



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYEDE FV SİSTEMLERİN MALİYET ANALİZİ VE
ÇEVRESEL ETKİLERİ**

BATURAY KURU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRİK ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi M. MUSTAFA ERTAY

DÜZCE, 2022

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TÜRKİYEDE FV SİSTEMLERİN MALİYET ANALİZİ VE
ÇEVRESEL ETKİLERİ

Baturay KURU tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi M. Mustafa ERTAY

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi M. Mustafa ERTAY

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Zafer AYDOĞMUŞ

Fırat Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Furkan AKAR

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi:28/03/2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

28 Mart 2022

Baturay KURU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi M. Mustafa ERTAY'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

28 Mart 2022

Baturay KURU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
HARİTA LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR.....	xi
SİMGELER.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	4
2.1. YILLARA GÖRE DÜNYA’NIN VE TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ KURULU GÜCÜ.....	6
2.2. TÜRKİYE’DE GES TESİSLERİ.....	8
2.3. TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ GELİŞİMİ VE YÖNETMELİKLERİN ETKİSİ.....	9
3. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER ve TEÇHİZATI.....	10
3.1. POLİKRİSTAL GÜNEŞ PANELİ.....	12
3.2. MONOKRİSTAL GÜNEŞ PANELİ.....	13
3.3. İNCE FİLM PANELLER.....	14
3.4. ESNEK PANELLER.....	15
3.5. SAYDAM PANELLER.....	16
3.6. İNVERTÖR.....	17
3.7. AKÜ.....	18
3.8. ÇİFT YÖNLÜ SAYAÇ.....	20
3.9. ON-GRİD (ŞEBEKE BAĞLANTILI) SİSTEMLER.....	21
3.10. OFF-GRİD (ŞEBEKE BAĞLANTISIZ) SİSTEMLER.....	22
4. AMORTİ HESAPLARI FORMÜLLERİ VE MATLAB PROGRAMI.....	23
4.1. FORMÜLLER.....	23
5. BULGULAR.....	27
5.1. DÜZCE İLİ İÇİN GERÇEK ABONELİKLERİN ANALİZLERİ.....	27
5.1.1. Üretim ve Tüketimin Eşit Olduğu Koşul.....	27
5.1.2. Üretimin Tüketimden Az Olduğu Koşul.....	28
5.1.3. Üretimin Tüketimden Fazla Olduğu Koşul.....	29
5.2. SÖZLEŞME GÜCÜ VE ÇATI KULLANILABİLİR ALANINA GÖRE DÜZCE’DE GERÇEK ABONELİKLERİN AMORTİ SÜRELERİ.....	30
5.2.1. Ticarethane Abonesi.....	30
5.2.2. Sanayi Abonesi.....	31

5.2.3. <i>Ev-Mesken Abonesi</i>	32
5.3. SEÇİLEN İLLER İÇİN RASTGELE KOORDİNATLAR.....	33
5.3.1. <i>İllerin Aylık Tahmini Üretim Değerleri</i>	33
5.3.2. <i>Amorti Süreleri</i>	40
5.4. BAŞLANGIÇ MALİYETLERİ DÜŞERSE AMORTİ SÜRELERİ.....	47
6. TEMİZ ENERJİ	48
6.1. KARBON AYAK İZİ.....	49
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	50
8. KAYNAKLAR.....	52
9. EKLER	58
ÖZGEÇMİŞ.....	63



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Güneş panellerinin yıllara göre Watt başına dolar fiyatı [31].	6
Şekil 2.2. Dünyada yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü [63].	7
Şekil 2.3. Türkiye'nin yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü.	8
Şekil 2.4. Yıllara göre Türkiye güneş enerjisi kurulu gücü [9], [1].	9
Şekil 3.1. İngot [27].	10
Şekil 3.2. Yonga [27].	11
Şekil 3.3. Hücre [27].	11
Şekil 3.4. Güneş paneli [27].	12
Şekil 3.5. Polikristal güneş paneli [59].	13
Şekil 3.6. Monokristal güneş paneli [60].	14
Şekil 3.7. İnce film güneş paneli [61].	15
Şekil 3.8. Esnek güneş paneli [62].	16
Şekil 3.9. Saydam güneş paneli [39].	17
Şekil 3.10. Akıllı invertör [41].	18
Şekil 3.11. Jel aküler ile normal akülerin kapasite farkı [44].	19
Şekil 3.12. Jel akü [45].	19
Şekil 3.13. Çift yönlü sayaç [46].	20
Şekil 3.14. On-Grid sistem tasarımı [48].	22
Şekil 3.15. Off-Grid sistem tasarımı [49].	22
Şekil 4.1. Matlab programının akış şeması.	24
Şekil 5.1. Sistemin aylık üretim güçleri [19].	31
Şekil 5.2. Sistemin aylık üretim güçleri [19].	32
Şekil 5.3. Sistemin aylık üretim güçleri [19].	33
Şekil 5.4. Düzce koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].	34
Şekil 5.5. Düzce koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].	34
Şekil 5.6. Antalya koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].	35
Şekil 5.7. Antalya koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].	35
Şekil 5.8. Ankara koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].	36
Şekil 5.9. Ankara koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].	36
Şekil 5.10. Şanlıurfa koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].	37
Şekil 5.11. Şanlıurfa koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].	37
Şekil 5.12. İstanbul koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].	38
Şekil 5.13. İstanbul koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].	38
Şekil 5.14. İzmir koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].	39
Şekil 5.15. İzmir koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri	

[19].	39
Şekil 5.16. Erzurum koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].	40
Şekil 5.17. Erzurum koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].	40
Şekil 5.18. İllerin aboneliklere göre FV sistem Amorti Süreleri (Üretim ve tüketim eşit).	42
Şekil 5.19. İllerin aboneliklere göre FV sistem Amorti Süreleri (Üretim tüketimden fazla).	44
Şekil 5.20. İllerin aboneliklere göre FV sistem Amorti Süreleri (Tüketim üretimden fazla).	46
Şekil 5.21. Başlangıç maliyetleri azalması durumunda FV sistem amorti süreleri (Ticaretخانه abonelikleri).	47



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 5.1. Üretim ve Tüketimin eşit olduğu durumda amorti süreleri.	28
Çizelge 5.2. Üretimin tüketimden az olduğu durumda amorti süreleri.	29
Çizelge 5.3. Üretimin tüketimden fazla olduğu durumda amorti süreleri.	30
Çizelge 5.4. İllerin merkezlerinde seçilen rastgele koordinatlar.	33
Çizelge 5.5. İllerin aboneliklere göre FV sistem amorti süreleri (Üretim ve tüketim eşit).	41
Çizelge 5.6. İllerin aboneliklere göre FV sistem amorti süreleri ve üretim getirisi (Üretim tüketimden fazla).	43
Çizelge 5.7. İllerin aboneliklere göre FV sistem amorti süreleri ve tüketim gideri (Tüketim üretimden fazla).	45



HARİTA LİSTESİ

Sayfa No

Harita 2.1. Almanya güneş atlası [24].	4
Harita 2.2. Türkiye'nin güneş atlası [11].	5



KISALTMALAR

AC	Alternatif akım
AGM	Kuru tip akü
BTV	Belediye tüketim vergisi
DC	Doğru akım
EF	Enerji fonu
FV	Fotovoltaik
GES	Güneş Enerji Santrali
ICAO	Uluslararası sivil hava örgütü
IRENA	Uluslararası yenilenebilir enerji ajansı
JRC	Avrupa birliği bilim ve bilgi ortak araştırma merkezi
KDV	Katma değer vergisi
PV	Photovoltaic
TEİAŞ	Türkiye elektrik iletim A.Ş.
TL	Türk lirası
TRT	Türkiye radyo televizyon
VRLA	Yalıtılmış akü

SİMGELER

%	Yüzde
CO ₂	Karbondioksit
CdTe	Kadmiyum Tellürid
CuInSe ₂	Bakır indiyum Diselenid
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattsaat
Hz	Frekans
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattsaat
kWh/m ²	Işınım
MW	Megawatt
V	Volt
W	Watt
W/m ²	Enerji

ÖZET

TÜRKİYEDE FV SİSTEMLERİN MALİYET ANALİZİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Baturay KURU

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi M. Mustafa ERTAY

Mart 2022, 62 sayfa

Günümüzde Dünya nüfusunun ve üretiminin hızlı bir şekilde artmasından kaynaklı enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Kömür, doğalgaz ve petrol gibi enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Aynı zamanda bu kaynaklar çevreye de ciddi zararlar vermektedir. Bunlardan en önemlisi CO₂ salınımıdır. Gelişen teknolojiyle beraber günümüzde güneş panellerinin fiyatları da oldukça düşmüştür ve aynı zamanda verim oranları da artmıştır. Türkiye’de 12 Mayıs 2019’da çıkan yasal mevzuat ile devletimiz 10 yıl enerji alım garantisıyla mahsuplaşmaya gitmiştir. Türkiye fotovoltaik (FV) sistemler için oldukça elverişli bir ülke konumundadır. Bu tezin en önemli amacı bu konuda yatırımcıları bilinçlendirmektir. Yatırımcıları evlerine, fabrikalarına, ticarethanelerine vb. yönetmelik dâhilinde olan yerleşim alanlarına FV sistemlerin kurulumuna teşvik etmektir. FV sistemlerin maliyet analizleri, geri dönüşüm süreleri ve karbon salınımının çevreye etkileri bu çalışmada işlenmiş konulardır. Güneşlenme süresi en düşük olan illerimizden Düzce’de gerçek ev, fabrika ve ticarethane abonelikleri için ayrı ayrı yatırım maliyetleri, amorti süreleri analiz edilmiştir. Ülkemizde ki 7 Bölge 7 İl için rastgele koordinatlarda üç abonelik türü için FV sistemler tasarlanıp maliyet hesaplamaları yapılarak, amorti süreleri hesaplanmış ve bu veriler karşılaştırılarak yatırımın elverişli olup olmadığı tartışılmıştır. Hesaplamalar FV sistem hesaplamaları için yazılan Matlab programı yardımıyla yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Güneş enerjisi, Yenilenebilir enerji, FV sistemler.

ABSTRACT

COST ANALYSIS AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF FV SYSTEMS IN TURKEY

Baturay KURU

Düzce University

Institute of Graduate Studies, Natural and Applied Sciences, Department of Electrical
Electronics Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M. Mustafa ERTAY

March 2022, 62 pages

Today, the need for energy is increasing rapidly due to the rapid increase in the world population and production. Energy resources such as coal, natural gas and oil are rapidly depleting. At the same time, these sources cause serious damage to the environment. The most important of these is CO₂ emissions. With the developing technology, the prices of solar panels have decreased considerably and at the same time the efficiency rates have increased. With the legal legislation enacted on May 12, 2019 in Turkey, our state has set off with a 10-year energy purchase guarantee. Turkey is a very favorable country for photovoltaic (PV) systems. The most important aim of this thesis is to raise the awareness of investors on this issue. Investors in their homes, factories, businesses, etc. is to encourage the installation of PV systems in residential areas within the scope of the regulation. Cost analysis of PV systems, recycling times and the effects of carbon emissions on the environment are the subjects covered in this study. In Düzce, one of our provinces with the lowest sunshine duration, investment costs and payback periods for real house, factory and business subscriptions were analyzed separately. For 7 Regions and 7 Provinces in our country, PV systems were designed for three subscription types in random coordinates, cost calculations were made, payback periods were calculated, and it was discussed whether the investment was suitable or not. Calculations were made with the help of Matlab program written for PV system calculations.

Keywords: Solar energy, Renewable energy, PV Systems.

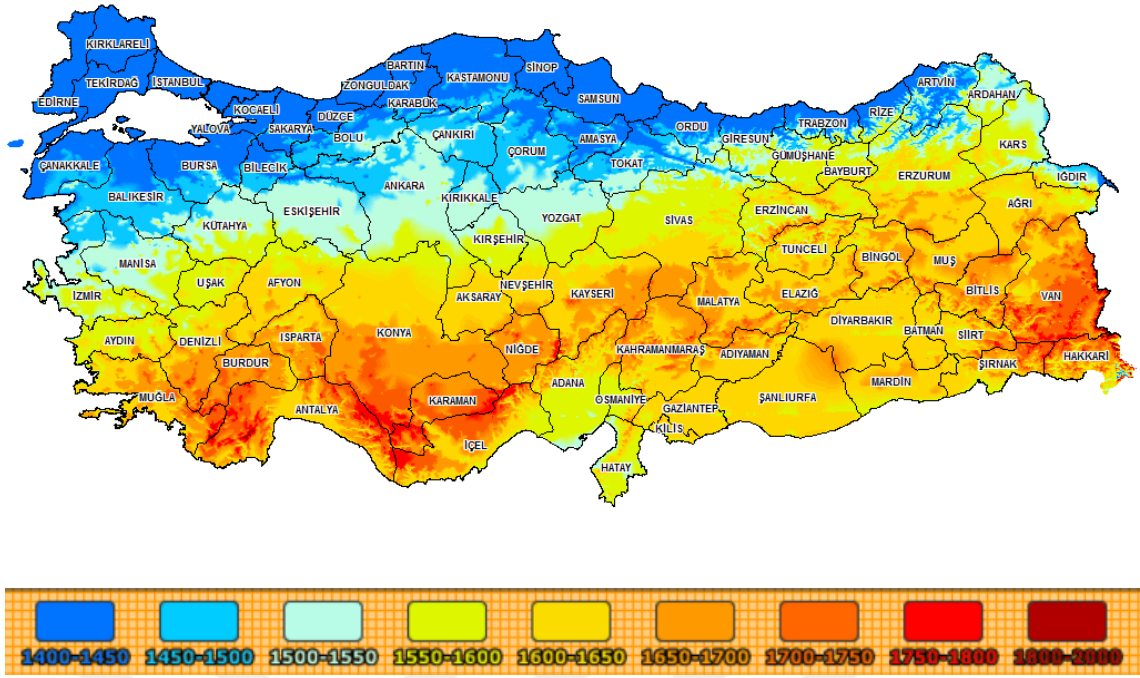
1. GİRİŞ

Ülkemizin kurulu gücü 2021 verilerine göre 97.689 MW'a ulaşmıştır. Kurulu gücün 7.154 MW'ı güneş enerjisidir. Ülkemiz Güneşlenme süresi açısından güneş enerjisine oldukça elverişli bir ülke konumundadır [2,3]. Fakat ne yazık ki Güneşlenme süreleri ülkemizden çok daha düşük olan Almanya'da 2021 verilerine göre güneş enerjisi ile elektrik üretimi, kurulu gücün yüzde 24'düdür [4]. Türkiye de yıllık ortalama Güneşlenme süresi 2555 saat, günlük Güneşlenme ise 6,37-7,3 saat arasında değişim gösterirken [5]. Almanya da yıllık ortalama Güneşlenme süresi 2000 saat, günlük Güneşlenme süresi ise ortalama 5.48 saattir [6]. Bu veriler ile ülkemizin bu konuda ne kadar geri kaldığını görebiliriz. Peki, neden güneş enerjisi tercih edilmeli; aslında bunun birçok nedeni var. Teknolojinin gelişmesiyle beraber güneş panellerinin fiyatları oldukça düşmüştür, aynı zamanda verim oranları da artmıştır. Bunun yanı sıra kömür, doğalgaz, petrol gibi enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Neredeyse sınırsız bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi aynı zamanda ülkemiz ve Dünyamız için temiz enerji kaynaklarından [7,8]. Son yıllarda güneş enerjisi literatürde popülerliğini arttırmıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte çok daha fazla gündemde olması beklenmektedir. Güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşan şiddeti 0-1100 W/m² değerleri arasında değişim göstermektedir. Bu enerjinin çok küçük bir bölümü bile Dünyanın mevcut enerji ihtiyacını karşılamaya yeterlidir [9]. Bu sebeplerden ötürü hem ülkemiz hem de Dünyamız için gerekli enerji ihtiyacının çok daha fazlası yenilenebilir kaynak olarak Güneşte bulunmaktadır. Bununla beraber küresel ısınma ve çevresel faktörler içinde tercih edilmesi gereken en önemli enerji kaynağıdır. Ülkemizde 12 Mayıs 2019'da çıkan mevzuat kapsamında devletimiz bu konuya önem vererek ciddi teşvikler uygulamıştır [10]. Yönetmelik dâhilinde olan ev, fabrika, ticarethane vb. abonelere sözleşme gücü kadar şebekeye bağlı FV (Fotovoltaik) sistem kurma hakkı tanınmıştır. Bu kapsam içinde devlet 10 yıl elektrik alım garantisi sağlamış olmakla beraber tüketiciler sistemin gücüne göre elektrik üretim fazlasını da devlete satabilmektedir. Tabii ki bu tesislerin uzman danışmanlar kontrolünde kurulması önem arz etmektedir. Bölgelere göre Güneşlenme süreleri değişkenlik gösterir [11]. Panellerin konumlanması gereken açılar, oluşabilecek gölgelenmelere karşı önlemler, maksimum verim minimum maliyet ile nasıl yapılabilir tüm bunlar detaylı hesaplanmalıdır [12]. Bu konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar şunlardır. Bir konutun elektrik ihtiyacının şebeke bağlantılı FV sistemle karşılanması

konusunda yapılan çalışmada, tasarlanan FV sistemin amorti etme süresini hesaplayan bir yaklaşım ortaya konulmuştur [13]. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli değerlendirilmiş olup yerel ölçekte Karabük ili için avantajlar ve dezavantajlar değerlendirilmiştir [14]. Tasarlanan sistem ile güneş enerjisinden elektrik enerjisinin üretimini optimal verimde gerçekleştirerek, Kütahya-Bilecik illerinden alınan saatlik verilerle çalışma sunulmuştur [15]. Süleyman Demirel üniversitesinde kurulması planlanan fotovoltaik çatı sisteminin enerji hesaplaması ve ekonomik analizi belirlenmeye çalışılmıştır [16]. Bir evin aydınlatılması ve çeşitli elektrikli ev eşyalarının kullanımı için kurulan bu sistemin ürettiği elektriğe karşılık gerekli panel sayısı, panel verim ve sistemin ekonomik analiz hesapları yapılmıştır [17]. Ankara ili için fotovoltaik-ev sistem tasarımı ve maliyet analizi yapılmıştır [18]. İlgili çalışmalarda şebeke bağlantılı sistem veya şebeke bağlantısız yani akülü sistemlerin amortisman süreleri hesaplanmıştır. Fakat çalışmaların çoğunluğunun yayınlanma tarihi 2019 Mayıs ayından önce olduğundan dolayı gerek güneş panellerinin fiyatlarının yüksek olması gerekse devlet desteğinin olmaması sebebiyle amortisman süreleri çok uzun çıkmış olup çoğunlukla mantıklı bir yatırım olmadığı sonuçları elde edilmiştir. Özellikle akülü sistemler günümüzde dâhil mantıklı bir yatırım değildir. Lakin son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve FV sistem maliyetlerinin düşmesiyle birlikte devletimizin bu konuda çıkardığı teşvikler ile şebeke bağlantılı sistemler güzel yatırımlar haline dönüşmüştür. Bu çalışma ile ilgili Dünyada yapılan bazı çalışmalar ise şunlardır. İsveç'te FV sistemlerin kurulumuna gerekli teşviklerin verilmesini amaçlayarak diğer ülkelerin bu yöndeki politikalarını inceleyip İsveç'te de FV sistemlerin yaygınlaşmasını sağlama yaklaşımı ortaya konmuştur [19]. 2011 yılında yapılmış çalışmada Kanada Ontario da FV sistem analizi yapılmıştır. Fakat sistem maliyetlerinin çok yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Maliyetlerin en az iki katı kadar düşmesi gerektiğine vurgu yapılmıştır. Çalışmada teşviklere, kredilere ve iskontolara da dikkat çekilmiştir [20]. 2015 yılında yapılan bu çalışmada ise Dünya'nın çeşitli ülkelerinde FV sistemlerin kurulum maliyetleri incelenmiştir. Kurulum maliyetlerinin önemine vurgu yapılmıştır. 2020 yılında bu maliyetlerin düşmesi ön görülmüştür. Dünyada yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücünün artışı belirtilmiştir. Bu konuda teşviklerin önemli olduğu vurgulanmıştır [21]. 2019 yılında yapılan çalışmada Türkiye'de 9 ilde detaylı bir araştırma yapılmıştır. Sonucunda Türkiye'de güney kısımlarında 5kW'lık çatı FV sistemlerin kuzey bölgelere göre nispeten yatırım yapılabilir düzeyde olduğu belirtilmiştir. Teşviklerin artırılması gerektiğine değinilmiştir. Türkiye'de panel üretim fabrikasının kurulduğundan bahsetmiştir.

Makalenin yayım tarihinden sonra 2019 da çıkan teşvik kanunu ile birlikte ve yerli panel üretimiyle panel fiyatlarının düşmesi başlangıç maliyetlerini düşürmüştür ve bu yatırımlar Türkiye'nin en kötü güneşlenme süresine sahip ilinde bile yapılabilir karlı yatırımlar haline dönüşmüştür. Günümüzde ticarethane sanayi veya mesken abonelikleri Türkiye'nin 7 bölgesinin tüm illerinde karlı ve mantıklı bir yatırım olduğu mevcut çalışmada rapor olarak sunulmuştur [22].

Bu tezin amacı güncel kanunlar üzerinden şebeke bağlantılı sistemlerin günümüzde mantıklı yatırımlar olduğunu dile getirerek bu yatırımlara teşvik etme ve farkındalık yaratma amacı gütmektir. Bu çalışmanın öncelikli hedefi 12 Mayıs 2019 yasal mevzuat dâhilinde insanları yenilenebilir enerjiye yönlendirmek ve bu konuda bilinçlendirmektir. Çalışmada 3 farklı abonelik için şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler tasarlanmıştır. 7 bölgedeki 7 il için aynı sistem koşulları baz alınarak 3 farklı aboneliğin 3 farklı durumu analiz edilmiştir. Bu durumlar üretimin tüketimden az olduğu, üretimle tüketimin eşit olduğu ve üretimin tüketimden fazla olduğu durumlardır. Tüm bu durumlar ele alınarak 7 bölge 7 il için bulunan sonuçlar tartışılarak ülkemizin her bölgesinde bu yatırımın avantajlı ve kârlı olup olmadığı bu çalışmada ortaya konulmuştur. Hesaplamalar da Avrupa birliği ortak araştırma merkezinin FV sistem programı [23] yardımıyla 7 ilin merkezlerinden rastgele koordinatlar seçilerek yıllık üretim değerleri bu sistem üzerinden alınmıştır. Amorti sürelerinin sonuçları ise ekte verilmiş olan kodlar kullanılarak Matlab de geliştirilen program ile hesaplanmıştır.



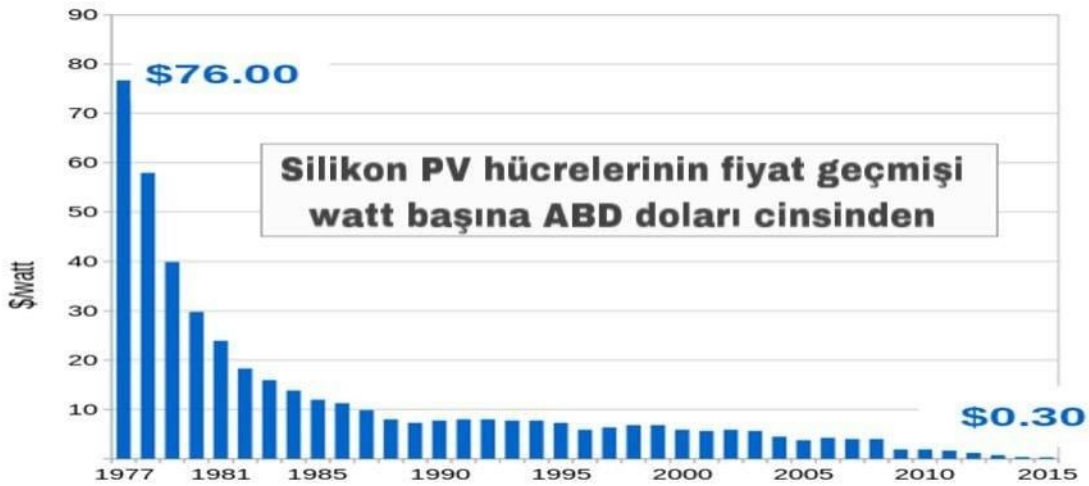
Harita 2.2. Türkiye'nin güneş atlası [11].

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Güneş enerjisi temiz bir enerji ve neredeyse sınırsız bir enerji imkânı sunmaktadır. Enerjide dışa bağımlılık Güneş ve benzeri yenilenebilir enerji kaynakları ile minimum seviyeye indirilebilir. Son yıllarda çıkan kanunlar ile birlikte devletimiz bu konu üzerine ciddi teşvikler sağlamıştır. Bu teşvikler sayesinde bugün Türkiye güneş enerjisi kullanımında hızla gelişmektedir. 2014 yılında 40,2 MW olan güneş enerjisi kurulu gücü 2019 yılında 5.995,2 MW a kadar çıkmıştır [25]. Ancak halen daha Türkiye potansiyelinin çok altındadır. Gelişmiş ülkelere baktığımızda bunlardan bazıları Almanya, Çin, Amerika, Japonya, İtalya, İspanya ve Fransa'nın kurulu güçleri ise sırasıyla 54 GW, 254 GW, 76 GW, 67 GW, 22 GW, 14 GW ve 12 GW'dır [26]. Buna rağmen Türkiye'nin son yıllardaki gelişimi azımsanmayacak düzeydedir. Yerli panel üretimlerinin giderek artmasıyla başlangıç maliyetleri yıldan yıla düşmüş ve daha makul yatırım yapılabilir fiyatlara inmiştir. Bu konuda dev bir adım atılarak 2020 yılında kanyon enerji tarafından panel üretim fabrikası kurulmuştur [27]. Bu fabrikada üretim 4 aşamalıdır. Kütük, yonca, hücre ve panelin hepsini tek bir çatı altında toplayarak tek bir fabrikada üreten Dünyada ilk ve tek firmadır. Bu ülkemiz için güneş enerjisi açısından çok büyük bir atılımdır. Bunların yanı sıra 2019 yılında çıkan yönetmelik ile birlikte devlet ticarethane, ev, sanayi gibi alanların çatısına sözleşme gücü kadar FV sistem kurma hakkı tanımış olup üretilen enerjiye 10 yıl boyunca alım garantisi sunmuştur [10]. Böylece çift yönlü sayaç sayesinde

üretim ve tüketim karşılaştırılarak mahsuplaşmaya gidilecektir. Güneş enerjisi Dünya ve Türkiye açısından oldukça önemli bir konudur. Türkiye’de 2011 yılından itibaren çeşitli teşvik kanunları çıkmıştır [28]. Bu yönetmeliklerinde etkisiyle Türkiye güneş enerjisinde hızla gelişerek potansiyelini tamamını kullanmaya her geçen gün yaklaşmaktadır.

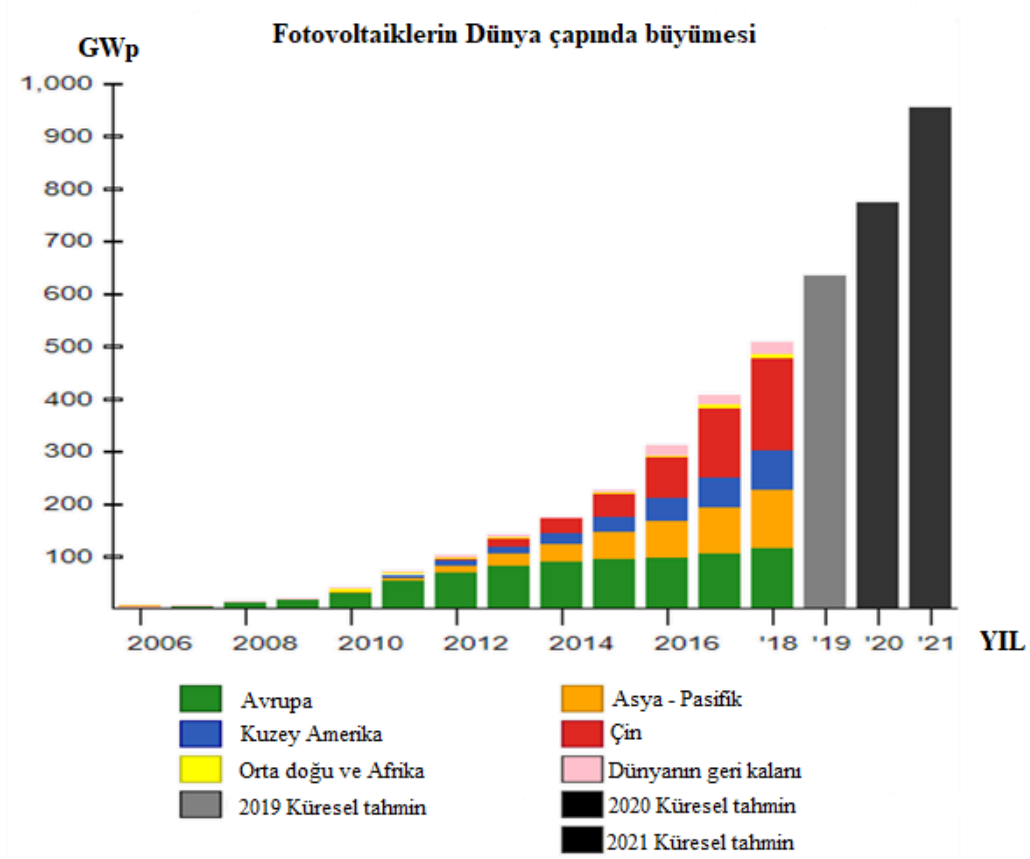
2.1. YILLARA GÖRE DÜNYA’NIN VE TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ KURULU GÜCÜ

Güneş enerjisi yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olması sebebiyle gelecekte vazgeçilmez bir enerji kaynağı olacaktır. Dünyada bu konuda çalışmalar 1800lü yıllardan itibaren başlamıştır. 1950li yıllara gelindiğinde ilk ticari panel üretimleri olmuştur. Gerek uzay teknolojilerinin gelişimi gerek panel verimlerinin artmasıyla birlikte güneş enerjisi hayatımızda büyük bir yer almıştır [29]. Güneş enerjisi uzayda olduğu kadar yeryüzünde de oldukça gerekli bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtların çevreye verdiği zarar ve sınırlı arzının tükenmesi insanlığı yenilenebilir ve temiz enerjiye yönlendirmektedir. 1973 petrol krizi sonrasında Dünya ekonomi liderleri yenilenebilir kaynaklara daha çok önem vermiştir [30]. Böylece teknolojinin ilerlemesiyle beraber panel fiyatları yıldan yıla düşmüş ve verimlilikleri de artmıştır.



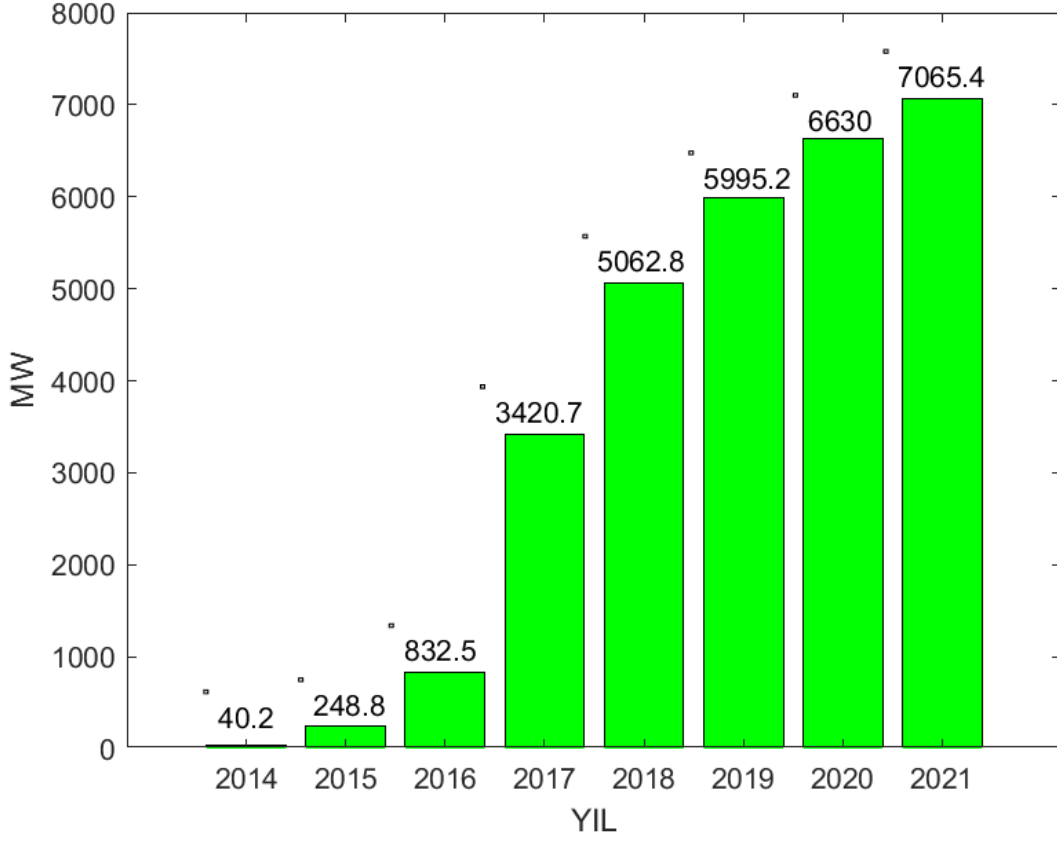
Şekil 2.1. Güneş panellerinin yıllara göre Watt başına dolar fiyatı [31].

Böylelikle Dünyada güneş enerjisi kurulu gücü hızla artmıştır. Ve artmaya devam etmektedir.



Şekil 2.2. Dünyada yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü [63].

Türkiye’de çıkan yönetmeliklerle birlikte kurulu güç hızla artmaktadır. 2016 yılında ithal paneller yönetmeliğin dışında tutulmuştur. Bu yerli panel üretimine ve kullanımına teşvik etmiştir. Türkiye bu adımla birlikte üretici bir ülke olmakla birlikte üretimde rekabet artmıştır. Bu da panel fiyatlarına yansımıştır. Günümüzde Dünyada ilk ve tek olan panel üretim fabrikası kalyon enerji tarafından kurulmuştur. Bu fabrika Dünyada 4 aşamalı üretimi yapan tek fabrikadır [27].



Şekil 2.3. Türkiye'nin yıllara göre güneş enerjisi kurulu gücü.

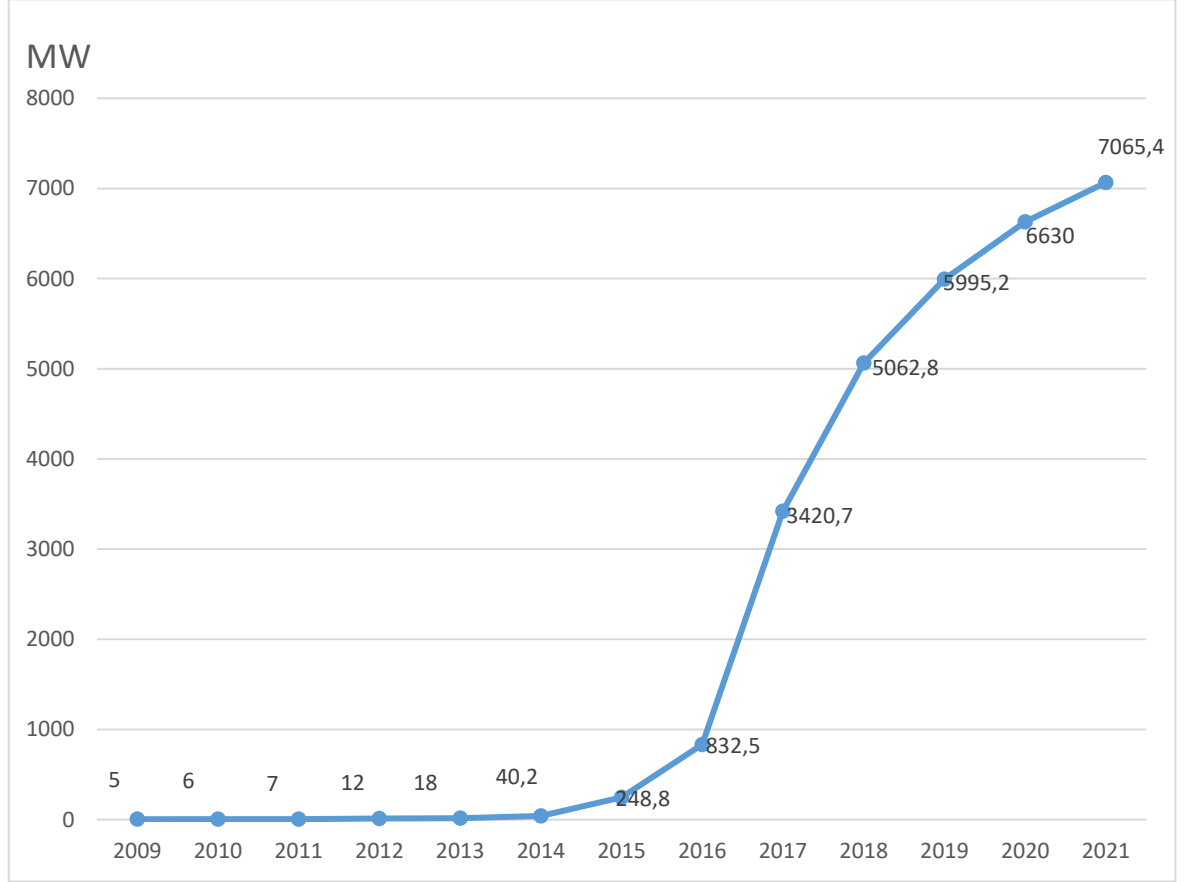
Fakat bu rakamlar Türkiye'nin potansiyeline bakıldığında hala daha yeterli düzeyde değildir. FV sistem kurulum maliyetlerinin azalmasıyla ve 2019 yılında çıkan son yönetmelik ile önümüzde ki yıllarda istenilen seviyelere hızla gelinmesi beklenmektedir.

2.2. TÜRKİYE'DE GES TESİSLERİ

Türkiye'de 36 adet lisanslı 629 adet lisanssız güneş enerjisi santrali (GES) bulunmaktadır [32]. Bu GES'ler yaklaşık olarak 10.833 GWh yıllık enerji üretimi sağlamaktadır. GES'ler Türkiye'nin Kurulu gücünün %7,28'ni oluşturmaktadır. Toplam kurulu güç güncel olarak 7.065 MW seviyelerine ulaşmıştır. Toplam 665 kayıtlı santral bulunmaktadır. En büyük santrallerden biri kalyon enerjinin Karapınar YEKA-1 santralidir. Santral Konya ilinde bulunmaktadır. Bu santralin kurulu gücü 189 MW olmakla beraber zamanla kurulu güç 1000 MW olması hedeflenmektedir. Bir diğer GES Naturel ve Esenboğa Enerjinin Ankara'da kurduğu santraldir. Santralin gücü 118 MW'dır. Kayseri organize sanayide bulunan GES ise 50 MW gücündedir. Sıralama bu şekilde devam etmektedir. Türkiye'de bulunan santrallerin çoğunluğu 1 MW veya daha altında güce sahiptir [32].

2.3. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ GELİŞİMİ VE YÖNETMELİKLERİN ETKİSİ

Türkiye’de özellikle 2011 tarihi itibariyle çıkan yönetmelikler güneş enerjisinde gelişimi hızlandırmıştır. 2010 tarihinde Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücü 6kW’ken 2011 ve sonrası çıkan yönetmelikler ile birlikte ciddi artışlar göstermiştir. Türkiye’nin güneş Kurulu gücünün yıllara göre artışı Şekil 2.4 de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Yıllara göre Türkiye güneş enerjisi kurulu gücü [9], [1].

Şekil 2.4 de görüldüğü üzere 2011 yılından sonra Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücü hızlıca artmıştır. 2016 yılında ithal güneş panellerinin teşvik dışında kalmasıyla birlikte panel üretiminde yerli üretim artmış ve panel fiyatlarına yansımıştır. Bunun sonucunda güneş enerjisi yatırımcınının daha çok ilgisini çekmiş ve kurulu güçteki artış patlama yapmıştır. Türkiye son yıllarda güneş enerjisi konusunda çok gelişmektedir. Kalyon enerjinin 2020 yılında kurduğu Dünyanın ilk ve tek güneş paneli üretim fabrikası ve bunun gibi atılımlar yıllar içinde güneş panellerinin verimlerini arttırarak maliyetlerini düşüreceklerdir. Böylece yatırımcıların daha çok dikkatini çekecek ve kurulu güç hızla büyümeye devam edecektir.

3. FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE TEÇHİZATI

Fotovoltaik sistemler en basit anlatımla güneş ışığını günlük hayatımızda kullanılabilir enerjiye dönüştüren santrallerdir. Bu sistemde panellerin üretimi 4 aşamalıdır. İlk aşama ingot üretimidir. Bu aşamada kumda bulunan silisyumun işlenmesiyle poli-silisyum elde edilir. Özel makineler ile birlikte elde edilen poli-silisyum 1450 santigrat derecede eritilir. Böylece silisyum ingot haline getirilmektedir. Eritilen hammadde yüksek teknoloji sayesinde 400 kilogram ve 4 metre boyunda bir silindire dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm çok hassas hesaplanmaktadır. Saatte 4 ila 10 milimlik mesafe alınabilmektedir [27].



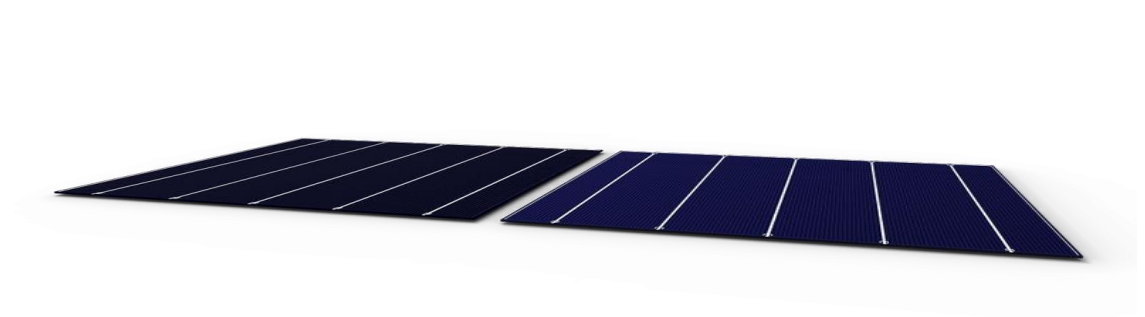
Şekil 3.1. İngot [27].

İkinci aşama yonga üretimidir. Bu aşama silindirin plaka şekline evrilmesidir. Üretilen silindir uç kısımları gövdeden ayrılır. Ve kenarlar kesilerek köşeli 3 metre uzunluğunda bir külçe oluşturulur. Üretilen külçeler elmas kaplı 60 mikron kalınlığa sahip saniyede 15 metre hızı olan yüksek teknolojiye sahip testereler tarafından 180 mikron kalınlığında dilimlenmektedir. Daha sonra yongalar ayrıştırılmaktadır [27].



Şekil 3.2. Yonga [27].

Üçüncü aşama hücre aşamasıdır. Üretilen yongalar sayısı 30'u aşkın kimyasallar ile fiziksel yarı iletken üretim sürecinden geçirilerek güneş hücresi özelliği kazandırılır. İki yüzeyde güneş enerjisi üretebilecek özelliğe kavuşturulmaktadır. Güneşe bakan yüzey Güneşten doğrudan gelen ışığı elektriğe çevirirken arka yüzey ise yansıyan güneş ışınlarını toplamaktadır.



Şekil 3.3. Hücre [27].

Dördüncü ve son aşama panel aşamasıdır. Panelin gücüne göre hücreler birleştirilerek (lehimlenerek) güneş paneli oluşturulur [27].



Şekil 3.4. Güneş paneli [27].

Güneş panellerinin çeşitlerine göre verimlilikleri ve maliyetleri değişmektedir. Başlıca güneş paneli çeşitleri şunlardır;

- Polikristal Paneller
- Monokristal Paneller
- İnce film Paneller
- Esnek Paneller
- Saydam Paneller

En verimli paneller monokristal panellerdir.

3.1. POLİKİKRİSTAL GÜNEŞ PANELİ

Polikristal paneller isminden anlaşılacağı üzere birden çok kristalden oluşurlar. Çok sayıda kristalden oluştuğundan dolayı elektronların hareket etme alanı azdır. Bu sebeple monokristal panellere göre daha az verimlidir. Genellikle mavi renkte olurlar. Polikristal

panellerde kullanılan silikonu yapmak daha basit ve az maliyetlidir. Polikristal hücreler 2006 yılında Dünyanın yarısından fazlasında kullanılmıştır. Bunun en önemli sebebi maliyetinin daha az olmasıdır. Fakat son dönemlerde üreticiler yaygın olan polikristal paneller yerine daha verimli olan monokristal panelleri üretmeye başlamışlardır [33,34,35,36].



Şekil 3.5. Polikristal güneş paneli [59].

3.2. MONOKRİSTAL GÜNEŞ PANELİ

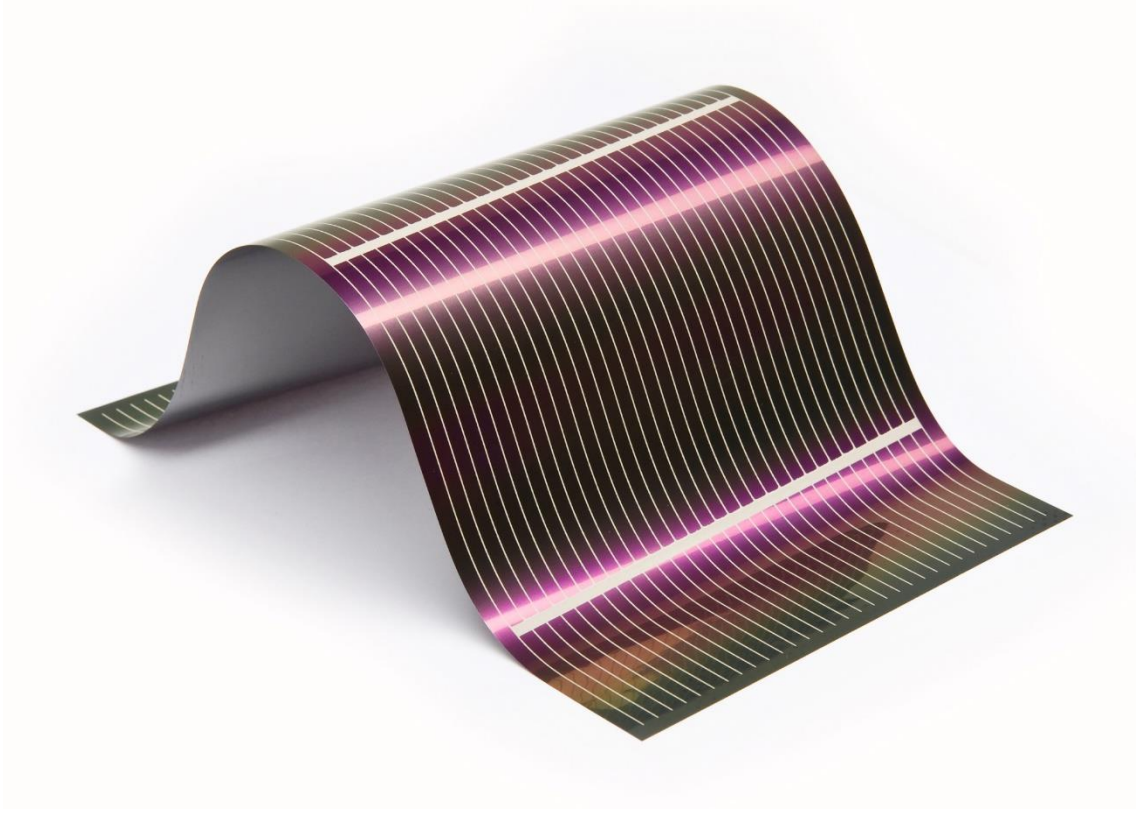
Monokristal güneş panelleri tek bir silikon kristale sahiptir. Silikon silindir haline getirilip dilimlenerek hücreler oluşturulur. Tek bir silikon kristalden oluşmasının avantajı ise elektronların hareket etmesi için daha fazla alana sahip olmasını sağlar. Bu nedenle monokristal güneş panelleri en yüksek verime sahip panellerdir. Polikristal panellere göre üretimde farklı teknolojiler istediğinden dolayı üretim maliyetleri daha fazladır. Özellikle kapalı havaya sahip bölgelerde verim farkları daha net ortaya çıkmaktadır. Daha verimli paneller olması sebebiyle ve üretim maliyetleri polikristal panellerin üretim maliyetlerine çok yaklaştığından dolayı son dönemlerde üretimi polikristal panellerden yaygındır [33,35,36].



Şekil 3.6. Monokristal güneş paneli [60].

3.3. İNCE FİLM PANELLER

Bu paneller en az tercih edilen panellerdir. Güneş ışığını emme oranı fazla olmasına karşın verimlilikleri düşüktür. Kristal yapıda olmaya Si pillerinden alınan verim yüzde 10 dur. Ticari modüller de ise yüzde 5 ila yüzde 7 arasında değişmektedir. Daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum hücresi binaların cephelerinde de yarı saydam bir şekilde kullanılarak enerji üretimi sağlanabilmesi tahmin edilmektedir. Kadmiyum Tellürid ($CdTe$) çok kristallidir. $CdTe$ ile güneş paneli maliyetlerinin azalacağı öngörülmektedir. Laboratuvar deneylerinde yüzde 16 verim, ticari modüller de ise yaklaşık yüzde 7 verim sağlamaktadır. Bakır indiyum Diselenid ($CuInSe_2$) bu tipte ise laboratuvar verimleri yüzde 17,7 iken ticari modüller de verimleri yüzde 10,2 olmaktadır. İnce film üzerinde araştırmalar devam etmektedir. Yakın gelecekte güneş paneli piyasasını domine etme olasılığı vardır [35,36,37].



Şekil 3.7. İnce film güneş paneli [61].

3.4. ESNEK PANELLER

Esnek paneller polikristal ve monokristal panel ile üretimi aynıdır. Fakat polikristal ve monokristal paneller esnek değildir. Esnek paneller çok daha ince kesilerek yaklaşık 30 dereceye kadar bükülebilen ve fotovoltaik özelliklerini koruyan paneller haline getirilir. İnce film panellerine göre daha az esnektir fakat tekne karavan araba gibi araçlarda yeterli düzeyde bükülebilen bir yapıya sahiptir. Dezavantajları ise ince silikonu nedeniyle uzun vadede daha az dayanıklıdır. Bunun yanı sıra korumaları kalın cam tabakası yerine esnek levhalara bağlı olduğu için korunması daha zordur. Hücrelerin çatlama olasılığı diğer panellere göre daha fazladır bu yüzden diğer panellerden daha kısa garantilere sahiptir. Üretim maliyetleri yüksektir [36,38].



Şekil 3.8. Esnek güneş paneli [62].

3.5. SAYDAM PANELLER

Michigan Eyalet Üniversitesi'nden bilim insanları elektrik enerjisi üreten bir cam üretti. Bu buluş özellikle binaların camlarında ve telefonlarda bir devrim olabilir niteliktedir. Şeffaflığı sayesinde günümüzde evlerimizin camları dâhil birçok alanda kullanılabilir. Gelecekte maliyetlerin düşmesi ve verimin artmasıyla günlük hayatımızın içinde çok fazla görebileceğimiz bir panel olması beklenmektedir [39].



Şekil 3.9. Saydam güneş paneli [39].

3.6. İNVERTÖR

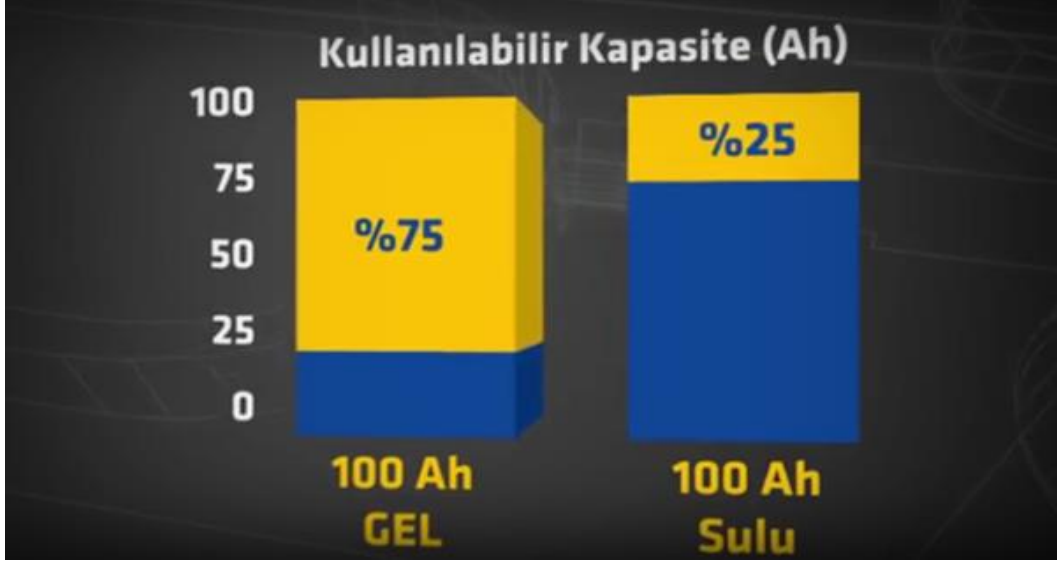
İnvertör elektriksel bir güç eviricidir. Herhangi bir kaynaktan aldığı DC çıkışı sabit frekanslı AC çıkış olarak veren elektronik elemanlardır. İnvertörler 12V, 24V, 48V DC voltajın 220V AC voltaja dönüşmesine olanak sağlar. Genellikle 0,5-2000 Hz aralığında frekans ayarı yapılabilir. Bu durumlar şebeke kalitesi için çok önemlidir. Bilindiği üzere sağlıksız frekans ve gerilim dalgalanmaları yüzünden elektronik cihazlar zarar görmekte olup özellikle fabrikalarda ciddi masraflara neden olabilmektedir. Özellikle FV sistemlerin değişilmez elemanlarıdır [40].



Şekil 3.10. Akıllı invertör [41].

3.7. AKÜ

Aküler elektrik enerjisini kimyasal olarak depolayarak gerektiğinde tekrar elektrik enerjisi olarak vermeye olanak sağlayan cihazlardır. Bakımsız kapalı tip aküler kuru akü olarak adlandırılır. Bunlara VRLA (Valf Regulated Lead Acid) aküde denir. Kuru aküler 2 ayrı tipe ayrılır. AGM akü ve JEL akü. FV sistemlerde jel aküler kullanılır. Ağır koşullara dayanabilen özellikle sıcaklığa ve titreşime dayanabilen akülerdir. Jel akülerin en önemli özelliği derin deşarjdır. Derin deşarj özelliği diğer akülere göre %75'dir [42,43].



Şekil 3.11. Jel aküler ile normal akülerin kapasite farkı [44].

Jel akülerde deşarj sonrasında tekrar şarj edildiğinde içinde bulunan kimyasal yapı bir zarar görmeden şarj tamamlanmış olur. Fakat diğer akülerde deşarj sonrası yapacağınız şarjlarda kimyasal yapısı zarar göreceğinden ömrü her şarjda kılacaktır. Jel akülerin ömürleri diğer akülere göre çok daha fazla olmasından dolayı tercih sebebidir. Ömürleri diğer akülere göre 4 ila 8 kata kadar uzundur.



Şekil 3.12. Jel akü [45].

3.8. ÇİFT YÖNLÜ SAYAÇ

Çift yönlü sayaçların mantığı şebekeden gelen enerjiyle şebekeye verilen enerjiyi ayrı tutmaktır. Bu sayede üretilen ve ihtiyaç fazlası enerji şebekeye verildiğinde sayaç bunu işleyecek ve şebekeden gelen işlediği enerjiden düşerek mahsuplaşmaya gidilebilir hale getirecektir. Şöyle bir örnekle açıklayabiliriz. Eğer FV sistemde şayet tek yönlü sayaç kullanılırsa sayaç şebekeden gelen enerjiyle FV sistemden gelen enerjiyi ayırmadan sayacaktır. Bundan dolayı FV sistem kurmadan önce gelen elektrik faturanız 200 lira iken FV sistem kurduktan sonra gelen faturanız 300 liraya çıkabilir. Çünkü sistem gelen ve giden enerjiyi ayrı tutmamaktadır. Çift yönlü sayaçta ise şebekeden kullanılan enerji ayrı FV sistemden üretilip şebekeye ihtiyaç fazlası verilen enerji ayrı tutulur. Ay sonunda şebekeye verilen enerji şebekeden alınan enerjiden düşülür ve bu faturaya yansıtılarak mahsuplaşmaya gidilir.



Şekil 3.13. Çift yönlü sayaç [46].

3.9. ON-GRİD (ŞEBEKE BAĞLANTILI) SİSTEMLER

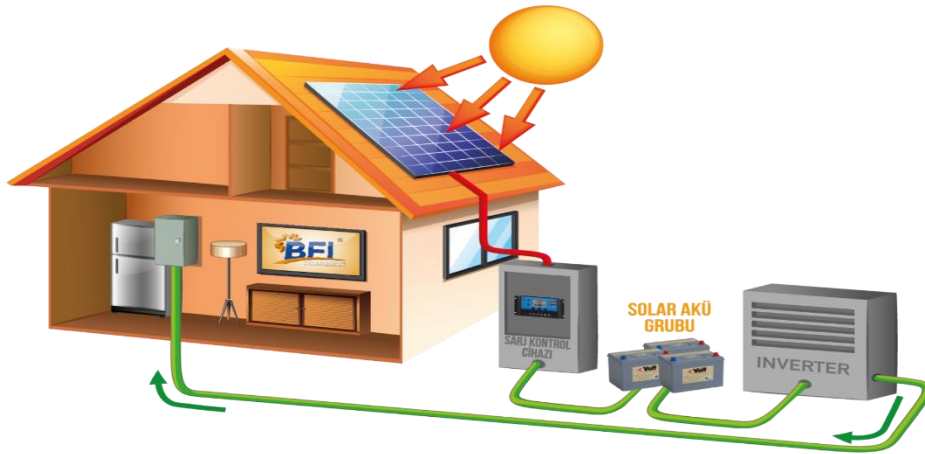
Fotovoltaik sistemler genel olarak On-Grid ve Off -Grid olmak üzere ikiye ayrılırlar. On-Grid yani şebeke bağlantılı sistemleri Off-Grid sistemlerden ayıran en önemli özelliği şebekeye direk bağlantı yapılması ve akü kullanılmamasıdır. Ayrıca çift yönlü sayaçta unutulmamalıdır. 2019 yılında çıkan lisanssız elektrik üretim yönetmeliği kapsamında devlet ev, ticarethane, sanayi vb. alanların çatılarına sözleşme gücü kadar FV sistem kurulum hakkı tanımış olup 10 yıl süreyle üretilen enerjiye alım garantisi sunmuştur. FV sistem ile günışığında üretilen enerji anlık olarak kullanılır. Üretim fazlası ise çift yönlü sayaç yardımıyla şebekeye geri verilir. Çift yönlü sayaç şebekeden aldığı ve şebekeye verdiği enerjiyi ayrı ayrı sayar. Gece üretim olmayacağından dolayı sadece şebekeden alınan enerji işlenir. Böylece ay sonunda şebekeye verilen enerjiyle şebekeden alınan enerji birbirinden düşülerek mahsuplaşmaya gidilir. Şayet şebekeden alınan enerjiyle şebekeye verilen enerji eşit olması durumunda ödenecek fatura sıfır Türk Lirası olur. Eğer şebekeden alınan enerji şebekeye verilen enerjiden fazla ise o zamanda verilen enerji alınandan düşülerek ödeyeceğimiz fatura azalır örnekle 200 Lira gelen aylık fatura 100 Liraya düşebilir. Şayet şebekeden alınan enerji şebekeye verilen enerjiden düşükse arada ki fark çıkan yönetmeliğin bize sağladığı olanakla devlete satılır ve aylık 200 Lira fatura ödeyeceğimiz durumdan FV sistemi kurarak 50 belki 100 Türk Lirası fazla cebimize kar kalabilir. On-Grid sistemlerin kurulum aşamasında birtakım protokoller vardır. Aracı kurumlar çeşitli evraklar istemektedir [47]. Bunlardan bazıları çatı kullanılabilir alanın statik projesi bu FV sistemin kurulacağı çatının sistemin yükünü yani ağırlığını kaldırıp kaldıramayacağını anlamak için istenir. Ayrıca başvurular yalnızca sözleşme gücüne kadar geçerlidir. Yani sözleşme gücü 250 kW olan bir fabrikanın çatı kullanılabilir alanı 1mW 'ı bile kaldırırsa ancak 250kW'lık bir sistem kurabilir fazlasını kuramaz. Bu sistemlerin kurulumunda aracı kurumlara başvuru yapılması gerekir. Bu süreç ve yazışmalar 2 aya kadar sürebilmektedir.



Şekil 3.14. On-Grid sistem tasarımı [48].

3.10. OFF-GRID (ŞEBEKE BAĞLANTISIZ) SİSTEMLER

Off-Grid sistemlerin yani şebeke bağlantısız sistemlerin genel amacı enerjinin akülere depolanarak ihtiyaç duyulduğunda aküler ile bir evin, karavanın, teknenin, kulübenin, kampçılarının vb. yerlerin enerjisini sağlamaktır. Kurulum aşamasında herhangi bir prosedür istememektedir. Genelde elektriğin ulaşmadığı dağ evlerinde kullanımı tercih edilir. Kurulum maliyeti On-Grid sistemlere göre akü bulunmasından dolayı daha pahalıdır. Günümüzde zorunda kalmadıkça tercih edilen sistemler değildir.



Şekil 3.15. Off-Grid sistem tasarımı [49].

4. AMORTİ HESAPLARI FORMÜLLERİ VE MATLAB PROGRAMI

Bu çalışmada verilen formüller kullanılarak Matlab üzerinden bu tez için bir program yazılmıştır. Hesaplamalar bu Matlab yazılımı ile yapılmıştır.

4.1. FORMÜLLER

Türkiye’de ev, ticarethane, sanayi abonelikleri için kurulacak fotovoltaik sistemlerin amorti sürelerini hesaplamak için matlab üzerinden bir program yazılmıştır. Düzce ili için yapacağımız amorti hesaplamalarımızda bu programdan faydalanacağız. Bu programın akış şeması Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu programın formülleri aşağıda belirtilmiştir.

P= Kurulacak sistemin gücü

S= Abonelik türü (Ev-Ticarethane- Sanayi)

E= Kurulacak sistemin bir yıllık enerji üretim değeri

T= Bir yıllık tüketim değeri

Ebr= Enerjinin kW saat birim fiyatı (vergisiz)

i= Dolar faizi

kur= Güncel dolar kuru

sv= Spotaj vergisi (Sistem maliyeti dolar olduğundan dolar üzerinden işlem yapılır)

M= Maliyet

Fg=Faiz getirisi

Ük=Üretim kazancı

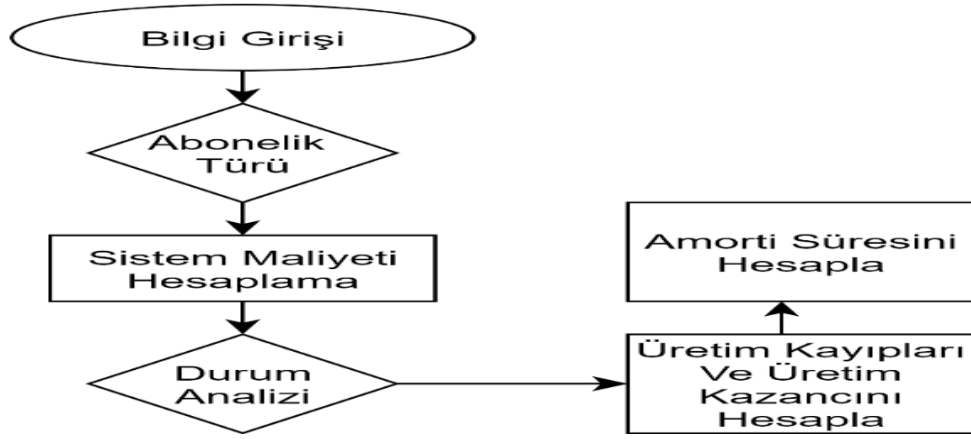
Mk=Kalan Maliyet

At=Amorti Süresi

F=toplam faiz getirisi

Uk=Amorti süresinde son yıl üretim kazancı

A=yıl



Şekil 4.1. Matlab programının akış şeması.

Türkiye’de 3 farklı abonelik türü için vergiler değişim göstermektedir. Ev aboneliğinde Belediye Tüketim Vergisi %5, Türkiye Radyo Televizyon Kurumu vergisi %2, Enerji Fonu vergisi %1 ve son olarak %18 katma değer vergisi vardır [54]. Ticarethane aboneliğinde Belediye Tüketim vergisi %5, Türkiye Radyo Televizyon Kurumu vergisi %2, Enerji Fonu vergisi %1’dir [54]. Ticarethane hesabında katma değer vergisi yani KDV hesaba dâhil edilmez. (Şirketler KDV’yi geri alabildikleri için). Sanayi aboneliğinde ise Belediye Tüketim vergisi %1, Türkiye Radyo Televizyon Kurumu vergisi %2, Enerji Fonu vergisi %1’dir [54]. Ticarethane hesabında da katma değer vergisi yani KDV hesaba dâhil edilmez. (Şirketler KDV’yi geri alabildikleri için). Programda abonelik türü seçildiğinde birim fiyatına göre vergilendirme hesabı bu şekilde yapılmaktadır. Daha sonra Kurulacak sistem gücü (P) kW başına kurulum birim fiyatıyla çarpılarak kurulum maliyeti hesaplanır. (KW başına maliyet 600 dolardır.) Piyasadan aldığımız teklifler doğrultusunda FV sistemlerin kurulum maliyetleri 580 ila 620 dolar arasında değişkenlik göstermiştir. KW başına 600 dolar kabul ettiğimiz maliyet piyasanın güvenilir üreticilerinden Pekintaş-Smicht fabrikasından aldığımız teklif ile edindiğimiz bilgidir [55].

$$M=P*600$$

(1)

Daha sonra faiz getirisi hesaplanır. Başlangıç maliyetimiz dolar üzerinden olduğu için maliyet amorti edene kadar ki dolar faizi de hesaba dâhil edilmelidir. Çeşitli bankalar

dolar faiz oranlarını 0,10 ila 1,10 arasında vermektedir. Bu çalışmada en yüksek faiz oranı kabul edilmiştir. (QNB Finansbank 6 aylık dolar faizi 1,10) [56]. 6 aylık faiz getirisinin hesabı Denk. (2)'deki gibidir.

$$Fg=(M*i*181/36500)-((M*i*181/36500)*sv) \quad (2)$$

Faiz hesabı yapılırken dolar üzerinden spotaj vergisi düşülür. Daha sonra 3 farklı durum için koşullar oluşturulur.

-Yıllık üretim ve tüketimin eşit olduğu koşul.

-Yıllık üretimin tüketimden fazla olduğu koşul.

-Yıllık üretimin tüketimden az olduğu koşul.

Yıllık üretim ve tüketimin eşit olduğu durumda hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$k=E*1/100 \quad (3)$$

Denk. (3)'te verilen k burada yıllık kayıptır. Güneş panelleri 10 yıl için bize %90 verimlilik garantisi sunar. Bundan dolayı yıllık verim kaybı %1 diyebiliriz. br=Elektrik birim fiyatının vergili halidir.

$$\dot{U}k=\sum_{a=0}^9 (E - (k * a)) * br \quad (4)$$

10 yıllık üretim kazancı formülü Denk. (4)'te verilmiştir. Her yıl %1 verim kaybı olduğu varsayılmıştır. Programda bu formülü for döngüye sokarak üretim kazancının Türk Lirası maliyetinden kaç yıl düşük kaldığını hesaplıyoruz. Kaç yıl düşük kaldığını hesapladıktan sonra aynı formülü for döngüsüne tekrar sokarak kaç yıl kaldıysa o kadar yılın toplam üretim kazancını hesaplıyoruz. Toplam faiz getirisini de Denk. (5)'teki formül yardımıyla

hesaplıyoruz.

$$F=fg* 2 * yıl * kur \quad (5)$$

Başlangıç Türk lirası maliyetimizden hesaplanan üretim kazancını çıkartıp toplam faiz getirisiyle toplarsak geriye ne kadar maliyetimiz kaldığını Denk (6)'daki gibi hesaplamış oluruz.

$$Mk = M-Ük+ F \quad (6)$$

Amortisman süresini hesaplamak için mantık şudur bir önce ki for döngümüz eğer 5. yılda durmuş ise 6. yılda sistem kendini amorti etmiş oluyor ama tam olarak ne zaman olduğunu bilmiyoruz o yüzden 6. yılda ki üretim kazancını bulmamız gerekir. Onun için üretim kazancını bir for döngüsüne daha sokarak sadece kalan yıldaki üretim kazancı hesaplatılır.

$$At=A+(Mk/Uk) \quad (7)$$

Böylece amorti süremiz Denk. (7) yardımıyla hesaplanmış olur. Diğer durumlarda da mantık aynı işler. Üretimin tüketimden fazla olduğu durumda amorti süresi dolduktan sonra geriye kalan yıllarda ücretsiz enerjinin yanı sıra elektrik satılarak para kazanılır. Tüketimin üretimden fazla olduğu durumda ise eksik kalan enerji ücreti ödenerek karşılanır.

5. BULGULAR

Matlab de bu tez için yazılan program aracılığı ile Düzce ili için gerçek iki villanın, iki ticarethanenin ve iki sanayi aboneliğinin maliyet analizi yapılmış ve amorti süreleri hesaplanmıştır. Bu üç abonelik türü için 3 farklı koşul incelenmiştir. Bu koşullar ve hangi şartlar altında analiz yapıldığı ortaya konmuştur. Ayrıca Türkiye'nin 7 bölgesinden seçilen 7 ilin merkezi konumlarında rastgele koordinatlar seçilerek üç farklı abonelik türü için 3 farklı koşul incelenerek amorti süreleri karşılaştırılmıştır. Bu hesaplamalarda yardımcı olarak Avrupa birliği bilim ve bilgi ortak araştırma merkezinin (JRC) FV sistem simülatörü verileri kullanılmıştır [23].

5.1. DÜZCE İLİ İÇİN GERÇEK ABONELİKLERİN ANALİZLERİ

Düzce ilinde bulunan villa, ticarethane ve sanayi aboneliğinin amorti süreleri ve koşulları tartışılmıştır. Üç abonelik üç farklı koşulda incelenmiştir. Bu koşullar incelenirken sözleşme güçleri hesaba dâhil edilmemiştir.

5.1.1. Üretim ve Tüketimin Eşit Olduğu Koşul

Bu bölümde Düzce'de bulunan gerçek abonelikler incelenmiştir. Kurulacak sistemin yıllık üretim değerleri Avrupa birliği ortak araştırma merkezinin fotovoltaiik sistem programından alınan veriler yardımıyla hesaplamalarda kullanılmıştır [23]. Hesaplamaların yapıldığı tarih 19 Kasım 2020'dir. Dolar kuru 7.6 Türk lirası kabul edilmiştir. 6 aylık dolar faizi 1.1'le en yüksek oran kabul görülmüştür [56]. Enerji başına birim fiyatlar 1 Ekim 2020 resmi fiyatlarıdır [54]. Sanayi ve ticarethane aboneliklerinde çatı eğimleri 6 derece iken ev-mesken aboneliğinde 33 derecedir. Düzce'de bulunan sanayi aboneliğinin yıllık elektrik tüketimi 206.094,03 kW'tır. Aylık ortalama tüketim 17.174,5 kW'tır. Aylık ortalama fatura ödemesi 11.175,4 TL'dir. Bu değerler aylara göre değişmektedir. Verilen değerler ortalama değerlerdir. Üretim ve tüketimin eşit olduğu sistemi tasarlayabilmek için 185 kW'lık bir sistem kurulumu gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu durumda Çizelge 5.1. de verilen amorti süresinden sonra fabrika ücretsiz elektrik enerji kullanımına geçecektir. Düzce'de bulunan ticarethane aboneliğinin yıllık elektrik tüketimi 200.436 kW'tır. Aylık ortalama tüketim 16.703 kW'tır. Aylık ortalama fatura ödemesi 13.670,44 TL'dir. Bu değerler aylara göre değişmektedir. Verilen değerler ortalama değerlerdir. Üretim ve tüketimin eşit olduğu

sistemi tasarlayabilmek için 175 kW'lık bir sistem kurulumu gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu durumda Çizelge 5.1.de verilen amorti süresinden sonra fabrika ücretsiz elektrik kullanımına geçecektir. Düzce'de bulunan Ev-mesken aboneliğinin yıllık elektrik tüketimi 3.579,84 kW'tır. Aylık ortalama tüketim 298,32 kW'tır. Aylık ortalama fatura ödemesi 217,64 TL'dir. Bu değerler aylara göre değişmektedir. Verilen değerler ortalama değerlerdir. Üretim ve tüketimin eşit olduğu sistemi tasarlayabilmek için 3kW'lık bir sistem kurulumu gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu durumda Çizelge 5.1.de verilen amorti süresinden sonra ev ücretsiz elektrik kullanımına geçecektir.

Çizelge 5.1. Üretim ve Tüketimin eşit olduğu durumda amorti süreleri.

Amorti Süresi	Yıl
Sanayi Abonesi Amorti Süresi	6,819 Yıl
Ticarethane Abonesi Amorti Süresi	5,14 Yıl
Mesken-Ev Abonesi Amorti Süresi	5,596 Yıl

5.1.2. Üretim Tüketimden Az Olduğu Koşul

Bu bölümde Düzce'de bulunan gerçek abonelikler incelenmiştir. Aynı sanayi aboneliği için üretimin tüketimden az olduğu durumda 120 kW'lık bir sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu durumda Çizelge 5.2. de verilen amorti süresinden sonra fabrika yıllık 46.854,62 TL enerji kullanım bedeli ödemeye devam edecektir. Ortalama Aylık olarak 11.175,4 TL gelen faturası ise 3.904,5 TL'ye düşecektir. Aynı ticarethane aboneliği için üretimin tüketimden az olduğu durumda 150 kW'lık bir sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu durumda Çizelge 5.2.de verilen amorti süresinden sonra fabrika yıllık 23.219 TL enerji kullanım bedeli ödemeye devam edecektir. Aylık ortalama fatura ödemesi 13.670,44 TL gelen fatura ise 1.935 TL'ye düşecektir. Aynı Ev-mesken aboneliği için üretimin tüketimden az olduğu durumda 1kW'lık bir sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu durumda Çizelge 5.2.de verilen amorti süresinden sonra ev yıllık 1.683 TL enerji kullanım bedeli ödemeye devam edecektir. Aylık ortalama fatura ödemesi 217,64 TL gelen fatura ise 140,25 TL'ye düşecektir.

Çizelge 5.2. Üretimin tüketimden az olduğu durumda amorti süreleri.

Amorti Süresi	Yıl
Sanayi Abonesi Amorti Süresi	6,819 Yıl
Ticarethane Abonesi Amorti Süresi	5,14 Yıl
Mesken-Ev Abonesi Amorti Süresi	5,596 Yıl
Aboneliklerin Yıllık Ödemesi	Tutar
Sanayi Abonesi Yıllık Ödeme	46.854,62 TL
Ticarethane Abonesi Yıllık Ödeme	23.219,39 TL
Mesken-Ev Abonesi Yıllık Ödeme	1.683 TL

5.1.3. Üretimin Tüketimden Fazla Olduğu Koşul

Bu bölümde Düzce’de bulunan gerçek abonelikler incelenmiştir. Aynı sanayi aboneliği için üretimin tüketimden fazla olduğu durumda 240 kW’lık bir sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu durumda Çizelge 5.3. de verilen amorti süresinden sonra fabrika ücretsiz elektrik enerji kullanımına geçecek olup üzerine devlete fazla ürettiği enerjiyi satarak yıllık 37.334,254 TL kazanç sağlayacaktır. Aynı ticarethane aboneliği için üretimin tüketimden fazla olduğu durumda 250 kW’lık bir sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu durumda Çizelge 5.3.de verilen amorti süresinden sonra fabrika ücretsiz elektrik enerji kullanımına geçecek olup üzerine devlete fazla ürettiği enerjiyi satarak yıllık 59.077,314 TL kazanç sağlayacaktır. Aynı ev-mesken aboneliği için üretimin tüketimden fazla olduğu durumda 10kW’lık bir sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu durumda Çizelge 5.3.de verilen amorti süresinden sonra ev ücretsiz elektrik enerji kullanımına geçecek olup üzerine devlete fazla ürettiği enerjiyi satarak yıllık 5.359,286 TL kazanç sağlayacaktır.

Çizelge 5.3. Üretimin tüketimden fazla olduğu durumda amorti süreleri.

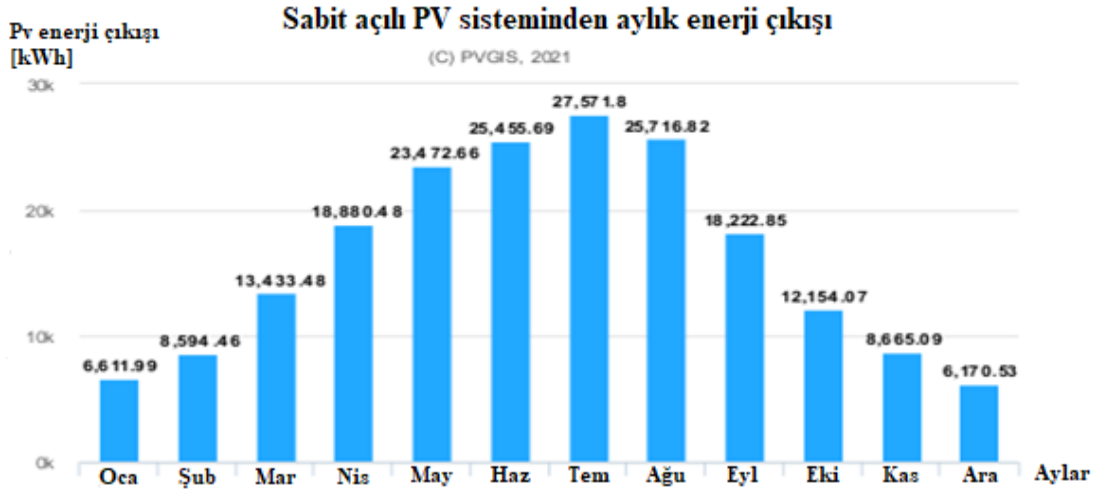
Amorti Süresi	Yıl
Sanayi Abonesi Amorti Süresi	6,995 Yıl
Ticarethane Abonesi Amorti Süresi	5,492 Yıl
Mesken-Ev Abonesi Amorti Süresi	6,046 Yıl
Aboneliklerin Yıllık Getirisi	Tutar
Sanayi Abonesi Yıllık Getirisi	37.334,254 TL
Ticarethane Abonesi Yıllık Getirisi	59.077,314 TL
Mesken-Ev Abonesi Yıllık Getirisi	5.359,286 TL

5.2. SÖZLEŞME GÜCÜ VE ÇATI KULLANILABİLİR ALANINA GÖRE DÜZCE'DE GERÇEK ABONELİKLERİN AMORTİ SÜRELERİ

Düzce'de yine gerçek bir villa, ticarethane ve sanayi aboneliğinin amorti süreleri hesaplanmış ve incelenmiştir. Fakat bu sefer sözleşme güçleri ve çatı kullanılabilir alanları hesaba dâhil edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

5.2.1. Ticarethane Abonesi

Bu bölümde Düzce'de bulunan gerçek abonelik incelenmiştir. Ticarethane aboneliği Krem park AVM'nin amorti süresi matlabte bu çalışma için yazılan program yardımıyla hesaplanmıştır. Ocak 2020 faturası kış ayı olması sebebiyle en yüksek faturalardan biridir. 2019 da diğer aylara bakıldığında ortalama aylık tüketim 300.000 kW'tır. Bu da yıllık ortalama tüketimi 3.600.000 kW yapar. Pandemi dolayısıyla 2020 Mart ayı ve sonrası bu ortalamaya dâhil değildir. Çatı alanına uygun şekilde yerleştirilebilecek panel sayısı 572'dir. Her bir panel gücü 315 W toplam kurulacak sistem 180 kW gücündedir. Çatı eğimi 0 derecedir.



Şekil 5.1. Sistemin aylık üretim güçleri [19].

Bu çalışma için yazılan programdan edindiğimiz sonuca göre bu sistem kendini 6,216 yılda amorti edecektir. Şunu belirtmekte fayda var. Bu şirketin aldığı elektrik birim fiyatlarına indirimli tarife uygulanmıştır. Sistem tüketimi karşılamadığından dolayı her yıl 2.470.881,393 TL fatura ödenmeye devam edecektir. Eğer sistem kurulmasaydı yıllık ödenen fatura tutarı 2.612.347,2 TL olacaktır. Şirketin sözleşme gücü 1200 kW olmasına karşın çatısında ki kullanılabilir alanın az olması sebebiyle ancak 180kW'lık bir sistem kurulabilmektedir.

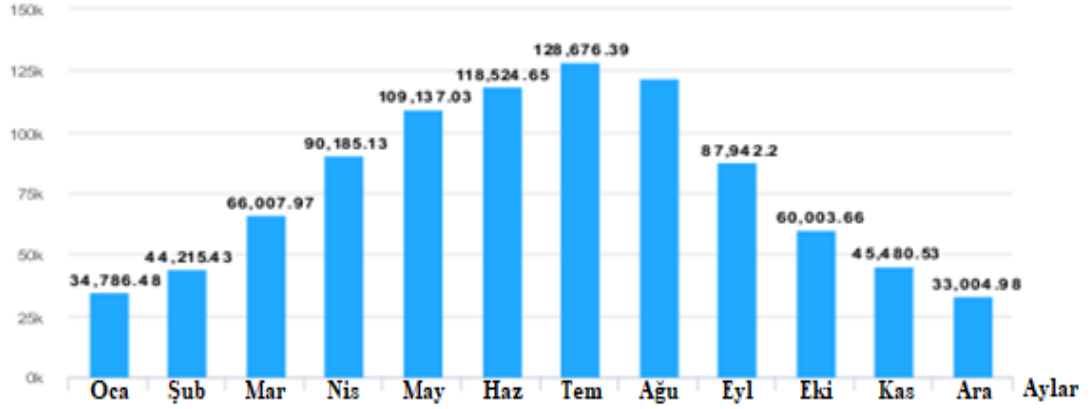
5.2.2. Sanayi Abonesi

Bu bölümde Düzce'de bulunan gerçek abonelik incelenmiştir. Sanayi abonesi olan Kuruoğlu kereste fabrikasının amorti süresi bu çalışma için yazılan program yardımıyla hesaplanmıştır. Temmuz ayı faturası en yüksek faturadır. Diğer ayların faturalarına baktığımızda ortalama aylık tüketim 290.000 kW'tır. Yıllık tüketim 3.480.000 kW'tır. Çatı alanına uygun şekilde yerleştirilebilecek panel sayısı 4000'dir. Her bir panel gücü 315 W'tır. Sözleşme gücü 840 kW'tır. Bu çalışmada kurulacak güç 840 kW kabul edilmiştir. Fabrikanın sözleşme gücü arttırılırsa 1260 kW gücünde FV sistem kurulabilir alanı mevcuttur. Çatı eğimi 6 derecedir.

Pv enerji çıkışı
[kWh]

Sabit açılı PV sisteminden aylık enerji çıkışı

(C) PVGIS, 2021

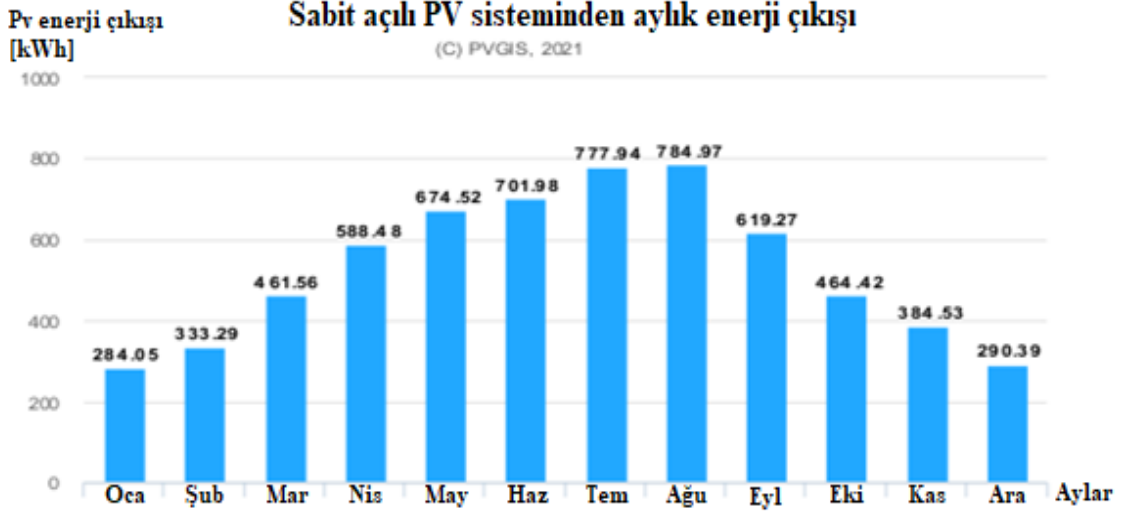


Şekil 5.2. Sistemin aylık üretim güçleri [19].

Bu sistem kendini 8,4 yılda amorti edecektir. Tüketim üretimden fazla olduğu için her yıl aylık 1.357.105,150 TL fatura ödemeye devam edilecektir. Eğer sistem kurulmamış olsaydı yıllık fatura 1.859.103,42 TL olacaktı. Şunu belirtmekte fayda var bu şirket indirimli tarife üzerinden elektrik almaktadır. Çatı kullanılabilir alanı büyük olmasına rağmen sözleşme gücü 840 kW'tır.

5.2.3. Ev-Mesken Abonesi

Bu bölümde Düzce'de bulunan gerçek abonelik incelenmiştir. Düzce'de şahsi müstakil evin aralık ayı faturası (ARALIK 2020). Ortalama aylık tüketimi 412 kW saattir. Yıllık tüketimi ise 5000 kW saat yapar. Çatı alanına uygun şekilde yerleştirilebilecek panel sayısı 16'dır. Her bir panel gücü 315 W toplam kurulacak sistem 5kW'tır. Çatı eğimi 33 derecedir.



Şekil 5.3. Sistemin aylık üretim güçleri [19].

Sistemin amorti süresi 5.24 yıldır. Üretim tüketimden fazla olduğu için sistem kendini amorti ettikten sonra senelik kazancı 826,210 TL'dir.

5.3. SEÇİLEN İLLER İÇİN RASTGELE KOORDİNATLAR

Bu bölümde bulunan koordinatlar (Düzce ili dahil) rastgele seçilmiştir. Türkiye'nin 7 bölgesi için 7 ayrı ilinde rastgele koordinatlar üzerinde tasarlandığı var sayılan FV sistemler düşünülmüştür. Avrupa birliği ortak araştırma merkezinin FV sistem simülatöründen seçilen rastgele koordinatlar tabloda gösterilmiştir [19].

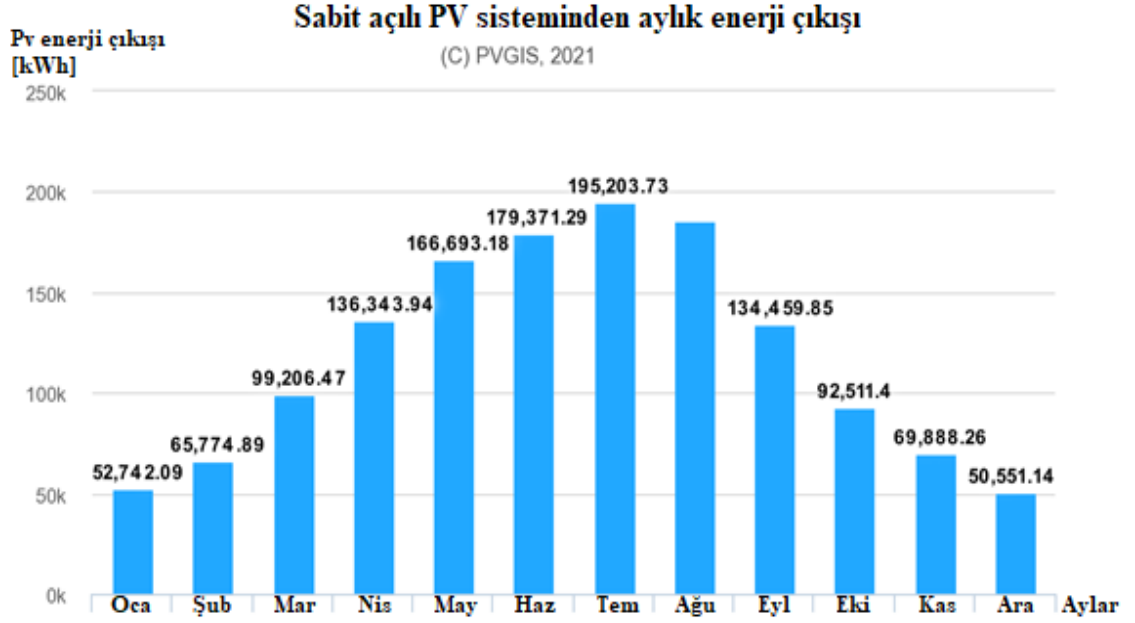
Çizelge 5.4. İllerin merkezlerinde seçilen rastgele koordinatlar.

Bölgeler	Karadeniz	Akdeniz	İç Anadolu	Güney Doğu Anadolu	Marmara	Ege Bölgesi	Doğu Anadolu
Seçilen İller	Düzce	Antalya	Ankara	Şanlıurfa	İstanbul	İzmir	Erzurum
Enlem	40,842	36,901	39,920	37,147	41,019	38,458	39,903
Boylam	31,153	30,693	32,856	38,787	28,951	27,115	41,268

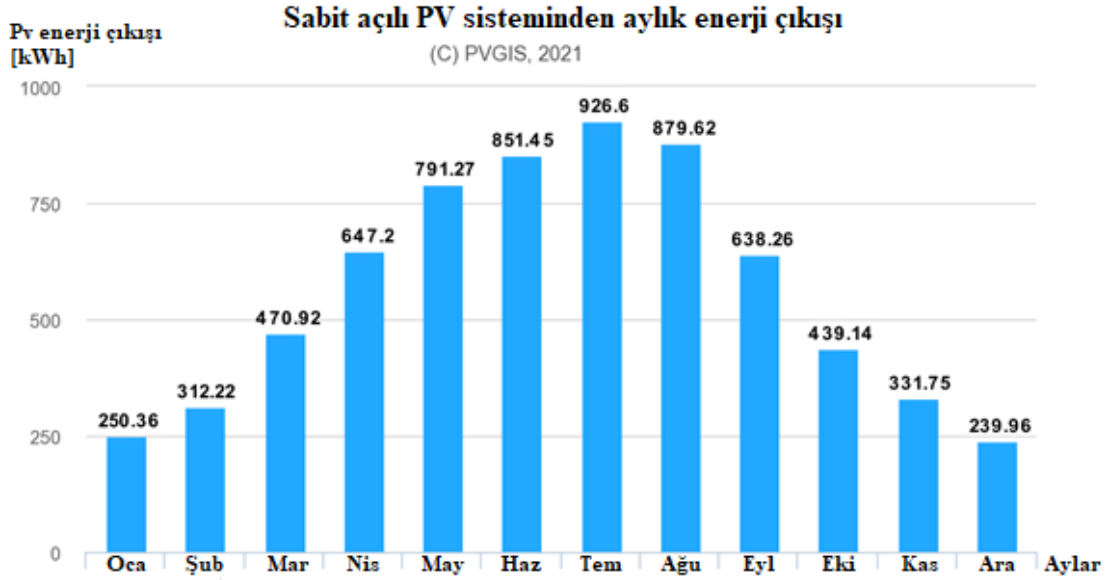
5.3.1. İllerin Aylık Tahmini Üretim Değerleri

7 Bölge 7 İl için seçilen rastgele koordinatlarda bulunan abonelikler için aylık üretim değerleri JRC'den alınan veriler ile gösterilmiştir [19]. Ticarethane ve sanayi aboneliklerinde 1264 kW'lık sistemin üretim değerleri verilmiştir. Ev-mesken

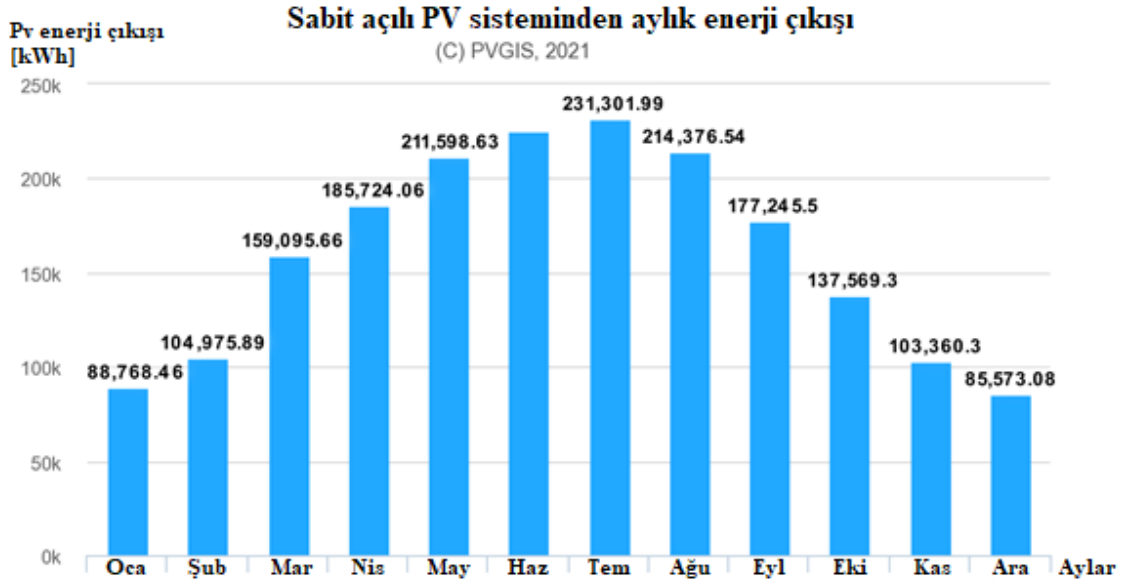
aboneliklerinde ise 6 kW'lık sistem üretim değerleri verilmiştir.



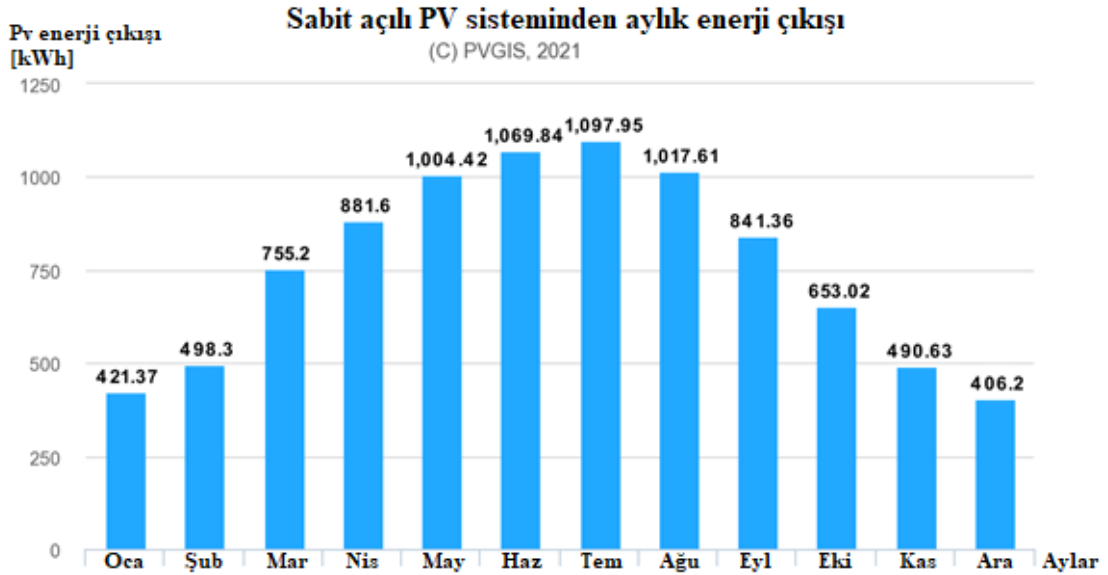
Şekil 5.4. Düzce koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].



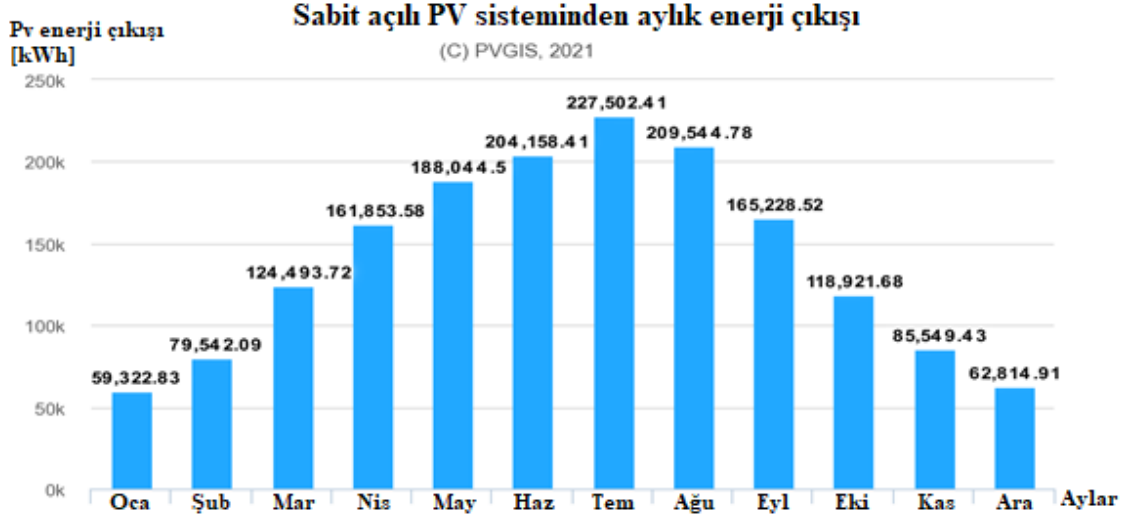
Şekil 5.5. Düzce koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].



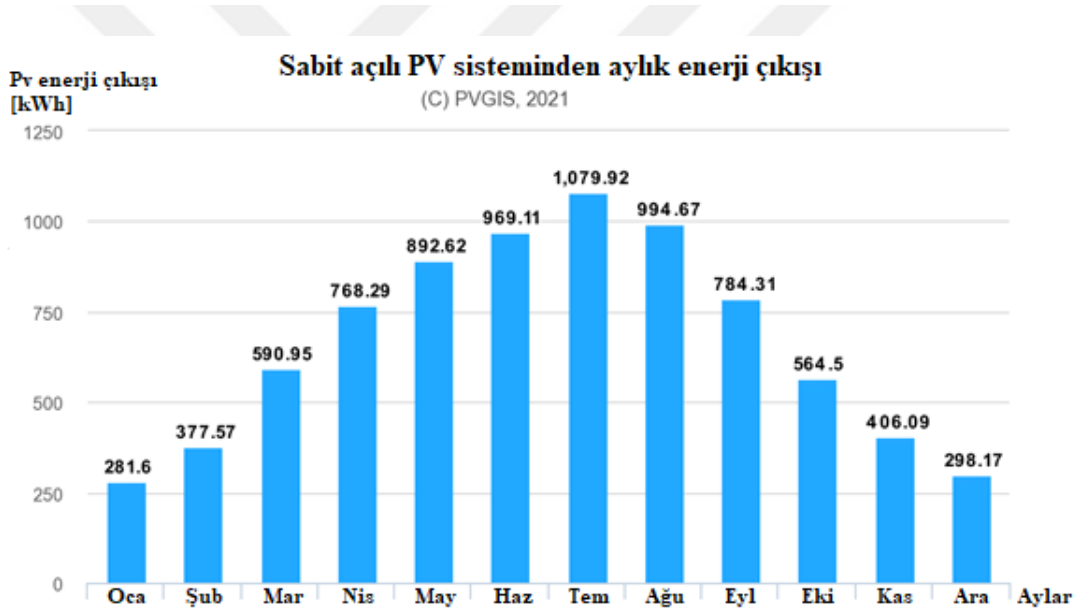
Şekil 5.6. Antalya koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].



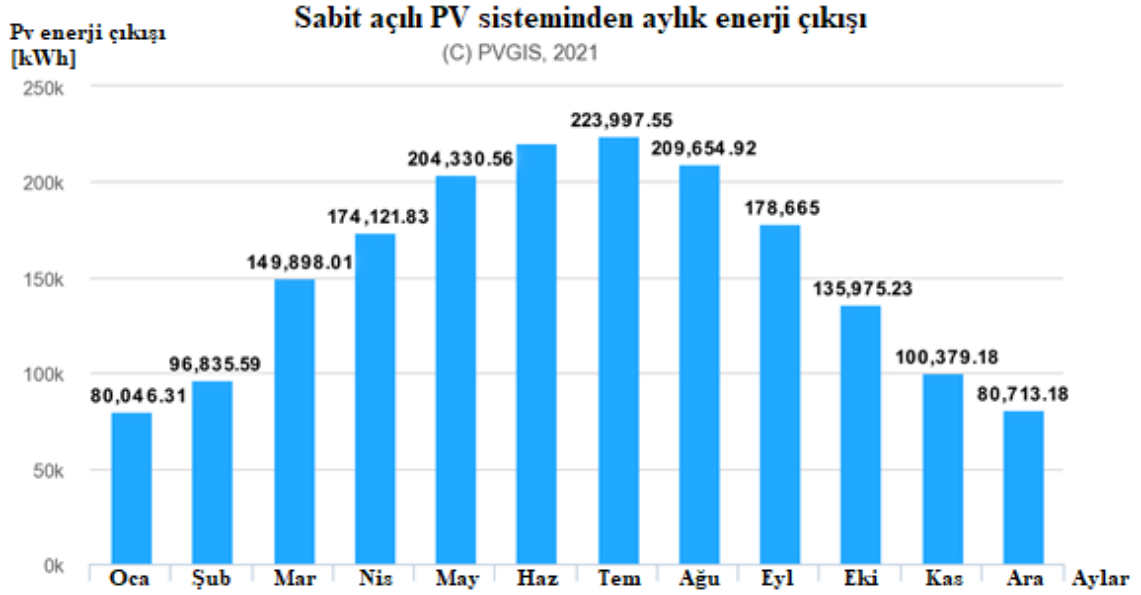
Şekil 5.7. Antalya koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].



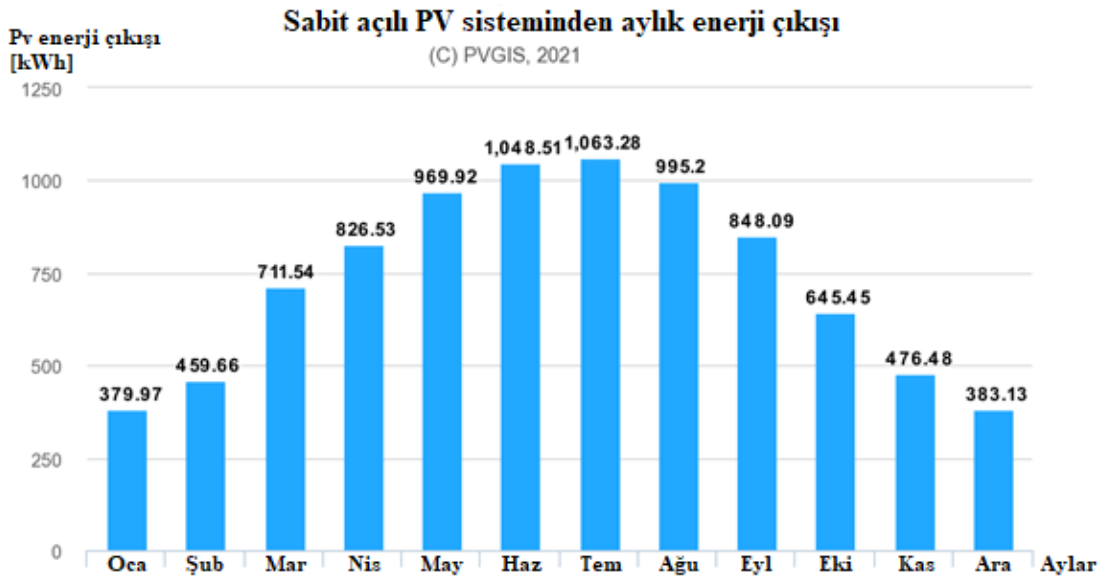
Şekil 5.8. Ankara koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].



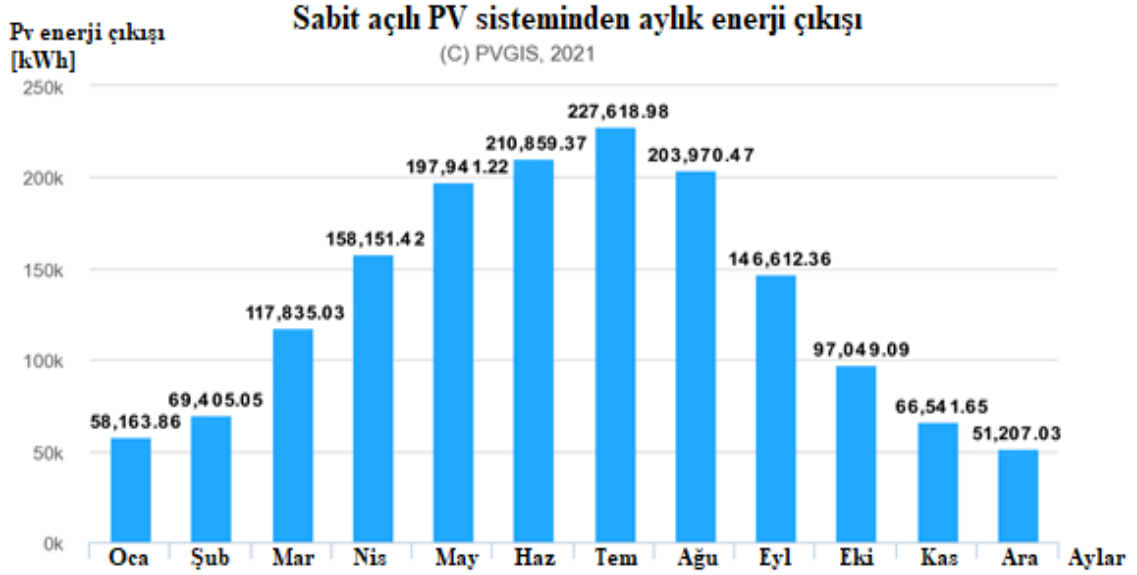
Şekil 5.9. Ankara koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].



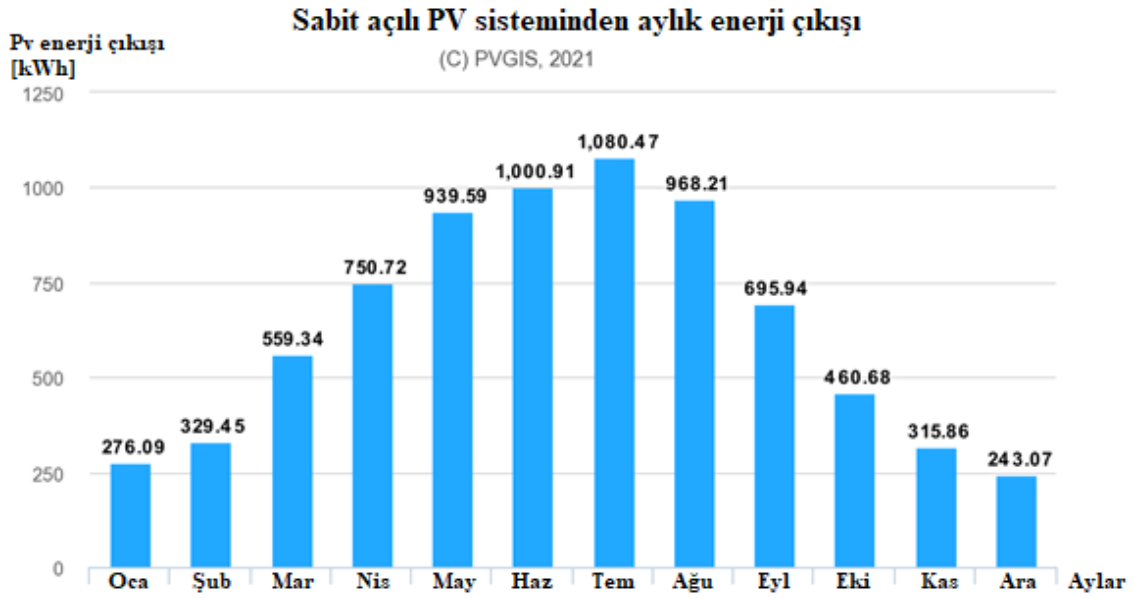
Şekil 5.10. Şanlıurfa koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].



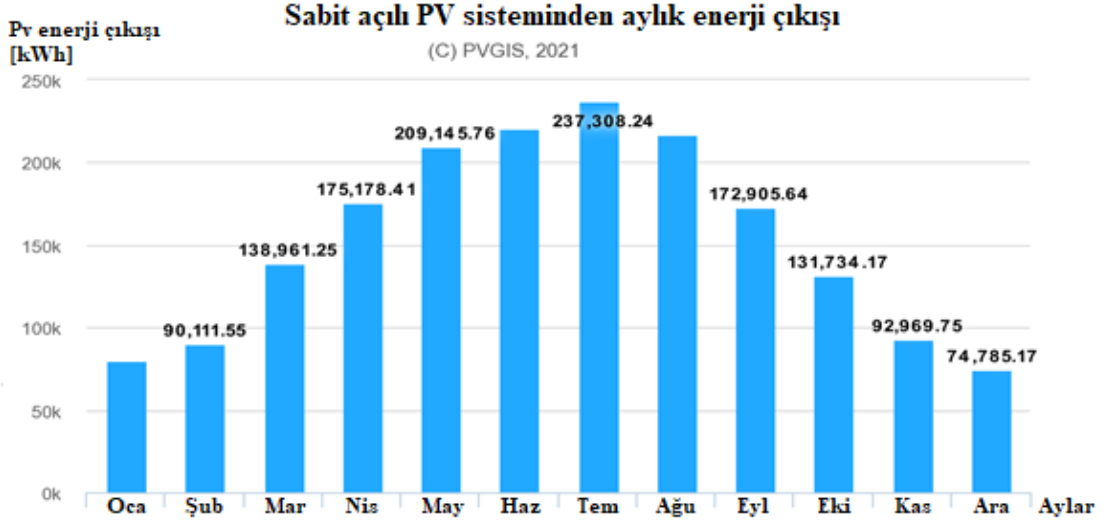
Şekil 5.11. Şanlıurfa koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].



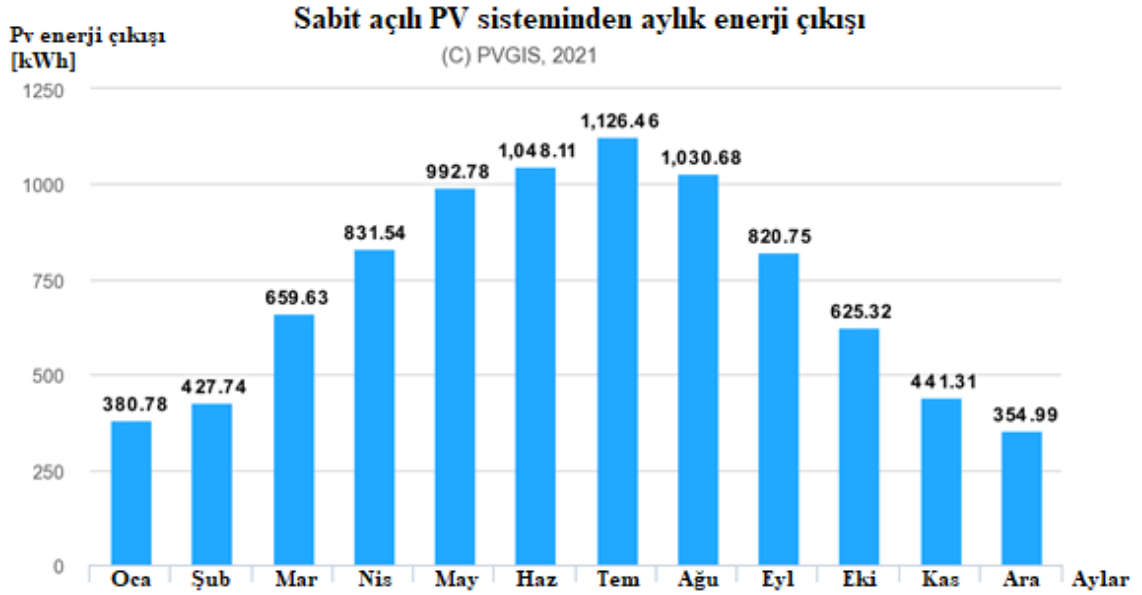
Şekil 5.12. İstanbul koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].



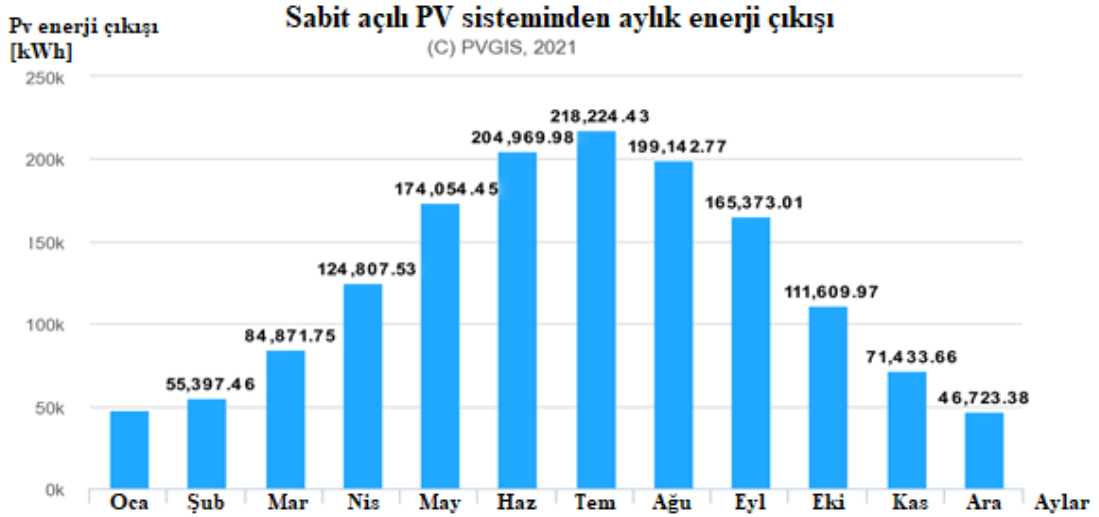
Şekil 5.13. İstanbul koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].



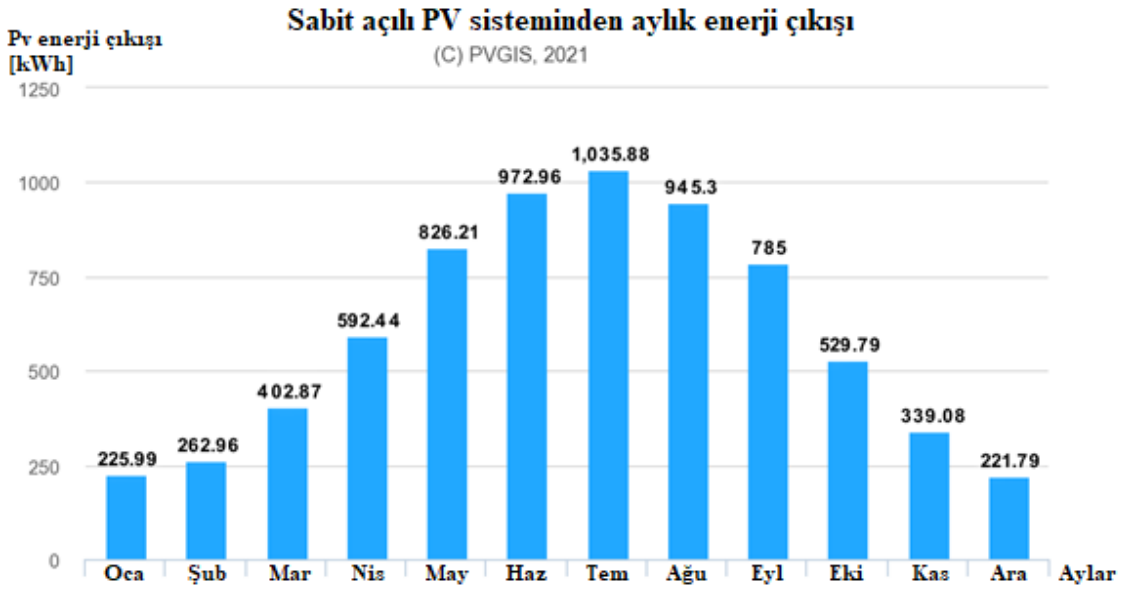
Şekil 5.14. İzmir koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].



Şekil 5.15. İzmir koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].



Şekil 5.16. Erzurum koordinatlarında ticarethane ve sanayi aboneliklerinin aylık üretim değerleri [19].



Şekil 5.17. Erzurum koordinatlarında Ev-Mesken aboneliğinin aylık üretim değerleri [19].

5.3.2. Amorti Süreleri

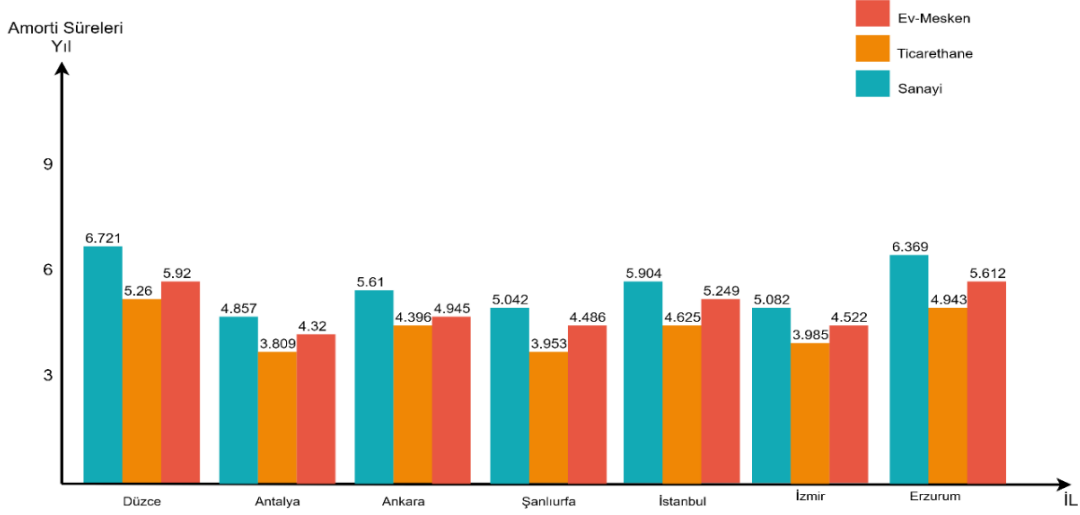
7 Bölge 7 il için belirlenen rastgele koordinatlarda ki 3 farklı abonelik türü için tasarlanan sistemlerin amorti süreleri aşağıda ki tablolarda sunulmuştur.

Çizelge 5.5'te üretim ve tüketimi eşit aboneliklerin FV sistem amorti süreleri verilmiştir. Düzce ili amorti süresi açısından en verimsiz il olarak gözükmektedir. Bunun başlıca sebepleri kuzey bölgede bulunması ve sislenmelerin bu bölgede çok olmasından

kaynaklıdır. Antalya ili beklendiği gibi en verimli il olarak göze çarpmaktadır. Sonuçlarda en çok dikkat çeken il ise İstanbul olmuştur. Düzce ili ile aynı enlem üzerinde bulunmasına rağmen amorti süreleri beklenenin üzerinde çıkmıştır. Kuzey bölgede olmasına rağmen günlük Güneşlenme süreleri iyi olması sebebiyle ve sislenmelerin az olmasından dolayı amorti süreleri beklenenin üzerinde çıkmıştır. Genel olarak sonuçlar bize FV yatırımların en verimli ticarethane aboneliklerinde olduğunu göstermiştir. Ticarethane aboneliklerinin birim fiyatları diğer aboneliklere göre yüksek olması bunun sebebidir. Ev abonelikleri ise sanayi aboneliklerine göre daha verimli çıkmıştır. Bunun en önemli sebebi ise ev aboneliklerinde KDV'nin hesaba dâhil olmasından kaynaklıdır. KDV sanayi ve ticarethane aboneliklerinde geri alınabilmektedir. Sanayi aboneliklerinin elektrik birim fiyatlarının düşük olmasıyla ve KDV'nin ev aboneliklerinde geri alınamamasından kaynaklı ev abonelikleri için FV sistemler daha verimli bir yatırım olarak gözükmektedir. Tüm sonuçlara bakıldığında ise FV sistemler için en verimsiz il olan Düzce'de dahil Türkiye'nin tüm illerinde bu yatırımın yapılabileceği ortaya konmuştur.

Çizelge 5.5. İllerin aboneliklere göre FV sistem amorti süreleri (Üretim ve tüketim eşit).

Bölgeler	Karadeniz	Akdeniz	İç Anadolu	Güney Doğu Anadolu	Marmara	Ege Bölgesi	Doğu Anadolu
Seçilen İller	Düzce	Antalya	Ankara	Şanlıurfa	İstanbul	İzmir	Erzurum
Sanayi Abonesi Amorti Süresi	6,721 Yıl	4,857 Yıl	5,61 Yıl	5,042 Yıl	5,904 Yıl	5,082 Yıl	6,369 Yıl
Ticarethane Abonesi Amorti Süresi	5,26 Yıl	3,809 Yıl	4,396 Yıl	3,953 Yıl	4,625 Yıl	3,985 Yıl	4,943 Yıl
Mesken-Ev Abonesi Amorti Süresi	5,92 Yıl	4,32 Yıl	4,945 Yıl	4,486 Yıl	5,249 Yıl	4,522 Yıl	5,612 Yıl



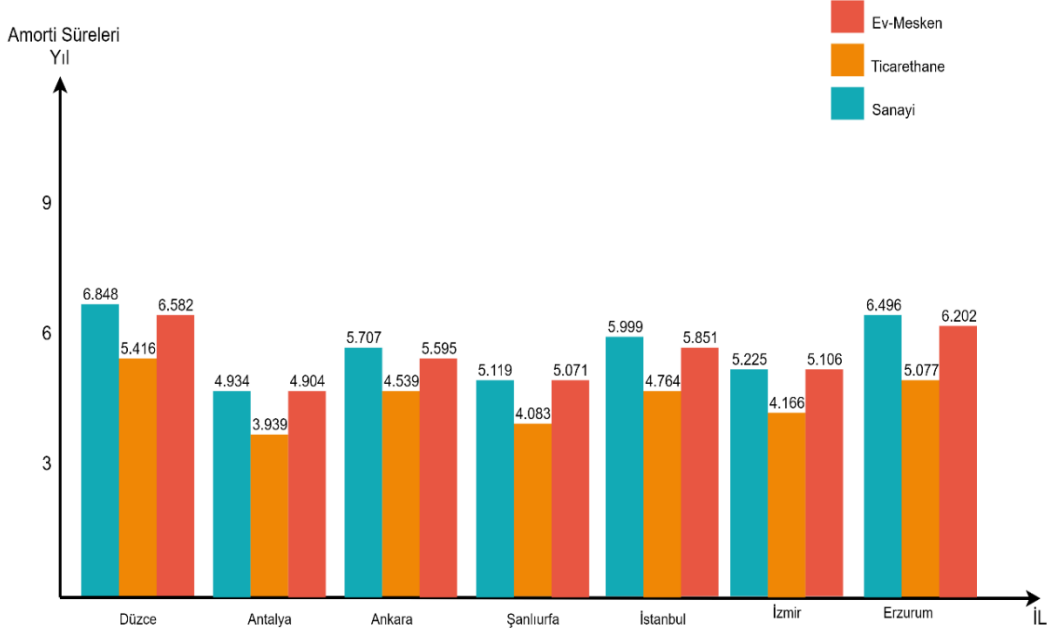
Şekil 5.18. İllerin aboneliklere göre FV sistem Amorti Süreleri (Üretim ve tüketim eşit).

Şekil 5.18. için oluşturulan amorti süreleri üretimi ve tüketimi eşit abonelikler için oluşturulmuş olup tüm bölge ve iller için aynı değerler baz alınmıştır. Sanayi ve Ticarethane için sistem 1264 kW kabul edilmiştir. Mesken-Ev için sistem 6 kW kabul edilmiştir. Dolar kuru 7.6 kabul edilmiştir. 6 aylık dolar faizi 1.1 kabul edilmiştir [56]. Enerji kW başına birim fiyatı 1 Ekim 2020 resmi fiyatlarıdır [54]. Veriler 19 Kasım 2020 tarihinde hazırlanmıştır. Amorti süreleri seçilen koordinatlara göre değişiklik gösterecektir. Yapılan analizde şehir merkezlerinden rastgele koordinatlar seçilmiştir. Çatı eğimleri 6 derece kabul edilmiştir.

Çizelge 5.6 da çizelge 5.5 için anlatılan tüm durumlar geçerlidir. Haricinde ise üretim tüketimden fazla olduğundan dolayı FV sistemler ekstra gelir getirmiştir. (Türkiye’de 2019 yılında çıkan yönetmelik ile devlet ürettiği enerjiye alım garantisi sunmuştur). Amorti süreleri dolduktan sonra ticarethane ve sanayi aboneliklerinin birim fiyatlarının yüksek olması ve işletme oldukları nedeniyle üretim değerleri yüksek olmasından dolayı ev aboneliklerine göre daha çok gelir getirmektedirler.

Çizelge 5.6. İllerin aboneliklere göre FV sistem amorti süreleri ve üretim getirisi
(Üretim tüketimden fazla).

Bölgeler	Karadeniz	Akdeniz	İç Anadolu	Güney Doğu Anadolu	Marmara	Ege Bölgesi	Doğu Anadolu
Seçilen İller	Düzce	Antalya	Ankara	Şanlıurfa	İstanbul	İzmir	Erzurum
Sanayi Abonesi Amorti Süresi	6,848 Yıl	4,934 Yıl	5,707 Yıl	5,119 Yıl	5,999 Yıl	5,225 Yıl	6,496 Yıl
Ticarethane Abonesi Amorti Süresi	5,416 Yıl	3,939 Yıl	4,539 Yıl	4,083 Yıl	4,764 Yıl	4,166 Yıl	5,077 Yıl
Mesken-Ev Abonesi Amorti Süresi	6,582 Yıl	4,904 Yıl	5,595 Yıl	5,071 Yıl	5,851 Yıl	5,106 Yıl	6,202 Yıl
Sanayi Abonesi Yıllık Getirisi	267.820,064 TL	578.725,561 TL	429.820,799 TL	535.263,369 TL	378.752,794 TL	526.344,568 TL	315.472,969 TL
Ticarethane Abonesi Yıllık Getirisi	324.386,015 TL	700.957,483 TL	520.602,728 TL	648.315,695 TL	458.748,712 TL	637.513,165 TL	382.103,631 TL
Mesken-Ev Abonesi Yıllık Getirisi	1.590,726 TL	2.941,045 TL	2.294,325 TL	2.752,280 TL	2.072,529 TL	2.713,547 TL	1.797,695 TL



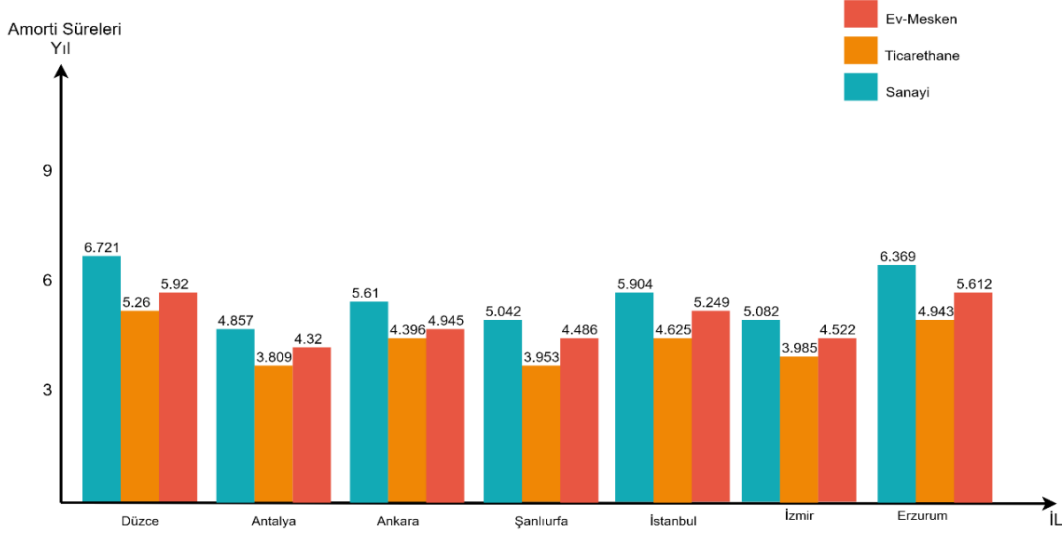
Şekil 5.19. İllerin aboneliklere göre FV sistem Amorti Süreleri (Üretim tüketimden fazla).

Şekil 5.19. için oluşturulan amorti süreleri üretimin tüketimden fazla olduğu abonelikler için oluşturulmuş olup tüm bölge ve iller için aynı değerler baz alınmıştır. (Sanayi ve Ticarethane için yıllık tüketim 1milyon kW kabul edilmiştir. Mesken-Ev için yıllık tüketim 4kW kabul edilmiştir.). Sanayi ve Ticarethane için sistem 1264 kW kabul edilmiştir. Mesken-Ev için sistem 6 kW kabul edilmiştir. Dolar kuru 7.6 kabul edilmiştir. 6 aylık dolar faizi 1.1 kabul edilmiştir [56]. Enerji kW başına birim fiyatı 1 Ekim 2020 resmi fiyatlarıdır [54]. Veriler 19 Kasım 2020 tarihinde hazırlanmıştır. Amorti Süreleri seçilen koordinatlara göre değişiklik gösterecektir. Yapılan analizde şehir merkezlerinden rastgele koordinatlar seçilmiştir. Çatı eğimleri 6 derece kabul edilmiştir.

Çizelge 5.7 de çizelge 5.5 için anlatılan tüm durumlar geçerlidir. Haricinde ise tüketim üretimden fazla olduğu için sistemin karşılayamadığı enerjiyi müşteri satın almaya devam etmektedir. Kurulan sistemler tüketim değerlerini karşılayamadığından dolayı karşılanamayan enerji bedeli birim fiyatlar üzerinden müşteriye fatura edilir.

Çizelge 5.7. İllerin aboneliklere göre FV sistem amorti süreleri ve tüketim gideri
(Tüketim üretimden fazla).

Bölgeler	Karadeniz	Akdeniz	İç Anadolu	Güney Doğu Anadolu	Marmara	Ege Bölgesi	Doğu Anadolu
Seçilen İller	Düzce	Antalya	Ankara	Şanlıurfa	İstanbul	İzmir	Erzurum
Sanayi Abonesi Amorti Süresi	6,721 Yıl	4,857 Yıl	5,61 Yıl	5,042 Yıl	5,904 Yıl	5,082 Yıl	6,369 Yıl
Ticarethane Abonesi Amorti Süresi	5,26 Yıl	3,809 Yıl	4,396 Yıl	3,953 Yıl	4,625 Yıl	3,985 Yıl	4,943 Yıl
Mesken-Ev Abonesi Amorti Süresi	5,92 Yıl	4,32 Yıl	4,945 Yıl	4,486 Yıl	5,249 Yıl	4,522 Yıl	5,612 Yıl
Sanayi Abonesi Yıllık Ödeme	372.163,933 TL	48.822,217 TL	203.683,169 TL	94.022,896 TL	256.793,894 TL	103.298,449 TL	322.604,913 TL
Ticarethane Abonesi Yıllık Ödeme	468.105,464 TL	61.408,279 TL	256.191,414 TL	118.261,410 TL	322.993,751 TL	129.928,142 TL	405.770,439 TL
Mesken-Ev Abonesi Yıllık Ödeme	2.350,076 TL	629,229 TL	1.453,408 TL	869,791 TL	1.736,065 TL	919,152 TL	2.086,314 TL



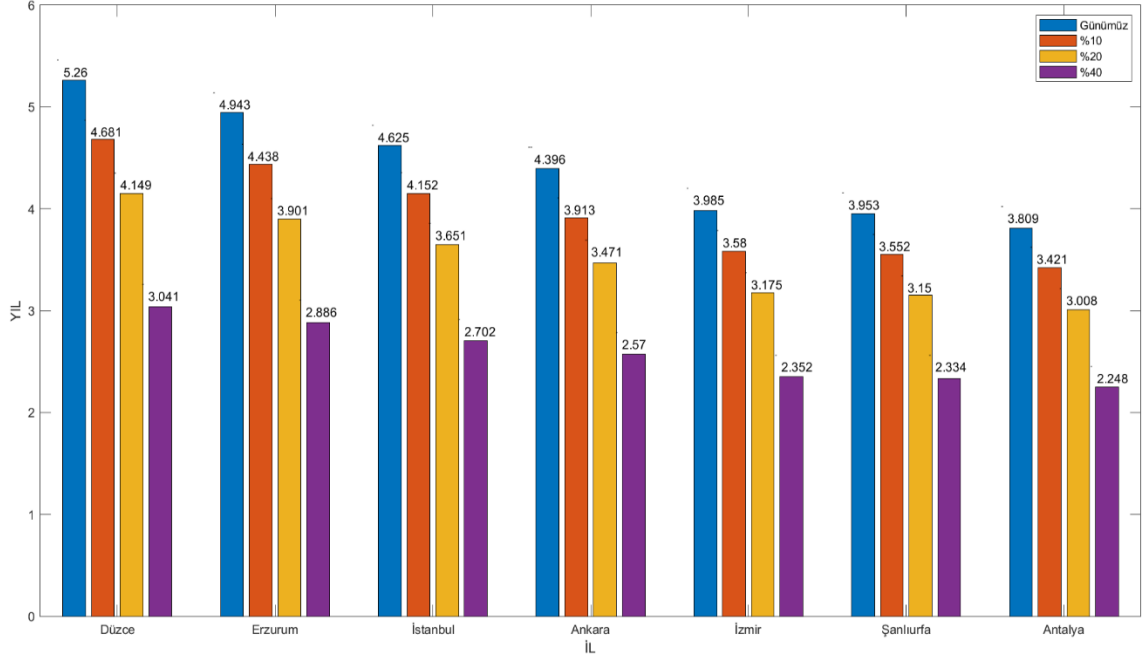
Şekil 5.20. İllerin aboneliklere göre FV sistem Amorti Süreleri (Tüketim üretimden fazla).

Şekil 5.20. için oluşturulan amorti süreleri üretimin tüketimden az olduğu abonelikler için oluşturulmuş olup tüm bölge ve iller için aynı değerler baz alınmıştır. (Sanayi ve Ticarethane için yıllık tüketimi 2 milyon kW kabul edilmiştir. Mesken-Ev için yıllık tüketim 10kW kabul edilmiştir.). Sanayi ve Ticarethane için sistem 1264 kW kabul edilmiştir. Mesken-Ev için sistem 6 kW kabul edilmiştir. Dolar kuru 7.6 kabul edilmiştir. 6 aylık dolar faizi 1.1 kabul edilmiştir [56]. Enerji kW başına birim fiyatı 1 Ekim 2020 resmi fiyatlarıdır [54]. Veriler 19 Kasım 2020 tarihinde hazırlanmıştır. Amorti Süreleri seçilen koordinatlara göre değişiklik gösterecektir. Yapılan analizde şehir merkezlerinden rastgele koordinatlar seçilmiştir. Çatı eğimleri 6 derece kabul edilmiştir.

Beklendiği gibi Güneşlenme süresi en yüksek il olan Antalya bölgesinde en iyi sonuçlar alınmıştır. Ve yatırıma en elverişli bölge olmuştur. Yine beklendiği gibi yoğun sisten de kaynaklı Güneşlenme süresi en az olan il Düzce bölgesinde ise en kötü sonuçlar ortaya konmuştur. Fakat bu sonuçlara rağmen Düzce bölgesinde de bu yatırım gayet iyi sonuçlar vermiştir. Araştırma sonuçları bize rahatlıkla Türkiye'nin her bölgesinde FV sistem yatırımlarının yapılabileceğini ortaya koymuştur. Maliyetlerin azalması, verimliliklerin artması ve teşvik edici yönetmeliklerle birlikte Türkiye her geçen gün güneş enerjisi kurulu gücünde artışa gitmektedir.

5.4. BAŞLANGIÇ MALİYETLERİ DÜŞERSE AMORTİ SÜRELERİ

Türkiye güneş enerjisi ile ilgili teşviklerine devam ettikçe ülkede güneş panel üreticileri artacaktır. Üretim artıp teknoloji geliştikçe bu panel fiyatlarına yansiyacaktır. Grafikte önümüzde ki yıllarda FV sistem kurulum maliyetlerinin %10, %20, %40 azalması durumunda 7 ildeki ticarethane abonelikleri için amorti sürelerinde ki değişim verilmiştir. Karşılaştırma üretim ve tüketimin eşit olduğu durum için yapılmıştır.



Şekil 5.21. Başlangıç maliyetleri azalması durumunda FV sistem amorti süreleri (Ticarethane abonelikleri).

6. TEMİZ ENERJİ

Yıllar boyunca insanlığın en büyük ihtiyaçları enerji üzerine olmuştur. Özellikle son yıllarda ki teknoloji artış hızına doğru orantılı olarak enerji ihtiyacı talebi de artmaktadır. Teknoloji geliştikçe insanlık farklı enerji kaynakları aramayı sürdürmüştür ve artan enerji talebini karşılamıştır. Fakat bu hızlı gelişim ve sanayileşme yine teknolojinin gelişmesiyle sorgulanmaya başlanmış ve çevresel etkileri yıllarca araştırılmıştır. Küresel iklim değişiklikleri, küresel ısınma, ozon tabakasının zarar görmesi, buzulların erimesi gibi etkenler tüm Dünyada tartışma konusu olmuştur. Günümüz de Dünyada enerji talebi en çok fosil yakıtlardan temin edilmektedir. Fosil yakıtların en büyük sorunu CO2 salınımıdır [50]. İnsanlık gelişen teknolojiyle beraber artan enerji talebini tabii ki de karşılamalıdır. Fakat bu çevreye zarar vererek olmamalıdır. Bu yüzden son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çok sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır. Özellikle en ön plana çıkan yenilenebilir kaynak güneş enerjisidir. Bugüne kadar fosil yakıtların önüne geçememesinin başlıca sebepleri vardır. Bunlardan en önemlileri maliyetlerinin fazla olması ve verimliliklerinin istenilen seviyelere ulaşamamış olmasıydı. 1970'li yıllarda büyük petrol krizinin de olmasıyla beraber insanlık yeni enerji arayışlarına girmiştir [30]. Bu politik yaklaşımlar sayesinde güneş enerjisi teknolojileri gelişmiş ve verimlilikleri her geçen gün artmış olup maliyetleri de düşmüştür. Fosil yakıtların CO2 salınımını da göz önüne alınınca güneş enerjisi hızla gelişmiştir. Dünya da 1970'lerden sonra CO2 salınımının çevresel etkileri hakkında çeşitli konferanslar gerçekleştirmiştir. Rio Janeiro da düzenlenen Dünya zirvesi gibi 1994 de resmileşen Birleşmiş Milletler İklim değişikliği çerçeve sözleşmesi [51], 2005 yılında kabul görülen Kyoto protokolü [52] ve ilk defa küresel boyutta ki atılım 2015 Paris iklim zirvesidir [53]. İklim değişikliği konusunda ortak görüş ise atmosfere salınan gazların neden olduğu etkilerdir. Dünya da bugüne kadar karada denizde ve havada ölçülen sıcaklıklarda ki değişimlerin iklim değişikliği üzerinde ki etkisi ile ilgili çeşitli araştırmalar da yapılmıştır. Küresel iklim değişikliklerinin çevresel etkileri sık sık gündeme gelmiştir. Araştırmalar bu çevresel etkilerin önüne geçebilmek için fosil yakıtların azaltılması gerektiğini yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesi gerektiğini göstermektedir. Yenilenebilir kaynaklara yönelim sağlanmasıyla birlikte eğer 2030 yılına kadar günümüzde var olan yenilenebilir kaynak üretimi 2 katına çıkartılırsa karbon salınımının da yarısına kadar düşürülebileceği ve küresel bir felaketin önüne geçilebileceği kaydedilmiştir (Bayraç 2010; IPCC 2016;

Doğan 2014). IRENA yani uluslararası yenilenebilir enerji ajansı yenilenebilir kaynaklara aktarılabilecek yatırımın 900 milyar dolar olabileceğini aktarmaktadır (IEA 2015). IRENA bu felaketlerin önüne geçilebilmesi için 5 farklı fikir ortaya koymuştur. En önemli fikir yenilenebilir kaynakların desteklenmesi ve yayılmasıdır (IRENA 2016).

6.1. KARBON AYAK İZİ

Karbon ayak izi çevreye verilen zararın ölçü birimidir. İki önemli nedenden dolayı karbon ayak izi oluşur. Birincil karbon ayak izi araba, kamyon, minibüs, uçak gibi binek araçların ve evlerimizde kullandığımız enerji tüketimlerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. İkincil karbon ayak izi ise hayatımızda kullandığımız araç gereçlerin üretimleri sırasında kullanılan enerjiden ve bu ürünlerin bozulmalarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. Karbon salınımını çoğunlukla şehirler üretir. Özellikle metropoller ve gelişmiş şehirlerde yoğun nüfus ve sanayileşmeden dolayı karbon salınımı miktarları çok fazladır. En yüksek karbon salınımı yapan 100 kentsel alan küresel karbonun %18 ini oluşturur. Bitişik nüfus kümeleri gibide tanımlanabilir. Bu konu ile alakalı 13,000 şehrin karbon ayak izi araştırmasını yapan bir makalede Amerika Avrupa ve Asya’da karbon salınımlarının yüksek olduğu bölgeler saptanmıştır [57]. Ülkemizden İstanbul’da yüksek karbon salınımı olan şehirlerinden biridir. Yıllık 4944 kW’lık enerji tüketimine sahip bir villanın karbon ayak izi 2.432 tondur. Çevreye olan zararını karşılayabilmek için yaklaşık 6 ağaç dikilmelidir. Veriler TEİAŞ’ın (Türkiye elektrik iletim A.Ş.) elektrik istatistikleri, ulusal sera gazı envanteri ve ICAO (Uluslararası sivil hava örgütü) verileri kullanılarak GTE tarafından geliştirilmiştir [58]. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları özellikle güneş enerjisi çok önemlidir. Sadece ev, fabrika veya ticarethanelerde değil binek araçların ve teknolojik aletlerinde güneş enerjisi ile beslenmesi karbon salınımını en alt seviyeye çekerek çevremizi daha yaşanabilir ve daha güvenli bir yer haline getirecektir. Karbon salınımlarının %29’u elektrik tüketiminden ve %26’sı ise lojistik kaynaklı yakıt tüketimden kaynaklanmaktadır [64]. Yüzde 12 si inşaat sektöründen ve yine yüzde 12 si sanayi ve imalat sektöründen kaynaklanmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin kW saat başına karbon salınımı ise 50 g’dır. Buda diğer salınımlardan 20 kat kadar daha az karbon salınımı demektir [65]. Bu durumda güneş enerjisi sistemleri kurarak ve güneş enerjisiyle çalışan elektrikli otomobillere yönelerek %79’luk bir karbon salınımını 20 kat azaltabiliriz.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan analizler sonrası elimizde bulunan veriler FV sistem yatırımlarının Türkiye'nin her bölgesinde yapılabilir ve avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye'de 2011 yılından beri resmî gazetede yayınlanan çeşitli yönetmelikler ile birlikte güneş Kurulu gücü büyük bir artış göstermiştir. Kurulu gücün artışında yerli panel üretimlerinin desteklenmesi, panel fiyatlarının düşmesi ve FV sistemlerin teşvikler ile desteklenmesi büyük rol sahibi olmuştur. Son olarak 19 Mayıs 2019'da çıkan yönetmelik ile birlikte devlet ürettiği enerjiyi 10 yıl süreyle alım garantisi sunmuştur. Bu mahsuplaşma yöntemiyle sadece büyük yatırımcılar değil aynı zamanda ev-mesken gibi daha küçük sayılabilecek yerleşim alanlarının çatılarına FV sistem kurulumu da desteklenmiştir. Bu da güneş kurulu gücüne doğrudan katkı anlamına gelmektedir. Gözlemlenen sonuçlar bize FV sistem yatırımlarının Güneşlenme süresi en düşük olan il Düzce'de bile üç ayrı abonelik türü için de yatırıma elverişli olduğunu göstermektedir. Fakat tüm bu güzel gelişmelerin yanı sıra Türkiye hala güneş enerjisi potansiyelinin çok altındadır. Güneşlenme süresi en düşük olan illerden Düzce Almanya'nın Güneşlenme süresi en yüksek olan illerinden daha fazla Güneşlenme süresine sahiptir. Buna rağmen Almanya güneş enerjisi kurulu gücünde Dünya devleri arasında yer alırken Türkiye kendine yer bulamamıştır. Antalya beklendiği gibi en verimli il olarak göze çarpmaktadır. Sonuçlarda en dikkat çeken il ise İstanbul olmuştur. Bunun nedeni Düzce ile aynı enlem üzerinde olmasına rağmen amorti sürelerinin çok daha iyi çıkmasıdır. İki ilin konumu da kuzey bölgede bulunmaktadır. Düzce'nin amorti sürelerinin İstanbul'a göre bu denli düşük çıkmasının bir diğer sebebi ise il bazında sislemelerin çok olmasıdır. Buda panellerin Güneşlenme sürelerine etki etmektedir. İzmir ve Şanlıurfa'nın amorti süreleri de Antalya'ya çok yakın çıkmıştır. Bu bölgelerin potansiyelleri de oldukça yüksektir. Yine Erzurum da kuzey bölgede bulunmasına rağmen Düzce'ye göre potansiyeli daha yüksektir. Bu durumun en önemli sebebi Düzce'nin konumu sebebiyle sisli bir bölge olmasıdır. Ankara konumuna baktığımızda güneş enerji potansiyelinde de kendine orta sıralarda yer bulmuştur. Ticarethane aboneliklerinde en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ticarethane aboneliklerinin diğer aboneliklere göre birim fiyatlarının yüksek olması bunun sebebidir. Ev aboneliğinde ise sanayi aboneliğinden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bunun sebebi ise ev aboneliklerinde KDV'nin hesaba dâhil edilmiş olmasıdır. Ticarethane ve sanayi aboneliklerinde KDV geri alınabildiği için hesaba dâhil edilmez.

Elde ettiğimiz sonuçlar Türkiye'nin her bölgesinde bu yatırımların mantıklı olduğunu ortaya koymaktadır. Devlet çıkarmış olduğu teşvik yasalarıyla Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini hızla değerlendirmeye çalışmaktadır. Kalyon enerjinin 4 aşamalı Dünya'da ilk ve tek olan güneş paneli fabrikası da bunun örneklerinden biridir. Önümüzde ki yıllarda Türkiye Güneş potansiyelini en verimli şekilde değerlendirerek Dünyada lider ülkelerden biri konumuna gelecektir. Sonuçta ülkemiz için FV sistem yatırımlarının her bölge için mantıklı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Fakat bundan daha önemli olan konu güneş enerjisinin yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olmasıdır. Fosil yakıtların çevresel etkilerini minimum seviyeye getirmek için Dünya'nın güneş enerjisine ihtiyacı vardır.

8. KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2021, 19 Haziran). Türkiye kurulu gücü. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>
- [2] S. Cebeci, “Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin değerlendirilmesi,” Uzmanlık tezi, İktisadi Sektörler ve koordinasyon genel müdürlüğü, Kalkınma bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2017
- [3] M. Yılmaz, “Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi,” *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, c. 4, sayı 2, ss. 33–54, 2012.
- [4] Energy charts. (2021, 19 Mayıs). 2021 verilerine göre Almanya’nın kurulu gücünün yine Almanya’nın güneş enerjisi kurulu gücüne oranı. [Çevrimiçi]. Erişim: https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.html?l=en&c=DE&stacking=grouped&legendItems=11111111111111
- [5] Meteoroloji genel müdürlüğü. (2020, 19 Kasım). Türkiye güneşlenme süresi. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>
- [6] Anonim. (2020, 19 Kasım). Almanya güneşlenme süresi. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.solarwatt.de/solarmodule/wissen/einstrahlungskarte>
- [7] M. K. Tuğyan, “Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren çevre dostu sistemin tasarlanması” Yüksek lisans tezi, Elektrik elektronik mühendisliği anabilim dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2012
- [8] A. S. Reyhan, H. Reyhan, “Küresel ısınmanın nedenleri, sonuçları, çözümleri üzerine yeni değerlendirmeler,” *Memleket Siyaset Yönetim*, c. 11, sayı 26, ss. 1-24, 2016.
- [9] Anonim. (2020, 19 Kasım). Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi şiddeti. [Çevrimiçi]. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_enerjisi
- [10] Resmî gazete. (2020, 19 Kasım). 12 Mayıs 2019 tarihli yürürlüğe giren yasa. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190512-1.htm>
- [11] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. (2019, 17 Mayıs). Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası. [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>

- [12] M. H. Girgin, “Bir fotovoltaik güneş enerjisi santralının fizibilitesi, Karaman bölgesinde 5 MW’lık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi,” Yüksek lisans tezi, Enerji bilimi anabilim dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2011.
- [13] H. Biberöglü ve T. Pala, “Bir konutun elektrik ihtiyacının şebeke bağlantılı Pv sistemle tasarımı, ekonomik analizi ve çevresel etkilerinin belirlenmesine yönelik bir yaklaşım: düzce ilinde bir konut uygulaması,” *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c. 5, sayı 2, ss. 0-0, 2016.
- [14] M. Oral, “Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli ve Pv uygulamalarının yerel ölçekte değerlendirilmesi: Karabük ili örneği,” *International Journal of Geography and Geography Education*, c. 42, ss. 482-503, 2020.
- [15] E. Demiröz, M. Kurban ve E. Dokur, “Güneş enerji sistemlerinin verimlilik analizi, Bilecik-Kütahya uygulaması,” *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, c. 5, sayı 2, ss. 0-0, 2016.
- [16] İ. Üçgül, E. Tüysüzoğlu, M. Ziya Yakut, “Pv çatı uygulaması için enerji hesaplaması ve ekonomik analizi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü dergisi*, c. 18, sayı 2, ss. 1-6, 2014.
- [17] N. Kutlu, “Isparta ilinde bir evin elektrik ihtiyacını karşılayacak panel sayısı, verimi ve ekonomik analizinin hesabı,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, c. 1, sayı 1, ss. 41-52, 2016.
- [18] Elektrik Mühendisleri Odası. (2020, 19 Kasım). Ankara ili için fotovoltaik-ev sistem tasarımı. [Çevrimiçi]. Erişim: https://www.emo.org.tr/ekler/d55097524de85dc_ek.pdf
- [19] J. Andersson, H. Hellsmark, and B. Sandén, “Photovoltaics in Sweden – Success or failure?,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c. 143, sayı 110894, 2021.
- [20] K. Branker, M.J. M. Pathak, and J.M. Pearce, “A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c. 15, sayı 9, ss. 4470-4482, 2011.
- [21] M. S. Cengiz, and M. S. Mamiş, “Price-efficiency relationship for photovoltaic systems on a global basis,” *International Journal of Photoenergy*, c. 2015, ss. 1-12, 2015.
- [22] C. Duman, Ö. Güler, “Economic analysis of grid-connected residential rooftop Pv systems in Turkey,” *Renewable energy*, c. 148, ss. 697-711, 2020.

- [23] Avrupa birliği ortak araştırma merkezi. (2020, 19 Kasım). Pv sistem simülatörü. [Çevrimiçi]. Erişim: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP.
- [24] Anonim. (2020, 19 Kasım). Almanya güneş atlası. [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.durusolar.com/wp-content/uploads/2013/12/almanya-gunes-enerjisi-radyasyon-guc.jpg>
- [25] Türkiye elektrik iletim A.ř. (2021, 15 şubat). Türkiye elektrik üretim ve iletim istatistikleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- [26] Anonim. (2020, 19 Kasım). Gelişmiş ölkelerin güneş kurulu güçleri. [Çevrimiçi] Erişim: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_by_country
- [27] Kalyon enerji. (2021, 20 şubat). Kalyon enerji sitesi [Çevrimiçi]. Erişim: <https://kalyonpv.com>
- [28] Enerji piyasası düzenleme kurumu. (2021, 17 Ocak). Yönetmeliklerin detayları [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-159-3/yonetmelikler>
- [29] Anonim. (2020, 28 Kasım). Güneş enerjisinin tarihi. [Çevrimiçi]. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_enerjisi
- [30] Anonim. (2020, 28 Kasım). 1973 petrol krizi yaşananlar. [Çevrimiçi]. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/1973_Petrol_Krizi
- [31] Anonim. (2021, 3 Mart). Yıllara göre Pv sistemlerin Watt başına dolar değişimi. [Çevrimiçi]. Erişim: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Price_history_of_silicon_PV_cells_since_1977.svg
- [32] Anonim. (2021, 18 Nisan). Türkiye’de GES tesisleri sayısı ve kurulu güçleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.enerjiatlası.com/gunes/>
- [33] A. Taşcıoğlu, “Monokristal ve polikristal güneş panellerinin bursa koşullarındaki güç performansı üzerine bir araştırma,” Yüksek lisans tezi, Biyosistem mühendisliği anabilim dalı, Uludağ üniversitesi, Bursa, Türkiye, 2015.
- [34] Anonim. (2021, 18 şubat). Polikristal güneş paneli hücreleri. [Çevrimiçi]. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/Polikristalin_silikon#/
- [35] Anonim. (2021, 18 şubat). Monokristal güneş paneli hücreleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/monokristal-ince-film-ve-polikristal-gunes-panelleri-arasindaki-fark-nedir>

- [36] G. Karpuz. (2020, 18 Temmuz). Güneş paneli üretiminde kullanılan yarı iletken malzemeler. [Çevrimiçi]. Erişim: http://metalurji.org.tr/ehaber/2020_07/18_Makale_Gunes_Paneli.pdf
- [37] Anonim. (2021, 18 Şubat). İnce film güneş panelleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.enerjiportali.com/ince-film-gunes-paneli-nedir/>
- [38] Anonim. (2021, 18 Şubat). Esnek güneş panelleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://solaravm.com/esnek-gunes-panel-fiyati-ve-ozellikleri>
- [39] Anonim. (2021, 18 Şubat). Saydam güneş panelleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://khosann.com/pencereye-takilan-saydam-gunes-panelleri/>
- [40] Anonim. (2021, 18 Şubat). İnvörtör hakkında bilgiler. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nvert%C3%B6r>
- [41] Anonim. (2021, 18 Şubat). Akıllı tip invertör. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.solarfirsat.com/sma-sunny-tripower-60-kw-on-grid-inverter-pmu369>
- [42] Anonim. (2021, 18 Şubat). Akü çeşitleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.mutlu.com.tr/aku-cesitleri-nelerdir>
- [43] Anonim. (2021, 18 Şubat). Jel aküler. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://voltaku.com.tr/jel-aku-hakkinda-bilmeniz-gerekenler/>
- [44] Anonim. (2021, 18 Şubat). Jel aküler. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.jelakuler.net/jel-aku-nedir/>
- [45] Anonim. (2021, 18 Şubat). Jel akü tipi. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.hepsiburada.com/volan-battery-12-volt-180-ah-amper-jel-aku-pm-HB00000N9JOI>
- [46] Anonim. (2021, 18 Şubat). Çift yönlü sayaçlar. [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.keremcilli.com/gunes-enerji-sistemleri-icin-cift-yonlu-sayac/>
- [47] Sakarya elektrik dağıtım A.Ş. (2021, 18 Nisan). Lisanssız elektrik üretimi. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.sedas.com/tr-tr/TuketiciHizmetleri/Pages/LisanssizElektrikUretimi.aspx>
- [48] Anonim. (2020, 19 Kasım). On- Grid (Şebeke bağlantılı) sistem tasarımı. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.elektrikde.com/wp-content/uploads/2019/03/G%C3%BCne%C5%9F-enerji-elektrik-%C3%BCretimi.jpg>
- [49] Anonim. (2020, 19 Kasım). Off-Grid (Şebeke bağlantısız) sistem tasarımı.

[Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.bfi.com.tr/off-grid-sistem/>

[50] E. D. Güner, E. S. Turan, “Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel iklim değişikliği üzerine etkisi,” *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, c.3, sayı 1, ss.48-55, 2017.

[51] Türkiye Cumhuriyeti çevre ve şehircilik bakanlığı. (2021, 12 Mayıs). İklim değişikliği sözleşmeleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362>

[52] Türkiye Cumhuriyeti çevre ve şehircilik bakanlığı. (2021, 12 Mayıs). İklim değişikliği sözleşmeleri. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363>

[53] E. Karakaya, “Paris iklim anlaşması: içeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme,” *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, c. 3, sayı 1, ss. 1-12, 2016.

[54] Enerji piyasası düzenleme kurumu. (2020, 19 Kasım). Türkiye elektrik vergilendirme sistemi. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.epdk.gov.tr/Anasayfa/Anasayfa>

[55] Pekintaş-Schmid. (2020, 19 Kasım). Pekintaş-Schmid paneller. [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.schmid-pekintas.com/>

[56] Anonim. (2020, 19 Kasım). Türkiye’de bankaların faiz oranları. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.hangikredi.com/yatirim-araclari/mevduat-faiz-oranlari/hesaplama?amount=100000¤cyId=2&expires=181>

[57] D. Moran, K. Kanemoto, M. Jiborn, R. Wood, J. Többen and K. Seto. “Carbon footprints of 13 000 cities,” *Environmental Research Letters*, c. 13, sayı. 6, 2018.

[58] Anonim. (2021, 19 Mayıs). Karbon ayak izi hesaplayıcı simülatör. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.egeorman.org.tr/hesaplayicilar/karbon-ayakizi/>

[59] Anonim. (2020, 19 Kasım). Polikristal güneş paneli resmi. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.tamsolar.com.tr/wp-content/uploads/2020/04/lexron-170-watt-polikristal-gunes-paneli-1.jpg>

[60] Anonim. (2020, 19 Kasım). Monokristal güneş paneli resmi. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.hepsiburada.com/monokristal-190-watt-gunes-paneli-a-kalite-pm-HB0000003VCG>

[61] Anonim. (2020, 19 Kasım). İnce film güneş paneli resmi. [Çevrimiçi]. Erişim:

<http://solar.inventoturkiye.com/a-si-thin-film-solar-panel-a-si-ince-film-gunes-paneli/>

[62] Anonim. (2020, 19 Kasım). Yarı esnek güneş paneli resmi. [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.tera-solar.com/urun/100w-semi-flex-yari-esnek-fotovoltaik-panel>

[63] Anonim. (2021, 21 Haziran). Dünya'nın yıllara göre güneş kurulu gücü artışı. [Çevrimiçi]. Erişim: https://en.wikipedia.org/wiki/Growth_of_photovoltaics

[64] Anonim. (2021, 20 Mayıs). Karbon salınımının yüzdesel dağılımı. [Çevrimiçi]. Erişim: https://www.semtrio.com/kurumsal-karbon-ayakizi?gclid=EAIaIQobChMIw_mSpOGF8gIVxOR3Ch2mjAWJEAAYASAAEgIqWvD_BwE

[65] Anonim. (2021, 20 Mayıs). Güneş enerjisi sistemlerinin karbon salınımı. [Çevrimiçi]. Erişim: https://www.semtrio.com/kurumsal-karbon-ayakizi?gclid=EAIaIQobChMIw_mSpOGF8gIVxOR3Ch2mjAWJEAAYASAAEgIqWvD_BwE



9. EKLER

Bu çalışma için Matlab üzerinden yazılan programın kod dökümü ekte verilmiştir.

```
P=input('Kaç kW sistem kurmak istiyorsunuz (Sözleşme gücünü geçemez) =');
S=input('Sistem Ev ise 1 Ticarethane ise 2 Sanayi ise 3 giriniz=');
E=input('https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP Sitesinden yıllık enerji üretimini gir=');
T=input('Evinizin veya işletmenizin yıllık ortalama tüketimini giriniz=');
Ebr=input('Güncel kW saat ücretini giriniz (ondalık ve vergisiz) =');
i=input('Güncel dolar faizini yüzde olarak giriniz(ondalık halde)=');
kur=input('Güncel dolar kurunu giriniz=');
sv=input('Güncel stopaj vergisini yüzde olarak giriniz(dolar ve ondalık halde)=');
if S==1
    btv=5
    trt=2
    enerjifonu=1
    vergiler=((btv+trt+enerjifonu)/100)+1
    br=Ebr*vergiler*1.18
elseif S==2
    btv=5
    trt=2
    enerjifonu=1
    vergiler=((btv+trt+enerjifonu)/100)+1
    br=Ebr*vergiler
elseif S==3
    btv=1
```

```

trt=2

enerjifonu=1

vergiler=((btv+trt+enerjifonu)/100)+1

br=Ebr*vergiler

end

malietet=P*600;

faizgetirisi=(malietet*i*181/36500)-((malietet*i*181/36500)*sv);

uretimkazanci=0;

yil=0;

if E==T

    k=E*1/100;

    TLmalietet=malietet*kur;

    for a=0:9

        uretimkazanci=uretimkazanci+((E-(a*k))*br);

        if uretimkazanci<TLmalietet

            yil = yil + 1;

        end

    end

    uretimkazanci=0;

    for a=0:(yil-1)

        uretimkazanci=uretimkazanci+((E-(a*k))*br);

    end

    fg=faizgetirisi*2*(yil)*kur;

    mmalietet=TLmalietet-uretimkazanci;

    kalanmalietet=mmalietet+fg;

    for a=0:yil

```

```

    uretim=(E-(a*k));

end

uk=uretim*br;

Amortisuresi=yil+(kalanmaliyet/uk);

fprintf('Sisteminizin geri dönüşümü %.3f yıldır\n',Amortisuresi);

elseif E>T

    k=T*1/100;

    fazlauretim=E-T;

    Tlmaliyet=maliyet*kur;

    for a=0:9

        uretimkazanci=uretimkazanci+((T-(a*k))*br)+((fazlauretim-(a*k))*Ebr);

        if uretimkazanci<Tlmaliyet

            yil = yil + 1;

        end

    end

    uretimkazanci=0;

    for a=0:(yil-1)

        uretimkazanci=uretimkazanci+((T-(a*k))*br)+((fazlauretim-(a*k))*Ebr);

    end

    end

fg=faizgetirisi*2*(yil)*kur;

mmaliyet=Tlmaliyet-uretimkazanci;

kalanmaliyet=mmaliyet+fg;

for a=0:yil

    uretim=(T-(a*k));

    uretim1=(E-(a*k));

```

```

end

uretim2=uretim1-uretim;

uk=uretim*br+uretim2*Ebr;

Amortisuresi=yil+(kalanmaliyet/uk);

fprintf('Sisteminizin geri dönüşümü %.3f yıldır\n',Amortisuresi);

senelikkazanc=uretim2*Ebr;

fprintf('Sistem kendini amorti ettikten sonra geriye kalan senelik kazancı %.3f TL
olacaktır.\n',senelikkazanc);

elseif T>E

    k=E*1/100;

    fazlatuketim=T-E;

    Tlmaliyet=maliyet*kur;

    for a=0:9

        uretimkazanci=uretimkazanci+((E-(a*k))*br);

        if uretimkazanci<Tlmaliyet

            yil = yil + 1;

        end

    end

    uretimkazanci=0;

    for a=0:(yil-1)

        uretimkazanci=uretimkazanci+((E-(a*k))*br);

    end

    fg=faiizgetirisi*2*(yil)*kur;

    mmaliyet=Tlmaliyet-uretimkazanci;

    kalanmaliyet=mmaliyet+fg;

```

```
for a=0:yil
    uretim=(E-(a*k));

end

uk=uretim*br;

Amortisuresi=yil+(kalanmaliyet/uk);

fprintf('Sisteminizin geri dönüşümü %.3f yıldır\n',Amortisuresi);

fazla=T-E;

odenecek=fazla*br;

fprintf('Sistemin amorti süresi %.3f yıldır fakat tüketim üretimden fazla olduğu için her
yıl %.3f TL fatura ödemeye devam edilecektir\n',Amortisuresi,odenecek);

end
```



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Baturay KURU

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Elektrik Elektronik Müh.	Düzce Üniversitesi	2022
Lisans	Elektrik Elektronik Müh.	Maltepe Üniversitesi	2016
Lise		Özel Öncü Lisesi	2011

YAYINLAR

B. Kuru ve M. M. Ertay, “Yeni düzenlemeler kapsamında düzce ili için Pv sistem maliyet analizi,” 4. Uluslararası mühendislik araştırmaları sempozyumu, Düzce, Türkiye, ss. 6-12, 2022.