



**T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI**

**ORTA ÖLÇEKLİ ŞEHİRLER İÇİN ÇOKLU
MİKROŞEBEKELERİN (ÇMŞ) İNCELENMESİ VE
PLANLANMASI: KIRŞEHİR ÖRNEĞİ**

Sedef Büşra ERGÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR / 2020



**T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI**

**ORTA ÖLÇEKLİ ŞEHİRLER İÇİN ÇOKLU
MİKROŞEBEKELERİN (ÇMŞ) İNCELENMESİ VE
PLANLANMASI: KIRŞEHİR ÖRNEĞİ**

Sedef Büşra ERGÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜÇYETMEZ**

KIRŞEHİR / 2020

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

“Orta lekli Şehirler İçin oklu Mikroşebekelerin (MŐ) İncelenmesi ve Planlanması: Kırşehir rneği” adlı bu çalışma, 27.01.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜÇYETMEZ (Danışman)

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi


Dr. Öğr. Üyesi Serkan KESER

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi


Prof. Dr. Ertuğrul AM

Kırıkkale Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sedef Büşra ERGÜL



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan, bilgi birikimi ve paylaşımları ile beni her zaman onurlandıran, bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen, beni sürekli olarak motive edip destekleyen ve tez danışmanlığımı yürüten Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜÇYETMEZ'e, lisans ve yüksek lisans eğitimi hayatımda her zaman yanımda olan Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünün tüm akademisyenlerine, maddi ve manevi olarak her zaman beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

Ocak, 2020

Sedef Büşra ERGÜL



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÖZET	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	3
1.2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2. ÇOKLU MİKROŞEBEKE (ÇMŞ) İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR	7
2.1. Enerji Üretimi ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	7
2.1.1. Rüzgâr Enerjisi	8
2.1.2. Güneş Enerjisi	10
2.1.3. Jeotermal Enerji.....	13
2.2. Dağıtık Üretim (DÜ) Kavramı	14
2.2.1. Dağıtık Üretimin Gerekliliği	15
2.3. Enerji Depolama	16
2.3.1. Elektrik Enerjisi Depolama	17
2.3.2. Kimyasal Enerji Depolama.....	17
2.3.3. Mekanik Enerji Depolama.....	17
2.4. Enterkonnekte Elektrik Şebekesi ve Kurulu Güç	17
2.5. Mikroşebeke Kavramı	19
2.5.1. Tipik Bir Mikroşebeke Yapısı	22
2.5.2. Mikroşebekenin Teknik ve Ekonomik Avantajları	27
2.6. Çoklu Mikroşebeke (ÇMŞ)	28
2.6.1. Uygulama Alanlarına Göre ÇMŞ'ler.....	29
2.6.1.1. Uzak Alan Tipi ÇMŞ'ler	30
2.6.1.2. Konut Alan Tipi ÇMŞ'ler.....	30
2.6.1.3. Ofis Binası Tipi ÇMŞ'ler	30
2.6.1.4. Endüstriyel Tipi ÇMŞ'ler.....	31
2.6.1.5. Araştırma Çalışması Türü ÇMŞ'ler	31
2.6.2. Çoklu Mikroşebekelerin AA/DA Yapısal Biçimleri	32
2.6.2.1. AA Çoklu Mikroşebekeler (AA-ÇMŞ)	32

2.6.2.2.	Doğru Akım Çoklu Mikroşebekeler (DA-ÇMŞ).....	33
2.6.2.3.	AA-DA Karışık Çoklu Mikroşebekeler (AA-DA ÇMŞ).....	34
2.6.3.	Çoklu Mikroşebekelerin (ÇMŞ'lerin) Voltaj Yapısal Formları.....	34
2.6.3.1.	Düşük Gerilim (DG) ÇMŞ'LER.....	35
2.6.3.2.	Orta Gerilim (OG) ÇMŞ'leri.....	36
2.6.3.3.	OG/DG Karışık ÇMŞ'ler	36
2.7.	Çoklu Mikroşebekelerde Kontrol	37
2.7.1.	Çoklu Mikroşebekelerin Çalışması	37
2.7.2.	Çoklu Mikroşebeke Kontrol ve Yönetim Mimarisi.....	39
2.7.2.1.	Koordineli Gerilim / VAR Desteği.....	42
2.7.2.2.	Koordineli Frekans Kontrolü.....	42
2.7.2.3.	Hiyerarşik Kontrole Genel Bakış	43
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	45
3.1.	Kurulu Güç ve Kırşehir Elektrik İletim Sistemi.....	45
3.2.	Kırşehir İli Verileri	46
3.2.1.	Genel Veriler	46
3.2.2.	Yapı Verileri.....	47
3.2.3.	Elektrik Tüketim Verileri	48
3.2.4.	Yenilenebilir Enerji Kaynakları	50
3.3.	Kırşehir Yerleşim Yapılanması ve MŞMD Bölgeleri	53
3.3.1.	Kırşehir Yerleşim Yapılanması	53
3.3.2.	Mikroşebeke Merkezi Denetleyici (MŞMD) Bölgeleri.....	53
3.3.3.	ÇMŞ Yapılanmasında MOYD Bölgelerini Tespit Yöntemi	54
4.	BULGULAR.....	56
4.1.	Mikroşebeke Merkezi Denetleyici (MŞMD) Bölgeleri.....	56
4.1.1.	MŞMD ₁ Bölgesi (Ahi Evran Mahallesi)	56
4.1.2.	MŞMD ₂ Bölgesi (Aşıkpaşa Mahallesi)	56
4.1.3.	MŞMD ₃ Bölgesi (Bağbaşı Mahallesi)	57
4.1.4.	MŞMD ₄ Bölgesi (Bahçelievler Mahallesi).....	58
4.1.5.	MŞMD ₅ Bölgesi (Çukurçayır Mahallesi).....	58
4.1.6.	MŞMD ₆ Bölgesi (Göhlisar Mahallesi)	59
4.1.7.	MŞMD ₇ Bölgesi (Güldiken Mahallesi)	59
4.1.8.	MŞMD ₈ Bölgesi (Kayabaşı Mahallesi)	60

4.1.9.	MŞMD ₉ Bölgesi (Kervansaray Mahallesi).....	61
4.1.10.	MŞMD ₁₀ Bölgesi (Kındam Mahallesi).....	61
4.1.11.	MŞMD ₁₁ Bölgesi (Kuşdilli Mahallesi).....	62
4.1.12.	MŞMD ₁₂ Bölgesi (Medrese Mahallesi).....	62
4.1.13.	MŞMD ₁₃ Bölgesi (Nasuhdede Mahallesi).....	63
4.1.14.	MŞMD ₁₄ Bölgesi (Yenice Mahallesi)	63
4.2.	Kırşehir ÇMŞ Yapılanması ve MOYD Bölgelerinin Belirlenmesi	64
4.2.1.	Ortalama Enerji Tüketim Değerleri	64
4.2.2.	Yapı Türleri Açısından Gelişmişlik.....	66
4.2.2.1.	Konut Alanları	66
4.2.2.2.	Endüstriyel Alanlar	66
4.2.2.3.	Ofis Alanları	67
4.2.2.4.	Eğitim Alanları	67
4.2.3.	MŞMD'lerin Konumu	68
4.2.4.	Yenilenebilir Enerji, İletim Türü ve Enerji Depolamaya Uygunluk	69
4.2.4.1.	Yenilenebilir Enerji	69
4.2.4.2.	İletim Türü (AC, DC, AC/DC) ve Enerji Depolamaya Uygunluk	69
4.3.	Kırşehir ÇMŞ Bölge Matrisinin Oluşturulması ve Toplu Değerlendirme	72
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	74
	KAYNAKÇA	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı.....	8
Şekil 2.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi.	10
Şekil 2.3 Türkiye’deki Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllara Göre Değişimi Grafiği ...	12
Şekil 2.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji Kurulu Gücü.....	14
Şekil 2.5. Türkiye Elektrik İletim Sistemi.....	19
Şekil 2.6. AA Tipte Mikroşebeke Bağlantısı	21
Şekil 2.7. Mikroşebeke Bağlantı Şeması.....	21
Şekil 2.8. Tipik Bir Mikroşebeke Yapısı.....	23
Şekil 2.9. Çoklu Mikroşebeke (ÇMŞ) İçin Yurtdışında Altyapı Çalışmasının Dağılımı	29
Şekil 2.10. GZ Ziyun Villa ÇMŞ Topolojisi.....	30
Şekil 2.11. SZ Ecopark ÇMŞ Topolojileri	31
Şekil 2.12. AA-ÇMŞ Mimarisi	32
Şekil 2.13. DA-ÇMŞ Mimarisi	33
Şekil 2.14. AA-DA Karışık Çoklu Mikroşebeke Mimarisi.....	34
Şekil 2.15. Paralel yapılı ÇMŞ Sistemi	35
Şekil 2.16. Luxi Adası ÇMŞ Topolojisi.....	36
Şekil 2.17. Sendai ÇMŞ Topolojisi.....	37
Şekil 2.18. Çoklu Mikroşebekeli Bir Sistemin Kontrol ve Yönetim Mimarisi.....	38
Şekil 2.19. Merkezi Özerk Yönetim Denetleyicisi İşlevleri	41
Şekil 2.20. Çoklu Mikroşebekeli Bir Sistemin Hiyerarşik Kontrol Şeması.....	43
Şekil 3.1. Kırşehir Tek Hat Şeması Son Hali	45
Şekil 3.2. Kırşehir İli Rüzgâr Haritası.....	51
Şekil 3.3. Kırşehir İli Güneş Radyasyonu	52
Şekil 3.4. ÇMŞ’ler için Örnek Hiyerarşik Şema	55
Şekil 4.1. MŞMD ₁ Bölgesi (Ahi Evran Mahallesi).....	56

Şekil 4.2. MŞMD ₂ Bölgesi (Aşıkpaşa Mahallesi).....	57
Şekil 4.3. MŞMD ₃ Bölgesi (Bağbaşı Mahallesi)	57
Şekil 4.4. MŞMD ₄ Bölgesi (Bahçelievler Mahallesi)	58
Şekil 4.5. MŞMD ₅ Bölgesi (Çukurçayır Mahallesi).....	59
Şekil 4.6. MŞMD ₆ Bölgesi (Göhlisar Mahallesi).....	59
Şekil 4.7. MŞMD ₇ Bölgesi (Güldiken Mahallesi).....	60
Şekil 4.8. MŞMD ₈ Bölgesi (Kayabaşı Mahallesi).....	60
Şekil 4.9. MŞMD ₉ Bölgesi (Kervansaray Mahallesi)	61
Şekil 4.10. MŞMD ₁₀ Bölgesi (Kındam Mahallesi)	61
Şekil 4.11. MŞMD ₁₁ Bölgesi (Kuşdilli Mahallesi)	62
Şekil 4.12. MŞMD ₁₂ Bölgesi (Medrese Mahallesi)	63
Şekil 4.13. MŞMD ₁₃ Bölgesi (Nasuhdede Mahallesi)	63
Şekil 4.14. MŞMD ₁₄ Bölgesi (Yenice Mahallesi).....	64
Şekil 4.15. Kırşehir Merkez için MŞMD Bölgeleri	68
Şekil 4.16. Kırşehir Merkez için Önerilen ÇMŞ Hiyerarşik Şeması	72
Şekil 4.17. Kırşehir Merkez için Önerilen ÇMŞ Haritası	73

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı.....	12
Tablo 2.2. Çin'de güç şebekesi voltajı seviyeleri.....	35
Tablo 3.1. Kırşehir'deki elektrik santralleri.	46
Tablo 3.2. 2019 Yılı Mahallelere Göre Kırşehir Nüfusu.	47
Tablo 3.3. 2019 Yılı Kırşehir Yapı Verileri.....	47
Tablo 3.4. Kırşehir İli Mahallelere Göre Aylık Tüketim Değerleri.....	48
Tablo 3.5. Mahallelere Göre Konut Başına Düşen Ortalama Tüketim Değerleri	49
Tablo 3.6. Yapı Türlerine Göre Bina Yoğunluğunun Değerlendirilmesi.	50
Tablo 3.7. Yapı Türlerine Göre Mahallerde Yoğunluğun Değerlendirilmesi.	50
Tablo 3.8. Kırşehir mikroşebeke merkezi denetleyici bölgeleri.	53
Tablo 4.1. 5 MOYD bölgesi için ortalama enerji tüketim değerlerine göre optimum MŞMD dağılımı.....	65
Tablo 4.2. 4 MOYD bölgesi için ortalama enerji tüketim değerlerine göre optimum MŞMD dağılımı.....	65
Tablo 4.3. 4 MOYD bölgesi için ortalama enerji tüketim değerlerine göre diğer bir optimum MŞMD dağılımı.	65
Tablo 4.4. Kırşehir MŞMD Bölgelerinin Yenilenebilir Enerjiye Uygunluk ve Depolama Alanları Adalı/Adasız Çalışabilme Durumu Açısından Değerlendirilmesi.....	71
Tablo 4.5. Kırşehir Merkez İçin Önerilen ÇMŞ Matrisi.....	72

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

CO₂

: Karbondioksit

Kisaltmalar

Açıklama

MŞMD

: Mikroşebeke Merkezi Denetleyicisi

MOYD

: Merkezi Otonom Yönetim Denetleyicisi

MŞ

: Mikroşebeke

ÇMŞ

: Çoklu Mikroşebeke

AA

: Alternatif Akım

DA

: Doğru Akım

DÜ

: Dağıtık Üretim

DG

: Düşük Gerilim

OG

: Orta Gerilim

YG

: Yüksek Gerilim

DEK

: Dağıtık Enerji Kaynakları

Oİ

: Oransal İntegral

OÜD

: Otomatik Üretim Denetleyicisi

DYS

: Dağıtım Yönetim Sistemleri

DSİ

: Dağıtım Sistemi İşletmecisi

OÜD

: Otomatik Üretim Denetleyicisi

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORTA ÖLÇEKLİ ŞEHİRLER İÇİN ÇOKLU MİKROŞEBEKELERİN (ÇMŞ) İNCELENMESİ VE PLANLANMASI: KIRŞEHİR ÖRNEĞİ

Sedef Büşra ERGÜL

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜÇYETMEZ

Elektrik enerjisinin büyük enerji üretim tesisleri olan santrallerde üretilip iletim hatları vasıtasıyla tüketim birimlerine taşındığı geleneksel enterkonnekte elektrik şebekesi son yıllarda değişmeye başlamıştır. Bu değişimde, nüfus artışı, şehirlerin gelişmesi, enerjinin geleneksel ya da yenilenebilir olmak üzere yerel küçük çaplı üretim birimlerinde de üretilir hale gelmesi, enerji üretim yöntemlerinin çeşitlenmesi, cep telefonları, elektrikli araçlar gibi elektrikli teknolojilerin artması ile elektrik tüketimindeki artış, üretim ve tüketim noktalarının birbirine yaklaşması sonucunda hat kayıp ve maliyetlerinin azalması, enerji kalitesinin artması ve elektrik kesintilerinin en aza indirilmesi, depolama teknolojilerinin gelişmesi ve küresel ısınma konuları etkin olmaktadır.

Tüm bu etkenler elektrik enerjisinin yerinde üretim ve tüketimine ağırlık verilmesine neden olmuştur. Bu durum ise, geleneksel enterkonnekte elektrik şebekesinin mikroşebekeler şeklinde yeniden üretim, tüketim ve depolama potansiyellerini de dikkate alacak şekilde planlanmasını gerektirmektedir. Teknolojideki gelişmeye bağlı olarak daha güvenilir ve arızalara dayanıklı bir elektrik şebekesinin yapılandırılmasına ve planlamaya

olan gereksinim artmıştır. Büyük güçlü santrallara göre verimi daha yüksek ve tüketiciye yakın tesis edilmesi mümkün olan dağıtık üretim kaynaklarının elektrik kesintilerini minimize edecek şekilde tesis edilmesi durumunda geleceğin şebeke modeli olarak görülen mikroşebeke yaklaşımı hakkında çalışmada bilgi verilmiştir.

Mikroşebekeler, büyük ölçekli elektrik şebekesine bağlandığında, belirli bir bölgedeki bir dizi komşu mikroşebeke tesisatı, çoklu mikroşebekeler sistemi oluşturacaktır. Mikroşebekelerden akıllı şebekelere geçişte, çoklu mikroşebekelerin planlanması (ÇMŞ) önemli bir geçiş noktası olacaktır.

ÇMŞ'lerin verimli şekilde çalışabilmesi şehirlerin ÇMŞ yapılanmasına uygun planlanması ile gerçekleşebilir. Küçük, orta ve büyük ölçekli şehirler için eğitim, konut, endüstri, ofis vb. yapılanmalar farklı olacağından planlama ayrı ayrı ele alınabilir. ÇMŞ'lerde elektrik tüketim değerleri, AA/DA iletim türü ve depolama birimleri, dağıtık enerji üretim kaynakları, eğitim, konut, endüstri vb. yapılanmalar ÇMŞ planlamasında kullanılan temel parametrelerdir.

Bu çalışmada, ÇMŞ yapılanmasının planlanmasında kullanılan bu parametreler ele alınarak orta ölçekli şehirler için bir model ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, Kırşehir ili pilot il olarak seçilmiştir. Çalışmanın diğer orta ölçekli şehirler için de bir model oluşturması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Mikroşebeke, Çoklu Mikroşebeke, Dağıtık Üretim Kaynakları, Enerji Planlaması, Enerji Depolaması*

ABSTRACT

Master of Science Thesis

INVESTIGATION AND PLANNING OF MULTI-MICROGRIDS (MMG) FOR MEDIUM-SCALE CITIES: KIRŞEHİR SAMPLE

Sedef Büşra ERGÜL

Kirsehir Ahi Evran University

Institute of Science

Advanced Technologies Department

Supervisors: Asst. Prof. Dr. Mehmet GÜÇYETMEZ

In recent years, the traditional interconnected electricity network, where electricity is produced in power plants, which are large power generation plants, is transferred to consumption units through transmission lines. In this change, there is an increase in electricity consumption with the increase of population, development of cities, the production of energy in local small-scale production units, traditional or renewable, diversification of energy production methods, and increase in electrical technologies such as mobile phones and electric vehicles. As a result of the convergence of production and consumption points, line losses and costs are reduced, energy quality increases and power cuts to a minimum, development of storage technologies and global warming are effective.

All these factors led to the production and consumption of electrical energy. This requires that the traditional interconnected electricity grid be planned to take into account reproduction, consumption and and storage potentials in the form of microgrid. Due to the advancement in technology, the need for structuring and planning of a more reliable and fault-tolerant electricity grid has increased. In this study, microgrid approach, which is seen as the network model of the future, is provided if distributed production resources that

are more efficient than the big power plants and that are possible to be installed close to the consumer are installed to minimize power outages.

When the microgrids are connected to a large-scale electricity grid, a number of adjacent microgrid installations in a given region will form a multi-microgrid system. In the transition from microgrids to smart grids, planning of multi-microgrids will be an important transition point.

Efficient operation of MMGs can be realized by planning cities in accordance with MMG structure. Since small, medium and large cities will have different structures such as education, housing, industry and office, planning can be handled separately. Structures such as electricity consumption values, AC/DC transmission type and storage units, distributed energy production sources, education, housing, industry are the basic parameters used in MMG planning.

In this study, by using these parameters used in the planning of MMG structuring, a model for medium-sized cities has been tried to be put forward. For this purpose, Kırşehir was selected as a pilot province. The study is expected to provide a model for other medium-sized cities.

Keywords: *Microgrid, Multi-Microgrid, Distributed Generation Resources, Energy Planning, Energy Storage*

1. GİRİŞ

Şehirlerin artan nüfusla birlikte büyümeleri, fosil kaynaklı enerji üretiminin sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesi ve üretimlerinin artması, enerjide verimlilik, enerji depolama kavramı, küresel ısınma ve çevreye dost enerji üretimi, elektrik enerjisinde artan kayıplar ve enerjide sürdürülebilir büyüme ve yatırımlar gibi yeni kavramlar geleneksel elektrik şebekelerinin değişmesine neden olmuştur. Bunun neticesinde, geleneksel şebekelerden akıllı şebekelere doğru bir gelişim süreci başlamıştır. Ancak geleneksel elektrik şebekelerinin akıllı şebekeler şeklinde yapılanması hem maliyetler açısından hem de altyapı açısından uzun bir süreç olacaktır.

Geleneksel şebekeler, enerji akışının belli bir merkezden kaynağa doğru tek yönlü olarak uzun mesafeler boyunca iletildiği bu nedenle de çok kararlı olmayan, kayıpların fazla olduğu türdeki hatlardır. Bu tür şebekelerde mimariden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının bağlanması da şebekenin güven ve istikrarlı çalışması açısından kararsızlık oluşturmaktadır. Tüketici taleplerindeki değişimler, toplumda teknolojiye bağımlılığın gittikçe artmasının sonucu olarak daha güvenilir ve arızalara dayanıklı bir elektrik dağıtım şebekesinin yapılandırılmasına olan gereksinim artmaktadır.

Dağıtık üretim birimleri geleneksel üretim birimlerinin yakınlarında kurulan ve geleneksel şebekeyi besleyen daha çok küçük-orta ölçekli üretim tesisleridir. Bu tesisler şebekeye tüketicilerin yük ihtiyaçlarını karşılamak üzere bağlanırlar. Küçük ölçekli hidro, diesel, kombine santraller ve diğer dönen makineler dağıtık üretim kaynaklarından bazılarıdır. Bunlara ilave olarak yakıt hücreleri, rüzgâr, güneş enerjisi gibi elektrik enerjisi üretim kaynakları da dağıtık üretim birimleri olarak tanımlanır [1]. Alternatif enerji üretim kaynakları boyutlarının küçük olması sebebi ile dağıtıma yakın noktalarda yerleştirilebilirler.

Enerji depolama teknolojileri; elektrik üretim ve dağıtım şirketleri, tesis işletmecileri ve elektrikli araç üreticileri için oldukça önemli bir ilgi alanıdır. Büyük miktarlarda enerjinin depo edilebilmesi elektrik şirketlerinin operasyonları için büyük bir esneklik sağlayabilir. Bu sayede, talep edilen enerjinin aynı anda üretilmesine gerek kalmayacaktır.

Mikroşebekeler ise yazılım ve sensör ağıyla donatılan, haberleşme ve bilgi sistemleri ile desteklenen akıllı şebekelerin temel yapı taşlarıdır. Bu açıdan her bir mikroşebeke akıllı şebeke sisteminin küçük parçaları olarak ele alınabilir. Her bir mikroşebeke parçasında yapılacak planlama ve verimlilik tüm akıllı şebeke sistemini de etkileyecektir.

Mikroşebekeler, geleneksel şebekelerden farklı olarak şebekeye bağımlı ya da bağımsız çalışabilen, depolama birimlerinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunduğu, tüketicilerin elektrik sisteminden enerji tedarik ederken aynı zamanda üretici konumunda olarak ürettikleri elektriği sisteme satabildikleri aktif ve yaşayan bir elektrik enerji sistemini ifade etmektedir.

Dünya genelinde henüz ağırlıklı olarak gelişmiş ülkelerde uygulamaya geçmeye başlayan bazı ülkelerde de pilot projeler olarak test edilen mikroşebekeler, ülkemiz için çok yeni bir kavramdır. Dağıtık üretim birimlerinin son yıllarda yaygınlaşması ile mikroşebeke yapılanmasının da ilk adımları atılmıştır.

Çalışmalardan akıllı şebekelere geçişte, mikroşebeke ve bu mikroşebekelerin bir araya gelerek oluşturduğu daha büyük ölçekli çoklu-mikroşebekeler ile ilgili planlamaların öncelikle yapılması gerektiği görülmektedir.

Bu planlama döngüsü; üretim, tüketim, depolama süreçlerinin bir arada ele alındığı bir kontrolü içermektedir. Böylece, sistem güvenilirliği artırılıp, hizmet kalitesi yükseltilebilir aynı zamanda çevreci, verimli bir elektrik şebeke yapısı elde edilebilir.

Çoklu mikroşebeke (ÇMŞ), belli bir bölgede bir dizi bitişik mikroşebekenin birleşimi olup, ara bağlantı ve ortak talepleri karşılamak için çok sayıda mikroşebekeyi kontrol ve koordine etmek amacıyla oluşturulan yapılardır. Bir ÇMŞ mimarisi de kendi içerisinde başka bir ÇMŞ mimarisinin bileşeni olabilir.

Çoklu Mikroşebeke (ÇMŞ) mimarilerinin öncelikle şehirler ardından bölgeler için oluşturulması ile mevcut elektrik şebeke sistemi durağanlıktan kurtulacaktır. Tüketicilerin hem tüketici hem de üretici olabildikleri bu sistemde elektrik enerjisinin önemi ve ekonomik büyümesi artmış olacaktır. Elektrik enerjisindeki ekonomik büyüme elektrik enerjisine yapılan yatırımları arttıracak ve enerji tasarrufunun da önemi artacaktır.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Günümüz geleneksel elektrik dağıtım sisteminin planlanmaya ihtiyacı olduğu açıktır. Bu ihtiyaçtan hareketle, elektrik enerji sisteminin geleceğinin akıllı şebekeler ve akıllı şebekelerin yapıtaşı olan mikroşebekeler ile yapılandırılacağı görüşü oldukça yaygınlaşmıştır. Bunun için, ilk adım geleneksel şebekeyi bölümlere ayırarak mikroşebeke yapılarını oluşturmaktır.

Mikroşebeke tasarımına ve planlanmasına destek olan çeşitli kavramlar bulunmaktadır. Bunlar, yenilenebilir enerji kaynakları, depolama birimleri, dağıtık üretim, hiyerarşik kontrol gibi kavramlardır.

Yenilenebilir enerji birimleri, ilk zamanlarda dağıtım sistemi vasıtasıyla şebekeye bağlanmış ancak kullanıcıların acil talepleri ve yenilenebilir enerji üretimindeki dengesizlikler nedeniyle, elektrik şebekesinin güvenli ve istikrarlı çalışması açısından kararsızlık oluşturmuştur [2]. Bu yüzden, istikrarlı bir çalışma açısından dağıtık üretim sistemleriyle daha çekici hale gelen mikroşebeke sistemleri önemli bir yere sahip olmuştur. Dağıtık üretim birimlerinin son yıllarda yaygınlaşması ve çeşitli depolama teknolojilerinin de mikroüretim seviyesinde dahi olsa uygulanabilir olması ile mikroşebeke yapılanmasının da ilk adımları atılmıştır.

Mevcut dağıtım şebekesine birden çok mikroşebeke ile belirli bir bölgedeki birkaç komşu mikroşebeke bağlanarak, bir Çoklu Mikro Şebeke (ÇMS) mimarisi oluşturmaktadır. Mikroşebeke ve çoklu mikroşebeke yapılanması küçük, orta ve büyük şehirler için ayrı ayrı ele alınabilir. Böylece, kurulacak bir model benzer büyüklük ve yapıdaki başka şehirlere de uygulanabilir. Bu çalışmanın amacı, nüfusu 100000-300000 aralığında bulunan orta ölçekli şehirler için geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarını ele alan aynı zamanda depolama birimlerinin de düşünüldüğü bir yapılanmayı çoklu mikroşebeke mimarileri kapsamında ele almak ve çoklu mikroşebeke yapılanmasının nasıl yönetileceği ile ilgili planlama yapmaktır. Bunun için Kırşehir ili çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Çalışma sonucunda üretim, tüketim, depolama potansiyelleri için bölge bölge öneri yapılabilecektir. Çalışmada hedeflenen diğer bir hususda, Kırşehir'in akıllı şebeke teknolojilerine geçişte bir ön çalışmasını ve altyapısını bölge içerisindeki yenilenebilir enerji kaynakları, olası depolama yerleşimleri, konut, endüstriyel, eğitim vb. özelliklerine

göre elektrik enerjisi tüketim alanlarını tespit ederek hiyerarşik kontrol temelinde planlamaktır.

Elektrik enerjisinde gerçek anlamda verimlilik ya da tasarruf, ancak elektrik enerjisini üretim, tüketim ve depolama bileşenlerinin bir arada değerlendirilmesi ile mümkündür. Bu ise ancak ÇMŞ mimarilerinin ortaya konulması ile başarılabilir. Ancak mevcut elektrik sistemi bu planlamaya izin vermemektedir. Bu bağlamda, mevcut elektrik sisteminin ÇMŞ mimarisine dönüştürülmesi amacıyla yapılan çalışmanın halihazırdaki elektrik güç sistemine şu açılardan katkı sağlayacağı ve önem arz ettiği düşünülmektedir.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarından güç üretiminin yaygınlaşmasıyla birlikte artan güç talebini karşılamak için enerji verimliliğinin yanı sıra enerjinin üretim ve tüketiminde daha net planlanma yapılabilmesi,
- Depolama sistemlerinin planlanabilmesi ve böylece ilerleyen dönemlerde ulaştırma sektöründe petrol türevi yakıtlara alternatif sunulması,
- Mevcut elektrik güç sisteminin daha kararlı olması,
- Daha güvenilir ve arızalara dayanıklı bir elektrik dağıtım şebeke yapılanmasına temel oluşturması,
- Mevcut elektrik şebekesi için kayıpların azaltılması ve gereken bakım maliyetlerinin azaltılması,
- Mikroşebekelerin daha güvenli ve verimli çalışmasının sağlanması,
- Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değişken elektrik çıkışları, çoğu zaman enerji taleplerine direkt cevap vermemekte, ancak mikroşebeke yapısında elektrik şebekesine entegre edilmiş olmasından dolayı bu kaynakların elektrik üretimine daha güvenilir katkı sağlaması,
- Sadece tüketici değil, üreten tüketici kişilerin sayısını artırarak enerjiye daha çok bireysel yatırım yapılmasının da önünün açılması,

- Şehirlerimiz planlanırken yalnızca konut, yeşil alan vb. planlaması değil elektrik dağıtım sisteminin de yenilenebilir enerji potansiyelleri, depolama birimleri, şarj noktaları gibi özelliklerinin de dikkate alınması, böylece şehrin gelişen bölgelerinde yeniden yapılanma için çok büyük maliyetlerden kurtulma,
- Orta ölçekli şehirler için bir model oluşturması ve böylece benzer yapıdaki diğer şehirlerin gelecekteki yapılanmalarının hızlı olması, yapılan yanlışların ortaya konularak tekrar edilmesinin önüne geçilmesi,

Mikro ve çoklu mikroşebekelerle ilgili yapılan diğer bazı çalışmalar şu şekilde verilebilir.

1.2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2007 yılında Fedorov, Mikroşebekenin işleyişinin ilkelerini açıklamıştır, mikroşebekelerin temel fikirlerini ve olumlu özelliklerini netleştirmiştir, günümüzde tüm dünyada neden bu kadar popüler olduklarını açıklamış ve avantajlarını ortaya koymuştur. Mikroşebeke, frekans kontrolü ve akü invertörünü ele almıştır [3].

2010 yılında Ramon Zamora ve Anurag K. Srivastava, Mikroşebekeyi depolama açısından ağırlıklı olarak ele almışlardır. Mikroşebeke kontrollerinin zorlukları üzerine bir tartışma ile mevcut kontrol teknolojisi üzerine kapsamlı bir inceleme yapmışlardır. Analizi geliştirmek ve desteklemek için temel simülasyon sonuçlarını sunarak, araştırma ihtiyaçları ve mikroşebeke kontrolü için yol haritası tanımlanmışlardır [4].

2010 yılında Edward J. Ng, Mikroşebeke ve akıllı şebeke ile ilgili yeni bir konsept sunmuştur. Mikroşebeke ve akıllı şebekeyi biraraya getirmek için dağıtım sistemlerinin kendi kendini onaran, planlı adalama ve dağıtım sistemlerini çok sayıda mikroşebeke benzeri bölgeye veya çoklu mikroşebeke kontrol sistemi bölgelerine ayıran çoklu mikroşebeke kontrol sistemi konseptini çok ajanlı sistemler kullanarak önermiştir [5].

2013 yılında Rohit Kumar Digra ve R. K. Pandey, çok ajanlı akıllı kontrol adını verdikleri bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu ajanlara Kontrol ajanı, Yük ajanı ve DER ajanı gibi birçok ajan örnek göstermişlerdir. Simülasyon sonuçları, önerilen çok ajanlı kontrolörün, normal, hata ve aşırı yük koşulları sırasında kritik yüklere güç kaynağının sürekliliğini sağlamak için mikroşebekedeki farklı yüklerle etkin bir şekilde koordine ettiğini göstermiştir [6].

2014 yılında Burugu, mikroşebekenin dağıtık üretim (DÜ), enerji depolama cihazları, dağıtım ağı, yükler ve hiyerarşik kontrol ve yönetim ağlarını içeren bir sistem olduğunu belirterek enerjiyi DÜ'den şebekeye entegre etmek için kontrol stratejileri ile güç elektroniği arayüzlerini kullanmıştır. Burada mikroşebeke kontrolü hakkında bilgi vererek bununla ilgili çeşitli yönleri tartışmıştır [7].

2015 yılında Lexuan Meng ve ark., Danimarka, Aalborg Üniversitesi laboratuvarlarında hiyerarşik kontrole dayalı olarak çalışan bir Mikroşebeke merkezi kontrol cihazının geliştirmişlerdir [8].

2016 yılında Aftab Ahmad Khan, Muhammad Naeem ve ark., mikroşebekelerde enerji yönetimi için optimizasyon hedefleri, kısıtlamaları, araçları ve algoritmalarının bir özetini sunmuşlardır [9].

2017 yılında Saroja Kanti Sahoo ve N. K. Kishore, çift beslemeli indüksiyon generatörü tabanlı rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi tabanlı üretim ile pil enerji depolama sistemi ile iki mikroşebeke yapısından oluşan çoklu mikroşebeke sistemini incelemişlerdir [10].

2018 yılında Sumper ve ark., mikroşebekeleri, yenilenebilir dağıtık üretimin elektrik enerjisi sistemine entegre etmek için en umut verici çözümlerden biri olarak kabul edildiğini belirterek, son on yılda, mikroşebeke konseptinin incelenip geliştirildiğini ve günümüzde de birçok örneğinin görüldüğünü ifade etmişlerdir. Bu nedenle, önümüzdeki yıllarda mevcut elektrik enerjisi sisteminin çok mikroşebekeli bir güç sistemine dönüşmesi beklenebilir. Bu doğrultuda, çoklu mikroşebekelerin çalışması şu anda araştırılmaktadır. Çalışmalarında, bir mikroşebeke oluşturmak için olası çoklu mikroşebeke mimarilerini incelemişler ve tek bir varlık olarak mikroşebeke ve bunun dış şebekelerle olası etkileşimlerini tanımlamışlardır [11].

2018 yılında Zhirong ve ark., çoklu mikroşebekelerin gerilim dereceli sınıflandırma, AA/DC ve faz sırası yapısal formları gibi temel yapısını analiz etmişlerdir [12].

2019 yılında Wang ve ark., elektrik enerjisinin optimal yönetimi ve dağıtık seviyede yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması ve kontrolü için çoklu ajan bazlı koordinasyon üzerine yapılan son araştırmaları sunmuşlardır. Çok ajanlı sistem (ÇAS) tekniği, mikroşebeke (MŞ) kontrol ve yönetim sorunlarını etkin bir şekilde çözen depolama ve koruma sistemi ile ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji yönetimi, çok ajanlı sistem optimizasyonu ve mikroşebeke kontrolünü ele almışlardır [13].

2. ÇOKLU MİKROŞEBEKE (ÇMŞ) İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

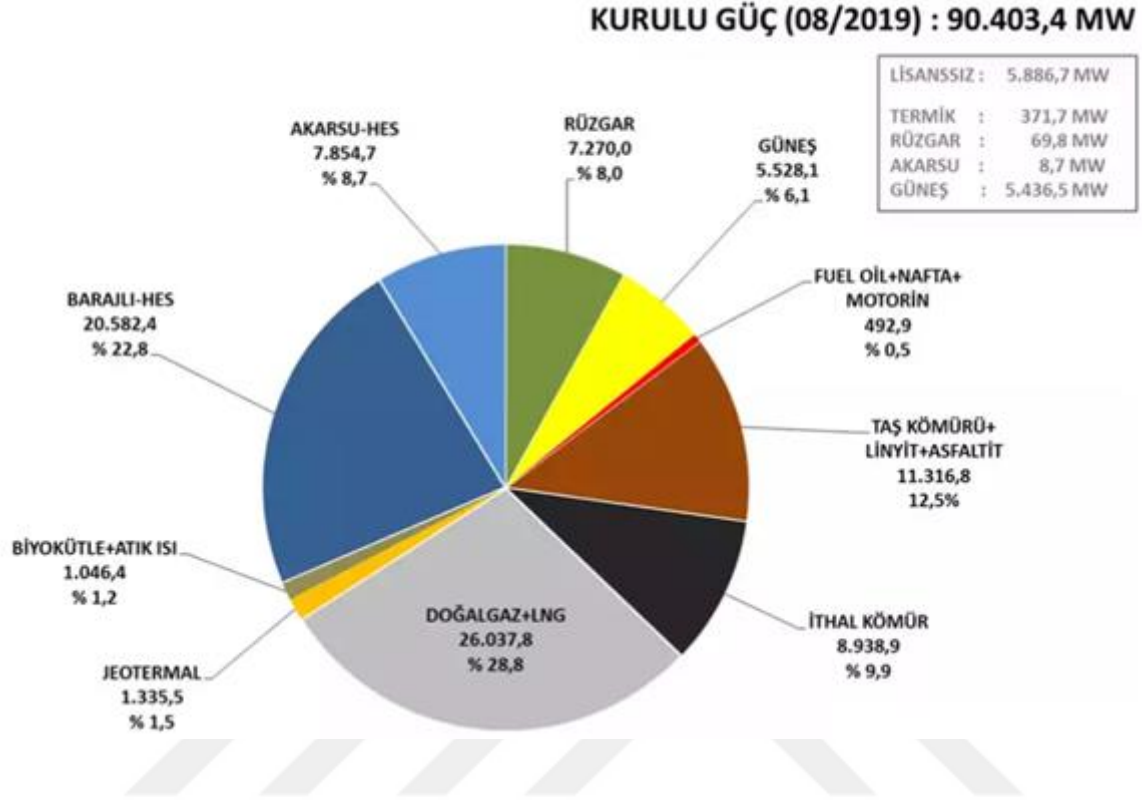
2.1. Enerji Üretimi ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Elektrik enerjisi çok çeşitli enerji kaynaklarından üretilebilir. Bu üretim şekilleri temel olarak geleneksel ve yenilebilir olmak üzere iki şekildedir. En çok bilinen elektrik enerjisi üretim şekilleri ise termik, hidrolik, doğalgaz, rüzgâr, güneş, jeotermal, nükleerdir [14]. Geleneksel elektrik enerjisi üretiminde, hammadde olarak kullanılan nükleer elementler, kömür ve doğalgaz gibi kaynakların miktarı sınırlıdır. Bunların zamanla tükenme tehlikesi vardır.

Dünya, zaman geçtikçe daha çok enerji ihtiyacı ile karşı karşıya kalmaktadır. Şu an kullanılan en büyük enerji kaynaklarını ise fosil yakıtlar yani yenilenemeyen enerji kaynakları oluşturmaktadır [15]. Yenilenebilir enerji kısaca; enerji üretimi için doğal süreçlerden faydalanan, kullanılan kaynakların tükenme hızından çok daha hızlı bir zamanda kendini yenileyebilen enerji kaynakları olarak tanımlanabilir [15]. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji (hidroelektrik), hidrojen enerjisi, biyokütle enerjisi (biyoyakıt enerjisi de dâhil), dalga enerjisi gibi kaynaklar ise, yenilenebilir ve sürekli. Modern endüstrinin hızlı bir şekilde gelişmesi ile daha hızlı tükenmeye başlayan geleneksel fosil yakıtlar yerlerini temiz ve verimli yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmaktadır [16]. Çevrenin korunması, temiz enerji üretimi ve ekonomik bağımlılık gibi sebeplerden dolayı birçok dünya ülkesi, geleneksel enerji kaynaklarından, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam üretim içerisindeki payını çoğaltarak enerji üretiminde çeşitliliği sağlamaya çalışmaktadırlar. Bu nedenle, ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimini teşvik etmektedirler. Yenilenebilir enerjiler ülkelerin enerji politikaları içinde her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır [17].

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli zengin ve çeşitli olup, ülke içinde kömürden sonra ikinci en büyük enerji kaynağı grubudur. 2008 yılı itibari ile toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı %16,75 iken, doğal gazın payı %48,19'dur. 2006-2020 dönemi planlamasında, toplam elektrik üretiminde yıllık büyümenin %8 olması öngörülmektedir. 2020 yılına kadar ihtiyaç duyulan ek üretim kapasitesi, büyük bir yatırım gerektirmektedir [18].

Türkiye’de ise elektrik enerjisi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı 31 Ağustos 2019 tarihi itibariyle Şekil 2.1’de verildiği gibidir. Toplam kurulu güç 90.403 MW’a ulaşmıştır [19].



Şekil 2.1. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı [19]

Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak kullanılması ve çalışmanın kapsadığı bölge içerisinde bulunmaları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji kaynakları ele alınmıştır.

2.1.1. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, rüzgârın hareketi sonucunda sahip olduğu kinetik enerjidir. Bu enerji mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülerek geçmişten günümüze yaygın olarak kullanılmaktadır. Rüzgârın hareket ettirdiği hava miktarının kütlesi ve hızı rüzgâr enerjisinin temel parametreleridir. Ağırlığı yüksek hava kütlesi ne kadar hızlı eserse bünyesindeki rüzgâr enerjisi o kadar fazla olmaktadır. Rüzgâr enerjisi, çevreye herhangi bir zararlı atık yaymayan temiz bir yenilenebilir bir enerji kaynağıdır [20].

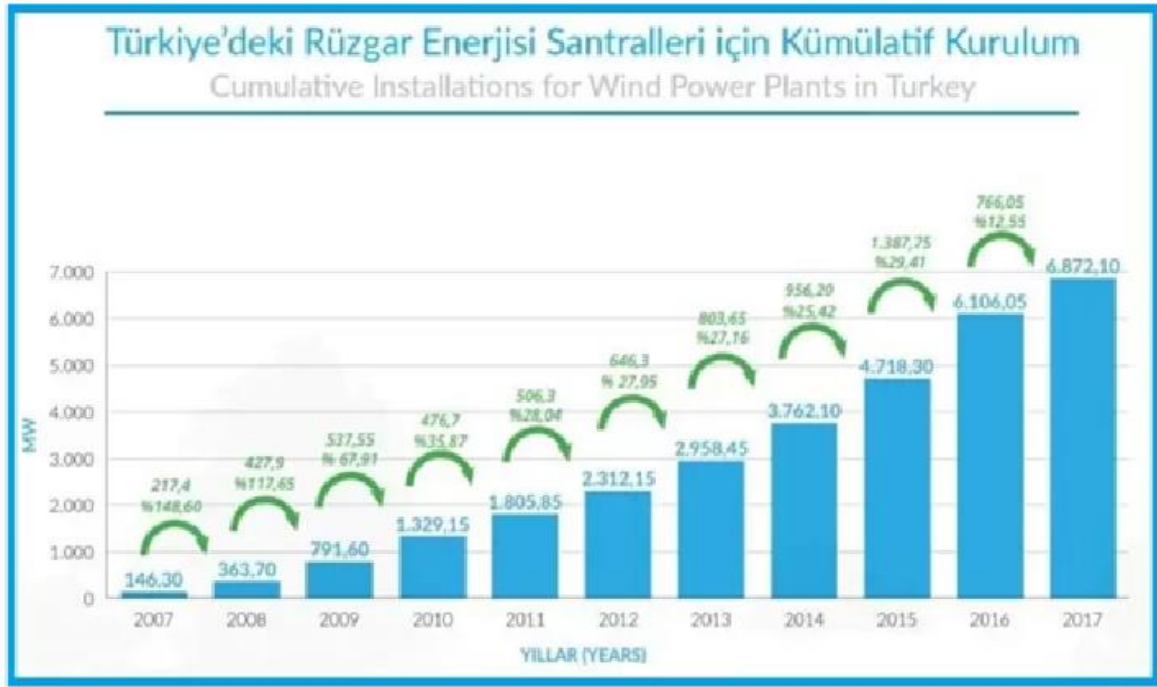
İnsanlığın 5500 yıldır gemileri rüzgâr enerjisiyle harekete geçirttiği bilinen bir gerçektir. Yel değirmenleri ise çok sonra kullanılmaya başlamıştır. Rüzgâr enerjisi, tarihte ilk defa M.S. 1.yy'da Yunan mühendis Heron tarafından açıklanmıştır. İlk zamanlarında rüzgâr enerjisinden mekanik olarak su pompalama, tahıl öğütme, kerestecilik, yelkenli gemiler ve yel değirmenlerinde faydalanılmıştır. Günümüzde ise daha çok elektrik üretiminde kullanılan rüzgâr enerjisi günümüz enerji sistemleri arasında önemli bir yere sahip olmuştur [20].

Günümüzde rüzgâr enerjisi artık çoğunlukla elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi için tarihteki bazı önemli olaylar şunlardır [20];

- İskoç bilim adamı James Blyth 1887 yılında rüzgâr enerjisini kullanarak bir batarya şarj cihazı icat etmiş ve bunun da patentini 1891 yılında İngiltere'de almıştır.
- ABD'de 1887 ve 1888 yılları arasında Charles Francis Brush rüzgâr enerjisi ile elektrik üretim makinesi kullanarak evinin ve laboratuvarının elektrik ihtiyacını 1900 yılına kadar karşılamıştır.
- 1890 yılına gelindiğinde ise Danimarkalı bir bilim adamı olan Poul la Cour rüzgâr enerjisi ile elektrik üretmek için rüzgâr türbinlerini inşa etmiş ve türbinler ile daha sonraları hidrojen üretimi de yapılmıştır.

Günümüzde hala Dünya'nın dört bir tarafında devamlı olarak rüzgâr enerji santralleri kurulmaya devam edilen santrallerden bir tanesidir. Dünya üzerinde kurulu rüzgâr enerji santral kapasitesi 2017 yılı Dünya Rüzgâr Enerji Raporuna göre yaklaşık olarak 540 GW'dır. Bu değer yalnızca 2017 yılı için ise yaklaşık olarak 53 GW düzeyindedir. 2015 yılından itibaren kurulu rüzgâr santrali kapasitesi düşse de dünyanın toplam rüzgâr kapasitesinin hala küçük bir kısmını kullanılmaktadır [20].

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, diğer yenilenebilir enerji türlerindeki benzer şekilde rüzgâr enerjisinde de ülkemiz önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin tahmini rüzgâr enerji potansiyeli 60 GW civarındadır. İlk olarak, 1998 yılında 8,7 MW gücünde rüzgâr enerji santrali kurulmuştur. Bundan sonraki yıllarda rüzgâr enerjisi gerektiği ilgiyi görmemiş ancak 2005 yılına gelindiğinde TBMM elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin katkısının artırılması için bir yasayı kabul etmiş ve rüzgâr enerjisi üretiminin önü açılmıştır [20].



Şekil 2.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi [20]

2005 yılı ile 2009 yılları arasında rüzgâr enerji santrallerinde 500 MW’lık bir artış görülmüş, 2010 yılına gelindiğinde ise yatırımcıları rüzgâr enerjisine daha fazla yöneltecek ve bu sayede rüzgâr enerji santralleri kurulumu için gerekli yatırımların önünü açabilecek YEK yasası meclisten geçmiştir. Türkiye’nin 2017 Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TUREB) raporuna göre 2017 yılı rüzgâr enerji santrali kurulu gücü 766 MW’tır. 2023 yılı hedefi ise 20 GW düzeylerine ulaşmaktır [20].

2.1.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi diğer enerji kaynaklarının da temelini oluşturan önemli bir enerji kaynağıdır. Meydana gelen tepkimeler sonucunda, Güneşin yaklaşık olarak yüzde 90’ını oluşturan hidrojen gazının çekirdekleri füzyon ile helyum çekirdekleri oluşturmakta ve bu sırada çok büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Bu enerjinin bir bölümü dünyaya ulaşan ışıınım enerjisidir. Dünyaya ulaşan Güneş enerjisinde herhangi bir zararlı gaz salınımı olmaz ve bu enerji direk olarak güneş ışığından üretilen temiz bir enerji kaynağıdır [21]. Güneş enerjisinden faydalanmak için kullanılan ısı uygulamaları üçe ayrılır. Bunlar düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olarak adlandırılır. Düşük sıcaklık uygulamaları, daha çok düzlem toplayıcılarla su ısıtılması, konut ve sera ısıtılması için kullanılmaktadır. Orta sıcaklık uygulamalarında ise güneş ışıınımı, odaklı toplayıcılarla toplanarak, sanayi için ihtiyaç duyulan sıcak su veya buhar sağlamak için kullanılır. İkinci bir uygulama türü ise

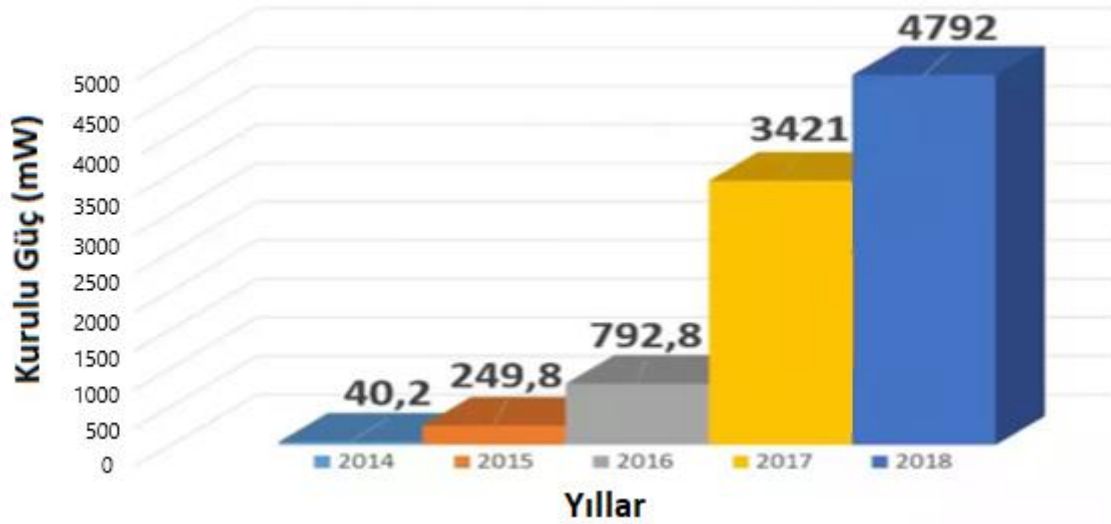
güneş pilleri kullanarak yapılan fotovoltaik uygulamalardır. Güneş pilleri üzerine düşen güneş ışınımını direkt olarak elektrik enerjisine çevirerek doğru akım üretirler. Bu piller, seri veya paralel bağlanarak ürettikleri akım ve gerilim değerleri yükseltilebilir. Üretilen akımı depolayabilmek için bir akümülatöre ihtiyaç duyulur [22].

Güneş enerjisi, daha çok binalarda ısıtma, soğutma ve sıcak su elde etmek için kullanılmaktadır ve sıcak su elde etmek amacıyla kullanım, en yaygın kullanım şeklidir. Isıtma amacıyla kullanım, ısıyı depolama tekniklerinin ilerlemesiyle daha verimli kullanılabilecek duruma gelecektir. Soğutma ise yıllık güneşlenme zamanının uzun olduğu alanlarda verimli olmaktadır [22].

Coğrafi konumu sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli bakımından ülkemiz birçok ülkeye göre iyi durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1.700 katıdır.Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir ([23], [24], [25]). Tablo 2.1'de Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri aylara göre dağılımı verilmiştir ([23], [24]). Şekil 2.3'te ise, Türkiye'deki güneş enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi grafiği verilmektedir [26].

Tablo 2.1: Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı ([23], [24])

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün



Şekil 2.3 Türkiye'deki Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Yıllara Göre Değişimi Grafiği [26]

2.1.3. Jeotermal Enerji

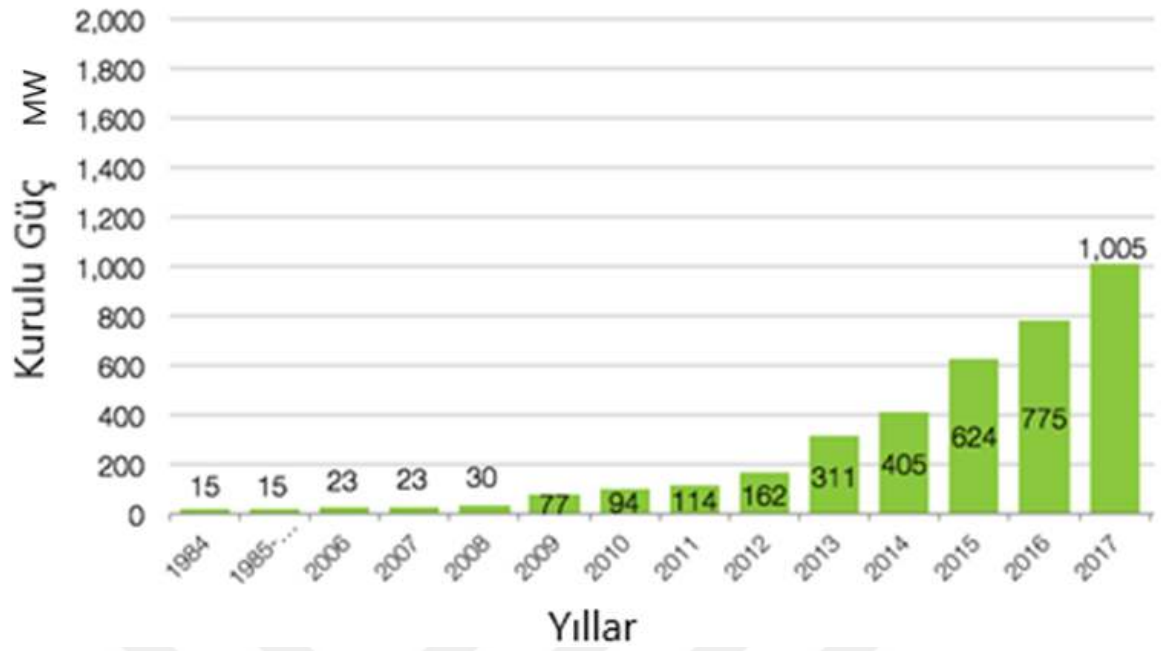
Dünyanın iç kısmı yani çekirdeği çok sıcaktır. Bu ısı bazen yanardağlar ya da gayzerler vasıtasıyla Dünya yüzeyine çıkar. Enerji üretmek için Dünya'dan gelen ısıyı kullandığımızda buna jeotermal enerji denir [27].

Kar ve yağmur olarak yeryüzüne ulaşan sular, yer kabuğundaki çatlaklardan sızarak magmanın ısıttığı kayalara ulaşır ve kayalara ulaşan su ise ısınır. Isınan su ise dünyanın farklı bölgelerindeki volkanlar ve gayzerler şeklinde yeryüzünde ortaya çıkar ve bu suyun sıcaklığı ise çoğunlukla 150 °C'dir. Yeraltından çıkan bu sıcak su ise buhar türbinleri yoluyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bu şekilde, yenilenebilir enerji ile elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar arasında yer alan jeotermal enerji oluşur [28].

Jeotermal Enerji başlıca şu alanlarda kullanılır;

- Elektrik enerjisi üretiminde,
- Merkezi ısıtma, soğutma, sera ısıtması vb. alanlarda,
- Endüstriyel amaçlı kullanım, Proses ısısı temini, kurutma vb. alanlarda,
- Kimyasal madde ve mineral üretimi, karbondioksit, gübre, lityum, ağır su, hidrojen üretiminde,
- Kaplıca amaçlı kullanım (Termal Turizm),
- Düşük sıcaklıklarda (30°C) Kültür Balıkçılığında,
- Mineralli su olarak içilerek kullanımı gerçekleşmektedir [28].

Şekil 2.4'te Türkiye'deki jeotermal enerji kurulu gücü verilmiştir [29].



Şekil 2.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji Kurulu Gücü [29]

2.2. Dağıtık Üretim (DÜ) Kavramı

Geleneksel enterkonnekte güç sistemi, dünya çapında, fosil yakıt kaynaklarının kademeli olarak tükenmesi, enerji verimliliğinin çeşitli nedenlerle yeterli seviyeye ulaşamaması, çevre kirliliği sorunları ile karşı karşıyadır. Bu sorunlar, geleneksel/yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarını kullanarak, dağıtım gerilimi düzeyinde yerel olarak yeni güç üretme eğilimine yol açmıştır. Bu kaynakların bazı örnekleri; doğal gaz, biyogaz, rüzgâr enerjisi, güneş fotovoltaik hücreleri, yakıt hücreleri, birleşik ısı ve güç sistemleri (BIG), mikrotürbinler ve Stirling motorlarıdır. Bu kaynakların dağıtım ağına entegrasyonu, dağıtık üretim (DÜ/DG) olarak adlandırılır ve bu tür enerji kaynakları da dağıtık enerji kaynakları (DEK) olarak adlandırılır. “Dağıtık Üretim” terimi, bu tür üretimi merkezi geleneksel üretimden ayırt etmek amacıyla geliştirilmiştir. Dağıtım ağı, DÜ’nün entegrasyonu ile aktif hale gelir ve bu nedenle aktif dağıtım ağı olarak adlandırılır [30].

1990’ların sonlarında, DÜ ile ilgili temel konular Uluslararası Büyük Elektrik Sistemleri Konseyi (CIGRE) ve Uluslararası Elektrik Dağıtım Konferansı (CIRED) çalışma grupları ve inceleme raporlarında yoğun bir şekilde araştırılmıştır [30].

Birçok araştırma çalışmasına göre, DÜ'nün evrensel olarak kabul edilen bazı ortak nitelikleri şunlardır:

- Santral tarafından merkezi olarak planlanmamakta veya merkezi olarak gönderilmemektedir.
- Normalde 50 MW'tan daha küçüktür.
- Güç kaynakları veya dağıtılmış generatörler, genellikle tipik olarak 230/415 V ile 145 kV'a kadar olan voltajlı dağıtım sistemine bağlanır [30].

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları da, şebekeye bağlı olarak merkezleştirme veya dağıtık üretim yolu ile şebekeye taşınmaktadır [31]. Güç düşük gerilimde (DG) üretildiğinden, bir DÜ'yü şebeke dağıtım sistemine ayrı olarak bağlamak mümkündür veya bunlar mikroşebekeler şeklinde birbirine bağlanabilir. Mikroşebeke, enerji üretim mekanizmasında ayrı bir yarı özerk varlık olarak tekrar devreye girebilir.

2.2.1. Dağıtık Üretimin Gerekliliği

Geleneksel güç sistemlerinin sağladığı çeşitli avantajlara rağmen, dağıtık üretimin (DÜ) aşağıdaki teknik, ekonomik ve çevresel yararları, DÜ sistemlerinin aşamalı olarak gelişmesine ve entegrasyonuna olanak sağlamaktadır [30, s. 2-3]:

- Hızlı tüketim (yük) büyümesi nedeniyle, geleneksel üretimin artmasına duyulan ihtiyaç sürekli olarak fosil yakıt kaynaklarının tükenmesine neden olmakta ve bu durum birçok ülkenin alternatif olarak geleneksel olmayan / yenilenebilir enerji kaynaklarını geleneksel kaynaklara entegre etmelerini gerekli kılmaktadır.
- Çevre kirliliğinin azaltılması ve küresel ısınma, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir kaynakların tercih edilmesine yol açmaktadır. Kyoto Protokolünün bir parçası olarak, AB, İngiltere ve diğer birçok ülke iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya karşı koymak için sera gazı (karbon ve azotlu yan ürünler) emisyonlarını azaltmayı planlamaktadır. Bu nedenle, bu enerji kaynaklarının doğru kullanımını desteklemek için yeni enerji üretimi ve kullanım politikaları üzerinde çalışmaktadırlar.

- DÜ'nün geleneksel kaynaklarla birlikte üretimde daha iyi bir alan sağlaması ve bu durumun tesisin genel enerji verimliliğini artırması, ayrıca çevrenin termal kirliliğini azaltması,
- Düşük enerji yoğunluğu ve bir bölgenin coğrafi koşullarına bağlı olmasından dolayı, DÜ'ler genellikle küçük kapasiteli modüler ünitelerdir. Bunlar coğrafi olarak yaygındır ve genellikle yüklere yakın yerleştirilir. Bu, tesislerin teknik ve ekonomik olarak uygulanabilirliği için gereklidir. Örneğin, KIG tesislerinin atık yüklerinin uzun mesafelerde taşınması ekonomik olmadığından, ısı yüklerine çok yakın yerleştirilmelidir. Bu, onlar için yer bulmayı kolaylaştırır ve inşaat süresini ve sermaye yatırımını azaltmaya yardımcı olur. Yük ve kaynağın fiziksel olarak yakınlığı ayrıca iletim ve dağıtım (İD) kayıplarını azaltır.
- Tek başına ve şebekeye bağlı DÜ operasyonları, üretim artışına yardımcı olarak genel güç kalitesini ve güvenilirliğini artırır. Ayrıca, kuralsızlaştırılmış bir ortam ve dağıtım ağına açık erişim de DÜ entegrasyonu için daha büyük fırsatlar sunmaktadır. Bazı ülkelerde, DÜ tarafından sunulan yakıt çeşitliliği değerli olarak kabul edilirken, bazı gelişmekte olan ülkelerde, güç kesintisi o kadar şiddetlidir ki, herhangi bir üretim biçiminin yük talebini karşılamaya teşvik edilmesi sağlanır.

2.3. Enerji Depolama

Elektrik üretim ve dağıtım şirketleri, tesis işletmecileri ve elektrikli araç üreticileri için; mikroşebekelerde kullanılan enerji depolama teknolojileri çok önemli bir ilgi alanıdır. Büyük miktarlarda enerjinin depo edilebilmesi elektrik şirketlerinin çalışmaları için büyük bir olanak sağlayabilir ve bu sayede, istenen enerjinin aynı anda üretilmesine gerek kalmaz.

Enerji depolama teknolojileri (EDT); talep ve fiyattaki saatlik değişimler gibi bazı kritik özelliklerin üstesinden gelmek için mükemmel bir çözümdür [32]. Enerji depolama teknolojileri, aşağıda belirtilen farklı kullanımları destekleyebilir [33].

- Dizüstü bilgisayarlar ve cep telefonları gibi küçük veya mobil elektronik cihazlar için dâhili güç olarak kullanılabilir.
- Ulusal elektrik şebekesi veya askeri tesisler için, bağımsız sistemler gibi, sabit elektrik üretim ve dağıtım sistemleri için enerji depolamada kullanılabilir.
- Kara, hava, deniz ve uzaydaki araçların güç tahriklerinde kullanılabilir.
- Silahların hedef ve rehberlik cihazları gibi işlemler için gerekli olan güç temininde kullanılabilir.

2.3.1. Elektrik Enerjisi Depolama

Elektrik enerji depolama teknolojileri; güç kalitesinin iyileştirilmesinde, elektrikli araçlarda, mikro ve akıllı şebekelerde uygulama alanı bulmaktadırlar. Kimyasal ve mekanik olarak ele alınan elektrik depolama teknolojileri; kapasitörler, ultra kapasitörler ve süperiletken manyetik enerji depolama teknolojilerinden oluşmaktadır [34].

2.3.2. Kimyasal Enerji Depolama

Kimyasal enerji depolama teknolojileri; şarj edilebilir piller, gelişmiş kurşun-asit piller, Akış piller, lityum-iyon piller, metal –hava piller, lityum-metal piller, sodyum piller, nikel kadminyum piller, yakıt hücreleri ve hidrojenden (Güneş hidrojen, Güneş metal, Güneş Amonyak) oluşmaktadır [34].

2.3.3. Mekanik Enerji Depolama

Mekanik enerji depolama teknolojileri, potansiyel ve kinetik enerji olarak depolama yapmaktadırlar. Bunlar, pompalı hidroelektrik depolama, sıkıştırılmış hava ile enerji depolama ve volan enerji depolama teknolojileridir [34].

2.4. Enterkonnekte Elektrik Şebekesi ve Kurulu Güç

Aynı anma gerilimli, birbirine bağlı elektrik tesislerinin tümüne şebeke denir. Elektrik şebekesi, üretilen elektrik enerjisini kullanıcılara iletmek için oluşturulmuş bileşik bir ağıdır. Elektrik gücü üreten enerji santralleri, üretim kaynaklarından talep merkezlerine enerji aktaran iletim (nakil) hatları ve kullanıcılara bağlantı sağlayan bileşik dağıtım hatlarından oluşur [35].

Enterkonnekte sistemin diğer sistemlerin çoğunda olduğu gibi kesintisiz enerji verebilme, yüksek verim ve ekonomik olması gibi avantajları vardır. Ancak kısa devre akımının yüksek oluşu ve sistem kararlılığının sağlanmasının zor oluşu gibi sakıncaları da bulunmaktadır. Bu sistemde bir arıza olduğunda da sadece arıza olan kısmın enerjisi kesilir. Yani diğer bölgelerdeki santral ve trafolar alıcıları beslemeye devam eder [35].

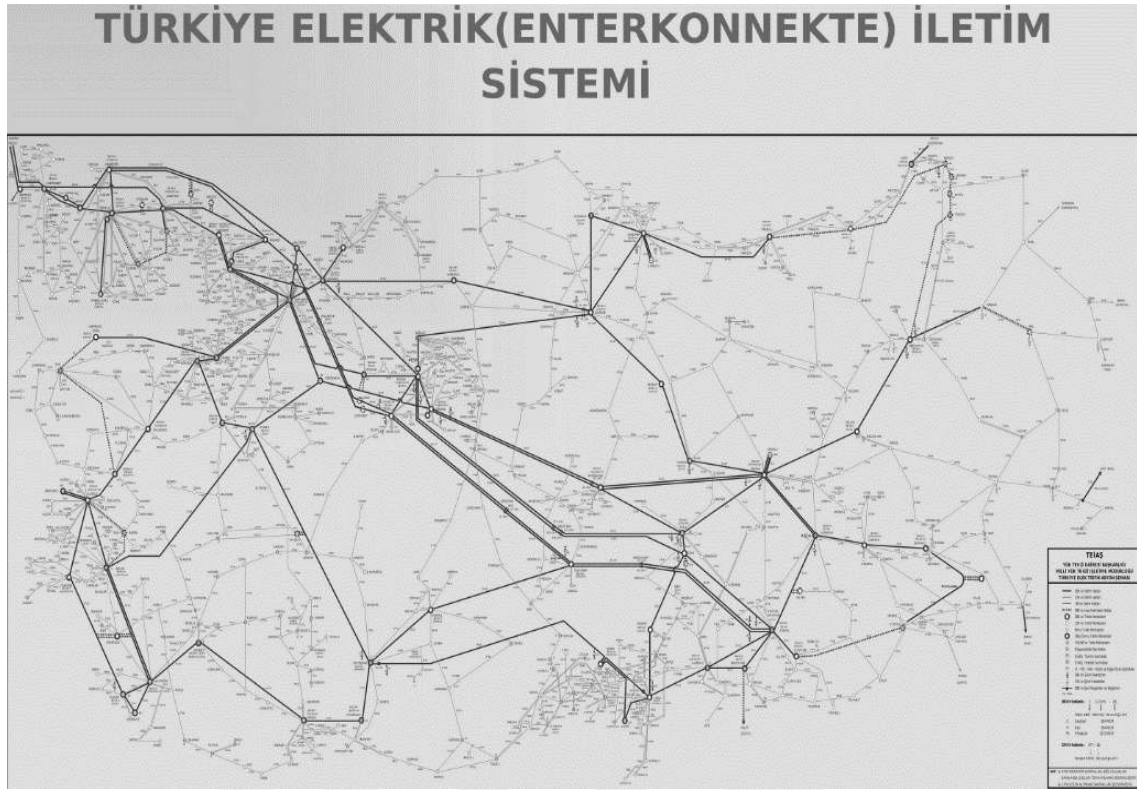
Elektrik şebekeleri kullandıkları gerilimlere dörde göre ayrılırlar [35]:

- a) Alçak gerilim şebekeleri (0 – 1 kV arası)
- b) Orta gerilim şebekeleri (1 kV – 35 kV arası)
- c) Yüksek gerilim şebekeleri (35 kV – 154 kV arası)
- d) Çok yüksek gerilim şebekeleri (154 kV ve üzeri)

Yerleşim birimleri ve sanayilerdeki cadde, yol, meydan ve geçitler boyunca döşenen hat parçalarının birbirine eklenmesinden, kollar meydana gelir. Kolların birbirine eklenmesinden ise dağıtım şebekeleri oluşur. Elektrik şebekelerinin kurulmasında alıcıların, teknik yönden uygun ekonomik ve kullanımı kolay beslenmesi ana kuraldır. Bu kuralları yerine getirebilmek için değişik şebeke sistemleri geliştirilmiştir [35].

Ülkemizde de bir enterkonnekte sistem vardır. Bu sistem içinde TEDAŞ'a, ayrıcalıklı şirketlere, üretim şirketlerine ve otoprodüktörlere ait tam kapasiteyle çalışan 350 kadar elektrik santrali vardır. Bütün bu santraller enterkonnekte şebeke kapsamında birbirlerine paralel bağlıdır. Şekil 2.5'den de görüleceği üzere, enterkonnekte şebeke, 40428,5 km uzunluğundaki enerji nakil hatları ile bu santraller ve yerleşim birimleri arasında bir ağ şeklinde tesis edilmiştir [35].

Türkiye'de bulunan santrallerin kurulu gücü 90421 MW'dır [36]. Kurulu güç olarak en yüksek kapasiteli il İzmir, en düşük kapasiteli il ise hiç üretim santrali bulunmayan Ağrı'dır. Rüzgâr santralleri Ege kıyıları ile Akdeniz'in doğusu, hidroelektrik santraller Fırat-Dicle havzası ile Çoruh havzası, yerli kömür santralleri kömür madeni bulunan bölgelerde, ithal kömür santralleri kıyı şehirlerinde, doğalgaz santralleri yüksek elektrik tüketimi olan bölgelerde, ülkemizde yeni yeni kurulmaya başlayan güneş elektriği santralleri ise Türkiye'nin güney yarısında yoğunlaşmıştır [37].



Şekil 2.5. Türkiye Elektrik İletim Sistemi [35]

Elektrik enerjisinin üretildiği santraller çoğunlukla yerleşim birimlerinden uzak yerde kurulurlar. Hatta bazı yerlerde ise hiç santral yoktur. Bu yüzden de üretilen enerjinin yerleşim yerlerine ulaştırılması, iletilmesi gerekir. İletimde kullanılan şebekelere iletim şebekeleri, dağıtımda kullanılan şebekelere de dağıtım şebekeleri denir. Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, elektrik enerjisinin üretilmesinden tüketilmesine kadar enerjinin kesintisiz (kaliteli) ve güvenilir bir şekilde iletilip dağıtılmasına uygun olmalıdır.

2.5. Mikroşebeke Kavramı

Mikroşebekeler, volanlar, enerji kapasitörleri ve piller gibi depolama cihazları ve esnek yükler ile dağıtılmış enerji kaynaklarına (DER) sahip, mikrotürbinler, yakıt hücreleri, PV, vb. DG dağıtım sistemlerini içeren şebekelerdir. Bu tür sistemler, şebekeye bağlıysa özerk olmayan bir şekilde veya ana şebekeden ayrıldığında özerk bir şekilde çalıştırılabilir. Ağdaki mikrokaynakların çalışması, verimli bir şekilde yönetilir ve koordine edilirse, genel sistem performansına belirgin faydalar sağlayabilir [38].

Mikroşebekeler, şebekeden bağımsız ya da şebekeye bağlı olarak yürütülebilen, kendi enerji kaynakları, üretimleri ve yüklerine sahip olan küçük ölçekli enerji şebekeleridir. Mikroşebekeler yerinde üretim ile şebekelerden bağımsız alanlarda enerji sunumu

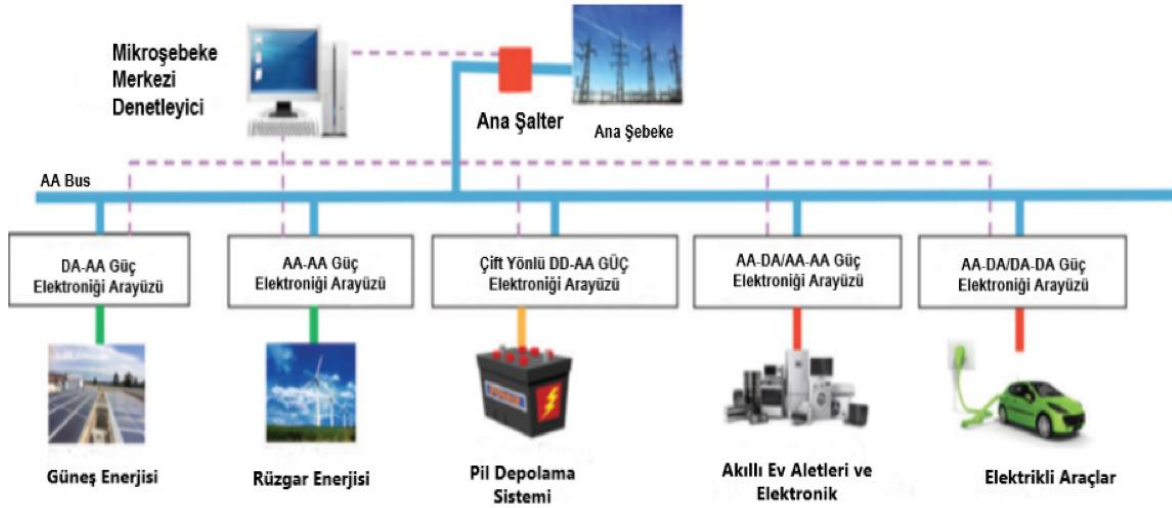
sağlamak, bölgeler arası iletim kayıplarını azaltmak, arızaları zamanında tespit ederek çalışma kalitesini artırmak, istek yönetimini destekleyerek kaynakları verimli kullanmak, daha fazla belli bir bölgedeki kaynağı devreye almak ve daha dayanıklı bir şebekeye sahip olmak gibi avantajlar sağlamaktadır [39].

Mikroşebekeler arz ve talep tarafının hem üretim hem de tüketim tarafında düşünüldüğü bir yapıdır. Üretim ve tüketim noktalarında fazla elektrik verme veya az elektrik verme durumunda iki taraf arasında alışveriş yapılır.

Mikroşebekeler dağıtım, üretim ve iletim haritasından meydana gelir ve akıllı şebekelerin yapıtaşları olarak nitelendirilir. Tüketicilerin de üretici gibi davranabildiği şebekelerdir. Mikroşebeke, kaynak tarafında mikroüretim, depolama birimleri, yük tarafında tüketici talebinin bir yerel şebeke içindeki entegrasyonudur. Tüketicinin enerjiyi kendi üretip tüketme fırsatı vardır. Bu da “düşük gerilim” (DG) seviyesinde olur. Hem şebeke ile bağlantılı hem şebekeden bağımsız olarak (adalı) çalışabilir. Uzun süre şebekeden bağımsız çalıştığında ona göre daha büyük akü sistemi olmalıdır. Mikroşebekeler, alçak gerilimli dağıtım şebekesinin dağıtık enerji kaynaklarıyla (mikro türbin, rüzgâr türbin, PV, DÜ vb.) birlikte olduğu ve depolama ünitelerinin olduğu yapılardır.

Mikroşebekenin normal şebekeden farkı tüm enerjiyi toplayan ve ayarlayan bir sistem olmasıdır. Daha büyük gerilim seviyelerinde çoklu mikroşebekelerden (ÇMŞ) bahsedilir. Mikroşebekelerde yerel yük, yerel kaynak ve akıllı kontrol sistemleri olmalıdır. Mikroşebekeler normal şebekelerden daha güvenlidir ve daha kaliteli enerji üretilir.

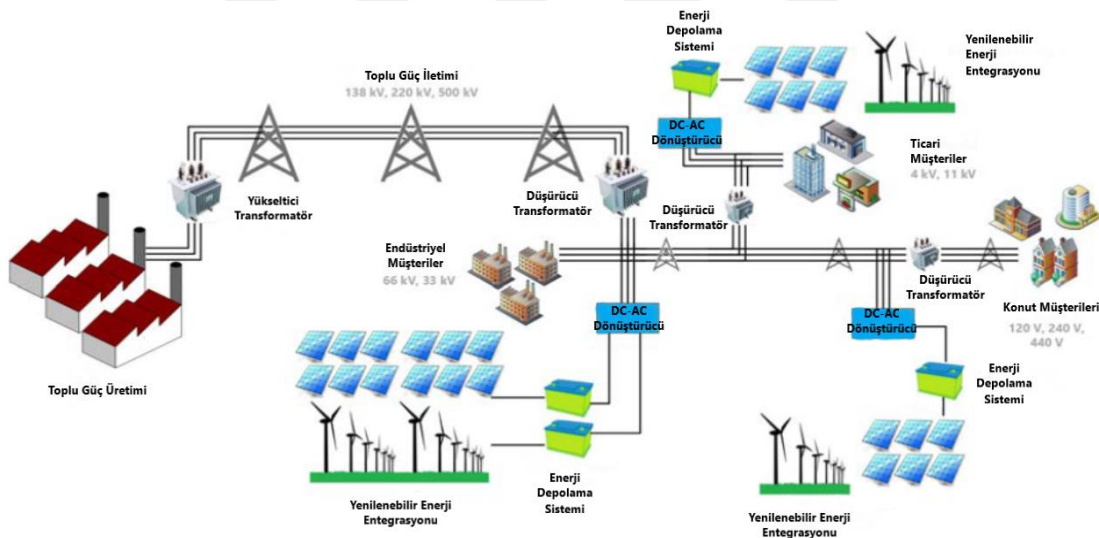
Mikroşebeke, güç elektroniği arayüzleri aracılığıyla akıllıca yönetilen yerel bir elektrik kaynak ve yük grubudur. Mikroşebeke normalde şebekeye bağlı çalışma modu olarak çalışır. Ada modunda bağımsız olarak da çalışabilir. Şebekeye bağlı modda, mikroşebeke ana şebekenin bir parçası haline gelir ve şebekeye dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarından gelen aşırı güçle çalışır. Mikroşebeke genellikle AA ve DA tiplerinde sınıflandırılabilir. AA tipteki bir mikroşebeke, tüm dağıtık enerji üretim kaynaklarının ve yüklerinin, Şekil 2.6'daki gibi güç elektroniği arayüzleri vasıtasıyla ortak bir AA veriyoluna bağlandığı tipte bir yapıdır [40], [41].



Şekil 2.6. AA Tipte Mikroşebeke Bağlantısı [42]

Mikroşebeke hem şebekeye bağlı hem de ada modunda çalışabilmesi için ortak bağlantı noktasında ana şebekeden ayrılabilir ya da ana şebekeye bağlanabilir [38].

Şekil 2.7’de içinde dağıtık üretim (DÜ), dağıtım ağı ve yüklerin bulunduğu bir mikroşebekenin bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 2.7. Mikroşebeke Bağlantı Şeması [43]

Bir mikroşebeke ve geleneksel bir elektrik santrali arasındaki kilit farklar aşağıdaki gibidir [30]:

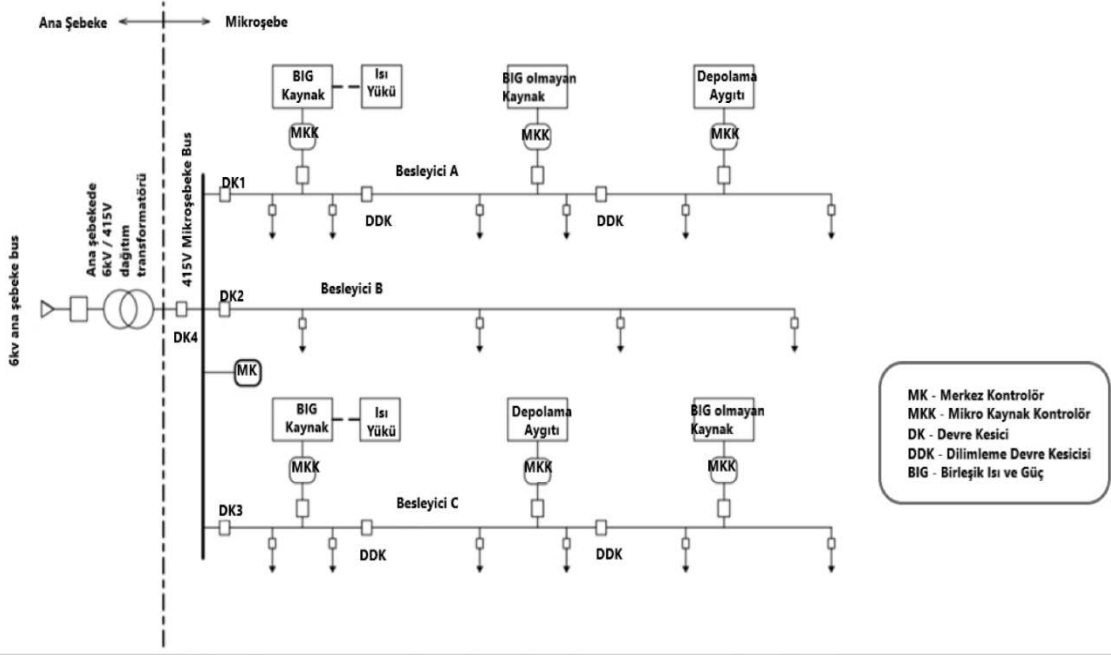
1. Mikro kaynaklar geleneksel elektrik santrallerindeki büyük üreticiler açısından çok daha küçük kapasiteye sahiptir.
2. Dağıtım geriliminde üretilen güç, doğrudan dağıtım ağına beslenebilir.

3. Mikro kaynaklar normalde müşterilerin tesislerine yakın kurulur, böylece elektrik/ısı yükleri, yeterli voltaj ve frekans profili ve ihmal edilebilir hat kayıpları ile verimli bir şekilde sağlanabilir.

Mikroşebekenin teknik özellikleri, ulusal şebeke sisteminden tedarikin topoloji nedeniyle elde edilmesinin zor olduğu ya da şiddetli iklim koşulları veya insan kaynaklı rahatsızlıklar nedeniyle sık sık kesintiye uğradığı bir ülkenin uzak bölgelerine elektrik tedarikini mümkün kılar [30]. Şebeke açısından bakıldığında, mikroşebekenin ana avantajı, güç sistemi içerisinde kontrollü bir varlık olarak görülmesidir. Tek bir toplam yük olarak çalıştırılabilir. Bu, elektrik şebekesinin güvenilirliğini ve güvenliğini engellemeden kolay kontrol edilebilirliğini ve şebeke kurallarına ve düzenlemelerine uygunluğunu sağlar. Müşterilerin bakış açısından mikroşebekeler, elektrik/ısı gereksinimlerini yerel olarak karşılamak için faydalıdır. Kesintisiz güç sağlayabilir, yerel güvenilirliği artırabilir, besleyici kayıplarını azaltabilir ve yerel voltaj desteği sağlarlar. Çevreye bakış açısından, mikroşebekeler düşük karbon teknolojisini kullanarak çevre kirliliğini ve küresel ısınmayı azaltır. Bununla birlikte, istikrarlı ve güvenli bir çalışma için, mikroşebekeler yaygınlaşmadan önce bir dizi teknik, düzenleyici ve ekonomik sorun çözülmelidir [30].

2.5.1. Tipik Bir Mikroşebeke Yapısı

Tipik bir mikroşebeke yapısı Şekil 2.8'de gösterilmektedir. DÜ dağıtım ağı aracılığıyla bağlı elektrik / ısı yükleri ve mikro kaynaklardan oluşur. Isı iletimi sırasında ısı kaybını en aza indirmek için yükler (özellikle ısı yükleri) ve kaynaklar birbirine yakın yerleştirilir.



Şekil 2.8. Tipik Bir Mikroşebeke Yapısı [30]

Mikro kaynaklarda tak ve çalıştır özellikleri vardır. Mikro kaynaklar; kontrol, ölçüm ve koruma fonksiyonlarını uygulamak için bağımsız ve şebekeye bağlı çalışma modları sırasında GEA'lara sahiptir. Aynı zamanda, bu özellikler mikroşebekenin bir moddan diğerine kesintisiz geçişine olanak sağlamaktadır [30].

Mikroşebeke, üç radyal besleyiciden (A, B ve C) elektrik ve ısı yüklerini sağlamak için oluşmaktadır. Aynı zamanda iki KIG ve iki KIG olmayan mikro kaynak ve depolama aygıtına sahiptir. Mikro kaynaklar ve depolama aygıtları, A ve C besleyicilerine mikro kaynak denetleyicileri (MKD/ MC) üzerinden bağlanır. A ve C besleyicilerindeki bazı yüklerin kesintisiz güç kaynağı gerektiren öncelikli yükler olduğu varsayılır, diğerleri ise öncelikli olmayan yüklerdir. Ancak B besleyicisi, yalnızca öncelikli olmayan elektrik yüklerinden oluşmaktadır [30].

Mikroşebeke, standart ara birim düzenlemelerine göre ortak bağlantı noktası (OBN) devre kesici DK4 üzerinden ana şebeke olarak adlandırılan ana orta gerilim (OG) yardımcı şebekesiyle birleştirilir. DK4, seçilen çalışma moduna göre tüm mikroşebekayı bağlamak veya ana şebekeden ayırmak için çalıştırılır. Bununla birlikte, besleyiciler A, B ve C, sırasıyla DK1, DK2 ve DK3 şalterlerini çalıştırarak bağlanabilir veya çıkarılabilir. A ve C besleyicilerindeki mikro kaynaklar, hat kayıplarında azalma, iyi voltaj profili ve atık ısıнын en iyi şekilde kullanılmasını sağlamak için mikroşebeke veriyolundan oldukça uzakta

bulunmaktadır. Bir generatör veriyoluna birkaç mikrokaynak bağlandığında oldukça karmaşık olmasına rağmen, radyal besleyiciler boyunca güç akışının ve gerilim profilinin kontrolü, ortak bir radyal besleyiciye değil, mikro kaynakların tak ve çalıştır özelliğini kullanmak için gereklidir [30].

Mikroşebeke, şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız (adalı) olmak üzere iki modda çalıştırılır. Şebekeye bağlı modda, mikroşebeke ana şebekeye tamamen veya kısmen bağlı kalır ve gücü ana şebekeden alır veya ana şebekeye verir. Ana şebekede herhangi bir rahatsızlık olması durumunda, mikroşebeke “tek başına” moduna geçerken öncelikli yüklere güç verir. Bunlar [30];

- (i) DK4'ü açarak tüm mikroşebekenin bağlantısını keserek gerçekleştirilebilir,
- (ii) DK1 ve DK3'ü açarak A ve C besleyicilerin bağlantısını kesilmesiyle sağlanabilir.

Seçenek (i) için mikroşebeke, A, B ve C besleyicilerindeki tüm yükleri besleyen tüm mikrokaynakları içeren özerk bir sistem olarak çalışacaktır. Seçenek (ii) için, A ve C besleyicileri yalnızca öncelikli yükleri sağlarken, besleyici B rahatsızlıktan geçecek şekilde bırakılacaktır [30].

Mikroşebekenin farklı modlarda çalışması ve yönetimi, yerel mikrokaynak denetleyicileri (MKD) ve işlevleri aşağıdaki gibi listelenen merkezi kontrolör (MK) aracılığıyla kontrol edilir ve koordine edilir [30]:

- **Mikrokaynak denetleyicisi (MKD)**, ana işlevi, herhangi bir bozulma ve yük değişikliğine yanıt olarak mikrokaynağın güç akışını ve yük sonu voltaj profilini bağımsız olarak kontrol etmektir. Burada ‘bağımsız olarak’, MK’den herhangi bir haberleşmenin olmadığı anlamına gelir. MKD aynı zamanda depolama cihazlarını kontrol ederek ekonomik üretim çizelgeleme, yük izleme/yönetim ve talep tarafı yönetimine katılmaktadır. Ayrıca, her mikrokaynağın, tek başına moddaki yük payını sağlamak için üretimini hızla almasını ve MK yardımı ile otomatik olarak şebekeye bağlı moda geri dönmesini sağlamalıdır. MKD'nin en önemli yönü, yerel olarak mikroşebeke ve aktif dağıtım şebekelerine yanıt verme konusundaki hızlılığı, komşu MKD'lerden gelen verilere bakılmaksızın gerilimleri ve akımları izlemektir. Bu kontrol özelliği, mikrokaynakların tak ve çalıştır aygıtı olarak işlev görmesini sağlar ve mevcut ünitelerin kontrolünü ve korumasını etkilemeden,

herhangi bir mikroşebeke noktasındaki yeni mikrokaynakların eklenmesini kolaylaştırır. Diğer iki önemli özellik, bir MKD'nin mikroşebekedeki diğer MKD'lerle bağımsız olarak etkileşime girmeyeceği ve mikrokaynağı için tehlikeli görünebilecek MK direktiflerini geçersiz kılacağıdır [30].

• **Merkezi kontrolör (MK)**, mikroşebekenin genel kontrolünü ve korumasını MKK'ler üzerinden yürütür. Amaçları [30];

- (i) Yük sonunda elektrik frekansı (P-f) ve voltaj kontrolü ile belirtilen voltaj ve frekansı korumak
- (ii) Mikroşebeke için enerji optimizasyonunu sağlamaktır. MK ayrıca koruma koordinasyonu sağlar ve tüm MKK'ler (mikro kaynak denetleyicileri) için güç dağıtım ve voltaj ayar noktaları sağlar. MK, gerektiğinde manuel müdahale sağlama ile otomatik modda çalışmak üzere tasarlanmıştır. MK'nin iki ana fonksiyonel modülü Enerji Yönetim Modülü (EYM) ve Koruma Koordinasyon Modülüdür (KKM).

• **Enerji Yönetim Modülü (EYM)**, her MKK'ya aktif ve reaktif güç çıkışı, voltaj ve frekans için ayar noktaları sağlar. Bu fonksiyon, en modern iletişim ve yapay zekâ teknikleri ile koordine edilir. Ayar noktalarının değerlerine mikroşebekenin işletme ihtiyaçlarına göre karar verilir. EYM içerisinde [30],

- (a) Mikrokaynaklar müşteri memnuniyetine ısı ve elektrik yükleri sağlar.
- (b) Mikroşebekeler, operasyonel olarak priori ana şebeke ile yapılan sözleşmelere göre tatmin edici bir şekilde çalışır.
- (c) Mikroşebekeler, sistem kayıplarını ve sera gazı ve partikül emisyonlarını en aza indirmede zorunlu bağlarını sağlar.
- (d) Mikro kaynaklar mümkün olan en yüksek verimle çalışır.

• **Koruma Koordinasyon Modülü (KKM)**, mikroşebeke, ana şebeke arızalarına ve şebeke kayıpları senaryolarına mikroşebekenin doğru koruma koordinasyonunu sağlayacak şekilde yanıt verir. Aynı zamanda şebekeye bağlı moddan bağımsız moda geçişte ve geçiş sırasında arıza akımı seviyelerindeki değişime uyum sağlar. Bunu başarmak için, KKM (Koruma Koordinasyon Modülü) ile MMK'ler ve giriş ana şebeke kontrolörleri arasında uygun iletişim vardır. Ana şebeke arızası için,

KKM hemen öncelikli yüklere önemli ölçüde daha düşük bir maliyetle güç sağlamak için mikroşebekeyi tek başına moduna geçirir. Bununla birlikte, bazı küçük hatalar için KKM, mikroşebekenin şebekeye bağlı modda bir süre ilerlemesine izin verir ve herhangi bir geçici hatanın giderilmesi durumunda devam eder. Ayrıca, eğer şebeke arızası mikroşebekenin kararlılığını tehlikeye sokarsa, KKM mikroşebekenin tüm ana şebeke yüklerinden (örneğin Besleyici B) tamamen bağlantısını kesebilir, ancak bu durumda mikroşebekenin etkin kullanımı dışa dönük enerji akış gücü kaybedilir. Mikroşebeke besleyicinin bir kısmı (örneğin besleyici A veya C) içinde bir hata meydana gelirse, besleyicinin sağlıklı parçalarına beslenmeyi sağlamak için mümkün olan en küçük besleyici bölgesi elimine edilir. Bara gerilim desteğine sahip düşük frekanslı ve düşük voltaj koruması normalde hassas yüklerin korunması için kullanılır. KKM ayrıca, uygun tekrar kapama tasarıları aracılığıyla geçiş bağlantısının başlatılmasından sonra mikroşebekenin ana şebekeyle yeniden senkronize edilmesine yardımcı olur [30],

MK'nın şebekeye bağlı moddaki işlevleri şunlardır [30]:

- Mikrokaynaklar ve yüklerden bilgi toplayarak sistem tanılamayı izlemek.
- Durum tahmini ve güvenlik değerlendirmesi, ekonomik üretim çizelgeleme ve mikro kaynakların aktif ve reaktif güç kontrolü ve talep tarafı yönetimi fonksiyonlarının toplanan bilgileri kullanarak yapılması,
- Ana şebekeyle senkronize çalışmanın sağlanması, daha önceden anlaşma noktalarında güç değişiminin sürdürülmesi.

MK'nin bağımsız moddaki işlevleri şunlardır:

- Yük uçlarında sabit voltaj ve frekansı korumak için mikrokaynakların aktif ve reaktif güç kontrolünün yapılması,
- Güç dengesi ve veri yolu voltajını korumak için depolama aygıtı desteği ile talep tarafı yönetimi kullanarak yük kesintisi / yük akışı stratejileri benimseme,
- Gelişmiş güvenilirlik ve hizmetin devamlılığını sağlamak için yerel bir kesinti başlatma,
- Her iki şebekenin kararlılığını engellemeden ana şebeke beslemesi geri yüklendikten sonra mikroşebekenin şebekeye bağlı moduna geçmesi.

2.5.2. Mikroşebekenin Teknik ve Ekonomik Avantajları

Mikroşebekenin gelişimi, aşağıdaki avantajlardan dolayı elektrik enerjisi endüstrisi için çok umut vericidir:

(1) Çevre Sorunları- Mikroşebekeler, büyük geleneksel termik santrallerden çok daha az çevresel etkiye sahiptirler. Ayrıca mikroşebekenin bu konudaki yararlarından bazıları şunlardır [30]:

- Yanma işleminin yakından kontrol edilmesinden dolayı gaz ve parçacık halinde emisyonlarında azalma, sonuçta küresel ısınmayla mücadelede yardımcı olabilir.
- Müşterilerin mikrokaynaklara fiziksel olarak yakın olması, müşterilerin makul enerji kullanımına yönelik farkındalıklarının artırılmasına yardımcı olabilir.

(2) İşletme ve Yatırım Sorunları- Mikrokaynak ve yükler arasındaki fiziki ve elektriki mesafenin azaltılması aşağıdakilere katkıda bulunabilir [30]:

- Tüm sistemin reaktif desteğinin iyileştirilmesi, böylece voltaj profilinin iyileştirilmesi.
- T&D besleyici tıkanıklığının azaltılması.
- T&D kayıplarının yaklaşık % 3'e düşürülmesi.
- Uygun varlık yönetimi ile iletim ve üretim sistemlerinin genişletilmesinde yatırımların azaltılması / ertelenmesi.

(3) Güç Kalitesi- Aşağıdakilerden dolayı güç kalitesinde ve güvenilirliğinde iyileşme sağlanmıştır [30]:

- Arzın merkezden yönetilmemesi.
- Arz ve talebin daha iyi karşılanması.
- Büyük ölçekli iletim ve üretim kesintilerinin etkisinin azaltılması.
- Arıza sürelerinin en aza indirgenmesi ve restorasyon sürecinin mikrokaynakların kara start işlemleriyle arttırılması.

(4) Maliyet Tasarrufu- Mikroşebekede aşağıdaki gibi maliyet tasarrufu elde edilmiştir [30]:

- KIG çalışma modunda atık ısının kullanılması önemli bir tasarruftur. Ayrıca, BIG kaynakları müşteri yüklerine yakın olduğu için, ısı iletimi için önemli bir altyapıya ihtiyaç duyulmaz. Bu, geleneksel bir güç sistemi için maksimum % 40'a kıyasla % 80'den fazla toplam enerji verimliliği sağlar.
- Maliyet tasarrufu ayrıca birkaç mikrokaynağın entegrasyonu ile de gerçekleştirilir. Yerel olarak tak ve çalıştır moduna getirildiklerinden, T&D maliyetleri büyük ölçüde düşürülür veya elimine edilir. Bir mikroşebekede bir araya getirildiğinde, üretilen elektrik müşterileri arasında yerel olarak paylaşılabilir ve bu da ana besleyiciden daha uzun besleyiciler üzerinden güç alma / verme ihtiyacını azaltır.

(5) Piyasa Sorunları- Piyasaya katılım durumunda aşağıdaki gibi avantajlar elde edilir [30]:

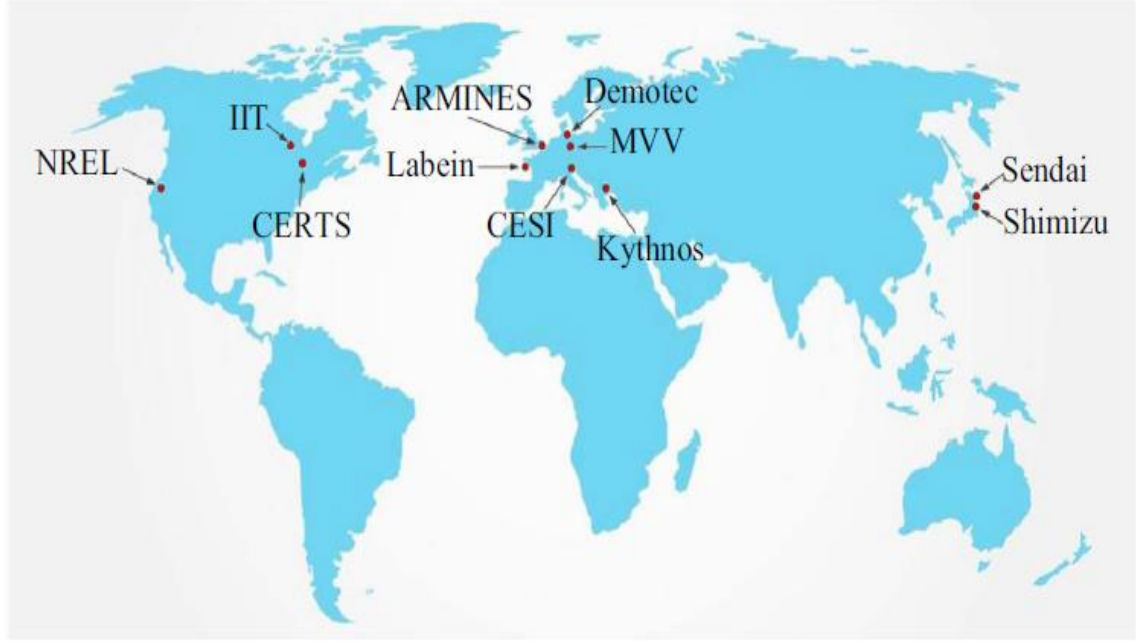
- Mikroşebekelerin piyasaya yönelik operasyon prosedürlerinin geliştirilmesi, kurulan üretim şirketler tarafından uygulanan pazar gücünde önemli bir düşüşe yol açacaktır.
- Mikroşebekeler yardımcı hizmetler sağlamak için kullanılabilir.
- Modüler tak ve çalıştır mikrokaynaklarının yaygın olarak kullanılması, güç piyasasında enerji fiyatlarının düşmesine katkıda bulunabilir.
- Ağ yatırımı ve DÜ kullanımı arasındaki uygun ekonomik dengenin, uzun vadeli elektrik müşteri fiyatlarını %10 kadar azaltması muhtemeldir.

2.6. Çoklu Mikroşebeke (ÇMŞ)

Çok sayıda düşük gerilimli (DG) mikroşebekenin birbirleriyle etkileşim halinde bulunduğu durumda mikroşebekelerin artan bir şekilde birbirini etkilemesi sonucu oluşan yeni tipteki mikroşebeke ağına çoklu mikroşebeke denilmektedir [44].

Çoklu mikroşebekelerin ana uygulama senaryoları arasında uzak alan tipi, konut alan tipi, ofis binası tipi, endüstriyel park tipi gibi çoklu mikroşebeke sistemleri yer almaktadır. Bu

sistemler güncel çalışmada ortak hedeflere sahiptir, bu da yükün kararlı çalışmasını sağlamak için elektrik sağlar, elektrik arızasından kaynaklanan yük kesintisi için ekonomik kayıpları azaltır ve güç kaynağı ve güç tüketimi verimliliğinin güvenilirliğini artırır. Şu anda, Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve diğer gelişmiş ülkeler ve bölgeler, çoklu mikroşebekelerin temel teori araştırmalarını tamamlamışlardır. Yurtdışındaki çoklu mikroşebekelerin dağılımı Şekil 2.9’da gösterilmiştir [45].



Şekil 2.9. Çoklu Mikroşebeke (ÇMS) İçin Yurtdışında Altyapı Çalışmasının Dağılımı [45]

2.6.1. Uygulama Alanlarına Göre ÇMS’ler

Çoklu mikroşebekeler tipik uygulama senaryolarına göre beşe ayrılır. Bunlar [45];

- Uzak Alan Tipi Çoklu Mikroşebekeler
- Konut Alanı Tipi Çoklu Mikroşebekeler
- Ofis Binası Tipi Çoklu Mikroşebekeler
- Endüstriyel Park Tipi Çoklu Mikroşebekeler
- Araştırma Çalışması Tipi Çoklu Mikroşebekeler

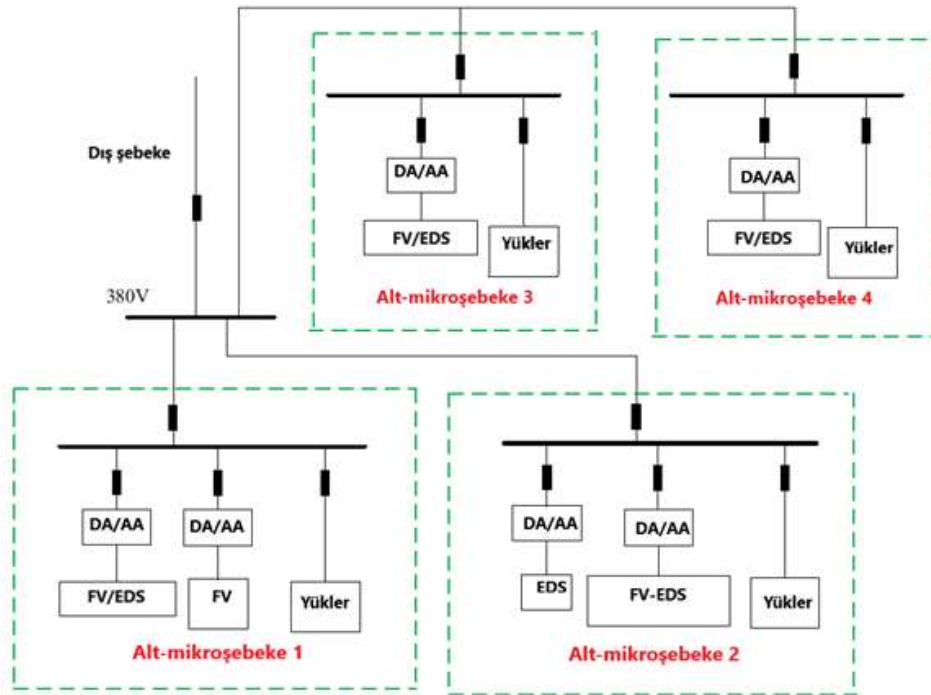
2.6.1.1. Uzak Alan Tipi ÇMŞ'ler

Uzak alan tipi ÇMŞ'ler, uzak bölgelerde yaşayanlar için istikrarlı elektrik enerjisi sağlayabilir ve güç kaynağının güvenilirliğini büyük ölçüde artırır. Şu anda, uzak alan tipi ÇMŞ'ler hakkındaki ana araştırma, esas olarak iki türe ayrılan şebekeden bağımsız (adalı) ÇMŞ'lere odaklanmaktadır [45].

2.6.1.2. Konut Alan Tipi ÇMŞ'ler

Konut tipi ÇMŞ'ler, konut (ev) yükleri için kararlı bir güç kaynağı sağlayabilir. Gerçek durumla birlikte, yerleşim bölgelerinde güvenilirlik ve enerji tüketimi yönetimi seviyesini arttırmak için elektrik güvenliği ve ekonomi gibi çoklu optimizasyon uygulanabilir [46].

Şekil 2.10'da tipik bir mesken olan GZ Ziyun Villa yerleşim bölgesine ait mikroşebeke yapılanması gösterilmiştir. GZ Ziyun Villa ÇMŞ'de FV kapasitesi 100 kW ve EDS kapasitesi 33,9 kWh'dir [45].

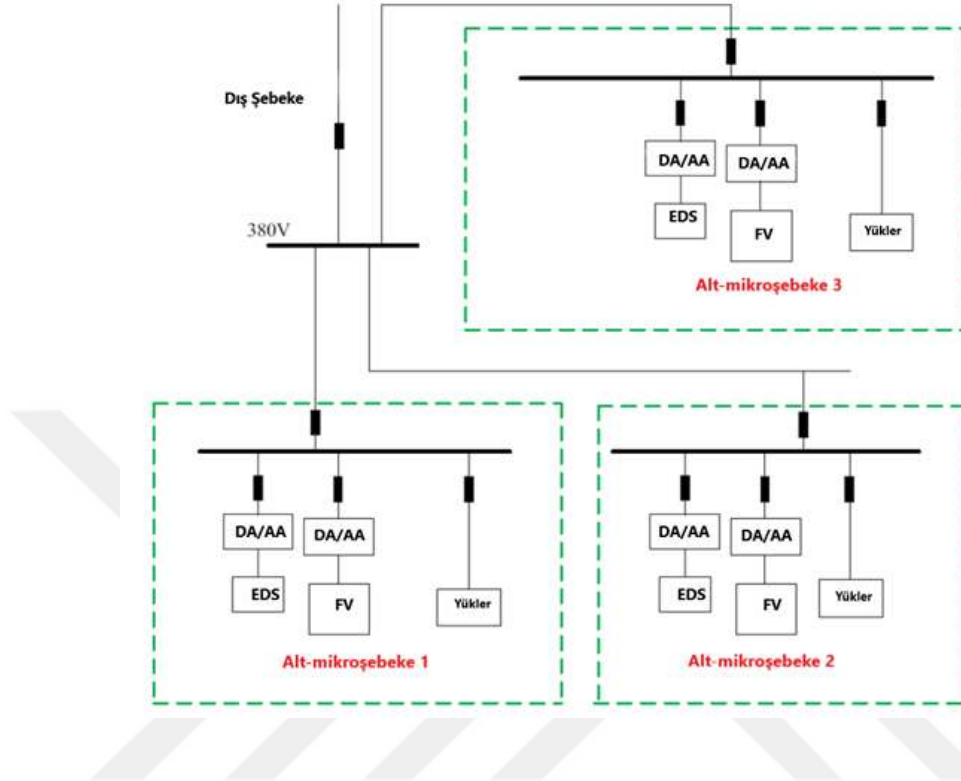


Şekil 2.10. GZ Ziyun Villa ÇMŞ Topolojisi [45]

2.6.1.3. Ofis Binası Tipi ÇMŞ'ler

Ofis binası tipi ÇMŞ'ler, ofis binalarındaki yükler için kararlı güç sağlayabilir ve yüklerin dengeli çalışmasını garanti eder. Ofis binası tipi ÇMŞ'ler, ofis binalarının güç

güvenilirliğini ve enerji yönetimi seviyesini arttırmak için güç kaynağı arızasından kaynaklanan ekonomik kayıpları azaltabilir [47]. Ekolojik Bilim ve Teknoloji Parkı'na dayanarak, Şekil 2.11'de gösterilen ÇMŞ'ler inşa edilmiştir [45].



Şekil 2.21. SZ Ecopark ÇMŞ Topolojileri [45]

2.6.1.4. Endüstriyel Tipi ÇMŞ'ler

Endüstriyel tip ÇMŞ'lerin yapımı ve işletilmesi, enerji talebindeki büyüme ile emisyon azaltımı arasındaki çelişkiyi kolaylaştırmak için endüstriyel kullanıcılar için daha çevreci enerji kullanımına teknik destek sağlayabilir. Hassas yüklerin kararlı çalışmasını sağlamak için istikrarlı elektrik enerjisi sağlayarak, güç kaynağı arızasından kaynaklanan ekonomik kayıpları azaltıp güç güvenilirliğini ve enerji yönetimi seviyesini artırabilir [45].

2.6.1.5. Araştırma Çalışması Türü ÇMŞ'ler

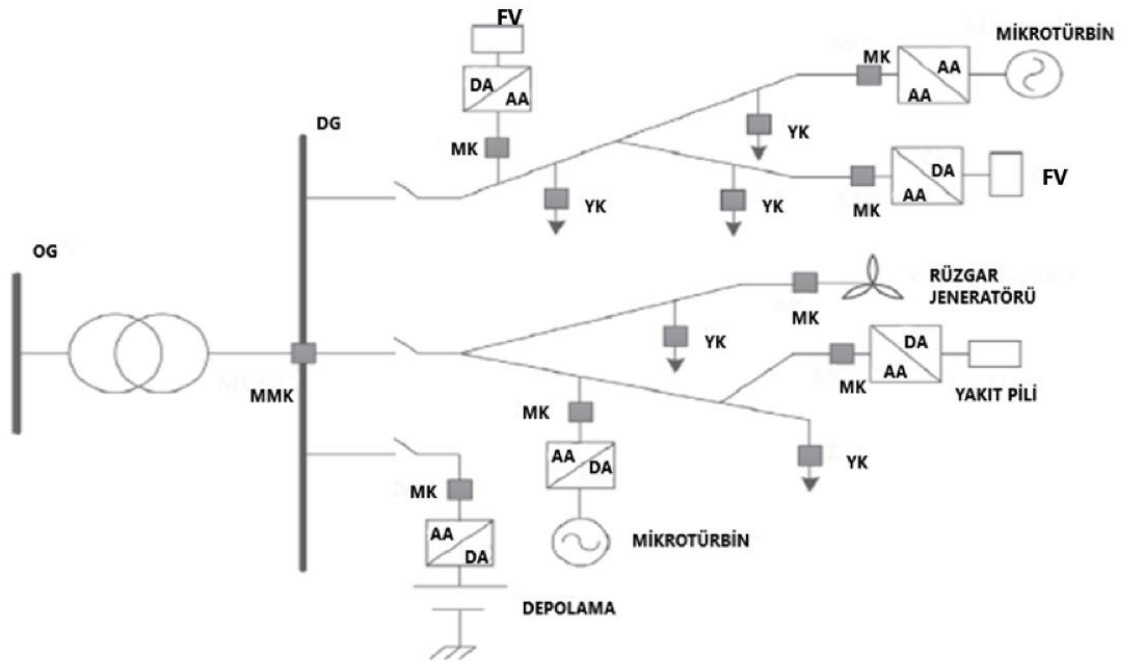
Esnek topoloji ve daha gelişmiş kontrol sistemi olan ÇMŞ'ler araştırma çalışması türündeki ÇMŞ'lerdir. Üniversiteler ile yüksek ve yeni teknoloji işletmeleri tarafından geliştirilen teknoloji ve ekipmanın test edilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının da dahil olduğu mikroşebekenin optimum tasarımı ve ekonomik analizleri devam eden çalışmalar arasındadır [48].

2.6.2. Çoklu Mikroşebekelerin AA/DA Yapısal Biçimleri

Çoklu mikroşebekeler; AA çoklu mikroşebekeler DA çoklu mikroşebekeler ve AA-DA karışık (hybrid) çoklu mikroşebekeler gibi farklı türlere ayrılır. AA çoklu mikroşebekelerde tüm mikrokaynaklar, dönüştürücüler vasıtasıyla AA veriyollarına bağlanır. Mikrokaynaklar, genellikle DA yükleri olan DA çoklu mikroşebekelerdeki dönüştürücüler yoluyla DA veriyollarına (buslar) bağlanır ve DA çoklu mikroşebekeler, eviriciler (inverter) vasıtasıyla dış enerji şebekesine bağlanır.

2.6.2.1. AA Çoklu Mikroşebekeler (AA-ÇMŞ)

Günümüzde AA-ÇMŞ, dağıtık üretimler (DÜ), enerji depolama sistemleri ve yüklerin AA veri yollarına (bus) bağlı olduğu çoklu mikroşebekelerin ana akım kaynağıdır. AA-ÇMŞ'leri oluşturmak için elektrik şebekesinin orijinal yapısını değiştirmek gereksizdir. Avrupa birliği Ar-Ge mikroşebekeler projesinde önerilen AA-ÇMŞ yapısı Şekil 2.12'deki gibi gösterilmiştir [49].



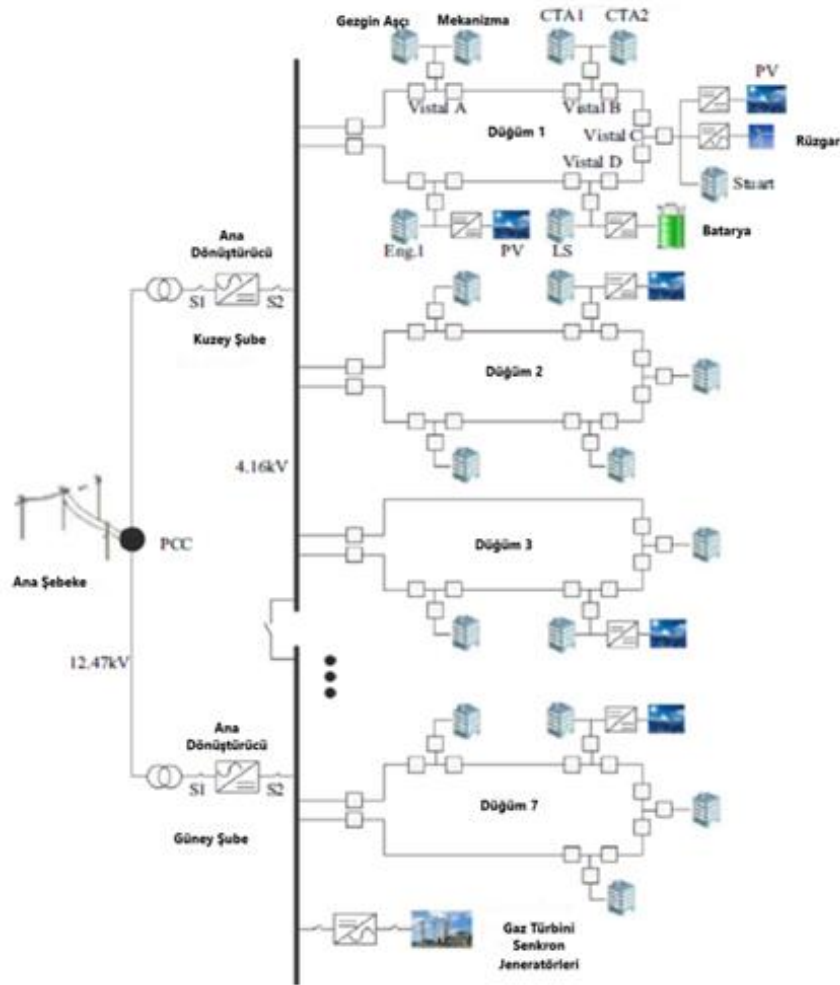
Şekil 2.12. AA-ÇMŞ Mimarisi [49]

Çoklu mikroşebekelerde düşük voltajlı baralar (buslar) ve yükler kontrol edilebilir. Ana şebeke trafosundan AA veri yolları ile DÜ kaynaklarına ve enerji depolama sistemlerine iletilir [45].

2.6.2.2. Doğru Akım Çoklu Mikroşebekeler (DA-ÇMŞ)

Doğru akım çoklu mikroşebekelerde (DA-ÇMŞ) dağıtık üretimler, enerji depolama sistemleri ve yükler; güç dönüştürücüleri vasıtasıyla DA veri yollarına bağlanır.

Elektrik enerjisi DA formunda iletilir. Böylece iletim hatları tarafından içine alınan reaktif güç ve girdap akım kayıpları ihmal edilebilir ve güç kaybı büyük ölçüde azaltılabilir. Ek olarak DA ÇMŞ'lerde üç fazlı yük dengesizliği ile ilgili herhangi bir problem olmaz. DA-ÇMŞ'lerin yapısı, Şekil 2.13'de gösterilmekte olup DA-ÇMŞ'lerin ekonomik çalışması ve hızlı toparlanması üzerine araştırmalar için kullanılabilir [50].

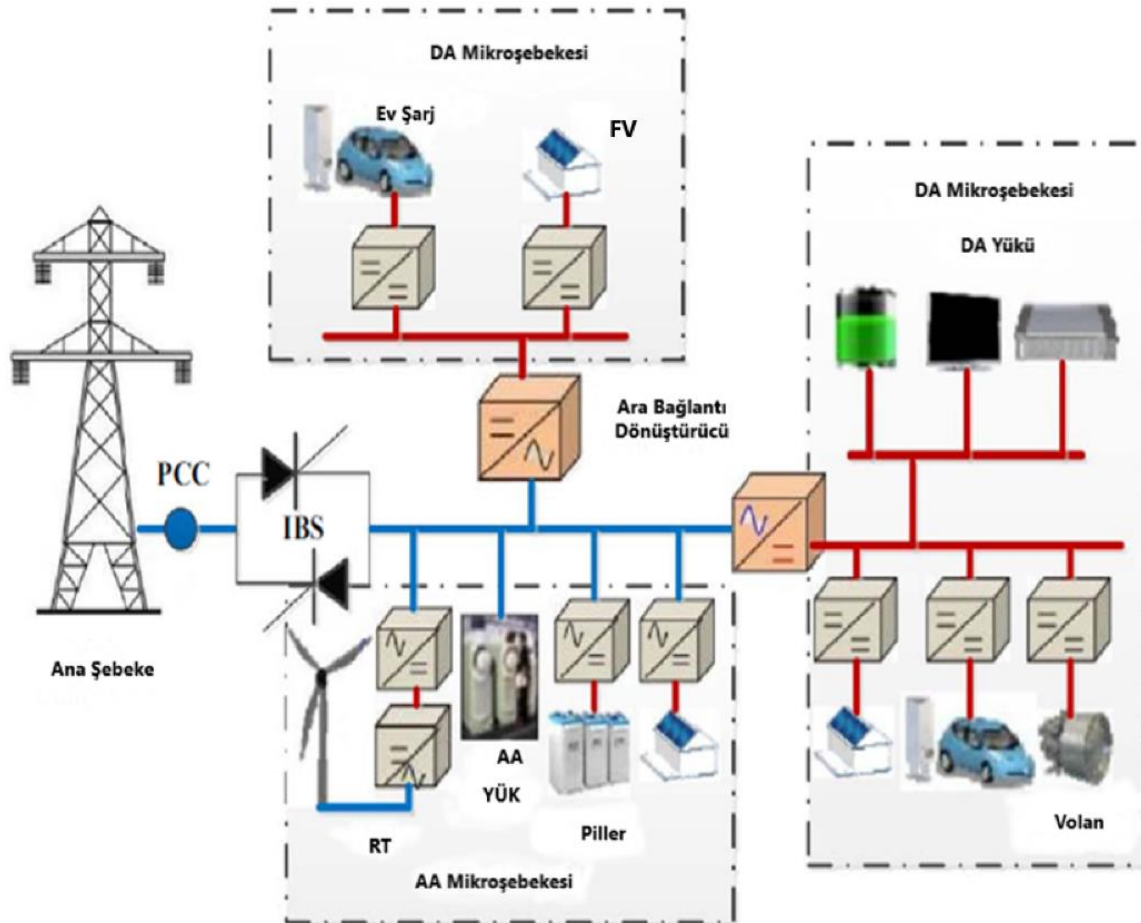


Şekil 2.13. DA-ÇMŞ Mimarisi [50]

Ana şebekeden DA veri yolları ile birçok dağıtık üretim kaynaklarına ve enerji depolama sistemlerine iletilir. Kuzey ve güney olmak üzere iki tane trafodan oluşur. Ana dönüştürücülerle DA veri yollarına bağlanırlar.

2.6.2.3. AA-DA Karışık Çoklu Mikroşebekeler (AA-DA ÇMŞ)

AA-DA karışık çoklu mikroşebekeler, AA çoklu mikroşebekelerin ve DA çoklu mikroşebekelerin avantajlarına sahip AA veri yolları ve DA veri yollarını içerir. AA-DA karışık çoklu mikroşebekeler dağıtık üreticiler, yüksek yüklerle oldukça yoğunlaşmıştır [45]. Şekil 2.14'te AA-DA karışık çoklu mikroşebekelerin tipik bir yapısı gösterilmektedir [51].



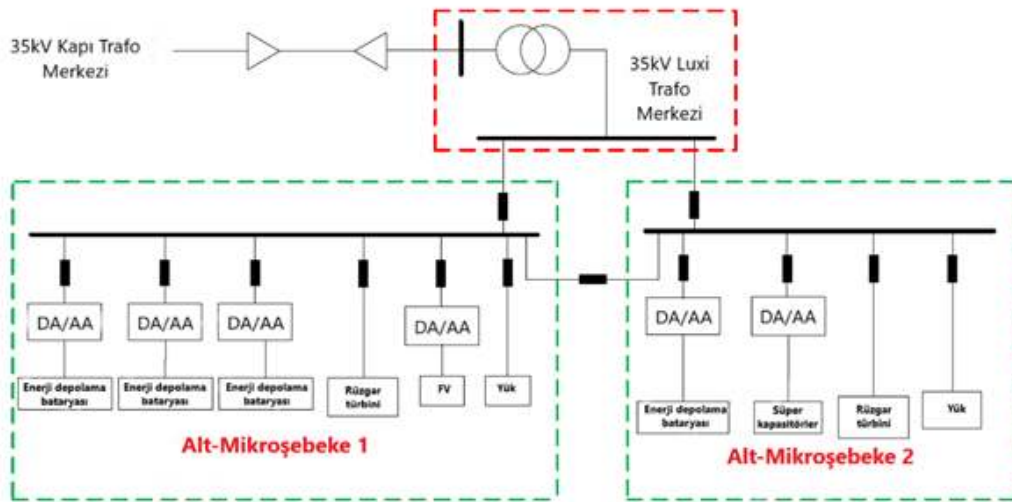
Şekil 2.14. AA-DA Karışık Çoklu Mikroşebeke Mimarisi [51]

2.6.3. Çoklu Mikroşebekelerin (ÇMS'lerin) Voltaj Yapısal Formları

Mikroşebekelerin ulaşımı için dağıtım şebekesinin gerilim seviyesinin 110 kV'dan düşük olması şarttır. Ulusal standart GB/T 12326-2008'e göre, Çin'deki güç şebekesi gerilim seviyelerine göre Tablo 2.2'deki gibi bölünebilir [45].

2.6.3.2. Orta Gerilim (OG) ÇMŞ'leri

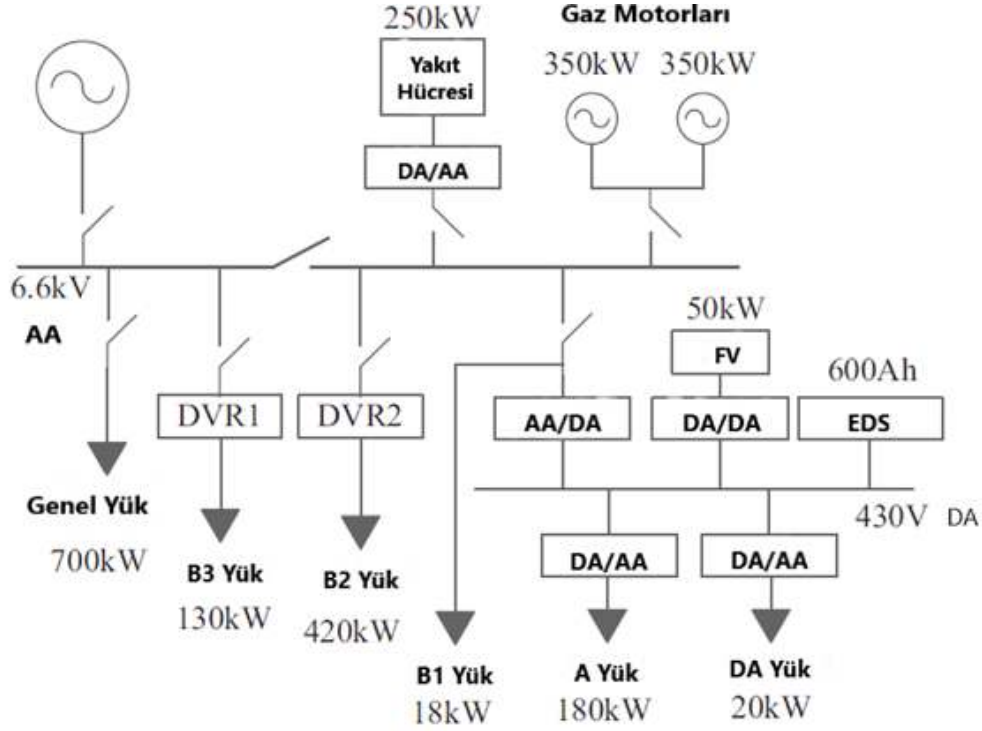
Orta Gerilim (OG) ÇMŞ'lerine yaklaşık 8000 sakini bulunan ve denizcilikle uğraşan Luxi Adası örnek olarak verilebilir. Denizaltı kabloları genellikle balıkçı teknelerinin çapalarından zarar gördüğünden ve yazın elektrik tüketimi zirveye çıktığında elektrik tedariki gerçekleştiğinden, adadaki güç temini kaynağı garanti edilememektedir. Toplam kurulu kapasite, 1,86 MW yenilenebilir enerji dahil olmak üzere yaklaşık 4,36 MW'tır [45]. Şekil 2.16'da gösterildiği gibi bir ÇMŞ yapısı adadaki güç kaynağının güvenilirliğini sağlayabilir ve diferansiyel güç kaynağını gerçekleştirebilir [54].



Şekil 2.16. Luxi Adası ÇMŞ topolojisi [54]

2.6.3.3. OG/DG Karışık ÇMŞ'ler

Şekil 2.17'de gösterildiği gibi, Sendai ÇMŞ'ler, 6.6 kV voltaj seviyesi ve 430 V voltaj seviyesine sahip tipik bir OG/DG karışık ÇMŞ'dir. ÇMŞ'lerdeki mikrokaynaklar yakıt hücreleri, gaz motorları, FV'ler ve EDS'lerini içerir. Yüklerin güç kaynağı kalitesi, kontrol ve yönetim sistemi tarafından gerçekleştirilen A, B1, B2 ve B3 olmak üzere dört seviyeye ayrılabilir [45].



Şekil 2.17. Sendai ÇMŞ topolojisi [45]

2.7. Çoklu Mikroşebekelerde Kontrol

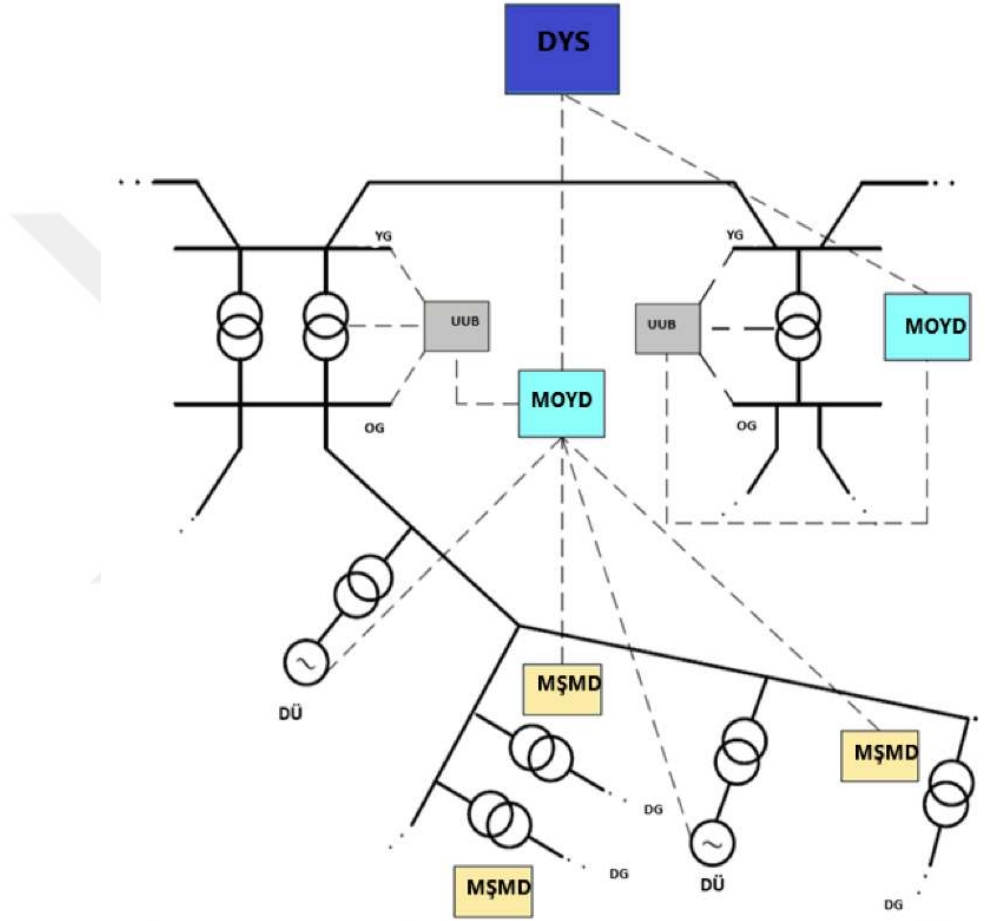
Çoklu mikroşebekelerde kontrol, gerilim ve frekans kontrolünü içeren hiyerarşik kontrol yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Öncelikle, çoklu mikroşebekelerin çalışma prensipleri ele alınacak ardından ÇMŞ kontrol ve yönetim mimarisi kapsamında hiyerarşik kontrol hakkında bilgi verilecektir.

2.7.1. Çoklu Mikroşebekelerin Çalışması

Dağıtım ağlarının yönetiminde mikroşebeke etkisinin artması DG şebekelerin çoğunun aktif mikroşebekelere dönüştüğü bir duruma karşılık gelmektedir. Bu nedenle, mikroşebeke konseptinin genişletildiği ve yeni bir konseptin ÇMŞ'nin geliştirilmesine yol açtığı varsayılmaktadır [44]. Bu durum, yeni bir kontrol mimarisinin tasarımının yanı sıra yeni yönetim araçlarının geliştirilmesini veya mevcut dağıtım yönetim sistemleri (DYS) araçlarının uyarlanmasını gerektirir [55].

Çoklu mikroşebekelerin yeni konsepti, bitişik OG besleyicilerine bağlı birkaç DG mikroşebekesinden ve dağıtık üretim (DÜ) birimlerinden oluşan, OG seviyesinde oluşturulan yüksek seviyeli bir yapıya karşılık gelir. Şebeke kontrolü ve yönetimi amacıyla, aktif talep tarafı yönetim kontrolü altındaki mikroşebekeler, DÜ birimleri ve OG

yükleri bu tip güç sisteminde aktif hücreler olarak kabul edilebilir. Bu yeni senaryoda, yük azaltma stratejisi altında kontrol taleplerini alabilen bazı OG duyarlı yükler, ilgili güç sistemindeki yük dengeleyici birimler olarak görülmektedir. Dağıtım şebekesinin artık pasif unsuru olmayan mikrokaynaklara ve yüklere sahip çok sayıda DG ağı, daha sonra koordineli bir şekilde birlikte çalıştırılmalıdır. Bu nedenle, yönetilecek olan sistem karmaşıklık ve boyut olarak büyük ölçüde artmakta ve tamamen yeni bir kontrol ve yönetim mimarisi gerektirmektedir. Bu mimari Şekil 2.18'de gösterilmektedir [55].



Şekil 2.18. Çoklu Mikroşebekeli Bir Sistemin Kontrol ve Yönetim Mimarisi [55]

Bu tür bir sistemin etkili bir şekilde yönetilmesi, kontrolün bir ara kontrolör tarafından gerçekleştirileceği hiyerarşik bir kontrol mimarisinin geliştirilmesini gerektirir; merkezi bir otonom yönetim kontrolörü (MOYD), yüksek voltajlı bir YG/OG'nin OG bara kısmına kurulur. Trafo, dağıtım sistemi işletmecisinin (DSİ) sorumluluğu altındadır ve bir çoklu mikroşebekeden sorumlu olacaktır. Bu şekilde, sistemin karmaşıklığı, üretim birimlerinin zamanlama problemini (DÜ ve mikrokaynaklar) ve sistemde kurulu diğer kontrol

cihazlarının zamanlama problemini çözebilecek hem normal hem de acil durumlarda küçük bir DYS gibi davranan daha küçük bireysel kontrol sağlanabilecektir [55].

2.7.2. Çoklu Mikroşebeke Kontrol ve Yönetim Mimarisi

Mikroşebeke konseptinin geliştirilmesi, normal ve acil çalışma durumlarında tüm dağıtım ağından sorumlu olan ve DSİ tarafından işletilen merkezi dağıtım sistemi ile mikroşebeke merkezi denetleyicisi (MŞMD) arasındaki etkileşimin ayrıntılı şekilde analiz edilmesini gerektirmiştir [56], [57].

Daha önce de görüldüğü gibi, yeni çoklu mikroşebekeler kavramı, bitişik OG besleyicilere bağlı DG mikroşebekeleri ve DÜ birimlerinden oluşan daha yüksek seviyeli bir yapı olan OG seviyesi ile ilgilidir. Günümüzde DYS, tüm dağıtım sisteminin denetiminden, kontrolünden ve yönetiminden tamamen sorumludur [55].

Mikroşebeke kavramında olanlara benzer şekilde, çoklu mikroşebeke sistemlerinde iki çalışma modu ve çalışma durumu öngörülebilir. Bu iki olası işletim modu şunlardır [55]:

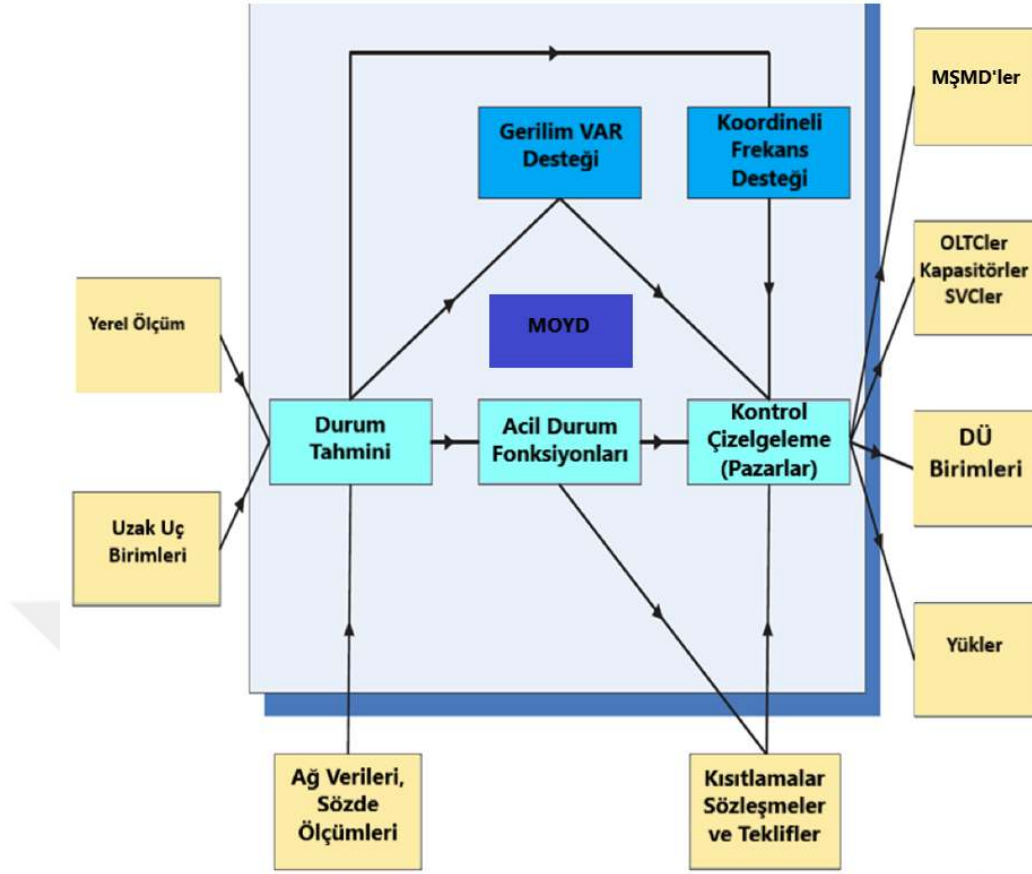
- 1) Normal çalışma modu- çoklu mikroşebeke sistemi ana dağıtım şebekesine bağlı olarak çalıştırıldığında,
- 2) Acil durum işletim modu- çoklu mikroşebekeli sistem otonom modda çalıştırıldığında (ana güç sisteminden adalara bölünmesi) veya bir elektrik kesintisi ardından, çoklu mikroşebekeli sistem bir elektrik kesintisi (black start) prosedürünü tetikleyerek servis restorasyonuna katkıda bulunurken.

ÇMŞ sistemlerinin kontrolündeki ana strateji, birimlerin belirli kontrol özerkliğine sahip olması ve belirli kontrol eylemlerini uygulamak için birbirleriyle iletişim kurabilmesi gereken özerk kontrolörlerin kullanılmasıdır. Merkezi olmayan bir program, sistemin hem boyutunda hem de karmaşıklığındaki muazzam artışa neden olur ve bu nedenle ÇMŞ sisteminin yönetiminde daha esnek bir kontrol ve yönetim mimarisinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur [55].

Bir dereceye kadar bile merkezi olmayan denetim hala hiyerarşik bir yapıya bağlı kalmalıdır. Bir merkezi kontrol cihazı birden fazla cihazdan veri toplamalı ve düşük dereceli bireysel kontrolörler için kurallar koymalıdır. Bu eylemler, bazı görevleri diğer alt seviye kontrol cihazlarına (MOYD veya MŞMD) devretmek zorunda olan yüksek seviyeli bir merkezi kontrolör (DYS) tarafından yapılmalıdır. Bunun nedeni, merkezi yönetimin,

işlenecek olan büyük miktarda veri nedeniyle etkili olmayacağı ve bu nedenle, ada operasyon modu sırasında özerk yönetime izin vermemesidir. MOYD, daha sonra, ana DMS için bir arayüz görevi gören diğer yerel kontrol cihazlarıyla (MŞMD'ler veya doğrudan DÜ kaynakları veya OG ağına bağlı yükler gibi) iletişim kurma yeteneğine sahip olmalıdır [55].

Sonuç olarak, MOYD, ÇMŞ'li bir sistemde kilit bir rol oynar, çünkü veri toplama sürecinden, akış yukarı konumdaki DYS ile diyalogu sağlamaktan, belirli ağ işlevlerini çalıştırmaktan ve akış aşağı ağdaki farklı kaynakları planlamaktan sorumlu olacaktır. Bu içerikte, çoklu mikroşebeke kavramının benimsenmesi, özellikle MOYD'nin (merkezi bir otonom yönetim kontrolörü) tanıtılması ve ilgili hiyerarşik kontrol mimarisinin benimsenmesi sonucu ortaya çıkan operasyonel ve teknik değişiklikler nedeniyle, mevcut DYS fonksiyonlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Çoklu mikroşebekenin, OG ağı dahil yönetimi MOYD üzerinden gerçekleştirilecektir. Bu yeni kontrolör, daha önce görüldüğü gibi hem YG şebekesine bağlı işletim modunda hem de acil işletim modunda ÇMŞ'yi yönetmek için teknik ve ticari kısıtlamalar ve sözleşmelerle ilgilenmek zorunda kalacaktır. MOYD'yi bütünleştirmek için birtakım işlevler Şekil 2.19'da gösterilmektedir. Tüm bu işlevselliklerin tüm çoklu mikroşebeke sistemlerinde bulunmayabileceğini vurgulamak önemlidir. Kullanılabilirliği, dikkate alınan ağın türüne ve yerel DÜ birimlerinin özelliklerine ve aktif yük talep tarafı kaynaklarının kullanılabilirliğine bağlı olacaktır. Ayrıca, ÇMŞ'li sistemlerde, mikroşebekeler, OG şebekesine bağlı DÜ üniteleri ile elektrik dağıtım sisteminin çalışması üzerinde önemli bir etkiye sahip koordineli gerilim desteği gibi yardımcı hizmetler ve ayrıca yerel dinamik davranış ile ilgili olarak yardımcı hizmetler sağlanmasında devreye girebilirler [55].



Şekil 2.19. Merkezi Özerk Yönetim Denetleyicisi İşlevleri [55]

Adanın uygulanabilirliğini değerlendirmek için bir ÇMŞ'nin dinamik davranışını inceleme ihtiyacı, bu simülasyonları geliştirirken önemli bir hesaplama yüküne yol açabilecek yüzlerce hatta binlerce mikrogeneratör ile uğraşmak demektir. Bu yüzden mikroşebekeler için dinamik eşdeğerler, bu tür çalışmaları geliştirmek için büyük önem taşımaktadır [55].

MOYD düzeyinde, AB, AR-GE projesi çerçevesinde geliştirilen çok sayıda ÇMŞ ile ilgili çalışmada aşağıda verilen işlevlerin ele alınması ve bazılarının uygunluğunu ve dinamik davranış analizi gibi bazı kilit çalışmaların yapılması gerektiğini belirtmiştir [58], [59].

- Koordineli gerilim/normal çalışma için VAR desteği,
- Ada operasyonları için koordine edilmiş frekans kontrolü,
- Yerel elektrik kesintisi- karartmanın ardından OG şebekesinin restorasyonu,
- Mikroşebekeler için dinamik eşdeğerlerin tanımı.

2.7.2.1. Koordineli Gerilim / VAR Desteği

DEK'lerin büyük ölçekli entegrasyonu (özellikle DÜ) DSİ için ciddi operasyonel problemler yaratabilir. Ortaya çıkan en büyük kaygılardan biri, bu üretim birimlerinin dağıtım sistemindeki, yani DG şebekelerinde olduğu gibi, kitlesel olarak var olmalarının bir sonucu olarak, gerilim artış etkisi ile ilgilidir [60]. Bu sistemlerde, geleneksel gerilim düzenleme yöntemleri, DÜ üniteleri tarafından sağlanan değişken güç katkısını ele almadıkları için bu problemin etkin bir şekilde incelenmesi söz konusu değildir, bu nedenle voltaj kontrolü verimli bir şekilde incelenmesi gereken bir konudur [55].

2.7.2.2. Koordineli Frekans Kontrolü

Daha önce görüldüğü gibi, çoklu mikroşebekeli bir sistem normal veya acil durum modunda çalıştırılabilir, yani sırasıyla yukarı akış YG ağına bağlanabilir veya ondan izole edilebilir. Yerel üretim kabiliyetine sahip olduğundan ve bu işletim koşulları sırasında bazı yükler de yönetilebildiğı için adalı çalışmaya bir ÇMŞ'de izin verilir. Bu amaç için, bazı mikroüretim birimlerinde yerel primer frekans kontrolünün yapıldığı varsayılır ve ikincil bir frekans kontrolünün de mevcut olması beklenir. Ayrıca, MOYD'ye hiyerarşik bir frekans kontrol sistemi yerleştirilmiştir. Bu nedenle, MOYD, MŞMD'leri, bağımsız DÜ birimlerini ve kontrol edilebilir OG yüklerini kontrol eder. MŞMD'ler, MOYD ile mikroşebekelerin iç bileşenleri arasında bir arayüz görevi görür, böylece MOYD'in yapılarının ayrıntılı bilgisine sahip olması gerekmez [55].

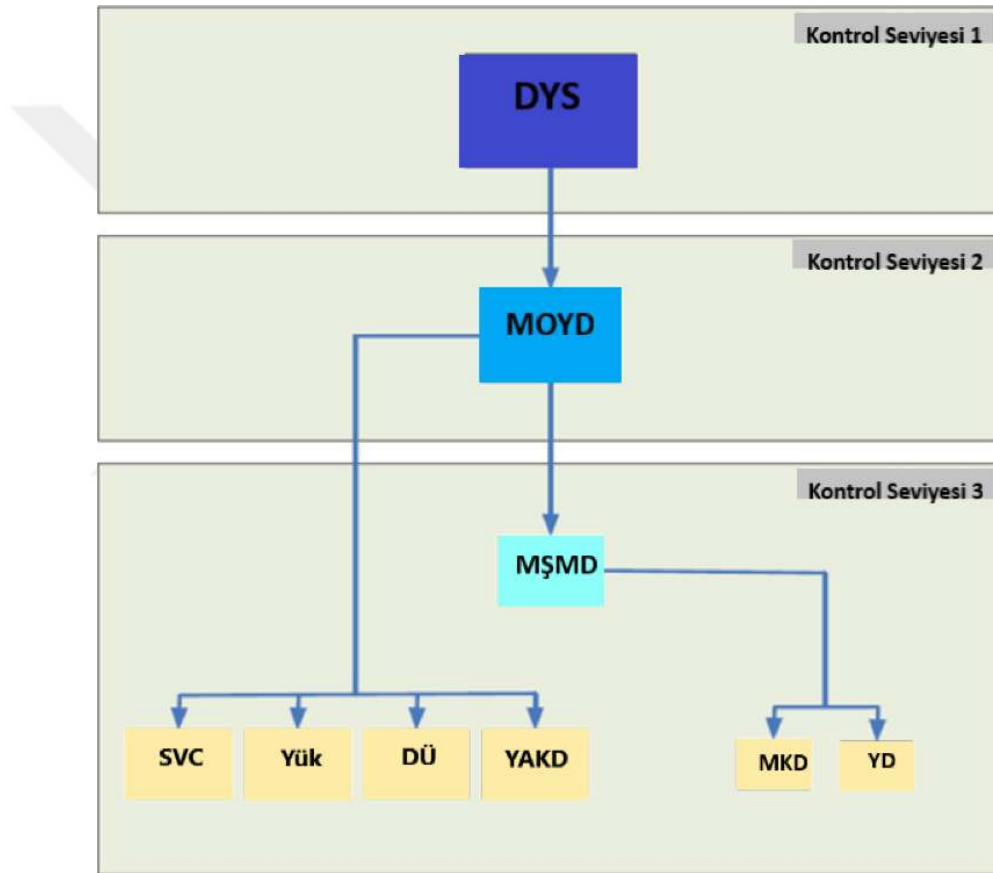
ÇMŞ, birbirine bağılı modda çalıştırıldığında, MOYD müdahalesi, DYS tarafından gönderilen taleplere göre, yalnızca yukarı akış YG ağı ile ara bağlantıdaki yük akışını yöneterek minimumda tutulur. Bununla birlikte, çoklu mikroşebeke sistemi adalı modda çalıştırıldığında, MOYD'de uygulanan hiyerarşik kontrol şeması kilit bir rol oynar ve tüm ÇMŞ'nin yönetilmesinden sorumludur, sistem frekansını otonom olarak kontrol edilmesi ve böylece, bir arıza ya da yukarı akış YG ağında programlanmış bakım işlemlerinin ardından servis sürekliliğı iyileştirilmiş olmaktadır [55].

Adalı operasyonda, MOYD, güç sistemi frekans değişikliklerine normal otomatik üretim kontrolü (OÜK) işlevlerinde uygulanana benzer şekilde yanıt verecektir [61]. Sistem frekansını onarmak için gerekli olan global güç değişimini elde etmek için bir oransal integral (OI) kontrolörü kullanılabilir. Daha sonra, bir dizi kriter (örneğin ekonomik),

çeşitli enerji üretim birimlerine, kontrol edilebilir OG yüklerine ve MOYD kontrolü altındaki MŞMD'lere bireysel katkılar sağlar [62].

2.7.2.3. Hiyerarşik Kontrole Genel Bakış

Hiyerarşik kontrol sistemi, Şekil 2.20' deki blok şema ile gösterilebilir. Tek bir otonom ÇMŞ, tek bir OG ağı ile ilgilenirken, sadece 2 ve 3 nolu kontrol seviyelerinin fonksiyonlarının çalışmasını veya simüle edilmesini gerektirir. DYS ile ilgili herhangi bir fonksiyonu analiz etme ihtiyacı, aynı anda birden fazla OG ağı ile ilgilenirken, birden fazla DYS tarafından denetlendiğinde ortaya çıkar [55].



Şekil 2.20. Çoklu Mikroşebekeli Bir Sistemin Hiyerarşik Kontrol Şeması [55]

Kontrol Seviyesi 2 – MOYD

Daha önce de belirtildiği gibi, elektrik üretimini ve yüklerini değiştirmek için gereken komutlar MOYD'den kaynaklanır. Bu komutlar MŞMD'lere, yerel DÜ birimlerine ve ayrıca kontrol edilebilir OG yüklerine gönderilir. MŞMD'ler, MOYD ve mikroşebekelerin iç aktif bileşenleri arasında bir arayüz görevi görür, böylece MOYD'nin her bir mikroşebekenin yapısının ayrıntılarına sahip olması gerekmez [55].

OG çoklu mikroşebekesi yukarı akış YG ağına bağlıyken, MOYD özerk müdahalesini minimuma indirir. Bununla birlikte, adalı operasyonda, MOYD, düzenli otomatik üretim kontrolü (OÜD) işlevlerinde uygulanana benzer bir şekilde güç sistemi frekans değişikliklerine cevap verecektir. Sistem frekansını geri yüklemek için gerekli olan global güç değişimini elde etmek için bir OI kontrolörü kullanılır. Daha sonra, bir ekonomik dağıtım algoritması, bu güç değişimini, çeşitli enerji üretim birimlerine, kontrol edilebilir OG yüklerine ve MOYD kontrolü altındaki MŞMD'lere sadece frekans düzenlemesine katılmaya istekli olmaları durumunda sağlayacaktır. Keskin ekonomik ölçütler yerine, başka bir ölçüt ya da ölçüt kombinasyonu da kullanılabilir [55].

Kontrol Seviyesi 3 – MŞMD

MŞMD'lerin her biri ayrıca yük kontrolörleri (YK) ve mikrokaynak kontrolleri (MKK) vasıtasıyla alt kontrol edilebilir yüklere ve mikroüretim ünitelerine gerekli güç değişikliklerini tahsis edecektir. Bu mikrokaynakların bazıları genellikle tam düzenleme kabiliyetine sahip değildir ve normal olarak enerji üretimini değiştirmeleri istenmeyecektir. Bu, birincil kaynak mevcudiyetindeki kısıtlamalar nedeniyle hem FV hem de rüzgâr üretimi için geçerli olabilir. Bu durumda, ancak aşırı güç dengesizliği durumunda üretimin kısıtlanabileceğini düşünmek mümkündür [55].

Yük atma (Load-Shedding)

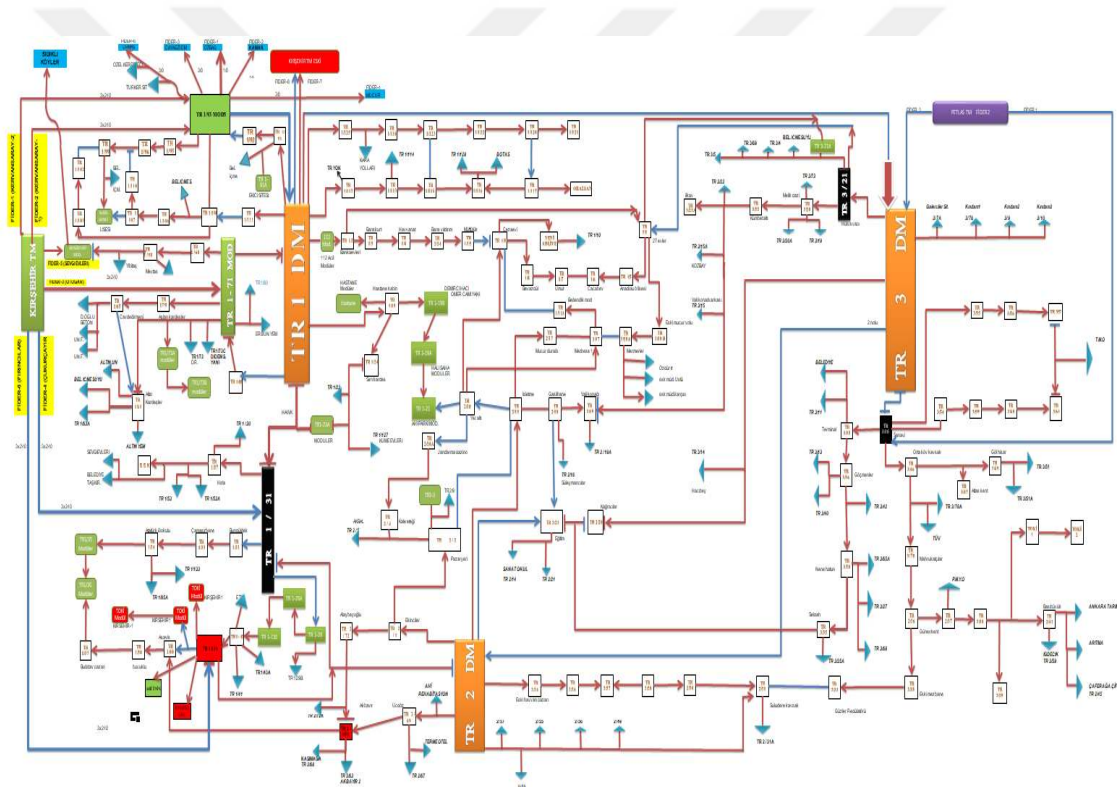
Yük atma için kabul edilen yaklaşım, hiyerarşik kontrol sistemi bağlamında, geleneksel sistemlerdekinden oldukça farklıdır, çünkü kontrol edilebilir yükleri denetleyen hiyerarşik kontrol sistemi özellikle iletişim sistemi kısıtlamaları nedeniyle anlık zaman aralıklarında hareket edemez. Bu nedenle, bu durumlarda, yük atma işleminin, bir sorunu takiben birkaç saniye içinde frekansın genliğini azaltması beklenmemektedir. Yük atma, diğer üretim sistemlerine çok fazla bağlı olmadan, nominal değere daha hızlı veya daha fazla geri dönmeyen frekansa yardımcı olan bir acil durum kaynağı yerine bir tür ikincil rezerv olarak görülmelidir. Mikrokaynakları kontrol edilebilir yüklerden ayıran en büyük fark, yüklerin süresiz olarak bağlantısının kesilmesinin mümkün olmamasıdır. Bu ayrıntı dışında, yükler sadece negatif bir üretim olarak kabul edilebilir. Bu nedenle, sistem normal bir frekans değerine geri döndükten sonra mümkün olduğu kadar yükün yeniden bağlanması zorunludur. Bu, önceden tanımlanmış bir süre boyunca sistem yakın bir kararlı durumda çalıştırıldıktan sonra yükleri yeniden bağlayan daha büyük bir zaman ölçeğinde çalışan bir kontrol döngüsünün kullanılmasıyla gerçekleştirilir [55].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kurulu Güç ve Kırşehir Elektrik İletim Sistemi

2019 yılında Türkiye’de bulunan santrallerin kurulu gücü 90421 MW iken [63], Kırşehir’deki santrallerin kurulu gücü ise Tablo 3.1’de görüldüğü gibi 310 MW’dır. Kırşehir’deki elektrik santralleri yıllık yaklaşık 504 GWh elektrik üretimi yapmaktadır. Toplam 8 adet elektrik enerji santrali bulunan Kırşehir’in elektrik dağıtım hizmeti Meram Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (MEDAŞ) tarafından sağlanmaktadır [64].

Kırşehir'e ait tek hat şeması Şekil 3.1'de verilmiştir [65].



Şekil 3.1. Kırşehir Tek Hat Şeması Son Hali [65]

Tablo 3.1: Kırşehir'deki elektrik santralleri [64]

Santral adı	Tesis türü	Firma	Kurulu güç
1. Geycek Rüzgâr Santrali	Rüzgâr	Polat Enerji	168 MW
2. Hirfanlı Barajı ve Hes	Hidroelektrik	EÜAŞ	128 MW
3. Petlas Lastik Enerji Santrali	Kömür, Lpg, Doğalgaz	PETLAS Lastik	6,00 MW
4. Kırşehir Şeker Fabrikası Termik Santrali	Linyit, Fuel Oil	Türkiye Şeker Fabrikaları	5,90 MW
5. Kırşehir GES	Güneş	-	0,50 MW
6. Kulaksızoğlu GES	Güneş	Emrah Kulaksız	0,50 MW
7. Kaman Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali	Güneş	Kaman Belediyesi	0,50 MW
8. Oralsan Kırşehir Güneş Enerji Santrali	Güneş	Oralsan Makina	0,20 MW

3.2. Kırşehir İli Verileri

3.2.1. Genel Veriler

Orta ölçekli bir yerleşim yeri olan Kırşehir ili genel nüfusu 2018 yılında “241.868”, merkez nüfusu ise 153.511’dir [66]. Kırşehirde konut sayısı 38 bin civarında olup, bunlardan 12 bin tanesi tek katlı ya da bahçeli evlerdir, ev abonesi olarak ise, su aboneliği verilerine göre Kırşehir Merkez’de; 58237’i aktif olmak üzere toplam 65732 abone civarında ev aboneliği vardır [67]. Kırşehir il merkezinde 21 mahalle vardır. Bu çalışmada ise nüfusu 750’nin üzerinde olan 14 mahalleye ait veriler baz alınmıştır. Kırşehir merkezindeki mahallelerin nüfusları Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’e göre en çok nüfuslu mahalle Yenice Mahallesi ve en az nüfuslu mahalle Gölhisar Mahallesidir [68].

Tablo 3.2: 2019 Yılı Mahallelere Göre Kırşehir Nüfusu [68]

KIRŞEHİR MERKEZ MAHALLELER	MAHALLE NÜFUSU	KIRŞEHİR MERKEZ MAHALLELER	MAHALLE NÜFUSU
AHİEVİRAN	12.004	KAYABAŞI	3.367
AŞIKPAŞA	18.782	KERVANSARAY	12.571
BAĞBAŞI	14.098	KINDAM	2.818
BAHÇELİEVLER	4.716	KUŞDİLLİ	3.350
ÇUKURÇAYIR	1.996	MEDRESE	19.813
GÖLHİSAR	756	NASUHDEDE	7.907
GÜLDİKEN	6.680	YENİCE	30.276

3.2.2. Yapı Verileri

ÇMŞ çalışmasında kullanılacak olan ve Kırşehir Merkez ilçesinin büyük çoğunluğunu oluşturan 14 mahalleye ait yapı verileri Tablo 3.3'te verilmiştir [67].

Tablo 3.3: 2019 Yılı Kırşehir Yapı Verileri [67]

MAHALLELER	Yapı Türleri			
	Bina	Müstakil	Resmi Bina/Otel/İşhanı	TOPLAM
AHİEVİRAN	590	333	13	936
AŞIKPAŞA	691	23	2	716
BAĞBAŞI	652	1295	28	1975
BAHÇELİEVLER	395	825	2	1222
ÇUKURÇAYIR	186	407	4	597
GÖLHİSAR	33	251	0	284
GÜLDİKEN	210	681	2	893
KAYABAŞI	295	134	3	432
KERVANSARAY	784	1850	7	2641
KINDAM	115	412	0	527
KUŞDİLLİ	392	923	4	1319
MEDRESE	990	120	7	1117
NASUHDEDE	511	445	1	957
YENİCE	1531	466	2	1999
TOPLAM	7375	8165	75	15615

3.2.3. Elektrik Tüketim Verileri

Kırşehir ili merkezinde bulunan 14 mahalleye ait aylık tüketim değerleri kWh olarak Tablo 3.4'te verilmiştir [69].

Tablo 3.4: Kırşehir İli Mahallelere Göre Aylık Tüketim Değerleri [69]

SAYISI	KIRŞEHİR MERKEZ MAHALLELERİ	AYLIK TÜKETİM DEĞERLERİ (kWh)
1	AHİVRAN	1.504.650
2	AŞIKPAŞA	1.026.793
3	BAĞBAŞI	742.572
4	BAHÇELİEVLER	455.675
5	ÇUKURÇAYIR	309.415
6	GÖLHİSAR	41.753
7	GÜLDİKEN	386.988
8	KAYABAŞI	338.538
9	KERVANSARAY	834.777
10	KINDAM	562.668
11	KUŞDİLLİ	770.914
12	MEDRESE	1.039.900
13	NASUHDEDE	320.728
14	YENİCE	2.437.117

Kırşehir mahallelerinin nüfusu ve yapıları verilerine göre, mahallere göre konut başına düşen ortalama tüketim değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Mahallelere Göre Konut Başına Düşen Ortalama Tüketim Değerleri*

SAYISI	KIRŞEHİR MERKEZ MAHALLELERİ	TOPLAM DAİRE SAYISI	ORTALAMA GÜNLÜK TÜKETİM DEĞERLERİ (kWh)
1	AHİEVİRAN	7543	6,552
2	AŞIKPAŞA	8335	4,044
3	BAĞBAŞI	9399	2,592
4	BAHÇELİEVLER	5585	2,676
5	ÇUKURÇAYIR	2679	3,792
6	GÖLHİSAR	647	2,112
7	GÜLDİKEN	3221	3,948
8	KAYABAŞI	3704	3,000
9	KERVANSARAY	11328	2,412
10	KINDAM	1792	10,320
11	KUŞDİLLİ	5667	4,464
12	MEDRESE	12070	2,832
13	NASUHDİDE	6587	1,596
14	YENİCE	18858	4,248
GENEL ORTALAMA			3,899

* Binalar ortalama olarak 4 kat her katta 3 daire, resmi binalar 10 daireye eş değer olarak kabul edilmiştir. Ortalamaya boş daireler de dahil edilmiştir.

Yapı türlerine göre bina yoğunluğunun değerlendirilmesi Tablo 3.6’da, yapı türlerine göre mahallerde yoğunluğun değerlendirilmesi Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.6: Yapı Türlerine Göre Bina Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

Tür	Yok	Çok Az	Orta	Çok	Çok Fazla
Ofis	0	1-4	5-8	9-16	17-34
Konut (Bina)	0	30-450	451-875	876-1300	1300-1724
Eğitim	0	1	2-4	5-7	8 ve daha fazla

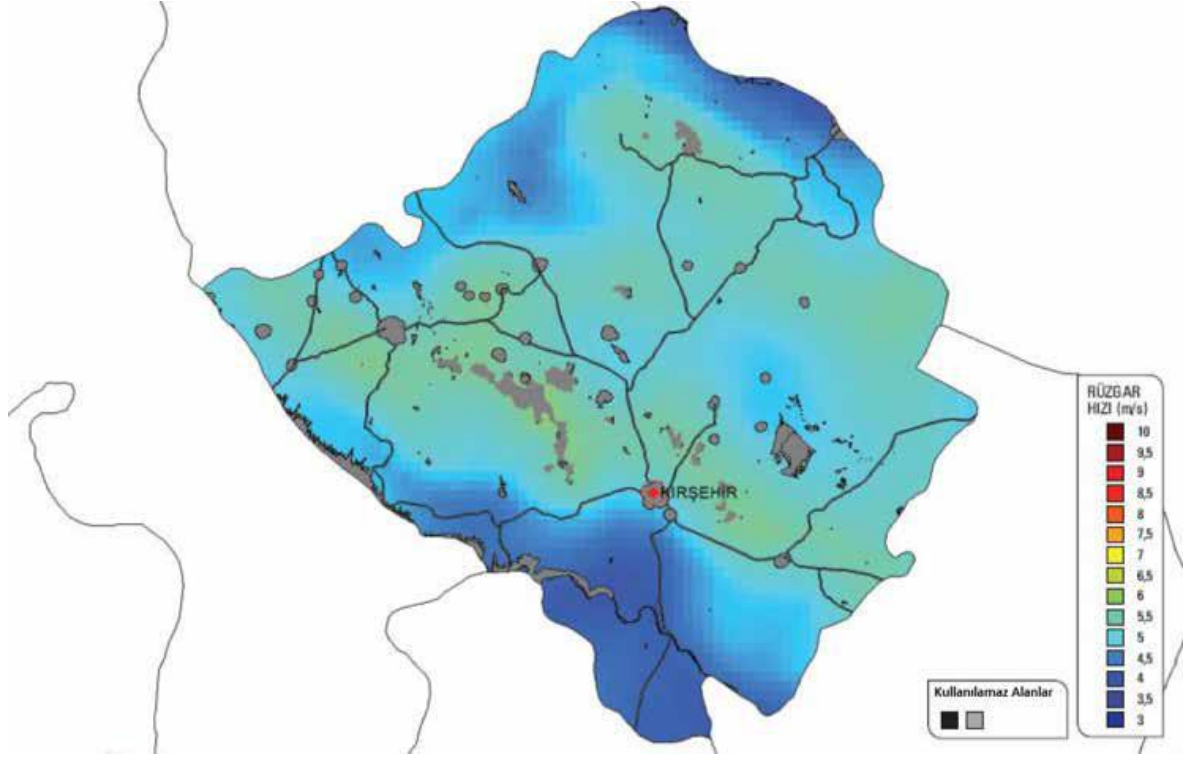
Tablo 3.7: Yapı Türlerine Göre Mahallerde Yoğunluğun Değerlendirilmesi

KIRŞEHİR MERKEZ MAHALLELER	Konut (Bina)	Endüstri (Sanayi)	Ofis (Resmi Bina/Otel/İş hanı)	Eğitim Kurumları
AHİEVİRAN	Orta	Yok	Çok	Orta
AŞIKPAŞA	Orta	Yok	Çok az	Çok
BAĞBAŞI	Orta	Yok	Çok fazla	Çok fazla
BAHÇELİEVLER	Çok az	Var	Çok az	Orta
ÇUKURÇAYIR	Çok az	Yok	Çok az	Çok
GÖLHİSAR	Çok az	Var	Yok	Yok
GÜLDİKEN	Çok az	Yok	Çok az	Çok
KAYABAŞI	Çok az	Yok	Çok az	Orta
KERVANSARAY	Orta	Yok	Orta	Orta
KINDAM	Çok az	Yok	Yok	Çok az
KUŞDİLLİ	Çok az	Yok	Çok az	Orta
MEDRESE	Çok	Yok	Orta	Çok
NASUHEDEDE	Orta	Yok	Çok az	Orta
YENİCE	Çok fazla	Yok	Çok az	Çok

3.2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

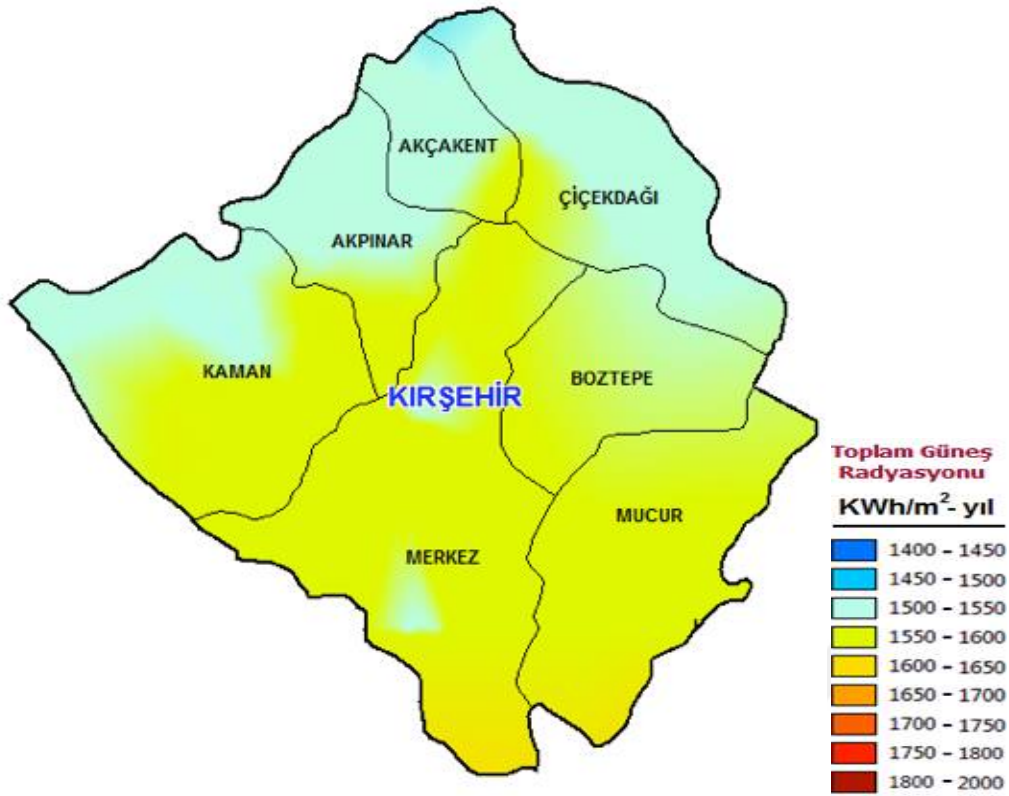
Türkiye Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Rüzgâr Enerjisi Atlas'ında Kırşehir ili rüzgâr enerjisi santrali kurulabilecek alanlar içerisinde görünmemesine rağmen, halen bu bölgede 150 MW (60 adet 2.000 kW ve 10 adet 3.000

kW türbin) kurulu güç kapasitesine sahip bir santralin inşa çalışmaları tamamlanmıştır. Bu santral yılda yaklaşık 487,5 GWh enerji üretmektedir. Bu proje göz önünde bulundurulduğunda, sadece oluşturulan rüzgâr enerjisi atlasının dikkate alınmayıp rüzgârlı bölgelerde daha gerçekçi gözlemlerin yapılması gerektiği söylenebilir [70].



Şekil 3.3. Kırşehir İli Rüzgâr Haritası [70]

Güneş enerjisinde ise Kırşehir yıllık yaklaşık 1.510 kWh/m^2 'lik güneş radyasyonu değeriyle önemli bir potansiyele sahiptir. Bu değer ilin kuzeyindeki Akçakent ilçesinde 1.490 kWh/m^2 'ye düşerken ilin güneyindeki Mucur ilçesinde 1.532 kWh/m^2 'ye kadar çıkmaktadır. Haziran, Temmuz ve mayıs ayları en fazla güneş radyasyon değerlerine ulaşıldığı aylar olurken, bu değerler aralık ve ocak aylarında oldukça azalmaktadır [70].



Şekil 3.3. Kırşehir İli Güneş Radyasyonu [70]

Kırşehir’de, Terme, Karakurt, Mahmutlu, Bulamaçlı, Savcılı, Mucur, Akpınar olmak üzere toplam 7 adet jeotermal alanı bulunmaktadır. Kırşehir il merkezindeki Terme Jeotermal Alanında 12 adet kuyu açılmış olup çıkarılan akışkan şehir ısıtması ve turizm sektöründe değerlendirilmektedir. Çiçekdağı ilçesi sınırları içerisindeki Bulamaçlı (köyü) Jeotermal alanında 2001 ve 2002 yıllarında toplamda iki adet jeotermal kuyu açılmış olup akışkan sıcaklığı 30-45°C civarındadır. Bu alandan çıkan su kaplıca amaçlı kullanılmaktadır. Mahmutlu Jeotermal alanındaki iki kuyu 2005 ve 2006 yıllarında açılmıştır. Buradan çıkan su sıcaklıkları 70-77°C civarındadır. Mucur jeotermal alanı, Mucur ilçesine 15 km uzaklıktaki Avcı köyündedir. Burada iki jeotermal kuyu açılmış olup sıcaklıkları 30°C civarındadır. Akpınar’daki jeotermal alanındaki kaynak Akpınar’a 20 km mesafedeki Aşağı Hamurlu ve Yukarı Hamurlu köyleri arasında yer almaktadır [70].

3.3. Kırşehir Yerleşim Yapılanması ve MŞMD Bölgeleri

3.3.1. Kırşehir Yerleşim Yapılanması

Kırşehir, İç Anadolu bölgesinde yer alan küçük-orta ölçekli bir ilimizdir. Batısında Ankara, Doğusunda Kayseri, doğu ve güneydoğusunda Nevşehir, güneyinde Aksaray, kuzeybatısında Kırıkkale, kuzeydoğu ve doğusunda Yozgat ile çevrilidir. Konum itibarıyla İç Anadolu Bölgesi'nin tam ortasında yer almaktadır. Batı bölgeleri doğuya bağlayan önemli karayollarından olan Ankara-Kayseri yolu Kırşehir'den geçmektedir. Bu yüzden özellikle Ankara-Kayseri arasında ana arter konumundadır. Şehir özellikle eğitim konusunda gelişme göstermiş olup endüstri açısından birkaç firma dışında büyük ölçekli üretim tesisi bulunmamaktadır.

3.3.2. Mikroşebeke Merkezi Denetleyici (MŞMD) Bölgeleri

Kırşehir merkezde bulunan 14 mahallenin her biri bir Mikroşebeke Merkezi Denetleyici (MŞMD) bölgesi olarak ele alınmış ve Tablo 3.8'de verilmektedir.

Tablo 3.8: Kırşehir mikroşebeke merkezi denetleyici bölgeleri

SAYISI	KIRŞEHİR MAHALLELER	MERKEZ	MİKROŞEBEKE MERKEZİ DENETLEYİCİ (MŞMD) BÖLGE İSMİ
1	AHİVRAN		MŞMD ₁
2	AŞIKPAŞA		MŞMD ₂
3	BAĞBAŞI		MŞMD ₃
4	BAHÇELİEVLER		MŞMD ₄
5	ÇUKURÇAYIR		MŞMD ₅
6	GÖLHİSAR		MŞMD ₆
7	GÜLDİKEN		MŞMD ₇
8	KAYABAŞI		MŞMD ₈
9	KERVANSARAY		MŞMD ₉
10	KINDAM		MŞMD ₁₀
11	KUŞDİLLİ		MŞMD ₁₁
12	MEDRESE		MŞMD ₁₂
13	NASUHEDEDE		MŞMD ₁₃
14	YENİCE		MŞMD ₁₄

3.3.3. ÇMŞ Yapılanmasında MOYD Bölgelerini Tespit Yöntemi

ÇMŞ yapılanmasında aşağıda belirtilen kriterler sırasıyla göz önüne alınacak ve Şekil 4.5'teki verildiği gibi hiyerarşik kontrol kapsamında optimum MOYD'ler oluşturulmaya çalışacaktır.

- Ortalama enerji tüketim değerleri,

Merkezi Otonom Yönetim Denetleyicilerinin ortalama enerji tüketim değerleri olabildiğince birbirine yakın olarak ele alınacaktır. Böylece, frekans ve gerilim kontrolü açısından dengeli bir yapılanmaya gidilmiş olacaktır.

- Yapı Türleri Açısından Gelişmişlik (Konut, endüstri (sanayi), ofis ve eğitim alanları açısından gelişmişliği),

Aynı tür yapılanmaya sahip MŞMD bölgeleri birlikte değerlendirilmeye çalışılacaktır.

- MŞMD'lerin konumu,

Çoklu Mikroşebeke yapılanmasında Merkezi Otonom Yönetim Denetleyicilerini tespit ederken Mikroşebeke Merkezi Denetleyici (MŞMD) bölgelerinin birbirine olabildiğince yakın olması tercih edilecektir. Böylece, hat kurulum maliyetleri, iletim hattı kayıpları vb. maliyetler minimum düzeyde olacaktır.

- Yenilenebilir enerji kaynakları, İletim türü (AC, DC, AC/DC) ve enerji depolamaya uygunluğu,

Elektrik iletim şekline göre MŞMD'lerin yapısı ve beraberinde depolama uygunluğu dikkate alınacaktır. Böylece, gereken durumlarda MŞMD'nin adalı modda da çalışıp çalışamayacağı belirlenmiş olacaktır. Sonuçta, Kırşehir ili için Şekil 3.4'te görüldüğü gibi çoklu mikroşebekelerin hiyerarşik bir şeması elde edilmiş olacaktır.



ÇMŞ'ler için Örnek Hiyerarşik Şema

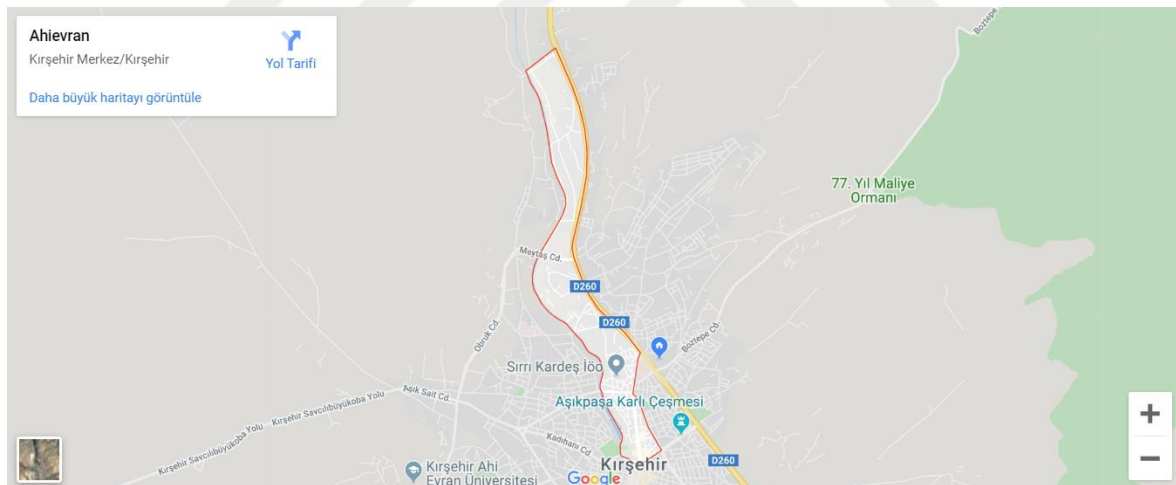
4. BULGULAR

4.1. Mikroşebeke Merkezi Denetleyici (MŞMD) Bölgeleri

14 MŞMD bölgesi ve bu bölgelere ait değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

4.1.1. MŞMD₁ Bölgesi (Ahi Evran Mahallesi)

Ahi Evran Mahallesinin sınırları Şekil 4.1’de verildiği gibidir. Kırşehir Belediyesi bu bölge içerisinde bulunmaktadır. Ayrıca Öğretmenevi, Polisevi, iki adet düğün salonu, bir özel hastane ve sinema vardır. Enerji tüketimi açısından bölgeler içerisinde ikinci sırada, nüfus yoğunluğu açısından altıncı sırada bulunmaktadır. Konut sayısı açısından orta yoğunlukta olan bölgede, endüstriyel alan ya da sanayi tesis bulunmamaktadır. Özellikle Ankara Caddesi üzerinde çok sayıda ofis binası ve işyerleri bulunmaktadır. Eğitim kurumları açısından ise bölge orta yoğunlukta olarak değerlendirilebilir. Bölge, 2 adet düğün salonu bulunması, Kılıçözü çayı tarafında yapılaşmanın olmaması nedeniyle enerji depolamaya uygundur.

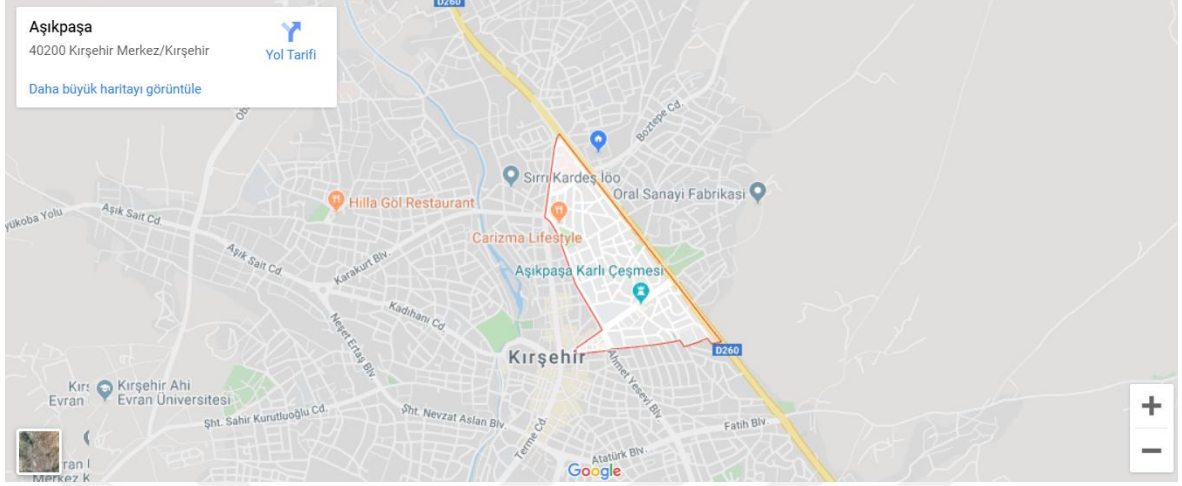


Şekil 4.1. MŞMD₁ Bölgesi (Ahi Evran Mahallesi) [71] [72]

4.1.2. MŞMD₂ Bölgesi (Aşıkpaşa Mahallesi)

Aşıkpaşa Mahallesinin sınırları Şekil 4.2’deki gibidir. Bölge içerisindeki önemli devlet kurumları Kırşehir adliyesi, Diş Hastanesi, Cacabey Ortaokulu ve Cumhuriyet İlkokulu’dur. Enerji tüketimi açısından bölgeler içerisinde 4. sırada, nüfus yoğunluğu açısından 3. sıradadır. Konut sayısı açısından orta yoğunlukta olan bölgede, endüstriyel

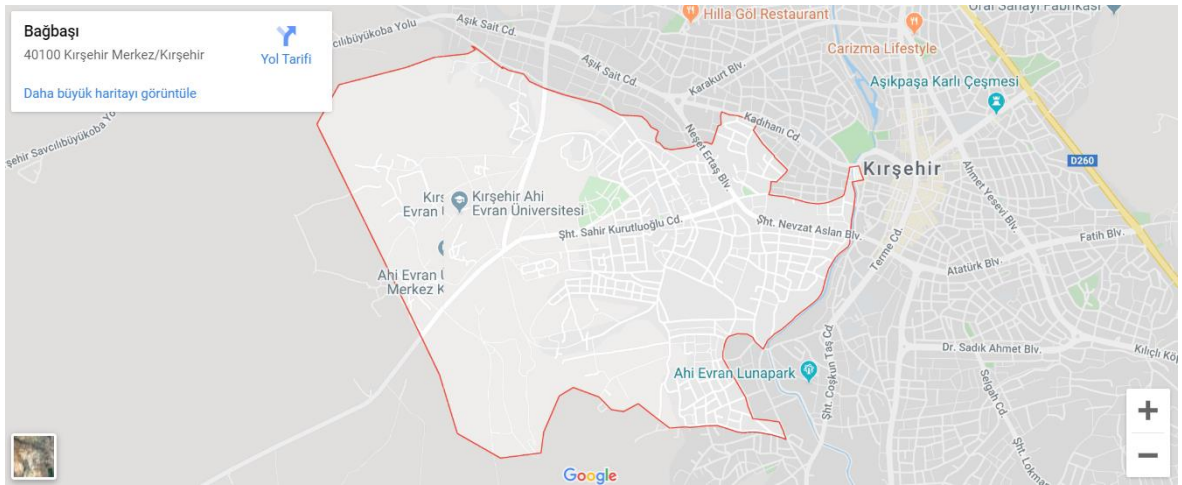
alan ya da sanayi tesis bulunmamaktadır. Bu bölgede ofis binası ve işyerleri açısından azınlıktadır. Eğitim kurumları açısından ise bölge çok yoğundur.



Şekil 4.2. MŞMD₂ Bölgesi (Aşıkpaşa Mahallesi) [71] [72]

4.1.3. MŞMD₃ Bölgesi (Bağbaşı Mahallesi)

Bağbaşı Mahallesinin sınırları Şekil 4.3'teki gibidir. Buradaki önemli yerler, Kırşehir E Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumu, Bağbaşı Mezarlığı, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi ve birçok eğitim kurumları vardır. Enerji tüketimi açısından bölgeler içerisinde yedinci sırada, nüfus yoğunluğu açısından dördüncü sıradadır. Konut sayısı açısından orta yoğunlukta olan bölgede, endüstriyel alan ya da sanayi tesis bulunmamaktadır. Bu bölgede ofis binası (iş yerleri) ve eğitim kurumları açısından çok fazla yoğunluktadır.



Şekil 4.3. MŞMD₃ Bölgesi (Bağbaşı Mahallesi) [71] [72]

4.1.4. MŞMD₄ Bölgesi (Bahçelievler Mahallesi)

Bahçelievler Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.4'teki gibidir. Bölgede konut yapılanması çok yoğun olmamasına rağmen Kırşehir Oto Sanayi Sitesi bu bölgede bulunmaktadır. Bölge elektrik tüketimi ve nüfus açısından 9. Sırada bulunmaktadır. Ayrıca, bölgede bir düğün salonu, eğitim kurumları olarak Kırşehir Koleji ve birkaç ilköğretim kurumu vardır.



Şekil 4.4. MŞMD₄ Bölgesi (Bahçelievler Mahallesi) [71] [72]

4.1.5. MŞMD₅ Bölgesi (Çukurçayır Mahallesi)

Çukurçayır Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.5'te görüldüğü gibidir. Bölge elektrik tüketim değerleri ve nüfus yoğunluğu açısından 13. sıradadır. Bölgede Fen Lisesi, Anadolu Öğretmen Lisesi, İlkokul ve Çocuk bakım merkezi bulunmaktadır. Bu açıdan bölge eğitim kurumları bakımından zengindir. Konut açısından tek katlı bahçeli müstakil evler yoğunluktadır. Özellikle Hirfanlı, Aksaray yolunun bölgenin içerisinden geçiyor olması ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesine yakın olması nedenlerinden dolayı ilerleyen dönemlerde gelişeceği düşünülmektedir.



Şekil 4.5. MŞMD₅ Bölgesi (Çukurçayır Mahallesi) [71] [72]

4.1.6. MŞMD₆ Bölgesi (Göhlisar Mahallesi)

Göhlisar Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.6'da görüldüğü gibidir. Bölge elektrik tüketim değerleri ve nüfus yoğunluğu açısından 14. sıradadır. Konut çok az olup, ofis ve eğitim binaları bulunmamaktadır. Bölgede sanayi ve endüstri olarak Kırşehir'de ve Türkiye'de önemli miktarda üretime sahip olan Petlas Lastik Fabrikası bulunmaktadır.



Şekil 4.6. MŞMD₆ Bölgesi (Göhlisar Mahallesi) [71] [72]

4.1.7. MŞMD₇ Bölgesi (Güldiken Mahallesi)

Güldiken Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.7'de görüldüğü gibidir. Bölge Kırşehir'i Aksaray'a bağlayan iki ana arterden birisi olan Ortaköy Caddesi boyunca uzanmaktadır. Bu bölgede önemli yerler olarak Kırşehir Şeker Fabrikası, Güzler Piknik Alanı ve Evcil Hayvan Parkı, Özel Sevgi Kız Öğrenci Yurdu ve birçok eğitim kurumu bulunmaktadır. Elektrik tüketim

değerleri açısından 10. sırada iken, nüfus yoğunluğu açısından 8. sıradadır. Bölgede konut sayısı ve ofis alanları (resmi bina/otel) çok azdır. Sanayi (endüstri) yapılanması yoktur. Eğitim kurumları açısından ise çoğunluktadır.



Şekil 4.7. MŞMD₇ Bölgesi (Güldiken Mahallesi) [71] [72]

4.1.8. MŞMD₈ Bölgesi (Kayabaşı Mahallesi)

Kayabaşı Mahallesinin sınırları Şekil 4.8’de görüldüğü gibidir. Elektrik tüketim değerleri açısından 11. sırada iken, nüfus yoğunluğu açısından 10. sıradadır. Ağalar Konağı buradaki önemli yerler olarak bulunmaktadır. Konut sayısı ve ofis ya da resmi binalar açısından çok az olup, sanayileşme hiç bulunmamaktadır. Eğitim Kurumları açısından ortalara derecelidir.



Şekil 4.8. MŞMD₈ Bölgesi (Kayabaşı Mahallesi) [71] [72]

4.1.9. MŞMD₉ Bölgesi (Kervansaray Mahallesi)

Kervansaray Mahallesinin sınırları Şekil 4.9’de görüldüğü gibidir. Elektrik tüketim değerleri ve nüfus yoğunluğu açısından 5. sıradadır. Oral Sanayi Fabrikası buradaki en önemli yerdir. Ahi Evran Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi ve birkaç eğitim kurumu burada bulunmaktadır. Ayrıca Oral Sanayi Fabrikası burada olduğu için sanayi açısından çok önemli bir konumdadır. Konut sayısı ve ofis (resmi bina/iş hanı) sayısı açısından orta düzeydedir.



Şekil 4.9. MŞMD₉ Bölgesi (Kervansaray Mahallesi) [71] [72]

4.1.10. MŞMD₁₀ Bölgesi (Kındam Mahallesi)

Kındam Mahallesinin sınırları Şekil 4.10’de görüldüğü gibidir. Elektrik tüketim değerleri açısından 8. sırada iken, nüfus yoğunluğu açısından 12. sıradadır. Konut sayısı ve eğitim kurumları çok azdır. Bu bölgede sanayi ve resmi binalar (işhanı/otel) hiç bulunmamaktadır.



Şekil 4.10. MŞMD₁₀ Bölgesi (Kındam Mahallesi) [71] [72]

4.1.11. MŞMD₁₁ Bölgesi (Kuşdilli Mahallesi)

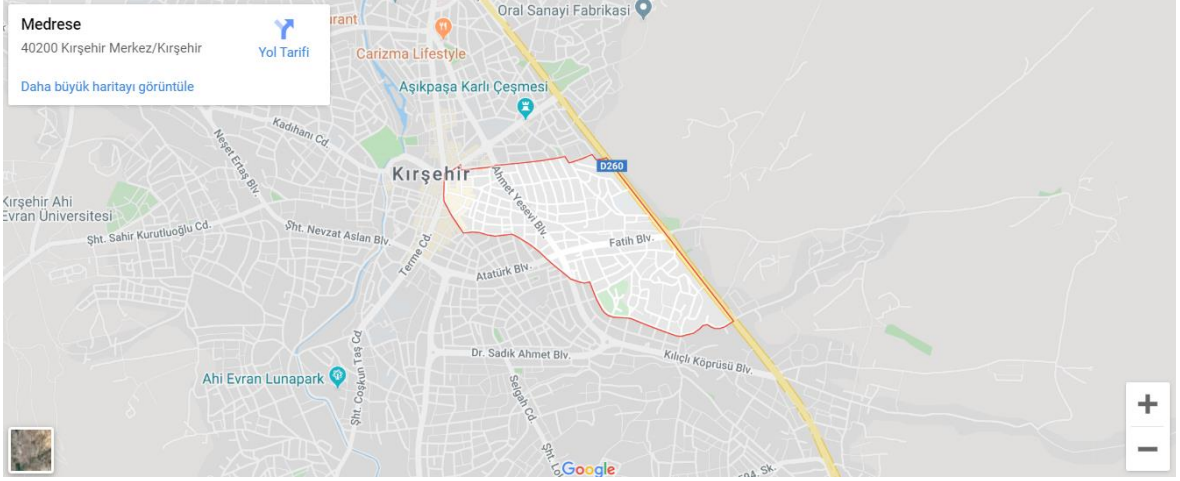
Kuşdilli Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.11'de görüldüğü gibidir. Bu bölgedeki önemli yerler; Terme Kaplıcası, Grand Terme Hotel, Hızırağa Mezarlığı, Ahi Evran Lunaparkı ve Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi'dir. Elektrik tüketim değerleri açısından 6. sırada iken, nüfus yoğunluğu açısından 11. sıradadır. Konut ve resmi binaların (işhanı/otel) sayısı çok azdır. Bu bölgede sanayileşme hiç yoktur. Eğitim kurumları orta derecededir.



Şekil 4.11. MŞMD₁₁ Bölgesi (Kuşdilli Mahallesi) [71] [72]

4.1.12. MŞMD₁₂ Bölgesi (Medrese Mahallesi)

Medrese Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.12'de görüldüğü gibidir. Bu bölgede en önemli yerler; Hacı Fatma Erdemir Anadolu Lisesi, Cacabey Medresesi ve Kümbet Altı Mezarlığı gibi yerlerdir. Elektrik tüketim değerleri açısından 3. sırada iken, nüfus yoğunluğu açısından 2. sıradadır. Bu bölgede konut sayısı ve eğitim kurumları çok fazladır. Ayrıca bölgede hiç sanayileşme yoktur. Resmi binaların (işhanı/otel) sayısı ise orta derecelidir.



Şekil 4.12. MŞMD₁₂ Bölgesi (Medrese Mahallesi) [71] [72]

4.1.13. MŞMD₁₃ Bölgesi (Nasuhdede Mahallesi)

Nasuhdede Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.13'te görüldüğü gibidir. Bu bölgede en önemli yerler; Kırşehir Huzurevi ve Era-mar Mermer Sanayi'dir. Elektrik tüketim değerleri açısından 12. sırada iken, nüfus yoğunluğu açısından 7. sıradadır. Bu bölgede konut sayısı ve eğitim kurumları orta derecelidir. Ayrıca bölgede hiç sanayileşme yoktur. Resmi binaların (işhanı/otel) sayısı ise çok azdır.



Şekil 4.13. MŞMD₁₃ Bölgesi (Nasuhdede Mahallesi) [71] [72]

4.1.14. MŞMD₁₄ Bölgesi (Yenice Mahallesi)

Yenice Mahallesi'nin sınırları Şekil 4.14'te görüldüğü gibidir. Bu bölgede en önemli; Hacıbey Konağı, Neşet Ertaş Müzesi, Basın Anıtı, Zernişan Vakkas Yaşar İlköğretim

Okulu, Kırşehir Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi gibi yerler bulunmaktadır. Elektrik tüketim değerleri ve nüfus yoğunluğu açısından 1. sıradadır. Bu bölgede konut sayısı çok fazladır. Bu bölgede hiç sanayileşme yoktur. Eğitim kurumları sayısı çok iken resmi binaların (işhanı/otel) sayısı çok az sayıdadır.



Şekil 4.14. MŞMD₁₄ Bölgesi (Yenice Mahallesi) [71] [72]

4.2. Kırşehir ÇMŞ Yapılanması ve MOYD Bölgelerinin Belirlenmesi

4.2.1. Ortalama Enerji Tüketim Değerleri

Hem MŞMD₁₀ bölgesinin tüketim değeri hem de kontrol edilebilirlik açısından 4 ya da 5 MOYD bölgesinin oluşturulması uygun görülmüştür. MŞMD bölgelerinin herbirinin tüketim değerlerine bakıldığında ortalama günlük tüketim değeri 3,899 kWh'tir. Toplam günlük tüketim değeri ise 54,581 kWh olmaktadır. MOYD bölgeleri oluşturulurken her bir bölgenin tüketim değerlerinin birbirine en yakın olmasına çalışılmıştır. 5 MOYD bölgesi oluşturulmak istendiğinde ortalama günlük tüketim 10,916 kWh'tir. Buna göre MŞMD₁₀ bölgesi olan Kındam Mahallesi tek bir MOYD olarak düşünülürse bu durumda en uygun kombinasyon Tablo 4.1'deki gibi elde edilmektedir.

Tablo 4.1: 5 MOYD bölgesi için ortalama enerji tüketim değerlerine göre optimum MŞMD dağılımı

MOYD BÖLGELERİ	MİKROŞEBEKE MERKEZİ DENETLEYİCİ (MŞMD) BÖLGELERİ
MOYD ₁	MŞMD ₁₀
MOYD ₂	MŞMD ₁ , MŞMD ₂
MOYD ₃	MŞMD ₁₂ , MŞMD ₁₄ , MŞMD ₄ , MŞMD ₆
MOYD ₄	MŞMD ₃ , MŞMD ₈ , MŞMD ₁₁
MOYD ₅	MŞMD ₅ , MŞMD ₁₃ , MŞMD ₉ , MŞMD ₇

4 MOYD bölgesi oluşturulmak istendiğinde ortalama günlük tüketim ise 13,61 kWh olmaktadır. Bu durumda, Tablo 4.2 elde edilmektedir. Diğer bir kombinasyon ise Tablo 4.3'te görüldüğü gibidir.

Tablo 4.2. 4 MOYD bölgesi için ortalama enerji tüketim değerlerine göre optimum MŞMD dağılımı

MOYD BÖLGELERİ	MİKROŞEBEKE MERKEZİ DENETLEYİCİ (MŞMD) BÖLGELERİ
MOYD ₁	MŞMD ₁ , MŞMD ₂ , MŞMD ₈
MOYD ₂	MŞMD ₁₀ , MŞMD ₁₂
MOYD ₃	MŞMD ₃ , MŞMD ₄ , MŞMD ₅ , MŞMD ₆ , MŞMD ₉
MOYD ₄	MŞMD ₇ , MŞMD ₁₁ , MŞMD ₁₃ , MŞMD ₁₄

Tablo 4.3: 4 MOYD bölgesi için ortalama enerji tüketim değerlerine göre diğer bir optimum MŞMD dağılımı

MOYD BÖLGELERİ	MİKROŞEBEKE MERKEZİ DENETLEYİCİ (MŞMD) BÖLGELERİ
ÇMŞ1 (MOYD1)	MŞMD ₆ , MŞMD ₄ , MŞMD ₇ , MŞMD ₁₄
ÇMŞ2 (MOYD2)	MŞMD ₁₀ , MŞMD ₉
ÇMŞ3 (MOYD3)	MŞMD ₁ , MŞMD ₂ , MŞMD ₁₂
ÇMŞ4 (MOYD4)	MŞMD ₁₃ , MŞMD ₅ , MŞMD ₁₁ , MŞMD ₈ , MŞMD ₃

4.2.2. Yapı Türleri Açısından Gelişmişlik

Çalışmada kullanılan bölgeler ayrıca konut, endüstriyel, ofis, eğitim olmak üzere yapı türlerine göre değerlendirilmiştir.

4.2.2.1. Konut Alanları

MŞMD₁ bölgesi olarak adlandırılan Ahi Evran Mahallesi, konut sayısı açısından orta yoğunluktadır. MŞMD₂ bölgesi olarak adlandırılan Aşıkpaşa Mahallesi, konut sayısı açısından orta yoğunluktadır. MŞMD₃ bölgesi olarak adlandırılan Bağbaşı Mahallesi, konut sayısı açısından orta yoğunlukta olup resmi bina ve müstakil ev sayısı en yüksek olan bölgelerdendir. MŞMD₄ bölgesi olarak adlandırılan Bahçelievler Mahallesinde, konut yapılandırması çok azdır. MŞMD₅ bölgesi olarak adlandırılan Çukurçayır Mahallesinde, konut sayısı çok az olmasına rağmen tek katlı bahçeli müstakil evler yoğunluktadır. MŞMD₆ bölgesi olarak adlandırılan Gölhisar Mahallesinde konut sayısı çok azdır. MŞMD₇ bölgesi olarak adlandırılan Güldiken Mahallesinde konut sayısı azınlıktadır ve ofis alanları (resmi bina/otel) yok denecek kadar azdır. Bu bölgede müstakil ev sayısı orta yoğunluktadır. MŞMD₈ bölgesi olarak adlandırılan Kayabaşı Mahallesinde ise konut sayısı azdır. MŞMD₉ bölgesi olarak adlandırılan Kervansaray Mahallesi, konut sayısı açısından orta yoğunlukta olup müstakil ev sayısı en yoğun olan mahalledir. Resmi bina sayısı ise orta yoğunluktadır. MŞMD₁₀ bölgesi olarak adlandırılan Kındam Mahallesi, konut sayısı açısından çok azdır ve ofis binası hiç yoktur. MŞMD₁₁ bölgesi olarak adlandırılan Kuşdilli Mahallesinde, konut ve resmi binaların (işhanı/otel) sayısı çok azdır. MŞMD₁₂ bölgesi olarak adlandırılan Medrese Mahallesi, konut ve resmi binaların sayısı fazladır. MŞMD₁₃ bölgesi olarak adlandırılan Nasuhdede Mahallesinde, konut sayısı ortalama yoğunluktadır ve ofis sayısı yok denecek kadar azdır. MŞMD₁₄ bölgesi olarak adlandırılan Yenice Mahallesi, bina sayısı olarak en yoğun olan bölgedir ve yine hatırı sayılır sayıda müstakil ev bulunur.

4.2.2.2. Endüstriyel Alanlar

MŞMD bölgelerine bakıldığında endüstriyel alanların neredeyse tamamının MŞMD₄ ve MŞMD₆ bölgelerinde bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle bu iki bölge arasında iletim ve depolama özellikleri açısından koordinasyon sağlanmalıdır. Diğer bölgelerde bulunan küçük orta ölçekli üretim tesisleri bu iki bölgeye kaydırılabilir. Ayrıca, son dönemde

MŞMD₁₀ bölgesinde küçük üretim tesisleri (mantar üretimi vb.) kurulmaya başlanmıştır. Bu tesislerde, MŞMD₆ bölgesine alınabilir ya da HVDC-OG hattı ile MŞMD₄ ve MŞMD₆ bölgeleri arasında bağlantı sağlanabilir. Böylece, ilerleyen dönemlerde yeni endüstriyel tesisler için uygun alanlar açılmış olacaktır. MŞMD₄, MŞMD₆ ve MŞMD₁₀ bölgelerini kapsayan hat boyunca HVDC hattı kurulması enerji iletiminde ve planlamasında bu bölgelerde yoğun yapılaşma olmaması nedeniyle tesis kurulumu açısından da kolaylık sağlayacaktır. Ayrıca iletim açısından da tasarruf sağlanmış olacaktır. MŞMD₄ bölgesi, Kırşehir'in Aksaray- Ortaköy'e açılan kısmı ve Kayseri tarafıdır. Organize sanayi ve oto sanayi bu bölgede bulunmaktadır. Bu nedenle sanayi merkezinin genişleyeceği de göz önüne alınarak yeni yapılanmalar buna göre düzenlenmelidir. Alt kısımda bulunan TOKİ ile üst sanayi bölgesi arası planlamaya uygundur.

4.2.2.3. Ofis Alanları

MŞMD₁ bölgesi olarak adlandırılan Ahi Evran Mahallesi, ofis binası sayısı oldukça fazladır. Özellikle Ankara Caddesi üzerinde çok sayıda ofis binası ve işyerleri bulunmaktadır. MŞMD₂ bölgesi olarak adlandırılan Aşıkpaşa Mahallesi, ofis binası sayısı yok denecek kadar azdır. MŞMD₃ bölgesi olarak adlandırılan Bağbaşı Mahallesi Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi ve TOKİ konutlarının da etkisi ile ofis binalarının artacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, MŞMD₃ bölgesinde ofis yapılanmasını arttırarak MŞMD₈ bölgesini de bu yapılanmaya dahil edip bu bölgelerde (MŞMD₁, MŞMD₃, MŞMD₈, MŞMD₁₂) yoğunlaşılması enerji dağıtımı açısından uygun görünmektedir.

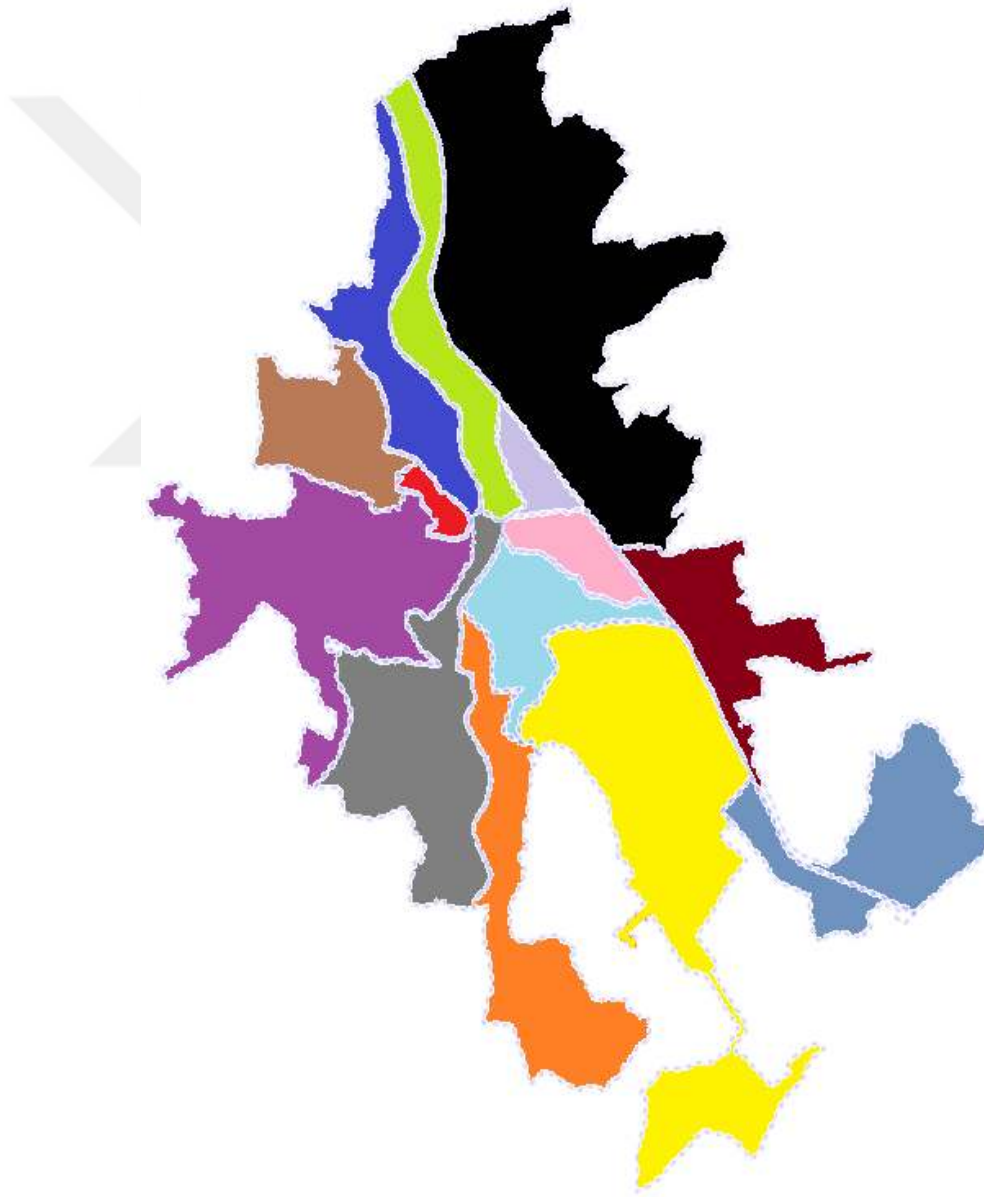
4.2.2.4. Eğitim Alanları

MŞMD bölgeleri eğitim alanları açısından değerlendirildiğinde oldukça dağınık bir yapıda olduğu görülmektedir. Büyük ölçekli eğitim kurumları başta MŞMD₃ bölgesi olmak üzere MŞMD₅ ve MŞMD₄ ve MŞMD₆ bölgelerinde bulunmaktadır. Ayrıca MŞMD₁ ve MŞMD₁₂ bölgelerinde de azımsanmayacak derecede eğitim yapılanması mevcuttur. Bu durum ise taşıma maliyetlerinin yanı sıra elektrik enerjisi yapılanması ve optimizasyonu açısından da zorluklar getirmektedir. Ancak, çoklu Mikroşebeke yapılanması açısından en büyük avantaj olarak MŞMD₃, MŞMD₅ ve MŞMD₄ ve MŞMD₆ eğitim kurumlarının dağınık bölgelere yakın kurulması ve gelecekte depolama açısından avantajlı olabilecekleridir. Özellikle MŞMD₁, MŞMD₁₂ ve MŞMD₁₄ bölgelerinin ve MŞMD₇ bölgesinde bulunan Kırşehir Ahi Evran Üniversitesine ait Cacabey Yerleşkesinin de bu bölgelerle

birleştirilmesi 6nemlidir. Kırşehirde 6zellikle eēitim kurumları aēısından daha fazla daēılmayan bir yapılanmanın oluşturulması ve depolama alanlarının olduēu b6lgelere yeni eēitim yapılarının entegre edilmesi 6oklu mikroşebeke aēısından 6nemli olacaktır.

4.2.3. MşMD'lerin Konumu

Kırşehir merkezinde bulunan 14 MşMD'ye bakıldığında 6ok sayıda ihtimalin olduēu bir gerçektir. Ancak, 6Mş'yı oluşturan diēer etkenlerin yanı sıra şekil 4.15'te Kayseri-Ankara ana yolu ve MşMD'lerin yakınlıēı da g6z 6n6ne alınarak oluşturulan yapılanma MOYD'lerin oluşturulması iēin 6nerilmektedir.



şekil 4.15. Kırşehir Merkez iēin MşMD B6lgeleri

4.2.4. Yenilenebilir Enerji, İletim Türü ve Enerji Depolamaya Uygunluk

4.2.4.1. Yenilenebilir Enerji

Kırşehir merkezi yenilenebilir enerji açısından çevresinin dağlarla çevrili olması ile avantajlı konumdadır. Bu bölgelere hem rüzgâr enerjisi hem de güneş enerjisi kurulumları yapılabilir. Nitekim MŞMD₉ bölgesinde güneş enerjisi kurulumları önceki dönemlerde yapılmıştır. Rüzgâr enerjisi açısından MŞMD₃, MŞMD₆, MŞMD₉, MŞMD₁₀ bölgeleri avantajlı konumdadırlar. Jeotermal enerji Kırşehir’de konut ısıtma ve sağlık amaçlı kullanılıyor olmasına rağmen enerji üretiminde istenilen ısıda olmamasından kaynaklı kullanılamamaktadır. Ancak gelecekte hibrit teknolojiler ile su sıcaklıklarının enerji üretilbilir seviyelere gelmesi ile bu enerji türünden de faydalanılabilir.

4.2.4.2. İletim Türü (AC, DC, AC/DC) ve Enerji Depolamaya Uygunluk

Son yıllarda özellikle gerilim düşümü nedeniyle çok uzun olmayan iletim hatlarında HVDC iletim yapılması gündemdedir. İletim türü açısından MŞMD₆, MŞMD₄ bölgeleri sanayi bölgeleri olmaları nedeniyle YG’li AC iletimde ön plandadırlar. Bu bölgelere MŞMD₁₀ bölgesi entegre edilebilir. DC iletim açısından iç MŞMD bölgelerinde düğün ve spor salonları, AVM’ler değerlendirilmelidir.

MŞMD₁ bölgesinde bulunan düğün salonları, depolama açısından kullanılabilir. MŞMD₉ bölgesinde kuzeyde bulunan güneş santraline ek olarak Kuzey ve Batı bölümlerinde bulunan dağlık kısım rüzgâr türbin kurulumu açısından elverişlidir. Buradan elde edilecek enerji düğün salonunda depo edilebilir. Konutların çoğunda garaj bulunması depolama ve elektrikli araç şarj altyapısının kurulumu açısından uygun ortam oluşturmaktadır. MŞMD₂ bölgesi ise rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine uygun değildir. Fotovoltaik ilkeyle çalışan güneş panelleri olarak çatı üstü kurulumlar için uygundur. Ayrıca iç kısımlarda jeotermal enerji ile ısınma sağlanmakta olup jeotermal enerji kullanımı daha da yaygınlaştırılmalıdır. Binalar eski olup bu bölgede kentsel dönüşüm esnasında yeni yapılar garajlı ve enerji depolamaya uygun nitelikte düşünülmelidir. Bölgenin kuzey kısmı güneş santrali kurulumu açısından elverişlidir. MŞMD₁ bölgesine göre yükseltinin azalıyor olmasından dolayı rüzgâr enerjisi açısından değerlendirme yapılması gerekmektedir. Yine bu kısımda yapılaşma fazla olmadığından depolama seçenekleri değerlendirilebilir. MŞMD₃ bölgesinin üst kısmı eğitim alanları açısından yoğun bir bölgedir. Bu nedenle

özellikle eğitim alanları yine depolama alanı olarak değerlendirilebilir. MŞMD₃ bölgesinin kuzey kısmı orman alanı da olmasından dolayı güneş ve rüzgâr enerjisi santrali kurulumu açısından elverişli değildir. MŞMD₃ bölgesinin Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi kısmında halihazırda sulamada güneş enerjisinden faydalanılmakta olup bu potansiyel geliştirilebilir. Bu bölge, yükselti ve kaba rüzgâr hızları rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi açısından uygundur. Elde edilecek enerji ilk olarak kampüs bina ve çevre aydınlatmalarında kullanılabilir. Enerji depolanması açısından da uygun ve yeterli yapılanma mevcuttur. Bu nedenle adalı çalışmaya da uygundur. Üniversite bölgesine oldukça yakın olan TOKİ yerleşimlerinde enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji ile hem üniversite bölgesinden hem de çatı üstü fotovoltaik ilkeyle çalışan güneş panelleri ile karşılanabilir. MŞMD₉ bölgesinde, Güneş enerjisi açısından uygun rüzgâr enerjisi açısından uygun değildir şu anda da güneş enerjisinden faydalanan birkaç tesis bulunmaktadır. Hirfanlı tarafından gelen YG hattı doğrudan bu bölge ile bağlanabilir. Ayrıca yakın çevrede bulunan araziler kullanılarak güneş enerjisi potansiyeli geliştirilebilir. MŞMD₃, MŞMD₅, MŞMD₆, MŞMD₉ bölgeleri gelecekte özellikle uzun mesafe şarj ihtiyacının karşılanması açısından en uygun olan bölgelerdir.

Görüldüğü üzere her bir MŞMD bölgesinin kendine özgü belli özellikleri bulunmaktadır. 14 MŞMD bölgesinin yenilenebilir enerji, iletim türü, enerji depolama ve adalı/adasız çalışma açısından durumları Tablo 4.4’de özetlenmiştir.

Tablo 4.4: Kırşehir MŞMD Bölgelerinin Yenilenebilir Enerjiye Uygunluk ve Depolama Alanları Adalı/Adasız Çalışabilme Durumu Açılarından Değerlendirilmesi

KIRŞEHİR MERKEZ MAHALLELER	Yenilenebilir Enerjiye Uygunluk	İletim Türü	Depolama Alanı	Adalı/Adasız Çalışabilme Durumu
MŞMD ₁	Güneş (Çatı tipi)	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₂	Güneş (Çatı tipi)	AA	Uygun Değil	Adasız
MŞMD ₃	Rüzgar+Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi)+Jeotermal	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₄	Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi)	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₅	Rüzgar+Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi)	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₆	Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi)	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₇	Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi)	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₈	Güneş (Çatı Tipi) +Jeotermal	AA	Uygun Değil	Adasız
MŞMD ₉	Rüzgar+Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi) +Jeotermal	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₁₀	Rüzgar+Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi) +Jeotermal	AA/DA	Uygun	Adalı/Adasız
MŞMD ₁₁	Güneş (Çatı Tipi) +Jeotermal	AA	Uygun Değil	Adasız
MŞMD ₁₂	Güneş (Çatı Tipi) +Jeotermal	AA	Uygun Değil	Adasız
MŞMD ₁₃	Rüzgar+Güneş Tarlası+Güneş (Çatı Tipi) +Jeotermal	AA	Uygun Değil	Adasız
MŞMD ₁₄	Güneş (Çatı Tipi) +Jeotermal	AA	Uygun Değil	Adasız

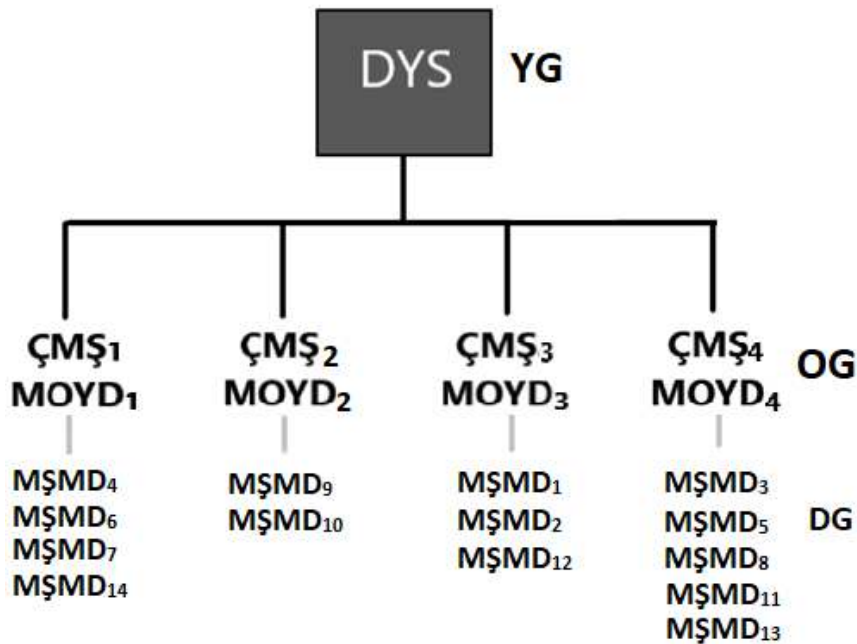
4.3. Kırşehir ÇMŞ Bölge Matrisinin Oluşturulması ve Toplu Değerlendirme

Yapılan değerlendirmeler neticesinde 14 adet MŞMD oluşturulan Kırşehir ili için 4 adet MOYD- Çoklu Mikroşebeke (ÇMŞ) yapılanmasının olması önerilmektedir.

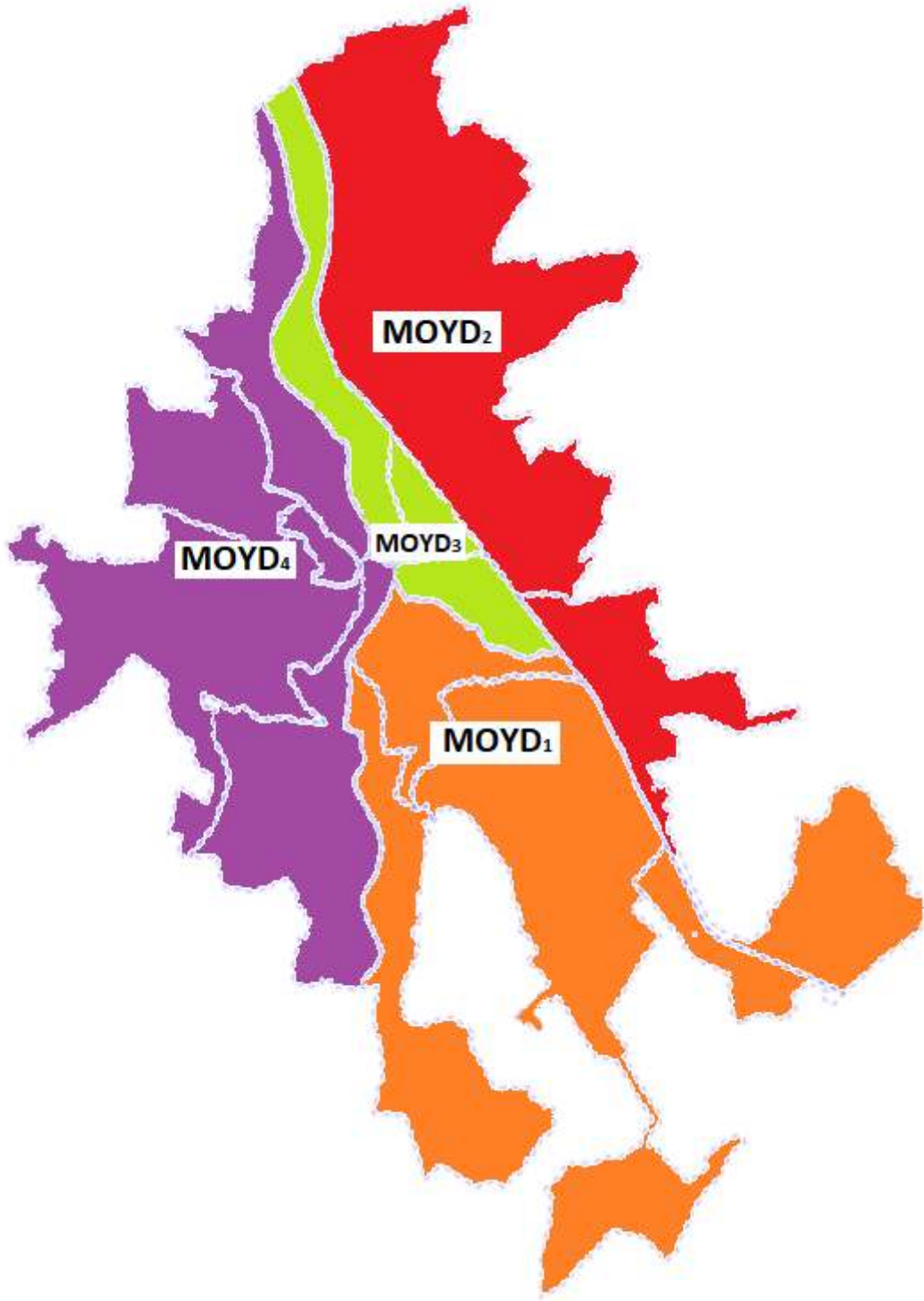
4 ÇMŞ bölgesi için, MŞMD'lerin ortalama enerji tüketim değerleri, yapı türleri açısından gelişmişlik, MŞMD'lerin konumu, yenilenebilir enerji kaynakları, iletim türü (AC, DC, AC/DC) ve enerji depolamaya uygunluğu açılarından ÇMŞ'lerin Tablo 4.2'de verilen ÇMŞ matrisinde belirtilen MŞMD'lerden oluşması gerektiği tespit edilmiştir. Kırşehir ili değerlendirilmiş ve tek bir matriste Tablo 4.5'teki gibi birleştirilmiştir. Ayrıca, MOYD'lere ait ÇMŞ hiyerarşik şeması Şekil 4.16'da, ÇMŞ haritası ise Şekil 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4. 5: Kırşehir Merkez İçin Önerilen ÇMŞ Matrisi

ÇMŞ _x (MOYD _x)	MŞMD Bölgeleri
ÇMŞ1 (MOYD1)	MŞMD ₄ , MŞMD ₆ , MŞMD ₇ , MŞMD ₁₄
ÇMŞ2 (MOYD2)	MŞMD ₉ , MŞMD ₁₀ ,
ÇMŞ3 (MOYD3)	MŞMD ₁ , MŞMD ₂ , MŞMD ₁₂
ÇMŞ4 (MOYD4)	MŞMD ₃ , MŞMD ₅ , MŞMD ₈ , MŞMD ₁₁ , MŞMD ₁₃



Şekil 4.16. Kırşehir Merkez için Önerilen ÇMŞ Hiyerarşik Şeması



Şekil 4.17. Kırşehir Merkez için Önerilen ÇMŞ Haritası

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Son yıllarda, enerji ihtiyacının artması, enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimi, depolama teknolojilerindeki ilerlemeler ve enerjinin yerinde üretilip yerinde tüketilmesi ile elde edilebilecek enerji tasarrufu ve verimliliği elektrik enerjisinin dağıtım topolojisini önemli ölçüde değiştirmiştir. Bu değişimler neticesinde şehirler de elektrik enerjisi yapılanması açısından yeniden planlanmak ve gelecek senaryolarını bu değişimlere göre düzenlemek zorundadırlar. Bu ise ancak geleneksel enterkonnekte şebeke yapılanmasından çoklu mikroşebeke yapılanmasına geçiş yapılarak gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, Türkiye'nin ortasında bulunan nüfus ve gelişmişlik özellikleri açısından orta ölçekli bir il olan Kırşehir ili için çoklu mikroşebeke yapılanması ortaya konulmuştur. ÇMŞ yapılanması belirlenirken ortalama enerji tüketimleri, yapıların gelişmişliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu, depolama bölgeleri, iletim özellikleri temel parametreler olarak alınmıştır. Sonuçta 4 bölgeden oluşan bir ÇMŞ yapılanması elde edilmiştir. Böylece, Kırşehir ili için olması günümüz koşulları için olması gereken ÇMŞ yapılanması elde edilmiştir.

ÇMŞ'ye geçiş yalnızca elektrik ve enerji sektöründe bulunan bakanlık, planlama kurumları, yerel dağıtım şirketleri ve akademik çalışmalarla yapılmaya çalışılmakla birlikte bu noktada, yerel yönetimler ve şehir planlama bölümlerinin de sürece dahil olması süreci geliştirecektir. Çalışma Kırşehir ili ölçeğinde diğer birçok il için de model oluşturacak niteliktedir. Verimli bir şebeke yapılanmasının ülke genelinde yaygınlaştırılması için başta benzer ölçekli şehirler olmak üzere diğer şehirler için de ÇMŞ çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Farklı enerji kaynakları ve gelişen depolama teknolojilerinin değişimi ÇMŞ yapılanmasına dahil edilmeli ve bu konuda akademik ve uygulama temelli çalışmalar sürdürülmelidir.

KAYNAKÇA

- [1] Türkay, B., Dağıtılmış Enerji Kaynakları İçeren Şebeke Tasarım Önerisi. EMO İzmir Şubesi, İzmir, 2009.
- [2] Ramakumar, R., Role of Distributed Generation in Reinforcing the Critical Electric Power Infrastructure. IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 1: 139, 2001.
- [3] Fedorov, F., Microgrids and Their Operations. Lappeenranta University Of Technology, Lappeenranta, 2007.
- [4] Zamora, R., Srivastava, K.A., Controls for microgrids with storage: Review, challenges, and research needs, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(7), 2010, 2009-2018, 2010.
- [5] Ng, J.E., El-Shatshat, R., Multi-Microgrid Control Systems (MMCS). IEEE PES General Meeting, 2010.
- [6] Digra, R. K., Pandey, R. K., Multi-Agent Control Coordination of Microgrid. 2013 Students Conference on Engineering and Systems (SCES), 1–5, 2013.
- [7] Burugu, S., Bhuvaneswari, S., Control of Microgrid- A review, International Conference on Advances in Green Energy. 18-25, 17-18 December 2014.
- [8] Meng, L., Savaghebi, M., Andrade, F., Vasquez, J. C., Guerrero, J. M., Microgrid Central Controller Development and Hierarchical Control Implementation in the Intelligent MicroGrid Lab of Aalborg University. Department of Energy Technology Aalborg University, Proc. IEEE Appl. Power Electron. Conf. Expo. (APEC), 2585-2592, March 2015.
- [9] Khan, A.A., Naeem, M., Iqbal, M., Qaisar, S., A compendium of optimization objectives, constraints, tools and algorithms for energy management in microgrids, Renew. and Sust. Energy Reviews, 58, 1664-1683, 2016.
- [10] Sahoo, S.K., Kishore, N.K., Coordinated Control And Operation of A Multimicrogrid System. 2017 7th Int. Conf. on Power Syst. (ICPS), Pune, India, 283–288, 2017.

- [11] Sumper, A., Bullich-Massagué, E., Díaz-González, F., Aragüés-Peñalba, M., Giraub-Llistuella, F., Olivella-Rosell, P., Microgrid Clustering Architectures. *Applied Energy*, 212: 340-361, 15 February 2018.
- [12] Z. Xu, P. Yang, C. Zheng, Y. Zhang, J. Peng ve Z. Zeng, Analysis on the Organization and Development of Multi-Microgrids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81: 2204-2216, 01 January 2018.
- [13] Wang, J., Khan, M.W., Ma, M., Xiong, L., Li, P., Wu, F., Optimal Energy Management and Control Aspects of Distributed Microgrid Using Multi-Agent Systems. *Sustainable Cities and Society*, 44, 855-870, 01 January 2019.
- [14] Güçyetmez, M., Enterkonnekte Güç Sistemlerinde Rüzgâr Enerji Sistemlerinin Güç Akış Analizine Etkilerinin Modern Optimizasyon Teknikleri ile İncelenmesi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2016.
- [15] Uyar, F., Yenilenebilir Enerji Kaynakları Nelerdir? 25 Nisan 2016. Available: <https://www.enerjibes.com/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-nelerdir/>. [Erişildi: 25 Nisan 2016].
- [16] Hatziargyriou, N., Asano, H., Iravani, R., Marnay, C., Microgrids: An Overview of Ongoing Research, Development, and Demonstration Projects. *IEEE Power Energy Magazine*, 5(4): 78-94, 2007.
- [17] Yılmaz, M., Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), s. 33-54, 2012.
- [18] Önal, E., Yarbay, R. Z., Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, s. 77-96, 18 Eylül 2010.
- [19] Anonim, Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü, TEİAŞ, 1 Ağustos 2019. Available: <https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-09/KURULU%20G%C3%9C%C3%87%20%C4%B0NTERNET%20%28A%C4%9EUSTOS%20AYI%20SONU%20%C4%B0T%C4%B0BAR%C4%B0%20%C4%B0LE%29.pdf>. [Erişildi: 1 Ağustos 2019].

- [20] Leblebicioğlu, E., Rüzgâr Enerjisi Nedir. Mühendistan, 17 Mayıs 2018. Available: <https://muhendistan.com/ruzgar-enerjisi-nedir/>. [Erişildi: 01 Mayıs 2018].
- [21] Anonim, Güneş Enerjisi Nedir. Teknoray Solar, 2019. Available: <https://www.teknoraysolar.com.tr/gunes-enerjisi-nedir-ve-kullanim-alanlari/>. [Erişildi: 20 11 2019].
- [22] Karamanav, M., Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, 2017.
- [23] Varınca, K.B., Gönüllü, M.T., Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir, 2006.
- [24] Şen, Z., Türkiye’nin Temiz Enerji İmkânları. Mimar ve Mühendis Dergisi, Nisan-Mayıs-Haziran, 33, s. 6-12, 2004.
- [25] Anonim, Türkiye’nin Çevre Sorunları 2003, Ankara: Türkiye Çevre Vakfı Yayını, 2003.
- [26] Güngör, C.S., Güneş Enerjisi Nereye Gidiyor? Maliyetler Düştü Mü? Enerji Portalı, 27 Şubat 2019. Available: <https://www.enerjiportali.com/gunes-enerjisi-nereye-gidiyor-maliyetler-dustu-mu/>. [Erişildi: 1 Şubat 2019].
- [27] Gurur, Jeotermal Enerji Nedir? Kısa Bilgi, <https://www.nkfu.com/jeotermal-enerji-nedir-kisa-bilgi/>, 17 Temmuz 2019. [Erişildi: 26 Aralık 2019].
- [28] Uyar, F., Jeotermal Enerji Nedir? Jeotermal Ne Demek?, Enerji Beş, 10 Mayıs 2016. Available: <https://www.enerjibes.com/jeotermal-enerji-nedir-jeotermal-ne-demek/>. [Erişildi: 1 Mayıs 2016].
- [29] Anonim, Jeotermal Enerji Santralleri. Enerji Atlası, 2019. Available: <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>. [Erişildi: 20 11 2019].
- [30] Chowdhury, S., Chowdhury, S., Crossley, P., Distributed Generation. Microgrids and Active Distribution Networks. London, The Institution of Engineering and Technology Publishing, 2009.

- [31] Youwei, L., Zhijian, H., Yunping, C., A Survey of Distributed Generation and Its Application in Power System. Power System Technology, 27(12): 72-75, 2003.
- [32] Anonim, Electrical Energy Storage, International Electrotechnical Commission (IEC), 2011.
- [33] Hall, R., Harris, H., Batteries and Energy Storage. United States Government Accountability Office, 2012.
- [34] Kocaman, B., Akıllı Sebekeler ve Mikro Sebekelerde Enerji Depolama Teknolojileri. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2(1): 119-127, 2013.
- [35] Anonim, Elektrik Dağıtım Şebekeleri. Available: <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/elektrik-dagitim-sebekeleri/8703#ad-image-0> [Erişildi: 2019].
- [36] Anonim, Elektrik. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Available: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>, [Erişildi: 2019].
- [37] Anonim, Şehirlerin Elektrik Santrali Kurulu Güçleri ile Üretim ve Tüketim Bilgileri. Available: <https://www.enerjiatlası.com/sehir/> [Erişildi: 2019].
- [38] Hatziargyriou N. Microgrids – Large Scale Integration of Micro-Generation to Low Voltage Grids. Available: <http://microgrids.eu/micro2000/presentations/16.pdf>
- [39] Anonim, Mikroşebeke Sistemleri. <http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/cozumlerimiz/enerji-sistemleri/enerji-yonetimiveakillisebekesistemleri/mikro-sebeke-sistemleri>. [Erişildi: 2019].
- [40] Gu, Y., Xiang, X., Li, W., He, X., Mode-Adaptive Decentralized Control for Renewable DC Microgrid with Enhanced Reliability and Flexibility. IEEE Transactions on Power Electronics, 29(9): 5072-5080, 2014.
- [41] Yu, X., She, X., Zhou, X., Huang, A.Q., Power Management for DC Microgrid Enabled by Solid-State Transformer. IEEE Transactions on Smart Grid, 5(2): 954-965, 2014.

- [42] Sabzehgar, R., Overview of Technical Challenges, Available Technologies and Ongoing Developments of AC/DC Microgrids. Microgrid Concept, 10.5772/intechopen.69400, INTECH, 2017.
- [43] Mumtaz, F., Bayram, I.S., Planning, Operation, and Protection of Microgrids: An Overview. Energy Procedia, 107: 94-100, 7-11 September 2016.
- [44] Anonim, Advanced Architectures and Control Concepts for More Microgrids-More Microgrids, Executive Summary Report Final Results, Contract No: SES6-019864, Etip-snet, January 2006 – December 2009.
- [45] Xu, Z., Yang, P., Zheng, C., Zhang, Y., Peng, J., Zeng, Z., Analysis On The Organization And Development Of Multi-Microgrids. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81: 2204-2216, 2018.
- [46] Mondal, A., Misra, S., Obaidat, M.S., Distributed Home Energy Management System With Storage in Smart Grid Using Game Theory. IEEE Systems Journal, 99: 1-10, 2015.
- [47] Jin, M., Hierarchical Coordination and Master-Slave Control Strategy of Multimicrogrids. Automation of Electric Power Systems, 37: 13-18, 2013.
- [48] Munir, H., Chung, Y.I., Optimal design and financial feasibility of a university campus microgrid considering renewable energy incentives, Applied Energy, 225(1): 273-289, 2018.
- [49] Lopes, J.A.P., Resende, F.O., Moreira, C.L., Using Low Voltage MicroGrids for Service Restoration. IEEE Transactions on Power Systems, 22(1): 395-403, 29 January 2007.
- [50] Gil, N., Lopes, J. A. P., Hierarchical Frequency Control Scheme for Islanded Multi-Microgrids Operation. 2007 IEEE Lausanne POWERTECH, Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society, Lausanne, 473-478, 2007.
- [51] Vasquez, J.C., Guerrero, J.M., Chaudhary, S.K., Li, C., Power Flow Analysis for Droop Controlled LV Hybrid AC-DC Microgrids with Virtual Impedance. IEEE Power & Energy Society General Meeting, 2014.

- [52] Wang, L., Research on Power Quality Control Strategy in Low Voltage Microgrid. East China Jiaotong University, Nanchang, 2014.
- [53] Xie, R., Wang, S., A Decision Support System of Energy Performance Contracing Based on Multi-Agent and Real-Time Data. *Autom Electr Power Syst*, 37(12): 69-74, 2013.
- [54] Peng, L., Xuesong, Z., Bo, Z., Wang, Z., Structural Design and Mode Switching Control Strategies of Multi-Microgrid with Several PCCs. *Dianli Xitong Zidonghua/Automation of Electric Power Systems*, 172-178, May 2015.
- [55] Hatziargyriou, N., *Microgrids Architectures and Control, Operation of Multi-Microgrids*, Athens. Wiley-IEEE Press, 2014.
- [56] Lopes, J.A.P., Tsikalakis, A.G., Dimeas, A., Hatziargyriou, N.D., Management of Microgrids in Market Environment. 2005 International Conference on Future Power Systems, 1-7, 2005.
- [57] Lopes, J.A.P., Madureira, A.G., Moreira, C.L., Defining Control Strategies for MicroGrids Islanded Operation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 916-924, June 2006.
- [58] Madureira, A.G., Pereira, J.C., Gil, N.J., Lopes, J.A.P., Korres, G.N., Hatziargyriou, N.D., Advanced Control and Management Functionalities for Multimicrogrids. 21: 1159-1177, 2011.
- [59] Lopes, J.A.P., Resende, F., Gil, N., Service Restoration on Distribution Systems Using Multimicrogrids, 21: 1327-1342, 2011.
- [60] Masters, C., Voltage rise – The Big Issue When Connecting Embedded Generation to Long 11 kV Overhead Lines. *Power Engineer*, 16: 5-12, March 2002.
- [61] The first microgrid of Shandong will be Built in Qindao, Available: <http://www.sgcc.com.cn/xwzx/gsyw/yxyc/11/284269.shtml>. [Erişildi: 2019].
- [62] China Southern Power Grid will Built Microgrid Project in Xisha Islands Available: <http://news.sina.com.cn/o/2012-08-28/152225052783.shtml>. [Erişildi: 2019].

- [63] Anonim, Elektrik, Available: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>. [Erişildi: 2019].
- [64] Anonim, Kırşehir Elektrik Santralleri, Available: <https://www.enerjiatlası.com/sehir/kirsehir/>. [Erişildi: 2019].
- [65] K. MEDAŞ, Kırşehir Tek Hat Şeması. Kırşehir, 2019.
- [66] Kırşehir Nüfusu. 2018-2019, Available: <https://www.turkiye.gov.tr/turkiye-istatistik-kurumu-baskanligi-tuik>. [Erişildi: 2019].
- [67] K. Belediyesi, Kırşehir konut sayısı. Kırşehir, Anonim, 2019.
- [68] Kırşehir İlçeleri, Available: <https://www.turkiye.gov.tr/turkiye-istatistik-kurumu-baskanligi-tuik>. [Erişildi: 2019].
- [69] K. MEDAŞ, Mahallelere Göre Aylık Tüketim Değerleri. Kırşehir, 2019.
- [70] Kırşehir 2017 Yılı Yatırım Destek ve Tanıtım Stratejisi, Kırşehir, 2017.
- [71] Anonim, Google Maps, Google, Available: <https://maps.google.com> maps. [Erişildi: 01 12 2019].
- [72] Anonim, HaritaMap, Available: <https://www.haritamap.com/ilce/merkez-kirsehir>. [Erişildi: 01 12 2019].

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sedef Büşra ERGÜL
Doğum Yeri	Kırşehir
Doğum Tarihi	30.08.1992
Uyruğu	TC.
Telefon	05433891461
E-posta Adresi	sedefbusra92@hotmail.com
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2017
Makale ve Bildiriler	
<i>Uluslararası Konferans ve Sempozyumlar</i> Mehmet GÜÇYETMEZ, Serkan KESER, Sedef Büşra ERGÜL, Mehmet Fatih TEFEK, Investigation Of Multi-Microgrid (MMG) Architectures For Medium-Scale Cities: Kırşehir Sample, II. International Scientific And Vocational Studies Congress (BILMES 2018) pp. 525-526, Nevşehir, TURKEY, 05-08 July 2018.	