

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ ENSTİTÜSÜ
NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI



GSM BAZ İSTASYONLARININ ENERJİ İHTİYACININ
FOTOVOLTAİK SİSTEMLERLE KARŞILANMASI

EYYUP CAN KOÇOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ZARİFE SİBEL ŞAHİN

SİNOP – 2022

TEZ KABUL

EYYUP CAN KOÇOĞLU tarafından hazırlanan GSM BAZ İSTASYONLARININ ENERJİ İHTİYACININ FOTOVOLTAİK SİSTEMLERLE KARŞILANMASI başlıklı bu çalışma, 19.07.2022 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof.Dr. Mustafa KARAKAYA
Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Üye Doç.Dr. Zarife Sibel ŞAHİN
Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Üye Doç.Dr. Gökhan KAŞTAŞ
Samsun Üniversitesi / Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim

Eyyup Can KOÇOĞLU

TEŐEKKÖR

Tez çalıőmam sűrecinde deęerli bilgi, birikim ve tecrűbeleri ile yol gűsterici ve destek olan deęerli danıőman hocam sayın Doç. Dr. Zarife Sibel ŐAHİN 'e sonsuz teőekkűr ve saygılarımı sunarım. Çalıőmalarım boyunca maddi ve manevi destekleriyle hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme sonsuz teőekkűr ederim.



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GSM BAZ İSTASYONLARININ ENERJİ İHTİYACININ FOTOVOLTAİK SİSTEMLERLE KARŞILANMASI

EYYUP CAN KOÇOĞLU

SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN:DOÇ. DR. ZARİFE SİBEL ŞAHİN

Enerji, yaşadığımız toplumun yani dünyanın temellerinden biridir. Ülkemiz açısından ekonomik ve toplumsal yönden gelişmek, gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşmak için bir gösterge durumuna sahiptir. Bugünlerde son dönem enerji üretim ve tüketim yöntemleri ile yenilenemeyen enerji kaynaklarımız tüketilmekle birlikte geri dönüşümü olmayan bir hasara sebep olmakta ve çevresel kirlilik meydana getirilmektedir. Yenilenebilir enerji birçok açıdan öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının içinde tüm yenilenebilir enerjilerin temelini oluşturan güneş enerjisi de bulunmaktadır. Bu kaynaklar geliştirilmeyi beklemektedirler. Güneş enerjisi, potansiyeli açısından farklı yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla birçok açıdan daha avantajlı konumdadır. Bu çalışmada, Çorum ilinde kırsal bölgelerde ve şehir merkezinde bulunan GSM baz istasyonlarının ayrı ayrı elektrik ihtiyacının tespit edilmesi ve bu gereksinimin fotovoltaiik sistemlerden karşılanmasının amaçlanması durumunda sistemin üretebileceği elektrik enerjisi miktarının tespiti ve sistem gereksinimlerinin analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Kırsal bölgelerde kurulacak olan baz istasyonlarının özellikle elektrik şebekelerinden uzak bölgelerde olmasından dolayı hat çekme maliyetleri artış göstermektedir. Bu durum da mobil operatörlerinin istemediği bir durumdur. Dolayısıyla kırsal bölgelerde şebekeden bağımsız FV sistemlerin tercih edilmesi cazip görülmektedir. Çalışma kapsamında, simülasyonu yapılacak olan yapıya ilişkin sistem, temelde şebekeden bağımsız bir sistem olarak ve aynı zamanda karşılaştırabilmek amacıyla aynı yapının şebekeye bağlı olduğu durum da göz önünde bulundurularak, sistemin kurulumu için gerekli olan hesaplamalar ve tasarımlar yapıldı, ayrıca ekonomik olarak uygulanabilirliği belirlendi.

ABSTRACT

MSC THESIS

MEETING THE ENERGY NEEDS OF GSM BASE STATIONS WITH PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

EYYUP CAN KOÇOĞLU

**SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF GRADUATE PROGRAMS
DEPARTMENT OF INTERDISCIPLINARY NUCLEAR ENERGY AND
ENERGY SYSTEMS**

SUPERVISOR: DOÇ. DR. ZARİFE SİBEL ŞAHİN

Energy is one of the foundation stones of our civilization. The development of the social and economic direction of the country is a sign of reaching the level of developed contemporary countries. With the energy production and consumption methods that can not be renewed in the current period, our energy resources are consumed and irreversible damage is caused and environmental pollution is introduced. Renewable energy sources also include solar energy. These resources are waiting to be developed. Solar energy is more advantageous than other renewable energy sources with its potential and ease of use. In this study, it is aimed to determine the electricity need of GSM base stations in rural areas and city center of Çorum province, the amount of electrical energy produced by photovoltaic systems, and the system requirements in case the electricity need is met from photovoltaic systems. Since the rural areas are far from the electricity networks, the base stations to be installed in these areas also require the installation of new electricity lines and this causes extra costs. Therefore, it seems attractive for GSM operators to prefer cost-effective PV systems in rural areas. At the same time, the system, which can also be considered when it depends on the use, the calculations and designs necessary for its use, as well as its economic viability are determined.

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SEMBOL VE KISALTMALAR LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	2
2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	2
2.1.1. Rüzgar Enerjisi	3
2.1.2. Hidroelektrik Enerji	4
2.1.3. Biyokütle Enerjisi	5
2.1.4. Jeotermal Enerji	5
2.1.5. Dalga Enerjisi	6
2.1.6. Güneş Enerjisi	6
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkisi	6
2.3. Yaşam Kaynağı Olarak Güneş	7
2.3.1. Güneş Enerjisinin Genel Tanımı	8
2.3.2. Güneş Enerjisinin Avantajları	9
2.3.3. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	9
2.4. Güneş Enerjisi Kullanım Alanları	10
2.4.1. Güneş Enerjisi Isı Teknolojileri Ve Uygulamaları	11
2.4.1.1. Düzlemsel Güneş Kollektörleri	14
2.4.1.2. Yek Odaklı Güneş Santralleri	15
2.4.1.3. Vakum Tüplü Güneş Enerji Teknolojisi	15
2.4.1.4. Trombe Duvarı	16
2.4.1.5. Geçişli Hava Paneli	17
2.5. Güneş Enerjisi Elektrik Teknolojisi Ve Uygulamaları	17
2.6. Güneş Pillerinin Çalışma Prensibi Ve Uygulamaları	17

2.7. Güneş Takip Sistemleri.....	20
2.8. On-Grid (Şebekeye Bağlı) Sistemler	21
2.9. Off-Grid Sistemler (Şebekeden Bağımsız)	21
2.10. Akü Sistemleri	22
2.11. Eviriciler	23
2.12. FV Panellerin Bağlanması	24
2.13. Türkiye’de Güneş Enerjisi	26
2.13.1. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	28
2.13.2. Türkiye’de FV Panel Üretimi Ve Üreticileri	29
2.14. Güneş Paneli Çeşitleri.....	31
2.14.1. Monokristal Güneş Panelleri	31
2.14.2. Polikristal Güneş Paneli.....	32
2.14.3. Esnek Güneş Paneli	33
2.14.4. İnce Film Güneş Paneli.....	33
2.15. Baz İstasyonu.....	34
2.15.1.GSM Baz İstasyonu Çalışma Prensibi	35
2.15.2. Türkiye’deki Güneş Enerjisiyle Çalışan GSM Sistemleri	36
2.15.2.1. Turkcell Enerji Veri Merkezi Carport	36
2.15.2.2. Türk Telekom Ağrı Güneş Enerjili Baz İstasyonu	37
2.15.2.3. Vodafone Adana Bulut Teknoloji Merkezi Güneş Enerjisi Santrali	38
2.15.2.4. Vodafone İstanbul Teknoloji Merkezi Güneş Enerjisi Santrali.....	39
3. LİTERATÜR TARAMASI	41
4. MATERYAL VE METOT.....	43
4.1. Sistem Tasarımı	43
4.2. Sistem Alanı Bilgisi ve Çalışma Prensibi	43
4.3. Baz İstasyonu Tüketim Verileri	44
4.4. Güneş Paneli Eğim Açısının Hesaplanması.....	45
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	47
5.1. İstasyon I Kırsal Güneş Enerjili Baz İstasyonu (Gökören).....	47
5.1.1. Aralık Ayı İçin Sistem Gereksinimleri	50
5.1.2. Panel Sayılarının Belirlenmesi.....	50
5.1.3. Temmuz Ayı İçin Sistem Gereksinimleri	51
5.1.4. İstasyon I İçin Akü Hesabı.....	52

5.1.5. Panel Arası Mesafenin Belirlenmesi.....	53
5.2. İstasyon II Şehir Merkezi Güneş Enerjili Baz İstasyonu.....	54
5.2.1. Aralık Ayı İçin Sistem Gereksinimleri	56
5.2.2. Panel Sayılarının Belirlenmesi.....	57
5.2.3. Temmuz Ayı İçin Sistem Gereksinimleri	58
5.3. Şarj Kontrol Ünitesi	59
5.4. Maliyet Analizi	61
6. SONUÇ	64
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	69



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Yenilenebilir kaynak türüne göre Türkiye’de kurulu güç	3
Tablo 2.2. Enerji üretiminde kullanılan seçeneklerin çevresel etkisi	7
Tablo 2.3. Güneş enerjisinden aktif ve pasif yararlanma teknikleri	11
Tablo 2.4. Türkiye’de aylara göre güneşlenme süreleri	27
Tablo 2.5. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli.....	27
Tablo 2.6. Türkiye’deki güneş enerjisi santralleri İlk 10.....	28
Tablo 2.7. Panel firmaları	30
Tablo 4.1. Gökören baz istasyonu 2021 yılı tüketim verileri	44
Tablo 4.2. Merkez baz istasyonu 2021 yılı tüketim verileri	44
Tablo 5.1. İstasyon I’e ait teknik bilgiler.....	48
Tablo 5.2. Gökören ilçesi için 2021 yılına ait ortalama güneş radyasyonu değerleri.48	
Tablo 5.3. Gökören ilçesi için 2021 yılına ait ortalama güneşlenme süreleri grafiği.49	
Tablo 5.4. Gökören ilçesi için 2021 yılına ait ortalama güneşlenme süreleri tablosu49	
Tablo 5.5. Seçilen panele ait teknik özellikler.....	50
Tablo 5.6. İstasyon II’ye ait teknik bilgiler	55
Tablo 5.7. Çorum şehir merkezi 2021 yılına ait aylık ortalama radyasyon değerleri.56	
Tablo 5.8. Çorum şehir merkezi 2021 yılına ait aylık ortalama güneşlenme süresi..	56
Tablo 5.9. Kurlar.....	61
Tablo 5.10. Maliyet analizi	62

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması	1
Şekil 2.1. Rüzgâr türbinleri.....	4
Şekil 2.2. Hidroelektrik santrali çalışma prensibi.....	5
Şekil 2.3. Güneş ışınımı.....	8
Şekil 2.4. Düzlemsel güneş kolektörleri	12
Şekil 2.5. Ürün kurutma ve seralar	12
Şekil 2.6. Çanak güneş ışıl elektrik santrali.....	13
Şekil 2.7. Parabolik güneş santrali.....	14
Şekil 2.8. Düzlemsel güneş kolektörü çalışma prensibi	14
Şekil 2.9. Yek odaklı güneş santralleri	15
Şekil 2.10. Vakum tüplü güneş enerji teknolojisi.....	16
Şekil 2.11. Trombe duvarı	16
Şekil 2.12. Güneş pilinin yapısı	18
Şekil 2.13. Güneş pili sisteminin çalışması	19
Şekil 2.14. P-N eklemine çalışması.....	20
Şekil 2.15. On-grid sistem yapısı.....	21
Şekil 2.16. Off-grid sistem yapısı (Alkan, 2014).....	22
Şekil 2.17. Akü kıyaslaması	23
Şekil 2.18. Evirici yapısı (Özyiğit, 2019).....	24
Şekil 2.19. Seri panel bağlantısı.....	25
Şekil 2.20. Paralel panel bağlantısı.....	25
Şekil 2.21. Karma panel bağlantısı	25
Şekil 2.22. Güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA)	29
Şekil 2.23. 60 hücreli paneller ile 72 hücreli paneller	31
Şekil 2.24. Monokristal güneş paneli.....	32
Şekil 2.25. Polikristal güneş paneli.....	32
Şekil 2.26. Esnek güneş paneli	33
Şekil 2.27. İnce Film güneş paneli.....	34
Şekil 2.28. GSM çalışma prensibi	35
Şekil 2.29. Baz istasyonunun çalışma sistemi	36
Şekil 2.30. Turkcell Carport	37
Şekil 2.31. Türk Telekom Ağrı GES	38

Şekil 2.32. Vodafone Adana Teknoloji Merkezi	39
Şekil 2.33. Vodafone İstanbul Teknoloji Merkezi.....	40
Şekil 4.1. Şebekeden bağımsız planlanan sistemin genel yapısı	43
Şekil 4.2. Panel montaj açısının optimize edilmesi	45
Şekil 5.1. İstasyon I konumu	47
Şekil 5.2. Güneş panellerinde gölgeleme etkisi	54
Şekil 5.3. İstasyon II konumu	55



SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TMMOB: Türkiye Makine Mühendisleri Odası

BP: British Petroleum

DPT: Devlet Planlama Teşkilatı

MW: Mega Watt

DC: Doğru Akım

AC: Alternatif Akım

PV: Photo Voltaic

FV: Fotovoltaik

APEREC: Asya Pasifik Enerji Araştırma Merkezi

EİE: Elektrik İşleri Etüt İdaresi

GEPA: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

HES :Hidroelektrik Santrali

Kg :Kilogram

Km :Kilometre

kW :Kilowatt

kWh :Kilowatt saat

kWp :Kilowattpeak

LNG :Sıvılaştırılmış doğalgaz

m :metre

m² :metrekare

ORT :Ortalama

PWM :Sinyal Genişlik Modülasyonu

SCADA :Supervisory Control and Data Acquisition

TL :Türk Lirası

1. GİRİŞ

Enerji, dünyamızda pek çok açıdan önemli konuma sahiptir. Günlük yaşamımızda her safhada kullandığımız enerji; nükleer, kimyasal, mekanik (kinetik ve potansiyel), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, rüzgâr, güneş, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde bulunabilmekte ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Tükenme ve kullanılabilirliğine göre enerji yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları adı altında ikiye ayrılır (Şekil 1.1.). Yenilenemez enerji kaynakları yakın bir gelecekte tükenme tehlikesi olarak öngörülen enerji kaynakları olup fosil ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı grupta incelenmektedir (Grozdev, 2010). Yenilenebilir enerji kaynakları ise; uzun sayılan bir zamanda yani tükenmesi mümkün olmayan, kendisini dönüştürüp yenileyen kaynakları ifade etmektedir. Yenilenemez enerji kaynakları tüketiminin son zamanlarda önemli ölçüde artması ile enerji kaynaklarının hızla azalması gezegenimizde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve kullanımının artması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca kullanılan yenilenemez enerji kaynakları dünyada dönüşümü olmayan zararlara neden olmaktadır. Temiz enerji, temiz hava ve kirliliğe çözüm olarak rüzgâr, jeotermal, güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılması gerekmektedir. Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarında yüksek potansiyele sahiptir. Dünyadaki güneş enerji kaynağı ortalama 36 Milyar Watt'tır ($3,6 \times 10^6$ TW). Rüzgâr enerji kaynağı 72 Milyar TW, jeotermal enerji kaynağı 9,7 milyar TW ve insan gücü kullanımı ise 15 TW olarak hesaplanmıştır. (Grozdev, 2010). Bu belirlenen yüksek kaynağı da verimli kullanmak adına 2 farklı baz istasyonu için sistemlerin ihtiyacı olan enerjinin güneş enerjisinden sağlanması durumunda sistem gereksinimleri ve maliyet analizi yapılmıştır. Günümüzde bu sistemin kullanılmasına eğilim vardır, Ağrı'da Türk Telekom güneş enerjisi ile çalışan baz istasyonu, Turkcell Ankara Veri Merkezi, Vodofone Esenyurt veri merkezi örnek olarak verilebilir. Kırsalda çalışan baz istasyonları için enerji problemi ve elektrik hattı çekme maliyetinin yüksek olması projemizi destekleyici etmen oldu. Projemizin tasarımı için şehir merkezi ve kırsal olmak üzere 2 farklı nokta seçerek kıyaslama yaptık. Kırsala ve Şehir merkezine kurulacak istasyonların güneşlenme sürelerini, güç kullanım durumlarını hesaba katarak ihtiyaç duyulan panel durumunu tespit ettik. Alaca-Çorum (kırsal), Şehir Merkezi- Çorum (Merkez) olmak üzere 2 istasyon noktası seçilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda şehir merkezi için kurulacak alanın kira bedeli

sebeplerinden dolayı ekonomik olmadığı görülmüştür. Tespitlerimiz sonucunda da amorti süresini hesaplayarak ekonomik fizibilitesini gerçekleştirdik.



Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Özgören, 2019)

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımını yapacak olursak sürekli kendini yenileyen ve tekrar tekrar kullanılabilen kaynaklardır. Yenilenebilir enerji direkt veya dolaylı olarak güneş ve dünya içinde yapılaşan ısı ve enerjiden oluşmaktadır. Biyoyakıt, güneş, jeotermal, rüzgâr, hidrojen ya da okyanus kaynaklarından elde edilebilmektedir (Grozdev, 2010).

Fosil yakıt kullanımı sebebiyle 1980'li yıllardan sonra dünyamızda zararlı ısınma ve iklim değişiklikleri kendini göstermeye başlamıştır. Geri dönüşümü neredeyse imkânsız sorunlar dünya ve ülkemiz gündeminde önemli bir noktaya gelmiştir. Ülkemiz, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından dünyada önemli bir noktada yer

almaktadır. Türkiye’de yıllara göre yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Yenilenebilir kaynak türüne göre Türkiye’de kurulu güç (TSKB,2021)

Kaynak	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	22.289	23.643	25.868	26.682	27.273	28.291	28.503	30.984	31.447
Rüzgâr	2.760	3.630	4.498	5.751	6.516	7.005	7.591	8.832	10.168
Güneş	0	40	310	833	3.421	5.063	5.995	6.667	7.534
Biyokütle	224	288	345	467	575	739	1.163	1.485	1.782
Jeotermal	311	405	624	821	1.064	1.283	1.515	1.613	1.650
Yenilenebilir Toplam	25.583	28.006	31.645	34.554	38.849	42.381	44.768	49.581	52.581

2.1.1 Rüzgâr Enerjisi

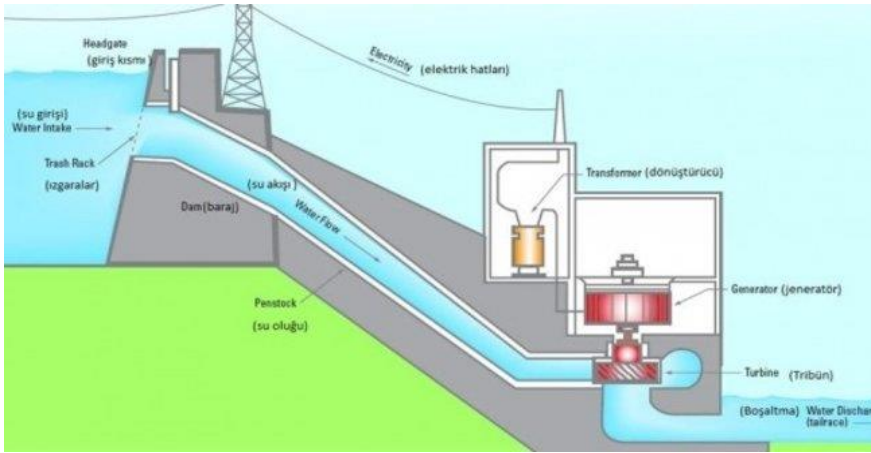
Rüzgâr enerjisi elektrik üretebilmek için Şekil 2.1’de örnek olarak görülen rüzgâr gülleri, mekanikte kullanılan yel değirmenleri, kuyu ya da su pompalama yapmak için rüzgâr pompası ya da gemileri yürütebilmek için yelken kullanarak rüzgârın kullanışlı formu olan rüzgâr enerjisinin bir sonucudur. Rüzgâr tarlasında bulunan türbinlerin orta gerilim ile birlikte gücü toparlama sistemine ve kurulu olan iletişim sistemine bağlılık gösterir (daha çok 34.5 kV). Alt istasyonda olan bu orta gerilimin elektriksel akımını yüksek gerilim elektrik hattının sisteme eklenmesi için bir transformatör ile birlikte arttırım yapılır. Rüzgâr enerjisi gücü için sıklıkla tercih edilen indüksiyon jeneratörlerde, ikazlama yapımında reaktif bir güce ihtiyaçları vardır. Bundan dolayı, güç faktörünü düzenleme için kondansatör bankalarını içeren rüzgâr güç düzenleme sistemleri yapımında şalt sahasına ihtiyacı mevcuttur. Rüzgâr türbin jeneratörleri türleri farklılık gösterdiğinde, şebekeye iletim esnasında da farklı davranışlar sergiler. Bundan dolayı, yeni bir rüzgâr tarlası dinamik mekanik karakteristiğinin yaygın modellenmesi, iletişim sistemi operatörlerinin, oluşan sistem hatalarının tamir edilebilmesi ve dengeli davranış göstermesini sağlaması için şarttır.



Şekil 2.1. Rüzgâr türbinleri (Özgören, 2019)

2.1.2. Hidroelektrik Enerji

Belli ölçüde akan sudan faydalanmak şartıyla elektrik enerjisi üretilmesi manasına gelmektedir. Jeotermal, rüzgâr, biyokütle ve güneş enerjisi tarzında yenilenen ve sürdürülen bir enerji kaynağıdır. Buna uygun olarak HES (hidroelektrik enerji santralleri) kurulumu gerçekleştirilir (Şekil 2.2). Bir döngü içerisinde olan su akışı sebebiyle elektrik her daim üretilir. Akan suyun şiddetine göre üretilmiş olan enerji miktarı değişkenlik gösterir. Akan su yüksekliği farklılık gösterdiği durumlarda üretilen enerji miktarı da o oranda farklılığa sebebiyet verir. Suyun aktarımı borular ile de gerçekleştirilebilir. Bu şekilde türbinlere akan su ile türbinlerin dönmesi sağlanarak elektrik üretimi gerçekleşir. Dönen pervaneler ile dışarı çıkan mekanik enerji, elektriğe çevrilir. Bu sayede hidroelektrik enerji kullanılmış olur.



Şekil 2.2. Hidroelektrik santrali çalışma prensibi (Özgören, 2019)

2.1.3. Biyokütle Enerjisi

Belirli bir zaman önce yaşıyan organizmalardan ya da onların metabolik sonuçları vasıtasıyla elde edilen enerjiye denir. Petrol, doğal gaz gibi tükenen kaynaklardan farklılık göstererek, biyokütle yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle içerisinde güneş enerjisini depolar. Bitkiler de fotosentez ile birlikte güneşten enerji alınımları yaparlar. Hayvanlar ise bitkileri tüketerek enerjiyi güneş kaynaklı dolaylı olarak alınımları gerçekleştirirler. Biyokütle enerjisi yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul görür. Sebebi ise her zaman daha fazla bitki ve ağaç yetiştirilebilecek olmasıdır.

Ek olarak bitki yetiştirme su ve toprak gerekliliği bakımından sonsuz bir kaynak değildir. Biyokütle Enerjisi farklı farklı çeşit ve türlerde olabilir.

2.1.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal yer kabuğu farklı diplerinde birikmiş ısı enerjisinin oluşturmuş olduğu kimyasal içeren sıcak su ve gazlardır. Jeotermal enerji jeotermal kaynaklar ve bunların çıkarttığı enerji ile doğrudan veya dolaylı yoldan faydalanmayı kapsamaktadır.

Jeotermalin sözlük anlamı yerküre ısısı manasına gelmektedir. Yer kabuğu içerisinde farklı katmanlarda olan ısının oluşturduğu, farklı kimyasallar olan sıcak su, buhar ve gazlardır. Dünya'nın sıcaklığı derinlikle doğru orantılı olarak artış gösterir. Merkezde ise 4200 °C sıcaklık öngörülür. Bu ısının çoğunluğu radyoaktif izotopların bir kalıntısı olduğu düşünülmektedir. Isı, termodinamiğin 2. yasasına uygun olarak sıcaktan soğuca doğal olarak kendiliğinden akış gerçekleştirir. Yani dünyanın ısısı sıcaklığın çok olduğu yerden daha soğuk olan yüzeye doğru devinim yapar. Kısaca açıklarsak jeotermal enerji, yerin katmansal bir şekilde derinliklerde bulunan sıcak su, buhar ve gazların oluşturduğu termal bir enerjidir.

Dünya'nın merkezinden gelen bu enerjinin pratik olarak hesaplaması yapılamaz. Çünkü ısı yüzeye ulaşırken sıcaklıkta azalır. Ancak jeolojik işlemler yapılarak bu ısı ticari olarak kullanımı gerçekleştirilir.

2.1.5. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi güneş enerjisi modelinin farklı formatıdır. Dalga enerjisi güneşin dünyayı ısıttığı zaman ortaya çıkan rüzgârlar ile oluşur. Güneş dünyadaki her noktayı geometrik şekli itibariyle aynı miktarda ısıtmaz. Bazı bölgeler güneş ışınımını daha iyi açı ile alır ve diğer noktalardan daha fazla ısınır. Hava ısındıkça yoğunluğu azalır, hafifler sonra yukarı doğru hareket eder. Isınan havanın tekrar terk ettikten sonra boşalttığı yere daha yoğun ve soğuk olan hava çöker. Yani güneş enerji olarak rüzgâra, rüzgâr da dalga enerjisine çevrilmektedir.

Okyanuslar yeryüzünün yaklaşık olarak % 75'ini kapsar ve bu oran bize potansiyel olarak kullanılabilir dalga enerjisinin ne kadar fazla olduğunu göstermektedir. Kısacası dalga enerjisi bitmeyecek, sınırsız bir kaynaktır.

Dalga enerjisi çevreci bir enerji kaynağı olduğundan genel olarak elektrik üretilirken diğer tesislerin neden olduğu türden bir çevre kirliliğine neden olmaz. Yani dalga enerjisinin verim ve kullanım maliyetinden bakıldığında da büyük bir yarar sağladığını görmekteyiz (<https://www.elektrik.gen.tr>).

2.1.6. Güneş Enerjisi

Kaynağı güneş olan ısı ve parlak ışıktır. Güneşin çekirdek kısmında yer alan füzyon süreci ile salınan ışınım enerjisidir. Güneşte bulunan hidrojenin helyuma dönüşümü füzyondan kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisi ile ilgili ayrıntılı bilgi bölüm 2.3'de verilmiştir.

2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkisi

Canlı yaşamının büyük bir kısmını oluşturan enerji, geçmiş zamanda olduğu gibi günümüzde de dünya bülteninde konuşulan başlıkların en başında bulunmaktadır. Enerji dünyadaki ülkelerin ekonomik, politik ve sosyal gelişiminde, dolayısı ile toplumsal refah seviyesinin arttırılmasında vazgeçilemeyen bir etmen olmaya devam etmektedir. Genelde enerji kaynaklarını ikiye ayırmak mümkündür. Birinci olarak çıkarılmasıyla birlikte tüketilen doğalgaz, petrol gibi kaynaklar olup birincil enerji tanımlaması yapılabilir. Birincil kaynak dönüşümü ile elde edilen elektrik gibi kaynaklar ikincil enerji adlandırılmasıyla da kullanılmaktadır (TMMOB, 2008).

Dünyamızdaki temel enerji kaynağı güneştir ve diğer enerjiler ise “dönüşüm enerjileri” şeklinde tanımlanmaktadır. Enerji çeşitlerine göre kullanılan kaynakların çevreye olan etkileri Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Enerji üretiminde kullanılan seçeneklerin çevresel etkisi (Özyiğit, 2019)

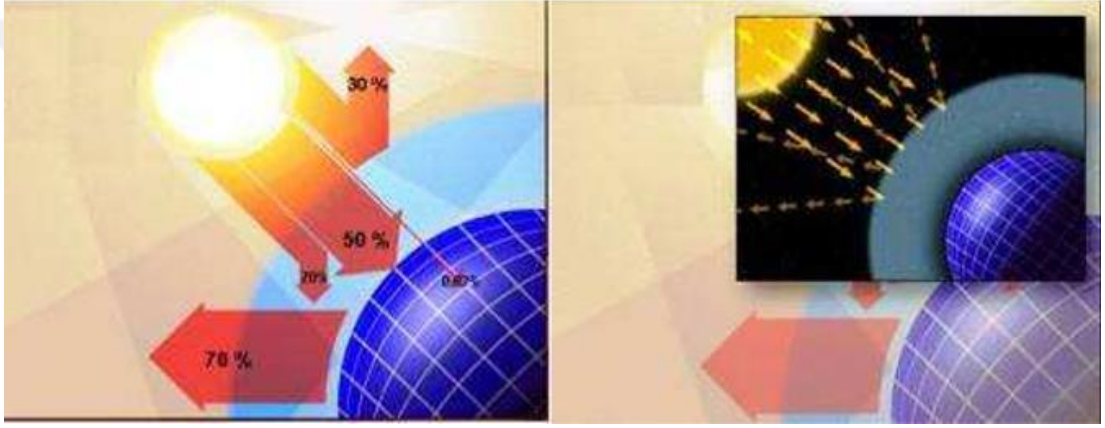
ENERJİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN SEÇENEKLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ								
Çevresel Etki Türleri	Fosil Yakıtlı Santraller (termik santraller)	Nükleer Santraller	Hidrolik Santraller	Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları				
				Güneş	Rüzgar	Jeotermal	Biyokütle	
Katı atıklar-Toprak kirliliği	Kömür depolama ve kül-cüruf atıkları	Radyoaktivite içeren her türlü atık	Baraj çevresinde düzenlemeler gereklidir.	Katı atığı yok	Katı atığı yok	Katı atığı yok	Yakılan çöp ve benzeri atıklar	
Gaz atıklar-Hava kirliliği	Baca gazlarının toksin etkisi ve yüksek SO ₂ emisyonları	Ksenon, kripton ve iyot gibi maddeler	Baraj gölü yüzeyindeki buharlaşmada artış	Gaz atığı yok	Gaz atığı yok	Zararsız su buharı	Yakılan malzemeden çıkan gazlar	
Sıvı atıklar-Su kirliliği	Termik santral soğutma sularının canlılara etkisi	Soğutma suyuna karışan radyoaktif maddeler	Ağaçlandırma ve balıkçılığa olumlu katkı	Sıvı atığı yok	Sıvı atığı yok	Sıcak suyun olumsuz etkileri gideriliyor	Depolanan kalıntıların yeraltısuyuna etkileri	
Arazi-doğa görünümü bozulması	Yanlış arazi kullanımı ve depolama	Bitki örtüsü ve ekolojik dengenin zarar görmesi	Rezervuar alanındaki olumsuz değişimler ve deprem çekincesi	Geniş arazi kullanımı	Arazi kullanımı yok	Sıcak su civarında olumlu çevre gelişmesi	Plansız ağaç kesimi-Çöp depolama alanlarının olumsuz etkileri	
Görsel kirlilik-Tarımsal üretim	Ocak üretim çalışmaları nedeniyle doğal görünüm bozulması	Radyoaktif uçucuların canlılara önemli zararı	Çoraklaşma, tuzlanma, parazitlerde artış. Tarıma olumlu katkısı	Etkisi yok	Gürültü görsel-estetik etkiler	Tarımsal sulamaya olumsuz etkiler çok düşük	Çöp ve kütle depolama/yakılma dumanları	
		Renk	Açıklama					
			Zararlı					
			Kısmen zararlı					
			Zararsız					

2.3. Yaşam Kaynağı Olarak Güneş

Dünyamızdaki enerji kaynaklarının çoğu güneşten türemiş olup türemeye de devam etmektedir. Güneş enerjisinin kullanımı güvenli, doğa dostu ve uygun maliyetlidir. Ayrıca üretilen enerji güneş ile yenilenebilmektedir. Güneş dünyada bulunan tüm canlıların ana enerji kaynağıdır. Güneş her şeyiyle bir enerji kaynağı olması ile birlikte çoğu enerji kaynağının da temelini oluşturmaktadır. Rüzgâr, dalga gücü ve hidroelektrik gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağı da güneş temellidir. Rüzgâr, havanın farklı basınçlara ve hıza sahip olmasından kaynaklanan bir hareket olsa da bu farklı basıncın kaynağı da yine sıcaklık farklılıkları ile oluşmakta yani güneşten kaynaklanmaktadır. Dalga enerjisi aslında rüzgâr esaslı olduğu için, onun temeli de

güneşe dayanmaktadır. Hidroelektrik ile bağlantılı olma sebebi ise, güneşin suları buharlaştırıp dünyadaki su döngüsünün oluşmasıdır.

Şekil 2.3'te de görüldüğü üzere, güneş ışınımının hepsi yer yüzeyine ulaşmaz, %30 gibi bir oran atmosfer ile birlikte geriye iletilir. Güneşten gelen ışının %20'si bulutlar ve atmosferde tutulurken, %50'lik kısmı ise atmosferden geçer ve dünyaya ulaşır. Güneş enerjisiyle birlikte dünyamızda sıcaklık artmakta ve yeryüzü yaşanılabilir olmaktadır. Ayrıca rüzgâr hareketleri ve okyanusta dalgalanma da bu ısınma sebebi ile olur.



Şekil 2.3. Güneş ışınımı (Girgin, 2010)

2.3.1. Güneş Enerjisinin Genel Tanımı

Güneş enerjisi sistemleri metot, takım ve teknoloji düzeyinden bakıldığında çeşitlilik göstermek ile birlikte, temel iki konu altında toplanabilir. Bunlardan ilki, güneş enerjili ısı sistemleridir. Bu sistemde güneşten ısı üretimi yapılır ve bu enerji direkt olarak kullanılabilir. Ayrıca elektrik üretilirken de kaynak olarak görev yapabilir. Bir diğer temel başlık ise güneş enerjisi ile çalışan elektrik sistemleridir (Alkan, 2014). Fotovoltaik güneş pili (FV) olarak bahsedilen bu sistem güneş kaynaklı olan ışığı elektriğe dönüştüren sistemdir.

Solar sistemlerin farklı ölçütlere göre sınıflandırma yapılması en çok kullanılan sıcaklık derecelerine göre yapılmış olandır. Sıcaklıklar, sistemde büyük etkiye sahip bir parametre olmaktadır. Bu parametrenin iki farklı sistem olan fotovoltaik ve termal

sistemlere etkisi zıt yönlüdür. Sıcaklık termal sistemleri olumlu yönde etkilerken, fotovoltaik sistemler için tam tersi etki eder. Güneş enerjisi uygulamaları sıcaklık değerlerine göre üç ana başlık altında incelenir. Bunlar;

- Kullanılan sıcak suyun elde edilmesi, binaların ısıtılıp soğutulması, seraların ısıtılması, tarım ürünleri kurutulması, yüzme havuzu ısıtılması, güneş ocakları ve fırınlarının kullanımı, deniz suyundan tatlı su eldesi, sulama ve FV sistemler ile elektrik eldesi gibi uygulamalar için düşük sıcaklık uygulamalarıdır. Bu uygulamaların sıcaklıkları 100°C'nin altındadır. Isıl sistem ve fotovoltaik uygulamaları bu başlıkta yer almaktadır.
- Orta sıcaklık (100-300°C) uygulamaları diye belirtilenler ise endüstride kullanılan büyük ısıtma-soğutma sistemleridir.
- 300°C'den yüksek sıcaklıktakiler ise yüksek sıcaklık uygulamaları olarak tanımlanmakta ve parabolik çanak, merkezi alıcılarla elektrik üretimi gibi teknolojileri kapsamaktadır.

2.3.2. Güneş Enerjisinin Avantajları

- Tükenme olasılığı olmayan yenilenebilir enerji kaynağıdır.
- Temiz olmasının yanında çevremize herhangi bir duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi salınımları bulunmamaktadır.
- Yerel uygulamalarda kullanıma uygundur. Enerjiye ihtiyaç duyulan hemen hemen tüm ortamlarda kullanılabilir.
- Dışa bağımlı olmadığından, oluşabilecek ekonomik sıkıntılardan bağımsızdır.
- İşletme giderleri son derece düşüktür.

2.3.3. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

- Güneş ışımından yararlanan sistemlerin ilk yatırım maliyetleri yüksek ve uzun vadede geri dönüş sürelerine sahip olması dezavantaj olarak gösterilebilir.

- Isı sürekli olmadığından depolama yapılması gerekmekte olup, depolamanın ise yüksek maliyette olması gösterilebilir.

2.4. Güneş Enerjisi Kullanım Alanları

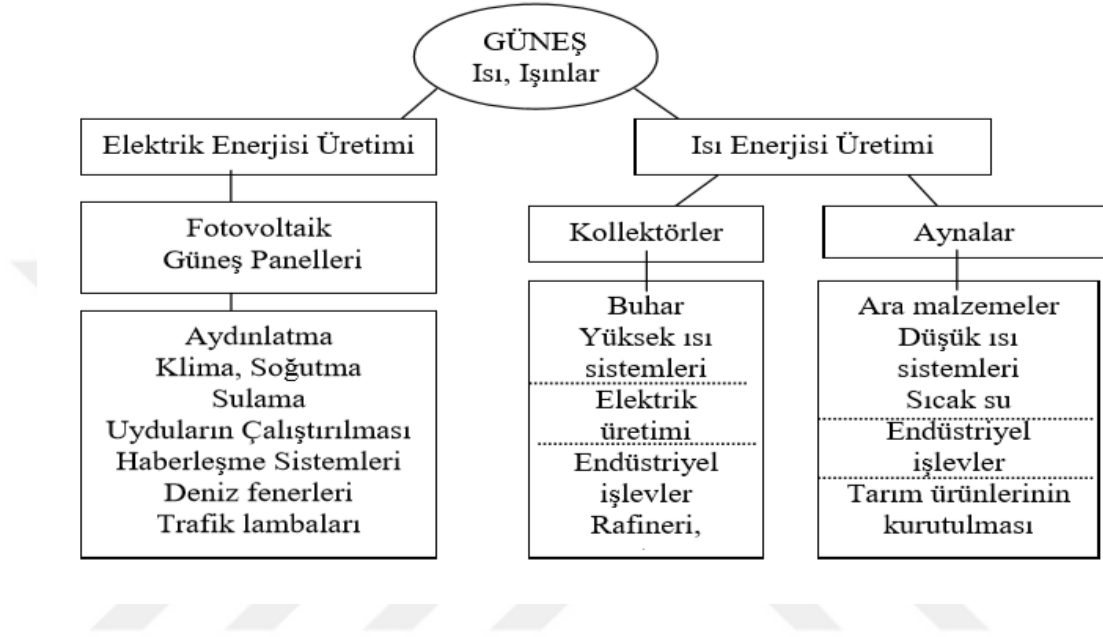
Güneş enerjisi; taşınmış olduğu potansiyel, genel olarak her yere ulaşabilme, yenilenebilir olma ve farklı türlerde kullanılabilmesinden dolayı alternatif kaynaklardan en önemli olanı ve en çok tercih edilenidir. İklim ile birlikte dengeli tasarım ilkelerini öngörerek, güneş enerjisinin etken ve edilgen sistemlerinden en etkili şekilde yarar sağlamak, sürdürülebilir çevre açısından önemli bir yaklaşımı şekillendirmektedir.

Güneşten enerji kaynağı olarak yararlanma konusunda yapılan araştırmalar uzun zamanlara dayanmaktadır. Örneğin, M.Ö. 212 tarihinde Arşimed, aynaları odaklayıcı olarak kullanarak, 3040 m uzakta bulunan gemileri yakmıştır. 1890 yıllarında bakırı ve çinkoyu eritmek için bir güneş enerjisi ile çalışan güneş fırınları kurulmuştur. Güneşi enerji kaynağı olarak kullanarak yapılan ilk motor patenti 1861 tarihinde alınmıştır. Buna rağmen güneş enerji kaynağı olarak daha sonraki yıllarda kullanılmamıştır (TMMOB, 2008). 1970 tarihinde yaşanan kriz sonrası güneş enerjisinin önemi artmış, bu sistemler teknoloji açısından ilerleme göstermiş ve çevreye zarar vermeyen ve kirlenmeyen bir enerji kaynağı olarak kabul edilmiştir. Günümüz doğal kaynaklardan yararlanma şekli, yenilenemez enerji kaynaklarının zamanla yok olma tehlikesi ve dünyada olan değişimler sebebiyle farklı boyutlara taşınmıştır. Tablo 2.3'te Güneş enerjisinden aktif ve pasif yararlanma teknikleri görülmektedir. Fotovoltaik Endüstri Birliği (EPIA) ve Greenpeace tarafından yayınlanan rapor dünyamızda 2040'a kadar küresel enerji gereksiniminin %26'sını güneş enerjisinin karşılayacağı ve 2 milyardan fazla kişiye istihdam sağlayacağını ifade etmektedir (TMMOB, 2008).

- Isıl Güneş Teknolojileri: Bu teknolojik sistemde ilk olarak güneş enerjisinden ısı eldesi yapılır. Daha sonra ısı doğrudan enerji olarak tercih edilebileceği gibi ayrıca elektrik elde edilmesinde de kullanılabilir.

- Elektrik Güneş Panelleri: Fotovoltaik piller olarak da adlandırılan bu yarı-iletken yapıya sahip cihazlar güneş ışınımını direk olarak elektrik enerjisine dönüştürürler (EİE, 2009).

Tablo 2.3. Güneş enerjisinden aktif ve pasif yararlanma teknikleri (Özyiğit, 2019)



2.4.1. Güneş Enerjisi Isı Teknolojileri ve Uygulamaları

Güneş ışınlarının paneller ya da güneş hücreleri tarafında toplanarak enerji olarak ısıya çevirip; ısıyı su ve hava ile doğru ya da dolaylı olarak depolamada değerlendirip kullanımını sağlayan sistemlerin tümüne güneş enerjili ısıtma sistemleri adı verilir. Güneş enerjisi kullanılarak elde edilen ısıtma sistemi adı verilen bu sistemler, ısıyı dağıtmakta kullanılan akışkanlara göre ikiye ayrılır;

1. Güneş enerjili su ısıtma sistemi
2. Güneş enerjili hava ısıtma sistemi

Bahsedilen güneş enerjisine sahip bu sistemler, elde edilen ısıya göre 3 gruba ayrılır. Bunlar, düşük orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarıdır (Sakınç, 2006).

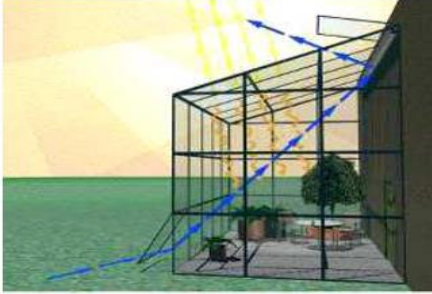
a) Düşük sıcaklık uygulamaları: 100 °C altındaki düzlemsel güneş kollektörleri, güneş havuzları, su arıtma sistemleri, konut ısıtmaları, sera ve güneş ocakları gibi

yapılan çalışmalardır. Bu kolektörler güneş enerjisini bir noktada toplayıp herhangi akışkan malzemeye ısı aktarımı şeklinde gerçekleştiren cihazlardır. Ulaştıkları sıcaklık 70 °C civarındadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Düzlemsel güneş kolektörleri

Sera ve kurutmalar, güneş enerjisi kullanarak yapılan tarımdaki çalışmalardır (Şekil 2.5). Bu şekilde çalışan sistemler dünyada tarım alanları yani kırsal kesimlerde sınırlı bir şekilde tercih edilmektedir.



Şekil 2.5 Ürün kurutma ve seralar

b) Orta Sıcaklık Uygulamaları: 100 °C ve 350 °C arasında; vakumlu güneş kolektörleriyle birlikte yapılan çalışmalardır. Orta sıcaklık uygulamalarında, vakumlu cam borular ve yüzeye ulaşan enerjinin artmasını sağlamak için metaller ya da cam yansıtıcı cihazlar kullanılmaktadır. Uygulamanın çıkışı yüksek ısıda olduğundan, kolektörler uygulaması yaptığımız alanlara ek olarak soğutma için de kullanılabilirler (EİE, 2009).

c) Yüksek Sıcaklık Uygulamaları: 350 °C den fazla sıcaklıklara sahip uygulamalar için ise güneş fırını ve kulesi, elektrik üretiminde ve madenleri eritmede kullanılan çalışmalardır (TMMOB, 2008).

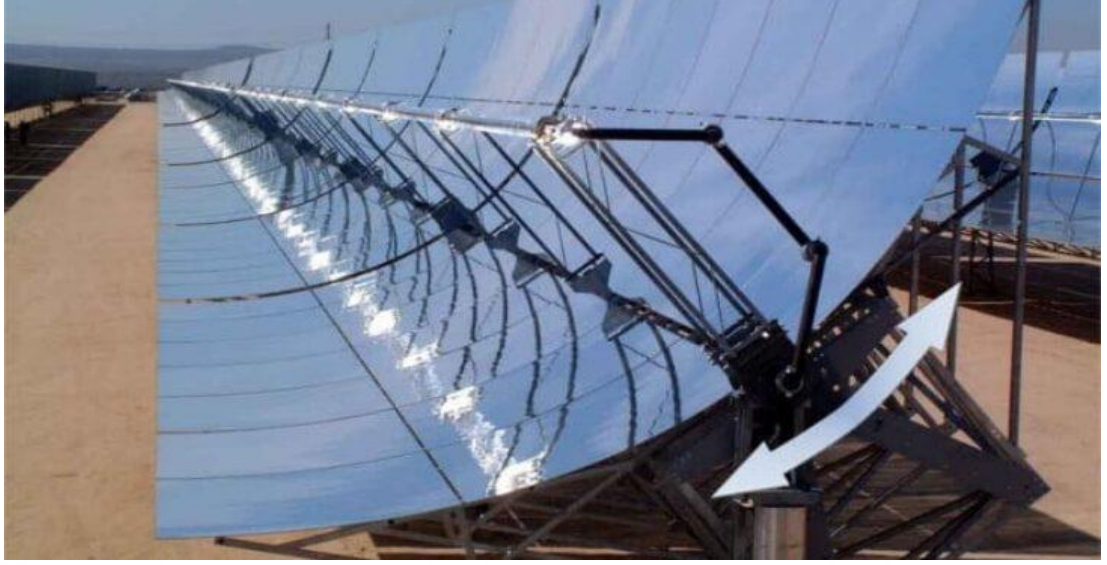
Parabolik çanak sistemler ise güneşin iki ekseninde takibini yaparak, devamlı olarak güneşi odaklama alanına yoğunlaştırırlar (Şekil 2.6). Termal enerji, odaklanma alanından çalışma sıvısıyla alınıp, termodinamik çevrime yollanılır ya da odaklama alanına eklenen bir stirling cihaz ile istenirse elektriğe dönüştürülebilir. Çanak ve stirling birleşmesiyle güneşi enerji kaynağı olarak kullanıp elektriğe dönüştürülmesi ile yaklaşık %30 verim elde edilir (EİE, 2009).



Şekil 2.6. Çanak güneş ışıl elektrik santrali

Oluk Parabolik Kollektörler ise bahsettiğimiz termal sistemin en çok tercih edilenidir. Kollektörler, kesit alanı parabolik şekilde yoğunlaştırıcı dizilerin birleşmesiyle meydana gelir. İç kısmında yansıtma amacıyla yüzeyler bulunmaktadır. Güneş enerjisi, kollektörün odak noktasında yer alan ve doğrusal olarak yoğunlaştırıcı termal sistem ticaret ve ekonomi alanına girmiş bulunmaktadır (<http://www.gunesenerjisi.uzerine.com>).

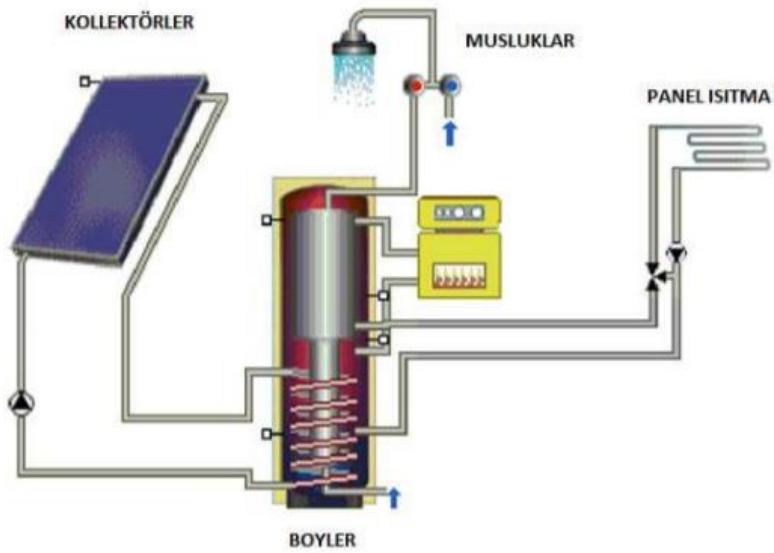
Termal sistemlerin en büyüğü ve bilineni 350 MW gücünde Kramer & Junction eski Luz International santralidir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Parabolik güneş santrali

2.4.1.1. Düzlemsel Güneş Kollektörleri

Türkiye'de de en yaygın olan, evlere sıcak su eldesinde tercih edilen sistemdir. Düzlemsel güneş kollektörü (Şekil 2.8), düzlemsel yapıya sahip, güneş enerjisinin bir kısmını absorbe ederek depoladığı enerjiyi ısıya çevirip kollektör içerisinde sıvıya iletmektedirler.



Şekil 2.8. Düzlemsel güneş kollektörü çalışma prensibi

2.4.1.2 Yek Odaklı Güneş Santralleri

Güneş santrallerinde doğrusal, çanak şeklinde ya da merkezi bir noktaya yönlendirilmiş büyük tipte ayna kullanılarak, odak noktasında yüksek sıcaklıkta ısı elde edilebilir. Genel olarak elektrik üretiminde kullanılır.

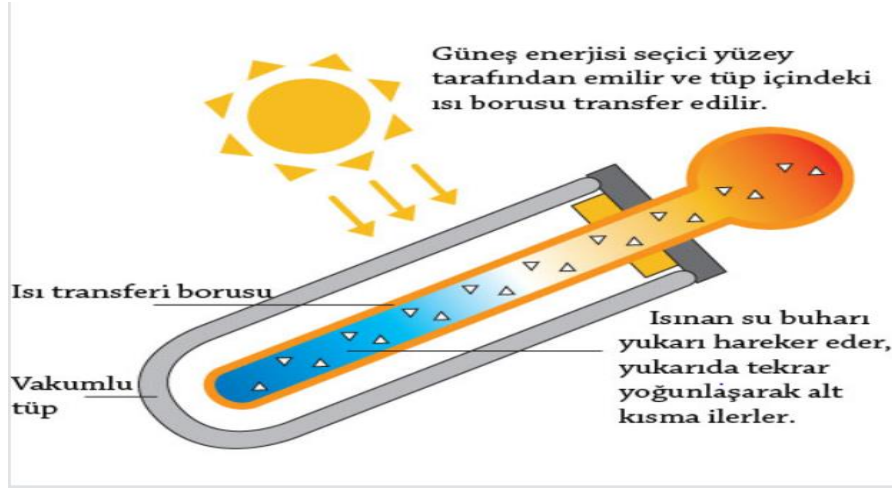
Yek-odaklı güneş enerji santralleri veya konsantre güneş enerji sistemleri, aynalar ve bu aynalara bağlı güneşi izlem sistemi vasıtasıyla büyük bir alana düşen güneş ışınlarını küçük bir alana yansıtma esasına dayanır (Şekil 2.9) (Özgören, 2019).



Şekil 2.9. Yek odaklı güneş santralleri

2.4.1.3. Vakum Tüplü Güneş Enerji Teknolojisi

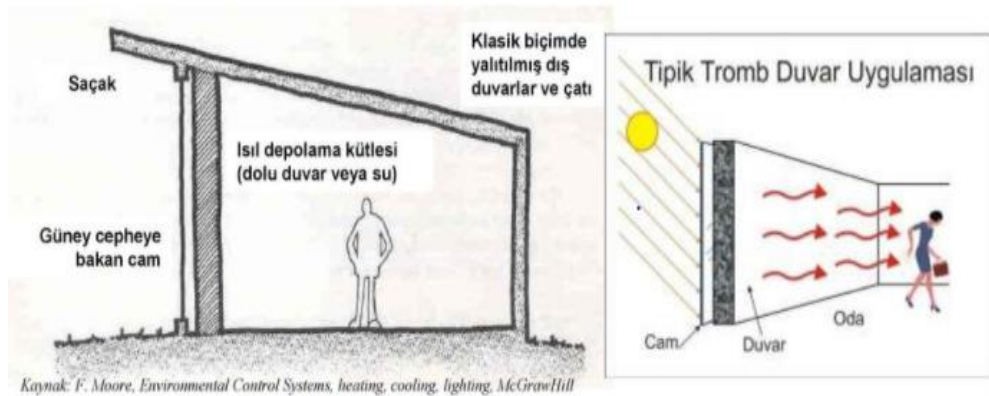
Bu gelişmiş tasarım yapısı Şekil 2.10'da görüldüğü üzere, borosilicate cam (borcam) iki tabaka arasında bir vakum katman ile oluşur ve iç kısımda tüpler içermektedir. Bu vakum bir termos gibi, termal enerjiyi % 93'e kadar koruyarak, daha yüksek bir verim elde etmeyi amaçlar. Elde edilen bu termik enerji borular yardımı ile gerekli yerlere aktarılır.



Şekil 2.10. Vakum tüplü güneş enerji teknolojisi

2.4.1.4. Trombe Duvarı

Trombe duvarı (Şekil 2.11) güneş enerji ısıtma sistemleridir. Duvarlar, gün boyunca ısı depolayabilmeleri ve gece de yavaş yavaş evin içine bırakabilmeleri için kalın ısı emici malzemelerden yapılmıştır. Yaşam alanlarının bitişik alanda güneş ısını alan bir tür dolaylı kazanç güneş sistemidir.



Şekil 2.11. Trombe duvarı

2.4.1.5. Geçişli Hava Paneli

Güneş enerjisini kullanarak, havalandırma yapan sistemdir. Termal Güneş paneli benzeri davranan, Güneş'e doğru delikli (perfore) bir duvardan meydana gelir. Bu panel, binada mevcut olan havalandırma sistemine önden bir ısıtma gerçekleştirir. Maliyeti yüksek olmayan bir sistemdir (<https://www.enerjiportali.com>).

2.5. Güneş Enerjisi Elektrik Teknolojisi ve Uygulamaları

Fotovoltaik Sistemlerin Tanımlanması: PV kısaltılmasının açılımı photo voltaic dir. Yani "Photo" ışık ve "Voltaic" elektrik anlamlarına gelmektedir. Bu terim; güneş ışığının hücreler ile elektrik enerjisine çevrilmesi için kullanılmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilmiş bir fotovoltaik sistem yeterli az bir ışık miktarı ile megawatt'larca elektrik üretimi yapabilir. İşletim ücreti, enerji kaynakları ya da makine çalışması gerekmeden ve hava kirliliği oluşmadan yalnızca güneş ışığı kullanarak elektriği üretilebilir (Altın, 2005). Fotovoltaik teknolojisi doğru akım üretir. Bu elektrik;

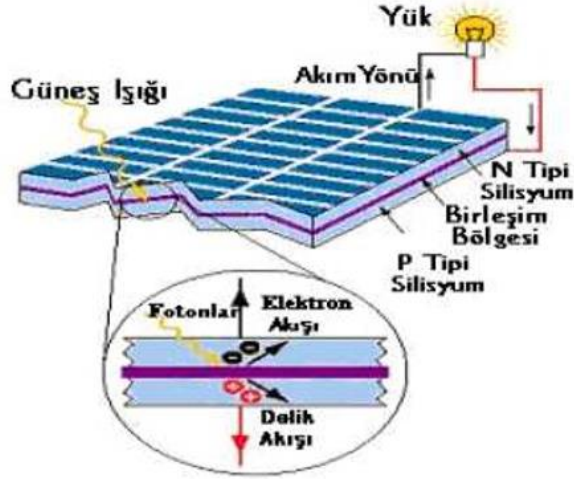
- DC gücü yani doğru akım ile çalışan cihazlarda,
- Gerekğinde kullanmak üzere DC depolaması yapılarak ya da AC yani alternatif akıma çevrilip AC ile çalışan cihazlarda kullanılabilir.

Yüzeyleri farklı şekillerde (kare, dikdörtgen) biçimlendirilmiş olan güneş pili alanı çoğunlukla 1m², kalınlığı 0,20 ile 4mm arasında olmaktadır. Güneş pili FV çalışma yapısına uygun üretimi gerçekleştirerek üzerine ışık düştüğünde pillerin ucunda elektrik gerilimi oluşur. Güneş pili yapılarına göre farklılık göstererek %5 ila %20 aralığında verim ile güneş enerjisi elektriğe dönüştürülebilir (<https://www.turksan.com>).

2.6. Güneş Pillerinin Çalışma Prensibi ve Uygulamaları

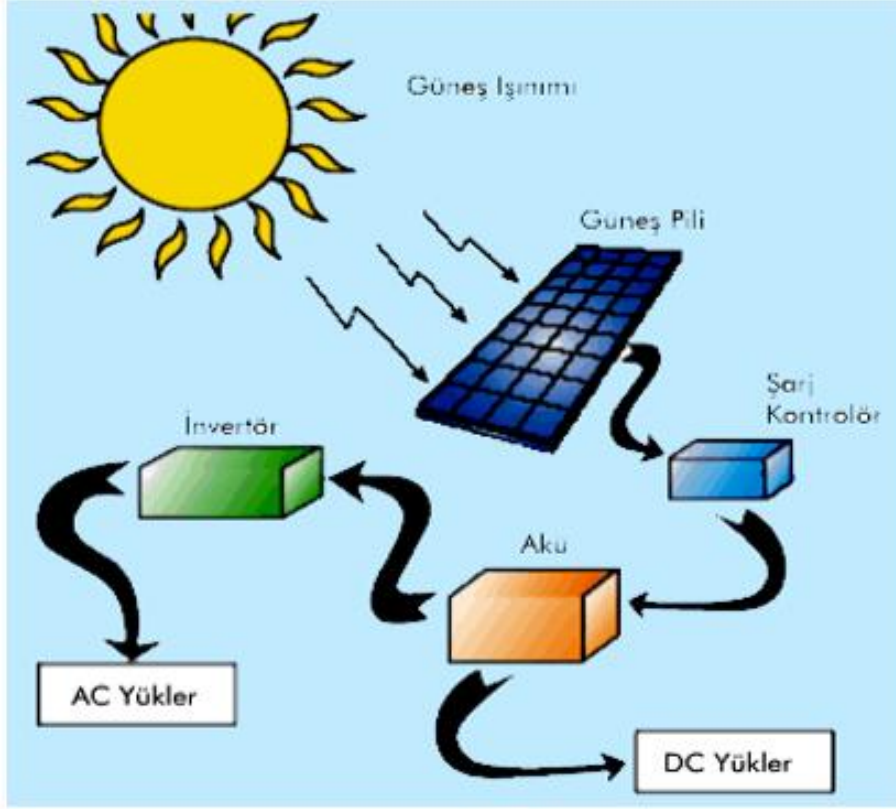
Yarı-iletken yapıya sahip olan cihazların güneş pili görevi yapabilmesi için n ya da p tipi katkılanmış yarıiletken yapılmış olmaları gereklidir. Örnek bir güneş pilinin yapısı Şekil 2.12'de görülmektedir. Katkılama, saf yarı-iletken maddenin eriyik

içerisine istenilen miktarda katkı maddesinin kontrollü bir şekilde eklenmesi ile yapılır. Elde edilmiş olan iletkenin n ya da p tipi olması katkı maddesinin yapısına bağlıdır (<https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-pilleri-nasil-calisir/10272>).



Şekil 2.12. Güneş pilinin yapısı

Elektrik enerjisinin gerekli olduğu tüm alanlarda güneş pilleri kullanılabilir. Güneş pili parçaları uygulamaya göre değişkenlik göstererek; akümülatörler, invertörler, düzenleyiciler, jeneratörler ve çeşitli elektronik destek devreleri ile kullanılıp fotovoltaj sistemleri oluştururlar (Şekil 2.13).



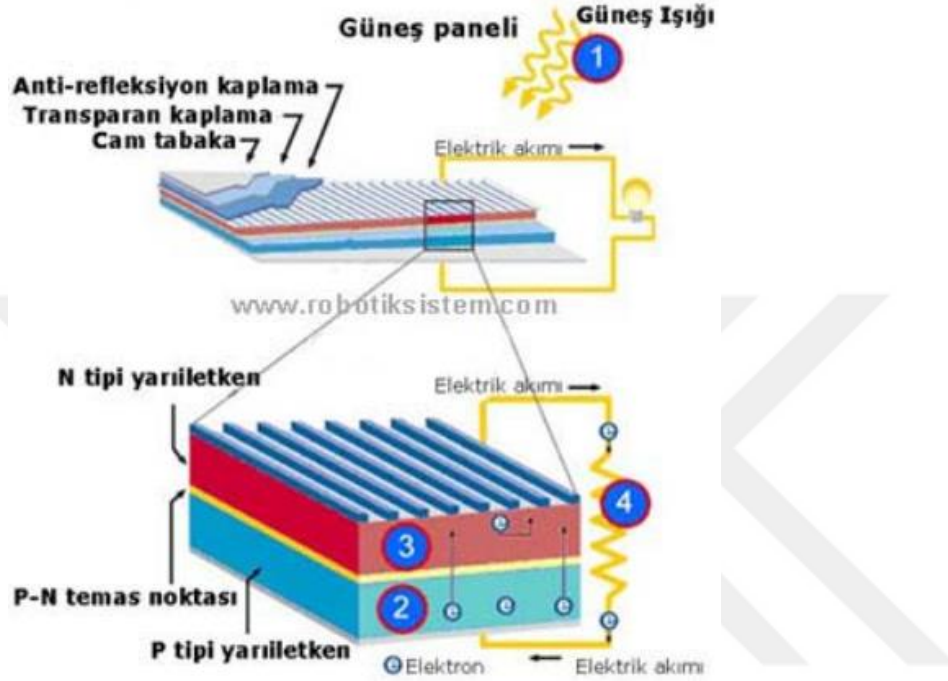
Şekil 2.13. Güneş pili sisteminin çalışması

Güneş panelleri çalışma prensibi olarak üzerine güneş ışını düştüğünde akım oluşturur. Panellerde günışığı sayesinde üretilen akım da bir kısmı aküler sayesinde kimyasal enerjiye dönüştürülerek depolanıp istenildiğinde kullanıma hazır halde bekletilir. Fotovoltaik sistemde, doğru (DC) ya da alternatif (AC) akımlar ile çalışan yükü besleme için, güneş enerjisi elektriğe dönüştürülür. Fotovoltaik piller ile üretilmiş olan elektrik doğru akıma sahiptir. Çalışması istenilen yük AC ile çalışıyor olsa da eviriciler DC-AC çevirimi için kullanılır.

Güneş pili hücrelerinde çatlama, kırılma ve enerji kaybının önüne geçmek için yansıma önlemek amacıyla kaplamalardan meydana gelir. Bu kaplamanın alt tarafında ise N ve P tip yarıiletken maddeler bulunur. Bu iki tipten oluşan maddeler yarıiletkenin eriyik haldeyken maddeyle orantılı olarak katkılandırılması ile oluşurlar.

Güneş pilinde yarıiletken madde tercihi genellikle polikristal silisyum olmaktadır. Güneş ışığı pil üzerine düşüp fotovoltaik hücreler ile birlikte absorbe edilmesi sağlanır.

Şekil 2.14' deki gibi Güneş ışığı P tipi yarıiletken maddeden elektron koparır. Enerji kazanan elektronlar N tipi yarıiletken maddeye doğru akarlar. Elektron devre ile aynı yönlü hareket ederek pili şarj etmede ya da farklı alanlarda kullanılabilir son olarak P tipi yarıiletken maddeye geri dönüşü gerçekleştirir (<https://www.normenerji.com.tr>).



Şekil 2.14. P-N eklemiminin çalışması

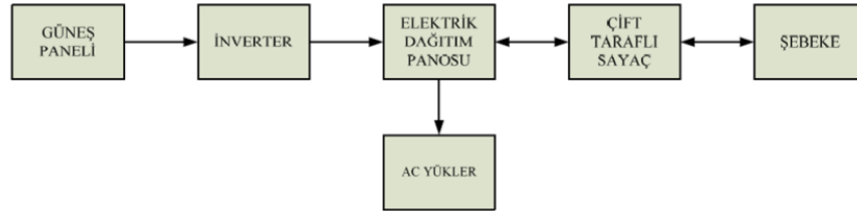
2.7. Güneş Takip Sistemleri

Fotovoltaik hücreye gelmiş olan günışığı bileşen olarak elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Gün boyu fotovoltaik parçalardan alınan enerjinin artırılması için güneş ışığının parçalara dik açı ile gelmesi sağlanmalıdır. Bundan dolayı güneş takibinin gerçekleştirilmesi için güneş takip sistemlerinin üst kısımlarına modüller konulur. Bu sayede panellerin bir veya iki eksen etrafında dönerek enerji üretiminin artması sağlanır. Genel olarak bu sistem, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğinde %30 ila %50 arasında artış sağlar. Bahsetmekte olduğumuz bu takip sistemleri tek ve iki eksenli olmak üzere ikiye ayrılır.

- Tek eksenli takip sistemi: Güneşin 24 saat süresince doğu ve batı ekseninde takibini gerçekleştirir.
- İki eksenli takip sistemi: Güneşin 24 saat süresince doğu ve batı ekseninde ayrıca sene boyunca da güney ve kuzey ekseninde takibini gerçekleştirir.

2.8. On-Grid (Şebekeye Bağlı) Sistemler

Şebekeye bağlı sistemlerin temel farkı, şebekeden bağımsız sistemlerde bulunan akü grubunun var olmamasıdır. Yani panellerin ürettiği fazla enerji depolanmaz ve direkt olarak şebekeye gönderilir. Yeterli enerji üretimi yapılmadığında ise şebekeden enerji alınır. Üretilen ve kullanılmayan fazla enerjiyi şebekeye aktarmak için uygun eviricinin olması gerekir (Alkan, 2014). Şekil 2.15'te on-grid sistem yapısı görülmektedir. Çift yönlü sayaç kullanılarak tüketim talebinin olduğu yerlerde farklı ekipman ve cihazlar enerjilendirilebilir (Ceylan, 2018). Şebeke bağlantılı sistemler, yüksek güçte santral boyutunda kurulabileceği gibi evsel ihtiyaç için daha küçük güçlü kurulumlar da gerçekleştirilebilir.

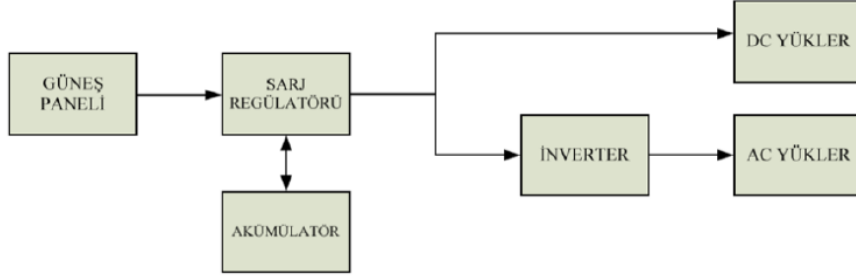


Şekil 2.15. On-grid sistem yapısı

2.9. Off-Grid (Şebekeden Bağımsız) Sistemler

Şebekeden bağımsız sistemler ise çoğunlukla şebekeye erişimin zor olduğu ortamlarda, yerleşim yerlerine yakın olmayan ve şebeke bağlantısının mümkün olmadığı bölgelerde farklı birçok enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılırlar. Genelde müstakil ev ihtiyacı gibi küçük kurulu güç gerektiren durumlarda kullanılırlar. Genel olarak güneş paneli, şarj kontrol cihazı, batarya sistemi, batarya eviricisi ve şebeke eviricisinden oluşmaktadır. Bunun kullanım amacı, akülerin aşırı şarj ve deşarj olmadan verimli ve etkin bir şekilde çalışması ve doldurulmasıdır. Şarj

kontrol cihazı, akünün doluluk durumuna göre akımı kesmektedir. Verimli bir sistem için güneş paneli gücü ile batarya kapasitesinin uygun olarak seçilmesi gerekmektedir (Alkan, 2014). Şekil 2.16’da off-grid sistem yapısı görülmektedir.



Şekil 2.16. Off-grid sistem yapısı (Alkan, 2014)










2.10. Akü Sistemleri

Genelde şebekeden bağımsız sistemler için kullanılan akü sistemleri, sistemdeki enerjinin depolanması için önemli bir unsurdur. Güneş panellerinden elde edilen enerji gün boyu bu akü sistemlerinde saklanır. Güneş enerjisinin yeterli olmadığı ya da gece saatlerinde kullanılmak üzere akülerde saklanan bu enerji, güneş ışığının panellere vurmasıyla beraber tekrar akülerde depolanmaya başlar. Hesaplanan sistem gerilimine göre akü yapılandırması yapılması gerekir. Şarj kontrol cihazlarının bünyesinde bulunduğu evirici yapılarında da dâhil olmak üzere, eviricilerin, şarj kontrol cihazlarının, panellerin ve akü sisteminin gerilim değerlerinin aynı düzeyde olması gerekir (<https://muhendistan.com/sarjkontrol-cihaz-nedir-nasil-secilir>).

Aküler, sisteme dâhil oldukları FV sistemlerde paralel ya da seri bağlantı şeklinde yapılabilirler. Çünkü yük dağılımındaki dengesizlik oluşumu akü ömürlerine olumsuz etki yapar. Akülerin çalışma sıcaklıkları da bir o kadar önemlidir, en iyi çalışma fonksiyonlarını +10-+30 °C arasında gösteren aküler, belirli bir sıcaklıkta ve kapalı ortamda tutulmaları gerekir. Şekil 2.17’de akü kıyaslamasına örnek teşkil edecek şekil

mevcuttur. Akü seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır, bunların başlıcaları şunlardır (Aksangör, 2019):

- Maliyet ve performans oranının yüksek olması.
- Bakım gereksiniminin düşük olması.
- Kullanım ömrünün makul olması.
- Düşük özdeşarj ve verim yüksekliği.
- Düşük şarj akımlarıyla da güç doldurulabilme.
- Dış darbelere karşı direnç.
- İnsan sağlığına ve çevreye zarar verecek özellikte olmama.

Akü	Maliyet	Ömür	DOD
Kurşun Asit			
Lityum			
Saltwater			

Şekil 2.17. Akü kıyaslaması

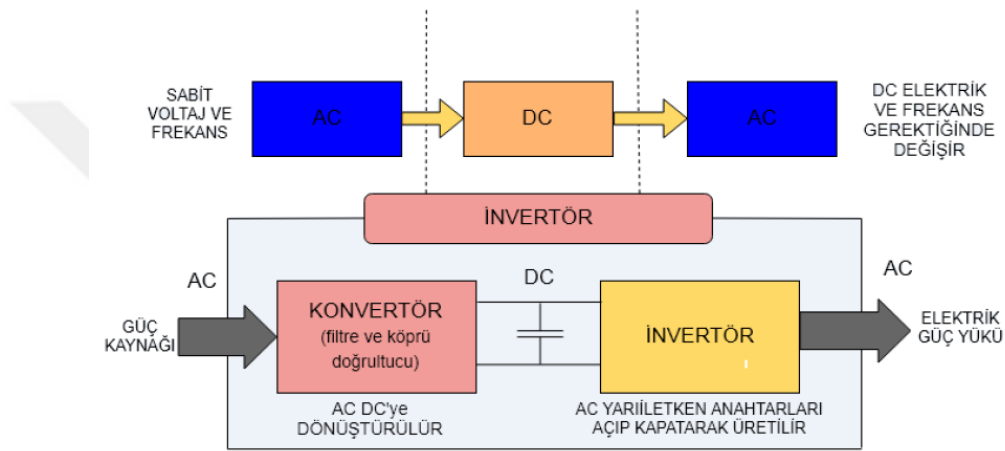
2.11. Eviriciler

Elektriksel bir güç dönüştürme elemanı olan evirici, günümüzde bilgisayarlarda kullanılan küçük güç kaynaklarından, elektrik dağıtım sistemlerine güç veren büyük sistemlere kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Evirici istenilen gerilim, güç veya frekans değerlerinde AC (alternatif akım) akım elde edilmesini sağlar. Şekil 2.18’de evirici yapısı görünmektedir.

Sistemde oluşan gerilimle akü arasında, doğru bir voltaj elde edilmesi için kullanılırlar. Uygulamaların yapılacağı sistemdeki tüm cihazlar çalıştırıldığı zaman

sistemin beslenebilmesi için maksimum güce yakın evirici seçilmesi gerekir. Eviriciler ayrıca aşağıdaki özellikleri sağlarlar (Özyiğit, 2019):

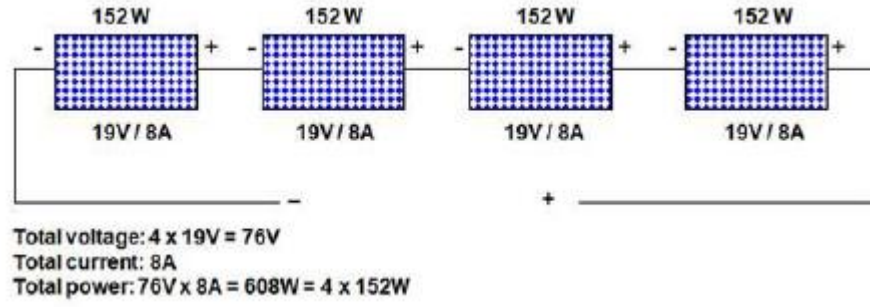
- FV modüllerden ya da aküden gelen DC gücü AC'ye çevirmek
- AC devir sıklığını ayarlamak
- Voltaj dalgalanmalarını azaltmak
- AC dalga şeklinin uygunlaştırmak



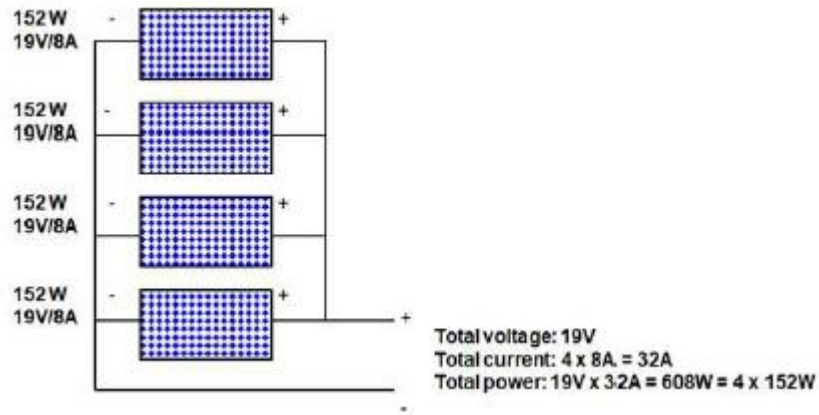
Şekil 2.18. Evirici yapısı (Özyiğit, 2019)

2.12. FV Panellerin Bağlanması

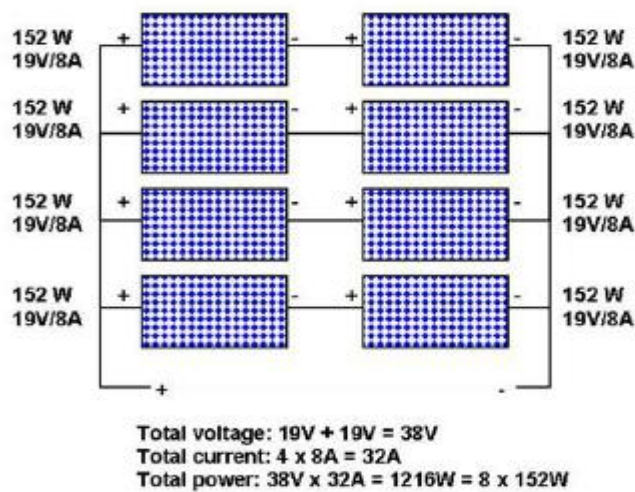
Piyasada birçok farklı markaya ait panel bulunmaktadır. Sistemler kurulurken farklı türde panellerin karıştırılması önerilen bir şey değildir, fakat önemli olan panellerin elektriksel değerleridir. Farklı panellerin tercih edilmemesinin nedenlerinden birisi de farklı performans seviyelerinde olmalarıdır. Güneş panellerini ne şekilde bağlanacağı ise; güneş paneli sisteminin türü, üretilmek istenen güneş enerjisi ve şarj kontrol cihazı, akü, evirici gibi sistemin diğer bileşenlerine bağlıdır. Paneller ya seri Şekil 2.19'daki gibi ya da paralel Şekil 2.20'deki gibi olmak üzere iki farklı şekilde bağlanabilirler. Gerilimin artırılması istendiğinde, paneller seri, akımın artırılması istendiğinde ise paralel bağlanması gerekir. Fakat hem yüksek akım hem yüksek gerilim isteniyorsa, karışık bağlama Şekil 2.21'deki gibi de yapılabilir.



Şekil 2.19. Seri panel bağlantısı



Şekil 2.20. Paralel panel bağlantısı



Şekil 2.21. Karma panel bağlantısı

Paneller için geçerli olan bağlantı değerlendirmeleri aynı şekilde akü sistemleri içinde geçerlidir. Fakat akülerin bağlantısı yapılırken, fiziksel olarak birbirleri arasında mesafe bulundurulması gerekir (<https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/solar-aku-nedir-cesitleri-nelerdir>).

2.13. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye’deki güneş enerji haritasını incelediğimizde, temel enerji kaynağımız olan güneşi endüstriyel alanda da verimli bir şekilde kullanabileceğimiz gözükmektedir. Yapılan araştırmalara göre güneş 5 milyar yıl aynı şekilde enerji vermeyi sürdürecektir.

Enerji Bakanlığı'nca hazırlanan Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre senelik toplam güneşlenme saati 2,737 (günlük olarak 7.5 saat), senelik toplam 1,527 kWh/m².yıl (günlük olarak 4.2 kWh/m²) olduğu hesaplanmıştır.

TEİAŞ, 2021 Aralık Ayı Kurulu Güç raporuna göre Türkiye’de Güneş enerji santrallerinin kurulu gücü 7815,6 MW’dır. Toplam güneş enerji santral sayısı da 8389 olarak belirtilmiştir (GENSED, 2021).

Türkiye’de aylara göre güneşlenme sürelerini incelediğimizde en az güneş alan ay olarak Ocak ve Aralık olduğunu gözlemlemekteyiz (Tablo 2.4). Karadeniz Bölgesi dışındaki bölgelerin güneşlenme süresi değerleri dikkate alınarak yapılan hesaba göre yılda birim metre kareden 1.100 kWh'lik enerji üretmek mümkündür. Türkiye’de yıllık toplam güneşli saat miktarı ise 2.640 saattir. Tablo 2.5’te Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli değerleri mevcuttur.

Tablo 2.4. Türkiye’de aylara göre güneşlenme süreleri



Tablo 2.5. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi(kWh/yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
G.Doğu Anadolu	1.460	2.993
Akdeniz	1.390	2.956
Doğu Anadolu	1.365	2.664
İç Anadolu	1.314	2.628
Ege	1.304	2.738
Marmara	1.168	2.409
Karadeniz	1.120	1.971

Türkiye Güneş Enerjisi üretimi incelendiğinde Tablo 2.6’ dan da görüldüğü gibi ilk 10’da bulunan Konya Karapınar YEKA-1 GES, Ankara Naturel & Esenboğa Enerji GES, Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali, Van Arısu GES üretim açısından en verimli santrallerdir.

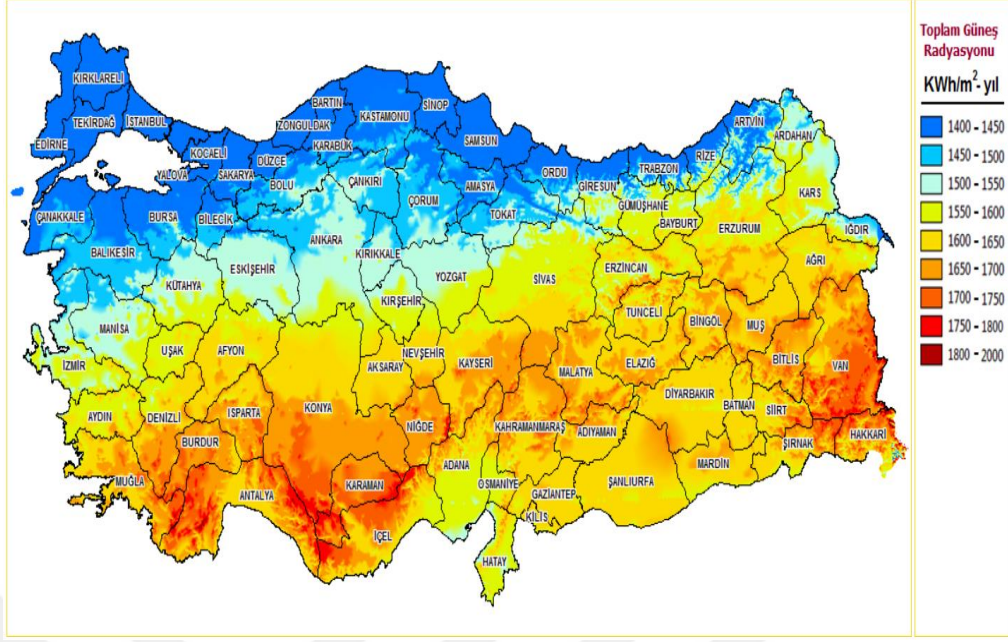
Tablo 2.6. Türkiye’deki en fazla güç üreten ilk 10 güneş enerjisi santrali

Sıra	Santral	İl	Kurulu Güç
1)	Karapınar YEKA-1 GES	Konya	619 MW
2)	Naturel & Esenboğa Enerji GES	Ankara	118 MW
3)	Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	50 MW
4)	Van Arısu GES	Van	45 MW
5)	Özkoyuncu Madencilik Balıkesir GES	Balıkesir	40 MW
6)	Kıvanç 2 GES	Mersin	35 MW
7)	Teksin Enerji GES	Karaman	33 MW
8)	Cıngıllı GES	Niğde	26 MW
9)	Akseki Büyükkalan GES	Antalya	23 MW
10)	Fernas 4 GES	Burdur	20 MW

2.13.1. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

Ülkemiz, coğrafi konumundan dolayı güneş enerjisi yani güneşlenme süresi açısından birçok ülkeye göre daha avantajlı bir durumdadır. “Güneş Enerjisi Potansiyel Belirleme Çalışması” adı altında hazırlanmış olan atlas ile ülkemizde yapılan güneş enerjisi çalışmaları için en uygun alanların nereler olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ülkemiz güneş kuşağı içerisinde bulunmakta olup güneş enerjisi açısından önemli bir potansiyel güce sahiptir. Bu potansiyel elektrik üretiminde de kullanılmak amacı ile GEPA (Şekil 2.22) hazırlanmış olup Genel Müdürlük internet sitesi üzerinden güneş ile ilgili çalışma yapacak kişilerin hizmetine açıktır (<https://www.zafer.org.tr>).



Şekil 2.22. Güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA)

2.13.2. Türkiye’de FV Panel Üretimi ve Üreticileri

Türkiye’de 2021 itibarıyla güneş panelleri hakkında üretim gerçekleştiren 16 adet PV Solar Güneş Paneli mevcuttur. Tablo 2.7’de Panel firmaları ticari unvanları ve kısaltmalarından bahsedilmiştir (<https://solaravm.com/solar-gunes-paneli>).

Tablo 2.7. Panel firmaları (PV Panel Üretim Raporu, Stantec, 1 Eylül 2020 Raporu)

Firma Ticari Unvanları	Firma Kısaltmaları
Alfa Solar Enerji İnşaat Sanayi ve Tic. A.Ş.	Alfa Solar
Ankara Solar Enerji İnşaat A.Ş.	Ankara Solar
CW Enerji Mühendislik Ticaret ve Sanayi A.Ş.	CW Enerji
Elin Elektrik İnşaat Müşavirlik Proje Taahhüt Tic. ve San. A.Ş.	Elin Enerji
Gazioğlu Solar Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Gazioğlu Solar
GEST Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.	GEST Enerji
GTC Güneş Sanayi ve Ticaret A.Ş.	GTC
2H Enerji ve Yatırım A.Ş.	2H Enerji
HT SOLAR Enerji A.Ş.	HT Solar
Mirsolar Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Mirsolar Enerji
Ödül Enerji Taahhüt İnşaat Sanayi Ticaret A.Ş.	Ödül Enerji
Parla Solar Hücre ve Panel Üretim A.Ş.	Parla Solar
Seha Mühendislik Müşavirlik Ticaret ve Makina Sanayi A.Ş.	Seha Solar
Schmid-Pekintaş Güneş Enerji Sistemleri San. ve Tic. A.Ş.	Schmid-Pekintaş
Smart Güneş Enerjisi Teknolojileri ArGE Üretim San. ve Tic. A.Ş.	Smart Güneş
Solarturk Enerji Sanayi Ticaret A.Ş.	Solarturk

Türkiye’de 2021 tarihinde 60 hücreli ve 72 hücreli paneller üretimi yapılmış ve bu panellerin çıkış güçleri 60 hücreli paneller için 315-335 Watt; 72 hücreli panellerde 380-405 Watt olarak hesaplanmıştır. Panel verilerinde (datasheets) verimlilik olarak geçen “efficiency” değerleri verimliliği vermekte olup 60 ve 72 hücreli panellerinin verimlilikleri çok benzerlik göstermektedir. Şekil 2.23’te görüleceği üzere güneş panellerinde 72 hücrelilerin 2m boy, 1m eni olmakta olup; bu 60 hücreli panellerde 1,65m boy, 1m en olarak üretilmektedir (<https://cw-enerji.com/tr/product/cw-enerji-455-watt-144-percmono-half-cut-multi-.html>).



Şekil 2.23. 60 hücreli paneller ile 72 hücreli paneller

Bu panellerde kullanılan hücreler 158,75mm olup; dünyada artık bu boyutta hücre üretimi gerçekleştirilmemektedir. 166mm'lik güneş panellerinde, 30 ve 60 hücreli güneş panellerinde 360-375 Watt güçler; 72 hücreli güneş paneli ise 430-445 Watt'dır.

2.14. Güneş Paneli Çeşitleri

Solar Panel, güneş enerjisinden elektrik üretmek için satın alınan ilk malzemedir. Piyasada çok çeşitli solar paneller vardır (<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>)

2.14.1. Monokristal Güneş Panell

Güneş enerjisi paneli türlerinin arasında en verimli olanıdır. Bu güneş paneli diğerlerinden farklı olarak küçük alanda büyük enerjiyi açığa çıkarır ama monokristalin diğer panellere göre dezavantajı diğer güneş panellerine kıyasla maliyeti yüksektir.

Monokristal güneş panelinde bulunan hücrelerin verimliliği yaklaşık olarak %24'tür. Bu verim değeri piyasadaki güneş enerji panelleri ile kıyaslandığında çok yüksektir.

Şekil 2.24’ de Monokristal güneş paneli örneği mevcuttur. Monokristal panelinin elektrik üretmesi bakımından kullanım ömrü daha uzundur. Ayrıca bu panel sıcak iklime sahip yerlerde yüksek verimli çalışmaktadır.



Şekil 2.24. Monokristal güneş paneli

2.14.2. Polikristal Güneş Paneli

Polikristal güneş paneli (Şekil 2.25) verim ve birim maliyet açısından diğer panellere göre dengelidir. En düşük maliyetli güneş panelidir. Çoğu güneş enerji santralinde polikristal güneş panelleri tercih edilmektedir. Ek olarak havada oluşan ısı farklılıklarından monokristal panellere göre daha az etkilenir.

Polikristal güneş panelinin verimlilik oranı %15 civarlarındadır. Polikristal güneş paneli, alan olarak çok yer kaplar ve az enerji üretimi gerçekleştirir.



Şekil 2.25. Polikristal güneş paneli

2.14.3. Esnek Güneş Paneli

Esnek güneş paneli (Şekil 2.26), birçok alanda kullanılabilen güneş panelidir. Bu güneş panelleri esnek bir yapıya sahiptir. Bu yapısından dolayı güneş panellerinde kırılma olayı olmaz ve dayanıklılıkları yüksektir.

Bu tip güneş panelleri yapısı itibarı ile hem monokristal hem de polikristal panel olarak üretilmektedir. Bundan dolayı verimlilik oranları da değişkenlik göstermektedir.

Esnek güneş paneli, diğer panellere kıyasla hafif bir yapıya sahiptir. Sebebi ise bu panellerde alüminyum çerçeve ve tamperli cam bulunmamasıdır. Kullanım yeri olarak kubbe tarzı çatılar için uygundur. Esnek güneş panellerinin düz çatılara kurulumu gerçekleştirilememektedir.

Kullanım alanları çok çeşitlidir. Örneklendirecek olursak şarjla çalışan araç ve deniz araçları, otobüs durakları, eğimli fabrika çatıları, eğimli otopark gölgelikleri, v.b.



Şekil 2.26. Esnek Güneş Paneli

2.14.4. İnce Film Güneş Paneli

İnce film güneş panelleri (Şekil 2.27), güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrim alanında en küçük orana sahip paneldir. İnce film güneş panellerinin tercih edilmeme sebebi verimlerinin çok az olmasıdır.

Ayrıca bu paneller alan olarak çok yer kaplamaktadır ama bu kadar alan kaplamasına karşın alan-verim ilişkisi açısından performansı kötüdür.

Bu panelin verimlilik oranı yaklaşık %7'dir. Bu panellerin tercih sebebi daha çok şık bir tasarıma sahip olmasıdır. Ayrıca, yüksek ısı değişimlerine ve gölge gibi durumlarda düşük bir etkilenme gösterir.



Şekil 2.27. İnce film güneş paneli

2.15. Baz İstasyonu

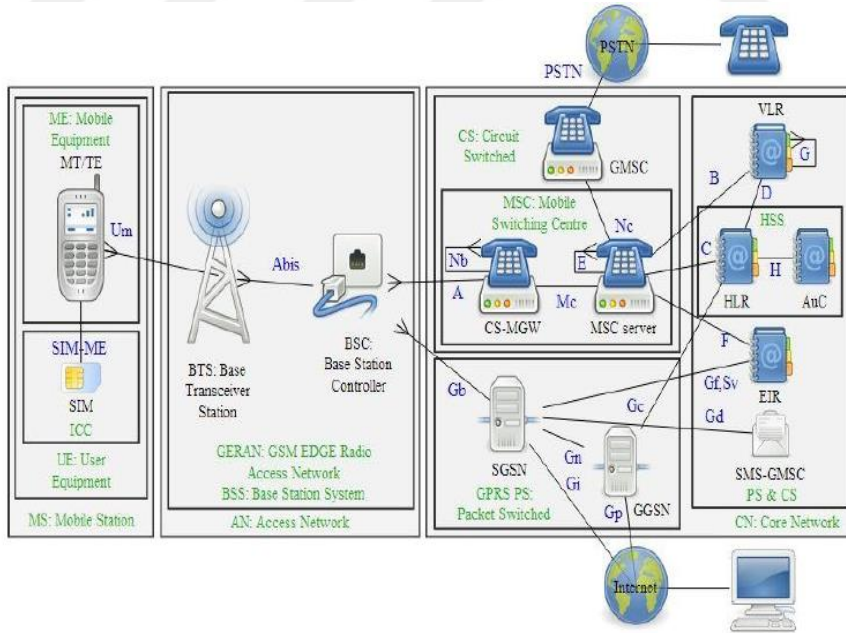
Baz istasyonları, çift taraflı mobil ağ sistemlerinde yayın yapan birimlerdir. Radyo sisteminde olan antenden farklılık göstererek, baz istasyonları sinyali alıp gönderme işlemini gerçekleştirebilir. Baz istasyonları iki adet antenden meydana gelir. Günümüz tarihinde baz istasyonlarının farklı yönlere doğru farklı güçlerle yayını gerçekleştirme yetkinliğine sahip tevcihli antenler tercih edilir. Çevrede bulunanların dikkatini çekmemek için, baz istasyonları gizlenmiş olarak ya da farklı şekillerde görünebilir.

Baz istasyonları telefon ile haberleşirken elektromanyetik sinyaller yayınlayan ya da alan bir anten ve radyo vericisi alıcısıdır.

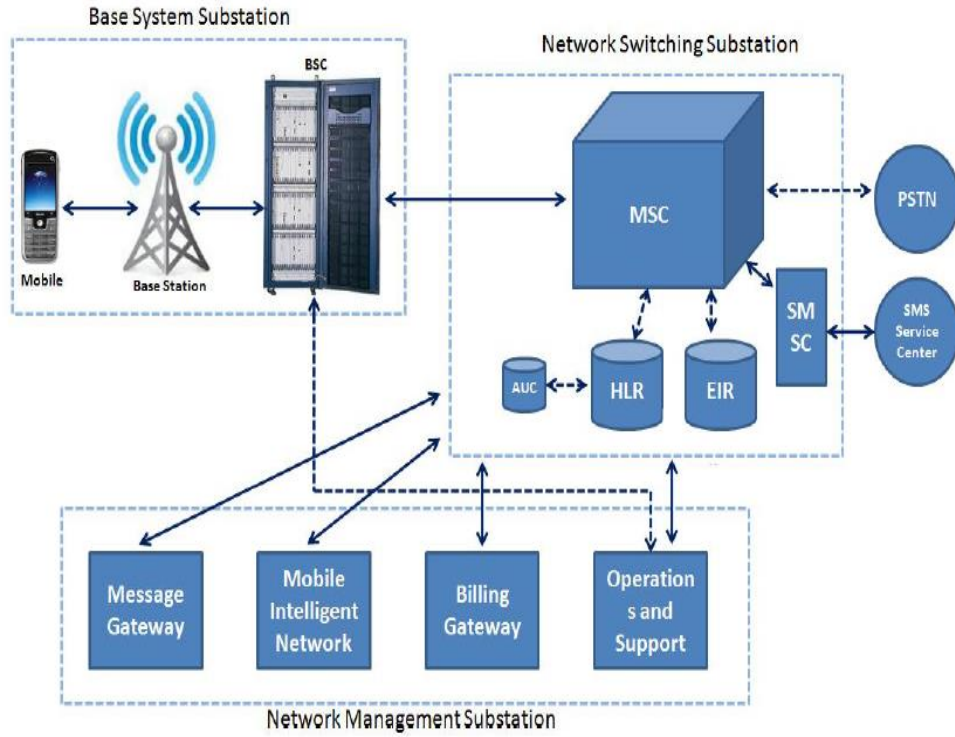
BTK Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun yönetmelik maddesine göre, baz istasyonlarında belirlenmiş güvenlik mesafesindeki cihaz başına düşen elektrik alanı sınır değeri 900 MHz için 10,26 V/m'yi, 1800 MHz için 15.1 V/m'yi geçemez (<https://www.2aenerji.com/bazistasyonlari.php>).

2.15.1. Baz İstasyonu Çalışma Prensibi

Mobil İletişim İçin Küresel Sistem (Global System for Mobile Communications) ya da kısacası GSM bir mobil iletişim protokolüdür. GSM, hücresel ağı kullanıp dolaşma anında hücrelerin kendi arasında geçiş yapabilmektedir. Dolayısı ile teoride kapsamadan çıkılmazsa cep telefonu ile dünyanın her yeri ile telefon konuşması yapmak mümkün olmaktadır. Şekil 2.28 de GSM çalışma prensibi verilmiştir. Mobil şebekede sistem birçok hücrenin kesişmesinden oluşmuştur. Anahtar sistem bağlantıları ve konuşma bittiğinde kapanmasını sağlar, aynı zamanda telefon sistemiyle birlikte mobil telefon sistemi arasında protokol iletişimi gerçekleştirir. Baz istasyonları; alıcısı, vericisi ve güç ünitelerinden oluşan kabiniyle sinyallerin yayılması için kuleler, direkler, çatılar, bina yüzeyleri gibi yerlerde kurulmuş olan anten birimlerinden oluşan ve mobil telefonlar ile haberleşme gerçekleştiren sistemlerdir. Baz istasyonları, mobil cihazlar ile iletişim gerçekleştirme amacıyla kurulur. Kapsama alanı dışında yani baz istasyonlarının olmadığı noktalarda mobil cihaz ile iletişim kurulamaz. Şekil 2.29’da bir baz istasyonunun çalışma sistemi görülmektedir.



Şekil 2.28. GSM çalışma prensibi (Ütükler, E. ,2020)



Şekil 2.29. Baz istasyonunun çalışma sistemi

2.15.2. Türkiye’deki Güneş Enerjisiyle Çalışan GSM Sistemleri

Türkiye’de çalışmamıza örnek olarak gösterebileceğimiz 4 adet GSM sistemini ele aldık.

2.15.2.1. Turkcell Enerji Veri Merkezi Carport

Turkcell ile Kontek Enerji’nin ortak çalışması olan Ankara Veri Merkezi’nde hayata geçirdiği otopark projesi Carport güneş enerji santrali ile kendi enerji üretimini gerçekleştiriyor.

Bu projede kullanılan PV paneller, Monokristal Perc tabanlı olup 310 W büyüklüğe ve 1,65 metrekarede yaklaşık yüzde 20’ye yakın bir standart test şartlarına sahiptir. Bu paneller artık dünyada kendini ispatlamış durumdadır. Monoperc teknolojisi özellikle PV panellerde howard teknolojisiyle birlikte bugünün teknolojisi haline gelmiş durumdadır. İnverter olarak ise GoodWe markasına ait 60 kilovatlık dizi inverterler tercih edilmiştir. Şekil 2.30’da Turkcell Carport görünmektedir.



Şekil 2.30. Turkcell Carport

2.15.2.2. Türk Telekom Ağrı Güneş Enerjili Baz İstasyonu

Erzurum Bölge Müdürlüğü'nün hizmet alanında bulunan Ağrı'nın Taşlıcaay ilçesi Güneysöğüt Mahallesi'nde meralık alanda, GES ile çalışan baz istasyonu kurulmuştur. Türk Telekom, 50 metre yüksekliğinde ve 7 köye hizmet veren güneş enerjisiyle çalışan baz istasyonu sayesinde bölgede bulunan köylerin iletişim kalitesini arttırmış oldu.

Türk Telekom Ağrı'da kullanıma aldığı Şekil 2.31'de gördüğümüz baz istasyonu sahasında GES kullanıldı. Bu baz istasyonunda 48 adet güneş paneli ile 295 W güce ulaşıldı. Türkiye genelinde yenilenebilir enerji sistemlerinin toplam kurulu gücü 2,3 MW olan Türk Telekom, bu projeler ile birlikte temiz ve millî kaynaklara katkı sağlamayı ve Türkiye'de diğer uygun alanlara da benzer GES kurulumunu arttırmayı hedeflemektedir.



Şekil 2.31. Türk Telekom Ağrı GES

2.15.2.3 Vodafone Adana Bulut Teknoloji Merkezi Güneş Enerjisi Santrali

Adana Bulut Teknoloji Merkezi için bir yatırım gerçekleştiren Vodafone, 4 milyon TL yatırım bedeliyle çatı üzeri GES projesini hayata geçirdi. Şekil 2.32’ de görülen proje yıllık elektrik ihtiyacının yüzde 20’sini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayacak ve yılda ortalama 768 bin kWh elektrik üretimi gerçekleştirecektir. 10 yılda ise toplam üretimin 7,4 milyon kWh’e ulaşması bekleniyor. Şekil 2.32’de Vodafone Adana Teknoloji Merkezi’ni görmekteyiz.



Şekil 2.32. Vodafone Adana Teknoloji Merkezi

2.15.2.4. Vodafone İstanbul Teknoloji Merkezi Güneş Enerjisi Santrali

Vodafone, Esenyurt Teknoloji Merkezi'nde Şekil 2.33'te görünen toplam 3,2 milyon TL'lik yatırımla gerçekleştirdiği çatı tipi güneş enerjisi sistemi ile 475 kWp kurulu güce ulaşmıştır. Bu proje, Türkiye ve Vodafone Grubu içerisinde teknoloji merkezinde kurulmuş olan en büyük kapasiteli güneş enerjisi santrali olma özelliğine sahiptir.



Şekil 2.33. Vodafone İstanbul Teknoloji Merkezi

Çatı üzerine kurulu sistem olarak tasarlanmıştır.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Fotovoltaik sistemlerdeki uygulamalar birçok farklı kategoride olabilmektedir. Literatürde fotovoltaik sistemlerin pek çok uygulama alanı karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen ve araştırılan çalışmalar içinde, genel anlamda güneş enerjisi ve güneş sistemleri, ekonomik fizibilite çalışmaları ve maliyet analizleri, fotovoltaik sistemlere ait simülasyon programlarına ilişkin çalışmalar, güneş enerjisi santrallerinin teknolojik ve ekonomik analiz çalışmaları yer almaktadır (Alkan, S.). FV sistemlerin programlar yardımı ile performans analizleri, güneş enerjisi uygulamalarının çeşitli bölgelerdeki örnekleri gibi birçok çalışma göze çarpmaktadır.

Literatür taraması yapıldığında, baz istasyonlarının enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında fotovoltaik sistemlerin kullanılması üzerine çalışmaların azlığı oldukça dikkat çekmektedir ve tez çalışmamızın konusunu belirleyen ana etmenlerden biri olmuştur.

Yenilenebilir kaynaklar arasında en yüksek potansiyele ve kaynağa sahip olan güneş sistemlerine ilişkin çalışmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Aslanbaş (2020), yaptıkları çalışmada Isparta ili sınırları içinde güneş enerjisi ile beslenen örnek bir baz istasyonu sistemi tasarlamışlardır. Sistemin akü kapasitesi ve panel sayısı belirlenerek maliyet analizi yapılmıştır. Baz istasyonlarında güneş enerjisi ile FV kullanımı halinde sistem maliyetinin yüksek olduğunu ancak güneşlenmenin yoğun olduğu yaz aylarında FV sistemlerin kullanımıyla baz istasyonunun enerji maliyetinde yaklaşık %41 oranında bir tasarruf sağlandığını belirtmişlerdir.

Grozdev (2010), yenilenebilir enerji kaynakları arasında yüksek potansiyele sahip olması nedeniyle, güneş kaynaklı üretim sistemlerine yönelik olan kaynakların değerlendirilmesi ve bunlara ilişkin bazı önerilerde bulunmuştur. Buna bağlı olarak, güneş kaynaklı bir sistemin hesaplamasını gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplama çekirdek ailenin kullandığı bir evin elektrik ihtiyacını karşılayabilmesi göze alınarak ortaya konmuştur.

Ceylan (2017) yaptığı çalışmada, fotovoltaik sistemlerle ilgili simülasyon programlarında, Güneş Enerjisi Santrali (GES)'nin genel karakteristiğinin görselleştirilmesi ve buna ilişkin simülasyon sonuçlarının doğruluk derecesinin incelenmesini amaçlamıştır.

Gündüz (2019) yaptığı çalışmada, Türkiye'deki enerji üretim yöntemleri ve bunlara ilişkin olan üretim paylarına değinmiş, bu üretim yöntemleri arasından güneş enerjisinin ülkemizdeki yeri, payı ve potansiyelini ele alarak güneş enerjisi santralının kurulumundaki süreçleri anlatarak teknolojik ve ekonomik analizi gerçekleştirmiştir. Gündüz, güneş enerjisine ilişkin teorik hesaplamaların gerçeğe yakın olabileceğini bu çalışmasında ortaya koymuştur.

Özgören (2019) yaptığı çalışmada, Konya ili bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerjisinden üretilebilecek olan enerjinin analizini yapmıştır. Yaptığı çalışmada, elde edeceği enerjinin %97,4'ünü FV panellerden sağlayarak, güneş panellerinin etkisini büyük ölçüde ortaya koymuştur.

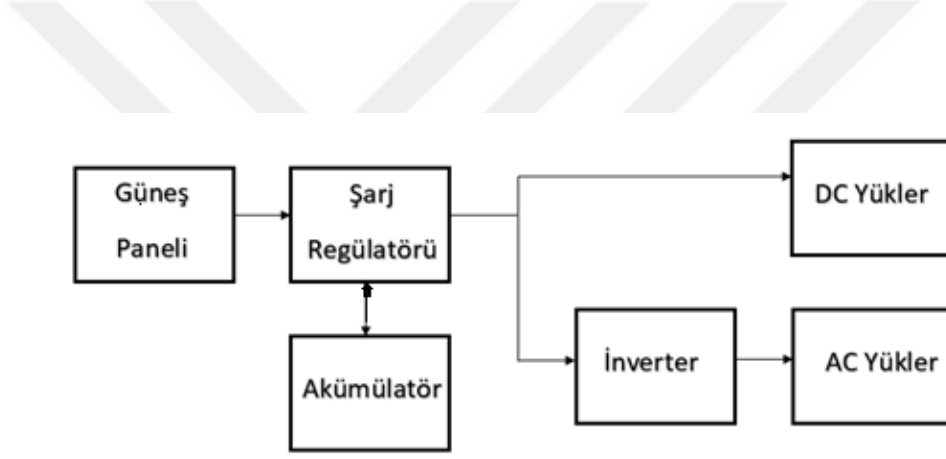
Alkan (2014) Düzce ili için bir evin enerji ihtiyacının fotovoltaik sistemlerle karşılanması durumunda projelendirme, matematiksel analiz ve fizibilite çalışmalarını ortaya koymuş, şebekeden bağımsız ve güneş takibi yapan bir sistem tasarlamıştır.

Ütükler (2020), yaptığı çalışmada baz istasyonları enerji ihtiyacını analiz ederek, bu ihtiyacın güneş enerjisinden karşılanması durumunda teknik ve ekonomik analizini yapmıştır. Elektrik şebekesi kapasitesinin yeterli gelmediği bölgelerde, baz istasyonu enerjisinin şebeke aracılığı ile karşılanmış olan sistemleriyle hibrit güneş enerjisi sistemleri karşılaştırılıp, hibrit olanların ekonomik ve teknik açıdan sunduğu avantajlardan bahsedilmiştir.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Sistem Tasarımı

Güneşten enerji alan güneş panelleri şarj regülatörü ile çevrilip bir kısmı akümülatöre ve DC yüklere bir kısmı ise çevirici yardımı ile AC yükler için enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Bu tez çalışmasında seçilen iki bölgede bulunan GSM baz istasyonları için, istasyonlarının ihtiyaç duyduğu enerjinin belirlenmesi ve bu ihtiyacın güneş enerjisinden karşılanması amaçlanmıştır. Şekilde 4.1'de enerjisini güneş panellerinden alan bir off-grid sistemin şeması vardır.



Şekil 4.1. Şebekeden bağımsız planlanan sistemin genel yapısı

4.2. Sistem Alanı Bilgisi ve Çalışma Prensibi

Yaptığımız bu çalışmada, Çorum ili sınırları içinde seçilmiş kırsal alanda ve şehir merkezinde bulunan iki GSM baz istasyonu için; sistemlerin enerji gereksinimlerinin FV sistemlerden sağlanması durumunda, sistem için gerekli FV paneller, bataryalar ve şarj regülatörleri gibi sistemin ihtiyaç duyacağı kapasitenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hesaplamalar yapılırken sistemin en az güneşlenme süresine sahip olacağı aralık ayı değerleri dikkate alınmıştır. Ayrıca mevsim koşulları gereği kışın klima kullanımına ihtiyaç olmayacağından, dikkate alınacak enerji de klima gücü hesaba katılmamıştır. Sistem güneşlenme süresi haricinde akü ile beslenecektir.

4.3 Baz İstasyonu Tüketim Verileri

Çalışmamızda incelediğimiz kırsal alan (Gökören) ve şehir merkezi baz istasyonlarına ait 2020 yılı tüketim verileri ve bu verilerin karşılığında ödenmiş olan elektrik faturaları Tablo 4.1 ve 4.2 'de belirtilmiştir.

Tablo 4.1. Gökören baz istasyonu 2021 yılı tüketim verileri

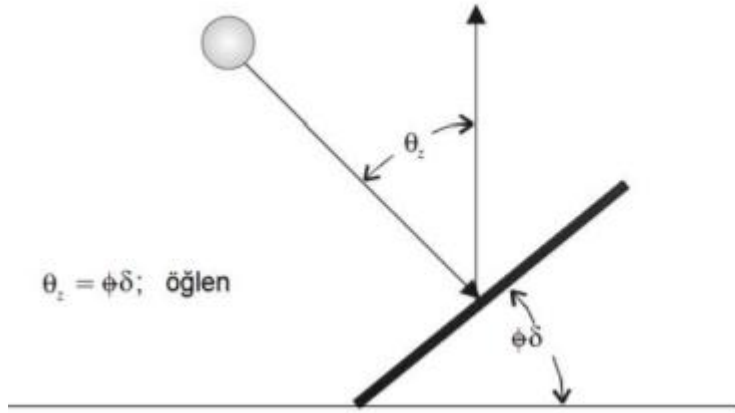
AY	AYLIK TÜKETİM (KWh)	Tutar (TL)
Ocak	2530	5566
Şubat	2570	5654
Mart	2550	5610
Nisan	2560	5632
Mayıs	3615	7953
Haziran	3620	7964
Temmuz	3380	7436
Ağustos	3395	7469
Eylül	3450	7590
Ekim	2560	5632
Kasım	2570	5654
Aralık	2510	5522

Tablo 4.2. Merkez baz istasyonu 2021 yılı tüketim verileri

AY	AYLIK TÜKETİM (KWh)	Tutar (TL)
Ocak	5450	11990
Şubat	5500	12100
Mart	5600	12320
Nisan	5625	12375
Mayıs	5750	12650
Haziran	6500	14300
Temmuz	7000	15400
Ağustos	7300	16060
Eylül	6800	14960
Ekim	5900	12980
Kasım	5760	12672
Aralık	5400	11880

4.4. Güneş Paneli Eğim Açısının Hesaplanması

Fotovoltaik sistemlerde, güneş panellerinin konstrüksiyon ile sabit eğik olduğu sistemlerde, güneş panellerinin yatayda güneş ışınlarına karşı yaptığı açı, panellerden maksimum verimin alınabilmesi için çok önemlidir. Güneş ışınlarının en dik geldiği zamanlarda, panellerin zeminle yaptığı açı hesaplanmalı ve paneller o şekilde monte edilmelidir, bu sayede panellerin katalog değerlerine maksimum düzeyde erişilmiş olur. Yıllık enerji üretimini en üst düzeye çıkarmak için, optimum eğim açısı konumun enleminin yaklaşık %90'ı kadardır ve optimum azimut kuzey yarım küre için gerçek güney ve güney yarımküre için gerçek kuzeydir (Messenger ve Ventre, 2003). Şekil 4.2'de panel montaj açısı ile ilgili çizim bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Panel montaj açısının optimize edilmesi (Messenger ve Ventre, 2003)

Dolayısıyla, θ , panellerin yerleştirileceği konumun enlemi olarak baz alınır, en iyi ortalama yaz performansı için, paneller yaklaşık olarak $\theta-15$, en iyi ortalama kış performansı için, paneller yaklaşık olarak $\theta+15$, optimum ilkbahar ya da son bahar performansı veya optimum yıllık performans için, paneller $0.9 \times \theta$ açısıyla yerleştirilmelidir. Yani yıllık enerji üretimini en üst düzeye çıkarmak için uygun değer

eğim açısı konumun enleminin yaklaşık %90'ı kadardır ve uygun değer azimut kuzey yarım küre için gerçek güney ve güney yarımküre için gerçek kuzeydir (Messenger ve Ventre, 2003).

Şekil 4.2'de panel montaj açısı ile ilgili çizim bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, bu tez çalışmasında kırsal bölgede referans alınan yapının enlem ve boylam bilgileri 40.221683° 35.0065130° şeklinde olduğundan, maksimum verim için gerekli olan panel yerleştirme açısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$40.221683^{\circ} \times 0.9 = 36.2^{\circ}$$

Buna göre paneller 36.2° lik açı ile güneye doğru yerleştirilmelidir.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında biri kırsal bölge diğeri şehir merkezi olmak üzere iki farklı GSM baz istasyonu seçilerek, önce bu baz istasyonlarının ihtiyaç duyduğu güç değerleri belirlenip sonrasında bu gücün fotovoltaik sistemlerle karşılanması durumunda gerek duyulan sistem hakkında gerekli analizler yapılmıştır.

5.1. İstasyon I: Kırsal Güneş Enerjili Baz İstasyonu (Gökören)

Çorum ili Alaca ilçesinde bulunan Gökören köyü (Enlem: 40.221683°Boylam: 35.005130°) kırsal alanı ilk istasyon noktasıdır. Bu nokta TT GSM operatörüne ait baz istasyonudur (TT MOBİL A.Ş.,2020). İstasyon I'nın konumu Şekil 5.1' de, istasyona ait teknik bilgiler Tablo 5.1'de verilmiştir.



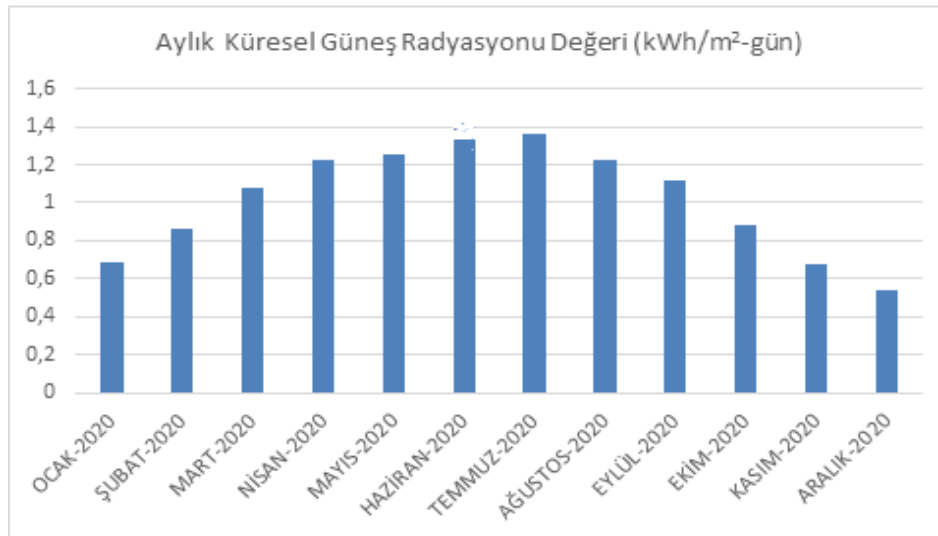
Şekil 5.1. İstasyon I konumu

Tablo 5.1. İstasyon I' e ait teknik bilgiler

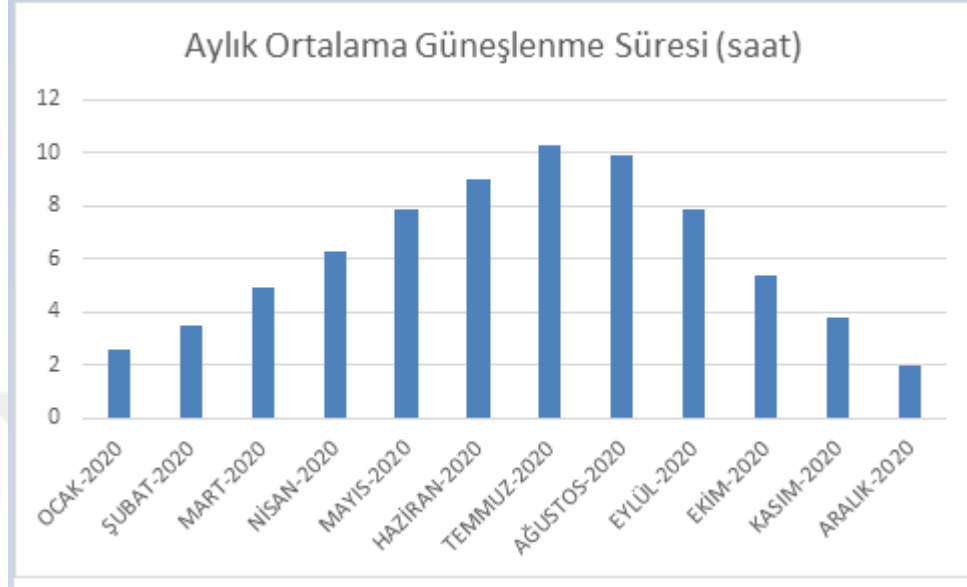
Cihaz Tipi: U-900 (3G)	
	Nominal Güç (W)
RBS (Radio Base Station):	1850 W
RRU (Remote Radio Unit) :	300W
Transmisyon Sistemleri :	140W
Yardımcı ekipmanları (SWitch ve Uz denetim) :	200
Aydınlatma :	20W
Klima :	1100W
TOPLAM	3610W

Gökören ilçesinde yıllık-aylık bazda global ışınımın değerleri aylık saat bazında güneşlenme değerleri Tablo 5.2, 5.3 ve Tablo 5.4'de verilmiştir. Bu verilere göre, güneşlenme süresinin en az olduğu ve akü ihtiyacının en fazla olacağı Aralık ayı ve karşılaştırma yapmak amacıyla güneşlenme süresinin en fazla olduğu Temmuz ayı için iki farklı hesaplama yapılmıştır (<https://www.gensed.org/basin/tei>).

Tablo 5.2. Gökören ilçesi için 2021 yılına ait aylık ortalama güneş radyasyonu değerleri



Tablo 5.3. Gökören ilçesi için 2021 yılına ait aylık ortalama güneşlenme süreleri grafiği



Tablo 5.4. Gökören ilçesi için 2021 yılına ait aylık ortalama güneşlenme süreleri tablosu

Aylar	Günlük güneşlenme süresi (saat)
Ocak	2.3
Şubat	3.5
Mart	4.8
Nisan	6.3
Mayıs	7.5
Haziran	9.0
Temmuz	10.1
Ağustos	10.0
Eylül	8.3
Ekim	5.6
Kasım	3.7
Aralık	2.0

Sistemde kullanılacak panel seçimi yapılırken, yerli üretici olması, panel boyutları, panel verimi ve panel gücü gibi kriterler göz önüne alınarak, düşük ışınım da dahi yüksek panel verimliliğine sahip, CW Enerji firmasına ait “CWT455-144MB” kodlu

455W'lık monokristal panel seçilmiştir (CW Enerji, 2021). Bu panele ait teknik özellikler Tablo 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.5. Seçilen panele ait teknik özellikler

Model Tipi	CWT455-144MB
Maksimum Güç (P_{max})	455Wp
Modül Verimliliği	20,90
Maksimum Güç Gerilimi (V_{mp})	41,60
Maksimum Güç Akımı (I_{mp})	10,94
Açık Devre Gerilimi (V_{oc})	49,40
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40 - +85°C
Hücre Boyutu (mm)	166 X 83
Hücre Sayısı (adet)	144 (24X6)
Panel Boyutu (mm)	2095x1039x40
Maks. Rüzgâr / Kar Yüğü Dayanımı (Pa)	2400/5400

5.1.1. Aralık Ayı İçin Sistem Gereksinimleri

İstasyon I için gerekli fotovoltaik sisteme ait hesaplamalar yapılırken, sistem şebekeden bağımsız olarak tasarlanacağından öncelikle bölgeye düşen yıllık güneş radyasyonu değerleri ve güneşlenme sürelerinin en az olduğu ay olan Aralık ayı göz önüne alınmıştır. Kış aylarında klima ihtiyacı olmadığından Tablo 5.1'e göre sistemin çalışması için ihtiyaç duyacağı güç değeri 2510 W olarak kabul edilmiştir. Tablo 5.4'e göre Aralık ayı için günlük ortalama güneşlenme süresi 2 saat olarak alınmıştır.

5.1.2. Panel Sayılarının Belirlenmesi

Uygulama ve simülasyonun yapılacağı alana ilişkin hesaplama yapmak için; sistemin genel gerilimi ve batarya sistemi gerilimi 48 V, günlük güneşlenme süresi 2,3 saat, baz istasyonu çalışma günü 30 gün seçilmiştir.

Sistemde kullanılacak olan panel sayısı belirlenirken günlük gerekli enerji ihtiyacı ve günlük güneşlenme süreleri dikkate alınır. Buna göre 24 saat boyunca çalışacak olan baz istasyonu için günlük enerji ihtiyacı eşitlik 5.1'e göre:

$$\text{Günlük enerji ihtiyacı} = 2510 \text{ W} \times 24\text{saat} = 60\ 240 \text{ Wh} \quad (5.1)$$

olarak elde edilir. Kullanılacak olan panel sayısının belirlenmesinde eşitlik 5.2'den faydalanılır (Ceylan, 2018). Planlanan sistemin tasarımında 455W lık monokristal panel seçilmiştir.

$$\text{Panel Sayısı} = \frac{\text{Günlük enerji ihtiyacı}}{\text{Modül gücü} \times \text{Güneşlenme süresi} \times 0.85} \quad (5.2)$$

Bu eşitlikteki 0.85 değeri fotovoltaik modüle ait verim katsayısıdır. Güneş panelleri doğada tozlanmaktadır ve uyumsuzluk kayıpları ile birlikte zamanla oluşacak optik kayıplar da meydana gelmektedir (Ceylan, 2018).

$$\text{Panel Sayısı} = \frac{60\ 240 \text{ Wh}}{455 \text{ W} \times 24 \times 0.85} = 77.9 \quad (5.3)$$

Eşitlik (5.3)'e göre kurulacak sistem için 78 adet 455W lık panelin kullanılmasının yeterli olacağı düşünülmektedir. 78 adet 455 W'lık modül kullanıldığında sistemin gücünü bulmak için eşitlik 5.4' den yararlanır.

$$\text{Sistemin kurulu gücü} = \text{toplam panel sayısı} \times 1 \text{ panelin gücü} \quad (5.4)$$

$$\text{Sistemin kurulu gücü} = 78 \times 455 \text{ W} = 35.49 \text{ kW}$$

Bunu göre sistemin kurulu gücü 35.49 kW_p olacaktır. Hesaplamalar yapılırken baz istasyonunun 24 saatlik zaman diliminde nominal güçte çalışması durumu göz önüne alınmıştır. Ancak geceleri sistem üzerinde düşük trafik sebebiyle enerji ihtiyacında azalma gözlenecektir.

5.1.3. Temmuz Ayı İçin Sistem Gereksinimleri

Karşılaştırma yapmak amacıyla yılın güneşlenme süresi en fazla ayı olan Temmuz ayı için de gerekli güç ve panel sayısı belirlenmiştir. Kış aylarında klima ihtiyacı olmamasına rağmen temmuz ayı için klima için harcanacak güç de istasyon I için

gerekli güç hesabına dahil edilmiştir. Bunun sonucunda Tablo 5.1'e göre sistemin çalışması için gerekli güç değeri 3610 W olarak belirlenmiştir. Temmuz ayı için güneşlenme süresi ise Tablo 5.4'e göre 10.1 saat olarak alınmıştır. Bu durumda 24 saat boyunca çalışacak olan istasyon I için günlük gerekli enerji ihtiyacı

$$\text{Günlük enerji ihtiyacı} = 3610 \text{ W} \times 24 \text{ saat} = 86\ 640 \text{ Wh} \quad (5.5)$$

olarak elde edilir. Eşitlik 5.6'ya göre ihtiyaç duyulan panel sayısı hesaplanırsa:

$$\text{Panel Sayısı} = \frac{86640 \text{ Wh}}{455 \text{ W} \times 10.1 \text{ h} \times 0.85} = 22.2 \quad (5.6)$$

olarak elde edilir. Dolayısıyla Temmuz ayı için gerekli enerji değeri 23 panelden karşılanabilecektir. Yılın diğer aylarında da ihtiyaç duyulan enerji Temmuz ile Aralık ayı için bulduğumuz değerler aralığında olacaktır. Temmuz ayı için yapılan hesaplamalar karşılaştırma amacıyla yapılmıştır. Sistem için gerekli güç hesaplamaları en çok enerjiye ihtiyaç duyulacak olan ve yılın güneşlenme süresi en az olan Aralık ayı göz önüne alınarak yapılmış ve maliyet analizi buna göre değerlendirilmiştir.

5.1.4. İstasyon I İçin Akü Hesabı

Akü kapasitesi aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Akü Kapasitesi} = \text{Gerekli güç} \times \text{Yedeklilik süresi} \times 1.20$$

(5.12)

Sistem için gerekli akü kapasitesi hesaplanırken, akülerin her zaman %50 şarj durumunun altına inmemesi gerekliliğinden dolayı ihtiyaç duyulan güç değeri 2 ile çarpılacaktır. Dolayısı ile akü hesabında kullanılacak gerekli güç değeri $2510\text{W} \times 2 = 5020\text{W}$ olarak seçilmelidir.

Sistem için gerekli akülerin, güneşlenme süresi 2 saat olan Aralık ayı için sistemi 22 saat çalıştırmaya yetecek gücü sağlaması gerekmektedir. Dolayısıyla yedeklilik süresi 22 saat olarak alınır.

Derin deşarj bataryalarının tam dolu halde %80'i kullanılabilir. Bu yüzden bu kayıp akü kapasitesinin hesabında 1.20 çarpanının eklenmesiyle hesaplamaya dahil edilmiştir.

Eşitlik 5.13'e göre akü kapasitesi İstasyon I için hesaplanırsa:

$$\mathbf{Akü\ Kapasitesi = 5020W \times 22h \times 1.20 = 132.528 kWh} \quad (5.13)$$

olarak elde edilir. Dolayısıyla 132.5 kWh kapasiteye sahip aküler ile sisteme 22 saat süre boyunca enerji sağlanabilecektir.

GSM baz istasyonlarında ihtiyaç duyulan yüksek enerji gereksiniminden dolayı sistemde 12V gerilim değerine sahip, 200Ah kapasiteli akülerin kullanımı planlanmış ve akü sayısının hesabı buna göre yapılmıştır.

Bir akünün depolayacağı enerji eşitlik 5.14'e göre:

$$\mathbf{E_{akü} = V_{akü} \times I_{akü} = 12V \times 200Ah = 2400Wh\ veya\ 2.4kWh} \quad (5.14)$$

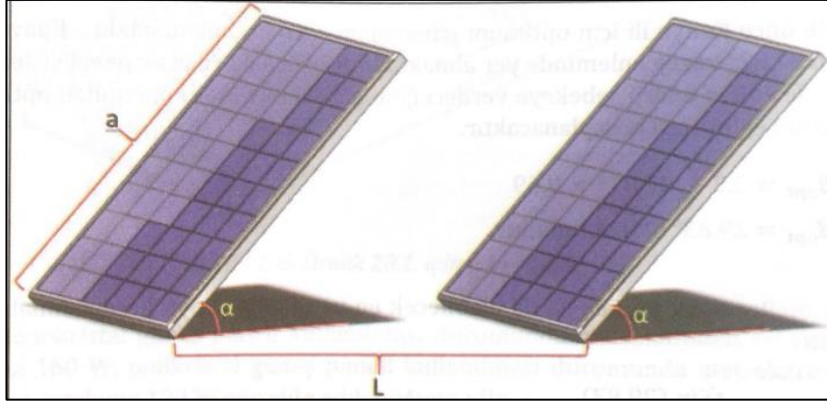
olarak elde edilir. Sistemde ihtiyaç duyulan akü sayısı ise, sistem için gerekli akü kapasitesinin, tek bir akünün depolayacağı enerjiye bölünmesiyle bulunur.

$$\mathbf{Akü\ sayısı = \frac{Akü\ kapasitesi}{E_{akü}} = \frac{132.528kWh}{2.4kWh} = 55.22} \quad (5.15)$$

İstasyon I için gerekli akü sayısı 56 olarak belirlenmiştir. Baz istasyonlarındaki ekipmanların 48V'luk gerilime ihtiyaç duymasından dolayı akülerin kendi aralarında 4'lü gruplar halinde seri bağlanmasıyla bu gerilim değeri elde edilir (Ütükler, 2020).

5.1.5. Paneller Arası Mesafenin Belirlenmesi

FV sistemlerin kurulacağı bölge olan Çorum ili için panel eğim açısı bölüm 4.4'de 36.2° olarak belirlenmiştir. Paneller arası mesafe belirlenirken olabilecek en uzun gölge boyu hesaplanmalıdır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Güneş panellerinde gölgeleme etkisi

Hesaplama yapılırken eşitlik (5.16)'dan faydalanılır (Ceylan, 2018)

$$L = a \times \left[\frac{\sin(\beta_{opt})}{\tan(23)} \right] + \cos(\beta_{opt}) \quad (5.16)$$

Burada:

L= Paneller arası mesafe

a= Seçilen panelin boyu (2.095m)

β_{opt} =Optimum panel eğim açısıdır (°)

Kurmayı planladığımız sistem için paneller arası mesafeyi hesaplırsak;

$$L = 2.095 \times \left[\frac{\sin(36.2)}{\tan(23)} \right] + \cos(36.2) \approx 3.72m \text{ olarak elde edilir.}$$

İstasyon I için gerekli 78 panel 6'lı diziler halinde 13 sıra olarak dizildiğinde; gerekli alanın boyu $13 \times 3.72 = 22.32 m$; eni ise 1.039 (seçilen panelin eni) $\times 6 = 6.234m$ olur. Dolayısıyla kurmayı planladığımız FV sistemde panellerin yerleşimi için yaklaşık $139 m^2$ lik bir alana ihtiyaç duyulmaktadır.

5.2. İstasyon II: Şehir Merkezi Güneş Enerjili Baz İstasyonu

Seçilen ikinci bölge Çorum il merkezinde (Enlem: 40.521833° Boylam: 34.976832°) bulunan İstasyon II dir. Bu nokta TT GSM operatörüne ait baz istasyonudur (TT MOBİL A.Ş, 2021). İstasyon II'nin konumu Şekil 5.3' de, istasyona ait teknik bilgiler Tablo 5.6'da verilmiştir.

İstasyon I için yaptığımız hesaplamalarda olduğu gibi elektrik elektronik mühendislik temel prensiplerinde güneş enerjisi besleme sisteminin kapasitesi en kötü koşullarda dikkate alınıp yapılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Dolayısı ile güç-kapasite tablosu Aralık ayındaki değerleri baz alınarak, kurulacak olan istasyonun güç ihtiyacı 5400 W olarak hesaplanmıştır. Şebekeye bağlı sistem tasarlanmıştır.



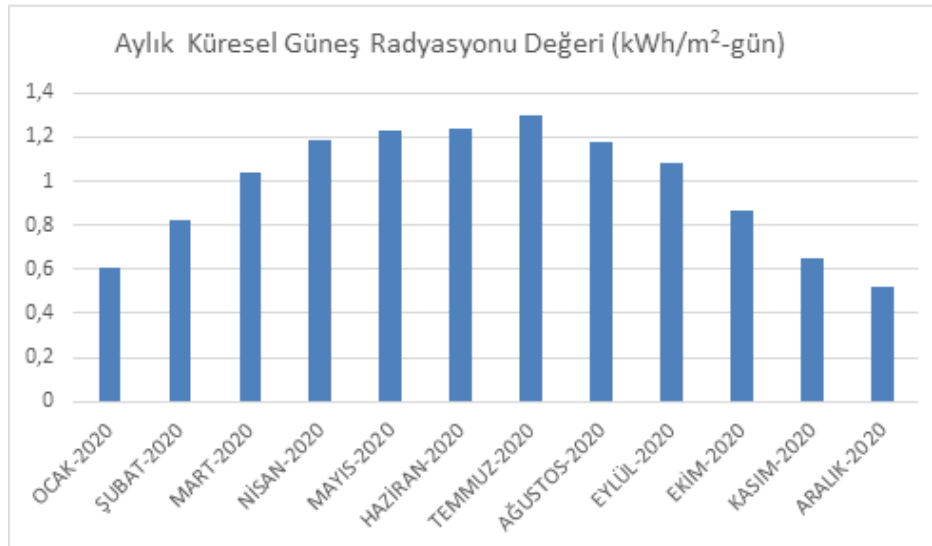
Şekil 5.3. İstasyon II'nin konumu

Tablo 5.6. İstasyon II'ye ait teknik bilgiler

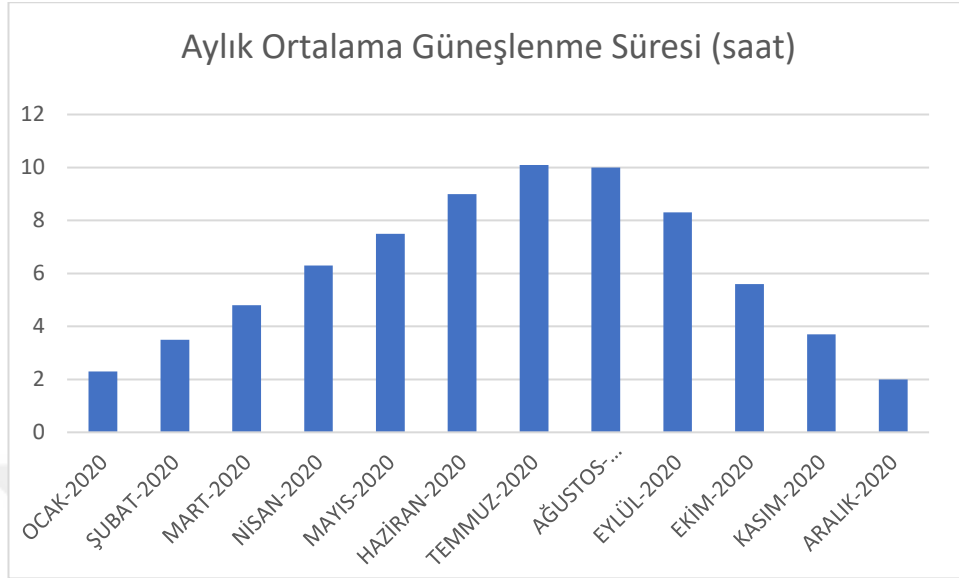
Cihaz Tipi: U900 (3G)/W2100/L800	
	Nominal Güç (W)
RBS (Radio Base Station):	3650
RRU (Remote Radio Unit) :	900
Transmisyon Sistemleri :	380
Yardımcı ekipmanları (SWitch ve Uz denetim) :	450
Aydınlatma :	20
Klima :	1900
TOPLAM	7300

Çorum ili yıllık-aylık baz alındığında global ışınım değerleri ve aylık-saat bazında güneşlenme değerleri Tablo 5.7 ve 5.8'de verilmiştir. Bu verilere göre, güneşlenme süresinin en az olduğu ve akü ihtiyacının en fazla olacağı aralık ayı ve güneşlenme süresinin en fazla olduğu temmuz ayı için iki farklı hesaplama yapılmıştır.

Tablo 5.7. Çorum şehir merkezi 2021 yılına ait aylık ortalama radyasyon değerleri



Tablo 5.8. Çorum şehir merkezi için 2021 yılına ait aylık ortalama güneşlenme süreleri



5.2.1. Aralık Ayı İçin Sistem Gereksinimleri

İstasyon II için gerekli fotovoltaik sisteme ait hesaplamalar yapılırken, öncelikle bölgeye düşen yıllık güneş radyasyonu değerleri ve güneşlenme sürelerinin en az olduğu ay olan Aralık ayı göz önüne alınmıştır. Kış aylarında klima ihtiyacı olmadığından Tablo 5.6'ya göre sistemin çalışması için ihtiyaç duyacağı güç değeri 5400 W olarak kabul edilmiştir. Tablo 5.8'e göre aralık ayı için günlük ortalama güneşlenme süresi 2 saat olarak alınmıştır.

5.2.2. Panel Sayılarının Belirlenmesi

Uygulama ve simülasyonun yapılacağı alana ilişkin hesaplama yapmak için; sistemin genel gerilimi ve batarya sistemi gerilimi 48 V, günlük güneşlenme süresi 2 saat, baz istasyonu çalışma günü 30 gün seçilmiştir.

Sistemde kullanılacak olan panel sayısı belirlenirken günlük gerekli enerji ihtiyacı ve günlük güneşlenme süreleri dikkate alınır. Buna göre 24 saat boyunca çalışacak olan baz istasyonu için günlük enerji ihtiyacı eşitlik 5.17'e göre:

$$\text{Günlük enerji ihtiyacı} = 5400 \text{ W} \times 24 \text{ saat} = 129\,600 \text{ Wh} \quad (5.17)$$

olarak elde edilir. Kullanılacak olan panel sayısının belirlenmesinde eşitlik 5.18'den faydalanılır (Ceylan, 2018). Planlanan sistemin tasarımında 455W lık monokristal panel seçilmiştir.

$$Panel\ Sayısı = \frac{G\ddot{u}nl\ddot{u}k\ enerji\ ihtiya\c{c}ı}{Mod\ddot{u}l\ g\ddot{u}c\ddot{u} \times G\ddot{u}ne\ddot{s}lenme\ s\ddot{u}resi \times 0.85} \quad (5.18)$$

Bu eşitlikteki 0.85 değeri fotovoltaiik mod\ddot{u}le ait verim katsayısıdır. G\ddot{u}ne\ddot{s} panelleri doğada tozlanmaktadır ve uyumsuzluk kayıpları ile birlikte zamanla oluşacak optik kayıplar da meydana gelmektedir (Ceylan, 2018).

$$Panel\ Sayısı = \frac{129600\ Wh}{455\ W \times 2h \times 0.85} = 167.6 \quad (5.19)$$

Eşitlik 5.19'a göre kurulacak sistem için 168 adet 455W lık panelin kullanılmasının yeterli olacağı düşün\ddot{u}lmektedir. 168 adet 455 W'lık mod\ddot{u}l kullanıldığında sistemin g\ddot{u}c\ddot{u}n\ddot{u} bulmak için eşitlik 5.20' den yararlanılır.

$$Sistem\ kurulu\ g\ddot{u}c\ddot{u} = toplam\ panel\ sayısı \times 1\ panelin\ g\ddot{u}c\ddot{u} \quad (5.20)$$

$$Sistemin\ kurulu\ g\ddot{u}c\ddot{u} = 166 \times 455W = 75.53\ kW$$

Bunu g\ddot{u}re sistemin kurulu g\ddot{u}c\ddot{u} 75.53 kWp olacaktır. Hesaplamalar yapılırken baz istasyonunun 24 saatlik zaman diliminde nominal g\ddot{u}çte çalışması durumu g\ddot{u}z \ddot{u}n\ddot{u}ne alınmıştır. Ancak geceleri sistem \ddot{u}zerinde d\ddot{u}ş\ddot{u}k trafik sebebiyle enerji ihtiyacında azalma g\ddot{u}zlenecektir.

5.2.3. Temmuz Ayı İ\c{c}in Sistem Gereksinimleri

Karşılaştırma yapmak amacıyla yılın g\ddot{u}neşlenme s\ddot{u}resi en fazla ayı olan Temmuz ayı için de gerekli g\ddot{u}ç ve panel sayısı belirlenmiştir. Kış aylarında klima ihtiyacı olmamasına rağmen temmuz ayı için klima için harcanacak g\ddot{u}ç de istasyon II için gerekli g\ddot{u}ç hesabına dahil edilmiştir. Bunun sonucunda Tablo 5.6'ya g\ddot{u}re sistemin çalışması için gerekli g\ddot{u}ç değeri 7300 W olarak belirlenmiştir. Temmuz ayı için g\ddot{u}neşlenme s\ddot{u}resi ise Tablo 5.8'e g\ddot{u}re 10.1 saat olarak alınmıştır. Bu durumda 24 saat boyunca çalışacak olan istasyon II için g\ddot{u}nl\ddot{u}k gerekli enerji ihtiyacı

$$\text{Günlük enerji ihtiyacı} = 7300 \text{ W} \times 24\text{saat} = 175200 \text{ Wh} \quad (5.21)$$

olarak elde edilir. Eşitlik 5.22'e göre ihtiyaç duyulan panel sayısı hesaplanırsa:

$$\text{Panel Sayısı} = \frac{174200 \text{ Wh}}{455 \text{ W} \times 10.1\text{h} \times 0.85} = 44.6 \quad (5.22)$$

olarak elde edilir. Dolayısıyla temmuz ayı için gerekli enerji değeri 45 panelden karşılanabilecektir. Yılın diğer aylarında da ihtiyaç duyulan enerji Temmuz ile Aralık ayı için bulduğumuz değerler aralığında olacaktır. Temmuz ayı için yapılan hesaplamalar karşılaştırma amacıyla yapılmıştır.

Şehir merkezinde seçilen İstasyon II için gerekli panel sayısının fazla olması ve şehir merkezinde bu panelleri yerleştirecek yeterli alan bulunamaması gibi sıkıntılardan dolayı İstasyon II için Off-Grid sistemlerin uygun olmayacağı, daha az panel kullanılarak On-grid sistemlerden faydalanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ve maliyet hesabı da İstasyon I için gerçekleştirilmiştir.

5.3. Şarj Kontrol Ünitesi

Fotovoltaik sistemlerden bahsedecek olursak güneş enerjisiyle elektrik üretimi konusunda en yaygın kullanılan sistemlerdir. Bu sistemler de şebekeden bağımsız ve bağlı olacak şekilde iki farklı gruba ayrılır. Off-grid yani şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılan şarj kontrol cihazı sistemde verimlilik açısından oldukça önemli olmaktadır. Şarj kontrol cihazları, güneş panel modülü ile akü grupları arasında olduğundan asıl yapması gereken iki sistemin birbirlerine hasar vermesini engellemektir. Açıklayacak olursak cihazda bulunan devre ve güneş panellerinin toplam çıkış gerilimi toplam akü gerilim değerinin üstüne çıktığında sistemler şarj konumuna geçip kontrol cihazının panellerden akülere akım akmasını sağlar. Ancak güneş panelleri çıkış gerilimi akü gerilim değerinin altına düştüğünde aküden panele olabilecek akım akışına izin vermeden koruma sağlar.

Şarj kontrol cihazları,

- Aküden panele ters akım akmasının önlemesini sağlayarak güneş panellerinin korumasını gerçekleştirir. Akü, panel ile full şarj yapıldığında, panelden gelen güç kesilerek akünün aşırı şarj olarak zarar görmesini engeller.
- Toplam güç <450 W PWM şarj, Toplam güç>450W MPPT şarj regülatörü.
- PWM ve MPPT iki tip şarj kontrol cihazı vardır. PWM ve MPPT şarj kontrolü gerçekleştiren cihazlardaki temel farklılık, MPPT cihazlarının verimliliğinin daha yüksek olması olarak açıklanabilir. MPPT şarj kontrolü yapan cihazlar, PWM farklılığına göre şarj verimliliği %30'a kadar artış gerçekleştirebilir. PWM sistemleri panel gerilimiyle akü gerilimini eşleştirmek gerekir. MPPT sistemler de ise panel dizisi akülerden daha fazla voltajın olmasına izin verilir. Bu durum sistemin büyütülmesi açısından fazla bir esneklik sağladığını gösterir.

Şarj kontrol cihazları hatalı seçilmesi durumunda fotovoltaiik enerjinin sistemlerinde oluşan yangın ve türevi durumların sık karşılaşılan sebeplerinden biridir. Çünkü güneş paneli ile gelen akımı taşıyamayıp kontrol cihazları içerisindeki devre bozularak işlevselliğini kaybeder. Daha sonra paneldeki voltaj değeri düştüğünde aküden panele olan akım akışıyla güneş panelinde yangın oluşumuna sebebiyet verir. Ayrıca akülerin şişmesiyle birlikte hasar almasına sebep olabilir.

Şarj kontrol ünitesi hesabı için 5.23 denkleminde yararlanılır.

$$\frac{\text{Sistem kurulu Güç}}{\text{Sistem Voltajı}} \leq I_{ccc} \quad (5.23)$$

$$\text{İstasyon 1 : } \frac{35.49 \text{ kW}}{48 \text{ V}} \leq I_{ccc} \quad 739,375 \leq I_{ccc}$$

8 adet 48V/100A kullanılabilir.

5.4. Maliyet Analizi

Tez kapsamında GSM baz istasyonlarının ihtiyaç duyacağı enerjiyi FV sistemlerden sağlanması durumunda maliyet analizinin yapılması için iki bölge seçilmiş ancak yapılan hesaplamalar sonucunda şehir merkezinde seçilen baz istasyonu (İstasyon 2) için ihtiyaç duyulan panel sayısının yüksek çıkması sebebiyle şebekeden bağımsız bir sistemin uygulanabilir olmadığına karar verilerek maliyet hesaplamaları kırsal bölgede kurulmuş olan İstasyon 1 için yapılmıştır. Özellikle şehir şebekelerinden uzak olan kırsal bölgelerde kurulu olan baz istasyonları için, hat çekme maliyetlerini göz önüne aldığımızda FV sistemlerin kullanımı daha ekonomik olacaktır.

Maliyet analizinin gerçekleştirilmesi için ayrıca, kablolama, konstrüksiyon, işçilik+nakliye ve elektriksel ekipmanların (koruma ekipmanları, topraklama vs.) da göz önünde bulundurulması gerekir.

12.06.2022 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası kur verileri baz alındığında yapılan pazar araştırmaları neticesinde Tablo 5.9'daki verilere ulaşılmıştır.

Tablo 5.9. 12.06.2022 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası kur verileri

ABD DOLARI/TRY	
ALIŞ	SATIŞ
17,10	17,11

Tasarlanan sistem için kullanılacak ekipmanların maliyetleri Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10. Maliyet analizi

ÜRÜN	Adet	Fiyat	Toplam
Monokristal CWT455-144PM-V PV Paneller	78	290 \$	22.620\$
Aküler Jel 24 V 200 Ah	56	86 \$	4.816\$
48V/100A Şarj Kontrol Cihazı	8	723\$	5061\$
Akü Redresör	1	60\$	60\$
Kablolama	1	2700\$	2700\$
İşçilik+Nakliye	1	2500\$	2500\$
Konstrüksiyon	1	2100\$	2100\$
Elektriksel ekipmanlar (koruma ekipmanları ,topraklama)	1	800\$	800\$
Toplam	147	9259\$	41380\$

Genel Toplam	(Kdv dahil)	48828\$
--------------	-------------	---------

Lityum aküler yerine jel aküler tercih edilmiştir. Bunun sebebi akü maliyetinde olan yüksek meblayı düşürebilmek jel akülerin piyasada temininin daha kolay olmasıdır.

Yapılan bu araştırmalar sonucunda, şebekeden bağımsız bir sistem kurulmak istendiğinde toplam kurulum maliyeti yaklaşık olarak 48.828\$ yani 835.447 bin TL olmaktadır. Buna göre, şebekeden bağımsız bir sistem oluşumu göz önünde bulundurulduğunda, amorti süresi yaklaşık olarak 11 yıl gözükmektedir. Şehir merkezinde sistem kurulum maliyeti yaklaşık olarak 61.881\$ yani 1.158.018 milyon TL olmaktadır. Buna göre şebekeye bağımlı sistemde amorti süresi 8 yıl gözükmektedir. Kırsal alanda enerji çekme maliyeti de olacağından bu bedel tahmini 15 direk (87.668\$) için 1.5 milyon TL dolaylarında olacak ve amorti süresi yaklaşık olarak 3 yıl seviyelerine düşecektir. Şehir Merkezinde kurulması planlanan güneş enerji sistemi için panel sayısına da bakacak olursak sayı fazla olduğu için maliyet, yer bulma sorunu ve kira bedelleri gibi parametreler artmaktadır. Dolayısıyla şehir merkezi için daha düşük güçte, on-grid sistemlerin kullanımının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak kırsal bölgelerdeki baz istasyonları için enerji transfer problemini ortadan kaldıracak off-grid sistemlerin kurulumu maliyet açısından daha uygun görülmektedir. Amorti süreleri de göz önüne alındığında solar enerjinin gelecek yıllarda yaygınlaşacağı söylenebilir. Kapsama sorunu olan ve elektrik şebekelerinden uzak olması nedeniyle baz istasyonu kurulumu yapılamayan kırsal noktalarda enerjinin FV sistemlerden karşılanması bu konudaki sorunları ortadan kaldıracak ve güneş enerjisi gibi çevreci enerjilerin yaygınlaşması konusunda katkı sağlayacaktır.

6. SONUÇ

Günümüz problemlerinden biri enerji azlığıdır. Bu durum yıllar geçtikçe kritik önem arz edecektir. Fosil tabanlı enerjilerin, sınırlı kaynaklar olmasının yansısı, çevre ve insan sağlığına verdiği tahribatlar da küçümsenecek gibi değildir. Bu enerji türleri yakıldığında açığa çıkan zehirli gaz ve atıklar verdikleri zararlar ile dünyanın ekolojik düzenini bozmaktadır. Küresel ısınma, asit yağmurları gibi durumlar için acil önlemlerin alınması gerekmektedir.

FV sistemlerin ilk yatırım maliyeti yüksek olsa da teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte bu maliyetler hızla düşmektedir. Uzun periyotlu kullanımlarında ilk yatırım maliyetini amorti eden bu sistemlerin ülkemizde de kullanım sıklığının artması için çalışmaların hızlandırılması gerekmektedir. Çalışmamızda da bunun bir örneği olarak kırsal ve şehir merkezindeki baz istasyonlarının enerji ihtiyaçlarının güneş enerjisi ile karşılanmasını ele aldık. Çıkarımlarımız sonucunda bu sistemler kısa sürede kendini amorti eden sistem ile hem yenilebilir enerji kaynağı hem de düşük maliyet avantajı ile ilerleyen yılların en tercih edilen kaynaklarından olacaktır. Tez kapsamında GSM baz istasyonlarının ihtiyaç duyacağı enerjiyi FV sistemlerden sağlanması durumunda maliyet analizinin yapılması için iki bölge seçilmiş ancak yapılan hesaplamalar sonucunda şehir merkezinde seçilen baz istasyonu (İstasyon 2) için ihtiyaç duyulan panel sayısının yüksek çıkması sebebiyle şebekeden bağımsız bir sistemin uygulanabilir olmadığına karar verilerek maliyet hesaplamaları kırsal bölgede kurulmuş olan İstasyon 1 için yapılmıştır. Özellikle şehir şebekelerinden uzak olan kırsal bölgelerde kurulu olan baz istasyonları için, hat çekme maliyetlerini göz önüne aldığımızda FV sistemlerin kullanımı daha ekonomik olacaktır.

Buna göre, şebekeden bağımsız bir sistem oluşumu göz önünde bulundurulduğunda, amorti süresi yaklaşık olarak 11 yıl gözükmektedir. Şehir merkezinde sistem kurulum maliyeti yaklaşık olarak 61.881\$ yani 1.158.018 milyon TL olmaktadır. Buna göre şebekeye bağımlı sistemde amorti süresi 8 yıl gözükmektedir. Kırsal alanda enerji çekme maliyeti de olacağından bu bedel tahmini 15 direk (87.668\$) için 1.5 milyon

TL dolaylarında olacak ve amorti süresi yaklaşık olarak 3 yıl seviyelerine düşecektir. Şehir Merkezinde kurulması planlanan güneş enerji sistemi için panel sayısına da bakacak olursak sayı fazla olduğu için maliyet, yer bulma sorunu ve kira bedelleri gibi parametreler artmaktadır. Dolayısıyla şehir merkezi için daha düşük güçte, on-grid sistemlerin kullanımının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak kırsal bölgelerdeki baz istasyonları için enerji transfer problemini ortadan kaldıracak off-grid sistemlerin kurulumu maliyet açısından daha uygun görülmektedir. Amorti süreleri de göz önüne alındığında solar enerjinin gelecek yıllarda yaygınlaşacağı söylenebilir. Kapsama sorunu olan ve elektrik şebekelerinden uzak olması nedeniyle baz istasyonu kurulumu yapılamayan kırsal noktalarda enerjinin FV sistemlerden karşılanması bu konudaki sorunları ortadan kaldıracak ve güneş enerjisi gibi çevreci enerjilerin yaygınlaşması konusunda katkı sağlayacaktır.

Elektrik dağıtım hatlarından uzak bölgelerde GSM baz istasyonu kurmanın en büyük sıkıntılarında birisi enerji hat maliyetleridir, dolayısıyla özellikle kırsal bölgelerde FV sistemlerin kurulup enerji ihtiyacının bu sistemlerden karşılanması oldukça cazip görülmektedir. Günümüzde artık pek çok GSM operatörü FV sistemlerden gücünü alan baz istasyonlarının kurulumuna ağırlık vermeye başlamıştır. Proje genel izlenimi ve geleceğin enerji sistemi solar enerjinin kullanımını uygun gözükmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksangör, N. N., 2019, Ankara şartlarında bir fotovoltaik sistemin PVsyst programı yardımı ile performans analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara s 96.
- Alkan, S., Öztürk, A., Zavrak, S., Tosun, S., Avcı, E. (2014). Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak fotovoltaik sistemin kurulumu. ELECO 2014, Elektrik Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, sayfa 78-82, 27-29 Kasım 2014, Bursa.
- APEREC, 2007. A Quest For Energy Security In The 21st Century: Resources and Constraints, Asia 30-32 s.
- Aslanbaş, S., Şencan Şahin, A. & Yakut, A. K. (2020). Gsm Baz İstasyonunun Güç İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistem Tasarımı. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 12 (1), 27-33 s.
- Basa Arsoy, A., Perdahçı, C. 2010. Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Dağıtılmış Üretim. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı (ICCI), 13.s Bir Yol Haritası Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 58-62 s.
- Bouzuenda, M., Al Omair, A., Al Naeem, A., Al-Muthaffar, M., Ba Wazir, O., 2014, Design of an off-grid 2 kW solar PV system, 2014 Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Saudi Arabia
- Bükün, N., 2017. Siirt yöresi için tek eksenli güneş takip sistemli güneş panellerinin enerji verimliliğinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Siirt University, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt, 55.s
- Ceylan, İ., Gürel, E. (2018). Güneş enerjisi sistemleri ve tasarımı (2.basım). Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Ceylan, O., 2017, Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun güncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s.
- Çaçan, F., 2018, Fotovoltaik Sistemlerin Kurulum Ve Maliyet Analizinin Örnek Bir Otele Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ,
- Çakmak, R., Altaş, G. H., Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi
- Çorum – Meteoroloji <https://mgm.gov.tr/?il=%C3%87orum> (Erişim tarihi :17.07.2021)

- Dağlı, E., 2018, Ekonomik Analiz Yöntemleri Kullanılarak 1 Mw Güneş Enerjisi Design of an off-grid 2 kW solar PV system, 2014 Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Saudi Arabia
- DPT; 2000. Devlet Planlama Teşkilatı, Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001-2005, DPT Yayını, Ankara, 2000.
- Dulaimi, N. H. Al, 2017, Design of an Off-Grid Solar PV System for a Rural Shelter, German Jordanian University, Jordan, Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu, European Journal of Science
- Eleco 2014 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27-29 Kasım 2014, Bursa. and Technology, No: 18, 248–261 s.
- Girgin, H. M., 2010. Bir fotovoltatik güneş enerjisi santralının fizibilitesi, Karaman bölgesinde 5 MW'lık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirilmesi ve ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik University, Enerji Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 202.
- Grozdev, M., 2010. Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul University, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 60.
- Gündüz 2019 Bir fotovoltaik güneş enerji santralının tekno-ekonomik analizi; Kütahya – Simav Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 109 s.
- ICNIRP, 2016 Measurement of electromagnetic field strength in the centre of Kahramanmaraş and its the mapping International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ
- Kadioğlu, S., 1996. Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri, TMMOB 1. Enerji Sempozyumu
- Messenger, RA ve Ventre, J., 2003, Photovoltaic Systems Engineering, 2nd edition, CRC Press.
- Özçelik, Ö., 2018, Güneş Enerji Sistemleri Ve Güneş Yatırımları İçin Doğru Ve Güvenilir Bir Yol Haritası Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 119 s.
- Özgören, Y., 2019, Geleceğin teknolojisi yenilenebilir enerji sistemlerine geçişte Çanakkale yöresi elektrik şebekelerinin mevcut durumu ve optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 101 s.
- Öztürk, A., Dursun, M., 2011, 2, 10 ve 20 KVA, lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ
- Özyiğit, F. Y., 2019, Sivas Merkezi ve ilçelerinde Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Potansiyeli: Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Sakinç, E., 2006, Sürdürülebilirlik bağlamında mimaride güneş enerjili etken sistemlerin tasarım ögesi olarak değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 42 s.

Solar PV Installation Guidelines, 2017, SAPVIA Renewable Energy Hub, South Africa Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, 4(1), 217-220

TMMOB, 2008. Makine Mühendisleri Odası Raporu 27s

Ütükler, E. (2020). GSM Şebekelerinin Elektrik Enerji İhtiyacının Hibrit Sistemle Karşılmasının Teknik ve Ekonomik Analizi. (Yüksek lisans tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

<https://cw-enerji.com/tr/product/cw-enerji-455-watt-144-percmono-half-cut-multi-.html>
(Erişim Tarihi: 02.12.2021)

<https://www.gensed.org/basin/tei%CC%87as-2021-aralik-ayi-kurulu-guc-raporunu-yayinladi>
(Erişim Tarihi: 14.06.2022)

<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html> (Erişim Tarihi: 18.06.2021)

http://solar-santral.com/menu_detay.asp?id=737 (Erişim Tarihi: 15.06.2021)

<http://www.eie.gov.tr> (Erişim Tarihi: 10.11.2021)

http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx (Erişim Tarihi: 10.11.2021)

<http://www.gunesenerjisi.uzerine.com> (Erişim Tarihi: 12.11.2021)

<https://cw-enerji.com/tr/index.html> (Erişim Tarihi: 18.06.2021)

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/780578>(Erişim Tarihi: 15.11.2021)

<https://muhendistan.com/sarjkontrol-cihaz-nedir-nasil-secilir>(Erişim Tarihi: 18.06.2021)

<https://solaravm.com/solar-gunes-paneli>(Erişim Tarihi: 15.11.2021)

<https://www.2aenerji.com/bazistasyonlari.php> (Erişim Tarihi: 15.06.2021)

<https://www.acikerisim.selcuk.edu.tr> (Erişim Tarihi: 18.06.2021)

<https://www.elektrik.gen.tr> (Erişim Tarihi: 15.09.2021)

<https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/ele/10192> (Erişim Tarihi: 15.09.2021)

<https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-pilleri-nasil-calisir/10272>
(Erişim Tarihi: 13.11.2021)

<https://www.enerjiportali.com>(Erişim Tarihi: 17.07.2021)

<https://www.incitas.com.tr> (Erişim Tarihi:17.07.2021)

<https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/solar-aku-nedir-cesitleri-nelerdir>
(Erişim Tarihi:22.07.2021)

<https://www.makinamuhendisi.com> (Erişim Tarihi:17.07.2021)

<https://www.normenerji.com.tr> (Erişim Tarihi:15.09.2021)

<https://www.turksan.com> (Erişim Tarihi:16.10.2021)

<https://www.zafer.org.tr> (Erişim Tarihi:17.08.2021)



ÖZGEÇMİŞ

- **Kişisel Bilgiler**

Ad Soyad EYYUP CAN KOÇOĞLU
Yabancı Dili İngilizce

- **Eğitim Bilgileri**

Lise MALATYA FATİH ANADOLU LİSESİ
Lisans AVRASYA ÜNİVERSİTESİ ELEKTRİK-
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
Yüksek Lisans SİNOP ÜNİVERSİTESİ NÜKLEER ENERJİ VE
ENERJİ SİSTEMLERİ

- **İş Deneyimi**

Haziran 2017-ARALIK 2017 DÜNDAR ASANSÖR
MART 2018 – ARALIK 2020 NOKIA - PİWORKS TR BİLİŞİM
HİZMETLERİ AŞ
2020 ARALIK - TÜRKTELEKOM A.Ş

- **Yayımlar, Çalışmalar**

Proje AKILLI OTOPARK PROJESİ LİSANS
BİTİRME