha az enerji kesintisi, daha temiz enerji ve kendi kendini iyileştiren bir sistem önermektedir. Akıllı şebeke kendini sürekli izleyen sistemlerle ve siber güvenli cihazlar ile fiziksel olarak ve bilgisayarlar üzerinden yapılacak saldırılara karşı koruma sağlamaktadır [5].

Gerçek zamanlı haberleşme altyapısıyla, gelen enerji taleplerine göre aşırı yüklenmeleri tespit edip otomatik olarak yük akışlarını yönetme, dağıtık yenilenebilir kaynakların optimum şekilde üretime katılmasını sağlama ve üretim maliyetlerini azaltma olanağı tanımaktadır. Akıllı şebekeler, gerçek zamanlı okuma yapabilen gelişmiş sayaç altyapısı ile birlikte farklı elektrik fiyat tarifelerinin tüketicilerin hizmetine sunulmasına olanak sağlamakta, tüketicilerin en uygun elektrik tarifelerinden yararlanabilmesi için kendi yüklerini yönetmesine fırsat oluşturmaktadır.

2.2 Akıllı Şebeke Bileşenleri

Elektrik şebekeleri ile bilgisayar ve ağ teknolojilerinin birlikte kullanılmasıyla elde edilen sistem akıllı şebekeyi oluşturmaktadır. Akıllı şebeke, enerji üretim, dağıtım ve tüketim birimleri arasında sürekli ve çift yönlü iletişimin var olduğu bir enerji yönetim sistemidir. Şekil 2.3’de örnek bir akıllı şebeke akış diyagramı verilmiştir [6].



Şekil 2.3: Akıllı şebeke akış diyagramı.

Akıllı şebeke bileşenleri ana başlıklar halinde aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Gelişmiş ölçme altyapısı (AMI: Advanced Metering Infrastructure) ve akıllı sayaçlar,
- Yenilenebilir ve dağıtık üretim kaynakları şebeke entegrasyonu,
- Coğrafi bilgi sistemi, müşteri bilgi sistemi ve varlık yönetimi,
- Dağıtım yönetim sistemleri ve bütünleştirilmiş haberleşme,
- Elektrikli araç şarj altyapısı,
- Enerji depolama sistemleri,
- Bilgi ve iletişim teknolojileri, siber güvenlik,
- Akıllı şebeke standardizasyon çalışmaları.

2.2.1 Gelişmiş ölçme altyapısı (AMI) ve akıllı sayaçlar

Gelişmiş ölçme altyapısı, enerji tüketim noktalarındaki ölçü sistemleri ile merkezi veri sistemi arasında uzaktan çift yönlü iletişimi sağlayan donanım, yazılım ve ağ teknolojilerinin birleşimi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre AMI üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar

- 1- Akıllı sayaç,
- 2- Haberleşme altyapısı,
- 3- Sayaç veri yönetim sistemidir.

2.2.1.1 Akıllı sayaçlar

Akıllı sayaçlar, akıllı şebeke çalışmaları kapsamında uygulaması yapılan ilk teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı sayaç çalışmalarının dünya genelindeki durumu ile ilgili üçüncü bölümde ayrıntılı bilgi verilecektir.

Gelişmiş ölçme altyapısının temelini oluşturan akıllı sayaçlar, üretici ve tüketici arasında çift yönlü iletişime olanak sağlamakta, enerji tüketimlerinin daha iyi izlenebilmesine ve farklı ücretlendirme tarifelerinin tüketicilere sunulmasına olanak tanımaktadır [7]. Akıllı sayaçlar genel olarak haberleşmenin tek yönlü ve çift yönlü yapılmasına bağlı olarak iki farklı şekilde ele alınmaktadır. Haberleşmenin tek yönlü olduğu, tüketici tarafındaki verilerin gücü sağlayan kuruluş tarafına tek yönlü olarak

iletildiği sistemler otomatik sayaç okuma sistemi olarak adlandırılmaktadır. Çift yönlü iletişime izin veren, hem tüketici hem de gücü sağlayan kuruluş tarafına bilgi akışının olduğu, uzaktan kontrol edilebilen sistemler ise literatürde gelişmiş sayaç altyapısı olarak belirtilmektedir.

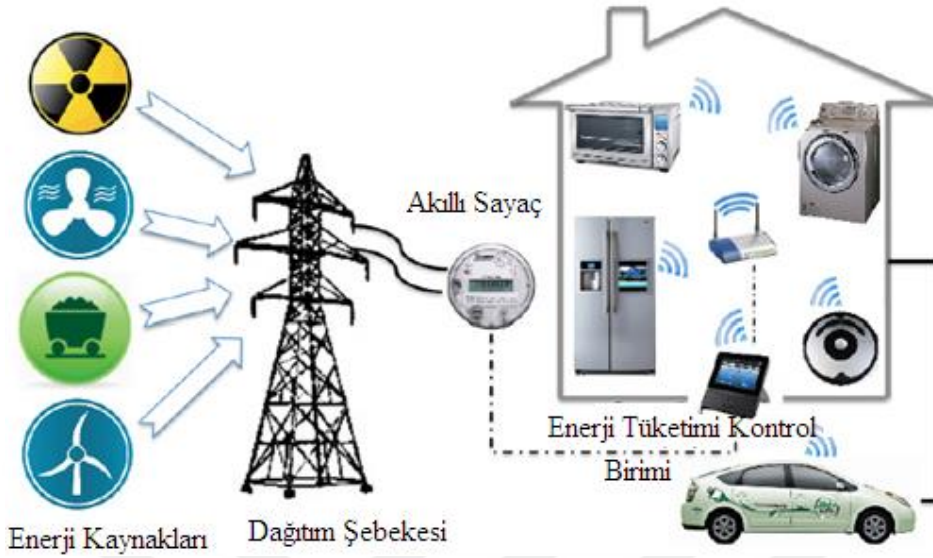
Akıllı sayaçların başlıca yararları, operasyonel maliyetlerin azaltılması, ileri düzeyde fiyatlandırma seçeneği sunan talep yönetimi, daha güvenli enerji arzı ve enerji tasarrufuna olanak sağlayan talep tarafının enerji yönetimine katılması olarak belirtilmektedir [7].

IEA tarafından 2011 yılında hazırlanan “Akıllı Şebeke Yol Haritası” raporunda gelişmiş ölçme altyapısı, akıllı sayaçlara ek olarak, tüketiciye ve gücü sağlayan kuruluşa enerji fiyatları, tüketilen enerji miktarı ve zamanı ile ilgili çift yönlü bilgi akışına izin veren bir dizi teknolojinin birleşimi olarak tanımlanmıştır [8]. İstenilen zaman aralıkları için veya gerçek zamanlı olarak tüketicilerin enerji tüketim bilgilerinin toplanması, saklanması, raporlanması, yük profilinin daha doğru bir şekilde çıkartılması, akıllı sayaçların göndereceği sinyal ile uzaktan enerji kesintisi yaşanan bölgenin tespit edilebilmesi, uzaktan enerji kesme ve açma işlemlerinin yapılabilmesi, kayıp kaçak tespiti konuları gelişmiş ölçme altyapısına sahip sistemlerin sağlayacağı yararlar olarak değerlendirilmektedir [8].

Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) Elektrik İnovasyon Enstitüsü (IEI: Institute of Electric Innovation) tarafından 2016 yılında hazırlanan raporda, akıllı sayaçların kullanımıyla enerji şirketleri ile müşteriler arasında dijital bir bağlantı sağlanacağı, zaman bazlı fiyatlandırma, yük kontrolü, bilinçli tüketim ve enerji yönetimi konularında yeni ve genişletilmiş hizmetlerin tüketicilere sunulacağı belirtilmekte, akıllı sayaçlar ile coğrafi bilgi sistemi ve dağıtım yönetim sisteminin entegre edilmesiyle enerji şirketlerinin süreçleri daha görünür bir şekilde izleyebileceği ve problemleri önetkin (proaktif) olarak çözebileceği ifade edilmektedir [9].

Gelişmiş ölçme altyapısına sahip bir sistemde (Şekil 2.4), enerji kuruluşları tüketici tarafına yerleştirilecek bir enerji tüketimi kontrol birimine enerji fiyat bilgisini gönderebilmekte, akıllı sayaç ile bağlantılı bu kontrol ünitesi gelen fiyat bilgisine göre ev içerisindeki cihazların çalışma zamanını ayarlayabilmektedir. Böylelikle çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, fırın vb. ev içerisinde kullanılan cihazlar bir taraftan enerjinin daha ucuz olduğu zaman dilimlerinde kullanılabilmekte, diğer

tarafından puant yük talebi azaltılarak enerji kuruluşlarının üretim maliyetlerine de katkı sağlanabilmektedir [10].



Şekil 2.4: Enerji tüketimi kontrol birimi, akıllı sayaç ve akıllı şebeke yapısı.

Gelişmiş ölçme altyapısının en kritik birimi olan akıllı sayaçlar enerji tüketim bilgilerinin yanı sıra, gerilim değerleri, faz açısı ve faz frekansı bilgilerini de okuyabilmektedir. Akıllı sayaçlarla bütün müşterilerin enerji tüketim verileri toplanabilmekte, tüketicilerin enerji kullanım özellikleri izlenebilmekte, enerji hizmeti veren kuruluşlar tarafından tüketicilere daha esnek tarifeler önerilebilmektedir. Tüketicilerin kendi enerji tüketim miktarlarını ve maliyetlerini takip etmesi ile enerji yönetimine talep tarafının da katılımı sağlanabilmektedir.

Yerleşim yerlerine uzak mesafelerde bulunan trafolar dağıtım sisteminde gerilim dalgalanmalarına ve yük dengesizliğine sebep olmaktadır. Akıllı sayaçlar gerilim dalgalanmaların daha iyi analiz edilmesine ve kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Akıllı sayaçlar yardımı ile iş gücü yönetimi, arıza tespiti, kayıp-kaçak kontrolü, faturalandırma işlemleri daha etkin olarak yapılabilmektedir [11].

2.2.1.2 Haberleşme altyapısı

Akıllı sayaçların yukarıda anlatılan bütün yararları sağlayabilmesi için haberleşme altyapısı da çok büyük önem ifade etmektedir. Haberleşme altyapısı, sayaçlar ile veri merkezleri arasında iletişimi sağlayan birimdir. Haberleşme sistemi yardımıyla uzaktan sayaç okuma ve buna bağlı olarak daha doğru faturalandırma olanağı

doğmakta, toplanan verilerin ilgili veri yönetim merkezlerinde değerlendirilmesiyle çok daha etkin müşteri hizmetleri verilebilmektedir [7].

Haberleşme sistemi içerisinde kullanılan teknolojiler genel itibariyle geniş alan ağı (WAN: Wide Area Network), yerel alan ağı (LAN: Local Area Network) ve ev alan ağı (HAN: Home Area Network) olarak incelenmektedir.

WAN'da iletişim veri toplayıcılarla veya sayaçlarla veri yönetim merkezleri arasında sağlanmaktadır. Geniş alan ağında yaygın olarak kullanılan teknolojiler arasında radyo frekansı (RF: Radio Frequency), enerji hattı üzerinden veri iletimi (PLC: Power Line Carrier), dijital abone hattı (DSL: Digital Subscriber Line), mobil iletişim hattı (GSM: Global System for Mobile Communication), paket anahtarlamalı mobil iletişim hattı (GPRS: General Packet Radio Service) yer almaktadır. RF teknolojisinde geniş radyo frekans aralığı kullanılarak veri iletimi sağlanır. Yer şekillerinin çok engebeli olduğu yerlerde ve sinyal karıştırıcı cihazların olduğu yerlerde kapsama alanı olumsuz etkilense de doğal afet gibi acil durumlarında sistemin çökme ihtimali düşüktür. Veri iletim hızı ve başarılı veri transfer yüzdesi önemli avantajlarıdır. PLC, enerji hattı üzerinde veri iletimi teknolojisidir. Şebekede meydana gelen arıza durumlarında ortaya çıkan elektriksel gürültülerden olumsuz etkilenmektedirler. Veri transfer hızları ve başarılı veri transfer yüzdeleri açısından ön plana çıkmaktadır. DSL teknolojisinde de PLC'ye benzer bir mantıkla sabit hat kullanılmaktadır. PLC'de enerji hattı üzerinden veri iletimi yapılırken, DSL teknolojisinde telekomünikasyon altyapısı kullanılmaktadır. GSM/GPRS teknolojilerinde ise haberleşme modülüne SIM (Subscriber Identity Module) kart takılarak sayaçlarla veri yönetim merkezleri arasında iletişim sağlanmaktadır. PLC ve RF teknolojisinde elektrik dağıtım şirketleri kendi altyapılarını kullandıkları için, DSL, GSM/GPRS gibi telekomünikasyon altyapısının kullanımını gerektiren sistemlere göre operasyonel maliyetleri daha düşüktür ve AMI sistemi içerisinde daha çok tercih edilmektedir.

LAN ise daha çok veri toplayıcılar gibi ara yapılar söz konusu olduğunda gündeme gelmektedir. Yerel ağ burada tüketim noktaları ile veri toplayıcılar arasında iletişimi sağlamaktadır. Bu iletişimi sağlamada fiber optik kablolar, RF ve PLC teknolojileri kullanılmaktadır.

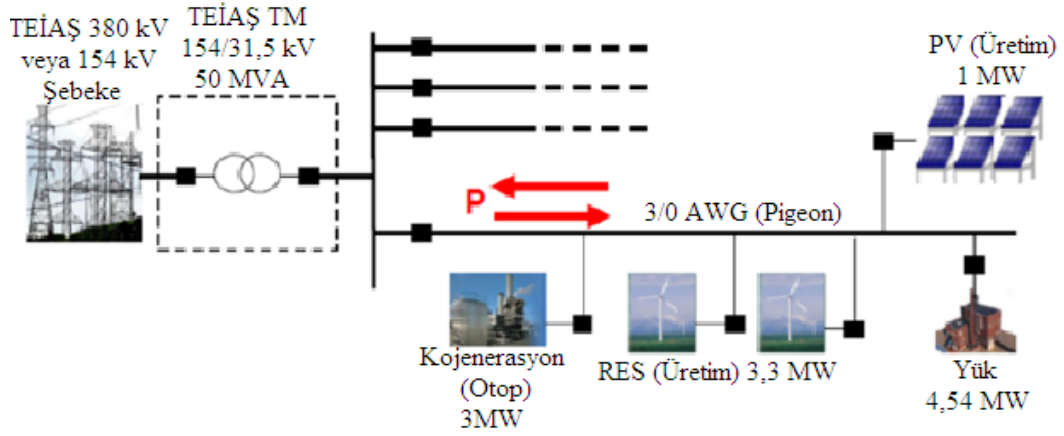
Ev içi ağ olarak bilinen HAN ise, akıllı sayaç ile ev içi donanımlar arasında haberleşme olanağı tanımaktadır. Ev içi donanımların tüketim içerisindeki etkilerini izlemeye ve talep tarafının kendi içinde yük yönetimini yapabilmesine olanak sağlamaktadır.

2.2.1.3 Sayaç veri yönetim sistemi

Sayaç veri yönetim sistemi (MDMS: Meter Data Management System), sayaç verilerinin toplandığı, depolandığı, diğer sistem ve uygulamalar için uygun hale dönüştürüldüğü, işlenerek çeşitli istatistiklerin çıkarılabildiği, ilgili paydaşlarla elde edilen verilerin ve bilgilerin paylaşılabilirdiği yazılım sistemini ifade etmektedir. MDMS yardımıyla enerji hizmeti veren kuruluşlar tüketilen enerjinin miktarı, zamanı ve hangi alanlarda tüketildiği ile ilgili ayrıntılı analizler yapabilmekte, tüketiciler gerçek zamanlı olarak harcadıkları enerjinin miktarı ve tutarı hakkında bilgi sahibi olmak suretiyle enerjiyi daha verimli kullanabilmektedir. Yük profilinin çıkarılmasında, enerji kesintilerinin izlenmesinde, faturalandırma işlemlerinde sayaç veri yönetim sisteminin önemli rol oynayacağı değerlendirilmektedir.

2.2.2 Yenilenebilir ve dağıtık üretim kaynakları şebekeye katılımları

Verimli, yenilenebilir, çevre dostu, güvenilir ve kesintisiz enerji konuları akıllı şebeke çalışmalarının ana hedefleri olarak belirtilmektedir. Klasik şebekede enerji, yerleşim yerlerine uzak bölgelerde üretilip yüksek gerilim iletim hatları ile dağıtım bölgelerine taşınmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji üretim maliyetlerinin gelişen teknolojiyle beraber düşmesiyle birlikte yerleşim yerlerine yakın bölgelerde de enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde tüketim merkezlerine yakın, dağıtım sistemine bağlı veya bağımsız olarak gerçekleştirilen enerji üretimi dağıtık üretim olarak adlandırılmaktadır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji üretiminin enerji arzında her geçen gün payını artırmasıyla birlikte değişik kaynaklı dağıtık enerji üretim tesislerinin şebekeye katılımları büyük önem taşımaktadır. Şekil 2.5'te dağıtık üretimin şebeke bağlantısı gösterilmektedir [12].



Şekil 2.5: Dağıtık üretim şebeke bağlantısı [12].

Dağıtık üretim birimleri, enerji talebinin yüksek olduğu zaman dilimlerinde maliyeti azaltmak ve şebeke üzerindeki zorlanmayı azaltmak, kesinti süresince hastaneler, veri merkezleri gibi kritik yüklerle enerji kaynağı sağlamak, şebekeden bağımsız olarak aydınlatma, ihtiyaca göre ısıtma, küçük bir yerleşim yerinin veya işletmenin enerji talebinin karşılanması gibi amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır.

Dağıtık enerji üretim birimlerinin şebekeye katılımlarında, kaynak tipinin ve üretim miktarının ilgili bölgedeki dağıtım sisteminin veya iletim sisteminin yapısına uygun tasarlanması önem arz etmektedir. Değişken kaynak yapısı ve kaynakların homojen olmayan yapısı nedeniyle, enerji kalitesini korumak, sistem güvenilirliği ve enerji sürekliliğini sağlamak adına akıllı şebeke yapısı içerisinde sistem gücünün dinamik olarak dengelenmesi gerekmektedir [13].

İletim sistemi yapısı gereği, dağıtık üretimin katılımı konusunda, dağıtım sistemine göre gücün farklı noktalardan bağlanması açısından daha esnek bir yapıya sahiptir. İletim aşamasında yapılacak olan üretim katılımlarında gerilim ve frekans kararlılığı sağlanmalıdır. Dağıtım sistemi seviyesinde yapılacak olan üretim katılımlarında ise gerilim ve frekans kararlılığının sağlanması beklenmemektedir. Ancak dağıtık üretim tesislerinin sayıları arttıkça gerilim ve frekans kontrolünün de yapılması gerekecektir. Dağıtık üretim tesislerinin şebekeye bağlantı hatlarında kesit uygun seçilmediğinde gerilim yükselmesi olabilmekte, yenilenebilir enerji üretiminde sistem içerisinde kullanılan evirici-çevirici yapıları harmonik akımların yükselmesine ve fliker oluşumuna neden olmakta, dağıtım sisteminde meydana gelebilecek bir kısa devre sonucunda tüketim bölgesinde adalaşmalar olabilmektedir. Bu ve benzeri problemleri önleyerek, enerji kalitesinin, sürekliliğinin ve güvenilirliğinin sağlanması

adına dağıtık üretim tesislerinin şebeke entegrasyonları sürecinde yük akış analizlerinin, kısa devre analizlerinin, harmonik ve fliker analizlerinin, yalıtım koordinasyon ve topraklama analizlerinin yapılması gerekmektedir [14].

Ülkemizdeki enerji üretiminin genel görünümüne bakıldığında, serbest üretim şirketlerinin, EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi) ve EÜAŞ'a bağlı ortaklıklar, yap-işlet, işletme hakkı devri, yap-işlet-devret santrallerinin üretim değerlerini kapsayan lisanslı üretim ile 6446 sayılı elektrik piyasası kanununun 14. maddesi kapsamında lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf kişilerin ihtiyaç fazlası olarak sisteme verdikleri lisansız üretimden oluştuğu görülmektedir [4]. Lisanssız elektrik üretiminin elektrik piyasası kanunu ile önünün açılmasıyla birlikte, alçak gerilim seviyesinde dağıtık üretim kaynaklarının şebekeye katılımları söz konusu olmaktadır. Mevcut durumda tek yönlü tasarlanan enerji dağıtım sistemi, çift yönlü enerji akışına açık hale gelmiştir. Enerji kalitesinin, sürekliliğinin ve tüketici güvenliğinin sağlanması adına dağıtık üretim kaynaklarının şebekeye katılımı aşamasında yük akış analizi, kısa devre analizi gibi teknik analizlerin dikkatlice yapılması ve sürecin titizlikle yönetilmesi gerekmektedir.

2.2.3 Coğrafi bilgi sistemi, müşteri bilgi sistemi ve varlık yönetimi

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), sosyal, ekonomik, çevresel sorunların çözümüne ilişkin konuma dayalı karar verme süreçlerinde büyük hacimli coğrafi verilerin toplanması, saklanması, analiz edilip işlenmesi ve yönetimi fonksiyonlarının yerine getirilmesine olanak sağlayan donanım ve yazılımdan oluşan bir yönetim sistemidir. CBS elektrik, su, gaz, haberleşme, ulaşım gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir. Kullanıldığı alana göre özelleşmiş uygulamalar, yazılımlar bulunmaktadır. Bu anlamda elektrik şebekelerinde kullanılan CBS'ler şebeke varlıklarının bütünü ile ilgili verileri içermelidir. Trafo merkezleri, trafo merkezlerine bağlı tüm elektriksel donanımlar, dağıtım merkezlerine bağlı donanımlar, aynı trafoya bağlı hatlar, kablolar, direkler, kesiciler, sigortalar, ayırıcılar, baralar, havai hatlar, kondansatörler ile ilgili bilgiler CBS içerisinde yer almalıdır. Kısaca CBS elektrik şebekelerinde, tüm şebeke elemanlarının dokümantasyonu ve konumları hakkında bilgi sağlayan, bilgilerin analiz edilip işlenmesine olanak tanıyan sistemler olarak değerlendirilmektedir [15].

CBS akıllı şebeke yapısı içerisinde Şekil 2.6'da gösterildiği gibi kesinti yönetim sistemi (OMS: Outage Management System), SCADA (Supervisory Control and

Data Acquisition) sistemi, varlık yönetimi, müşteri bilgi sistemi (CIS: Customer Information System) gibi sistemlerle bütünleşerek çalışmaktadır [16].



Şekil 2.6: Coğrafi bilgi sisteminin diğer bileşenlerle ilişkisi.

Varlık yönetimi, klasik şebeke yapısının modernize edilerek akıllı şebeke yapısına geçiş sürecinin önemli konularından biri olarak değerlendirilmektedir. Enerjinin üretildiği noktadan son tüketiciye iletiildiği ana kadar bütün şebeke varlıklarının etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Trafolar, hatlar, direkler, kesiciler, sigortalar vb. şebeke elemanlarının yaşlanmaya bağlı olarak arıza verme riski artmakta, buna bağlı olarak enerji kesintileri yaşanabilmekte ve dağıtım şirketleri üzerindeki bakım maliyetleri de yükselmektedir. Bu noktada varlık yönetimi ile tüm şebeke elemanları kayıt altına alınmakta, devreye alınma tarihi, arıza geçmişi ve bakım tarihi gibi veriler saklanarak en etkin şekilde yönetilebilmektedir. Buna paralel olarak bakım onarım periyotları düzenlenmekte, donanımlarının daha verimli çalışması ve kullanım ömürlerinin uzaması sağlanmakta, kesintisiz, daha güvenli ve güvenilir enerjinin sağlanması ile müşteri memnuniyetinin de artırılmasına olanak sağlamaktadır.

CIS, enerji şirketleri ile müşteriler arasında dijital bir bağlantı sunmaktadır. Enerji şirketlerinin müşterilerle ilgili her türlü bilgiyi saklamasına, analiz etmesine, yönetmesine ve böylelikle müşteri memnuniyetinin artırılmasına olanak tanmaktadır. Müşteriler de çevrimiçi (online) olarak enerji tüketim bilgilerine

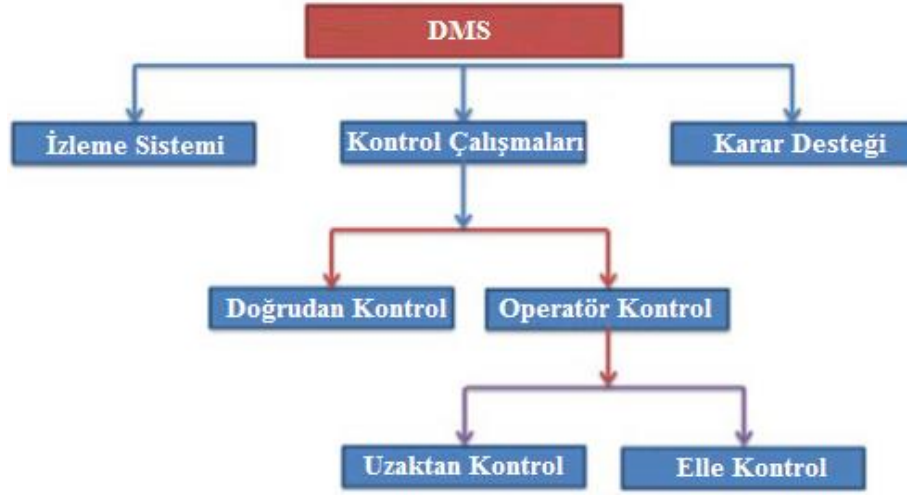
erişebilmekte, enerji tüketimi açısından bütçe yönetimini gerçekleştirebilmektedir [9].

2.2.4 Dağıtım yönetim sistemleri ve bütünleştirilmiş haberleşme

Klasik şebeke yapısı içerisinde dağıtım sistemi yönetimi, tüketicilerden gelen arıza bildirimleri, sahadaki operatörlerin ve ilgili birimlerin birbirini haberdar etmesi ve kontrol merkezlerinde şebeke hareketlerinin izlenebilen sınırlı kısmına ait bilgilerin değerlendirilmesiyle yapılmaktadır. Sayıları giderek artan yenilenebilir enerji santrallerinin ve dağıtık üretim santrallerinin dağıtım aşamasında sisteme entegre edilmesi çalışmalarıyla birlikte dağıtım sisteminin sürekliliğinin ve güvenliğinin sağlanabilmesi için dağıtım yönetim sisteminin de modernize edilmesi gerekmektedir. Bu anlamda, dağıtım yönetim sistemi (DMS: Distribution Management System), alçak gerilim ve orta gerilim dağıtım şebekelerinin yönetimi için gereksinim duyulan işlevselliği sağlayan, SCADA ve OMS ile birleşik çalışan, bütünleştirilmiş bir kontrol merkezi olarak tanımlanmaktadır. DMS ile elektrik dağıtım sisteminin optimum şekilde işletilmesi için kontrol merkezinin ve sahadaki operatörlerin yönetilmesiyle, tüketicilere kesintisiz ve kaliteli enerji sağlanır.

Klasik şebeke yapısı içerisinde yük akışları, sistem dengesi ve kararlılığı gibi durumlar iletim sistemi operatörleri aracılığıyla kontrol edilirken, çok sayıda dağıtık üretim kaynaklarının şebekeye katılımının başlamasıyla birlikte yük akışı, sistem dengesi ve kararlılığı gibi konular DMS'nin yönetim alanı içerisinde yer almaya başlamıştır.

Kayıpların azaltılması, optimum yük akışının gerçekleştirilmesi, enerji sürekliliğinin ve güvenliğinin sağlanması adına DMS yapısı içerisinde sistem operatörlerinin görev yaptığı kontrol odaları bulunmaktadır. Bu kontrol odalarında DMS tarafından, şebekede yer alan bilgi ve iletişim teknolojisi cihazları aracılığıyla gerçek zamanlı olarak toplanan veriler ve gerçek zamanlı olmayan veriler değerlendirilerek şebekenin optimum şekilde işletilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda DMS'nin yapısı Şekil 2.7'de görüldüğü gibi izleme sistemi, karar desteği ve kontrol çalışmalarından oluşmaktadır [17].

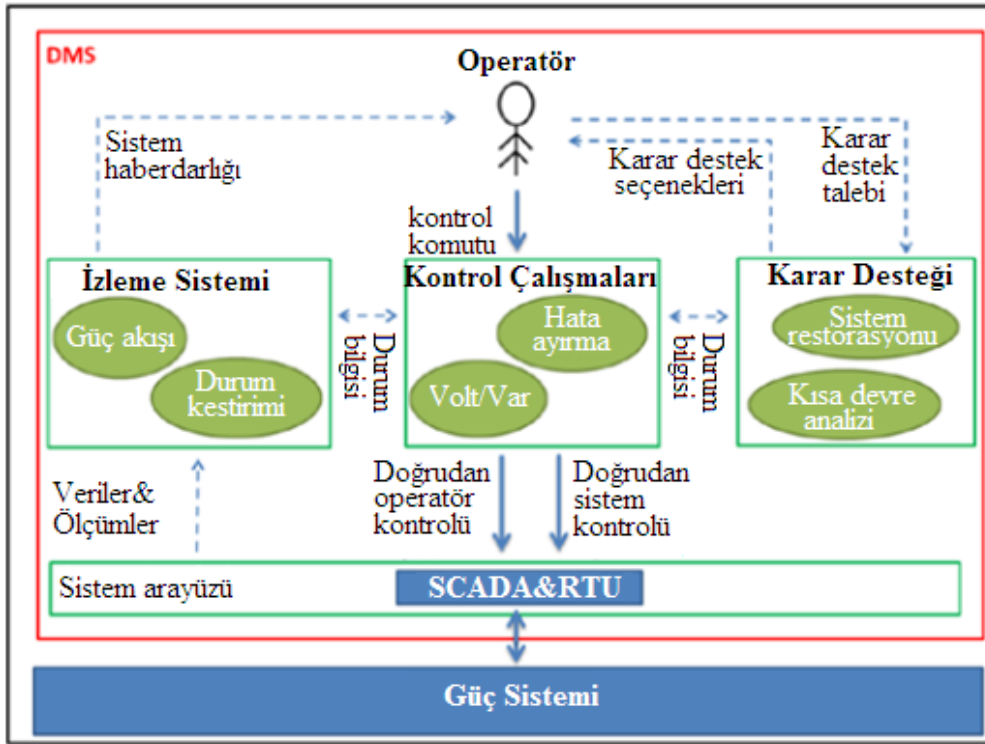


Şekil 2.7: DMS'nin yapısı.

DMS ile izlenebilir bir sistem kurulmaktadır. Şebekede meydana gelebilecek yük değişimleri durumlarında yük akış analizleri ve SCADA sistemi ile toplanan veriler kullanılarak durum kestirimi yapılabilmektedir [18].

Dağıtım trafo istasyonlarında ve sahada yer alan güç sistemi elemanlarının kontrolü, DMS'nin kontrol çalışmaları içerisinde değerlendirilmektedir. Kontrol çalışmalarının anahtarlama optimizasyonu, hataların belirlenip sistemden yalıtılması ve kesintilerin en aza indirilmesi gibi kısımları doğrudan gerçekleştirilmektedir. Operatör kontrolü ise SCADA sistemi aracılığıyla uzaktan ve bazı durumlarda da sahadaki ekiplerle haberleşmek suretiyle sağlanmaktadır [17]. Şebeke geriliminin istenilen aralıkta tutulması, reaktif güç kontrolüyle sistem kayıplarının azaltılması gibi Volt/Var optimizasyonu işlemleri de kontrol çalışmaları içerisinde değerlendirilmektedir [19].

Hata yönetimi ve sistem restorasyonu, şebeke üzerinde temel yük ve puant yükün oluşturacağı zorlanmayı azaltmak ve verimliliği sağlamak adına yük yönetimi ve kısa devre analizleri konuları da DMS'nin karar desteği yapısı içerisinde değerlendirilmektedir. Şekil 2.8'de DMS fonksiyonlarının birbirleriyle olan etkileşimi gösterilmektedir [17].



Şekil 2.8: DMS fonksiyonlarının birbirleriyle olan etkileşimi.

SCADA sistemleri DMS'nin etkin bir şekilde işletilebilmesine olanak sağlayan en önemli parametrelerden birisidir. Akıllı şebeke yapısıyla birlikte bilgi ve iletişim teknolojisi cihazlarının kullanımının artması, izlenebilirliğin ve kontrol sisteminin sürekli geliştirilmesi, buna bağlı olarak toplanan veri miktarının da artması SCADA sistemlerinin önemini artırmaktadır. SCADA sistemleri ile dağıtım sistemini uzaktan izleme, kontrol etme, yönetme gibi fonksiyonlar yerine getirilebilmekte, arızalara daha hızlı müdahale edilebilmekte, fider ve dağıtım istasyonu otomasyonunda sistem verileri toplanmaktadır. SCADA sistemi, sistemin sürekli izlenmesi, sahadaki durumdan haber alınması ve anında müdahale edilmesi, arıza riski olan bölgelerin tespit edilebilmesi, zaman ve iş gücü kazancı, sisteme yapılan müdahalelerin kayıt edilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır.

Kesinti yönetim sistemi de bütünleştirilmiş haberleşme içerisinde değerlendirilen konulardan biridir. OMS, etkin bir şekilde arızaları tespit etmek ve gidermek, arıza verilerini kayıt altına almak, kesinti bildirimlerini ve restorasyon işlemleri ile ilgili bilgilendirmeyi yapmak, arıza ilişkili durumları, ilgili ekipleri ve nöbetleri yönetmek için kullanılmaktadır. Elektrik şebekesinde yapılacak olan bakım-onarım faaliyetleri, iyileştirmeler OMS üzerinden planlanmaktadır.

2.2.5 Elektrikli araç şarj altyapısı

Dünya genelinde fosil yakıt rezervlerinin giderek azalması ve fosil yakıtların çevresel etkileri, sürdürülebilir, verimli ve temiz enerji arayışlarını beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda akıllı şebeke çalışmalarına ve çevreye zararı daha az olan yenilenebilir enerji kaynaklı alternatif dağıtık üretim tesislerinin sisteme katılması çalışmalarına hız verilmiştir. Bu doğrultuda sessiz çalışma, ucuz enerji, yüksek verim ve çevre dostu olmaları gibi özellikleri ile elektrikli araçların gelecekte fosil yakıtlı geleneksel araçların yerini alacağı ve geleceğin akıllı şebeke yapısı içerisinde elektrikli araç şarj altyapısının önemli bir yere sahip olacağı değerlendirilmektedir.

Elektrikli araçların genel olarak içten yanmalı motora ek küçük bir batarya kullanılan hibrit motorlu araçlar, içten yanmalı motor, elektrik motoru ve haricen şarj edilebilen bataryadan oluşan hibrit elektrikli araçlar, içten yanmalı motoru bulunmayan sadece elektrik motoru kullanılan elektrikli araçlar olmak üzere üç ana türü bulunmaktadır. Elektrikli araç şarj istasyonları, haricen şarj edilebilen elektrikli araçlara enerji kaynağı sağlayan altyapıyı oluşturmaktadır. Bu altyapı içerisinde elektrikli araç prizleri, bağlantı fişleri ve kaynaktan araca enerji aktarımını sağlayan birimler bulunmaktadır [20].

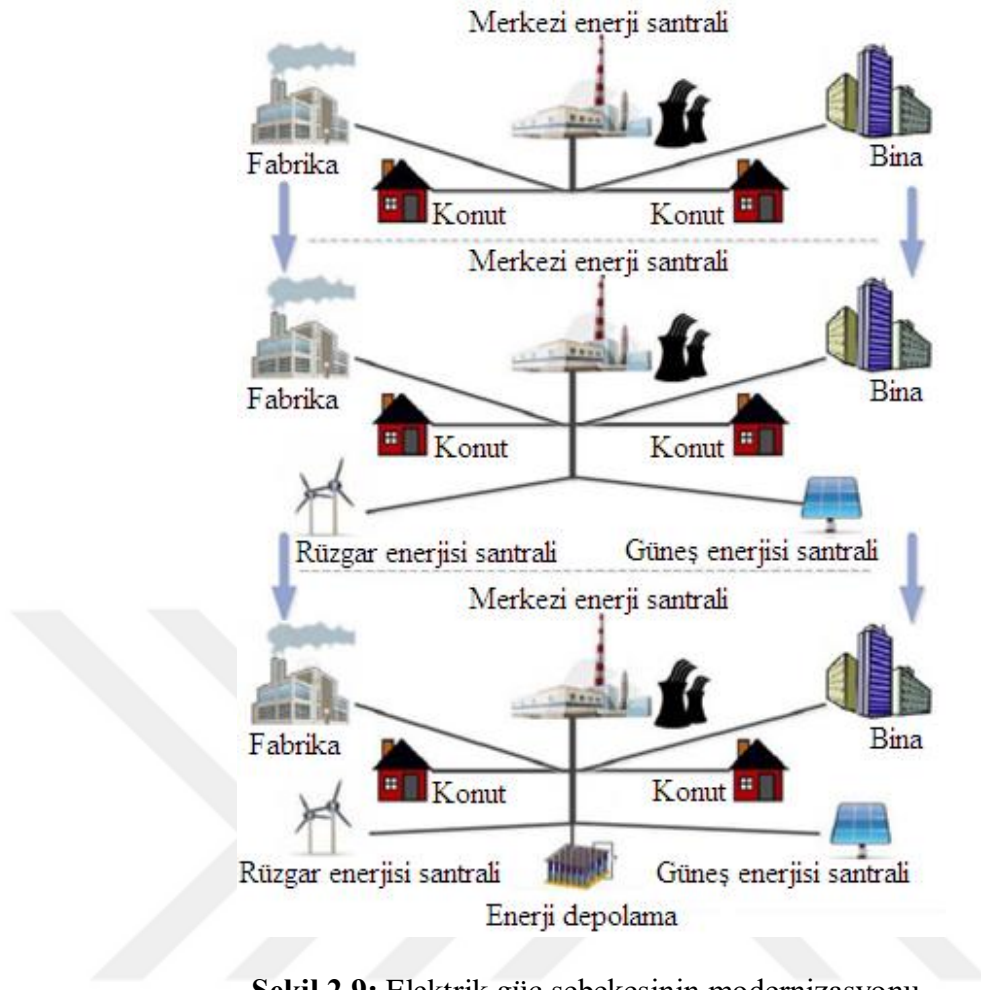
Elektrikli araç şarj istasyonları için dünya genelinde birden fazla standart mevcuttur. Amerika Birleşik Devletleri'nde otomotiv mühendisleri topluluğu (SAE: Society of Automotive Engineers) tarafından hazırlanmış SAE J1772 standardı ile 19,2 kW'a (kilowatt) kadar, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC: International Electrotechnical Commission) tarafından hazırlanan IEC 61851/62196 standardı ile Avrupa'da ve Çin'de 43,5 kW'a kadar, CHAdeMO standardı ile Japonya'da 62,5 kW'a kadar enerji aktarımı yapılabilmektedir. Farklı standartlardan ötürü araçlarda farklı tip prizler kullanılmaktadır. Şarj istasyonu standartlarının ve araç priz tiplerinin farklılıklar göstermesi tüketicilerin istasyonlara erişilebilirliğini olumsuz etkilemektedir.

Türkiye'de elektrikli araç şarj altyapısıyla ilgili mevzuat incelendiğinde iki yönetmelik olduğu görülmektedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'nın 2 Ocak 2014 tarihli 28870 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği'nin ikinci kısım birinci bölümünde yer alan "Üretim Faaliyeti Gösteren Tüzel Kişiler Dışındaki Kullanıcılar İçin Bağlantı Esasları" başlıklı Madde

5'te "Kullanıcılar tarafından yapılan bağlantı başvurularında; başvurunun niteliğine göre motor ve elektrojen gruplarının sayısı ve güçleri, elektrikli taşıtların şarj edilebilmesi için kurulacak hızlı, orta hızlı ve yavaş şarj ünitelerinin sayısı ve güçleri, aydınlatma ve ısıtma tesisatı ve güçleri, koruma sistemleri gibi diğer tesis ve/veya teçhizatla ilgili teknik özellikleri de içeren elektrik projesi dağıtım şirketine sunulur. Dağıtım şirketi sunulan proje çerçevesinde kullanıcıdan gerekli olan ek bilgileri de talep edebilir" denilmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 8 Eylül 2013 tarihli 28759 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik'in "Akaryakıt, Şarj ve Servis İstasyonları" başlıklı Madde 25'te "Elektrik enerjisi ile çalışan araçların şarj edilmeleri için, ilgili elektrik kurumunun olumlu görüşü ile otoparklar, akaryakıt istasyonları veya diğer uygun yerlerde elektrikli araç şarj yeri yapılabilir" denilmektedir.

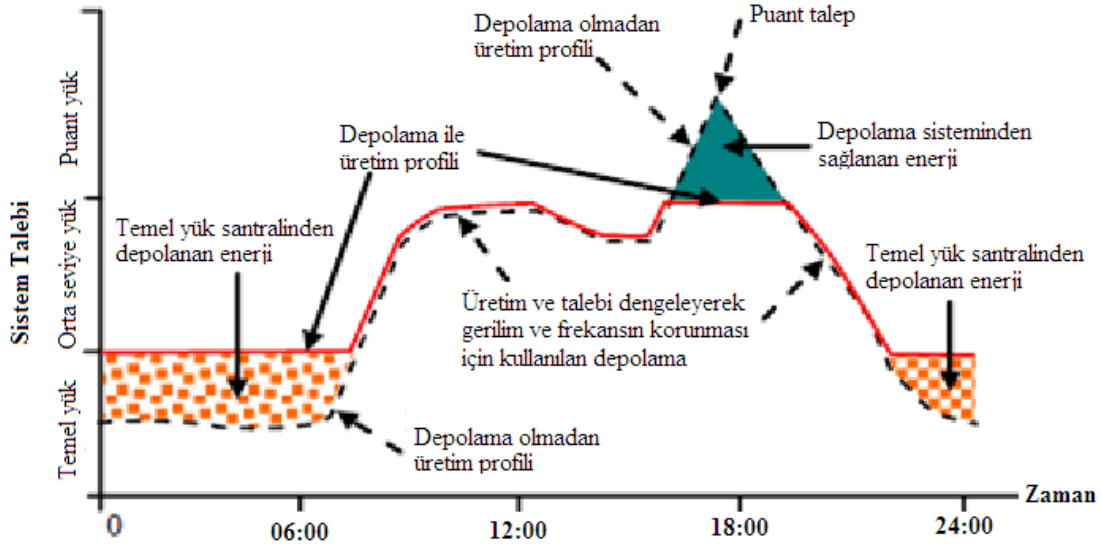
2.2.6 Enerji depolama sistemleri

Enerji talebinin her geçen gün artması, CO₂ salınmasının küresel anlamda çevreye verdiği zararlar, ülkeleri; sürdürülebilir, verimli ve çevre dostu enerji arayışlarına yöneltmekte, geleceğin enerji politikaları bu hedefler çerçevesinde belirlenmektedir. Bu kapsamda mevcut güç sistemlerinin modernize edilerek daha verimli kullanılabilmesi, daha akıllı bir yapıya dönüştürülmesi ve sayıları giderek artan rüzgar, güneş gibi yenilenebilir kaynaklı dağıtık üretim tesislerinin sisteme entegrasyonu çalışmaları kapsamında enerji depolama sistemleri büyük önem arz etmektedir. Geleneksel büyük güçlü üretim yapan merkezi enerji santralleri ile karşılaştırıldığında gücü daha düşük ve dalgalı olan, üretimde sürekliliği ve kararlılığı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklı dağıtık üretim tesislerinde, talep ile arz arasında frekans ve gerilim kararlılığı açısından dengenin kurulabilmesi adına enerji depolama sistemleri etkin çözüm olmaktadır. Şekil 2.9'da elektrik güç şebekesinin modernizasyon sürecinde dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye katılması ve güç iletimi ve dağıtımında meydana gelebilecek dalgalanmaları azaltmak ve hafifletmek için kullanılan enerji depolama sistemleri görülmektedir [21].



Şekil 2.9: Elektrik güç şebekesinin modernizasyonu.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yerleşim yerlerine uzak olması, dengeli olmaması, hava tahmininin her zaman tam doğrulukla yapılamaması gibi nedenler enerji depolama sistemlerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Sistem kararlılığı, arz güvenilirliği, verimli enerji, dağıtım ve iletimde yaşanan problemlerin azaltılması gibi hedeflerin gerçekleştirilmesinde enerji depolama sistemleri önemli bir etken olarak değerlendirilmektedir. Gelişen teknoloji ile beraber enerji depolama tekniklerinde yaşanan gelişmeler, şebekede meydana gelen gerilim düşmesi ve kesinti gibi durumlarda enerji sürekliliğinin sağlanması adına kesintisiz güç kaynağı olarak kullanılabilmekte ve güç kalitesi problemlerinin minimize edilmesine olanak sağlamaktadır. Enerji talebinin düşük olduğu zaman dilimlerinde üretilen enerji, enerji depolama sistemlerinde depolanabilmekte ve enerji talebinin yüksek olduğu puant zamanında, depolanan enerji şebekeye verilerek tepe yük kesme (peak shaving) işlemiyle (Şekil 2.10) puant talep karşılanabilmekte ve merkezi üretim yapan santraller üzerindeki zorlanma azaltılabilmektedir [22].

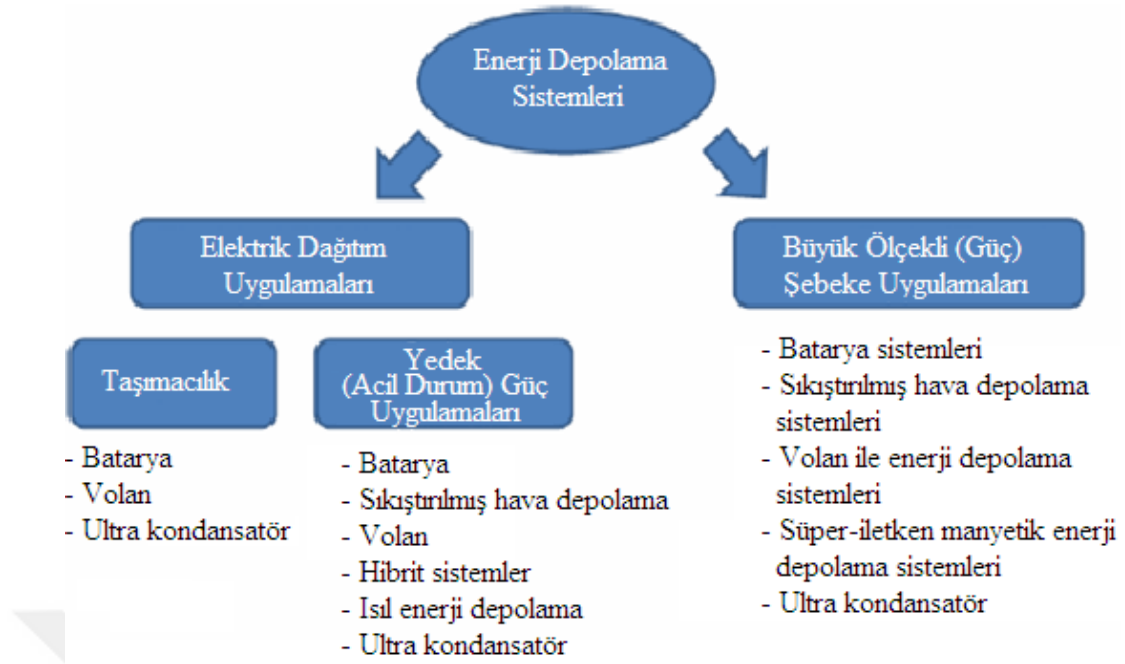


Şekil 2.10: Enerji depolama sisteminin tipik günlük elektrik yük eğrisine etkisi [22].

Enerji depolama sistemlerinin kısa ve uzun süre sisteme enerji sağlama, yenilenebilir enerji kaynaklı dağıtık üretim tesislerinin optimum işletilmesine ve şebekeye katılımına destek olma, güç kalitesinin iyileştirilmesi, arbitraj (ara kazanç), frekans ve gerilim regülasyonunda etkin olarak kullanılma gibi yararlarının olduğu ve gelecekte akıllı şebeke hedeflerinin gerçekleştirilmesinde kritik görevler üstleneceği değerlendirilmektedir [23].

Enerji depolama sistemi teknolojileri genel olarak elektriksel, kimyasal, ısıl ve mekanik enerji depolama sistemleri olarak sınıflandırılmaktadır. Kondansatörler, ultra kondansatörler, süper iletken manyetik enerji depolama sistemleri, elektriksel depolama olarak değerlendirilmekte, elektrikli araçlarda ve güç kalitesinin iyileştirilmesinde akıllı şebeke yapısı içerisinde kullanılmaktadır. Pompalı hidroelektrik depolama ve volanlar ile enerji depolama sistemleri mekaniksel enerji depolama sistemleri olarak değerlendirilmekte büyük ölçekli enerji şebekelerinde kullanılmaktadır. Lityum-iyon piller, sodyum piller, nikel-kadmiyum piller, yakıt hücreleri kimyasal enerji depolama teknolojileri arasında yer almaktadır ve elektrikli araçlarda uygulama alanı bulmaktadır. Isıl enerji depolama sistemleri ise, petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlardan ve atık ısıdan yararlanılarak enerji depolama olarak değerlendirilmektedir [24].

Şekil 2.11’de büyük güçlü şebeke ve dağıtım şebekesi yapısı içerisinde kullanılan enerji depolama sistemlerinin dağılımını gösteren bir diyagram bulunmaktadır [25].

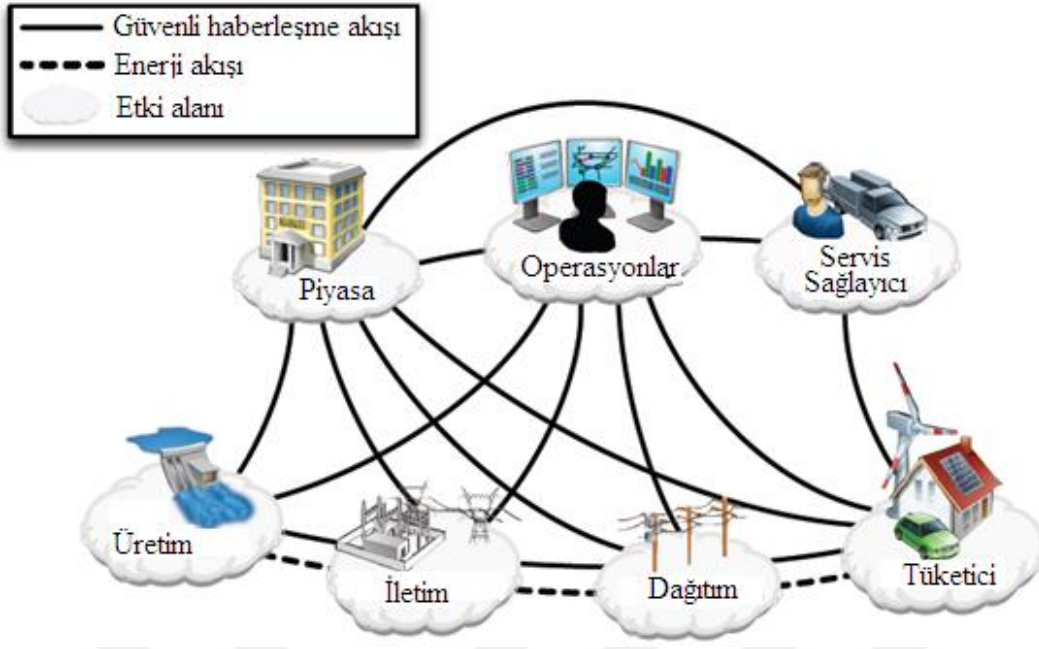


Şekil 2.11: Elektrik şebekelerinde kullanılan enerji depolama sistemi diyagramı.

2.2.7 Bilgi ve iletişim teknolojileri, siber güvenlik

Gelişen teknolojiyle beraber insan hayatının vazgeçilmez bir parçası haline gelen enerji üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda yenilenebilirlik, güvenilirlik, verimlilik, sürdürülebilirlik, çevresel duyarlılık gibi kavramlar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu çerçevede belirlenen hedeflerin gerçekleştirilmesi için klasik şebeke yapısının modernize edilerek akıllı bir yapıya dönüştürülmesi kapsamında bilgi ve iletişim teknolojisi cihazlarının, enerjinin üretimden son tüketiciye ulaştırıldığı ana kadar bütün aşamalarda kullanımı hızla artmaktadır. Uzaktan izleme ve kontrol olanağı sunan SCADA sistemleri, uzaktan kontrol edilebilen ve enerji şirketleri ile müşteriler arasında çift taraflı veri akışına izin veren akıllı sayaçlar, coğrafi bilgi sistemleri, dağıtım yönetim sistemleri, müşteri bilgi sistemleri gibi akıllı şebeke bileşenlerinin büyük bölümünde bilgi ve iletişim teknolojisi cihazları yoğun olarak kullanılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojisi tabanlı cihazların enerji sistemleri içerisinde yer almasıyla birlikte siber güvenlik konusu gündeme gelmektedir.

Siber güvenlik akıllı şebeke yapısının en önemli konularındandır. Şekil 2.12'de Amerikan Ulusal Standard ve Teknoloji Enstitüsü (NIST: National Institute of Standards and Technology) tarafından verilen akıllı şebeke referans modeli yer almaktadır. Akıllı şebeke yapısının dijital tabanlı elemanlarının güvenilirliği ve şebekeye katılımı için gerekli koruma siber güvenlik ile sağlanmaktadır [26].



Şekil 2.12: NIST akıllı şebeke referans modeli [26].

Akıllı şebeke altyapısı içerisinde, bilgisayarlar, SCADA vb. kontrol kumanda sistemleri, taraflar arasında bilgi alışverişini sağlayan kablolu ve kablosuz ağ teknolojileri ile donatılmış cihazlar kullanılmakta, iş akışı içerisinde sistemde otomatik olarak kayıt altına alınan, depolanan, operatörler tarafından sisteme girilen müşteri kişisel bilgileri ve enerji tüketim alışkanlıkları ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojisi tabanlı sistemi ve sistemde depolanan bilgileri korumak, gizliliği sağlamak, yetkili olmayan kişilerin sisteme girişine izin vermemek, siber güvenliğin amaçları arasında değerlendirilmektedir [27].

Elektrik şebekesine yapılan kötü amaçlı yazılım saldırıları ve iç sistemlere erişmek amacıyla yapılan siber saldırılar can güvenliğini, gizli kalması gereken özel mülkiyete ait bilgileri, enerji arzını tehdit etmekte ve finansal kayıpları beraberinde getirmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde akıllı sayaç kullanımının artmasıyla birlikte geleceğin akıllı şebeke yapısının en önemli yapıtaşlarında birisi de donanımsal ve yazılımsal olarak gerekli önlemler alınarak siber güvenliğin sağlanması olacaktır.

2.2.8 Akıllı şebeke standardizasyon çalışmaları

Akıllı şebeke hedeflerinin gerçekleştirilmesinde en kritik konulardan birisi birbirinden bağımsız sistemlerin iletişiminin sağlanarak güvenli, etkili ve verimli

haberleşme ağının kurulmasıdır. Klasik şebeke yapısının modernize edilerek daha akıllı bir yapıya dönüştürülmesi süreçlerinde, merkezi santrallerin, iletim sisteminin, dağıtım sisteminin, yenilenebilir enerji kaynaklı dağıtık üretim tesislerinin, akıllı sayaç sistemlerinin, kontrol kumanda görevi gören SCADA sistemlerinin geniş bir entegrasyon ağı içerisinde sorunsuz çalışabilmesi ve tüketicilere daha kaliteli enerji hizmetinin verilebilmesi için ülkelerin gereksinimlerini belirleyerek gerekli standardizasyon çalışmalarını yapmaları gerekmektedir.

IEC tarafından akıllı şebekelerle ilgili yapılan standardizasyon çalışmalarında, dağıtık enerji kaynakları, dağıtım yönetimi, dağıtım otomasyonu, trafo merkezi otomasyonu, gelişmiş sayaç altyapısı, talep tarafı ve yük yönetimi, kesinti yönetimi, akıllı ev ve bina otomasyonu, enerji depolama, elektromobilite ve durum izleme gibi konular öne çıkmaktadır.

Akıllı şebeke bileşenleriyle, alt sistemleriyle ilişkili IEC tarafından hazırlanan toplamda 100'ün üzerinde standart mevcuttur. IEC tarafından 2010 yılında hazırlanan "Akıllı Şebeke Standardizasyon Yol Haritası"nda aşağıdaki standartlar, akıllı şebeke yapısı açısından ana standartlar olarak belirtilmiştir:

- IEC 62357 Güç sistem kontrolü,
- IEC 61970 Enerji yönetim sistemi,
- IEC 61850 Trafo merkezlerinde haberleşme ve otomasyon,
- IEC 61968 Dağıtım yönetim sistemi,
- IEC 62351 Güç sistemleri yönetimi-veri ve haberleşme güvenliği,
- IEC 62056 Elektrik ölçümü-sayaç okuma, tarife ve yük denetimi için veri değişimi,
- IEC 61508 Güvenlikle ilgili elektrik/elektronik/programlanabilir elektronik sistemlerde fonksiyonel güvenlik [28].



3. AKILLI ŞEBEKE VE AKILLI SAYAÇ ÇALIŞMALARI

Teknolojinin geliŐmesiyle ve akıllı Şebeke teknolojilerinin uygulanabilir hale gelmesiyle birlikte dŐnyada birçok Őlke akıllı Şebeke hedefleri belirleyerek uygulama çalışmalarına başlamıştır. DŐnyada uygulamaya konulan akıllı projelerin hedefleri genel olarak, kayıp-kaçak oranlarının azaltarak enerjiyi verimli kullanmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının Şebekeye katılımlarını sağlayarak kaynakları daha verimli hale getirmek ve karbon salınımlarını azaltmak, iletim ve dağıtım sistemlerini geliŐtirerek enerji yönetimini sağlamak ve maliyetini azaltmak, ileri ŐlçŐm altyapısıyla talep tarafının da katılımını sağlamak, elektrikli araçları, akıllı binaları sisteme ekleyerek akıllı enerji yönetim sistemleri kurmak olarak belirlenmiştir. DŐnyada yapılan akıllı Şebeke çalışmaları incelendiğinde, akıllı sayaç uygulamalarının bu çalışmaların bŐyŐk bŐlŐmŐnŐ oluşturduğu gŐrŐlmektedir.

3.1 ABD ve DŐnyada Yapılan Çalışmalar

ABD: ABD’de klasik Şebekenin gözden geçirilmesi ve modernize edilmesi ile ilgili ilk çalışmalar 2003 yılında başlamıştır. Amerikan Enerji Bakanlığı (DOE: Department of Energy) tarafından 2003 yılında yerel ve merkezi yönetim temsilcilerinin, enerji Şirketlerinin Őst dŐzey yŐneticilerinin, bilgi teknolojisi Şirketlerinin, iŐçi sendikalarının, ilgili grupların, Őniversitelerin, ulusal laboratuvarların katılımıyla ‘‘Ulusal Elektrik Şebekesi Vizyonu Toplantısı’’ gerçekteŐirilmiŐtir. Bu toplantıda ulusal elektrik Şebekesinin modernizasyonu kapsamında 2010, 2020 ve 2030 yılına kadar yapılması gereken çalışmaları içeren, bŐtŐn tŐketicilere, kesintisiz, verimli, temiz, bol, ucuz, gŐvenilir ve dŐnya genelinde en yŐksek gŐvenlikli enerji hizmeti sağlama hedefleri doğrultusunda ‘‘2030 Şebeke Vizyonu’’ belirlenmiştir [29].

Akıllı Şebeke mevzuatı ise Amerikan Kongresinde 2007 yılında yŐrŐrlŐėe giren Enerji Bağımsızlığı ve GŐvenliėi Yasası (EISA: Energy Independence and Security Act) ile dŐzenlenmiŐ ve ulusal iletim ve dağıtım sisteminin gelecekte artacak olan talepleri de gŐvenilir ve gŐvenli bir Şekilde karŐılamasını sağlayacak Şekilde

iyileştirilerek modernize edilmesine karar verilmiştir. Elektrik şebekesinin güvenliği, güvenilirliği ve verimliliğini artırmak için dijital bilgi ve kontrol teknolojilerinin daha fazla kullanılması, şebeke faaliyetleri ve kaynaklarının siber güvenliğini sağlayarak dinamik optimizasyonu, yenilenebilir enerji kaynaklarını da içeren dağıtık üretim sistemlerinin şebeke entegrasyonunun sağlanması, gerçek zamanlı haberleşme altyapısı ile taraflar arası otomasyonun hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi, akıllı tüketici cihazlarının sisteme entegrasyonu bu yasa çerçevesinde belirlenen hedefler arasında yer almaktadır [30].

2011 yılında EPRI tarafından akıllı şebekelerin gereksinimleri, yatırım maliyetleri ve faydaları hakkında teknik bir rapor hazırlanmıştır. Hazırlanan teknik raporda 2030 yılına kadar iletim sistemini ve trafo merkezlerini, dağıtım sistemini ve dağıtık kaynakların şebeke entegrasyonunu, tüketicilerin entegrasyonunu ve otomasyonunu kapsayan yatırım maliyetlerinin toplamda 338-476 milyar dolar aralığında, sağlanan net faydanın ise 1294-2028 milyar dolar aralığında olacağı tahmin edilmektedir [5].

IEA tarafından 2011 yılında yayımlanan akıllı şebeke yol haritasına göre ABD’de 2009 yılında mevcut elektrik şebekesinin akıllı şebeke çalışmaları kapsamında modernize edilmesi için 1 milyar dolardan fazlası akıllı sayaç yatırımları için olmak üzere toplamda 4,5 milyar dolar ayrıldığı belirtilmiştir [8]. 2016 yılında ABD’de enerji şirketleri, enerji dağıtım şebekesinin akıllı şebeke çalışmaları kapsamında modernizasyonu üzerine yoğunlaşmış ve yapılacak çalışmalar için 32 milyar dolar bütçe ayrılmıştır [9].

2009 yılında DOE tarafından Akıllı Şebeke Yatırımları Teşvik Programı (SGIG: Smart Grid Investment Grant) ilan edilmiştir. Enerji iletim sistemleri, elektrik dağıtım şebekesi, gelişmiş sayaç altyapısı ve müşteri sistemleri konularında yapılacak olan akıllı şebeke yatırımlarına % 50 oranında finansal destek sağlanacağı açıklanmıştır. Enerji şirketlerinin % 50’si, akıllı sayaçları, iletişim sistemlerini, sayaç veri yönetim sistemini içeren gelişmiş ölçme altyapısı üzerine yatırım yapmayı tercih etmiştir [31].

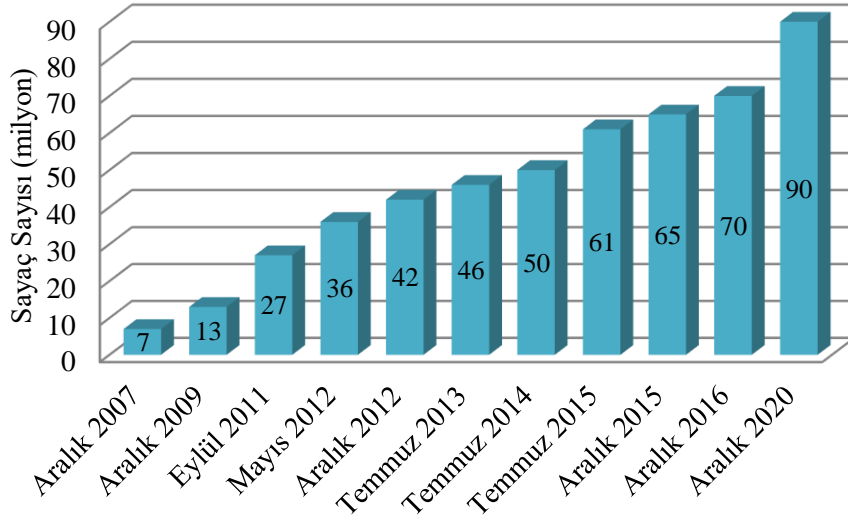
En yaygın kullanılan akıllı sayaç markaları % 40’lük pazar payı ile Itron, % 20’lik pazar payı ile Landis+Gyr, yaklaşık % 10’luk pazar payları ile GE ve Elster markalarıdır (Şekil 3.1). Kullanılan akıllı sayaçların ortak özellikleri genel olarak aşağıdaki gibidir:

- Çift taraflı okuma,
- Veri kayıt etme ve zaman aralıklı okuma,
- İletişim bağlantısı,
- Uzaktan açma/kesme,
- Kesinti tespit/raporlama,
- Müdahale/kaçak tespit,
- Uzaktan programlama,
- HAN desteği.



Şekil 3.1: ABD’de en çok tercih edilen akıllı sayaçlar.

2011 yılında ABD genelinde % 11 olan akıllı sayaç kullanım oranı 2015 yılı sonunda konutlarda % 50’yi geçmiştir. Şekil 3.2’de görüldüğü üzere ABD’de 2007 yılında başlayan akıllı sayaç kullanımı 2015 yılında yaklaşık 65 milyona ulaşmış bulunmakta ve 2020 yılına kadar da akıllı sayaç kullanımının 90 milyona çıkarılması hedeflenmektedir [9].



Şekil 3.2: ABD akıllı sayaç kurulum rakamları.

Amerikan Enerji Enformasyon İdaresi (EIA: Energy Information Administration) verilerine göre 2015 yılında 65 milyona yaklaşan akıllı sayaç kurulum rakamlarının sektörlere göre dağılımı Çizelge 3.1'deki gibidir [32].

Çizelge 3.1: 2015 yılı ABD'de kurulmuş akıllı sayaç sayılarının sektörlere göre dağılımı.

Mesken	Ticarethane	Sanayi	Ulaştırma	Toplam
57.107.785	7.324.345	310.889	813	64.743.832

Akıllı sayaçlar çift yönlü enerji akışına ve bilgi akışına olanak sağlamakta ve şebeke izlenebilirliğini geliştirmektedir. Dağıtık enerji kaynaklarının şebekeye bağlanması süreçlerinde enerji şirketlerine fonksiyonellik sağlama, müşteri hizmetlerini destekleme, yenilikçi fiyat politikalarının belirlenmesine, yük kontrolü ve enerji yönetimine olanak sağlama gibi özellikleri ile akıllı sayaçlar, ABD'de enerji şirketlerinin yatırımlarında önemli bir paya sahiptir. Akıllı şebeke teknolojisi yatırımlarının bir parçası olarak 4,8 milyon akıllı sayaç ve 36 bin akıllı cihaz kurulumu ile Florida Enerji ve Aydınlatma Şirketi (FPL: Florida Power & Light Company), 2015 yılında operasyonel maliyetlerini 46 milyon dolar azaltmıştır [9].

Akıllı sayaç ile elektrik tüketimi ve elektrik harcamaları arasındaki ilişki üzerine ABD'de Oklahoma Gaz ve Elektrik Şirketi (OG&E: Oklahoma Gas and Electric) tarafından toplam abone sayısının sekizde birine karşılık gelen 120.000 müşterinin katılımıyla "akıllı saatler (smart hours)" isimli başarılı bir çalışma yapılmıştır. Bu

çalışmanın hedefi müşterilere faturalarını yönetme ve enerji kullanımlarını hafta içi puant zamanı olan 14:00-19:00'dan diğer zaman dilimlerine kaydırma olanağı sunmaktır. Çalışmanın sonucunda “akıllı saatler” uygulamasına katılan müşterilerin puant yük talebinin düşmesine ve buna bağlı olarak ek bir enerji üretim tesisinin devreye alınması gereksiniminin ertelenmesine yardımcı olduğu, ayrıca çalışmaya katılan müşterilerin yaklaşık % 99'unun yük kaydırma sonucunda yıllık ortalama 150 dolar kazanç sağladığı görülmüştür [9].

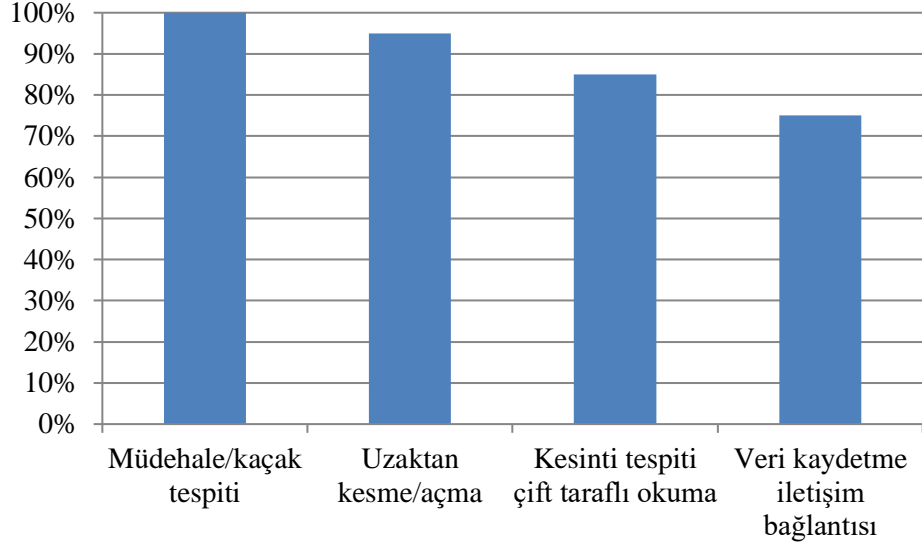
Yük kaydırma yönteminin potansiyel yararları üzerine Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT: Massachusetts Institute of Technology)'den Marija Ilic, Jason W. Black, Jill L. Watz tarafından Kaliforniya eyaletine ait enerji talep verileri kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Tüketiciler enerji tüketimlerini saatlik fiyat değişimlerine göre ayarlayabilmek için anlık fiyat bilgisine ulaşabilmektedir. Yapılan çalışmada tüketicilerin enerji taleplerini, enerji fiyatlarının yüksek olduğu puant zamanından, enerji fiyatlarının düşük olduğu diğer zaman dilimlerine kaydırması hedeflenmiştir. Kaliforniya'da yaz aylarında puant yük talebinin % 29'unu oluşturan klima tüketimi kontrol edilerek, yük kontrolünün etkisi incelenmiştir. Hava sıcaklığının 31°C (88°F) olduğu bir gün seçilerek, ilk olarak klima sürekli çalıştırılarak ev içi sıcaklığının 21°C (70°F) değerinde tutulması sağlanmış, elektrik tüketimi kaydedilmiştir. İkinci olarak ise ev içi sıcaklığının 20°C-22°C (68°F- 72°F) aralığında tutulması hedeflenmiş, elektrik tüketimi puant zamanı olan 13:00- 18:00 saatlerinin öncesine ve sonrasına kaydırılmıştır. Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere toplam tüketilen enerji miktarı neredeyse aynı olmasına rağmen, enerji fiyatının yüksek olduğu 13:00-18:00 arası, yük kaydırma yöntemiyle puant talep % 83 oranında azaltılmıştır. Tüketici tarafı için ise herhangi bir konfor azalması olmaksızın sadece klima enerji tüketiminin kontrolüyle enerji maliyetlerinde % 37'lik bir tasarruf sağlanmıştır [33].

M. Milam ve G. Kumar tarafından ABD'de 2014 yılında, DOE'nin internet sitesinde akıllı şebeke çalışmaları geri dönüşüm programı bölümünde yer alan, SGIG programından yararlanan enerji şirketlerinin katılımıyla akıllı sayaç sistemi uygulamaları, gelişimi ve etkileri ile ilgili farkındalık oluşturmak amacıyla bir araştırma çalışması yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre enerji şirketlerinin % 50'sinin, yapılacak yatırımın geri ödeme süresinin kısa olması ve operasyonel

Çizelge 3.2: Kesintisiz kullanım ve yük kaydırma durumlarında klima enerji tüketiminin ve enerji maliyetlerinin karşılaştırılması [33].

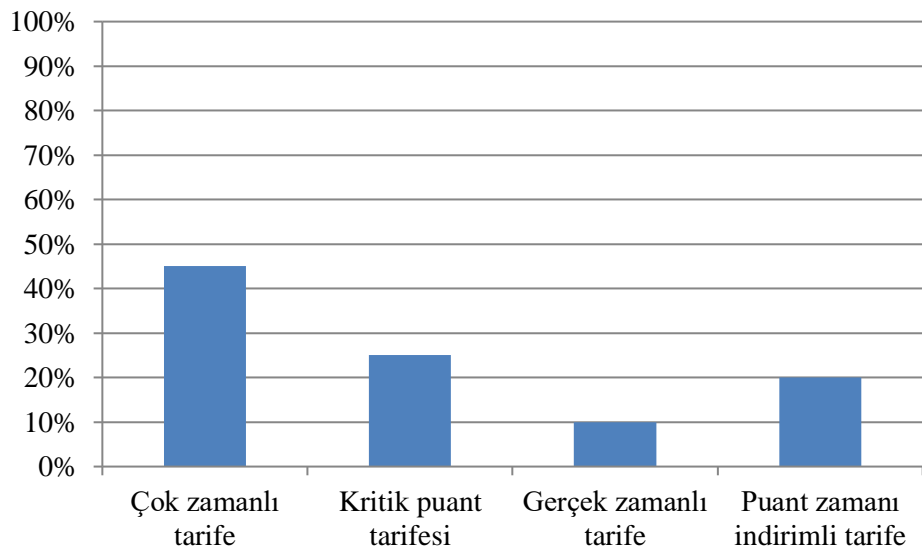
Saat	Fiyat (\$/MWh)	Kesintisiz Çalışma			Yük Kaydırma (Yük Kontrolü)		
		Sıcaklık (°F)	Harcanan Enerji (kWh)	Maliyet (\$)	Sıcaklık (°F)	Harcanan Enerji (kWh)	Maliyet (\$)
8	\$119,99	70	1,008	0,12095	68,15	3,600	0,43197
9	\$174,17	70	1,008	0,17557	68,00	1,320	0,22985
10	\$250,00	70	1,008	0,252	68,00	1,120	0,28000
11	\$358,39	70	1,008	0,36126	68,00	1,120	0,40140
12	\$636,97	70	1,008	0,64206	68,64	0,229	0,14606
13	\$749,99	70	1,008	0,75599	69,41	0,000	0,00000
14	\$749,99	70	1,008	0,75599	70,15	0,000	0,00000
15	\$749,99	70	1,008	0,75599	70,87	0,000	0,00000
16	\$750,00	70	1,008	0,756	71,55	0,000	0,00000
17	\$750,00	70	1,008	0,756	72,00	0,296	0,22186
18	\$749,99	70	1,008	0,75599	72,00	0,896	0,67199
19	\$749,99	70	1,008	0,75599	72,00	0,896	0,67199
20	\$627,37	70	1,008	0,63239	71,93	0,996	0,62489
21	\$413,17	70	1,008	0,41638	70,00	3,600	1,4874
Toplam			14,112	7,89266		14,073	5,16741

maliyetlerin azaltılması gibi ekonomik yararlarından ötürü akıllı sayaç yatırımlarını tercih ettiği görülmüştür. Akıllı sayaç kullanımı ile puant talebin azaltılmasına bağlı olarak daha düz bir yük eğrisinin oluşması, kesintilerden etkilenen bölgenin minimize edilerek daha kısa sürede yeniden enerjilendirme işleminin yapılması, yüksek oranlarda güvenilirliğin sağlanması gibi hususlar enerji şirketlerinin akıllı şebeke yatırımlarında öncelikli olarak akıllı sayaç üzerine yoğunlaşmasını etkileyen etkenler olarak belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre Şekil 3.3'te görüldüğü üzere akıllı sayaçların zaman aralıklı okuma, müdahale/kaçak tespiti özelliklerinin enerji şirketlerinin % 100'ü tarafından, uzaktan kesme/açma özelliğinin enerji şirketlerinin % 95'i tarafından, kesinti tespiti ve çift taraflı okuma özelliklerinin enerji şirketlerinin % 85'i tarafından, veri kaydetme ve iletişim bağlantısı özelliklerinin enerji şirketlerinin % 75'i tarafından kullanıldığı belirtilmiştir [34].



Şekil 3.3: Akıllı sayaçların özelliklerinin kullanım oranları.

Araştırma sonuçlarına göre aynı zamanda, akıllı sayaç kullanımının, enerji şirketlerinin tüketicilere farklı tarife olanakları sunmasına önemli katkıda bulunduğu da ifade edilmiştir. Enerji şirketlerinin % 45'i tüketicilere çok zamanlı tarife (TOU: Time of Use), % 25'i kritik puant tarifesi (CPP: Critical Peak Pricing), % 10'u gerçek zamanlı tarife (RTP: Real Time Pricing), % 20'si puant zamanı indirimli tarife (PTR: Peak Time Rebate) olanağı sunmuştur (Şekil 3.4). Bu tarifelerden RTP ve PTR'yi tercih eden tüketicilerde toplam enerji tüketimlerini azaltma eğilimi görülürken, TOU ve CPP'yi tercih eden tüketicilerde ise enerjinin daha ucuz olduğu zaman dilimlerine doğru yük kaydırma eğiliminin olduğu gözlemlenmiştir [34].



Şekil 3.4: Tüketicilere sunulan elektrik fiyat tarifelerinin tercih edilme oranları.

Sonuç olarak, dünyanın en çok enerji üreten ikinci ülkesi konumunda olan ABD’de akıllı şebeke ve akıllı sayaç yatırımları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde 2000’li yıllardan itibaren klasik şebekenin modernize edilerek daha akıllı bir yapıya dönüştürülmesi konusunda DOE’nin, enerji şirketlerinin, üniversitelerin, ulusal laboratuvarların vb. ilgili bütün paydaşların işbirliği ile planlanan çalışmaların çok ciddi bir sistematik içerisinde uygulandığı görülmektedir.

ÇİN: Çin dev ekonomisi ve nüfusu ile dünyanın en çok enerji üreten birinci ülkesi konumundadır. 2004 yılından itibaren endüstride meydana gelen hızlı gelişmelerden ötürü enerji üretim ve tüketim miktarı giderek artmaktadır. Akıllı şebeke çalışmaları Çin’de 2007 yılında başlamıştır. ABD ve Avrupa’da yapılan akıllı şebeke çalışmalarının ardından ise Çin Mayıs 2009’da akıllı şebeke çalışmalarını sıklaştıracaklarını açıklamıştır. Çin’in en büyük kamu elektrik dağıtım şirketi olan State Grid Corporation of China (SGCC), akıllı şebeke çalışmalarını üç aşamaya bölerek planlama ve test (2009-2010), kurulum ve geliştirme (2011-2015) ve yenileme (2016-2020) olarak tanımlamıştır. 2020 yılına kadar akıllı şebeke yatırımlarının toplamda 96 milyar doları bulması beklenmektedir. Çin’de enerji üretim kaynaklarının yerleşimine bakıldığında, hidroelektrik kaynaklarının büyük kısmının ülkenin batısında, kömür kaynaklı enerji üretim santrallerinin ise büyük kısmının ülkenin kuzeybatı bölgelerinde olduğu görülmektedir. Enerji talebinin büyük kısmı ise ülkenin doğu ve güney bölgelerinden gelmektedir. Enerji üretim kaynaklarının, enerji tüketiminin yoğun olduğu bölgelere uzak olmasından ötürü iletim kayıplarının kritik seviyelerde olduğu değerlendirilmektedir. Bu kapsamda Çin’de mevcut şebekenin modernizasyonu kapsamında yapılan çalışmalar, enerjinin verimli kullanılması, ultra yüksek gerilim hattı projeleri ile iletim hat kayıplarını azaltma ve kayıp oranı yüksek dağıtım trafolarının yerine yüksek verimli dağıtım trafolarının kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır [35].

Ekonomik büyümenin ve iklim değişiklikleri ile mücadele etmenin önemli etkenlerinden biri olarak değerlendirilen akıllı şebekeler, enerjinin daha verimli kullanılması ve çevre kirliliğinin azaltılması olanağı sunmaktadırlar. Enerjinin verimli kullanılması ile ilgili, Shenzhen Bilim ve Teknoloji Gelişim Komisyonu’nun desteklediği bir projede kapsamında bir konutta elektrik yük yönetiminin etkileri üzerine 2014 yılında bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada evde elektrik yükünü oluşturan cihazlar kesintisiz çalışması gerekenler (buzdolabı vb.), çalışma saatinin

tüketicinin istediği zaman dilimlerine kaydırılabileceği yük kaydırma olanağı sunan cihazlar (çamaşır/bulaşık makinesi vb.) ve her an açma/kapama olanağı sunan cihazlar (klima vb.) olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. Elektrik fiyat tarifesi olarak TOU kullanılmıştır. Yük yönetimi sonucunda, tüketicilerin evdeki cihazlarını gelişigüzel kullandığı duruma kıyasla enerji tüketiminde yaklaşık % 20 oranında, enerji faturasında ise yaklaşık % 23 oranında tasarruf sağlandığı görülmüştür [36].

HİNDİSTAN: Hindistan yaklaşık 1,3 milyarlık nüfusu ile Çin'den sonra dünyanın en çok nüfusa sahip ikinci ülkesidir. 2015 yılı verilerine göre ise dünya elektrik üretiminde Çin ve ABD'den sonra üçüncü ülke konumundadır. Hindistan Enerji Bakanlığı'nın istatistiklerine göre dünyada iletim ve dağıtım kayıplarının en fazla olduğu ülke, toplam elektrik üretiminin % 26'sı ile Hindistan'dır. Kaçak elektrik oranları da katıldığında bu miktarın % 50'lere kadar çıktığı belirtilmektedir. Hindistan'da akıllı şebeke çalışmaları 2008 yılında gerçekleştirilen "Smart Grids India" konferansı ile başlamıştır. Mevcut elektrik şebeke yapısının çok zayıf olması, şebeke elemanlarının aşırı yüklenmesi, ölçüm ve faturalandırma çalışmalarında hata oranlarının yüksek olması, reaktif güç kompanzasyon altyapısının zayıflığı, kaçak elektrik oranlarının yüksek olması gibi etkenler, yeni bir şebeke modelinin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu olumsuz durumların, enerji verimliliğine ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına olanak sağlayan akıllı şebeke çalışmaları açısından bir fırsat olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir [36].

JAPONYA: Japon Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı akıllı şebekeyi, ev enerji yönetim sistemi, bina enerji yönetim sistemi ve bölgesel enerji yönetim sisteminin birleşiminden oluşan "yeni nesil enerji" olarak tanımlamıştır. Akıllı şebeke yatırımlarına 1990'lı yıllarda başlayan Japonya, bu anlamda dünyada lider konumundadır. Modern bir yapıda olan enerji şebekesinin geliştirilmesi kapsamında yapılan çalışmalarda enerji şebekesinin optimum işletilmesi, dağıtık enerji kaynaklarının verimliliğini artırma, elektrikli araç şarj altyapısının güçlendirilmesi, akıllı bina ve akıllı ev projelerinin tamamlanması konuları ön plandadır. 2020 yılına kadar 2 milyon geleneksel şarj istasyonu ve 5 bin hızlı şarj istasyonu kurulması planlanmaktadır [37]. Japonya'da 2011 yılında meydana gelen Fukushima Daichii nükleer santral kazasından sonra nükleer enerjiye olan ilgi azalmış ve yenilenebilir enerjiye, özellikle de güneş enerjisine olan ilgi ise artmıştır. Akıllı şebeke yapısının geliştirilmesi kapsamında, güneş enerjisi üzerine enerji şirketlerinin yatırımlarının ve

kamu yatırımlarının toplamda 100 milyon doları geçmesi beklenmektedir. Ayrıca akıllı şebeke yatırımlarında çok ileri seviyelerde bulunan Japonya’da 2010 yılında akıllı şehir pilot uygulamalarına da başlanmıştır.

GÜNEY KORE: Güney Kore hükümeti 2009 yılında akıllı şebeke yol haritasını açıklamıştır. Bu kapsamda öncelikli olarak 2012 yılına kadar akıllı şebeke pilot projeleri uygulamalarının yapılması, kademeli olarak 2020 yılına kadar büyük şehirlerde, 2030 yılına kadar da ülke genelinde akıllı şebeke yapısına geçilmesi düşünülmektedir. Bu yol haritasına göre Güney Kore 2030 yılına kadar, enerji dağıtımını daha verimli hale getirme ve sera gazı salınmasını azaltma gibi hedeflerle toplamda 7 milyar doların üzerinde yatırım yaparak akıllı şebeke yapısına tamamen geçmeyi planlamaktadır. Bu kapsamda ilk olarak Güney Kore’nin en büyük elektrik enerji şirketi olan Korean Electric Power Corporation (KEPCO)’nun yürütücülüğünde Aralık 2009 ile Mayıs 2013 tarihleri arasında “Jeju Adası Akıllı Şebeke Pilot Uygulaması” yapılmıştır. Yapılan pilot projeye yerli ve yabancı olmak üzere toplamda 168 şirketin katılımı sağlanmıştır. Toplam bütçesi yaklaşık 240 milyon dolar olan projede 2 trafo merkezi, 4 dağıtım hattı ve 6000 hane yer almıştır. Proje akıllı şebeke, akıllı alan, akıllı taşımacılık, akıllı yenilenebilir kaynaklar, akıllı elektrik hizmetleri başlıkları altında yürütülmüş ve akıllı sayaçlardan, elektrikli araçlara, enerji depolama sistemlerinden iş modellerine, talep yanıt programlarına kadar birçok donanımın, otomasyon ve yönetim sisteminin uygulanması ve test edilmesi olanağı bulunmuştur [38]. KEPCO bu projeden hareketle, akıllı şebeke mimarisinin 2020’ye kadar büyük şehirlerde, 2030’a kadar da ülke genelinde uygulamasının yapılması noktasında çalışmalarına devam etmektedir.

AVUSTRALYA: Avustralya’da akıllı sayaç çalışmaları 2006 yılında Victoria eyaletinde fayda- maliyet analizleri yapılarak başlamıştır. 2009 yılında Avustralya Enerji Düzenleme Kurulu tarafından tüketicilere akıllı sayaç kullanma zorunluluğu getirilmiştir. Akıllı şebeke çalışmalarında genel olarak dağıtım şebekesinin güvenilirliği, akıllı sayaç altyapısının geliştirilmesi, güneş enerjisi santralleri, ulusal genişbant ağı, elektrikli araç konuları ön plana çıkmaktadır [39]. Avustralya hükümeti 2009 yılında “Akıllı Şebekeler, Akıllı Şehirler” adlı bir yatırım teşvik programı yayımlamış ve enerji sektörüne yapılacak yatırımlarda toplamda 100 milyon Avustralya doları bütçe ayırmıştır.

Sydney Üniversitesi'nden Yuan Zhang, Ke Meng, Zhao Yang Dong 2016 yılında konutlarda elektrik harcamalarını azaltmak amacıyla, konutlarda yük kullanım takvimi konulu bir optimizasyon çalışması yapmışlardır. Yapılan çalışmada elektrik fiyat tarifesi olarak TOU kullanılmıştır. Önerilen model, Avustralya'nın New South Wales eyaletinde bir konutta yerleşik bulunan tüketicinin Haziran 2013 ile Şubat 2014 tarihleri arasında "Akıllı Şebekeler, Akıllı Şehirler" projesi kapsamında kaydedilen enerji kullanım verileri üzerinde test edilmiş ve bir durum çalışması gerçekleştirilmiştir. Kullanım zamanının tüketici tarafından ayarlanabilir olması nedeniyle durum çalışmasında yük takvimi belirlenen elektrikli cihazlar çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, kurutma makinesi ve havuz pompası olmuştur. Tüketicinin günlük enerji harcamalarını azaltmak amacıyla, evrimsel algoritma kullanılarak söz konusu elektrikli cihazlar için optimum çalışma takvimi belirlenmiştir. Çizelge 3.3'te cihazların rastlantısal kullanılması durumunda ve optimizasyon sonucunda belirlenen takvime göre kullanılması durumunda, çalıştırılmaya başlanılan zamanlar ve enerji maliyetleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Cihazların optimizasyon ile belirlenen takvime göre kullanılması durumunda enerji harcamalarında günlük % 4,75 oranında tasarruf sağlanabileceği görülmüştür [40].

Çizelge 3.3: Optimizasyon öncesi ve sonrası, cihazların kullanım zamanları ve enerji maliyetleri [40]

Cihaz	Rastlantısal Çalışma Takvimi		Optimum Çalışma Takvimi	
	Çalıştırma Zamanı	Maliyet (cent)	Çalıştırma Zamanı	Maliyet (cent)
Çamaşır Makinesi	11:01	1,28	06:09	0,88
Kurutma Makinesi	12:32	31,28	07:29	26,36
Bulaşık Makinesi	10:00	26,87	22:00	14,96
Havuz Pompası	07:39	121,22	07:10	109,59

Avustralya'da 2014 yılında yapılan konutlarda enerji yönetiminin önemine dikkat çeken başka bir çalışmada, evlerde enerji verimliliği yüksek cihazların kullanılması, tüketicilerin elektrik kullanım alışkanlıklarını gözden geçirmesinin gerekliliği, cihazların bekleme konumunda bırakılmaması, yük kaydırma yöntemiyle enerji harcamalarını azaltma ve şebeke üzerindeki puant talebi düşürme gibi konuların üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda evlerde kullanılan elektrikli cihazların günlük enerji tüketim durumları izlenmiştir. Çalışmanın sonucunda bir hanede yük kaydırma

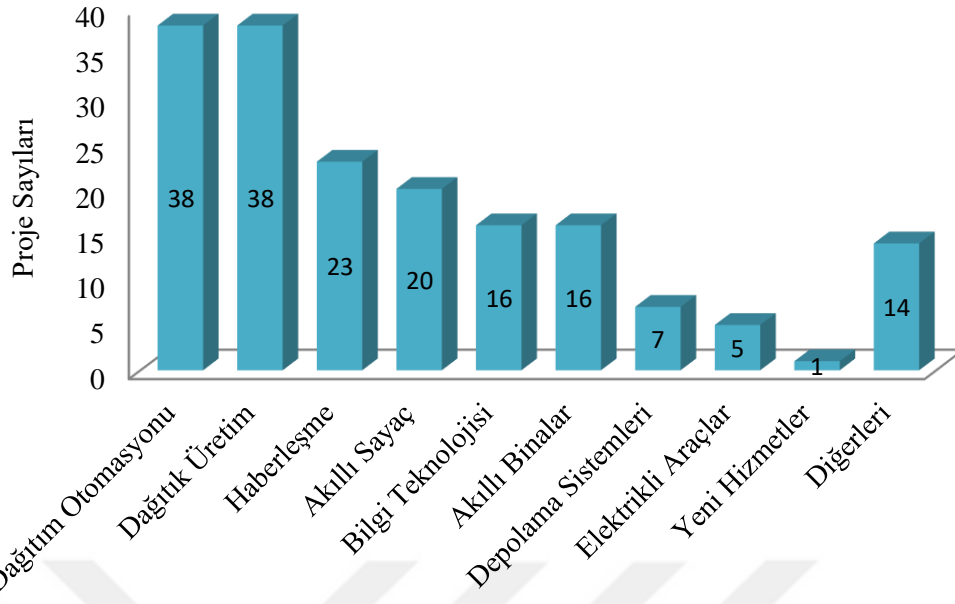
yöntemiyle yıllık enerji giderlerinin 134 dolar azaltılabileceği, cihazların bekleme durumunda bırakılmasının kontrol edilmesiyle günlük enerji talebinin toplamda % 12,6 oranında azaltılabileceği ve böylelikle enerji kaynaklı sera gazı salımının yılda 133,08 kg azaltılabileceği belirtilmiştir [41].

BREZİLYA: Brezilya’da enerji şirketlerinin büyük bölümü tarafında akıllı şebeke çalışmaları yürütülmektedir. Brezilya hükümeti akıllı şebeke yatırımlarının iletişim altyapısı çalışmalarını “APTEL” firması ile birlikte yürütmektedir. Rio de Janeiro’da, İspanyol “ENDESA” şirketi tarafından satın alınan, elektrik dağıtım şirketi “AMPLA” tarafından, ağ güvenliğinin sağlanması ve kaçak elektrik kullanımının engellenmesi üzerinde yoğunlaşarak akıllı sayaç yatırımları yapılmaktadır. Sao Paulo’da elektrik dağıtım şirketi “AES Eletropaulo” tarafından akıllı şebeke çalışmaları yapılmaktadır. Akıllı şebeke yatırımları kapsamında 2021 yılına kadar ülke genelinde toplamda 63 milyon akıllı sayacın devreye alınması planlanmaktadır.

Brezilya’da akıllı şebeke yatırımlarıyla temel olarak, operasyonel maliyetleri azaltılmak, şebeke varlıklarının etkin yönetmek, tüketicilere daha kaliteli enerji sağlanmak, ticari ve teknik kayıpları azaltmak hedeflenmektedir. Brezilya Enerji Düzenleme Kurumu (ANEEL: Agencia Nacional de Energia Electrica) akıllı şebeke programını yedi başlık altında yürütmektedir:

- Proje yönetimi ve entegrasyon,
- Akıllı sayaç altyapısı,
- Otomasyon,
- Üretim, dağıtım, enerji depolama ve elektrikli araçlar,
- Bilgi teknolojisi sistemleri ve iletişim altyapısı,
- Kamu politikaları ve düzenlemeleri,
- Tüketici.

Yukarıda söz edilen hedefler ve başlıklar doğrultusunda, pek çok enerji şirketi tarafından akıllı şebeke çalışmaları kapsamında yürütülen toplamda 410 milyon R\$ (Brezilya Doları) bütçeli 178 projenin konulara göre dağılımı Şekil 3.5’teki gibidir [42].



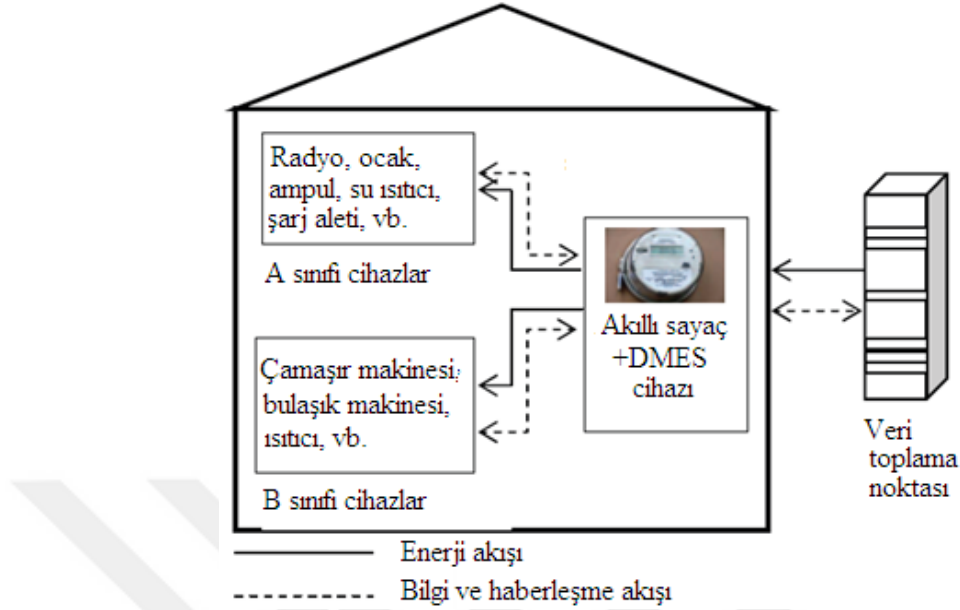
Şekil 3.5: Brezilya’da akıllı şebeke çalışmaları kapsamında yürütülen projelerin konulara göre dağılımı [42].

RUSYA: Rusya dünyada elektrik üretiminde ilk beş ülke arasında yer almaktadır. Rusya’da elektrik şebekesinin son 20 yıldaki gelişimine bakıldığında, özellikle Avrupa ülkelerine kıyasla daha ağır ilerleyen bir yenilenme sürecinde olduğu görülmektedir. Eskiye şebeke yapısı nedeniyle kayıp oranları % 15’lere yaklaşmakta ve sistem güvenilirliği azalmaktadır. Bu açıdan Rusya hükümeti enerji şebekesinin modernizasyonu çalışmalarında, enerji verimliliğini % 40’lara çıkarmayı, enerji tüketimi yüksek olan akkor telli lambalar vb. yerine enerji verimli ürünlerin kullanımını yaygınlaştırmayı, endüstride ve konutlarda akıllı sayaç yatırımları yaparak akıllı sayaç kullanımını teşvik etmeyi planlamaktadır. Elektrik şebekesinin modernizasyonu kapsamında akıllı bir yapıya geçmenin, şebeke yatırımlarında % 25 oranında tasarruf olanağı sunacağı belirtilmektedir. 2009 yılında Rusya’da, 20 kV (kilovolt)’luk yüksek-sıcaklıklı süper iletken kablunun testleri başarıyla gerçekleştirilmiştir. Çevresel tehlikelere ve yangın tehlikesine karşı daha dayanıklı, daha uzun ömürlü olan 20 kV’luk yüksek-sıcaklıklı süper iletken kablunun kullanımıyla birlikte, iletim kayıplarının azaltılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Rusya hükümeti 2009 yılında hidroelektrik kaynaklar hariç olmak üzere, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretiminde % 1,5 olan payını, 2020 yılında % 4,5’a çıkarmayı planlamaktadır [43].

GÜNEY AFRİKA: Dünyada enerji üretiminde ilk 20 ülke arasında yer alan tek Afrika ülkesi Güney Afrika'dır. Güney Afrika elektrik şebekesi gelişimi incelendiğinde, son yüzyılda yapılan yenileme çalışmalarına rağmen şebekenin temel yapısının, enerjinin merkezi üretim santrallerinde üretilerek, tek yönlü iletim ve dağıtım sistemi ile son tüketiciye ulaştırıldığı klasik şebeke yapısında olduğu görülmektedir. Güvenilir ve yüksek kalitede enerji gereksinimi her geçen gün artmaya devam ederken Güney Afrika'nın mevcut enerji şebekesi ihtiyaca cevap verememektedir. Güney Afrika elektrik kamu kurumu ESKOM 2007 yılında ülkedeki enerji üretiminin tüketimi karşılayamayacak durumda olduğunu ilan etmiş ve 2008 yılında, yaşanan enerji kesintileri nedeniyle, ekonomik büyüme oranı % 5,4'ten % 1,57'ye düşmüştür. Avrupa ülkelerinde ve ABD'de uygulaması yapılan akıllı şebeke projelerinden yola çıkarak Güney Afrika kendi akıllı şebeke yol haritasını çizmektedir. Tüketicilerin kendi enerji tüketim miktarları ile ilgili bilgilere çevrimiçi olarak erişebilirliğini sağlamak, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimde payını artırarak sera gazı salınmasını azaltmak, tüketicilere kesintisiz ve güvenilir enerji sağlamak, Güney Afrika akıllı şebeke çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu kapsamda akıllı şebeke gelişimi incelendiğinde ilk olarak 2006 yılında Güney Afrika Standartları Bürosu (SBSA: Standards Bureau of South Africa) tarafından NRS071 numaralı büyük güç tüketicileri için ileri sayaç okuma ve 2010 yılında NRS049-1 numaralı gelişmiş ölçme altyapısı ile ilgili standartlar yayınlanmıştır. 22 Mayıs 2012 yılında Güney Afrika Ulusal Enerji Gelişim Enstitüsü (SANDI: South Africa National Energy Development Institute) çatısı altında, Güney Afrika Akıllı Şebeke Girişimi (SASGI: South Africa Smart Grid Initiative) kurulmuştur. SASGI, Güney Afrika'da akıllı şebeke çalışmalarını planlamakta ve yürütmektedir. 2030 yılına kadar mevcut şebekenin Güney Afrika'nın ihtiyaçlarına cevap verebilecek nitelikte, üretimden son tüketiciye kadar yeni nesil teknolojinin kullanılmasıyla akıllı bir yapıya dönüştürülmesi planlanmaktadır [44].

Johannesburg Üniversitesi'nden bir grup akademisyen 2015 yılında yayınlanan "Akıllı Evlerde Verimli Enerji Tüketim Takvimi" konulu bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada gelir düzeyi düşük hane halkının enerji harcamalarını aylık kazançlarının % 10'u geçmeyecek şekilde kontrol etmek amacıyla, tüketicilerin akıllı sayaçlarına günlük maksimum enerji takvimini ayarlayabilen (DMES: Daily

Maximum Energy Scheduling) bir cihaz yerleştirilmiştir (Şekil 3.6). Evdeki elektrikli cihazlar kullanım önceliklerine göre sınıf A ve sınıf B şeklinde kategorize edilmiştir.



Şekil 3.6: Akıllı sayaca yerleştirilen DMES cihazı ile kurulan model.

Gelir seviyesi düşük ailelerin, aylık ortalama gelirinin % 10'u Güney Afrika Reklam Araştırma Kurumu (SAARF: South African Advertising Research Foundation) verilerine göre 200 rand (R) olarak belirlenmiştir. Cihazların enerji tüketim miktarları, kullanım öncelikleri, günlük maksimum enerji tüketimi sınırları kullanılarak, enerji harcamalarını üst sınır seviyesinde tutmak amacıyla optimizasyon çalışması yapılmıştır. Önerilen model bir yıl boyunca gelir seviyesi düşük 15 ailenin katılımıyla test edilerek, tüketicilerin akıllı sayaçlarına yerleştirilen DMES cihazının enerji tüketimine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak katılımcıların % 33'ünde enerji harcamalarının kurulan model ile aylık gelirlerinin % 10'unun altına düşürüldüğü görülmüştür [45].

3.2 Avrupa Birliği Ülkelerinde Akıllı Şebeke ve Akıllı Sayaç Çalışmaları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve dağıtık enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonlarının sağlanması konulu ilk uluslararası konferansta, 2004 yılında Avrupa'da, sanayi kuruluşları ve araştırma topluluklarının önerileriyle elektrik şebekesinin geleceği ile ilgili çalışmalar yapmak üzere "Avrupa Akıllı Şebekeler Teknoloji Platformu (ETP SG: European Technology Platform Smart Grid)" kurulması önerilmiştir. ETP SG ilk çalışmalarına 2005 yılında başlamış, 2020 ve

sonrası için Avrupa’da enerji şebekesinin gelişim vizyonunu ortaya koymuştur. Akıllı şebeke yapısıyla birlikte tüketicilere esnek, verimli, sürdürülebilir, ekonomik ve güvenli enerji sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Bu çerçevede Avrupa Birliği enerji politikalarının üç temel amacı bulunmaktadır:

- Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde, sera gazı salımının azaltılarak çevrenin korunmasına katkıda bulunmak,
- Enerji arz güvenliğini temin etmek,
- Enerji verimliliğinin sağlanması ile AB ülkelerinin rekabet gücünü artırmak.

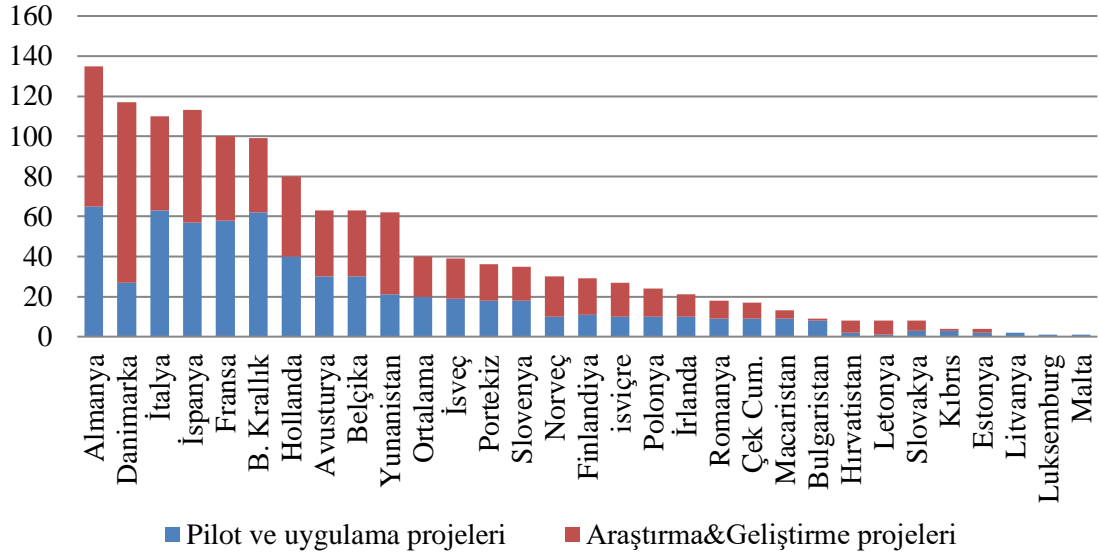
Bu kapsamda Avrupa Birliği’nde akıllı şebeke yatırımlarının 2020 yılına kadar, toplam enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını % 20’ye çıkarma, CO₂ salınmasını % 20 azaltma ve enerji verimliliğinde % 20 artış sağlama hedefleri doğrultusunda şekillendiği görülmektedir. 2014 yılında gerçekleştirilen AB Konseyi toplantısında ise 2030 yılına yönelik iklim ve enerji politikalarının çerçevesi, CO₂ salınmasını 1990 seviyesine kıyasla % 40 azaltmak, toplam enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını % 27’ye çıkarmak, enerji verimliliğini en az % 27 oranında artırmak olarak öngörülmektedir.

ETP SG tarafından 2007 yılında açıklanan “Stratejik Araştırma Ajandası (SRA: Stratejik Research Agenda)”nda akıllı şebeke çalışmaları kapsamında, araştırma ve çalışma yapılacak konular aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır:

- Talep tarafının katılımına ve dağıtık üretim kaynaklarının entegrasyonuna olanak tanıyan akıllı dağıtım altyapısı,
- Akıllı işletme, üretimden depolamaya gelişmiş enerji yönetimine olanak sağlayan çift yönlü enerji akışı, tüketici odaklı pazarlama stratejileri
- Akıllı şebeke iletim ve dağıtım sistemi varlıkları ve varlık yönetimi,
- İzlenebilirlik, gelişmiş iletim ve dağıtım sistemi yönetimi ve birlikte çalışabilirlik,
- Akıllı şebeke enerji depolama sistemleri, bilgi ve iletişim teknolojileri, yasal düzenlemeler, katalizörler [46].

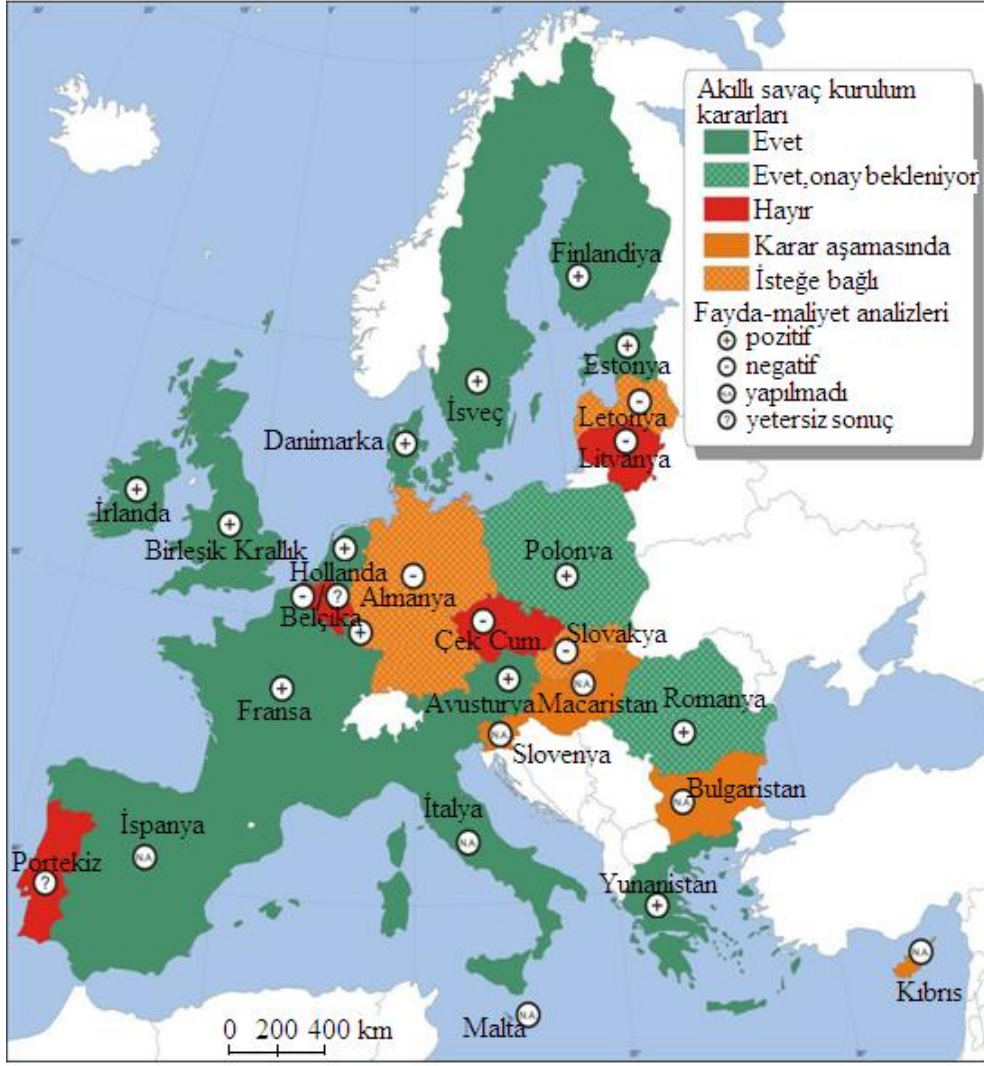
2014 yılında Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (JRC: Joint Research Center) hazırlamış olduğu “Akıllı Şebeke Projeleri” raporunda 2002-2014 arasında Avrupa’da 47 ülkede 459 akıllı şebeke projesi için toplamda 3,15 milyar avro yatırım yapıldığını belirtmiştir. Toplamda 459 akıllı şebeke projesinin, 211’ini 830 milyon

avro yatırım bedeliyle araştırma & geliştirme çalışmaları, 248'ini 2,32 milyar avro yatırım bedeliyle pilot projeler ve uygulama projeleri oluşturmaktadır. 2014 yılına kadar gerçekleştirilen projelerin ülkelere göre dağılımı Şekil 3.7'deki gibidir [47].



Şekil 3.7: 2014 yılına kadar gerçekleştirilen projelerin ülkelere göre dağılımı.

2009 yılında, Avrupa Birliği Konseyi tarafından kabul edilen 3. Enerji Paketi doğrultusunda hazırlanan, elektrik piyasasındaki ortak kuralların yayımlandığı 2009/72/EC yönergesinde, tüketicilerin elektrik piyasasına aktif katılımının sağlanması amacıyla AB üyesi ülkelerin akıllı sayaç yatırımlarını ön plana alması gerektiği ifade edilmiştir. Aynı yönergede, akıllı sayaç çalışmalarının, fayda-maliyet analizleri ile desteklenerek sonuçların pozitif çıktığı ülkelerde 2020 yılına kadar akıllı sayaçların % 80 oranında yaygınlaştırılması gerektiği belirtilmiştir. Bu çerçevede akıllı sayaçlarla toplanan verilerin ve tüketicilerin kişisel bilgilerinin korunması konusu gözetilerek, enerji hizmetlerinin geliştirilmesi, talep tarafının katılımının sağlanması ve dinamik tarifelerin desteklenmesi suretiyle AB üyesi birçok ülkede fayda-maliyet analizleri yapılmakta ve akıllı sayaç uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Şekil 3.8'de Temmuz 2013 itibariyle fayda-maliyet analizlerinin ve sonuçlarının üye ülkelerdeki genel durumu gösterilmiştir [47].



Şekil 3.8: AB ülkeleri akıllı sayaç fayda-maliyet analizleri ve akıllı sayaç kurulumu 2020 perspektifi [47].

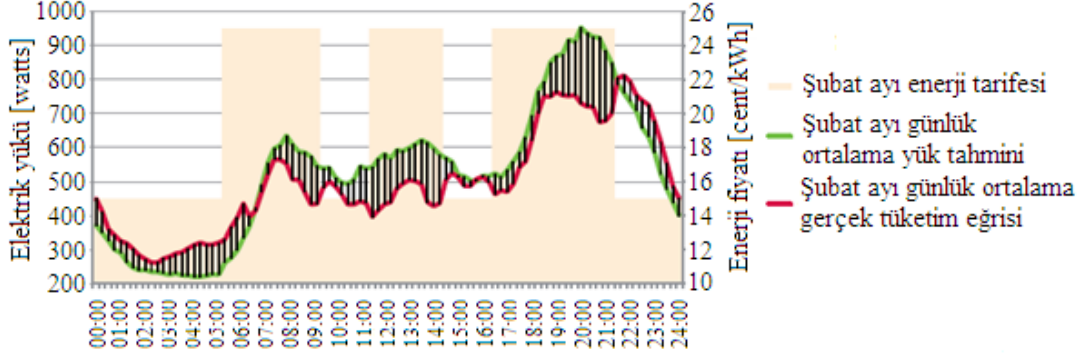
ALMANYA: Almanya, yıllık 625 TWh (Terawatt hour) elektrik enerjisi üretimi ile Avrupa'nın en büyük enerji pazarına sahiptir. Alman enerji pazarı 1998 yılında tamamen liberalleşmiştir. 2006-2015 yılları arasında Alman hükümeti akıllı şebeke çalışmaları kapsamında, araştırma & geliştirme çalışmaları, pilot projeler ve uygulama projeleri için enerji sektörüne toplamda 6,4 milyar avro destek vermiştir. Çevre dostu, güvenilir ve ucuz enerji sağlama projeleri için 2016-2025 yılları arasında 400 milyon avro, güneş ve rüzgar enerjisi santrallerinin yeni nesil bilgi ve iletişim teknolojisi cihazlarının kullanımıyla şebekeye entegrasyonlarının sağlanarak optimum işletilmesiyle "tüketim odaklı üretim" anlayışından "üretim odaklı tüketim" anlayışına geçiş çalışmalarıyla ilgili olmak üzere 2016-2020 yılları arası enerji sektörüyle birlikte toplamda 600 milyon avro yatırım yapılması planlanmaktadır.

Alman Enerji Kurumu (DENA: Deutsche Energie Agentur) tarafından yürütülen ve 2005 yılında başlatılan “DENA I Akıllı Şebeke Projesi” kapsamında, proje sonuçları değerlendirilerek 2004 yılında toplam üretimde % 10 olan yenilenebilir enerjinin payını, eskiyen santrallerin yerine yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin kurularak 2020’ye kadar % 20’ye çıkarmak için stratejiler ortaya konulmuştur. 2010 yılında başlatılan “DENA II Akıllı Şebeke Projesi” ile de rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklı üretimi 2020 yılına kadar % 39’lara çıkarmak, dağıtık üretim kaynaklarının şebeke entegrasyonları için 1700-3600 km arası çok yüksek gerilim hattının ilavesi ile şebeke altyapısını güçlendirmek ve farklı enerji tarifeleri ile tüketicilere tercihlerinde esneklik sağlamak hedeflenmiştir.

2008-2013 yılları arasında E-Energy programı kapsamında 6 bölgede “eDeMa, eTelligence, MeRegio, Model town Mannheim (MOMA), RegModHarz, SmartWatts” olarak isimlendirilen 140 milyon avro bütçeli akıllı şebeke pilot çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda üzerinde durulan konu başlıkları aşağıdaki gibidir:

- Enerji verimliliği,
- Yenilenebilir enerji şebeke entegrasyonu,
- Dağıtık enerji üretimi,
- Arz güvenliği,
- Liberal enerji piyasası,
- Enerji depolama sistemleri,
- Yük esnekleştirme,
- Bilgi teknolojileri ve veri güvenliği,
- Bilgi ve iletişim teknolojileri mimarisi,
- Akıllı ölçme.

Bu çalışmalardan MOMA uygulamasında, akıllı ev aletlerinin verimli kullanılması için 200 konuta “energy butler” isimli, şebeke ile ev arasında bilgi akışını sağlayan bir cihaz kurulmuştur. Cihaza gelen enerji fiyat bilgisine göre tüketiciler tüketimlerini ayarlayabilmektedir. Şekil 3.9’daki grafikte görüldüğü üzere, akıllı sayaçlar ve “energy butler” cihazı kullanılarak üretici ile tüketici arasında gerçek zamanlı enerji tüketim ve fiyat bilgilerinin paylaşılması sonucunda tüketicilerin, yük kaydırma yöntemiyle tüketimlerini, enerji fiyatının yüksek olduğu zaman dilimlerinden enerji fiyatının düşük olduğu zaman dilimlerine doğru kaydırması görülmüştür [48].



Şekil 3.9: İş günleri aylık ortalama beklenen ve yük kaydırma sonucu gerçekleşen yük eğrisi [48].

FRANSA: 2014 yılı Avrupa Birliği JRC “Akıllı Şebeke Projeleri” raporuna göre Fransa, toplamda 100’e yakın araştırma & geliştirme, pilot ve uygulama projeleri için harcadığı yaklaşık 500 milyon avro ile Avrupa’da akıllı şebeke çalışmalarına en yüksek bütçe ayıran ülke olmuştur [47]. Fransa’da 2010 yılında çıkarılan yasa ile akıllı sayaç kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Bu kapsamda Fransa Elektrik Dağıtım Şirketi (ERDF: Electricite Reseau Distribution France), “Linky” akıllı sayaç pilot projesi ile ilk aşamada yapılan araştırma & geliştirme çalışmalarından sonra, Tours ve Lyon şehirlerinde 300 bin akıllı sayaç ve 5 bin veri toplayıcı kurulumu yapmıştır. Akıllı sayaçlar ile veri toplayıcılar arasında iletişimi sağlamak için PLC teknolojisi kullanılmıştır. Veri toplayıcılar ile de merkezi birimler arasında GPRS teknolojisi ile iletişim sağlanmıştır. Pilot proje sonuçlarına göre ERDF akıllı sayaç yatırımlarına devam etmiş ve 2015 yılı verilerine göre Fransa’da akıllı sayaç yatırımlarında toplam 10 milyon rakamına ulaşılmıştır. 2020 yılına kadar da % 95 oranında akıllı sayaç kurulumunun gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

İTALYA: İtalyan enerji pazarı ilk olarak 1999 yılında liberalleşmeye başlamış ve akıllı sayaç yatırımlarıyla beraber Temmuz 2007’den beri de tamamen liberal bir yapıya dönüşmüştür. İtalya’da akıllı şebeke çalışmaları, İtalyan elektrik dağıtım şirketi ENEL tarafından 2001 yılında başlatılan “Telegestore” projesiyle akıllı sayaç yatırımları üzerinde yoğunlaşmıştır. 2006 yılında tamamlanan proje ile toplamda 29,8 milyon akıllı sayaç kurulumu yapılmıştır (Çizelge 3.4). Proje kapsamında araştırma-geliştirme harcamaları, akıllı sayaçların üretimi ve kurulumu, veri toplayıcıların (konsantratör) üretimi ve kurulumu, bilgi teknolojisi sistemlerinin geliştirilmesi konularında toplamda 2,1 milyar avro yatırım yapılmıştır. Bu projenin iki ana hedefi sayaç okuma maliyetlerinin azaltılması ve kaçak elektrik kullanımına

bağlı kayıpların azaltılması olarak belirlenmiştir. Başarılı bir şekilde tamamlanan “Telegestore” projesi ile genel olarak aşağıdaki konularda yarar sağlanmıştır:

- Uzaktan sayaç okuma, enerji kesme/açma,
- Tüketicilere günlük, haftalık, aylık ve mevsimsel olarak esnek fiyat tarifelerinin sunulması,
- Kayıp/kaçak kullanımın engellenmesi,
- Enerji kalitesinin izlenmesi,
- Gerçek zamanlı okuma ile yük yönetiminin yapılması,
- Enerji piyasasının liberalleşmesinin desteklenmesi,
- Müşteri yönetim sisteminin geliştirilmesi [49].

Çizelge 3.4: 2001-2006 arası “Telegestore” projesi kapsamında akıllı sayaç kurulumu

Yıllar	ENEL Telegestore Projesi				
	2001	2003	2004	2005	2006
Kurulumu yapılan sayaç sayısı	150.000	13.000.000	21.000.000	27.000.000	29.800.000
Uzaktan yönetilebilen sayaç sayısı	-	10.000.000	18.800.000	26.000.000	28.800.000

İSPANYA: 2008 yılında İspanya hükümeti, enerji dağıtım şirketlerine, tüketicilere herhangi bir bedel yansıtılmadan, 31 Aralık 2018 tarihine kadar mevcut sayaçları akıllı sayaçlarla değiştirme zorunluluğu getirmiştir. Bu kapsamda İspanya'nın en büyük enerji dağıtım şirketi ENDESA, İtalya'da ENEL projesinde kullanılan teknolojiyi kullanarak 2010-2015 yılları arasında 11 milyon akıllı sayaç kurulumu yapacağını açıklamıştır. 2016 Şubat itibariyle ENDESA, 11,6 milyon müşterisinden 7 milyonunun sayaçlarını akıllı sayaç ile değiştirmiş ve 2017 sonuna kadar akıllı sayaç kurulumlarını tamamen bitirmeyi planlamaktadır. Ayrıca ENDESA 2015-2017 yılları arası yeni akıllı enerji yönetim sistemi için 600 milyon avro yatırım yapmayı planlamaktadır.

BİRLEŞİK KRALLIK (UK: United Kingdom): Enerji ve İklim Değişikliği Bakanlığı (DECC: Department of Energy and Climate Change), 2014 yılında yayımladığı “Akıllı Şebeke Vizyonu ve Yol Haritası” raporunda, karbon salımının azaltılması, enerji arz güvenliğinin sağlanması, tüketicilere ucuz enerji sağlanması gibi konular üzerinde durmuştur. Akıllı sayaçlar, bilgi teknolojisi cihazları ve ağ

teknolojileri ile yük yönetiminde esneklik sağlanarak tüketicilere kendi tüketimlerini yönetme olanağı sunulacağı belirtilmiştir. UK, akıllı şebeke çalışmaları için 2014 yılına kadar harcadığı yaklaşık 500 milyon avro ile Avrupa’da Fransa’dan sonra akıllı şebeke yatırımlarına en yüksek bütçe ayıran ikinci ülke olmuştur. 2009/72/EC yönergesi yayınlandıktan sonra UK’da akıllı sayaç uygulamaları ile ilgili olmak üzere fayda-maliyet analizleri yapılmıştır. DECC, 2011 yılında yapılan fayda-maliyet analizlerine göre, akıllı sayaç kullanımıyla birlikte konutlarda ortalama % 2,8’lik bir tasarruf sağlanabileceğini belirtmiştir. Alınan sonuçlar doğrultusunda 2020 yılına kadar bütün 53 milyon konutta ve küçük ölçekli iş yerlerinde akıllı sayaç kurulumunun tamamlanması hedeflenmektedir [50].

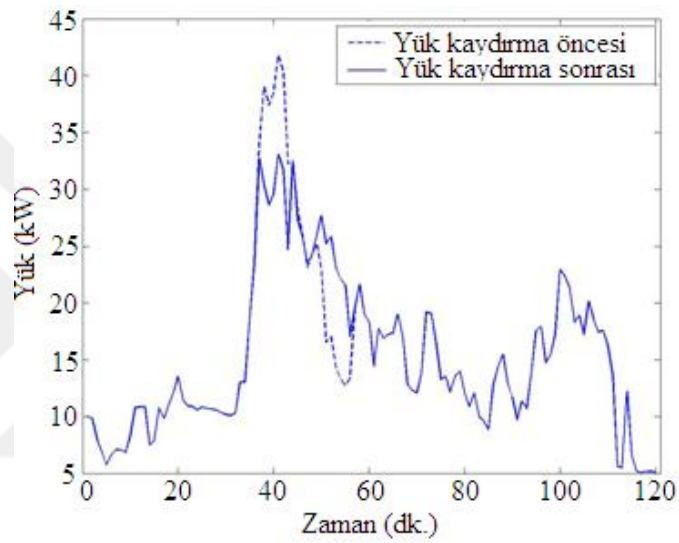
2011 yılında yayımlanan bir çalışmada, Ning Zhang, Luis F. Ochoa, Daniel S. Kirschen, enerji dağıtım sistemi ile tüketici arasında anlık veri paylaşımına olanak tanıyan akıllı sayaç kullanımıyla, talep tarafı yönetiminin konutlar üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Söz konusu çalışmada uzaktan kontrol edilebilen akıllı sayaç aynı zamanda evdeki düşük güçlü ve yüksek güçlü cihazları ayırt edebilmektedir. Akıllı sayaç ve evdeki cihazlar arasındaki ilişkiyi gösteren mimari Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10: Önerilen talep tarafı yönetiminin ev mimarisi.

Oluşturulan kontrol stratejisi gereği, besleme kaynağındaki yüklenme oranı arttığında, akıllı sayaçlarla 10 saniye aralıklarla haberleşen merkezi talep yönetim sistemi tarafından evde kullanılan ve temel yük olarak kabul edilen cihazlar hariç, puant yük talebini oluşturan cihazların devreye alınması otomatik olarak

geciktirilebilecektir. Böylelikle bir yandan puant yük talebi kaydırılarak şebeke üzerindeki zorlanmayı azaltmak, diğer yandan herhangi bir konfor azalması olmaksızın tüketicilerin enerji talebinin ötelenmesiyle enerji harcamalarında tasarruf sağlanması hedeflenmiştir. Daha sonra önerilen model, İngiltere'nin doğusunda yerleşik 12 konutun, Loughborough Üniversitesi tarafından Ocak 2008 ile Aralık 2009 arasında kayıt edilen enerji tüketim verileri kullanılarak test edilmiştir. Şekil 3.11'de görüldüğü üzere, önerilen kontrol stratejisiyle tüketicinin puant yük oluşturan cihazının devreye alınması geciktirilmiş, hedeflendiği gibi puant yük kaydırılarak şebeke üzerindeki zorlanma azaltılmıştır [51].



Şekil 3.11: Talep tarafı yönetimi ile puant yük kaydırılması [51].

3.3 Türkiye’de Şebeke Gelişimi ve Akıllı Sayaç Çalışmaları

Türkiye’de elektrik üretimi ilk olarak 1902 yılında Mersin’in Tarsus ilçesinde kurulan 2 kW’lık hidroelektrik santral ile başlamıştır. 1913 yılında İstanbul Silahtarğa’da kurulan 18 MW (megawatt) kurulu güce sahip termik santral ise elektrik üretimi yapan ilk büyük güçlü santral olmuştur [52].

1935 yılında Etibank, Maden Tetkik ve Arama (MTA) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) kurulmuş ve enerji üretiminde Devlet söz sahibi olmaya başlamıştır. Birinci (1963-1967) ve İkinci (1968-1972) Beş Yıllık Kalkınma Planları çerçevesinde belirlenen hedefler doğrultusunda 1970 yılında elektrik üretim, iletim, dağıtım işlerini yapmak üzere kamu iktisadi kuruluşu statüsünde, Türkiye Elektrik Kurumu

(TEK) kurulmuştur. TEK'in kurulduğu dönemlerde Türkiye kurulu gücü 2234,9 MW, enerji üretimi ise 8,6 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir [52].

İlk olarak 1984 yılında çıkarılan 3096 sayılı kanun ile özel sektör şirketlerine elektrik üretim, iletim ve dağıtım alanlarında hizmet verebilme olanağı sağlanmıştır. Yapı işlet devret, işletme hakkı devri ve otoprodüktör modelleri ile özel sektör girişimcilerinin enerji sektöründe yer almasıyla birlikte Türkiye enerji pazarında liberalleşmenin ilk adımları atılmıştır. 1994 yılında TEK, Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) olmak üzere ikiye ayrılmıştır [52].

2001 yılında çıkarılan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile yeterli, kaliteli, ucuz ve çevreye uyumlu enerjinin tüketicilere sunulması amacıyla özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, rekabetçi, güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerji piyasasının kurulması amaçlanmıştır. Bu kanun çerçevesinde belirlenen özelleştirme politikaları kapsamında 2001 yılında TEAŞ, Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ) olmak üzere üç ayrı İktisadi Devlet Teşekkülü olarak yeniden teşkilatlandırılmış ve enerji piyasasında bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanması amacıyla Enerji Piyasası Denetleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur [52].

2004 yılında Elektrik Enerjisi Sektörü ve Özelleştirme Strateji Belgesi ile dağıtım şebekesi 21 bölgeye ayrılmış, 2008 yılından itibaren başlayan özelleştirme çalışmaları ile 2013 yılında dağıtım şirketlerinin özelleştirilmesi işlemleri tamamlanmıştır. Dağıtım şirketlerinin özelleştirilmesiyle beraber 2013 yılında çıkarılan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında daha etkin toptan satış piyasası ve organize elektrik piyasaları oluşturularak 2015 yılında Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ) kurulmuştur. Sonuç olarak sosyoekonomik gelişmelerin temel etkenlerinden biri olan elektrik enerjisinin, üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında tamamen kamu kurumlarının yer aldığı hizmet anlayışından, tüketicilere kaliteli, kesintisiz, ucuz, güvenilir ve çevre dostu enerji sunulması amacıyla özel sektör yatırımcılarının ağırlıklı olduğu şeffaf, rekabetçi bir anlayışa geçilmiştir [53].

Türkiye elektrik enerjisi sektörü gelişim sürecine bakıldığında 1902 yılında 2 kW kurulu güce sahip küçük bir hidroelektrik santral ile başlayan elektrik üretiminin 2014 yılı verilerine göre 252 TWh olarak gerçekleştiği ve Türkiye'nin Dünya elektrik enerjisi üretiminde 19. sırada yer aldığı görülmektedir. 2015 yılında ise toplam elektrik enerjisi üretiminin 2014'e oranla % 3,1 artışla 260 TWh olarak gerçekleştiği görülmektedir. 2015 yılı elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı ise % 37,8 ile doğalgaz, % 28,4 ile kömür (ithal + yerli kömür), % 25,8 ile hidroelektrik, % 4,4 ile rüzgar, % 1,3 ile jeotermal, % 2,3 diğer kaynaklar şeklindedir. Görüldüğü üzere Türkiye enerji üretiminde büyük oranda dışa bağımlıdır. Türkiye hedeflediği ekonomik büyümeyi gerçekleştirmek, tüketicilere kesintisiz, kaliteli, ucuz ve güvenilir enerji temin etmek için şeffaf ve rekabetçi bir elektrik piyasası oluşturmuş, bu doğrultuda Türkiye'nin enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltarak yerli ve yenilenebilir kaynakların payını artırma ve enerjiyi verimli kullanma temelinde benimsediği enerji politikaları genel olarak aşağıdaki gibidir:

- Yerli ve yenilenebilir kaynaklara yönelerek, enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltmak,
- Enerji verimliliğini artırmak,
- Enerji üretiminde çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirmek,
- Kaynak ve teknoloji çeşitliliğini artırmak,
- Bölgesel ve küresel anlamda Türkiye'nin etkinliğini artırmak,
- Enerji arz güvenliğini sağlamak [54].

Bu politikalar doğrultusunda Türkiye'nin akıllı şebeke konusuna yaklaşımının toplam enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını ve kaynak çeşitliliğinin artırılarak enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması çerçevesinde şekillendiği görülmektedir. Bu kapsamda 18 Mayıs 2009 tarihli Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi'nde yenilenebilir enerji çalışmaları için belirlenen 2023 yılı hedefleri şunlardır:

- Toplam enerji üretiminde, yenilenebilir enerjinin payının % 30' çıkarılması,
- Rüzgar enerjisi kurulu gücünün 20.000 MW'a çıkarılması
- Hidroelektrik potansiyelin tamamının enerji üretiminde kullanılması,
- 600 MW'lık jeotermal potansiyelin devreye girmesi,
- Toplam üretimde doğalgazın payını % 30'un altına düşürülmesi [54].

Enerji dağıtım şirketlerinin özelleşmesiyle birlikte, bağımsız denetleme kurumu olan EPDK'nın belirlediği hedefler doğrultusunda enerji hizmetlerinin iyileştirilmesi ve kalitesinin artırılması için enerji şirketlerinin birtakım yükümlülükleri vardır. Bu yükümlülükler arasında enerji sürekliliğinin sağlanması, kayıp-kaçak oranlarının azaltılması, tüketici memnuniyetinin artırılması, enerji kalitesinin azaltılması gibi konular bulunmaktadır. Bu hedeflerin yakalanabilmesi için son teknoloji ürünü bilgi ve iletişim teknolojisi cihazlarının şebeke yapısı içerisinde etkin olarak kullanılmasıyla birlikte, SCADA sistemi, DMS, OMS, varlık yönetimi, otomatik sayaç okuma sistemi (OSOS) gibi akıllı şebeke yapısını oluşturan konularda dağıtım şirketleri yatırım yapmaktadır.

Türkiye'de akıllı şebeke çalışmaları kapsamında EPDK'nın desteğiyle Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (ELDER) koordinasyonunda "Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi (TAŞ 2023)" yürütülmektedir. Bu proje ile tüketicilerin elektrik piyasasına aktif katılımını sağlayacak, yenilenebilir enerjinin üretimdeki payını artıracak, sistem verimliliğini ve enerji kalitesini iyileştirecek maliyet etkin bir akıllı şebeke yapısına geçişin sağlanması adına durum analizleri yapılarak mevcut durumda kullanılan ve gelecekte kullanılması planlanan sistemlerin yeterliliklerinin belirlenmesi ve detaylı fizibilite analizleri ile gereksinim duyulan yol haritasının hazırlanması hedeflenmektedir [55].

Türkiye'de 2013'te çıkarılan Elektrik Piyasası Kanunu ile sayaç mülkiyeti dağıtım şirketlerine verilmiştir. Sayaç temini ve montajı konusunda dağıtım lisans sahibi olan tüzel kişiler (ilgili dağıtım şirketi) hizmet vermektedir. 2011 yılında yapılan değişiklikler ile EPDK tarafından, Elektrik Piyasasına Kullanılacak Sayaçlar Hakkında Tebliğ'in son versiyonu yayımlanmıştır. Söz konusu tebliğin ikinci bölümü 5. maddesinde tüketicilere tesis edilecek sayaçlara dair ortak özellikler belirtilmiştir. Buna göre elektronik ve hafta içi, hafta sonu da ayrı ayrı programlanabilen, çok zamanlı tarifelerin uygulanmasına olanak sağlayan ve haberleşme donanımına sahip olması tesis edilecek yeni sayaçların öne çıkan özellikleridir [56].

2016 yılı itibarıyla Türkiye'de elektrik dağıtım sistemine bağlı toplam 38 milyon elektrik sayacının, 33 milyonu elektronik sayaç, 5 milyonu ise mekanik sayaçtır. Toplam sayaç sayısının % 1,15'i ise OSOS'a dahildir. OSOS ile ilgili mevzuat hükümleri, EPDK tarafından yayımlanan "Otomatik Sayaç Okuma Sistemlerinin Kapsamına ve Sayaç Değerlerinin Belirlenmesine İlişkin Usul ve Esaslar"

çerçevesinde belirlenmektedir. Buna göre OSOS kapsamında yer alması zorunlu sayaçlarla ilgili aktif elektrik enerjisi tüketim limiti EPDK tarafından belirlenmekte, dağıtım şirketlerinin talebi halinde yılda bir defaya mahsus EPDK tarafından revize edilebilmektedir [57].

Türkiye’de halihazırda OSOS ile ilgili merkezi bir yaygınlaştırma politikası bulunmamakta çalışmalar dağıtım şirketlerinin kendi planlamaları doğrultusunda devam etmektedir. Buna ek olarak, ELDER koordinasyonunda yürütülen TAŞ 2023 projesinin tamamlanmasının ardından, ortaya konulacak olan yol haritasına göre EPDK’nın liderliğinde Türkiye’de akıllı şebeke ve akıllı sayaç konularında 2035 yılına kadar Türkiye’nin 10 milyar avro yatırım yapacağı öngörülmektedir.





4. AKILLI SAYAÇ KULLANIMININ KONUTLARDA ELEKTRİK TÜKETİMİ VE HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Gelişen teknoloji ile beraber enerji, hayatın her alanında kritik görevler üstlenmeye devam etmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye, ekonomik büyüme hedeflerini gerçekleştirme, sanayi sektöründe uluslararası alanda rekabet gücünü artırma ve kişi başına düşen milli geliri yükseltme gayreti içerisinde. Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için kesintisiz, güvenilir, kaliteli ve ucuz enerjiye olan gereksinim giderek artmaktadır. Mevcut durumda ise ülkemizin elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık % 50'si, tamamen dışa bağımlı olarak doğalgazdan ve ithal kömürden elde edilmektedir. Bu durum sanayi üretimi ve ekonomik kalkınma hedeflerinin önünde büyük bir risk olarak yer almaktadır. Bu noktada ülkemizin enerji politikasının, enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların payının artırılarak dışa bağımlılığın azaltılması ve üretilen enerjinin daha verimli kullanılması suretiyle toplam tüketimin azaltılarak enerji verimliliğinin sağlanması çerçevesinde şekillendiği görülmektedir.

Tüketicilere kesintisiz, kaliteli, güvenilir, ucuz, yenilenebilir ve verimli enerji sağlama konusunda enerji akışının tek yönlü olduğu ihtiyaca cevap veremeyen klasik şebekenin modernize edilerek akıllı bir yapıya dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu kapsamda uzaktan enerji kesme/açma, uzaktan okuma, dağıtım şirketleri ile tüketiciler arasında sürekli ve anlık haberleşme olanağı sunma gibi özellikleriyle akıllı ölçüm ve faturalandırma sistemleri ile yük yönetimine talep tarafı katılımına olanak sağlayan akıllı sayaçların kullanımı dünyada giderek yaygınlaşmaktadır [58].

Bu bölümde, enerji yönetimine talep tarafının da katılımına olanak sağlayan akıllı sayaç kullanımının, Türkiye'de konutlarda elektrik enerjisi tüketimi ve harcamaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. TEDAŞ'tan alınan 2015 yılı konut abone sayısı ve enerji tüketim miktarı verileri kullanılarak, bir konutun ortalama enerji tüketim miktarı ve yük profili çıkartılmıştır. Yük profili içerisinde yer alan konutlarda kullanılan elektrikli ev aletlerinin kullanımında enerji verimliliğinin sağlanması adına dikkat edilmesi gereken hususlar değerlendirilmiştir. Liberal elektrik

piyasaının da etkisiyle, çok zamanlı okuma yapabilen ve haberleşme donanımına sahip elektronik sayaçların kullanımı ile birlikte tüketicilere sunulan tek zamanlı ve çok zamanlı tarifelerden yararlanmak suretiyle yük kaydırma yöntemi uygulanarak, konutlarda enerji harcamalarını, enerji tüketim miktarını ve puant zamanlarında tüketilen enerjiyi azaltmanın ev ekonomisine ve ülke ekonomisine katkıları incelenmiştir.

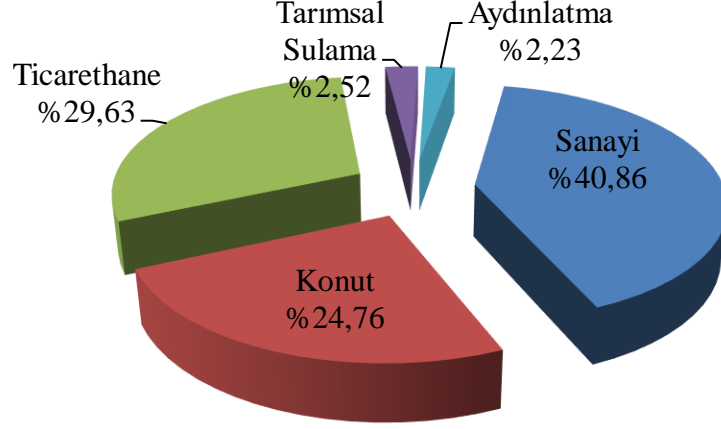
4.1 Türkiye’de Konutlarda Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Standart Yük Profili

Ülkemiz, dünya elektrik enerjisi üretiminde ilk 20 ülke arasında yer almaktadır. EPDK tarafından yayımlanan “Elektrik Piyasası 2015 Yılı Piyasa Gelişim Raporu [4]’na göre Türkiye elektrik enerjisi üretimi 2015 yılında 2014 yılına göre % 3,07 artarak 259,690 TWh, tüketimi ise % 2,69 artarak 264,136 TWh olarak gerçekleşmiştir. Çizelge 4.1’de 2013, 2014 ve 2015 yıllarında gerçekleşen enerji üretim, tüketim ve puant talep değerleri ve değişim oranları verilmiştir [4].

Çizelge 4.1: 2013, 2014 ve 2015 yılları elektrik enerjisi üretim ve tüketim değerlerinin genel görünümü.

Yıllar	2013	2014	2013-2014 Değişim (%)	2015	2014-2015 Değişim (%)
Kurulu Güç (MW)	64.007	69.550	8,61	73.146,70	5,22
Puant Talep (MW)	38.274	41.003	7,13	43.289,00	5,58
Üretim (GWh)	242.121	251.962	4,06	259.690,30	3,07
İthalat (GWh)	7.429	7.953	7,05	7.411,10	-6,81
İhracat (GWh)	1.227	2.696	119,72	2.964,60	9,96
Tüketim (GWh)	248.324	257.220	3,58	264.136,80	2,69

Teknik ve teknik olmayan kayıplar ile satış kabul edilmeyen tüketimler hariç, faturalanan tüketim değeri olarak değerlendirilen elektrik enerjisi tüketimi ise toplamda 193,47 TWh olarak gerçekleşmiştir. Faturalanan tüketimin, tüketici türüne göre dağılımına bakıldığında en yüksek tüketimin 79,044 TWh ile sanayi alanında gerçekleştiği, ikinci olarak 57,306 TWh ile ticarethanelerde gerçekleştiği görülmektedir. Faturalanan elektrik enerjisi tüketiminde üçüncü büyük tüketici konumunda 47,9 TWh ile konutlar yer almaktadır. Faturalanan tüketimde son olarak ise 4,8 TWh ile tarımsal sulama ve 4,3 TWh ile aydınlatma tüketimleri yer almaktadır. Faturalanan tüketimin tüketici türüne göre yüzde olarak dağılımını gösteren grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.



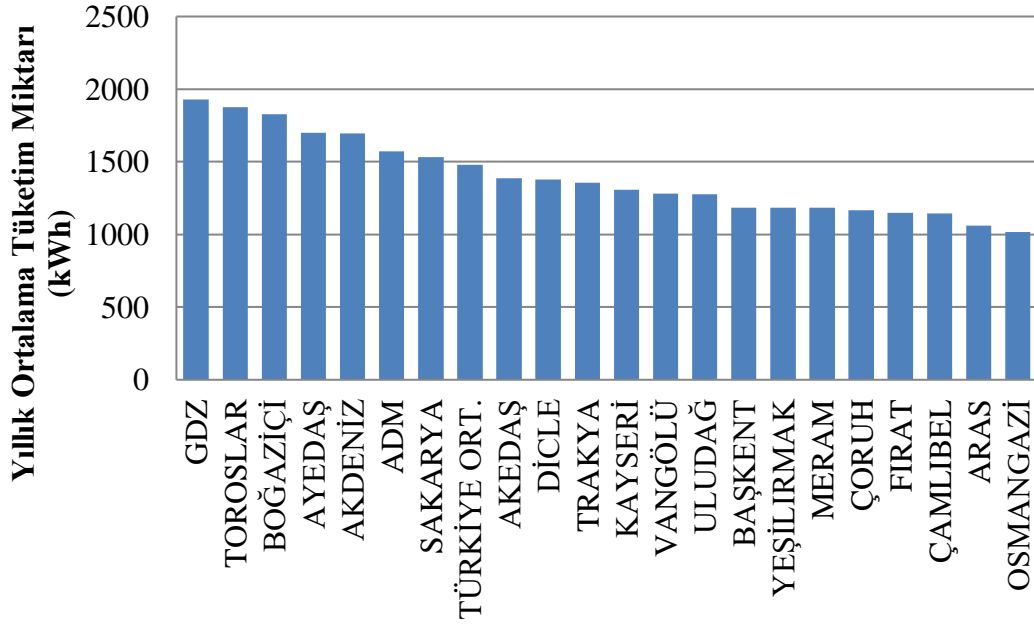
Şekil 4.1: 2015 yılı faturalanan tüketimin tüketici türüne göre dağılımı.

2015 yılında Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin % 24,76'sı konutlarda gerçekleşmiştir. 21 ayrı dağıtım bölgesinde konut abone sayıları ve gerçekleşen elektrik enerjisi tüketim miktarları ile Türkiye toplamı, bilgi edinme kapsamında TEDAŞ'tan talep edilmiş ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2: Dağıtım bölgeleri bazında toplam konut abone sayıları ve toplam elektrik enerjisi tüketim miktarları.

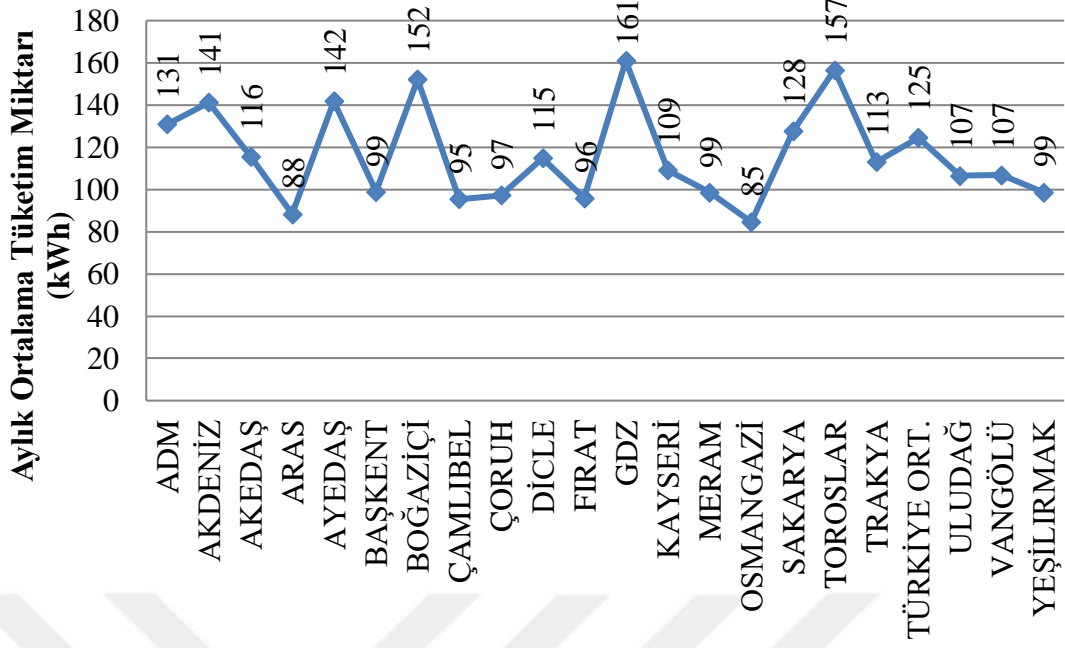
DAĞITIM BÖLGESİ	KONUT	
	ABONE SAYISI	TÜKETİM (MWh)
DİCLE	1.254.134	1.727.736
VANGÖLÜ	507.284	650.423
ARAS	768.423	814.690
ÇORUH	1.050.660	1.226.851
FIRAT	687.160	790.408
ÇAMLİBEL	637.533	729.965
TOROSLAR	2.933.210	5.509.082
MERAM	1.509.325	1.785.403
BAŞKENT	3.368.162	3.995.930
AKDENİZ	1.496.396	2.535.495
GDZ	2.421.680	4.675.840
ULUDAĞ	2.324.692	2.972.529
TRAKYA	763.542	1.035.805
AYEDAŞ	2.356.702	4.009.968
SAKARYA	1.368.280	2.093.895
OSMANGAZİ	1.318.319	1.338.586
BOĞAZIÇI	3.574.341	6.524.633
KAYSERİ	547.594	717.137
ADM	1.422.612	2.235.679
AKEDAŞ	512.876	711.823
YEŞİLIRMAK	1.535.860	1.818.957
TÜRKİYE TOPLAMI	32.358.785	47.900.834

Dağıtım bölgeleri bazında, toplam konut abone sayıları ve enerji tüketim miktarı verileri kullanılarak ortalama yıllık enerji tüketim miktarları hesaplanmış ve Şekil 4.2'deki grafik elde edilmiştir. Buna göre yıllık en yüksek ortalama tüketim 1930,82 kWh ile GDZ Elektrik Dağıtım A.Ş. bölgesinde gerçekleşirken, en düşük ortalama tüketim 1015,37 kWh ile Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş. bölgesinde gerçekleşmiştir. Türkiye ortalaması ise yıllık 1480,3 kWh olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.2: Dağıtım bölgeleri bazında, bir konutta gerçekleşen yıllık ortalama elektrik enerjisi tüketim miktarları.

Dağıtım bölgeleri bazında hesaplanan, bir konutta tüketilen yıllık ortalama elektrik enerjisi miktarı verileri kullanılarak bir konutta tüketilen aylık ortalama elektrik miktarı verileri elde edilmiştir. Bu veriler yardımıyla oluşturulan grafik Şekil 4.3'te verilmiştir. Bir konutta tüketilen aylık elektrik enerjisinin Türkiye ortalaması 125 kWh olarak gerçekleşmiştir. En yüksek aylık ortalama tüketimler sırasıyla, 161 kWh ile GDZ, 157 kWh ile Toroslar, 152 kWh ile Bedaş ve 142 kWh ile Ayedaş elektrik dağıtım bölgelerinde yaşanmıştır. En yüksek ortalama aylık tüketimin yaşandığı dağıtım bölgelerinin İzmir, Manisa, Adana, Gaziantep, İstanbul (Anadolu Yakası ve Avrupa Yakası) gibi sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi yüksek illeri kapsadığı görülmektedir.



Şekil 4.3: Dağıtım bölgeleri bazında bir konutta gerçekleşen aylık ortalama elektrik enerjisi tüketim miktarları.

Bu çalışmada bir konutun elektrik yük profili çıkartılırken, ülkemizin sürekli gelişmekte olan ülkeler arasında yer almasından ötürü, ülke genelinde gelecek adına da bir perspektif oluşturması açısından 2011 yılında Kalkınma Bakanlığı tarafından yayımlanan “İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması”nda [59] birinci sırada yer alan İstanbul ilindeki aylık ortalama elektrik enerjisi tüketim miktarı referans kabul edilmiştir. Buna göre İstanbul ilinde, Avrupa Yakası’nda 152 kWh ve Anadolu Yakası’nda 142 kWh olarak gerçekleşen bir konutta tüketilen aylık ortalama elektrik enerjisi tüketiminin ağırlıklı ortalaması hesaplanmış ve bir konuttaki standart elektrik yük profili çıkartılırken 148 kWh olan bu değer üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Türkiye geneli konut abone sayısı ve nüfus verileri ve aynı zamanda İstanbul ili genelindeki konut abone sayısı ve toplam nüfus verileri kullanılarak bir konutta ortalama 3 kişinin yaşadığı değerlendirilmiştir.

2010 yılında Enerji Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından 7 coğrafi bölgeden 2531 kişinin katılımıyla yapılan “Hane Halkına Yönelik Enerji Verimliliği Araştırma Raporu” [60] da dikkate alınarak genel itibariyle buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, aydınlatma lambaları, elektrikli fırın, ütü, televizyon, elektrikli süpürge, saç kurutma makinesi, tost makinesi, elektrikli su ısıtıcı, davlumbaz ve bilgisayar, bütün evlerde ortak olarak bulunan standart elektrikli cihazlar olarak değerlendirilmiştir.

Buzdolabı: Ortalama 500 l (litre) hacminde, enerji sınıfı A+, yıllık enerji tüketimi 359 kWh/yıl (enerji etiketindeki değer) olan cihaz seçilmiş ve bu değer üzerinden aylık enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Çamaşır makinesi: 8 kg kapasiteli, enerji sınıfı A+++, yıllık enerji tüketimi 196 kWh/yıl (enerji etiketindeki değer), bekleme konumu gücü 0,12 W olan cihaz seçilmiştir. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayımlanan “Çamaşır Makinelerinin Enerji Etiketlemesi” ile ilgili 1061/2010 sayılı yönetmelikte belirtildiği üzere, enerji etiketinde yer alan tüketim bilgisi yıllık 220 yıkama üzerinden hesaplanan değerdir [61]. Buna göre, yıkama program süresi 215 dakika olmak üzere aylık 18 yıkama yapıldığı değerlendirilmiş ve enerji etiketindeki değer üzerinden aylık tüketimi hesaplanmıştır.

Bulaşık makinesi: Enerji sınıfı A+, 12 kişilik, yıllık enerji tüketimi 290 kWh/yıl (enerji etiketindeki değer), bekleme konumu gücü 0,10 W olan cihaz seçilmiştir. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayımlanan “Bulaşık Makinelerinin Enerji Etiketlemesi” ile ilgili 1059/2010 sayılı yönetmelikte belirtildiği üzere, enerji etiketinde yer alan tüketim bilgisi yıllık 280 yıkama üzerinden hesaplanan değerdir [62]. Buna göre, yıkama program süresi 210 dakika olmak üzere aylık 23 yıkama yapıldığı değerlendirilmiş ve enerji etiketindeki değer üzerinden aylık tüketimi hesaplanmıştır.

Aydınlatma: Bir konutta 20 W’lık 3 lambanın günde ortalama 6’şar saat çalıştığı varsayılarak aylık enerji tüketim değeri hesaplanmıştır.

Elektrikli fırın: Enerji sınıfı A, toplam net hacmi 71 l, enerji tüketimi 0,88 kWh/çevrim olan cihaz seçilmiştir. Haftada 2-3 çevrim olmak üzere ayda toplam 10 çevrim boyunca kullanıldığı kabul edilmiştir.

Televizyon: Enerji sınıfı B, anma güç değeri 87 W, yıllık enerji tüketimi 127 kWh (enerji etiketindeki değer), bekleme konumu güç tüketimi 0,3 W, ekran boyutu 40" (102 cm) olan cihaz seçilmiştir. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayımlanan “Televizyon Enerji Etiketlemesi” ile ilgili 1062/2010 sayılı yönetmelikte belirtildiği üzere, enerji etiketinde yer alan tüketim bilgisi televizyonun günlük 4 saat çalıştığı varsayılarak hesaplanan değerdir [63]. Bu yönetmelik referans alınarak ülkemizde de konutlarda günde ortalama 4 saat televizyon izlendiği kabul edilmiş, 8 saat de bekleme konumunda kaldığı düşünülerek hesaplama yapılmıştır.

Elektrikli süpürge: Enerji sınıfı C, giriş gücü 1000 W, yıllık enerji tüketimi 36,6 kWh/yıl (enerji etiketindeki değer) olan cihaz seçilmiştir. Enerji etiketindeki değer, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayımlanan 665/2013 sayılı “Elektrik Süpürgelerinin Enerji Etiketlemeleri” ile ilgili yönetmelikte belirtildiği üzere 50 çevrim üzerinden hesaplanmıştır [64]. Ancak ülkemizde elektrik süpürgesi en sık kullanılan elektrikli cihazlardan olduğu için iki günde bir olmak üzere ayda 15 çevrim kullanıldığı kabul edilerek, aylık enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Davlumbaz: Enerji sınıfı E, yıllık enerji tüketimi 102,2 kWh/yıl (enerji etiketindeki değer) olan cihaz seçilmiştir. Enerji etiketindeki değer, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayımlanan 65/2014 sayılı “Elektrikli Fırımlar ve Davlumbazlar için Enerji Etiketlemeleri” ile ilgili yönetmeliğe göre günde ortalama 1 saat çalıştığı düşünülmüş hesaplanmıştır [65]. Buna göre günde ortalama 1 saat çalıştığı kabul edilerek aylık enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Ütü: 2200 W gücünde, ayda toplam 2,5 saat çalıştığı düşünülmüş aylık enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Saç kurutma makinesi: 2000 W gücünde, ayda toplam 2,5 saat çalıştığı varsayılmıştır.

Tost makinesi: 1800 W gücünde, ayda toplam 2 saat çalıştığı kabul edilerek aylık enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Elektrikli su ısıtıcı (kettle): 2000 W gücünde, ayda toplam 2 saat çalıştığı varsayılmıştır.

Bilgisayar: 80 W gücünde, günde ortalama 3 saat çalıştığı, 8 saat kapalı konumda fişte takılı kaldığı düşünülmüş aylık enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Yukarıdaki değerlendirmeler ve analizler doğrultusunda bir konutta aylık ortalama 148 kWh enerji tüketimine karşılık gelen standart yük profili oluşturulmuştur. Standart yük profili içerisinde yer alan elektrikli cihazlar, enerji sınıfları ve aylık kullanımlarına karşılık gelen ortalama aylık elektrik enerjisi tüketim miktarları Çizelge 4.3'teki gibidir.

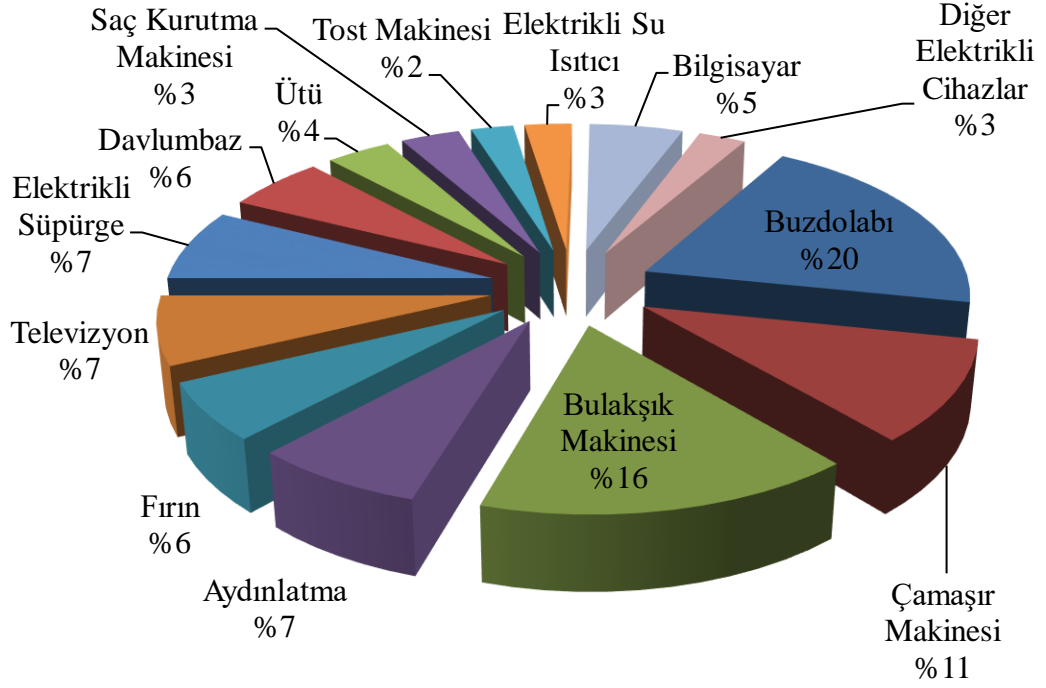
Çizelge 4.3: Bir konut için standart yük profili.

Cihaz	Enerji Sınıfı	Anlık Güç (W)	Aylık Enerji Tüketimi (kWh)	Bekleme Konumu Aylık Enerji Tüketimi (kWh)
Buzdolabı	A+	160	29,5	-
Çamaşır Makinesi	A+++	1900-2200	15,48	0,079
Bulaşık Makinesi	A+	1800-2100	23,46	0,064
Aydınlatma	-	20	10,8	-
Fırın	A	2500	8,88	-
Televizyon	B	87	10,44	0,072
Elektrikli Süpürge	C	1000	10,98	-
Davlumbaz	E	200	8,4	-
Ütü	-	2200	5,5	-
Saç Kurutma Makinesi	-	2000	5	-
Tost Makinesi	-	1800	3,6	-
Elektrikli Su Isıtıcı	-	2000	4	-
Bilgisayar	-	80	7,2	0,72
Diğer Elektrikli Cihazlar	-	-	4	-
Toplam Aylık Enerji Tüketimi (kWh):			148,175	

4.2 Türkiye’de Konutlarda Elektrik Tüketiminin Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi

Dünya genelinde son yıllarda yapılan akıllı şebeke ve akıllı sayaç çalışmalarının temel hedeflerinden birisi de şebeke yapısı içerisinde yer alan üretim, iletim ve dağıtım sistemi bütününde kaynakların verimli kullanılması ve bütüncül bir enerji verimliliğinin sağlanarak birim hizmet veya cihaz karşılığı enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Ülkemizde elektrik enerjisi tüketiminin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde, toplam tüketimin dörtte birinin konutlarda gerçekleştiği görülmektedir. Bu açıdan konutlarda enerji verimliliğinin sağlanması, elektrik enerjisi tüketiminin azaltılması açısından önemli bir konu olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.3’te ortalama bir konutta kullanılan elektrikli cihazlarla ilgili standart yük profili verilmiştir. Buna göre, Şekil 4.4’te aylık ortalama elektrik tüketiminin cihazlara göre dağılımını gösteren grafik verilmiştir. Akkor telli lambaların ithali, satışı ve kullanımı 2009 yılından itibaren kademeli olarak Avrupa’da ve ülkemizde yasaklanmıştır. Bunun bir sonucu olarak geride kalan yıllara oranla konut elektrik tüketiminde aydınlatmanın payının ciddi oranda düştüğü görülmektedir.

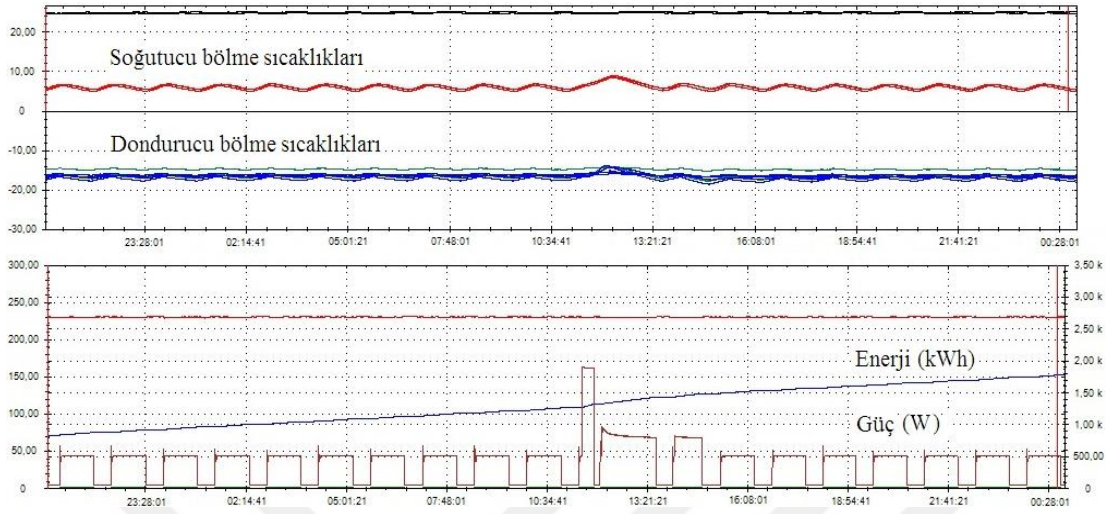


Şekil 4.4: Bir konutta aylık elektrik enerjisi tüketiminin cihazlara göre dağılımı.

Görüldüğü üzere genel olarak bir konuttaki elektrik tüketiminin % 20'si buzdolabı, % 11'i çamaşır makinesi, % 16'sı bulaşık makinesi ve % 6'sı fırın kaynaklı olmak üzere toplamda % 53'ü beyaz eşya grubuna giren cihazlardan kaynaklanmaktadır. Konut enerji verimliliğinin sağlanması ve elektrik tüketiminin azaltılması ve buna bağlı olarak elektrik harcamalarının azaltılması açısından, beyaz eşya grubuna giren mevcut cihazların kullanımında enerji verimliliğinin sağlanması adına aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

Buzdolabı: Buzdolabının enerji tüketimi genel olarak hacmi ile orantılı bir şekilde değişmektedir. Bu açıdan yeni bir buzdolabı alınacağı zaman ihtiyaca uygun büyüklükte, enerji sınıfı yüksek ve yıllık enerji tüketimi az olan cihaz seçilmelidir. Ortam sıcaklığı arttıkça buzdolabı enerji tüketimi de artmaktadır, bu nedenle cihaz, serin ve havalandırılmış bir yere kurulmalı, güneş ışınları doğrudan cihaz üzerine gelmemeli ve ısı kaynaklarının yanına veya yakınına yerleştirilmemelidir. Arka ve yan duvarlar ile buzdolabı arasına en az 5 cm boşluk bırakılmalıdır. Buzdolabının soğutucu ve dondurucu bölmesine gıdalar yerleştirilirken hava akışına engel olmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Aksi takdirde buzdolabının enerji tüketiminin artacağı değerlendirilmektedir. Buzdolabının enerji tüketim davranışının izlenebilmesi amacıyla Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Gebze Elektroteknik Laboratuvarı olanakları kullanılarak Haziran 2016'da enerji sınıfı A+, 505 l net

hacimli, yıllık enerji tüketimi 359 kWh olan buzdolabına uygulanan deneyde elde edilen enerji tüketim, güç ve sıcaklık eğrileri Şekil 4.5'te verilmiştir.

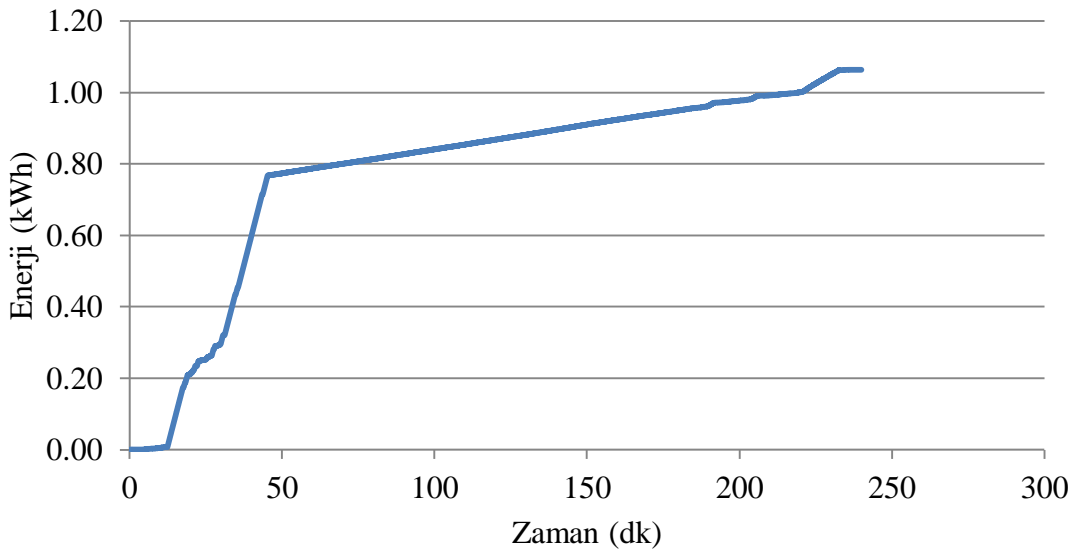


Şekil 4.5: Buzdolabı enerji tüketim, güç ve sıcaklık eğrileri.

Şekil 4.5'teki grafik incelendiğinde, kullanıcı tarafından ayarlanan soğutucu ve dondurucu bölme sıcaklıklarının istenilen değere geldiğinde buzdolabı kompresörünün devreden çıktığı ve cihazın çektiği gücün 1-2 W mertebelerine kadar düştüğü görülmektedir. Cihaz kompresörünün kapalı olduğu süre boyunca soğutucu ve dondurucu bölme sıcaklıkları yükselmekte ve ilgili bölmelere yerleştirilen sıcaklık sensörlerinden gelen bilgilere göre kompresör tekrar devreye girerek soğutma işlemine devam etmektedir. Buna göre donmuş gıdanın çözülme sürecinde, dışarıda bekletilmesi yerine soğutucu bölmesinde bekletilmesinin buzdolabının enerji tüketimi açısından olumlu etki yapacağı değerlendirilmektedir. Buna karşın sıcak yiyeceklerin tam soğumadan buzdolabının soğutucu bölmesine yerleştirilmesinin de buzdolabının enerji tüketimini olumsuz etkileyeceği değerlendirilmektedir. Aynı şekilde söz edilen bölmelerin kapaklarının uzun süre açık tutulması da sıcaklık kaybına ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin artmasına neden olacağı görülmektedir. Sonuç olarak enerji verimliliğinin sağlanması açısından yukarıda belirtilen konularda duyarlı olunması durumunda buzdolabı kaynaklı enerji tüketiminin azalacağı değerlendirilmektedir.

Çamaşır makinesi: Çamaşır makinesi seçiminde de enerji sınıfı yüksek, enerji tüketimi düşük ve çamaşır yıkama kapasitesi açısından (5,5 kg, 6 kg vb.) uygun büyüklükteki cihaz tercih edilmelidir. Cihaz kullanılmadan önce kullanma talimatı mutlaka okunmalı ve enerji tasarrufu sağlayan program ile ilgili bilgiler öğrenilerek,

cihaz kullanımında enerji tasarrufu sağlayan program tercih edilmelidir. Çamaşır makinesi bekleme konumunda ve kapalı konumda da az miktarda da olsa güç çekmeye ve enerji tüketmeye devam etmektedir. Bu nedenle yıkama programı sona erdikten sonra cihaz kapatılmalı ve enerji hattı ile olan bağlantısı da kesilmelidir. TSE Gebze Elektroteknik Laboratuvarı olanakları kullanılarak Temmuz 2016'da, enerji sınıfı A+++, 8 kg kapasiteli çamaşır makinesine tam yükte pamuklu 60 °C'de yapılan enerji performans testinde, cihazın enerji tüketim davranışı izlenmiş ve elde edilen enerji tüketim eğrisi Şekil 4.6'te verilmiştir.

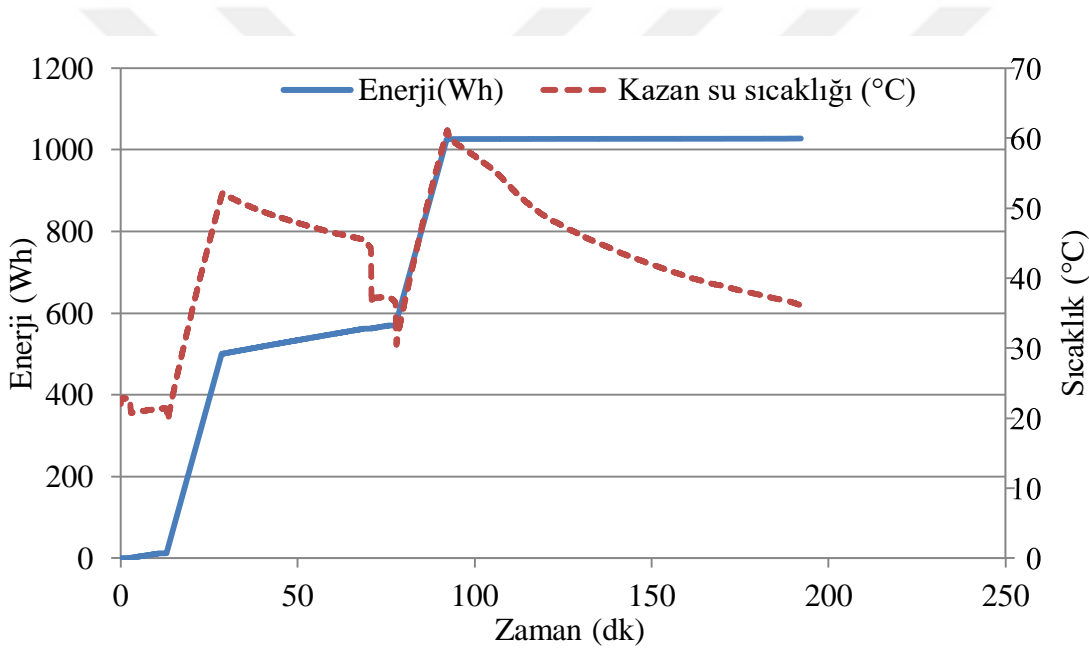


Şekil 4.6: Bir çamaşır makinesinin zamana bağlı enerji tüketim eğrisi.

Buna göre çamaşır makinelerinde harcanan enerjinin büyük bölümünün giriş suyunu ısıtmak için kullanıldığı görülmektedir. Bununla beraber aynı cihaza tam yükte 40 °C'de yapılan teste enerji tüketiminin daha az olduğu görülmüştür. Sonuç olarak çamaşır makinelerinin kullanımında yüksek sıcaklıklı yıkama programlarının yerine düşük sıcaklıklı yıkama programlarının tercih edilmesi enerji tüketimini azaltmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklıklı programlarda çamaşır makinesinin enerji tüketimi davranışı makinenin doluluk oranından etkilenmemektedir. Bu nedenle enerji verimliliğinin sağlanması açısından 60 °C ve üzeri sıcaklıklı yıkama programları tercih edildiğinde çamaşır makinesinin tam yükte çalıştırılması, birim enerji ile yapılan iş miktarını artırmakta ve böylelikle enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Bulaşık makinesi: Bulaşık makinesi seçiminde enerjisi sınıfı yüksek, enerji tüketimi az ve bulaşık yıkama kapasitesi uygun olan cihaz tercih edilmelidir. Kullanma

kılavuzu dikkatle incelenmeli ve cihaz kullanılırken üretici tarafından kullanma kılavuzunda belirtilen enerji tasarrufu olanağı sunan yıkama programı tercih edilmelidir. Bulaşık makinesi tam dolu olmadığı zaman yarım doldurma fonksiyonu etkinleştirilmelidir. Cihaz bekleme konumunda ve kapalı konumda da enerji tüketmeye devam etmektedir. Bu nedenle enerji verimliliğinin sağlanması açısından yıkama programının sona ermesinden sonra cihaz kapatılmalı ve enerji bağlantısı kesilmelidir. Temmuz 2016'da TSE Gebze Elektroteknik Laboratuvarı olanakları kullanılarak 12 kişilik kapasiteli, enerji sınıfı A+, yıllık enerji tüketimi 290 kWh olan bulaşık makinesine uygulanan enerji performans testi ile cihazın enerji tüketim davranışı izlenmiştir. Elde edilen enerji tüketim kazan içi su sıcaklığı grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7: Bir bulaşık makinesinin enerji tüketim ve kazan içi su sıcaklık eğrisi.

Bu grafikten, bulaşık makinesinin de enerji tüketiminin en çok giriş suyunun ve durulama suyunun ısıtılması aşamasında gerçekleştiği görülmektedir. Buna göre yüksek dereceli yıkama programları enerji tüketimini artıracığından, enerji verimliliğinin sağlanması açısından yüksek dereceli yıkama programları tercih edilmemelidir.

Elektrikli fırın: Son yıllarda verimli enerji konularında yoğunlaşan çalışmalar sonucunda elektrikli fırınlar için de tüketicilere farklı enerji sınıflarında cihaz seçenekleri sunulduğu görülmektedir. Bu açıdan elektrikli fırın seçiminde de diğer beyaz eşya grubu ürünlerde olduğu gibi enerji sınıfı yüksek, enerji tüketimi az ve

uygun büyüklükte cihaz tercih edilmelidir. Elektrikli fırınların enerji etiketlerinde konvansiyonel ısıtma ve fanlı (varsa) ısıtma durumlarında bir çevrimde tüketilen enerji miktarı bilgileri verilmektedir. Genel olarak fanlı ısıtma seçeneğinde elektrik enerjisi tüketimi daha azdır. Elektrikli fırınlar da buzdolaplarındakine benzer şekilde kabin içi sıcaklığın belli aralıkta tutulması prensibine göre çalışmaktadır. Kabin içi sıcaklık istenilen değere ulaştığında enerji bağlantısı kesilmekte ve sıcaklık düştüğünde cihaz tekrar güç çekmeye başlamaktadır. Bu nedenle enerji verimliliğinin sağlanması ve enerji tüketiminin azaltılabilmesi açısından pişirme esnasında elektrikli fırının kapağı çok sık açılmamalı ve kabin içi sıcaklık muhafaza edilmelidir.

Yukarıda belirtilenlerin dışında evlerde kullanılan televizyon, bilgisayar, elektrikli süpürge, ütü, saç kurutma makinesi gibi elektrikli aletlerin seçiminde de istenilen niteliklere sahip ve enerji tüketimi az olan cihazlar tercih edilmelidir. Sözü edilen cihazların en tasarruflu şekilde kullanılabilmesi ve enerji verimliliğinin sağlanabilmesi ve elektrik harcamalarının azaltılabilmesi için üretici tarafından kullanma kılavuzunda belirtilen öneriler dikkatle okunmalıdır.

Konutlar için oluşturulan standart yük profili içerisinde yer alan cihazlardan çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, televizyon ve bilgisayar gibi cihazlar bekleme konumunda Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere aylık ortalama yaklaşık 1 kWh elektrik enerjisi tüketmektedirler. Bu da konut enerji harcamaları açısından değerlendirildiğinde yürürlükteki tek zamanlı enerji tarifesi üzerinden 40 kuruş gibi çok ufak bir bedele karşılık gelmektedir. Ancak boşa harcanan elektrik enerjisi tüketimi açısından değerlendirildiğinde aylık bekleme konumu tüketimi, TEDAŞ'tan alınan 2015 yılı verilerine göre toplam 32.358.785 konut aboneli bulunan ülkemizde toplamda 32 GWh seviyelerine ulaşmaktadır. Bu da yaklaşık 220.000 konutun bir aylık elektrik enerjisi tüketimine karşılık gelmektedir. Bu açıdan kaynakların verimli kullanılarak enerji verimliliğinin sağlanabilmesi ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması açısından cihazlar bekleme konumunda bırakılmamalı, kullanılmayan bütün cihazların enerji hattı ile olan bağlantısı kesilmelidir.

4.3 Türkiye’de Liberal Elektrik Piyasası ve Konutlarda Yük Kaydırma Yönteminin Elektrik Harcamaları Üzerindeki Etkisi

Türkiye’de liberal elektrik piyasasına geçiş çalışmaları 2000’li yıllarda başlamıştır. 2004 yılında Elektrik Enerjisi Sektörü ve Özelleştirme Strateji Belgesi ile dağıtım şebekesi 21 bölgeye ayrılmış, 2008 yılından itibaren başlayan özelleştirme çalışmaları ile 2013 yılında dağıtım şirketlerinin özelleştirilmesi işlemleri tamamlanmıştır. 2013’te çıkarılan Elektrik Piyasası Kanunu ile sayaç mülkiyeti dağıtım şirketlerine verilmiştir. Dağıtım şirketlerinin kullanım ömrünü tamamlamış mekanik sayaçları çok zamanlı okuma yapabilen elektronik sayaçlarla değiştirmesi ile birlikte günümüzde tüketicilere tek zamanlı tarifeye ek olarak çok zamanlı tarife olanağı da sunulmaktadır.

Günümüzde konut tüketicileri için tek zamanlı ve çok zamanlı olmak üzere iki ayrı enerji fiyat tarifesi olanağı bulunmaktadır. Tek zamanlı tarifede, tüm gün boyunca tek bir birim enerji bedeli uygulanmaktadır. Tüm konut aboneleri olağan olarak tek zamanlı tarifededir. Çok zamanlı tarifede gün, elektrik talebinin yoğunluğuna göre 06:00-17:00 arası gündüz (T1), 17:00-22:00 arası puant (T2) ve 22:00-06:00 arası gece (T3) olmak üzere üç zaman dilimine bölünmüştür. T1, T2 ve T3 zamanlarına göre de birim enerji bedeli değişmektedir. Tüketiciler taleplerini ilgili dağıtım şirketlerine iletmek suretiyle çok zamanlı tarifeden yararlanabilmektedirler. Elektrik enerjisi talebinin en yoğun olduğu T2 puant zamanı, birim enerji bedelinin en yüksek olduğu zaman dilimidir. Puant zamanında birim enerji bedeli (vergiler hariç) tek zamanlı tarifeye göre % 76 daha pahalıdır. Gece zaman diliminde ise birim enerji bedeli tek zamanlı tarifeye göre (vergiler hariç) % 58 daha ucuzdur. Çizelge 4.4’te 2015 yılı son çeyrekte konut aboneleri için uygulanan aktif enerji tüketim fiyat tarifesi verilmiştir. Buna göre tüketicilerin birim enerji tüketimi karşılığında ödediği bedelin % 54,6’sını birim enerji bedeli, % 25,7’sini dağıtım bedeli ve % 19,7’sini vergi ve fonlar oluşturmaktadır.

Çizelge 4.4: Konut aboneleri 2015 yılı (son çeyrek) aktif enerji tüketimi tek zamanlı ve çok zamanlı fiyat tarifesi

KONUT	Aktif Enerji			
	Tek Zamanlı (kr/kWh)	Çok Zamanlı Tarife (kr/kWh)		
		T1 Gündüz	T2 Puant	T3 Gece
Enerji Bedeli	21,3428	21,2042	37,7543	9,2669
Dağıtım Bedeli	10,067	10,067	10,067	10,067
Enerji Fonu (% 1)	0,2134	0,2120	0,3775	0,0927
TRT Payı (% 2)	0,4269	0,4241	0,7551	0,1853
Elektrik Tüketim Vergisi (% 5)	1,0671	1,0602	1,8877	0,4633
KDV (% 18)	5,9611	5,9341	9,1515	3,6135
Toplam	39,0781	38,9015	59,9929	23,6886

Buna göre bilinçli tüketim ile çok zamanlı tarifeden yararlanılarak, talep tarafının yük yönetimine katılması sağlanabilecektir. Yaşam kalitesinde herhangi bir konfor kaybı olmaksızın, elektrik enerjisi gereksiniminin yük kaydırma yöntemiyle enerji fiyatının pahalı olduğu zaman dilimlerinden enerji fiyatının daha ucuz olduğu zaman dilimlerine doğru kaydırılabileceği ve böylelikle bir taraftan konut enerji harcamalarının diğer taraftan şebeke üzerindeki zorlanmanın ve puant üretim santrallerinin işletme maliyetlerinin azaltılabileceği değerlendirilmektedir.

Bölüm 4.1’de 2015 yılı dağıtım bölgeleri bazında konutlarda gerçekleşen toplam yıllık elektrik enerjisi tüketim miktarları ve aylık ortalamaları verilmişti. Türkiye’nin gelişmekte olan ülkeler arasında yer alması ve her geçen gün sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyinin artması bakımından, gelecek adına da bir perspektif oluşturması adına İstanbul ilini kapsayan Ayedaş ve Bedaş bölgelerinde gerçekleşen aylık ortalama elektrik enerjisi tüketim miktarı referans kabul edilerek bir konut için standart yük profili çıkartılmıştı.

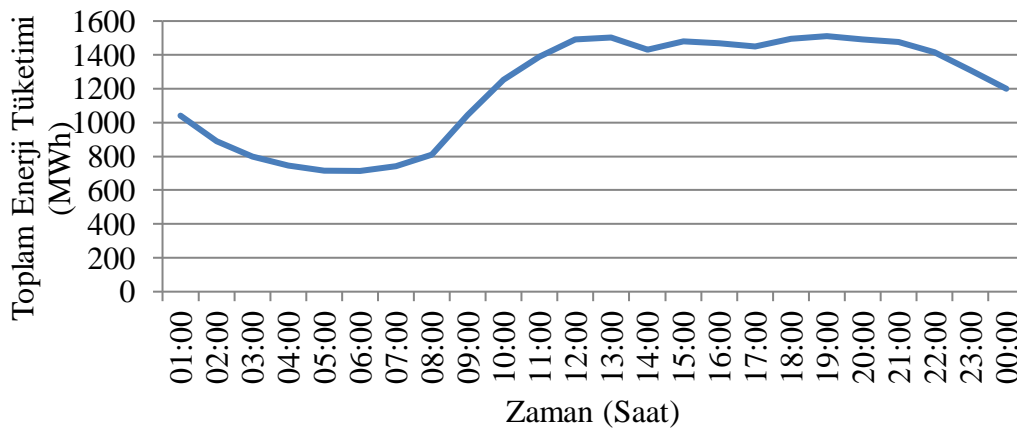
Oluşturulan standart yük profilinin gün içerisindeki ortalama dağılımını gösteren günlük ortalama yaklaşık yük eğrisinin çıkartılabilmesi için, EPDK’nın yayımladığı “Elektrik Piyasası 2015 Yılı Elektrik Piyasa Gelişim Raporu [4]”nda verilen Türkiye geneli 2015 yılı aylık bazda elektrik enerjisi tüketim miktarı verileri, Ayedaş ve Bedaş bölgelerinin tüketimdeki payı ve Ayedaş ve Bedaş bölgelerinin tüketimlerinin kendi içlerinde sektörlere göre dağılımı verileri kullanılarak, Ayedaş ve Bedaş bölgelerinde konutlarda gerçekleşen aylık bazda elektrik enerjisi tüketimi miktarları hesaplanmıştır. Konutlar için hesaplanan aylık elektrik enerjisi tüketim miktarları

toplanarak elde edilen yıllık tüketim miktarlarının doğruluğu TEDAŞ'tan alınan ve Bölüm 4.1 Çizelge 4.2'de verilen bilgilerle kıyaslanarak yaklaşık binde bir hata payı ile hesaplanan değerlerin doğru sonuç verdiği değerlendirilmiştir. Daha sonra Ayedaş ve Bedaş bölgeleri için hesaplanan aylık bazda konutlarda gerçekleşen elektrik enerjisi tüketimi verileri, EPIAŞ tarafından 2015 yılı için dağıtım bölgeleri bazında ayrı ayrı yayımlanan saatlik bazda dağıtım profil değerleri ile çarpılarak çıkarılan zamana bağlı günlük ortalama toplam tüketim miktarı Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5: Zaman bazlı günlük ortalama toplam enerji tüketim miktarı.

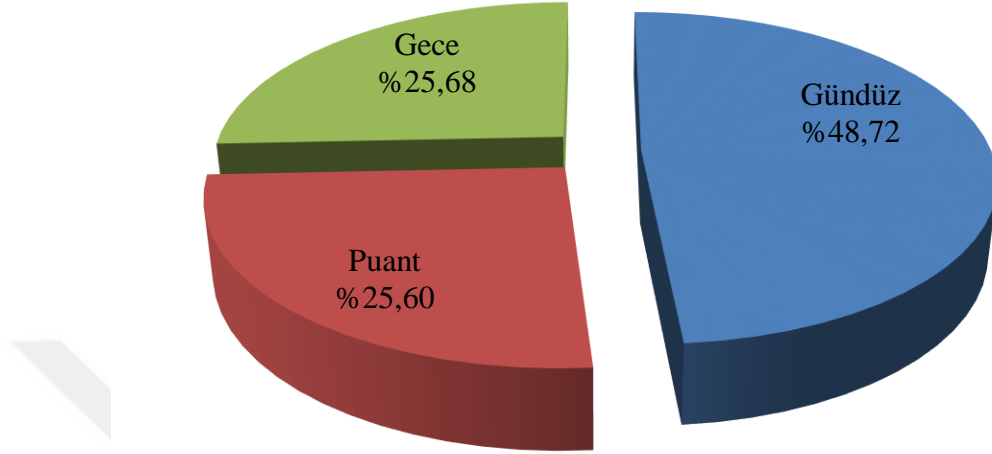
Zaman (Saat)	Enerji Tüketimi (MWh)	Zaman (Saat)	Enerji Tüketimi (MWh)
00:00	1041,814	12:00	1501,061
01:00	888,6085	13:00	1431,317
02:00	797,2855	14:00	1481,107
03:00	745,629	15:00	1468,947
04:00	715,0662	16:00	1450,76
05:00	713,8266	17:00	1494,41
06:00	741,5333	18:00	1510,957
07:00	811,1952	19:00	1492,004
08:00	1045,27	20:00	1475,042
09:00	1253,422	21:00	1416,727
10:00	1388,762	22:00	1311,352
11:00	1490,445	23:00	1200,912
24 Saatlik Toplam Tüketim (MWh)			28867,45

Çizelge 4.5'te verilen değerler kullanılarak, Ayedaş ve Bedaş bölgeleri toplam bir günlük konut enerji tüketiminin günlük ortalama yük eğrisi Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8: İstanbul ili genelinde 2015 yılında konutlarda gerçekleşen ortalama bir günlük toplam yük eğrisi.

Hesaplanan saatlik bazda günlük ortalama toplam tüketim değerleri kullanılarak oluşturulan, günlük ortalama toplam tüketimin gündüz, puant ve gece zaman dilimlerine göre dağılımını gösteren grafik Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9: Bir günlük ortalama toplam tüketimin T1, T2 ve T3 zaman dilimlerine göre dağılımı.

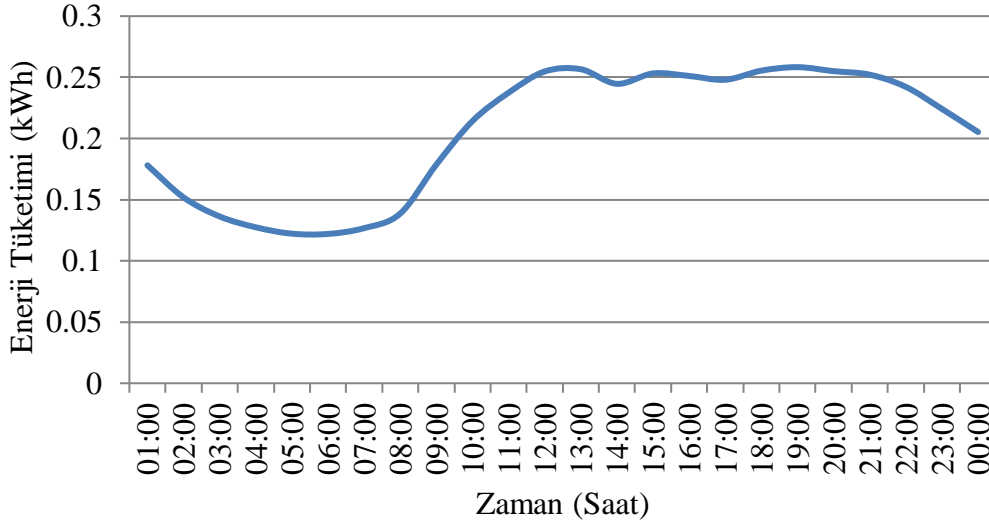
Şekil 4.9’da görüldüğü üzere T1 zamanında tüketilen enerjinin toplam tüketimdeki payı T2 zamanının toplam tüketimdeki payından fazladır. Ancak T1, T2 ve T3 zamanlarında, saatlik ortalama tüketilen enerji miktarları karşılaştırıldığında en yüksek saatlik ortalama tüketimin, bir günde gerçekleşen saatlik ortalama tüketime kıyasla % 22,86 fazla olmak suretiyle T2 zamanında gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6: T1, T2 ve T3 zamanlarında gerçekleşen, saatlik ortalama tüketilen enerji miktarlarının karşılaştırılması.

Bir günde saatlik ortalama tüketilen enerji (kWh)	1202,81	Bir günde saatlik ortalama tüketilen enerjiye göre fark
T1 zamanı saatlik ortalama tüketilen enerji (kWh)	1278,53	%6,29
T2 zamanı saatlik ortalama tüketilen enerji (kWh)	1477,83	%22,86
T3 zamanı saatlik ortalama tüketilen enerji (kWh)	926,812	%-22,94

Yukarıda yapılan analizler doğrultusunda, Şekil 4.8’deki günlük yük eğrisi referans kabul edilerek Bölüm 4.1’de aylık ortalama elektrik enerjisi tüketimi 148 kWh’a

karşılık gelen Türkiye’de bir konut için oluşturulan standart yük profilinin günlük yük eğrisi Şekil 4.10’daki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.10: Türkiye’de bir konut için oluşturulan standart yük profiline karşılık gelen günlük yük eğrisi.

Ülkemizde, 2015 yılı verileri kullanılarak ortalama bir konut için referans olarak oluşturulan Şekil 4.10’daki gibi günlük yük eğrisine ve söz edilen standart yük profilinde yer alan elektrikli cihazları kullanarak aylık ortalama 148 kWh elektrik enerjisi tüketim profiline sahip bir tüketicinin tek zamanlı ve çok zamanlı tarifeleri kullanması durumunda aylık elektrik enerjisi harcamalarının durumunu gösteren Çizelge 4.7 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.7: Bir konutun oluşturulan ortalama yük eğrisine göre tek zamanlı veya çok zamanlı tarife kullanması durumunda aylık enerji harcamaları.

Konut	Vergiler Dahil Enerji Bedeli			
	Tek Zamanlı Tarife	Çok Zamanlı Tarife		
		T1 Gündüz	T2 Puant	T3 Gece
Birim Fiyat (TL/kWh)	0,390781	0,389015	0,599929	0,236886
Aylık Tüketilen Toplam Enerji (kWh)	148,0435	72,1247	37,8944	38,0244
Aylık Elektrik Enerjisi Harcamaları (TL)	57,85	28,058	22,73	9,01
		59,80		

Çizelge 4.7’de görüldüğü üzere Türkiye’de ortalama konut tüketicilerinin evdeki elektrikli cihazlarını olağan kullanım alışkanlıkları içerisinde kullanması durumunda,

tek zamanlı veya çok zamanlı tarife seçeneklerini tercih etmeleri sonucunda aylık enerji harcamaları arasında 2 TL'lik bir fark söz konusu olmaktadır. Sonuç olarak tüketim alışkanlıkları değiştirilmediği sürece çok zamanlı tarifeden yararlanmanın aylık elektrik enerjisi harcamaları üzerinde olumsuz bir etkisinin olacağı değerlendirilmektedir.

Gelinen noktada tüketicilerin, kendi elektrik yüklerini kontrol etmek suretiyle, herhangi bir konfor kaybı olmaksızın elektrik tüketim alışkanlıklarını değiştirerek, enerjinin pahalı olduğu zaman dilimlerinden enerjinin ucuz olduğu zaman dilimlerine doğru yük kaydırmalarının aylık enerji harcamaları üzerindeki etkisi incelenecektir. Bu kapsamda Bölüm 4.1'de verilen standart yük profili içerisinde yer alan elektrikli cihazlar üç kategoriye ayrılmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8: Standart yük profili içerisinde yer alan elektrikli cihazların belirlenen kategorilere göre sınıflandırılması.

Cihaz	Kategori
Buzdolabı	1
Aydınlatma	1
Fırın	2
Tost Makinesi	2
Elektrikli Su Isıtıcı	2
Televizyon	2
Davlumbaz	2
Bilgisayar	2
Elektrikli Süpürge	2
Çamaşır Makinesi	3
Bulaşık Makinesi	3
Ütü	3
Saç Kurutma Makinesi	3
Diğer Elektrikli Cihazlar	3

Kategori 1: 24 saat kesintisiz bir şekilde enerji besleme hattına bağlı kalması gereken buzdolabı ile yük kaydırma noktasında tüketiciye esneklik tanımayan aydınlatma yüklerini kapsamaktadır.

Kategori 2: Bu kategori içerisinde yer alan fırın, tost makinesi, elektrikli su ısıtıcı, televizyon, davlumbaz, bilgisayar, elektrik süpürgesi gibi cihazlar, yerine göre tüketicilerin kullanım zamanını kontrol edebileceği, kısmi yük kaydırma olanağı bulunan cihazlar olarak değerlendirilmiştir.

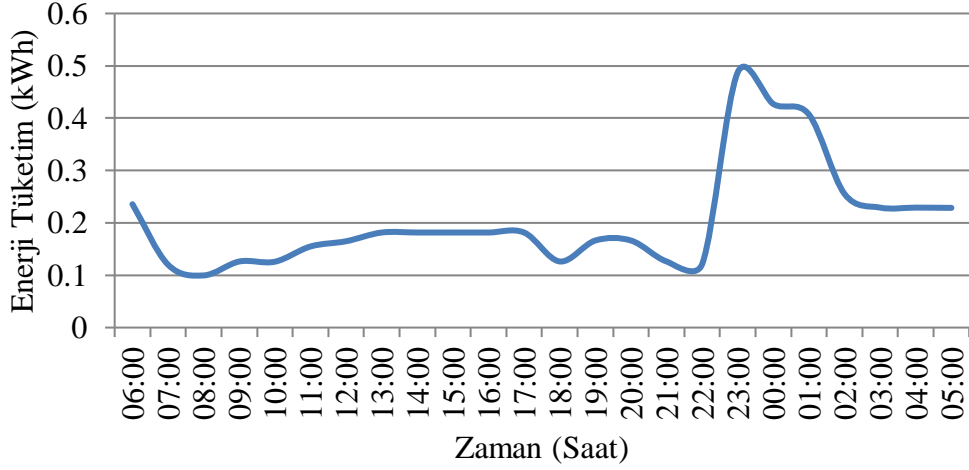
Kategori 3: Bu kategoride yer alan çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, ütü ve saç kurutma makinesi gibi cihazlar genel olarak tüketici tarafından kullanım zamanı ayarlanabilecek olan yük kaydırma noktasında esneklik sağlayan cihazlar olarak değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmeler doğrultusunda bir taraftan aylık elektrik harcamalarını azaltmak diğer taraftan puant zaman diliminde konutlarda tüketilen enerjiyi azaltmak amacıyla cihazların bekleme konumunda bırakılmadığı kabul edilerek bu üç kategoride yer alan cihazların Çizelge 4.9’da verilen şekilde günlük yük dağılımı yapılmıştır.

Çizelge 4.9: Standart yük profilinde yer alan cihazların yük kaydırma sonucunda günlük kullanılma zamanları.

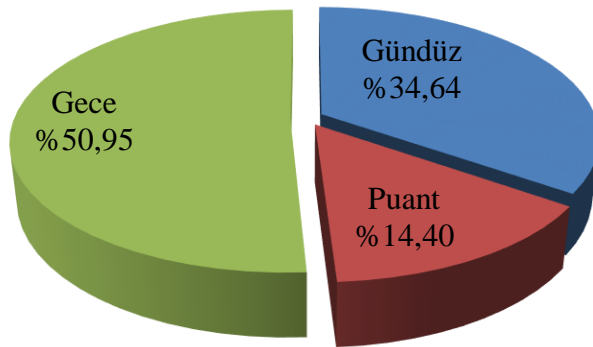
Cihaz	Kullanılma zamanları
Buzdolabı	T1, T2, T3
Aydınlatma	T1, T2, T3
Fırın	T1, T2
Tost Makinesi	T1
Elektrikli Su Isıtıcı	T1, T3
Televizyon	T1, T2, T3
Davlumbaz	T1, T2
Bilgisayar	T1, T2, T3
Elektrikli Süpürge	T2, T3
Çamaşır Makinesi	T3
Bulaşık Makinesi	T3
Ütü	T3
Saç Kurutma Makinesi	T3
Diğer Elektrikli Cihazlar	T1, T3

Buna göre yük kaydırma olanağı bulunmayan Kategori 1 içerisinde yer alan cihazlardan buzdolabının 24 saat çalıştığı, aydınlatma lambalarının da yıl içinde ortalama olarak saat 18:00-07:00 arasında kullanıldığı düşünülerek, günlük yük dağılımı yapılmıştır. Kategori 2 içerisinde yer alan cihazların genel olarak kullanılma zamanları göz önünde bulundurularak yaşam kalitesini ve konforunu olumsuz etkilemeyecek şekilde günlük yük dağılımı yapılmıştır. Kategori 3 içerisinde yer alan ve herhangi bir konfor kaybı olmaksızın yük kaydırma olanağı sunan cihazların bütününün enerjinin en ucuz olduğu T3 zamanına doğru kaydırıldığı düşünülmüştür. Bu değerlendirmelere göre, Türkiye’de bir konut için oluşturulan standart yük profili için elde edilen günlük yük eğrisi Şekil 4.11’deki gibidir.



Şekil 4.11: Yük kaydırma sonucunda günlük ortalama yük eğrisi.

Konut tüketicilerin herhangi bir şekilde yük kontrolü yapmadığı durumda elektrik enerjisinin kullanımı gün içerisinde 12:00-22:00 arasında yoğunlaşmaktaydı (Şekil 4.10). Yük yönetimine talep tarafının katılımının sağlanması ve konut tüketicilerinin yaşam kalitelerini koruyarak cihazlarının çalışma zamanını kontrol etmesiyle, yük kaydırma sonucunda elektrik enerjisi kullanımının T3 zamanı başlangıcı olan 22:00'dan sonra yoğunlaştığı görülmektedir. Burada en büyük etkiyi, Kategori 3 içerisinde değerlendirilen ve günlük elektrik enerjisi tüketiminde toplamda % 27'lik paya sahip olan çamaşır ve bulaşık makinelerinin oluşturduğu görülmüştür. Yük kaydırma sonucunda, elektrik enerjisi tüketiminin T1, T2 ve T3 zaman dilimlerine göre dağılımını gösteren grafik Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12: Yük kaydırma sonucunda, elektrik enerjisi tüketiminin gündüz, puant ve gece zaman dilimlerine göre dağılımı.

Buna göre ilk durumda tüketimdeki payı % 48,72 olan gündüz zamanı tüketiminin yük kaydırma sonucu % 34,64'e düştüğü, tüketimdeki payı % 25,68 olan gece

zamanı tüketiminin ise % 50,95'e çıktığı görülmüştür. Enerji üretim maliyetinin en yüksek olduğu ve buna bağlı olarak çok zamanlı tarifeyi tercih eden tüketiciler açısından da enerji fiyatının en yüksek olduğu puant zamanı tüketimi ise % 25,60'lardan % 14,40'a kadar düşmüş ve ilk duruma göre % 11,2'lik bir düşüş sağlanmıştır. Bu da, bu çalışmada konutlarda aylık ortalama elektrik enerjisi tüketimi 148 kWh olarak değerlendirilen ülkemizde, puant zamanı tek bir konutta tüketilen aylık enerji miktarının 16,5 kWh azaltılması anlamına gelmektedir. TEDAŞ'tan alınan 2015 yılı verilerine göre ise Türkiye'de 32,3 milyon konut abonesi bulunmaktadır. Sonuç olarak, yük yönetimine talep tarafının da katılımının sağlanması, tüketicilerin bilinçlendirilmesi ve yük kaydırılarak puant zamanı tüketiminin azaltılması durumunda Türkiye genelinde puant zamanında konut kaynaklı elektrik enerjisi tüketiminin günlük 17 GWh kadar azaltılabileceği değerlendirilmektedir.

Diğer taraftan konut tüketicilerinin yaşam kalitesi ve konforu açısından herhangi bir azalma olmaksızın, yük kaydırma yöntemiyle enerji tüketimlerini kontrol etmeleri durumunda tek zamanlı tarife göre ve çok zamanlı tarife göre ödeyeceği aylık enerji tüketim bedeli Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10: Yük kaydırma sonucunda, ortalama bir konut için tek zamanlı ve çok zamanlı tarife göre hesaplanan aylık enerji tüketim bedeli.

Konut	Vergiler Dahil Enerji Bedeli			
	Tek Zamanlı Tarife	Çok Zamanlı Tarife		
		T1 Gündüz	T2 Puant	T3 Gece
Birim Fiyat (TL/kWh)	0,390781	0,389015	0,599929	0,236886
Aylık Tüketilen Toplam Enerji (kWh)	147,16	50,98	21,2	74,98
Aylık Elektrik Enerjisi Harcamaları (TL)	57,51	19,83	12,71	17,76
		50,3		

Buna göre yük kaydırma yönteminin, çok zamanlı tarifeden yararlanılması suretiyle, tüketicilerin aylık enerji harcamaları üzerinde de olumlu etki yapabileceği değerlendirilmektedir. Çizelge 4.10'da hesaplanan değerlere göre, bir konutta yük kaydırma yöntemiyle çok zamanlı tarifeden yararlanılarak aylık 7,21 TL ve yıllık 86,52 TL'ye kadar kazanç sağlanabilecektir. Tek bir konut için yıllık olarak sağlanabilecek olan bu kazancı, 2015 yılı verilerine göre 32,3 milyon konut abonesi

bulunan ülkemiz açısından değerlendirdiğimizde, yıllık olarak konut tüketicileri açısından ülke genelinde elektrik enerjisi harcamalarında 2,8 milyar TL gibi çok anlamlı bir tasarruf sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak yük kaydırma yöntemiyle puant zaman diliminde konut kaynaklı enerji talebinde yaşanacak olan düşüş, enerji üretiminde % 50 seviyelerinde dışa bağımlı olan ülkemiz açısından, üretimde yerli kaynakların payının artmasına ve puant üretim santralleri gereksiniminin azalmasına yarar sağlayacaktır. Aynı şekilde konut tüketicilerinin enerji tüketim duyarlılığı artacak, evdeki elektrikli cihazların daha verimli kullanılması ile birim enerji ile yapılan iş miktarı artacak ve enerjinin daha ucuz olduğu zamanlara tüketimin kaydırılmasının tüketicilere sağlayacağı ekonomik kazançlar, ülkenin ekonomik gelişimine ve canlılığına katkı sağlayacaktır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknoloji ile beraber enerji, hayatın her alanında kritik görevler üstlenmeye devam etmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojisi cihazlarının, endüstriyel otomasyon sistemlerinin, son teknoloji ile donatılmış elektrik enerjisi ile çalışan cihazların gittikçe yaygın kullanım alanı bulması kesintisiz, güvenilir, kaliteli, verimli ve ucuz enerji gereksinimini zorunlu kılmaktadır. Bu gereksinimler doğrultusunda dünyanın birçok ülkesinde klasik şebeke yapısının modernize edilerek akıllı şebeke yapısına geçiş çalışmaları yapılmaktadır. Bu noktada çalışmaların dünya genelinde, uzaktan enerji kesme/açma, uzaktan ve çift taraflı okuma, çok zamanlı okuma ve kayıt etme gibi özellikleriyle, dağıtım şirketleri ile tüketiciler arasında sürekli ve anlık haberleşme olanağı sunan akıllı sayaçlar üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Bu çalışmada akıllı şebeke kavramı ve akıllı şebekelerin en önemli bileşenlerinden olan akıllı sayaçlar ve dünya genelindeki uygulamaları üzerinde durularak, Türkiye’de akıllı sayaç kullanımının konutlarda elektrik tüketimi ve elektrik harcamaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. TEDAŞ 2015 yılı verileri kullanılarak yapılan hesaplama ve değerlendirme sonucunda, bir konut için referans aylık ortalama elektrik enerjisi tüketim değeri 148 kWh olarak kabul edilmiştir. Bir konut için aylık ortalama tüketim açısından referans olarak kabul edilen bu değere karşılık gelen standart yük profili çıkartılmıştır. Standart yük profili içerisinde yer alan elektrikli cihazlardan buzdolabı, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi cihazlarına TSE Gebze Elektroteknik Laboratuvarı olanakları kullanılarak enerji performans testleri yapılmış ve konut elektrik tüketiminde enerji verimliliğinin sağlanması adına değerlendirmeler yapılmıştır. EPIAŞ tarafından dağıtım bölgeleri bazında yayımlanan saatlik bazda çarpan değerleri kullanılarak, günlük saatlik bazda ortalama tüketim değeri hesaplanarak referans olarak kabul edilen günlük yük eğrisi oluşturulmuştur. Daha sonra yük kaydırma yöntemi uygulanarak, çok zamanlı tarifeden yararlanılması suretiyle, konut tüketicilerinin elektrik kullanımını enerjinin pahalı olduğu puant zaman diliminden, enerjinin ucuz olduğu gece zaman dilimine

kaydırmasının aylık enerji harcamaları ve konut kaynaklı puant zaman diliminde tüketilen enerji miktarı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, konutlarda referans yük eğrisine göre 12:00-22:00 arasında yoğunlaşan günlük ortalama elektrik enerjisi tüketiminin, tüketicilerin yaşam kaliteleri ve konforu azalmaksızın 22:00-06:00 arasına kaydırılarak, çok zamanlı tarifeden yararlanılması suretiyle aylık enerji harcamalarının %12,5 oranında azaltılabileceği görülmüştür. Bir konut için ortalama aylık 7,21 TL'ye karşılık gelen kazanç miktarı yıllık 86,52 TL olacak, 2015 yılı TEDAŞ verilerine göre 32,3 milyon konut abonesi bulunan ülkemizde konut tüketicileri açısından toplamda 2,8 milyar TL'ye kadar tasarruf sağlanabileceği değerlendirilmiştir. Diğer taraftan puant zamanı tüketilen enerjinin konut tüketimi içerisindeki payının da yük kaydırma yöntemiyle, %25,60'dan %11,20 oranında azaltılarak %14,40 seviyelerine kadar düşebileceği değerlendirilmiştir. Bir konut için puant zamanı tüketilen enerji miktarının %11,20 oranında azaltılması, aylık olarak 16,5 kWh'e karşılık gelmekte, 32,3 milyon konut abonesi bulunan ülkemiz açısından düşünüldüğünde ise puant zaman diliminde konut kaynaklı elektrik enerjisi tüketiminin günlük 17 GWh kadar azaltılabileceği değerlendirilmiştir.

Enerji üretiminde %50 oranında dışa bağımlı olan ülkemizde, enerji harcamaları açısından tasarruf sağlanmasının ve puant zamanı tüketilen enerji miktarının azaltılarak, puant üretim açısından yapılacak yeni yatırımların geciktirilerek mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılmasının hem ev ekonomisine hem de ülke ekonomisine anlamlı katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir. Mevcut durumda ülkemizde konut tüketicileri açısından, tek zamanlı ve çok zamanlı tarife olmak üzere iki farklı tarife seçeneği bulunmaktadır. İlerleyen dönemlerde sürekli gelişmekte olan liberal elektrik piyasasının da etkisiyle tüketicilere sunulacak olan tarife seçeneklerinin artmasıyla birlikte enerji harcamaları açısından tasarruf sağlama olanağının da artacağı öngörülmektedir. Günümüzde konutlarda kullanılan, çok zamanlı okuma yapabilen ve haberleşme donanımına sahip sayaçların gelecekte, konutlarda yük yönetimini kontrol edecek cihazların kullanılması halinde, çok daha etkin bir şekilde kullanılmasıyla elektrik harcamaları ve elektrik tüketimi konularında sağlanacak yararların optimum seviyelere çıkartılabileceği değerlendirilmektedir.

Ekonomik büyüme hedeflerini gerçekleştirme, sanayi sektörünün uluslararası alanda rekabet gücünü artırma ve kişi başına düşen milli gelirin artırılarak, sosyo-ekonomik

açıdan gelişmiş, toplumsal refah düzeyi yüksek bir ülke olma hedefleri doğrultusunda, enerjide dışa bağımlılık oranının azaltılarak, yenilenebilir, kesintisiz, güvenilir, kaliteli ve verimli enerji üretimi ülkemizin en önemli önceliklerindedir. Bu açıdan mevcut kaynakların verimli kullanılması, elektrik şebeke sistemine dahil olan bütün tüketicilerin ve konut tüketicilerinin elektrik tüketimi konusunda duyarlılığının artırılarak bütüncül bir enerji verimliliğinin sağlanması, buna bağlı olarak enerji tüketiminin azaltılabilmesi için basın, yayın organları kullanılarak toplumsal bir farkındalığın oluşturulmasının ve tüketicilerin bilinçlendirilmesinin yararlı olacağı değerlendirilmektedir.





KAYNAKLAR

- [1] **Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ).** (2016). *2015 Elektrik Üretim Sektörü Raporu*. Ankara: EÜAŞ Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı İstatistik ve Araştırma Müdürlüğü. Mayıs 2016.
- [2] **Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).** (2015). *World Energy Outlook 2015 (WEO-2015)*. 10 Kasım 2015.
- [3] **World Nuclear Organization.** (2016). *Country Profiles*. 25 Mayıs 2016.
- [4] **Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK).** (2016). *Enerji Piyasası 2015 Yılı Elektrik Piyasa Gelişim Raporu*. Ankara.
- [5] **Electric Power Research Institute (EPRI).** (2011). *Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid, 2011 Technical Report*.
- [6] **Akcanca, M. A., Taşkın, S.** (2013). Akıllı Şebeke Uygulanabilirliği Açısından Türkiye Elektrik Enerji Sisteminin İncelenmesi. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*, Ankara: 26-27 Nisan.
- [7] **European Parliament, Policy Department, Economic and Scientific Policy, Briefing Note.** (2012). *Effect of Smart Metering on Electricity Prices*.
- [8] **Uluslararası Enerji Ajansı (IEA).** (2011). *Smart Grid Roadmap*.
- [9] **Institute for Electric Innovation (IEI).** (2016). *Electric Company Smart Meter Deployments: Foundation for A Smart Grid*. Report September 2016.
- [10] **Joe-Wong, C., Sen, S., Ha, S., Chiang, M.** (2012). Optimized Day Ahead Pricing for Smart Grids with Device-Specific Scheduling Flexibility. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, (Vol. 30, No. 6).
- [11] **Cengiz, Ç., Atıç, S., Parlakyıldız, Ş., Palta, O., El, E.** (2015). Akıllı Sayaçların Şebeke Entegrasyonu ve Türkiye Uygulaması. *1. Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu*, İzmir: 28-30 Mayıs.
- [12] **Dursun, İ.** (2016). *Akıllı Şebekelerde Sezgisel Algoritma Yöntemiyle Anahtarlama Optimizasyonu ve Yeniden Yapılandırma*. (Doktora Tezi). Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] **Çetinkaya, H. B.** (2014). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şebekeye Entegrasyonu. *2. Uluslararası İstanbul Akıllı Şebekeler Kongre Fuarı (ICSG 2014)*.
- [14] **Çetinkaya, H. B., Dumlu, F.** (2013). Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebeke Entegrasyonunda Yaşanabilecek Olası Problemler ve Entegrasyon Analizleri. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*, Ankara: 26-27 Nisan.

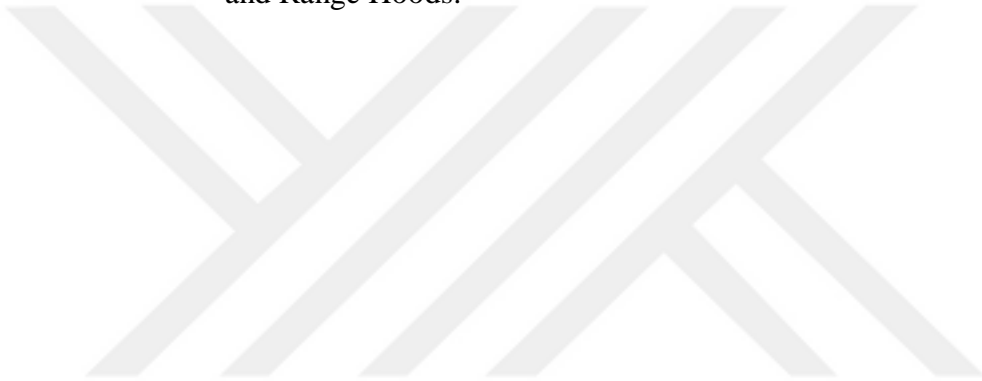
- [15] **Dönmez, M.** (2013). Akıllı Şebekeler ve Entegrasyon. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*. Ankara: 26-27 Nisan.
- [16] **Url-1** <<http://www.powersystem.org/mapping-and-gis>>, erişim tarihi 20.04.2017.
- [17] **Rezkalla, M., Heussen, K., Marinelli, M., Hu, j., Bindner, H. W.** (2015). Identification of Requirements for Distribution Management Systems in the Smart Grid Context. *IEEE, 50th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, (pp. 1-6). 1-4 September.
- [18] **Jain, A., Shivakumar, N. R.** (2009). Power system tracking and dynamic state estimation. *Conf. Expo. 2009. PSCE '09. IEEE/PES*, 15-18 March.
- [19] **Rahimi S., Marinelli, M., Silvestro, F.** (2012). Evaluation of requirements for Volt/Var control and optimization function in distribution management systems. *IEEE Int. Energy Conf. Exhib. ENERGYCON 2012*, (pp. 331–336).
- [20] **Polat, Ö., Yumak, K., Sezgin, M. S., Yumurtacı, G., Gül, Ö.** *Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Genel Durumu*.
- [21] **Xu, G., Yu, W., Griffith, D., Golmie, N., Moulema, P.** (2017). Toward Integrating Distributed Energy Resources and Storage devices in Smart Grid. *IEEE Internet of Things Journal*, (Vol. 4, No. 1).
- [22] **Whittingham, M. S.** (2012). History, Evolution and Future Status of Energy Storage. *Proceedings of the IEEE*, (Vol. 100), 13 May.
- [23] **Özdemir, E., Özdemir, S., Erhan, K., Aktaş, A.** (2016). Energy Storage Technologies Opportunities and Challenges in Smart Grids. *3rd International Smart Grid Workshop and Certificate Program (ISGWCP)*, Istanbul: 21-25 March.
- [24] **Kocaman, B.** (2013). Akıllı Şebekeler ve Mikro Şebekelerde Enerji Depolama Teknolojileri. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*, Ankara: 26-27 Nisan.
- [25] **Smith, C. S., Sen, P. K., Kroposki, B.** (2008). Advancement of Energy Storage Devices and Applications in Electrical Power System. *2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, (pp. 1-8).
- [26] **U. S. NIST.** (2010). *NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0*. NIST Special Publication 1108.
- [27] **Pandey, R. K., Misra, M.** (2016). Cyber Security Threats-Smart Grid Infrastructure. *IEEE 2016 National Power System Conference*, (pp. 1-6).
- [28] **IEC Smart Grid Standardization Roadmap.**
- [29] **U. S. Department of Energy, Office of Electric Transmission and Distribution.** (2003). *Grid 2030, A National Vision for Electricity's Second 100 years*.

- [30] **TITLE XIII, Smart Grid, Energy Independence and Security Act of 2007.**
- [31] **Url-2, U. S. Department of Energy.** <<https://energy.gov/oe/information-center/recovery-act-smart-grid-investment-grant-sgig-program>>, erişim tarihi 29.03.2017.
- [32] **Url-3** <<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=108&t=3>>, erişim tarihi 29.03.2017.
- [33] **Ilic, M., Black, J. W., Watz, J. L.** (2002). Potential Benefits of Implementing Load Control. *2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, (pp. 177-182).
- [34] **Milam, M., Venayagamoorthy, G. K.** (2014). Smart Meter Deployment: US Initiatives. *IEEE, ISGT 2014*, (pp. 1-5).
- [35] **Hashmi, M., Hanninen, S., Maki, K.** (2011). Survey of Smart Grid Concepts, Architectures, and Technological Demonstrations Worldwide. *2011 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies Latin America*, (pp. 1-7).
- [36] **Zhou, Y., Chen, Y., Xu, G., Zhang, Q., Krundel, L.** (2014). Home Energy Management with PSO in Smart Grid. *2014 IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics*, (pp. 1666-1670).
- [37] **Zhang, J., Huang, H., Zhang, Y. B.** (2014). The Comparative Analysis of Foreign Smart Grid Top-Level Roadmaps. *2014 IEEE International Conference on Power System Technology*, (pp. 1908-1913).
- [38] **Budha, K., Kim, Y. J., Choi, J. I., Hong, J.** (2010). GERI- Bell Labs Smart Grid Research Focus: Economic Modeling, Networking, and Security & Privacy. *2010 IEEE First International Conference on Smart Grid Communications*, (pp. 208-213).
- [39] **Popple, C.** *Overview of Smart Grid Activities in Australia*. Smart Grid Australia Inc.
- [40] **Zhang, Y., Meng, K., Dong, Z. Y.** (2016). Customized Residential Load Scheduling Based on Data-Driven Appliance Modeling Strategy. *2016 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, (pp. 2028-2032), China.
- [41] **Arif, M. T., Amanullah, M. T., Stojcevski, A.** (2014). An Investigation for Improved Home Energy Management. *Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2014*. Perth, Australia: Curtin University.
- [42] **Filho, A. L. F., Coura, J. J., Correia, P. F.** (2015) The Development of Smart Grid in Brazil and the Role of Universities. *2015 IEEE 13th Brazilian Power Electronics Conference and 1st Southern Power Electronics Conference*, (pp. 1-5).
- [43] **Maskalenko, N., Sokolnikova, T.** (2010). Smart Grid- German and Russian Perspectives in Comparison. *Modern Electric Power Systems 2010*, (pp. 1-7), Wrocław, Poland.

- [44] **Emea, O., Onwunta, K., Tariq, M., Kahn, E.** (2014). Smart Grid Concept and Developments: The Relevance to South Africa. *Journal of Energy and Power Engineering*, (pp. 1952- 1963).
- [45] **Longe, O. M., Ouahada, K., Rimer, S., Zhu, H., Ferreira, H. C.** (2015). Effective Energy Consumption Scheduling in Smart Homes. *IEEE AFRICON 2015*, (pp. 1-5).
- [46] **European Commission, European Technology Platform Smart Grid.** (2007). *Strategic Research Agenda for Europe's Electricity Network of The Future*.
- [47] **European Commission, Joint Research Center Science and Policy Reports.** (2014). *Smart Grid Projects Outlook 2014*.
- [48] **Federal Ministry of Economics and Technology, Smart Energy Made in Germany.** (2012). *Interim Results of The E-Energy Pilot Projects Towards the Internet of Energy*.
- [49] **ENEL Distribuzione S. p. A, Telegestore Project.** (2007). Progress & Results. *IEEE ISPLC*.
- [50] **UK Department of Energy and Climate Change.** (2014). *Smart Grid Vision and Routemap*.
- [51] **Zhang, N., Ochoa, L. F., Kirschen, D. S.** (2011). Investigating the Impact of Demand Side Management on Residential Customers. *2011 2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on Innovative Smart Grid Technologies*, (pp. 1-6).
- [52] **Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ).** (2015). *2015 Yılı Sektör Raporu*, Ankara.
- [53] **Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ).** (2015). *2015-2019 Stratejik Planı*, Ankara.
- [54] **Url-4** <<https://www.ab.gov/80.html/>>, erişim tarihi 09.04.2017.
- [55] **Url-5** <<https://www.akillisebekelerturkiye.org>>, erişim tarihi 09.04.2017.
- [56] **Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK).** (2011). Enerji Piyasasında Kullanılacak Sayaçlar Hakkında Tebliğ, Ankara.
- [57] **Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK).** (2015). Otomatik Sayaç Okuma Sistemlerinin Kapsamına ve Sayaç Değerlerinin Belirlenmesine İlişkin Usul ve Esaslar, Ankara.
- [58] **Wang, P., Huang, J. Y., Ding, Y., Loh, P., Goel, L.** (2010). Demand Side Load Management of Smart Grids Using Intelligent/Trading/Metering/Billing System.
- [59] **T. C. Kalkınma Bakanlığı.** (2011). *İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması, SEGE-2011*, Ankara.
- [60] **Enerji Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.** (2010). *Hane Halkına Yönelik Enerji Verimliliği Araştırma Raporu*, Ankara.
- [61] **European Union, Commission Delegated Regulation.** (2010). No. 1061/2010, Supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and

of the Council With Regard to Energy Labelling of Household Washing Machines.

- [62] **European Union, Commission Delegated Regulation.** (2010) No. 1059/2010, Supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council With Regard to Energy Labelling of Dishwashers.
- [63] **European Union, Commission Delegated Regulation.** (2010). No. 1062/2010, Supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with Regard to Energy Labelling of Televisions.
- [64] **European Union, Commission Delegated Regulation.** (2013). No. 665/2013, Supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council With Regard to Energy Labelling of Vacuum Cleaners.
- [65] **European Union, Commission Delegated Regulation.** (2013). No. 65/2014, Supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council With Regard to Energy Labelling of Domestic Ovens and Range Hoods.





ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Hüseyin Karakaş
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul, 31.10.1987
E-Posta : karakashus@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2010, İTÜ, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2012-2017 yılları arasında Türk Standartları Enstitüsü Gözetim ve Muayene Müdürlükleri ile Elektroteknik Laboratuvarı (Gebze) Müdürlüğü'nde çalıştı.