

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI FOTOVOLTAİK TEKNOLOJİLERİN ENERJİ
ANALİZİ VE ANTALYA İLİ İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammet Raşit SANCAR

Danışman
Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

ISPARTA - 2023



© 2023 [Muhammet Raşit SANCAR]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın 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 ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

07/03/2023

Muhammet Raşit SANCAR

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.2. Fotovoltaik Teknoloji.....	3
1.2.1. Fotovoltaik panel teknolojileri	5
1.3. Antalya İli Verileri	11
2. KAYNAK ÖZETLERİ	43
3. MATERYAL VE YÖNTEM	50
3.1. Yazılım Doğrulama Çalışmaları	50
3.1.1. Santral genel özellikleri.....	50
3.1.2. PVsyst yazılımı simülasyon adımları.....	56
3.1.3. SAM yazılımı simülasyon adımları	60
3.1.4. İstatiksel analizler.....	65
3.2. Farklı Teknolojiler İçin Farklı Konumlarda Simülasyon Çalışmaları	66
3.2.1. Tasarlanan farklı yenilenebilir enerji sistemlerine ait özellikler.....	66
3.2.1.1. Simülasyon.....	66
3.2.1.2. Santrallerin kurulum lokasyonlarının her ilçe için belirlenmesi ve kullanılan iklim verileri.....	69
3.3. Ekonomik Analiz	70
3.3.1. Fotovoltaik sistem ilk yatırım maliyetleri	70
3.3.2. Fotovoltaik sistem işletme bakım giderleri	71
3.3.3. Fotovoltaik sistemler için yasal mevzuat ve elektrik satış fiyatı.....	72
3.3.4. Kullanılan denklemler	74
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	76
4.1. Doğrulama Çalışmasına Ait Bulgular	76
4.2. Simülasyon Çalışmalarına Ait Bulgular.....	82
4.3. Ekonomik Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular	125
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	137
KAYNAKLAR	142
ÖZGEÇMİŞ	146

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI FOTOVOLTAİK TEKNOLOJİLERİN ENERJİ ANALİZİ VE ANTALYA İLİ İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammet Raşit SANCAR

**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

Bu çalışmada, Antalya ilinde kurulu bulunan bir fotovoltaik sistemden veriler alınarak PVsyst ve SAM yazılımları yardımıyla bu santralin simülasyonları iki farklı yazılım için de gerçekleştirilmiştir. Simülasyon verileri, % hata, KOKH ve OMS istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak gerçek elektrik üretim verileri ile karşılaştırılmıştır. Tüm bu analiz yöntemleri değerlendirildiğinde SAM yazılımının %0.60 ile yıllık bazda düşük hata değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Böylece SAM yazılımı kullanılarak tüm Antalya ilçelerinde, lojistik kriterlerine uygun bölgelerde, 1 MW büyüklüğünde fotovoltaik sistem simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonlarda, monokristal, polikristal, monokristal bifacial, polikristal bifacial ve kadmiyum tellür panel teknolojileri kullanılarak 95 farklı simülasyon yapılmıştır. Bu simülasyonlardan alınmış olunan elektrik üretim verileri teknik ve ekonomik anlamda değerlendirilmiştir. Sonuç olarak toplam kayıp açısından panel teknolojileri arasında açısından, toplam kayıp değerlerinin kadmiyum tellür panel teknolojisinde çoğunlukla yüksek olduğu, polikristal bifacial panel türünde ise genellikle en düşük değerleri gördüğü tespit edilmiştir. Elektrik üretimi açısından ise tüm ilçelerde polikristal bifacial panel teknolojisinin en yüksek sonuçları verdiği tespit edilmiştir. En yüksek yıllık elektrik üretim değerinin polikristal bifacial panel teknolojisi için yıllık 1.66 GWh değeri ile Manavgat ilçesinde, en düşük elektrik üretim değerinin ise polikristal panel teknolojisi için yıllık 1.41 GWh değeri ile Alanya ilçesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ekonomik anlamda ise Antalya ilinde hangi ilçede hangi teknolojinin kullanımıyla geri ödeme süresinin kaç sene olacağı ve otuz yıllık süreçte elde edilecek olan net gelir değerleri tüm analizler için sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Antalya, Kadmiyum tellür, Monokristal bifacial, Fotovoltaik teknoloji, SAM, PVsyst

2023, 146 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Dissertation

ENERGY ANALYSIS OF DIFFERENT PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGIES AND THEIR EVALUATION FOR ANTALYA PROVINCE

Muhammet Raşit SANCAR

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Energy Systems Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

In this study, simulations of a photovoltaic system installed in Antalya were performed using PVsyst and SAM software. Simulation data was compared with actual electricity production data using statistical analysis methods such as % error, RMSD, and MAD. Based on all these analysis methods, it was determined that SAM software had a low annual error rate of 0.60%. Thus, simulations of 1 MW photovoltaic systems were carried out using SAM software in all districts of Antalya, in suitable areas based on logistic criteria. A total of 95 simulations were performed using different panel technologies, including monocrystalline, polycrystalline, monocrystalline bifacial, polycrystalline bifacial, and cadmium telluride. The electricity production data obtained from these simulations were evaluated technically and economically. As a result, in terms of total losses, cadmium telluride panel technology had higher losses, while polycrystalline bifacial panel technology generally had the lowest losses. In terms of electricity production, polycrystalline bifacial panel technology gave the highest results in all districts. The highest annual electricity production value was found to be 1.66 GWh in the Manavgat district using polycrystalline bifacial panel technology, while the lowest electricity production value was 1.41 GWh in the Alanya district using polycrystalline panel technology. Economic analysis was also conducted to determine the payback period and net income values for each technology in each district over a thirty-year period.

Key Words: Antalya, Cadmium tellurium, Monocrystalline bifacial, Photovoltaic technology, SAM, PVsyst

2023, 146 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT'a, sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Vahit ÇORUMLU'ya, çalışma süresince bana desteklerinden dolayı sayın Meryem Serfiraz BİLİCİ'ye, sayın Kevser Dilara BOZOĞLU'na, değerli lisans öğrencileri Meryem AKKUŞ'a ve Sinem ATEŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Muhammet Raşit SANCAR
ISPARTA, 2023



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Antalya ili aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	12
Şekil 1.2. Antalya ili için global radyasyon değerleri grafiği (kWh/m ² Gün)	13
Şekil 1.3. Antalya ili güneşlenme süreleri (Saat).....	13
Şekil 1.4. 2021 yılı Antalya ili lisanslı elektrik üretimi değerleri.....	15
Şekil 1.5. 2021 yılı Antalya ili lisanssız elektrik üretimi değerleri.....	15
Şekil 1.6. 2021 yılı Antalya ili elektrik tüketim değerleri.....	16
Şekil 1.7. Antalya ili elektrik üretim-tüketim farkının aylara göre değişimi	16
Şekil 1.8. Aksu ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	18
Şekil 1.9. Aksu ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	18
Şekil 1.10. Akseki ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	19
Şekil 1.11. Akseki ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	19
Şekil 1.12. Alanya ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	20
Şekil 1.13. Alanya ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	21
Şekil 1.14. Demre ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	22
Şekil 1.15. Demre ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	22
Şekil 1.16. Döşemealtı ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	23
Şekil 1.17. Döşemealtı ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri ...	23
Şekil 1.18. Elmalı ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	24
Şekil 1.19. Elmalı ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	25
Şekil 1.20. Finike ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	26
Şekil 1.21. Finike ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	26
Şekil 1.22. Gazipaşa ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	27
Şekil 1.23. Gazipaşa ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	27
Şekil 1.24. Gündoğmuş ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	28
Şekil 1.25. Gündoğmuş ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri..	29
Şekil 1.26. İbradi ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	30
Şekil 1.27. İbradi ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	30
Şekil 1.28. Kaş ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	31
Şekil 1.29. Kaş ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	31
Şekil 1.30. Kemer ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	32
Şekil 1.31. Kemer ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	33
Şekil 1.32. Kepez ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	34
Şekil 1.33. Kepez ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	34
Şekil 1.34. Konyaaltı ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	35
Şekil 1.35. Konyaaltı ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	35
Şekil 1.36. Korkuteli ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	36
Şekil 1.37. Korkuteli ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	37
Şekil 1.38. Kumluca ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	38
Şekil 1.39. Kumluca ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	38
Şekil 1.40. Manavgat ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	39
Şekil 1.41. Manavgat ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	39
Şekil 1.42. Muratpaşa ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri.....	40
Şekil 1.43. Muratpaşa ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri.....	41
Şekil 1.44. Serik ilçesi için aylık ortalama DNI, DHİ ve GHİ değerleri	42
Şekil 1.45. Serik ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri	42
Şekil 3.1. Elmalı ilçesine ait global radyasyon değerleri grafiği	51
Şekil 3.2. Elmalı ilçesine ait güneşlenme süreleri	51

Şekil 3.3. PVsyst yazılımı ara yüzü	56
Şekil 3.4. PVsyst yazılımı işlem akış şeması	57
Şekil 3.5. SAM yazılımı ara yüzü.	60
Şekil 3.6. SAM yazılımı işlem akış şeması.....	61
Şekil 3.7. Simülasyonların gerçekleştirildiği alanlar için	70
Şekil 4.1. Aylık PVsyst-SAM ve santral verisi grafiği	76
Şekil 4.2. PVsyst, SAM ve santral verisi yıllık üretim değerleri	77
Şekil 4.3. PVsyst yazılımının santral değerlerine göre aylık sapma oranı.....	78
Şekil 4.4. SAM yazılımının santral değerlerine göre aylık sapma oranı	78
Şekil 4.5. PVsyst yazılımı için kayıp diyagramı	79
Şekil 4.6. SAM yazılımı için kayıp diyagramı.....	80
Şekil 4.7. PVsyst ve SAM simülasyonları için gerçek üretim değerlerine göre KOKH sonuçları	81
Şekil 4.8. PVsyst ve SAM simülasyonları için gerçek üretim değerlerine göre OMS sonuçları.....	81
Şekil 4.9. Akseki farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	82
Şekil 4.10. Akseki ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	83
Şekil 4.11. Aksu farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	84
Şekil 4.12. Aksu ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	85
Şekil 4.13. Alanya farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	86
Şekil 4.14. Alanya ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	87
Şekil 4.15. Demre farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	88
Şekil 4.16. Demre ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	89
Şekil 4.17. Döşemealtı farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	90
Şekil 4.18. Döşemealtı ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	91
Şekil 4.19. Elmalı farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	92
Şekil 4.20. Elmalı ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	93
Şekil 4.21. Finike farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	94
Şekil 4.22. Finike ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	95
Şekil 4.23. Gazipaşa farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	96
Şekil 4.24. Gazipaşa ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	97
Şekil 4.25. Gündoğmuş farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	98
Şekil 4.26. Gündoğmuş ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	99
Şekil 4.27. İbradi farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	100
Şekil 4.28. İbradi ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	101
Şekil 4.29. Kaş farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	102
Şekil 4.30. Kaş ilçesi farklı teknolojiler için DC elektrik üretim verileri.....	103
Şekil 4.31. Kemer farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	104
Şekil 4.32. Kemer ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	105
Şekil 4.33. Kepez farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	106
Şekil 4.34. Kepez ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	107
Şekil 4.35. Konyaaltı farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	108
Şekil 4.36. Konyaaltı ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	109
Şekil 4.37. Korkuteli farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	110
Şekil 4.38. Korkuteli ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	111
Şekil 4.39. Kumluca farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	112
Şekil 4.40. Kumluca ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	113
Şekil 4.41. Manavgat farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	114
Şekil 4.42. Manavgat ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	115
Şekil 4.43. Muratpaşa farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh).....	116

Şekil 4.44. Muratpaşa ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar	117
Şekil 4.45. Serik farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)	118
Şekil 4.46. Serik ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar.....	119
Şekil 4.47. İlçere ve fotovoltaik sistemlere göre yıllık elektrik üretimi (kWh)	120
Şekil 4.48. Tüm ilçeler için kadmiyum tellür fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışıınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır)	121
Şekil 4.49. Tüm ilçeler için monokristal fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışıınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır) .	122
Şekil 4.50. Tüm ilçeler için monokristal bifacial fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışıınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır)	123
Şekil 4.51. Tüm ilçeler için polokristal bifacial fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışıınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır)	124
Şekil 4.52. Tüm ilçeler için polikristal fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışıınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır) .	125
Şekil 4.53. Tüm ilçeler ve tüm sistemler için geri ödeme süreleri (yıl).....	135
Şekil 4.54. Tüm ilçeler ve tüm fotovoltaik sistemler için otuz yıllık net kazançlar (milyon ₺)	136

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Antalya ili abone tüketici tülerine göre abone sayıları ve yüzdeleri.....	14
Çizelge 3.1. Santralde kullanılan panellerin teknik ve mekanik özellikleri.....	52
Çizelge 3.2. Santralde kullanılan inverter teknik özellikleri.....	52
Çizelge 3.3. NSRDB kaynaklı iklimsel veri	53
Çizelge 3.4. İnverter ve panel özellikleri	67
Çizelge 3.5. Sistem özellikleri	68
Çizelge 3.6. Bir santralin kurulabileceği alanlar için lojistik kriterler.....	69
Çizelge 3.7. Fotovoltaik sistem ilk yatırım maliyetleri.....	71
Çizelge 3.8. Fotovoltaik sistem işletme bakım maliyetleri	72
Çizelge 3.9. EPDK tarafından onaylanan ve 1 Ocak 2023 tarihinden itibaren uygulanacak faaliyet bazlı tarifeler (EPDK, 2023)	73
Çizelge 4.1. Aksu ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	84
Çizelge 4.2. Aksu ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	86
Çizelge 4.3. Alanya ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	88
Çizelge 4.4. Demre ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)	90
Çizelge 4.5. Döşemealtı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	92
Çizelge 4.6. Elmalı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	94
Çizelge 4.7. Elmalı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	96
Çizelge 4.8. Gazipaşa ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	98
Çizelge 4.9. Gündoğmuş ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	100
Çizelge 4.10. Gündoğmuş ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	102
Çizelge 4.11. Kaş ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	104
Çizelge 4.12. Kemer ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)	106
Çizelge 4.13. Kepez ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	108
Çizelge 4.14. Konyaaltı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	110
Çizelge 4.15. Korkuteli ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	112
Çizelge 4.16. Kumluca ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	114
Çizelge 4.17. Manavgat ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)	116
Çizelge 4.18. Muratpaşa ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)	118
Çizelge 4.19. Serik ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh).....	120
Çizelge 4.20. Akseki ilçesi için ekonomik analiz sonuçları.....	125
Çizelge 4.21. Aksu ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları....	126
Çizelge 4.22. Alanya ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	126
Çizelge 4.23. Demre ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	127
Çizelge 4.24. Döşemealtı ilçesi için ekonomik analiz sonuçları.....	127
Çizelge 4.25. Elmalı ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	128
Çizelge 4.26. Finike ilçesi için ekonomik analiz sonuçları.....	128
Çizelge 4.27. Gazipaşa ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	129
Çizelge 4.28. Gündoğmuş ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	129
Çizelge 4.29. İbradi ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	130
Çizelge 4.30. Kaş ilçesi için ekonomik analiz sonuçları.....	130
Çizelge 4.31. Kemer ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	131
Çizelge 4.32. Kepez ilçesi için ekonomik analiz sonuçları.....	131
Çizelge 4.33. Konyaaltı ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	132
Çizelge 4.34. Korkuteli ilçesi için ekonomik analiz sonuçları.....	132
Çizelge 4.35. Kumluca ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	133
Çizelge 4.36. Manavgat ilçesi için ekonomik analiz sonuçları.....	133

Çizelge 4.37. Muratpaşa ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	134
Çizelge 4.38. Serik ilçesi için ekonomik analiz sonuçları	134



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AC	Alternatif Akım
CB	İletkenlik Bandı
CDTE	Kadmiyum Tellür
CdTe	Kadmiyum Tellür
CIGS	Bakır İndiyum Galliyum Selenür
CPV	Konsantre Fotovoltaik
DC	Doğru Akım
DHI	Yayılma Yatay Işınım
DNI	Doğrudan Normal Işınım
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	Elektrik Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
FG	Yasak Band Aralığı
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GHI	Yatay Global Işınım
GWh	Gigawatt saat
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
KOKH	Kök Ortalama Kare Hata
kWh	Kliowatt saat
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MÖ	Milattan Önce
MWh	Megawatt saat
MWp	Megawatt pik
NOCT	Nominal İşletme Hücre Sıcaklığı
NREL	Amerika Ulusal Yenilenebilir Enerji Labaratuvarı
NSRDB	Amerika Ulusal Güneş Radyasyonu Veri Tabanı
OMS	Ortalama Mutlak Sapma
PV	Fotovoltaik
SAM	System Advisor Model
TWh	Terawatt saat
VB	Bağlanma Bandı

1. GİRİŞ

Sanayi Devrimi sonrasında, yeni teknolojik gelişmeler yaşanmış ve bu durum, elektrik üretimine olan ihtiyacı arttırmıştır. Ancak, ihtiyacın karşılanması için kullanılan kaynaklar, yüksek karbon emisyon değerleri nedeniyle küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarına yol açmıştır. Bu sorunların çözümü için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sınırsız bir kaynak olması ve çevreye zarar vermeyen özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük potansiyele sahip olanlarından biridir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2019 verilerine göre, güneş yıllık olarak yaklaşık 230 000 terawatt saat (TWh) enerji sağlar. Ayrıca, Amerikan ulusal güneş radyasyon veri tabanına göre, Dünya'nın atmosferine ortalama olarak yaklaşık 1 366 W/m² güneş enerjisi ulaşmaktadır (IEA, 2019; NREL, 2021).

Güneş enerjisi, sadece temiz bir enerji kaynağı olması nedeniyle değil, aynı zamanda ülkeler arasında enerji bağımsızlığı sağlama potansiyeli nedeniyle de önemlidir. Güneş enerjisi, özellikle 21. yüzyılda hızlı bir şekilde yaygınlaşmış ve enerji sektöründe önemli bir yer edinmiştir. Günümüzde, dünya genelinde birçok ülke, güneş enerjisi yatırımlarını artırmakta ve bu alanda gelişmeler sağlamaktadır. 2010 yılından bu yana dünya genelindeki güneş enerjisi kapasitesinin 10 kat artarak 2020'de 763 gigawatt (GW) değerine ulaştığını bilinmektedir. Bu durumun güneş enerjisi yatırımlarının artmasıyla birlikte, güneş enerjisi teknolojilerinin maliyetlerinin düşmesinden ve güneş enerjisi üretiminin daha verimli hale gelmesinden kaynaklandığı bilinmektedir (IRENA, 2022).

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında, fotovoltaik teknoloji ile doğrudan güneş enerjisinden elektrik elde edilebilmesini sağlaması bakımından özel ve önemli bir yere sahiptir. Güneş panelleri, güneş enerjisini emerek bu enerjiyi doğru akım (DC) elektrik enerjisine dönüştürür. Bu sayede, güneş enerjisi evlerde, iş yerlerinde, sanayi tesislerinde ve diğer birçok alanda kolaylıkla kullanılabilir durumdadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi noktasında ülkemizde özellikle fotovoltaik sistemlerden veya yaygın olarak kullanılan diğer adıyla güneş santrallerinden yararlanılmaktadır. Güneş santrallerinden elektrik üretimleri, sistemler kurulurken kullanılan panel, inverter, kablo vb. ekipmanların

teknolojilerinin yanında, panellerin yüzey alanına gelen yıllık toplam ışı nım değ erine de baėlıdır. Bu değ er ise ışı nım ŝiddeti, gűneŝlenme sűresi, rakım ve nem gibi birűok faktűre gűre deėiŝebilmektedir. Bu faktűrler dikkate alınarak birűok űalıŝma yapılmıŝ ve metrekafe alana gelen yıllık ortalama gűneŝ ışı nımı potansiyeli űzerine haritalar űizilmiŝtir. Yapılan akademik űalıŝmalarda da fotovoltaik sistem kurulumlarında bu haritalarda bulunan yűksek gűneŝ ışı nımına sahip lokasyonlarda sistem kurulumlarının yapılması űnerilmektedir. Ancak gerűekte fotovoltaik sistemler, yola, trafo merkezlerine yakınlık gibi lojistik faktűrler dikkate alınarak kurulmaktadırlar. Bu noktada bir bűlgenin veya ilűenin ortalama ışı nım değ erinin yűksek olması űnem taŝısa da bir ilűenin farklı coėrafi koŝullara sahip olması sebebiyle, ışı nım potansiyeli değ erlerinin bir ilűe űzelinde deėiŝim gűsterebileceėi ve bu noktaların gerűekte santral kurulumlarının saėlanması konusunda uygun olup olmadıėı konusu araŝtırmaya aűık ve űnemli bir konumdadır. Bunun yanında son yıllarda fotovoltaik panel teknolojisi geliŝmekte ve farklı iklim koŝullarında farklı teknolojiler elektrik űretimi noktasında farklı sonuűlar ortaya űıkarabilmektedir. Bu durumda yine gerűekte santrallerin kurulabileceėi lokasyonlarda farklı teknolojilerin gűstereceėi performansları tespit etmek oldukűa bűyűk űnem arzetmektedir. Bu tespiti gerűekleŝtirmek iűinse santrallerin siműle edilebileceėi yazılımlar kullanılmaktadır. Dűnya genelinde birűok yazılım vardır, bu yazılımların iűerisinde bulunan forműlasyonlar ve iklim verileriyle fotovoltaik sistemlerin elektrik űretim değ erleri tahmin edilmektedir. Bu tahminlemeler sonucunda ise ekonomik anlamda analizler gerűekleŝtirilmekte ve bu analizler ticari ve yűnetimsel anlamda yatırım yapılabilirliėi konusunda sonuűlar sunmaktadır. Bu sonuűların ekonomik anlamda gerűeėe yakın değ erler ortaya koymasını siműlasyon sonuűlarının da gerűeėe daha yakın sonuűlar sunması ile baėlantılıdır. Bu baėlamda siműlasyon yazılımlarının hangisinin gerűeėe daha yakın sonuűlar verdiėinin tespit edilmesi oldukűa űnemlidir.

Bu űalıŝmada Antalya ilinde mevcut kurulu bulunan bir gűneŝ santralinden proje bilgileri alınarak ticari ve akademik anlamda yaygın kullanıma sahip olan PVsyst ve SAM yazılımları yardımıyla gerűeėe uygun bir ŝekilde siműlasyonlarının gerűekleŝtirilmesi saėlanmıŝtır. Bu siműlasyon űalıŝması sonucunda elde edilen aylık ve yıllık elektrik űretim verileri gerűek elektrik űretim verileri ile karŝılaŝtırılarak hangi yazılımın gerűeėe daha yakın sonuűlar ortaya koyduėu tespit edilmiŝtir. Lojistik anlamda kriterler belirlenerek santrallerin kurulabileceėi lokasyonlar

Antalya ilinde 19 farklı ilçe için tespit edilmiştir. Gerçeğe en yakın elektrik üretimi veren yazılım yardımıyla, bu lokasyonlarda kadmiyum tellür, monokristal, polikristal, monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri kullanılarak oluşturulan özdeş santrallerin simülasyonlarının gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Santrallerin simülasyonları sonucunda elde edilen elektrik üretim verileri yardımıyla ekonomik analizler gerçekleştirilmiş ve hangi ilçede hangi teknolojinin elektrik üretimi ve ekonomik anlamda daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Bu tez kapsamında, çalışmanın gerçekleştirildiği bölge için gerçeğe en yakın elektrik üretim verisi sağlayan yazılımın tespiti yapılmış ve Antalya ili için hangi teknolojinin hangi lokasyonda kullanılmasının uzun ve kısa vadede ekonomik anlamda ayrıca da teknik anlamda daha doğru olacağı tespit edilerek bölgede kurulacak olan güneş santralleri için öngörü oluşturacak nitelikte bir çalışma sunulmuştur. Bu çalışma, Antalya ilindeki güneş enerjisi santralleri için farklı fotovoltaiik teknolojilerin performanslarının karşılaştırılmasına yönelik bir kılavuz sunmaktadır. Bu çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına ve çevre dostu bir gelecek için sürdürülebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

1.2. Fotovoltaiik Teknoloji

Güneş enerjisi, birçok farklı uygulama alanında kullanılmaktadır. Bunlar arasında evlerde ve iş yerlerinde elektrik üretimi, su ısıtma, çevre dostu ulaşım araçları ve uydu sistemleri yer almaktadır. Güneş enerjisi, tarihsel olarak insanlar tarafından birçok amaç için kullanılmıştır. Antik Mısır'da güneş ışığı güneş tanrısı Ra'nın sembolü olarak kabul edilmiştir ve Roma İmparatorluğu döneminde güneş ışığı binaların ısıtılması için, Yunanistan'da ise güneş enerjisi yine ısınma amaçları için kullanılmıştır. İlk güneş enerjisi evi, MÖ 400 yılında Atina'da inşa edilmiştir. Bu ev, güneş ışınlarını tutan cam bir duvarla kaplanmış ve evin içerisindeki havayı ısıtmak için kullanılmıştır. Roma İmparatorluğu döneminde, yine güneş enerjisi binaların ısıtılması için kullanılmıştır. Ayrıca, güneş enerjisi, su ısıtma amaçları için de kullanılmıştır. Orta Çağ'da, güneş enerjisi kullanımı azalmış olsa da, İtalya'da güneş enerjisi ısıtma amaçları için kullanılmaya devam etmiştir. Yüzyıllar boyunca güneş enerjisi kullanımı, özellikle ısınma amaçları için, çeşitli bölgelerde sürdürülmüştür.

Güneş enerjisinin modern kullanımı, 19. yüzyılda başlamıştır. 1839 yılında, Fransız fizikçi Alexandre-Edmond Becquerel, ilk kez fotovoltaiik etkiyi keşfetmiştir. Bu keşif, günümüzde güneş panelleri olarak bilinen cihazların temelini oluşturmuştur. Yirminci yüzyılın başlarında, güneş enerjisi daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. 1954 yılında, Bell Labs'ta çalışan bir grup bilim insanı, ilk fotovoltaiik hücre prototipini geliştirmiştir. Bu gelişme, güneş enerjisinin elektrik üretimi için kullanımını mümkün kılmıştır (Szabó, 2017).

Fotovoltaiik teknolojisi, güneş enerjisi kullanımının ilk kez keşfedildiği 1839 yılından bu yana gelişim göstermiştir. İlk olarak, Fransız fizikçi Edmond Becquerel, ışığın elektrik akımına dönüşümü (fotoelektrik etki) üzerine çalışmalar yapmıştır. Daha sonra, 1883'te Amerikalı mucit Charles Fritts, selenyumun fotoelektrik özelliklerini keşfetmiş ve ince bir selenyum tabakası kullanarak ilk fotovoltaiik hücreyi üretmiştir. Ancak, bu hücreler çok düşük verimliliklere sahip olduğundan yaygınlaşmamıştır. 1950'lerde, Bell Labs'teki bilim adamları, ince bir silisyum tabakasını kullanarak verimli bir fotovoltaiik hücre üretmeyi başarmışlardır. Bu hücrelerin verimliliği, selenyum hücrelerinden önemli ölçüde daha yüksek ve yaklaşık olarak 4% değerini bulmuştur. Bununla birlikte, bu hücrelerin maliyeti çok yüksek olduğundan geniş ölçekte kullanımı mümkün olmamıştır. 1960'ların başında, Hoffman Electronics gibi şirketler, kristal silisyum tabakaları kullanarak daha ucuz ve verimli fotovoltaiik hücreler üretmeyi başarmışlardır. Bu durum, fotovoltaiik teknolojisinin ticari olarak kullanıma girmesinin önünü açmıştır. 1970'lerde, petrol krizi nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmış ve fotovoltaiik teknolojisi de bu ilgiden payını almıştır. Bu dönemde, çok sayıda ülke, fotovoltaiik teknolojisinin geliştirilmesi ve kullanımı için araştırma ve geliştirme çalışmalarına başlamıştır. 1980'lerde, fotovoltaiik panellerin üretim maliyetleri düşmüş ve verimlilikleri artmıştır. Bu dönemde, Almanya ve Japonya gibi ülkeler, fotovoltaiik enerji kullanımını desteklemek için çeşitli teşvikler ve vergi indirimleri sağlamaya başlamışlardır. Bu teşvikler sayesinde, fotovoltaiik teknolojisi dünya genelinde yaygınlaşmış ve kullanımı artmıştır. Günümüzde, fotovoltaiik teknolojisi hızla gelişmeye devam etmektedir. Daha verimli hücreler ve paneller üretilmekte, maliyetleri düşmektedir ve böylece bu alana olan ilgi artmaktadır (Szabó, 2017).

1.2.1. Fotovoltaik panel teknolojileri

Fotovoltaik paneller, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren teknolojik cihazlardır. Bu paneller, fotovoltaik hücreler adı verilen yarıiletken malzemelerden yapılmaktadır. Güneş ışınları bu hücrelere çarptığında, elektronlar, fotonlarda bulunan enerjiyi alarak bağlı bulundukları atom ve molekküllerden kopar ve kopan elektronların hareket etmesiyle de hücrelerde elektrik üretimi gerçekleşir. Son yıllarda, farklı teknolojilerin de ortaya çıkmasıyla, farklı malzemelerden yapılan fotovoltaik paneller de piyasaya sürülmüştür. İşte bazıları:

Silisyum Fotovoltaik Paneller: güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştüren cihazlardır ve günümüzde en yaygın kullanılan fotovoltaik teknolojidir. Bu teknoloji, güneş ışığından elektronların serbest bırakılması prensibi üzerine çalışır. Silisyum, fotovoltaik hücrelerin yapımında kullanılan en yaygın yarıiletken malzemedir ve doğal olarak bulunan ikinci en yaygın elementtir. Silisyum, n-tipi ve p-tipi yarıiletken malzemelerin birleştirilmesiyle oluşan pn birleşimi sayesinde fotovoltaik hücrelerde kullanılır. Silisyum fotovoltaik hücreler, ticari olarak kullanılan ilk fotovoltaik hücrelerdir ve kıyasla yüksek verimliliklere sahiptir. Silisyum fotovoltaik hücreler, kristal silisyum, ince film silisyum ve çift taraflı silisyum teknolojileri olmak üzere üç farklı formda üretilmektedir. Kristal silisyum hücreler, yüksek verimlilikleri ve dayanıklılıkları nedeniyle tercih edilmektedir. İnce film silisyum hücreler ise daha düşük verimliliklere sahip olsa da, daha ucuz ve daha esnek yapıya sahiptir. Çift taraflı silisyum hücreler, her iki yüzeyde de yarıiletken malzeme kullanarak verimliliği artırmak için tasarlanmıştır (IRENA, 2020).

İnce Film Teknolojisi: İnorganik fotovoltaik, silisyum dışındaki inorganik malzemelerin kullanıldığı fotovoltaik teknolojileri içermektedir. Bu teknolojiler arasında kadmium tellür (CdTe), bakır indiyum galliyum selenür (CIGS), perovskit ve diğerleri yer almaktadır. CdTe hücreleri, yüksek verimlilikleri ve düşük maliyetleri nedeniyle özellikle büyük ölçekli ticari uygulamalar için uygundur. CIGS hücreleri ise yüksek verimlilikleri ve esnekliği nedeniyle tercih edilmektedir. Perovskit hücreleri ise son yıllarda geliştirilen bir teknolojidir ve yüksek verimlilik potansiyeline sahiptirler. İnorganik fotovoltaik teknolojileri, silisyum teknolojisine kıyasla daha düşük maliyetli üretim yöntemleri ve daha yüksek verimlilik potansiyeli

sunmaktadır. Ancak, halen geliştirilmeye devam eden bir teknoloji olduğundan, bazı teknolojilerin ticari ölçekte uygulanması için daha fazla araştırma ve geliştirme çalışmaları gerekmektedir (IRENA, 2020).

Organik Fotovoltaik (OPV): organik malzemelerin kullanıldığı ince film fotovoltaik hücrelerdir. Bu hücreler, bir aktif malzemeden (çoğunlukla organik polimerler) ve elektronları kabul eden bir elektron akseptöründen oluşur. Elektronlar güneş ışığından enerji alarak aktif malzemeden elektron akseptörüne hareket eder ve elektrik akımı oluşturur. Organik fotovoltaik hücreler, silisyum hücrelerden daha düşük verimliliklere sahip olmakla birlikte, daha düşük maliyetlidir ve esnek malzemeler üzerine uygulanabilirler. Bu teknoloji, esnek ve hafif hücrelerin üretiminde ve kullanımında avantajlıdır, örneğin giyilebilir elektroniklerde veya büyük yüzeylerde kullanılarak yapısal bir eleman olarak işlev görebilir. Ancak, organik fotovoltaik hücrelerin kullanım ömrü ve dayanıklılığı, inorganik hücrelere kıyasla hala geliştirilmeye açıktır (IRENA, 2020).

Konsantre Fotovoltaik (CPV): yüksek yoğunluklu güneş ışığından faydalanmak için kullanılan bir fotovoltaik teknolojisidir. Bu teknolojide, ayna veya lensler gibi optik cihazlar kullanılarak güneş ışığı bir noktaya odaklanır ve daha verimli hücreler kullanılır. Konsantre Fotovoltaik sistemleri, genellikle düşük verimli silisyum hücrelerine kıyasla daha yüksek verimliliklere sahiptirler ve daha az alana ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte, CPV sistemleri yüksek yoğunluklu güneş ışığına ihtiyaç duyduklarından, bulutlu havalarda veya düşük güneş ışığı koşullarında verimlilikleri düşebilir. CPV sistemleri, özellikle sıcak ve kurak bölgelerde, yüksek enerji taleplerinin olduğu askeri üslerde ve uzay uygulamalarında kullanılmaktadır. CPV teknolojisi, dünya genelindeki güneş enerjisi kurulumlarının sadece küçük bir bölümünü oluşturmalarına rağmen, gelecekte daha yaygın olarak kullanılması beklenmektedir (IRENA, 2020).

Çoklu Bağlantılı Fotovoltaik Hücreler: Farklı yarı iletken malzemelerin üst üste dizilmesiyle oluşur. Bu hücreler, her katmanın farklı dalga boylarını emerek daha yüksek verimlilik sağlar. Daha kısa dalga boylarını emebilen üst katmanlar, daha uzun dalga boylarını emebilen alt katmanlarla bir araya gelerek daha geniş bir dalga boylu aralığına duyarlı hale getirilir. Bu teknolojinin en büyük avantajı, tek katmanlı

hücrelere göre daha yüksek verimlilik sağlamasıdır. Bununla birlikte, daha yüksek verimlilik genellikle daha yüksek maliyetlerle birlikte gelir ve bu nedenle bu teknoloji henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır (IRENA, 2020).

İnce Film Fotovoltaik Hücreler: Çeşitli malzemelerin çok ince tabakalarının bir araya getirilmesiyle üretilir. Bu hücrelerin temel amacı, silisyum gibi geleneksel fotovoltaik hücrelerine göre daha ince ve esnek olmalarıdır. Bu özellikleri sayesinde, daha küçük boyutlarda ve çeşitli şekillerde üretilebilirler. İnce film hücrelerinin üretiminde kullanılan malzemeler arasında amorf silisyum, kadmium tellür, bakır indiyum galliyum selenür, perovskit gibi maddeler bulunur. İnce film teknolojisi, geleneksel silisyum teknolojisine göre daha az miktarda malzeme kullanımı gerektirdiği için, üretim maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olabilir. Bununla birlikte, şu anda ince film hücrelerin verimliliği, geleneksel hücrelerin verimliliğinden daha düşük olduğu için, yaygın olarak kullanılmamaktadır (IRENA, 2020).

Fotovoltaik paneller, çevre dostu bir enerji kaynağı olmanın yanı sıra, düşük maliyetli ve uzun ömürlüdürler. Bu nedenle teknolojik gelişmeler ve farklı malzemelerin kullanımıyla birlikte, fotovoltaik panellerin verimliliği artmakta ve maliyetleri düşmektedir. Bu da güneş enerjisi teknolojisinin daha yaygın hale gelmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, fotovoltaik panellerin dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin, güneş ışınlarının az geldiği ya da bulutlu günlerde, panellerin ürettiği enerji miktarı düşebilir. Ayrıca, fotovoltaik panellerin üretimi sırasında kullanılan malzemelerin çevreye olan etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu tez çalışması kapsamında yaygın kullanıma sahip olması sebebiyle monokristal ve polikristal paneller kullanılmıştır. Bunun yanında bu panellerin bifacial özellikte olanları, tercih olarak yaygınlaşması sebebiyle bu tez çalışmasında kullanılmıştır. Ayrıca yüksek nem ve sıcaklık ortamlarında göstermiş olduğu performansın belirlenmesi amacıyla da kadmium tellür panel teknolojisi yine bu tez çalışması kapsamında tercih edilmiştir. Bu panel teknolojilerine ait genel bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Polikristal Paneller: güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren teknolojik cihazlardır. Bu paneller, silisyumdan yapılmaktadır ve güneş ışınları bu panellere vurduğunda elektrik enerjisi üretirler. Polikristal paneller, farklı bir üretim sürecine sahiptir ve bu süreç, panellerin yapısına ve performansına farklı bir etki yapar. Polikristal paneller, monokristal panellere kıyasla daha düşük bir verimlilik oranına sahiptirler. Ancak, monokristal panellerin üretimi daha pahalıdır, bu nedenle polikristal paneller daha düşük bir maliyetle üretilebilirler. Polikristal paneller, monokristal panellerin üretim sürecinden farklı bir üretim sürecine sahiptirler. Polikristal paneller, silisyumun eritilmesi ve daha sonra soğutulması yoluyla üretilirler. Bu süreç, silisyum kristallerinin bir arada toplanmasına ve daha sonra kesilerek panellerin yapılmasına neden olur. Monokristal paneller ise, tek bir kristal yapıdan yapıldığı için daha homojen bir yapıya sahiptirler (Smith vd., 2021).

Polikristal paneller, farklı güneş ışığı koşullarında farklı performans gösterebilirler. Yüksek sıcaklıklarda, polikristal panellerin verimliliği azalabilirken, düşük sıcaklıklarda daha iyi bir performans sergileyebilirler. Ayrıca, düşük güneş ışığı koşullarında, polikristal panellerin performansı daha düşük olabilir. Polikristal paneller, genellikle daha düşük bir maliyetle üretildiği için, fotovoltaik enerji üretiminde popüler bir seçenek haline gelmiştir. Polikristal panellerin avantajlarından biri, yüksek üretim hızıdır. Polikristal paneller, monokristal panellere kıyasla daha hızlı bir şekilde üretilebilirler. Bu, polikristal panellerin, geniş ölçekte kullanılan bir güneş enerjisi üretim teknolojisi olmasına yardımcı olur. Polikristal panellerin dezavantajları arasında, düşük verimlilik oranları yer alır. Polikristal panellerin verimliliği, monokristal panellere kıyasla daha düşüktür. Ayrıca, polikristal paneller, yüksek sıcaklıklarda daha az verimli olabilirler (Smith vd., 2021).

Sonuç olarak, polikristal paneller, fotovoltaik enerji üretimi için popüler bir seçenektir. Daha düşük bir maliyetle üretilebildikleri için, geniş ölçekte kullanılan bir teknoloji haline gelmişlerdir. Polikristal panellerin dezavantajları arasında, düşük verimlilik oranları ve üretim sırasında çevresel etkilere neden olması yer alır. Ancak, bu dezavantajlar, teknolojik gelişmeler ve sürdürülebilir üretim yöntemleri ile giderek azaltılabilir (Smith vd., 2021).

Monokristal Paneller: silisyum kristallerinin tek bir yapıda birleştirilmesiyle üretilirler. Bu, panellerin daha homojen bir yapıya sahip olmalarını sağlar ve daha yüksek verimlilik oranlarına neden olur. Monokristal paneller, diğer panellere kıyasla daha pahalıdır, ancak daha yüksek bir verimlilik oranı sunarlar. Monokristal panellerin üretimi, diğer panellerin üretim süreçlerine kıyasla daha zahmetli bir süreçtir. Bu, panellerin fiyatını etkiler. Monokristal panellerin üretimi, tek bir silisyum kristalinin kesilmesiyle başlar. Daha sonra kristal, ince dilimler halinde kesilir ve bu dilimler, panellerin yapımı için kullanılır. Bu süreç, monokristal panellerin daha homojen bir yapıya sahip olmasına neden olur (Smith vd., 2021).

Monokristal paneller, güneş enerjisi teknolojileri için en verimli seçeneklerden biridir. Monokristal paneller, yüksek verimlilik oranlarına sahip olmaları nedeniyle, düşük güneş ışınımı oşullarında bile enerji üretebilirler. Bununla birlikte, yüksek maliyetleri ve kırılganlıkları nedeniyle, diğer panellere kıyasla daha az tercih edilebilirler. Sonuç olarak, monokristal paneller, fotovoltaik enerji üretimi için popüler bir seçenektir. Yüksek verimlilik oranları ve çevre dostu üretim yöntemleri nedeniyle, güneş enerjisi teknolojilerinde tercih edilen bir seçenektir. Ancak, yüksek maliyetleri nedeniyle, diğer panellerin kullanımı da yaygındır (Smith vd., 2021).

Monokristal Bifacial Paneller: Güneş enerjisini hem ön yüzeyden hem de arka yüzeyden toplayarak daha yüksek bir verimlilik sağlayan teknolojik cihazlardır. Bu paneller, monokristal silisyum adı verilen saf silisyumdan yapılmaktadır. Monokristal bifacial panellerin tasarımı, diğer panellere kıyasla daha karmaşıktır. Bunun nedeni, panellerin ön ve arka yüzeylerinin her ikisinin de güneş ışınlarından yararlanması gerektiğidir. Bu, panellerin tasarımı sırasında dikkate alınması gereken ek faktörlerin ortaya çıkmasına neden olur. Monokristal bifacial paneller, diğer panellere kıyasla daha yüksek bir maliyetle birlikte gelirler. Ancak, yüksek verimlilik oranları nedeniyle, uzun vadede daha fazla enerji üretirler ve daha düşük bir toplam maliyetle sonuçlanabilirler (Smith vd., 2021).

Polikristal Bifacial Paneller: güneş enerjisini hem ön yüzeyden hem de arka yüzeyden toplayarak daha yüksek bir verimlilik sağlayan teknolojik cihazlardır. Bu paneller, polikristal silisyum adı verilen daha ucuz bir silisyum türünden yapılmaktadır. Polikristal bifacial panellerin tasarımı, monokristal bifacial panellerin

tasarımına kıyasla daha basittir. Bunun nedeni, polikristal silisyum kristallerinin doğal bir şekilde oluşan çapraz yönlü kristaller içermesidir. Bu kristallerin yapısı, panellerin her iki yüzeyinden de güneş ışınlarının toplanabilmesini sağlar. Polikristal bifacial panellerin üretimi, diğer polikristal panellerin üretimine benzerdir. Polikristal silisyum kristalleri, ısıtma işlemi ve diğer yöntemlerle kesilir ve bu dilimler, panellerin yapımı için kullanılır. Ancak, bifacial panellerin üretiminde, ön ve arka yüzeylerin tasarımı dikkate alınmalıdır. Polikristal bifacial paneller, diğer polikristal panellere kıyasla daha yüksek bir maliyetle birlikte gelirler. Ancak, yüksek verimlilik oranları nedeniyle, uzun vadede daha fazla enerji üretirler ve daha düşük bir toplam maliyetle sonuçlanabilirler. Polikristal bifacial panellerin bir diğer avantajı, daha yüksek bir çevresel sürdürülebilirliktir. Bu panellerin üretimi sırasında kullanılan polikristal silisyum, monokristal silisyuma kıyasla daha az enerji gerektirir ve daha az atık üretir (Smith vd., 2021).

Sonuç olarak, polikristal bifacial paneller, diğer polikristal panellere kıyasla daha yüksek bir toplam verimlilik oranı sağlayabilen teknolojik cihazlardır. Bifacial panellerin tasarımı ve üretimi, monokristal bifacial panellere kıyasla daha basittir ancak yine de dikkat edilmesi gereken bazı faktörler vardır. Polikristal bifacial panellerin diğer panellere kıyasla daha yüksek bir maliyetle birlikte geldiği doğrudur, ancak yüksek verimlilik oranları nedeniyle, uzun vadede daha fazla enerji üretirler ve daha düşük bir toplam maliyetle sonuçlanabilirler. Bunun yanı sıra, polikristal bifacial panellerin üretimi sırasında kullanılan malzemelerin çevresel sürdürülebilirliği, diğer panellerden daha yüksek olabilir.

Cadmium Telluride (Kadmiyum) Paneller: fotovoltaiik paneller için kullanılan bir diğer teknolojidir. Bu paneller, geleneksel silisyum panellere göre daha ucuzdur ve yüksek verimlilik oranlarına sahiptirler. Bu nedenle, kadmiyum paneller, büyük ölçekli güneş enerjisi projelerinde tercih edilen bir seçenek haline gelmiştir. Kadmiyum panellerin temel bileşenleri, kadmiyum yarıiletken malzemesi ve cam alt tabakasıdır. Bu malzemeler, güneş ışınlarının panellere çarpmasıyla elektrik üretirler. Kadmiyum paneller, diğer teknolojilere göre daha ince ve daha hafiftir, bu da taşıma, kurulum ve depolama açısından avantaj sağlar. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda daha iyi performans gösterirler ve güneş ışınlarının düşük açılarında bile yüksek bir verimlilik oranına sahiptirler. Kadmiyum panellerin avantajlarına ek olarak, bu teknolojinin

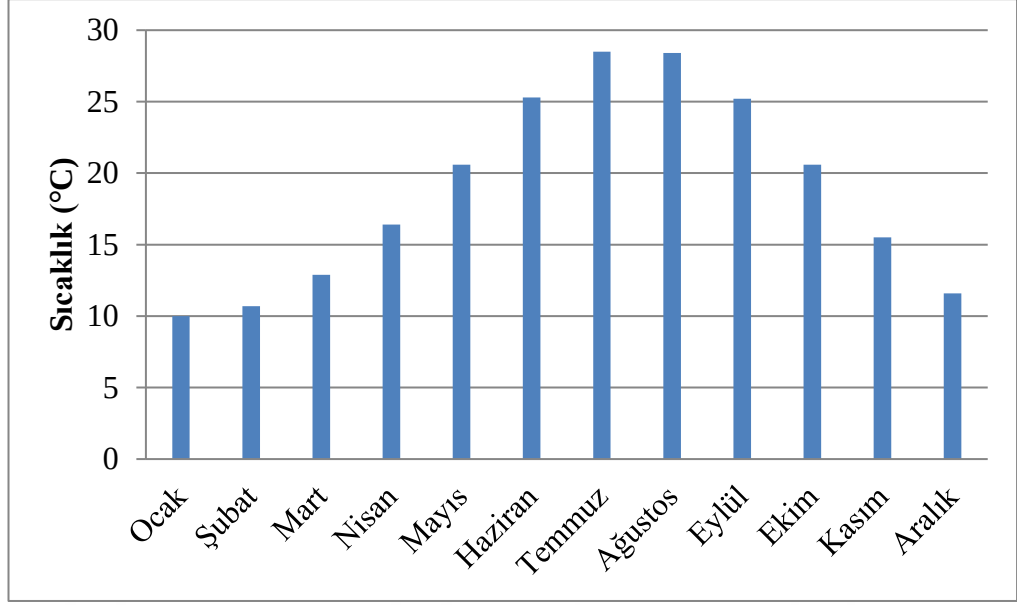
maliyeti de düşüktür. Kadmiyum paneller, geleneksel silisyum panellere göre daha ucuz ve daha kolay üretilebilirler. Bu da büyük ölçekli güneş enerjisi projelerinin daha düşük bir maliyetle gerçekleştirilmesine olanak sağlar (IRENA, 2018).

Bununla birlikte, kadmiyum panellerin dezavantajları da vardır. Bu panellerin üretimi sırasında kullanılan cadmium elementi, çevresel olarak zararlı bir metaldir ve doğru bir şekilde imha edilmesi gereklidir. Ayrıca, kadmiyum panellerin uzun ömürlülüğü hakkında bazı endişeler vardır ve bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kadmiyum panellerin maliyeti ve verimliliği, büyük ölçekli güneş enerjisi projeleri için çekici hale getirmektedir. Bu teknolojinin avantajları, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir adım olarak da görülebilir. Ancak, kadmiyum panellerin dezavantajları da göz önünde bulundurulmalı ve daha sürdürülebilir bir gelecek için daha iyi alternatifler araştırılmalıdır (IRENA, 2018).

1.3. Antalya İli Verileri

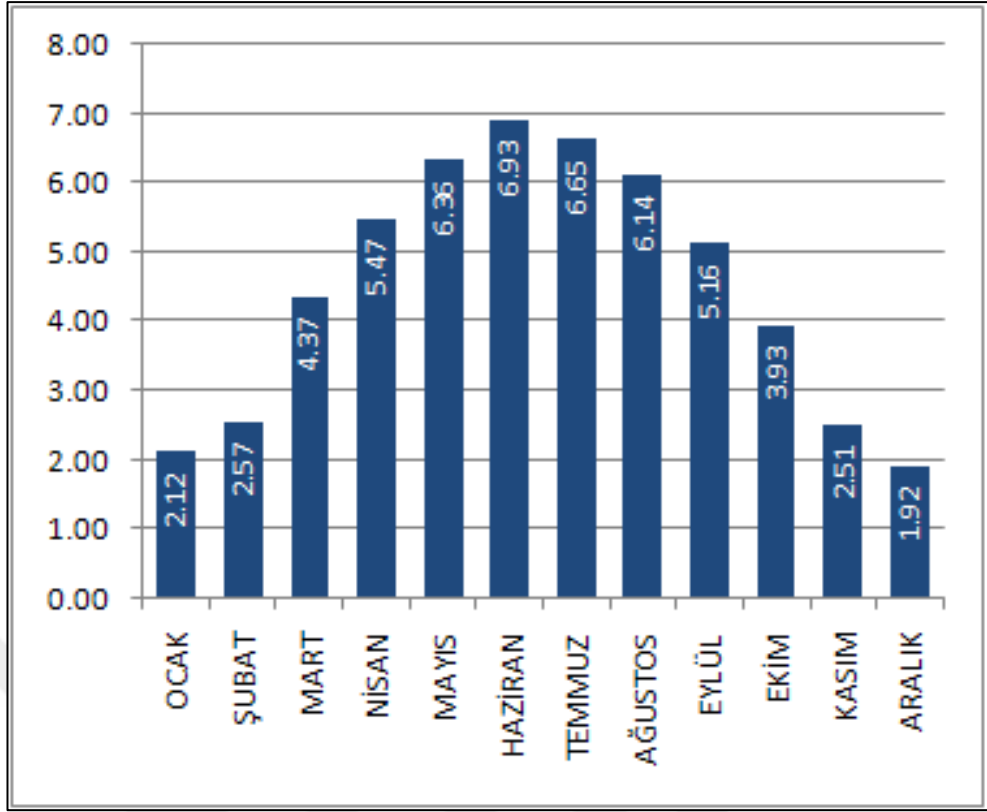
Bu başlık altında Antalya ili için genel elektrik üretim tüketim verileri, tüm ilçeler için iklim özellikleri gibi veriler sunulmuş ve açıklanmıştır.

Antalya ili, ülkenin güneyinde Akdeniz bölgesinde bulunmaktadır. Nüfus sıralaması olarak bakıldığında ülkenin en kalabalık beşinci ili konumundadır. Antalya ili için uzun süreli alınmış ölçüm değerlerine göre yıllık ortalama sıcaklık değeri 18.8°C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık değerinin en yüksek olduğu temmuz ayında ortalama sıcaklık değeri 28.5°C, en düşük olduğu ocak ayında ise 10°C'dir. Şekil 1.1'de Antalya ili için yıllık olarak, aylık bazda ortalama sıcaklığa ait grafik sunulmuştur (MGM, 2022).

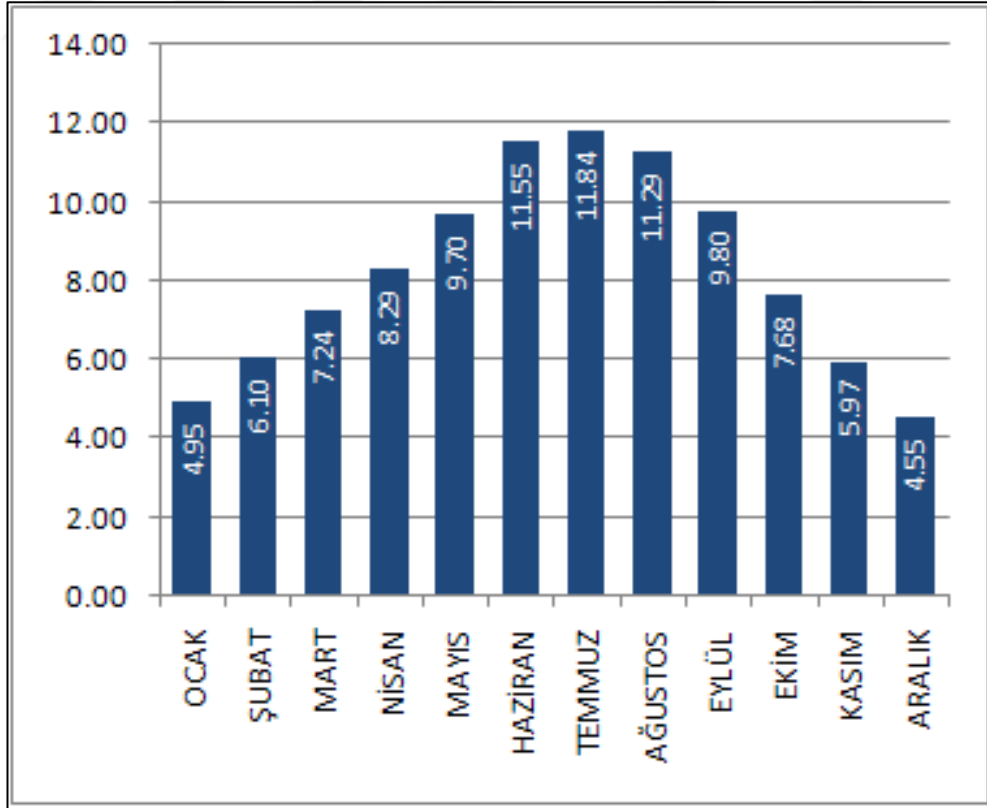


Şekil 1.1. Antalya ili aylık ortalama sıcaklık değerleri (MGM, 2022)

Şekil 1.2’de Antalya ili global radyasyon değerlerine ait grafik aylık bazda yıllık olarak sunulmuştur. Burada en yüksek değerin 6.93 (kWh/(m²-gün)) olarak haziran ayında gerçekleştiği görülmektedir. En düşük değerin ise 1.92 (kWh/(m²-gün)) olarak aralık ayında gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 1.3’de ise Antalya ili için güneşlenme süreleri sunulmaktadır. En yüksek güneşlenme süresinin 11.84 saat olarak temmuz ayında ve en düşük güneşlenme süresinin de 4.55 saat olarak aralık ayında gerçekleştiği görülmektedir (GEPA, 2022).



Şekil 1.2. Antalya ili için global radyasyon değerleri grafiği (kWh/m² Gün) (GEPA, 2022)



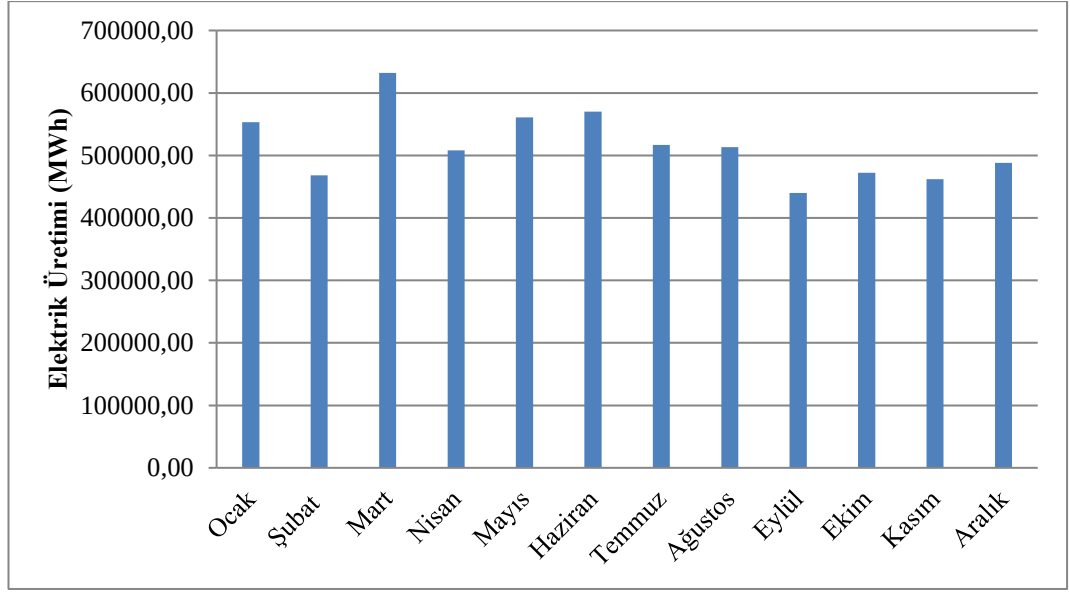
Şekil 1.3. Antalya ili güneşlenme süreleri (Saat) (GEPA, 2022)

Antalya ili lisanslı elektrik üretimi konusunda Türkiye’de %1.94 oranla ve 6 184.47 GWh üretim değeriyle Türkiye’de 21. sırada yer almaktadır. Lisanslı kurulu güç açısından değerlendirildiğinde ise %2.00 oran ve 1 844 MW kurulu güç değeri ile 22. sırada yer almaktadır. Lisanssız kurulu güç açısından değerlendirme yapıldığında ise 201.90 MW değeri ve %2.68 oran ile 11. Sırada yer almaktadır. Lisanssız elektrik üretiminde ise yıllık 277 873 MWh üretim ve %2.33 oran ile 14. sırada bulunmaktadır. Elektrik tüketimi olarak incelendiğinde 8 554 641 MWh ve %3.38 oran ile 7. sırada yer almaktadır ve tüketici sayısı açısından 4. sırada yer almaktadır. Trafo kapasitesi ve dağıtım hat uzunluğu açısından bakıldığında ilk 5 il arasındadır. Çizelge 1.1’de Antalya ili için abone sayıları tüketici gruplarına göre sunulmuştur. En yüksek tüketici sayısı “Mesken” tüketici grubunda bulunmaktadır. En düşük tüketici sayısı ise sanayi tipi tüketici grubunda bulunmaktadır.

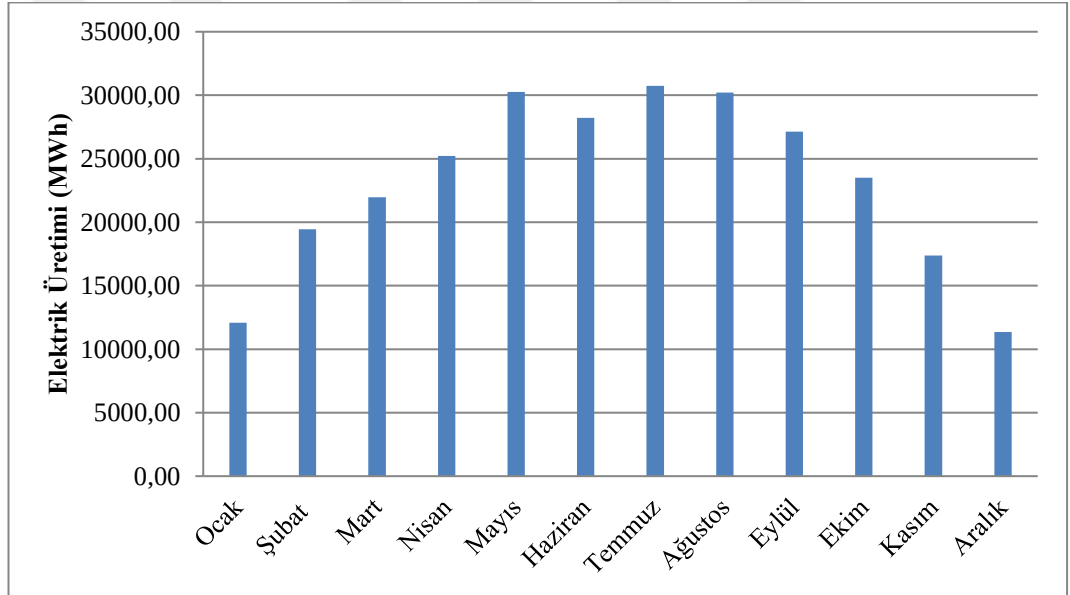
Çizelge 1.1. Antalya ili abone tüketici türlerine göre abone sayıları ve yüzdeleri (EPDK, 2021)

ANTALYA	Tüketici Türü	Abone sayısı	Pay (%)
	Aydınlatma	13 346	0.03
	Mesken	1 410 038	2.98
	Sanayi	2 999	0.01
	Tarımsal Sulama	76 676	0.16
	Ticarethane	321 523	0.68
	İl Toplam	1 824 582	3.86

2021 yılı için Antalya iline ait yıllık elektrik tüketim ve üretim değerleri raporlanmıştır. Bu noktada Antalya, Türkiye elektrik üretiminde, lisanssız elektrik üretiminin yıllık yaklaşık olarak %1.94’ünü karşılamaktadır. Lisanslı elektrik üretimi açısından değerlendirme gerçekleştirildiğinde ise Türkiye’nin elektrik üretiminin yaklaşık olarak %2.31’ini karşılamaktadır. Elektrik tüketimi açısından değerlendirme yapıldığında ise Türkiye elektrik tüketiminin yaklaşık olarak %3.38’i Antalya ili tarafından gerçekleştirilmektedir. Antalya iline ait 2021 yılı lisanslı ve lisanssız elektrik üretim grafikleri sırasıyla Şekil 1.4 ve 1.5’te aylık bazda sunulmuştur (EPIAŞ, 2022).

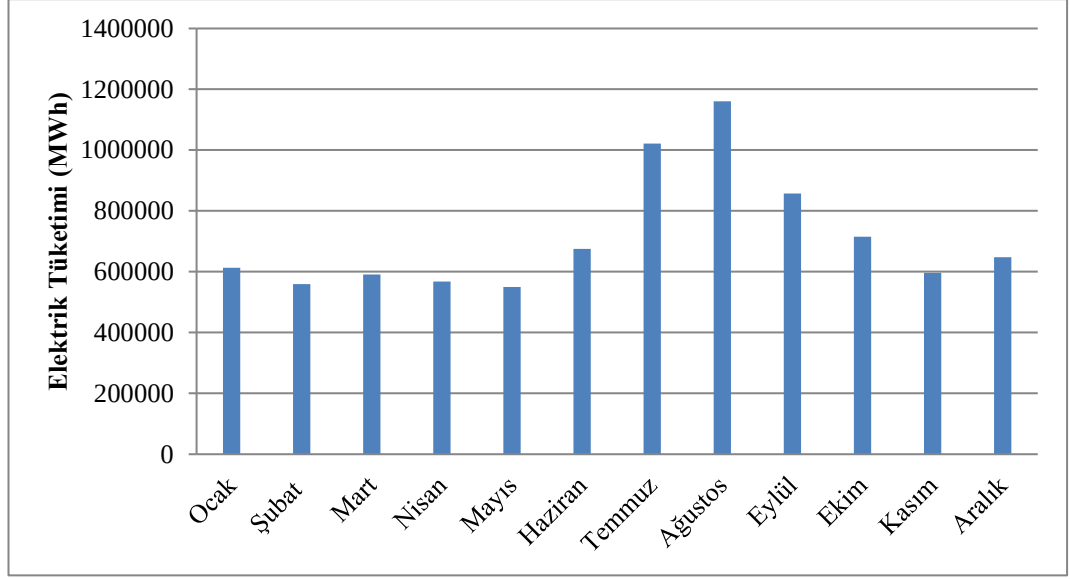


Şekil 1.4. 2021 yılı Antalya ili lisanslı elektrik üretimi değerleri (EPİAŞ, 2022)



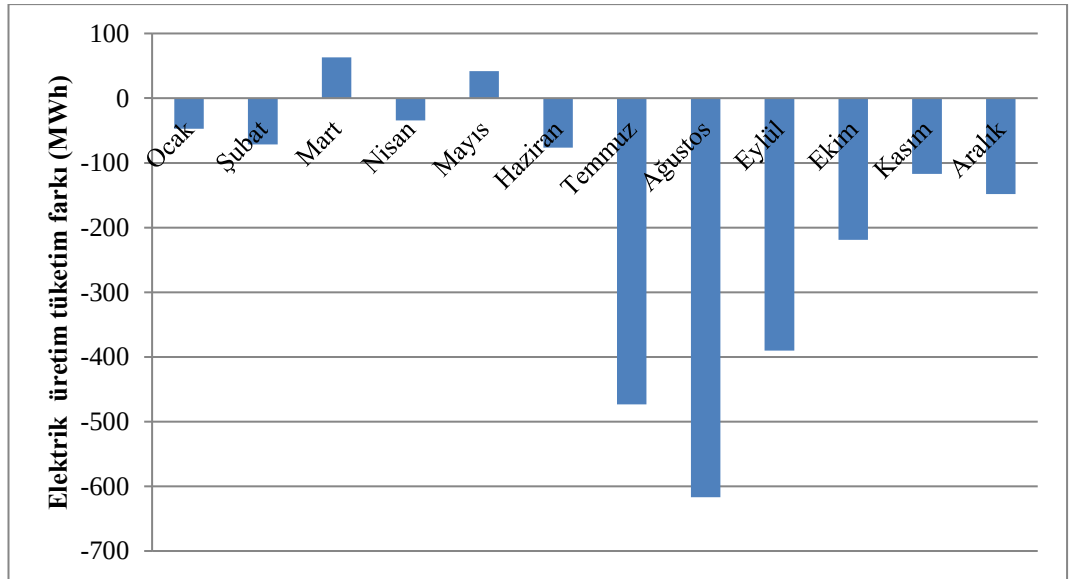
Şekil 1.5. 2021 yılı Antalya ili lisanssız elektrik üretimi değerleri (EPİAŞ, 2022)

Antalya ilinde elektrik tüketim değerleri yıl boyunca bir ortalamada seyrederken özellikle yaz aylarında daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Enerji tüketiminde en yüksek değer ağustos ayında meydana gelirken en düşük değer ise mayıs ayında gözlenmiştir. Antalya ili için 2021 yılı elektrik tüketim değerlerine ait aylık bazda yıllık grafik Şekil 1.6’da sunulmuştur.



Şekil 1.6. 2021 yılı Antalya ili elektrik tüketim değerleri (EPİAŞ, 2022)

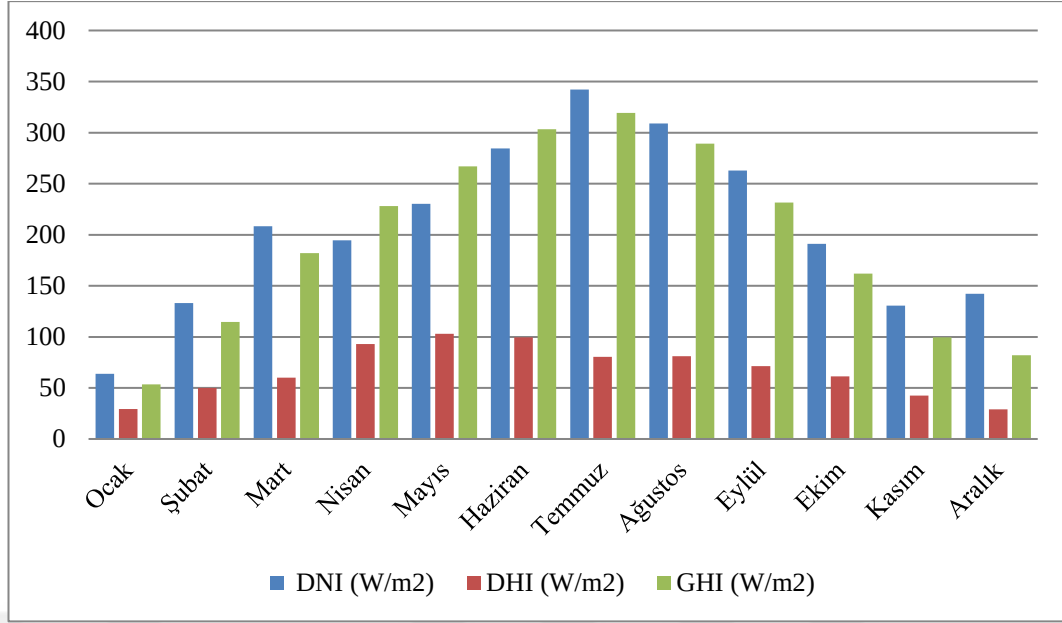
Şekil 1.7’de toplam elektrik üretimi ile toplam elektrik tüketimi arasında oluşan fark ait grafik sunulmuştur. Mart ve mayıs aylarında elektrik üretiminin elektrik tüketiminden daha fazla olduğu kalan bütün aylarda elektrik tüketiminin üretiminden daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca elektrik tüketimi ile elektrik üretim değeri arasında meydana gelen en büyük farkın ağustos ayında olduğu en düşük farkın ise nisan ayında olduğu görülmektedir. Yıllık anlamda elektrik üretim ve tüketimi açısından meydana gelen farkın ise yaklaşık olarak 2 104 GWh olduğu belirlenmiştir.



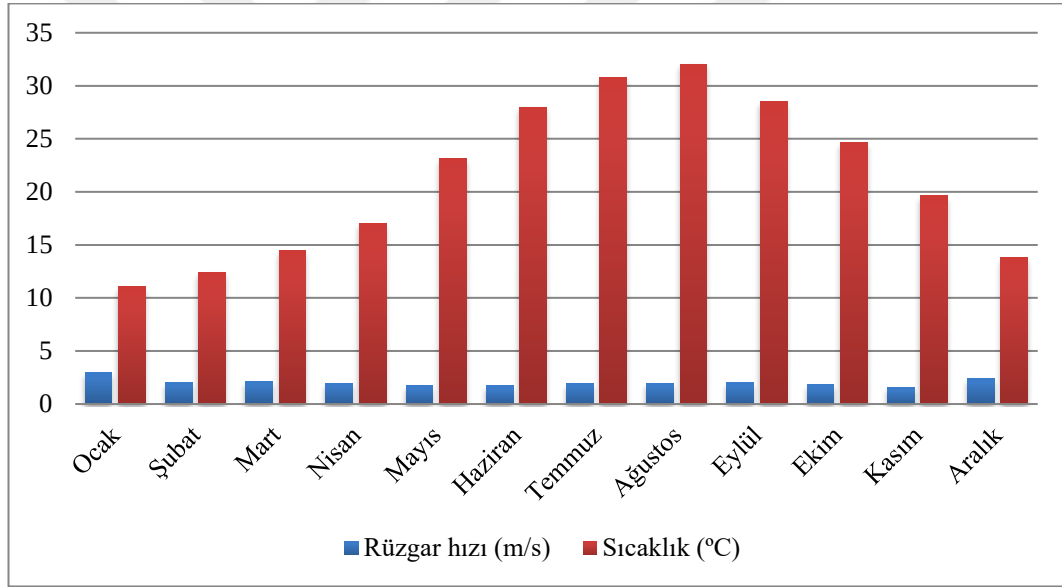
Şekil 1.7. Antalya ili elektrik üretim-tüketim farkının aylara göre değişimi

DNI, DHI ve GHI değerleri, fotovoltaik enerji santrallerinin verimli çalışması için oldukça önemli parametrelerdir. Bu veriler, bölgedeki güneşlenme süresi ve güneş ışınlarının yoğunluğu hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (IRENA, 2020). Rüzgar hızı ve sıcaklık verileri de fotovoltaik santrallerin verimli çalışması için önemli parametrelerdir. SAM yazılımı içeriğinde elektrik üretiminin modellenmesi için NSRDB iklim verileri kullanılmıştır. Bu iklim verileri için DNI, DHI ve GHI değerlerine ait grafikler ve rüzgar hızı- sıcaklık grafikleri aşağıda her ilçe için ayrı ayrı sunulmuştur (NREL, 2022).

Aksu: Antalya'nın Aksu ilçesi 406 km^2 yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 75 633 olarak tespit edilmiştir. şekil 1.8'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 207 W/m^2 , DHI değeri 66 W/m^2 ve GHI değeri 194 W/m^2 'dir. Aylık olarak değerlendirildiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Mayıs ayında sırasıyla 230 W/m^2 , 103 W/m^2 ve 267 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 142 W/m^2 , 29 W/m^2 ve 82 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik şekil 1.9'da sunulmuştur. Burada ıllık ortalama rüzgar hızı 2.03 m/s ve ortalama sıcaklık 21.3°C 'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 1.96 m/s ve en düşük değer Kasım ayında 1.58 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32°C ve en düşük Aralık ayında 13.8°C olarak kaydedilmiştir.



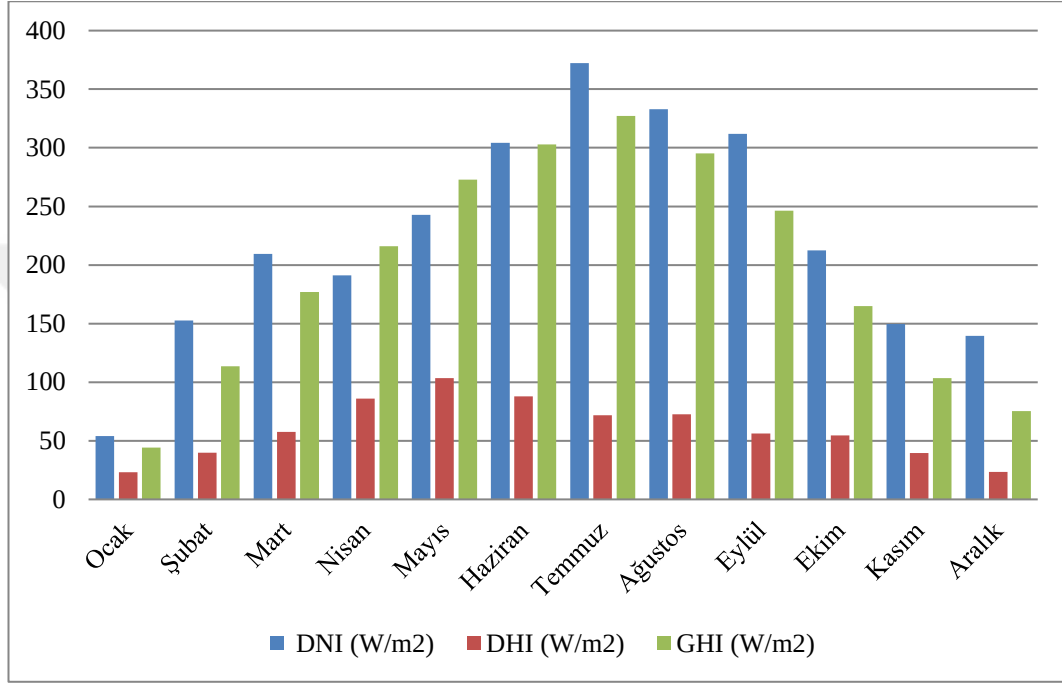
Şekil 1.8. Aksu ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



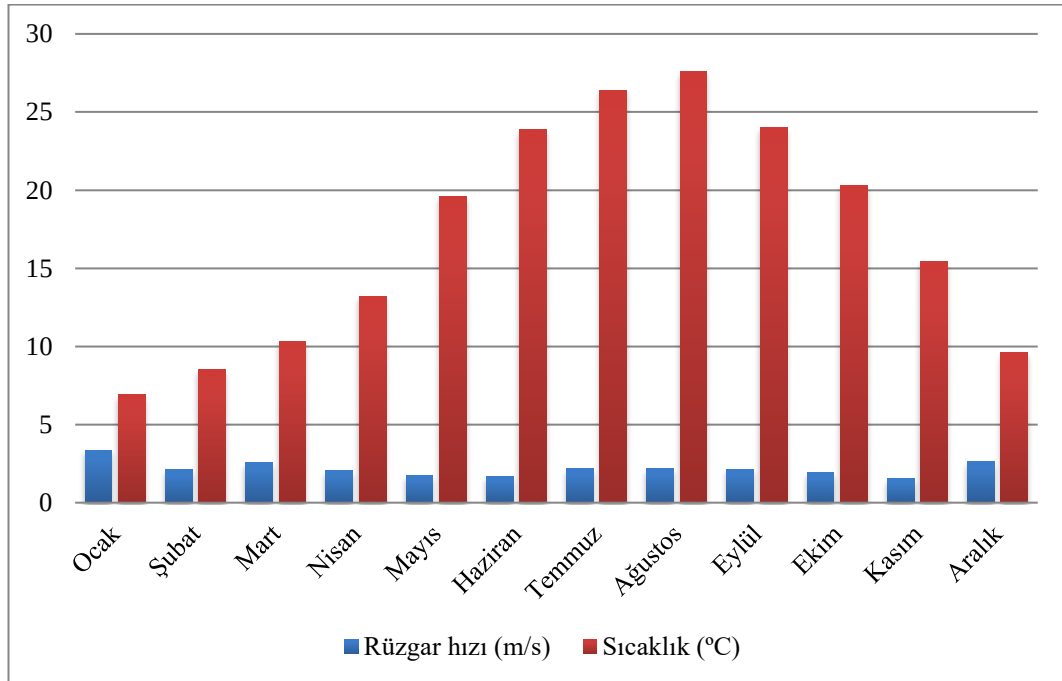
Şekil 1.9. Aksu ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Akseki: Antalya'nın Akseki ilçesi 1 544 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 10 575 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.10'te yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre, Akseki ilçesi için yıllık ortalama DNI değeri 222 W/m², DHI değeri 59 W/m² ve GHI değeri 195 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri sırasıyla Mayıs ayında 243 W/m², Haziran ayında 88 W/m² ve Haziran ayında 303 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 140 W/m², 24 W/m² ve 75 W/m² olarak kaydedilmiştir.

Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.11’de sunulmuştur. Burada ilçedeki yıllık ortalama rüzgar hızı 2.18 m/s ve ortalama sıcaklık 17.1°C’dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.16 m/s ve en düşük değer Kasım ayında 1.55 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Mayıs ayında 19.6°C ve en düşük Aralık ayında 9.6°C olarak kaydedilmiştir.

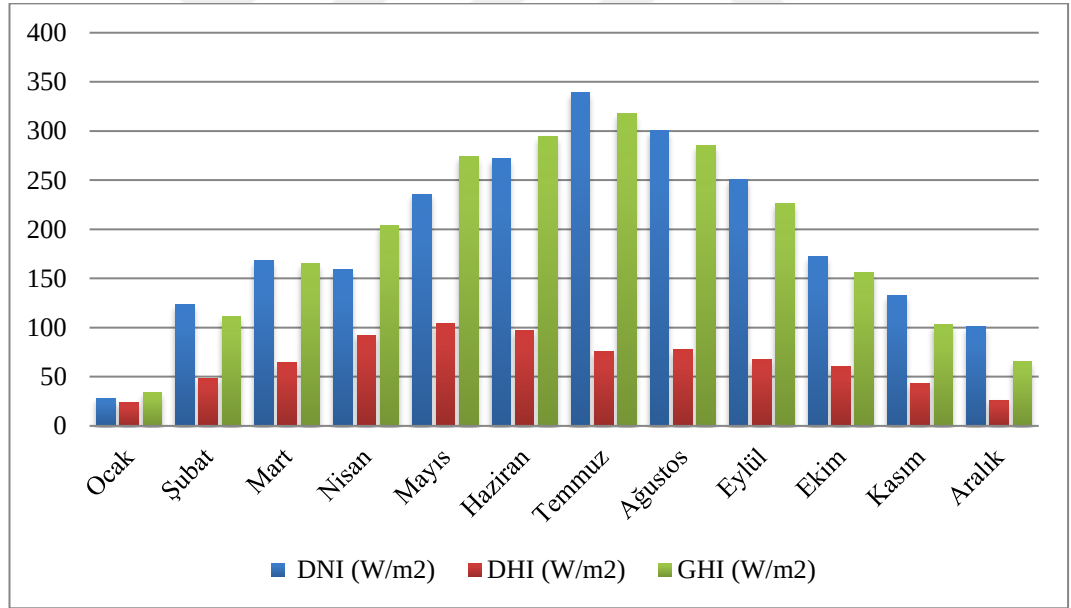


Şekil 1.10. Akseki ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

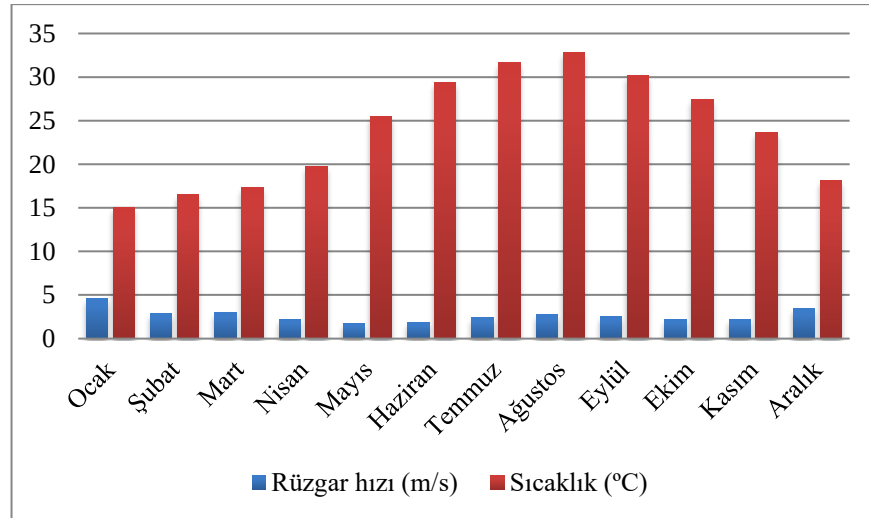


Şekil 1.11. Akseki ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Alanya: Antalya'nın Alanya ilçesi 1 577 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 350 636 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.12'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 190 W/m², DHI değeri 65 W/m² ve GHI değeri 186 W/m²'dir. Aylık olarak değerlendirildiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Mayıs ayında sırasıyla 235 W/m², 104 W/m² ve 274 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Ocak ayında sırasıyla 28 W/m², 24 W/m² ve 34 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.13'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.64 m/s ve ortalama sıcaklık 23.9°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Ağustos ayında 2.71 m/s ve en düşük değer Mayıs ayında 1.72 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.8°C ve en düşük Aralık ayında 18.1°C olarak kaydedilmiştir.

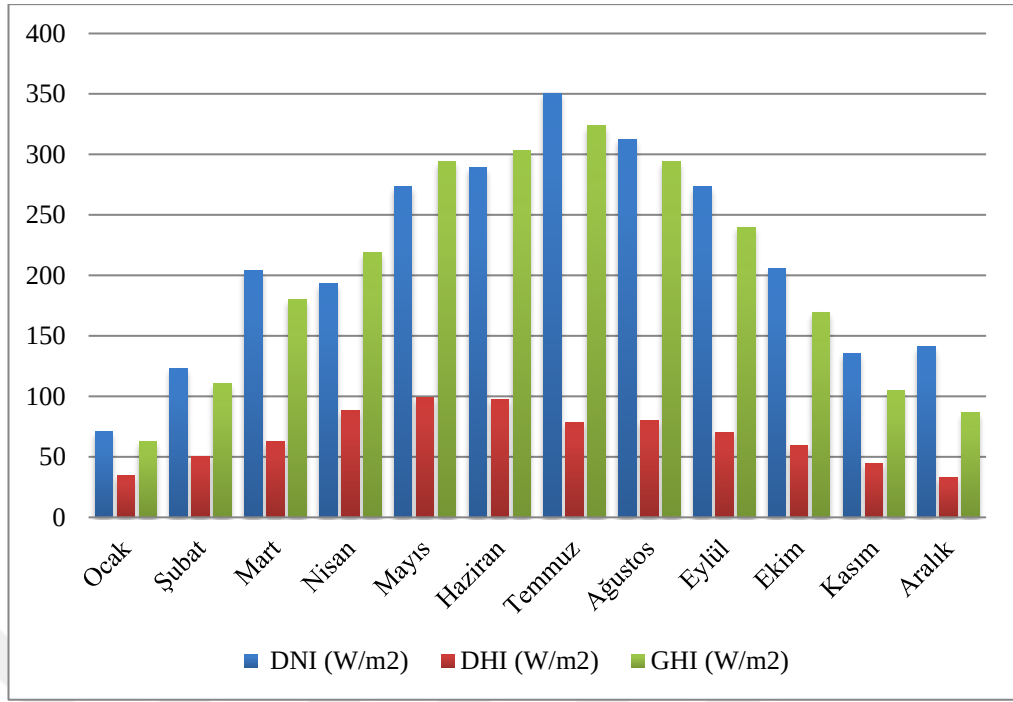


Şekil 1.12. Alanya ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

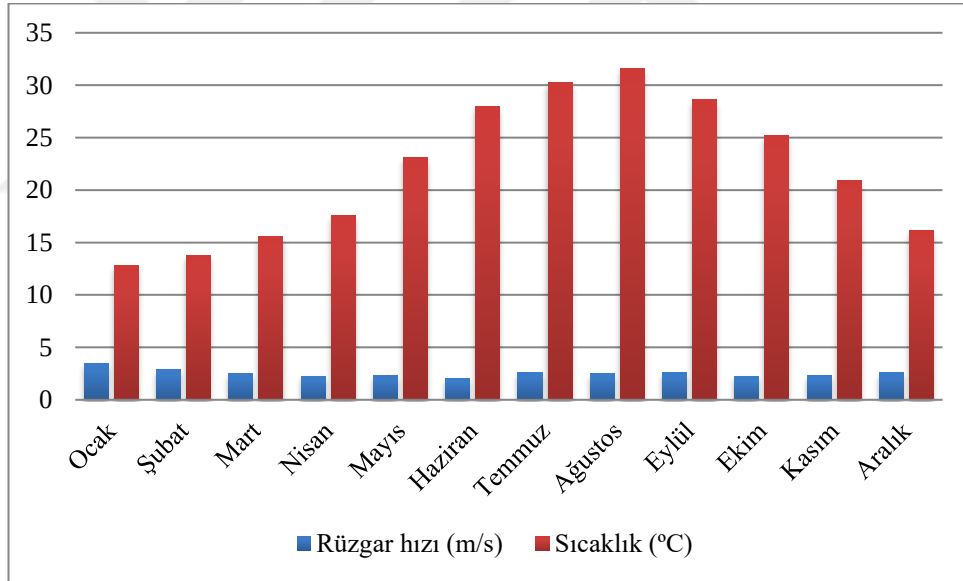


Şekil 1.13. Alanya ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Demre: Antalya'nın Demre ilçesi 329 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 27 150 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.14'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 214 W/m², DHI değeri 66 W/m² ve GHI değeri 199 W/m²'dir. Aylık olarak değerlendirildiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Mayıs ayında sırasıyla 273 W/m², 99 W/m² ve 293 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 141 W/m², 33.0 W/m² ve 86 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.15'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.53 m/s ve ortalama sıcaklık 21.9°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.62 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 2.05 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 31.6°C ve en düşük Ocak ayında 12.8°C olarak kaydedilmiştir.



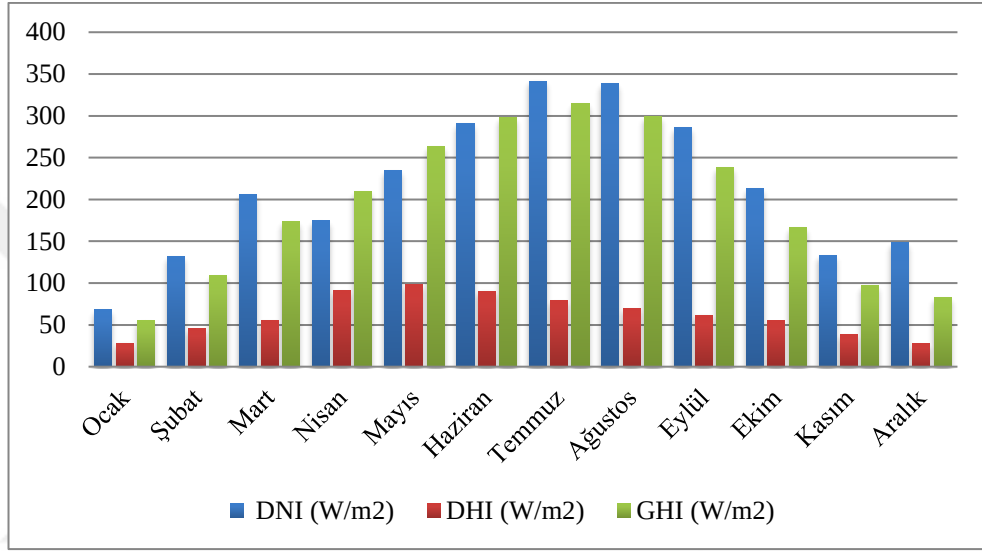
Şekil 1.14. Demre ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



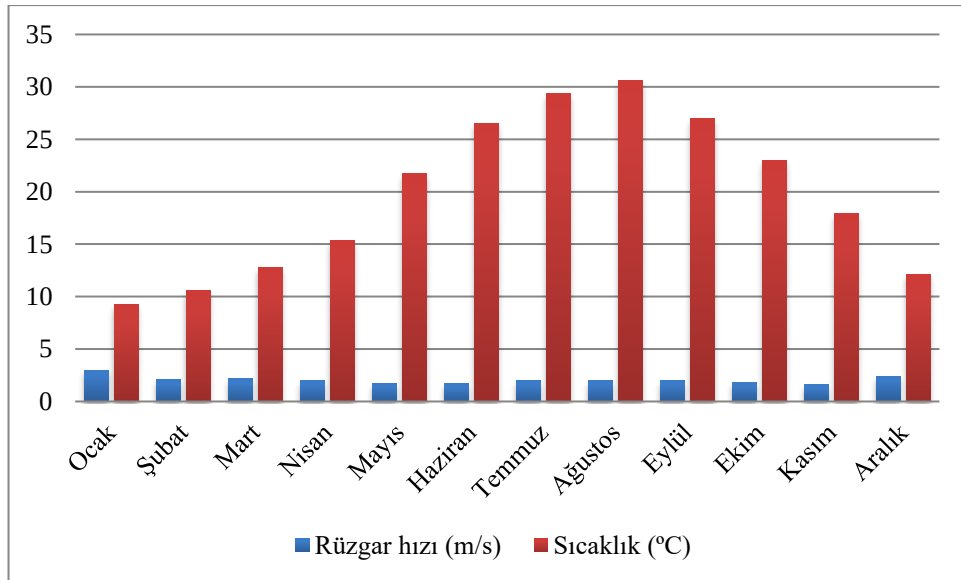
Şekil 1.15. Demre ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Döşemealtı: Antalya'nın Döşemealtı ilçesi 687 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 73 809 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.16'da yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 213 W/m², DHI değeri 61 W/m² ve GHI değeri 192 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 290 W/m², 90 W/m² ve 297 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 148

W/m^2 , $27 W/m^2$ ve $82 W/m^2$ olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.17’de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı $2.03 m/s$ ve ortalama sıcaklık $19.7^{\circ}C$ ’dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında $1.96 m/s$ ve en düşük değer Haziran ayında $1.71 m/s$ olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında $30.6^{\circ}C$ ve en düşük Ocak ayında $9.2^{\circ}C$ olarak kaydedilmiştir.



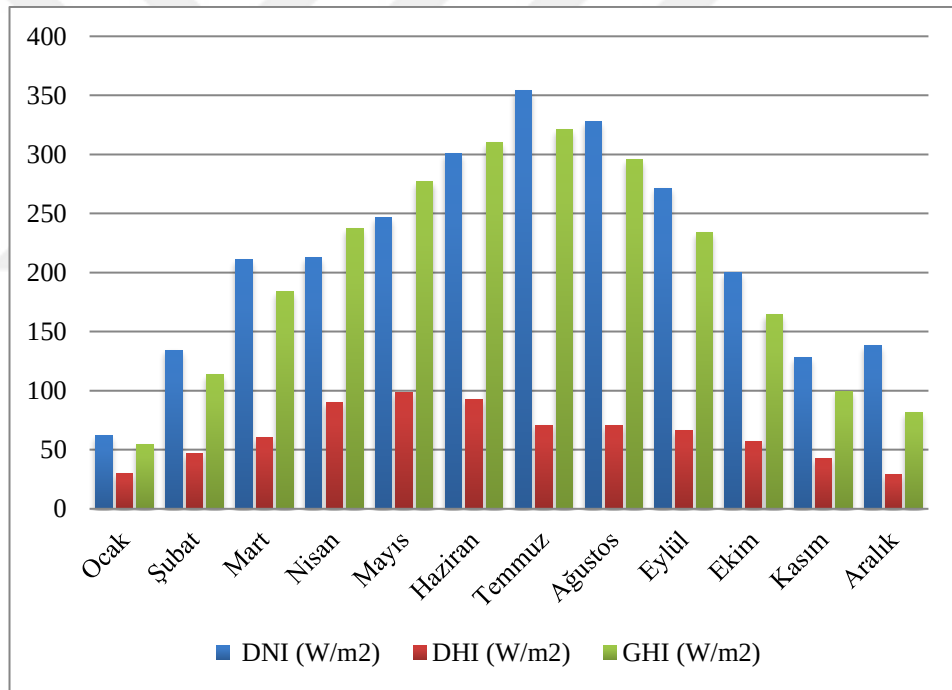
Şekil 1.16. Döşemealtı ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



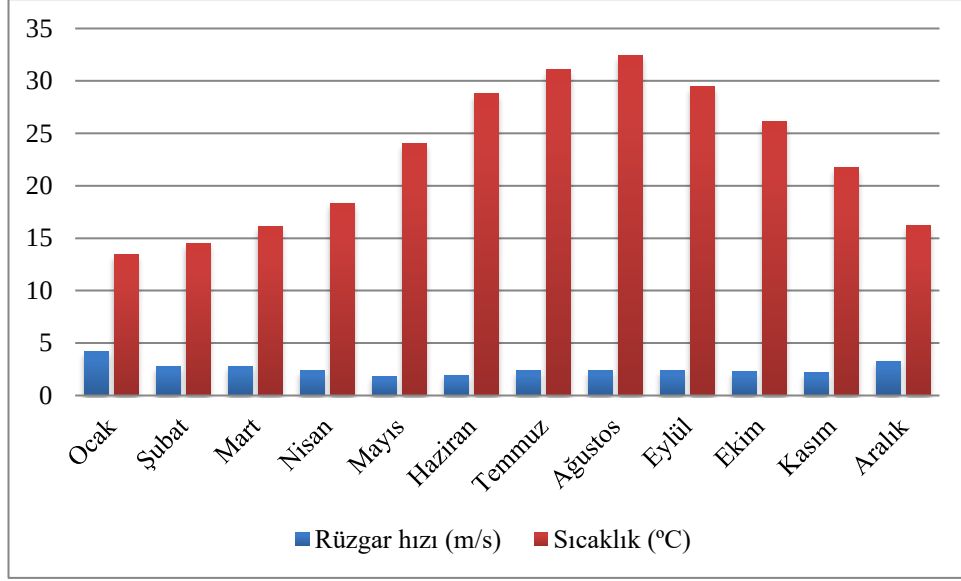
Şekil 1.17. Döşemealtı ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Elmalı: Antalya’nın Elmalı ilçesi $1\,433 km^2$ yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 40 614 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.18’de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim

verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 215 W/m^2 , DHI değeri 62 W/m^2 ve GHI değeri 197 W/m^2 'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 300 W/m^2 , 92 W/m^2 ve 309 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 138 W/m^2 , 28 W/m^2 ve 81 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.19'da sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.57 m/s ve ortalama sıcaklık 22.7°C 'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.4 m/s ve en düşük değer Mayıs ayında 1.9 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.4°C ve en düşük Ocak ayında 13.4°C olarak kaydedilmiştir.

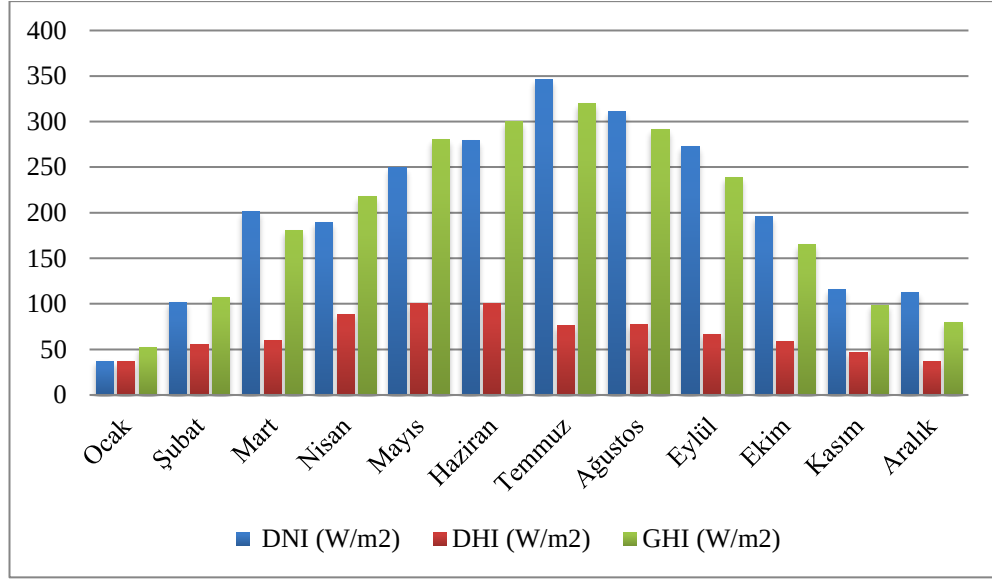


Şekil 1.18. Elmalı ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

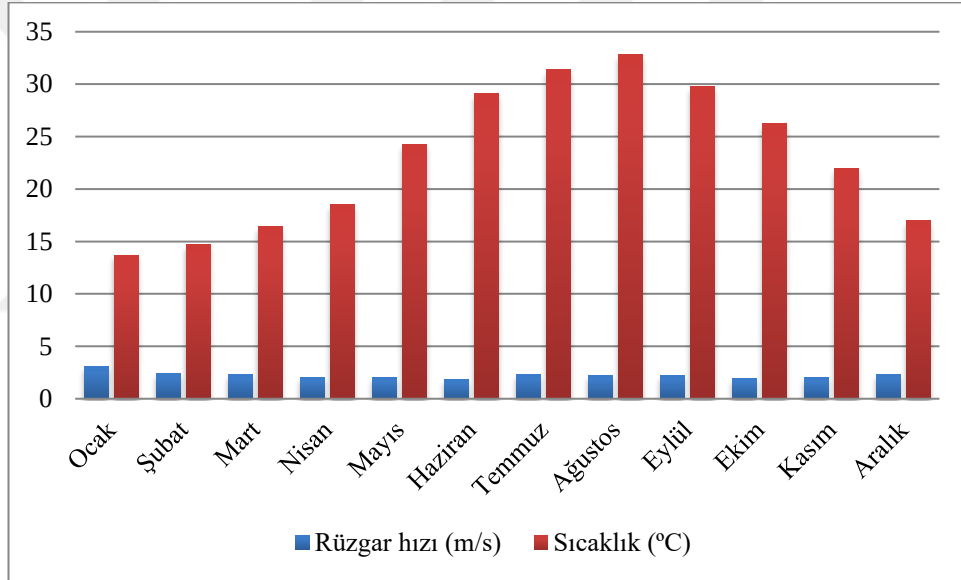


Şekil 1.19. Elmalı ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Finike: Antalya'nın Finike ilçesi 768 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 49 407 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.20'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 200 W/m², DHI değeri 66 W/m² ve GHI değeri 194 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 279 W/m², 99 W/m² ve 300 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 111 W/m², 36 W/m² ve 79 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.21'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.22 m/s ve ortalama sıcaklık 22.99°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.29 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 1.84 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.83°C ve en düşük Ocak ayında 13.70°C olarak kaydedilmiştir.



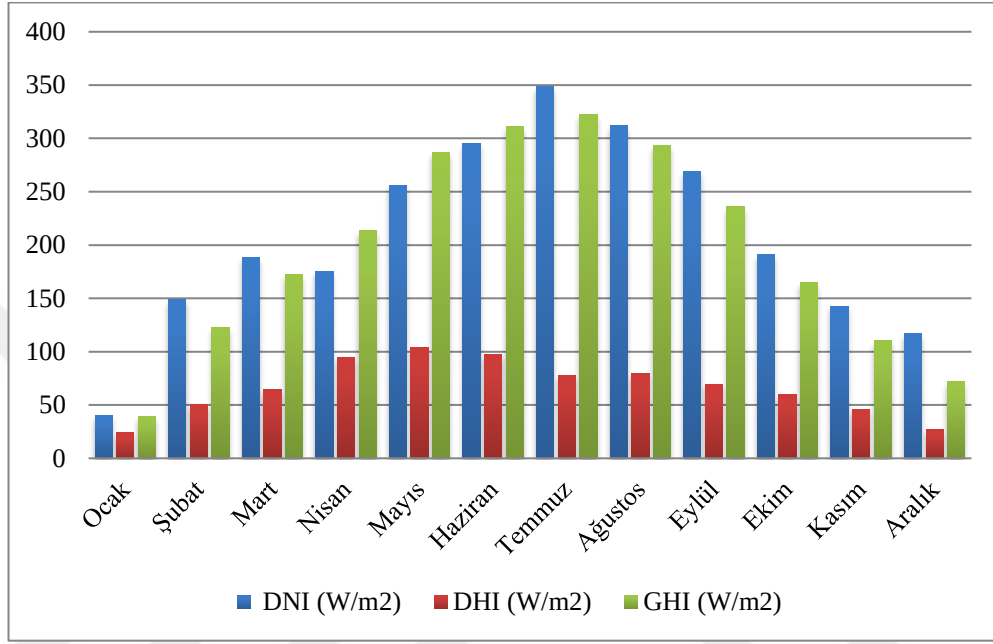
Şekil 1.20. Finike ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



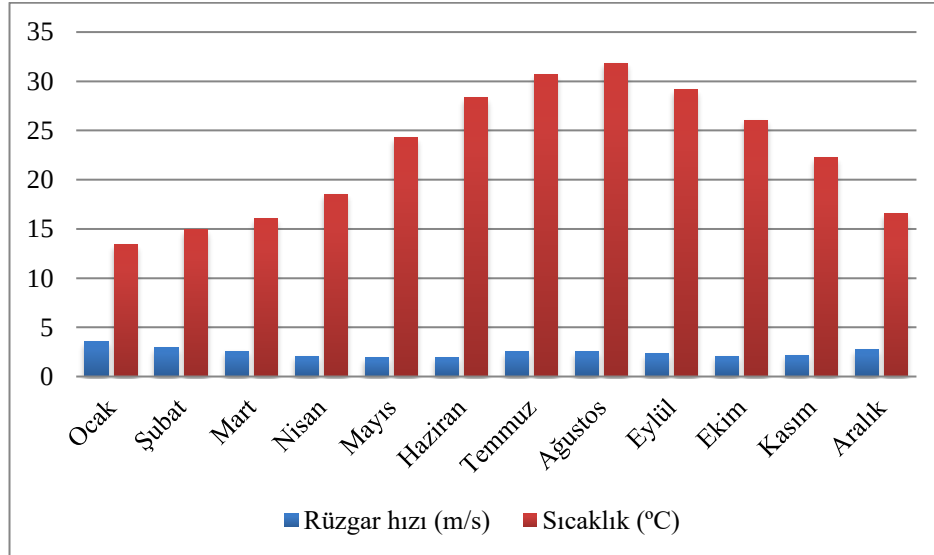
Şekil 1.21. Finike ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Gazipaşa: Antalya'nın Gazipaşa ilçesi 1 111 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 52 126 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.22'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 207 W/m², DHI değeri 66 W/m² ve GHI değeri 195 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 295 W/m², 97 W/m² ve 311 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 116 W/m², 26 W/m² ve 71 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.23'de sunulmuştur.

Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.45 m/s ve ortalama sıcaklık 22.7°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.55 m/s ve en düşük değer Mayıs ayında 1.93 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 31.9°C ve en düşük Ocak ayında 13.4°C olarak kaydedilmiştir.



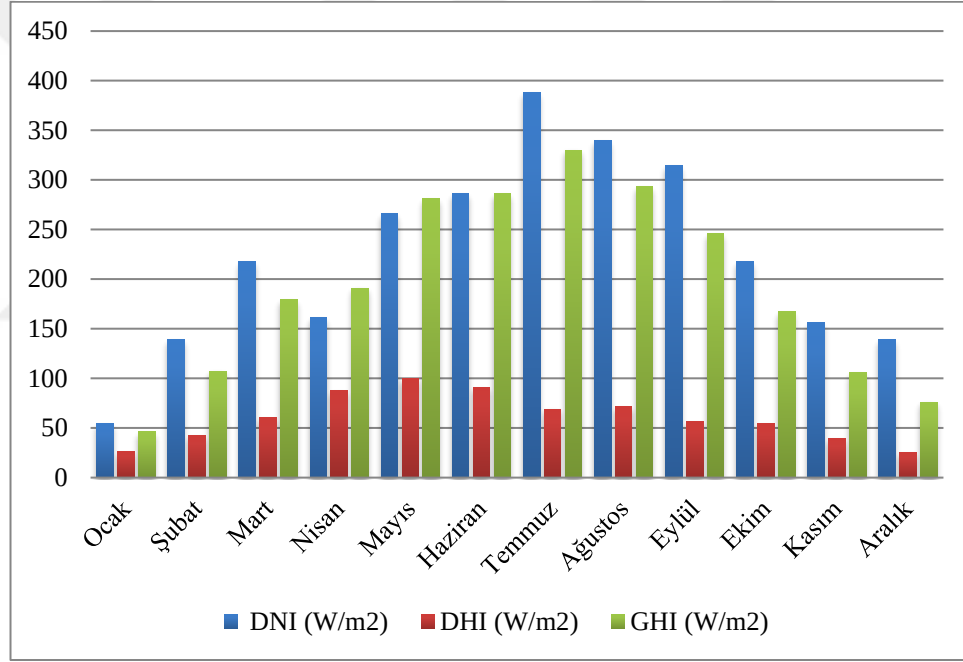
Şekil 1.22. Gazipaşa ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



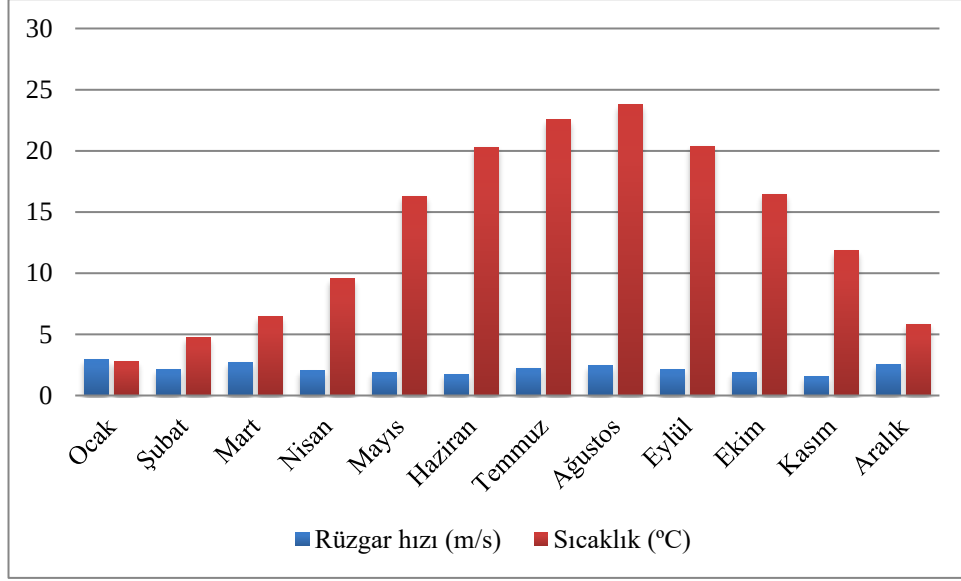
Şekil 1.23. Gazipaşa ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Gündoğmuş: Antalya'nın Gündoğmuş ilçesi 1 175 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 7 170 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.24'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu

verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 223 W/m^2 , DHI değeri 60 W/m^2 ve GHI değeri 192 W/m^2 'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Temmuz ayında sırasıyla 388 W/m^2 , 69 W/m^2 ve 330 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 139 W/m^2 , 25 W/m^2 ve 76 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.25'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.19 m/s ve ortalama sıcaklık 13.4°C 'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Ağustos ayında 2.43 m/s ve en düşük değer Kasım ayında 1.57 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Mayıs ayında 16.3°C ve en düşük Ocak ayında 2.8°C olarak kaydedilmiştir.

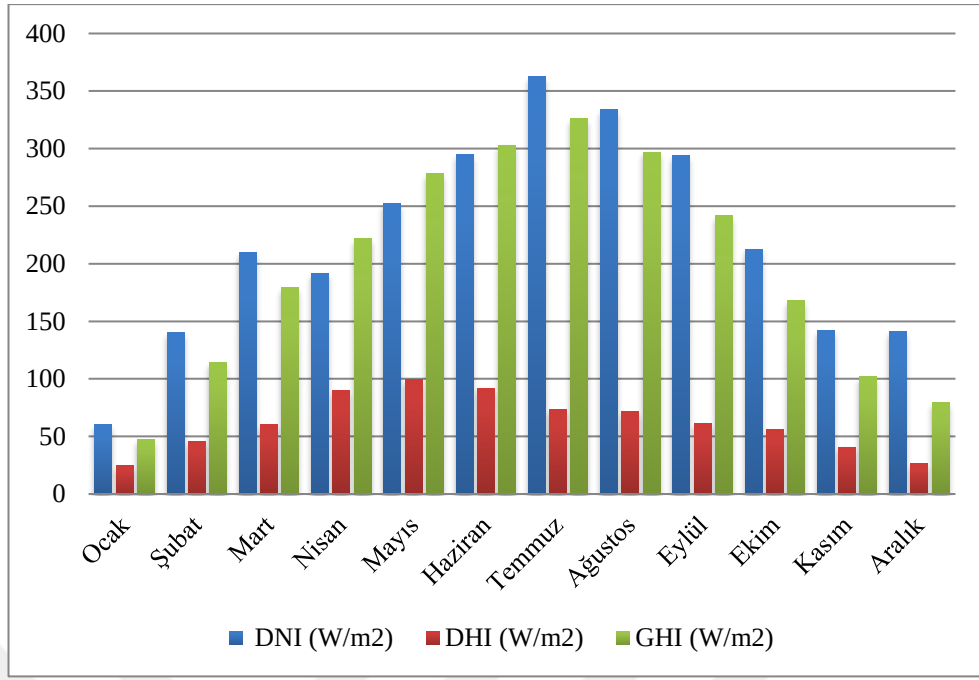


Şekil 1.24. Gündoğmuş ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

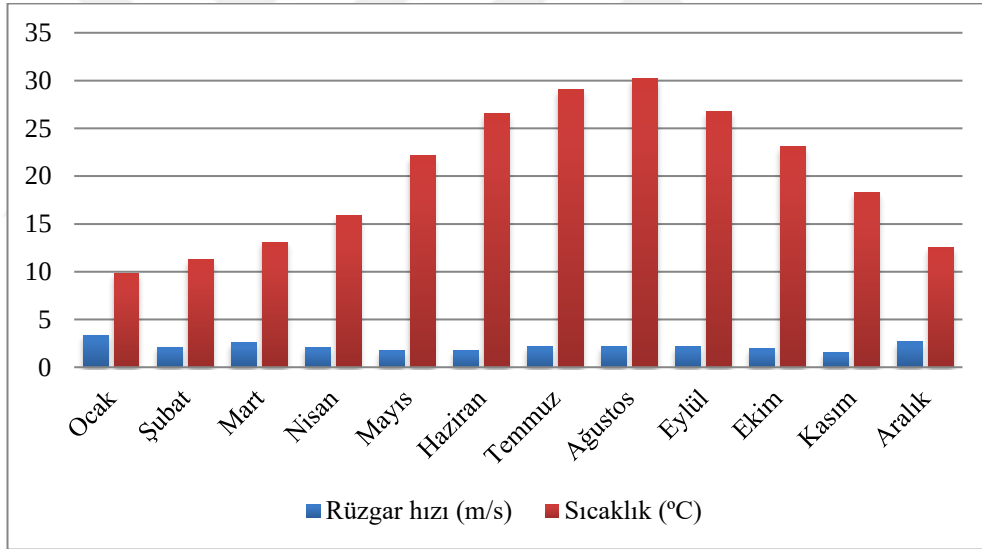


Şekil 1.25. Gündoğmuş ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

İbradi: Antalya'nın İbradi ilçesi 778 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 2 868 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.26'da yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 219 W/m², DHI değeri 61 W/m² ve GHI değeri 196 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 294 W/m², 92 W/m² ve 303 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 141 W/m², 26 W/m² ve 79 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.27'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.18 m/s ve ortalama sıcaklık 19.9°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.15 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 1.71 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 30.2°C ve en düşük Ocak ayında 9.8°C olarak kaydedilmiştir.



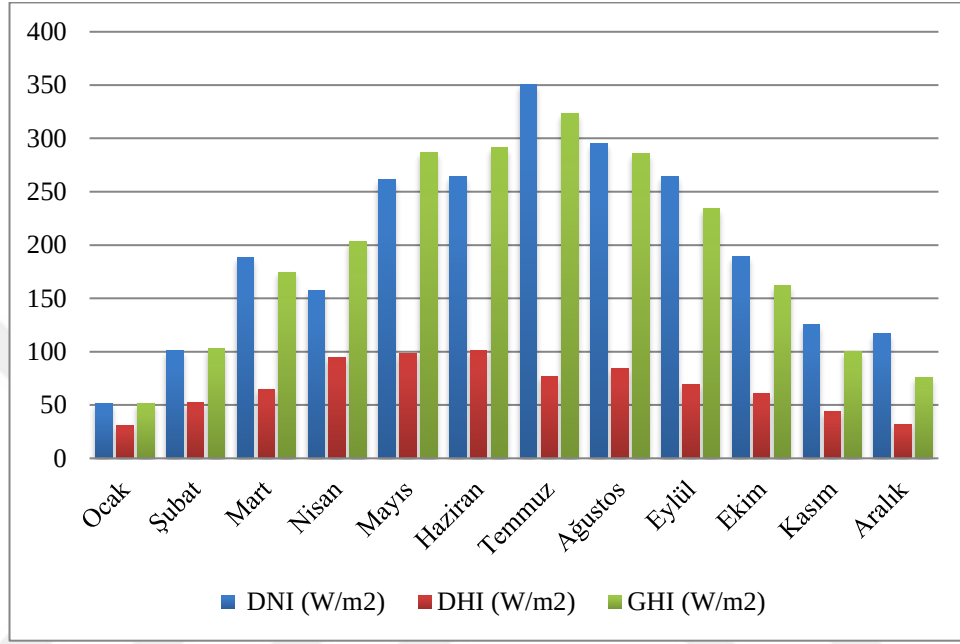
Şekil 1.26. İbradi ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



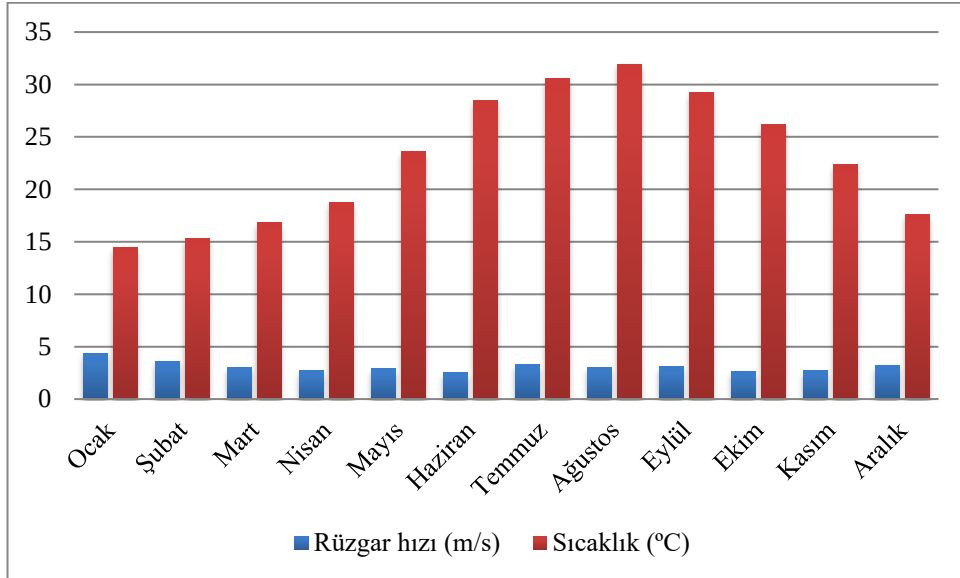
Şekil 1.27. İbradi ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Kaş: Antalya'nın Kaş ilçesi 1 750 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 61 488 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.28'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 197 W/m², DHI değeri 67 W/m² ve GHI değeri 190 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 264 W/m², 100 W/m² ve 291 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 117 W/m², 32 W/m² ve 76 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama

sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.29’da sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 3.1 m/s ve ortalama sıcaklık 22.9°C’dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 3.3 m/s ve en düşük değer Mayıs ayında 2.9 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 31.9°C ve en düşük Ocak ayında 14.4°C olarak kaydedilmiştir.



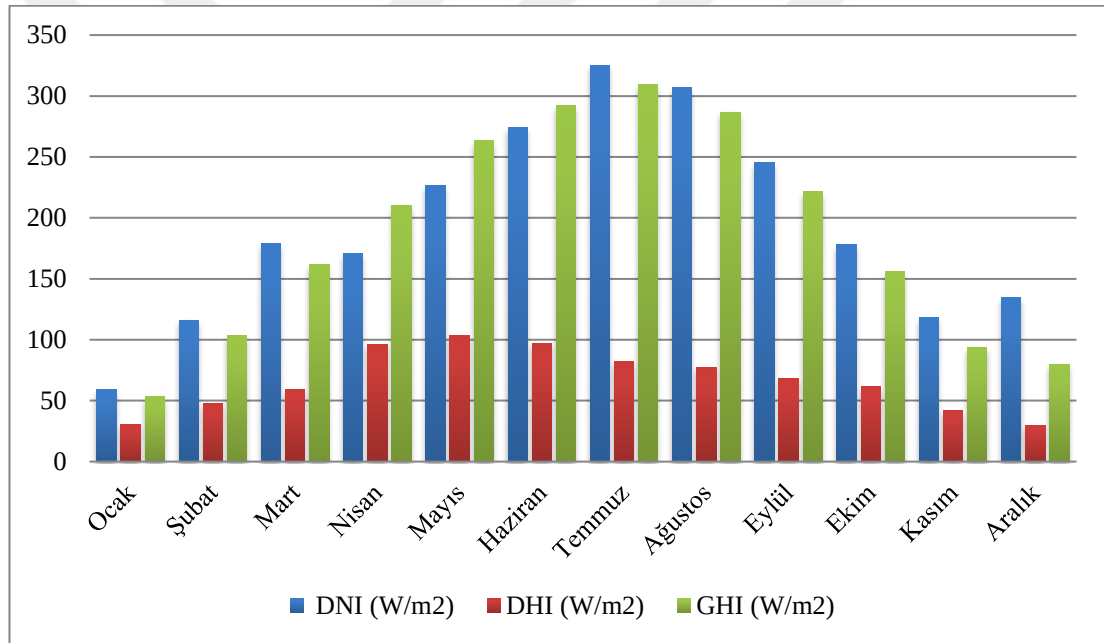
Şekil 1.28. Kaş ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



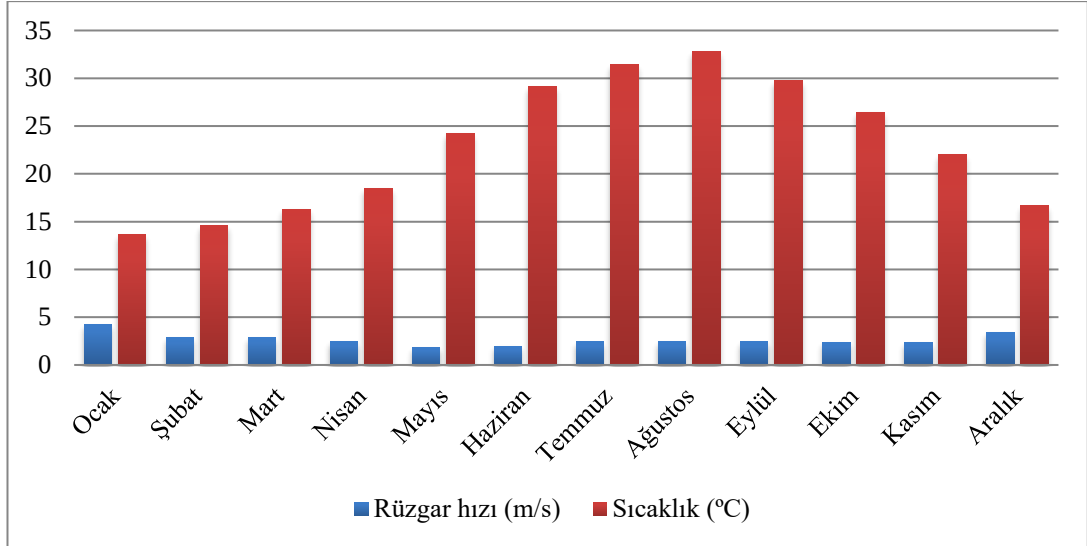
Şekil 1.29. Kaş ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Kemer: Antalya’nın Kemer ilçesi 412 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 46 615 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.30’da yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim

verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 194 W/m^2 , DHI değeri 66 W/m^2 ve GHI değeri 185 W/m^2 'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 274 W/m^2 , 96 W/m^2 ve 292 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 134 W/m^2 , 29 W/m^2 ve 80 W/m^2 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.31'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.6 m/s ve ortalama sıcaklık 22.9°C 'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Aralık ayında 3.4 m/s ve en düşük değer Mayıs ayında 1.9 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.8°C ve en düşük Ocak ayında 13.7°C olarak kaydedilmiştir.

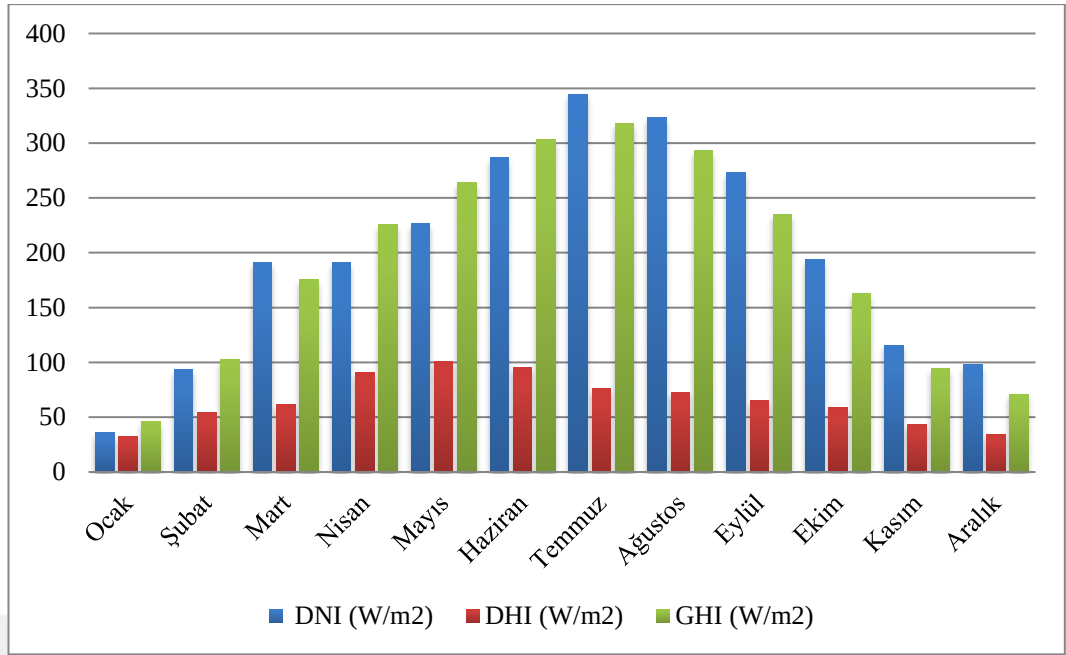


Şekil 1.30. Kemer ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

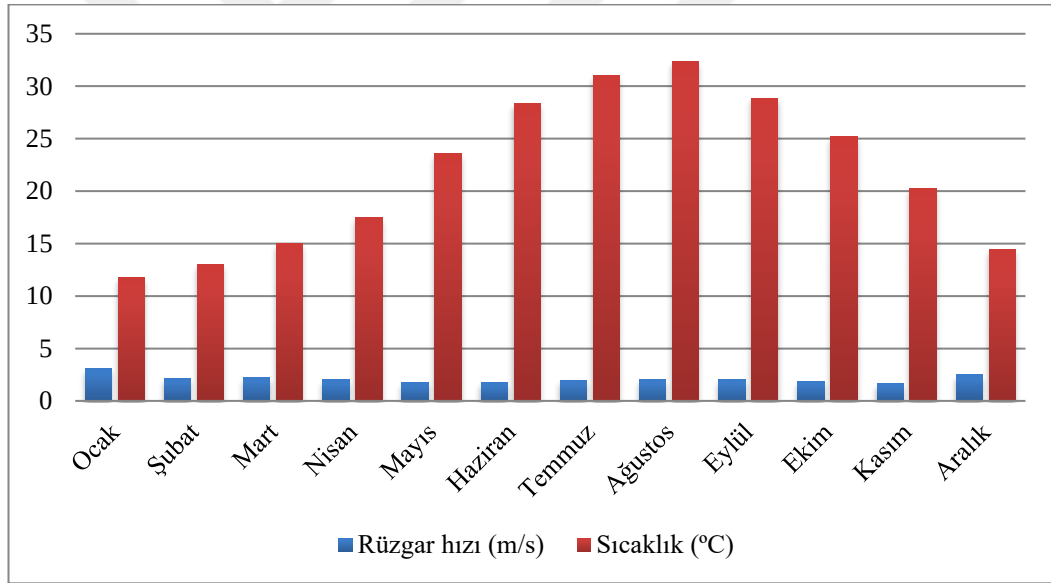


Şekil 1.31. Kemer ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Kepez: Antalya'nın Kepez ilçesi 292 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 591 895 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.32'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 197 W/m², DHI değeri 65 W/m² ve GHI değeri 191 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 286 W/m², 95 W/m² ve 303 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 98 W/m², 34 W/m² ve 71 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.33'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.06 m/s ve ortalama sıcaklık 21.8°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 1.98 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 1.73 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.3°C ve en düşük Ocak ayında 11.7°C olarak kaydedilmiştir.



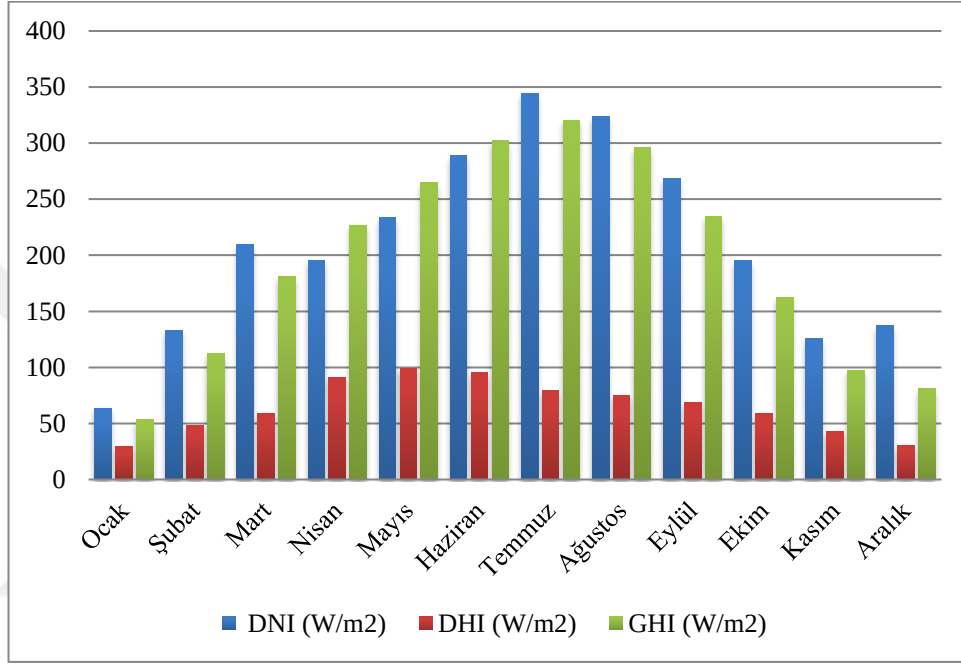
Şekil 1.32. Kepez ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



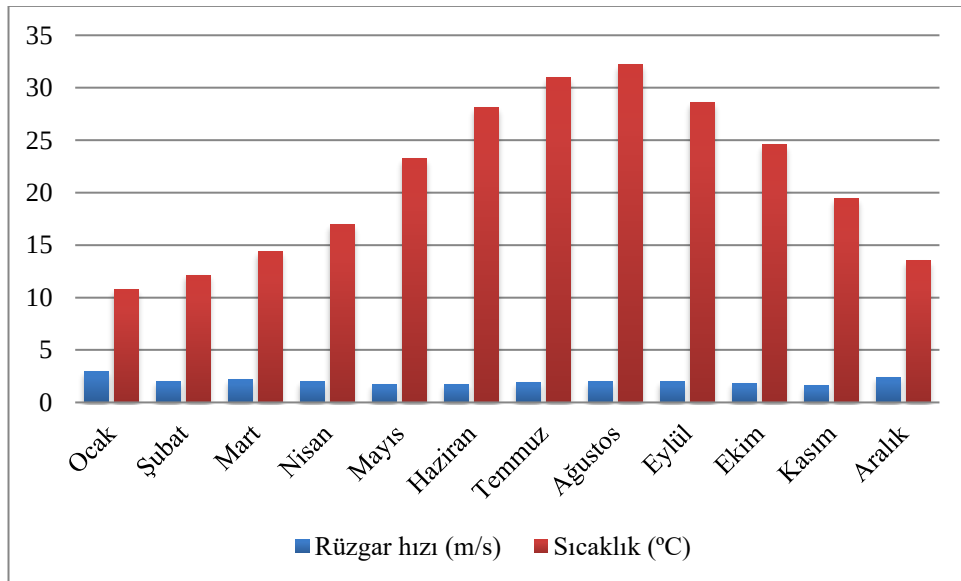
Şekil 1.33. Kepez ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Konyaaltı: Antalya'nın Konyaaltı ilçesi 546 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 199 609 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.34'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 209 W/m², DHI değeri 64 W/m² ve GHI değeri 194 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 288 W/m², 95 W/m² ve 302 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 137 W/m², 29 W/m² ve 80 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı

ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.35’de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.02 m/s ve ortalama sıcaklık 21.25°C’dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 1.95 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 1.71 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.23°C ve en düşük Ocak ayında 10.80°C olarak kaydedilmiştir.

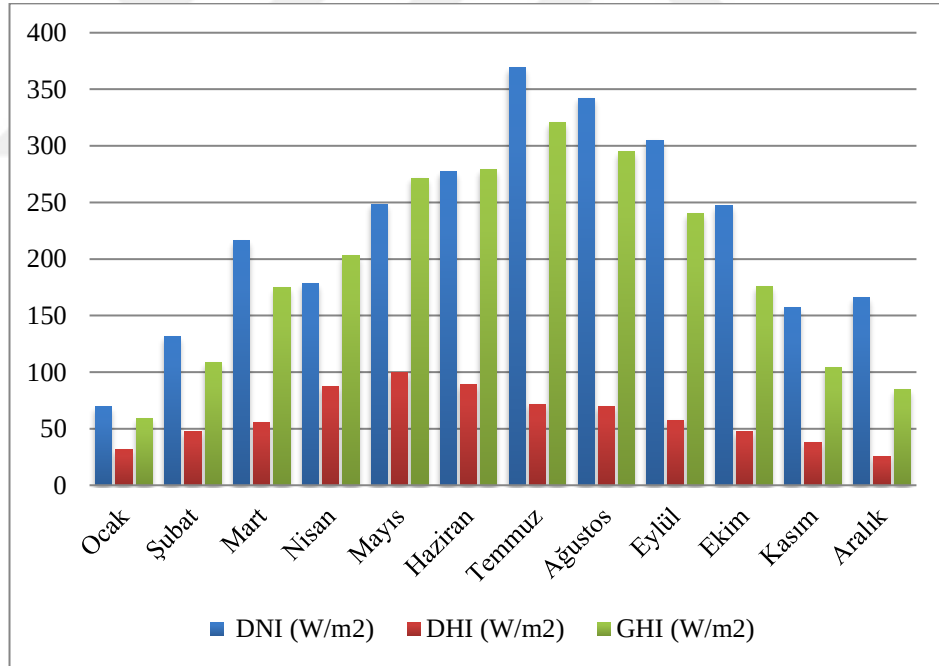


Şekil 1.34. Konyaaltı ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

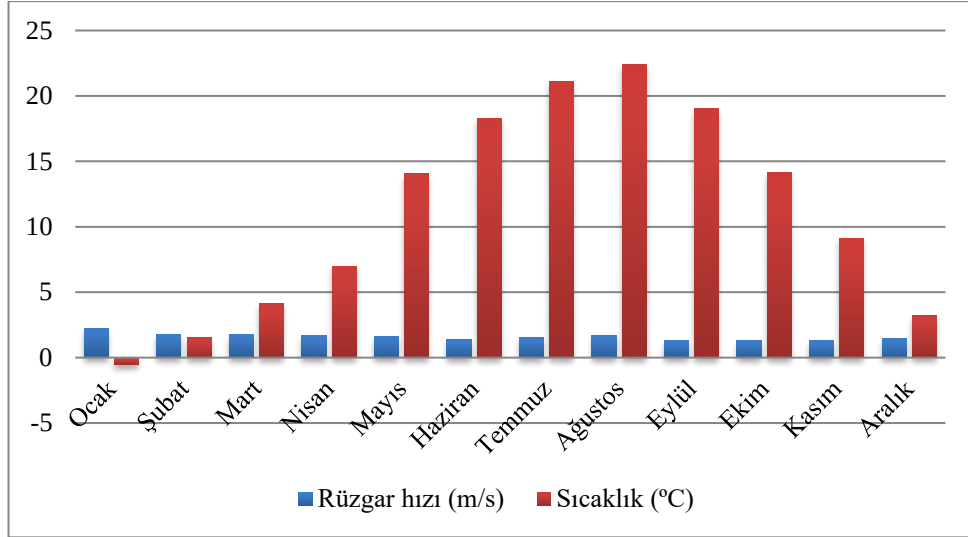


Şekil 1.35. Konyaaltı ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Korkuteli: Antalya'nın Korkuteli ilçesi 2 433 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 55 883 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.36'da yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 225 W/m², DHI değeri 60 W/m² ve GHI değeri 193 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Temmuz ayında sırasıyla 369 W/m², 71 W/m² ve 320 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 165 W/m², 25 W/m² ve 84 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.37'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 1.59 m/s ve ortalama sıcaklık 11.1°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 1.54 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 1.37 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 22.4°C ve en düşük Ocak ayında -0.5°C olarak kaydedilmiştir.

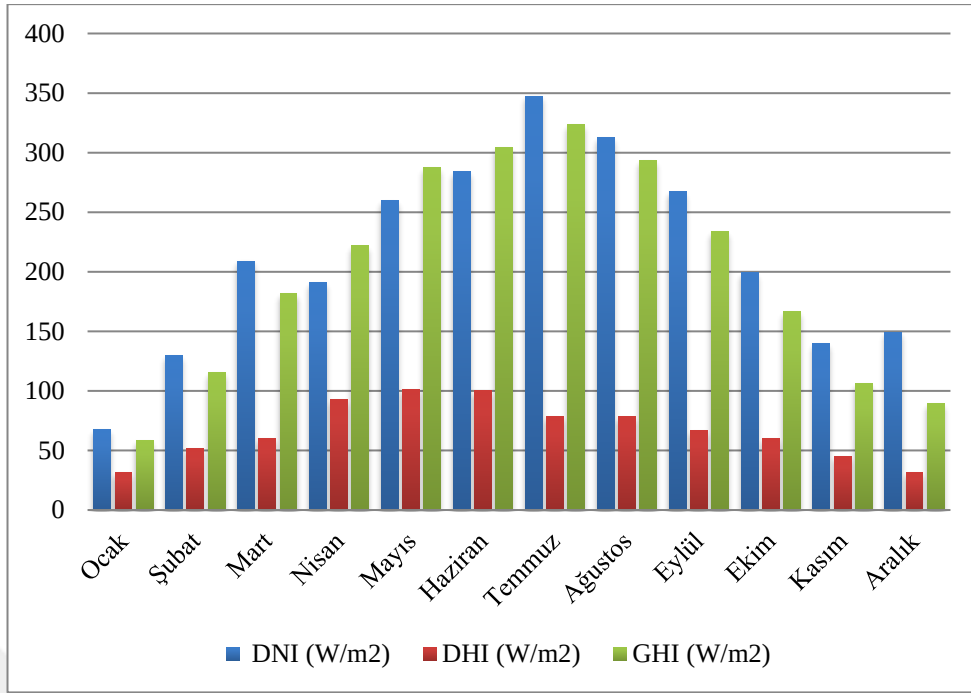


Şekil 1.36. Korkuteli ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

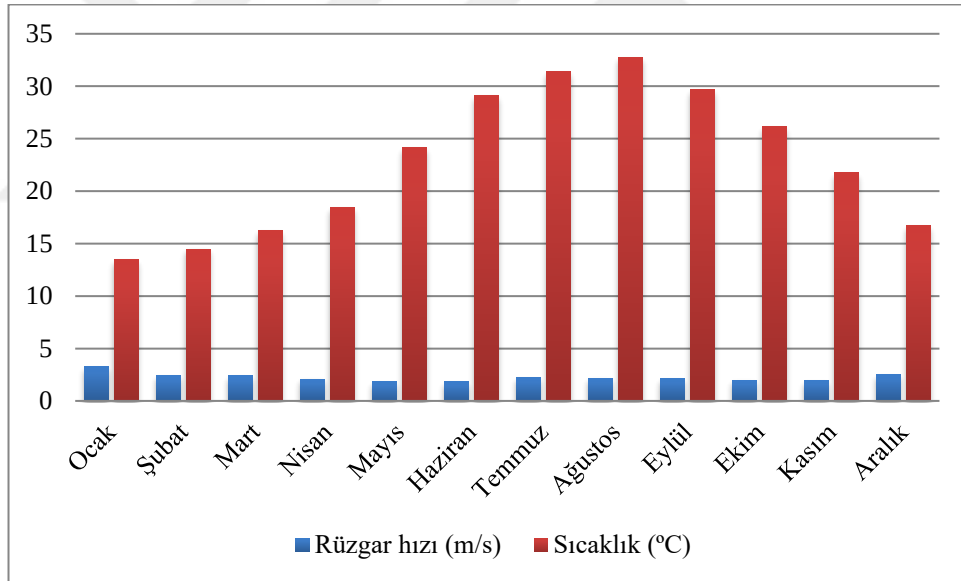


Şekil 1.37. Korkuteli ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Kumluca: Antalya'nın Kumluca ilçesi 1 225 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 72 478 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.38'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 213 W/m², DHI değeri 66 W/m² ve GHI değeri 198 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 284 W/m², 100 W/m² ve 304 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 149 W/m², 31 W/m² ve 89 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.39'da sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.24 m/s ve ortalama sıcaklık 22.9°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.22 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 1.81 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.8°C ve en düşük Ocak ayında 13.5°C olarak kaydedilmiştir.



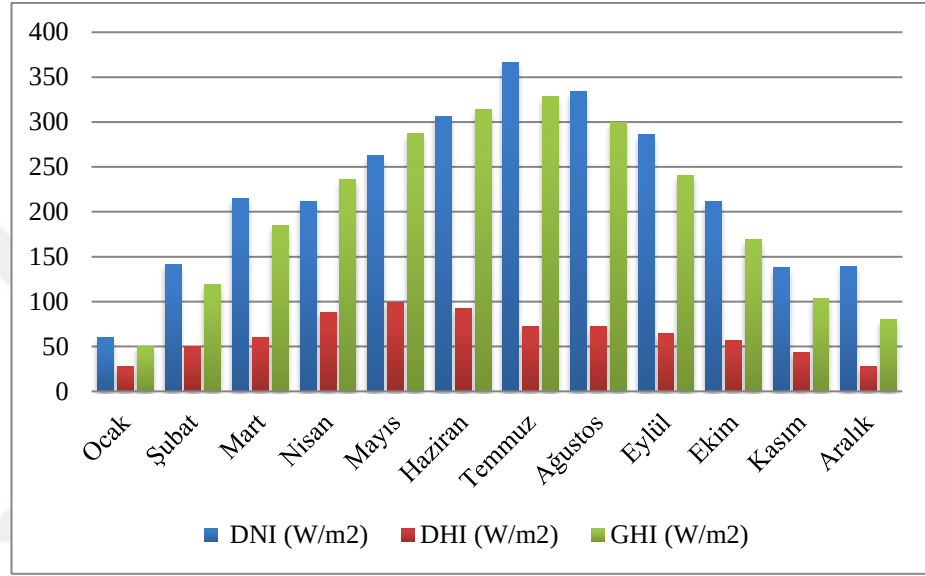
Şekil 1.38. Kumluca ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



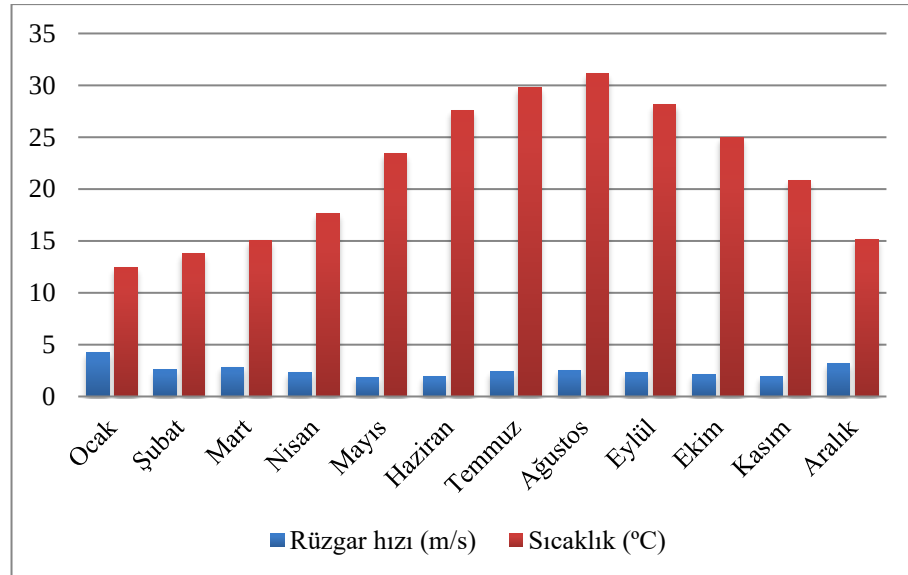
Şekil 1.39. Kumluca ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Manavgat: Antalya'nın Manavgat ilçesi 2 351 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 245 740 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.40'da yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 222 W/m², DHI değeri 62 W/m² ve GHI değeri 201 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 303 W/m², 94 W/m² ve 311 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 132

W/m^2 , $27 W/m^2$ ve $77 W/m^2$ olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.41’de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı $2.2 m/s$ ve ortalama sıcaklık $21.7^{\circ}C$ ’dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Aralık ayında $3.2 m/s$ ve en düşük değer Mayıs ayında $1.9 m/s$ olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında $31.1^{\circ}C$ ve en düşük Ocak ayında $12.4^{\circ}C$ olarak kaydedilmiştir.

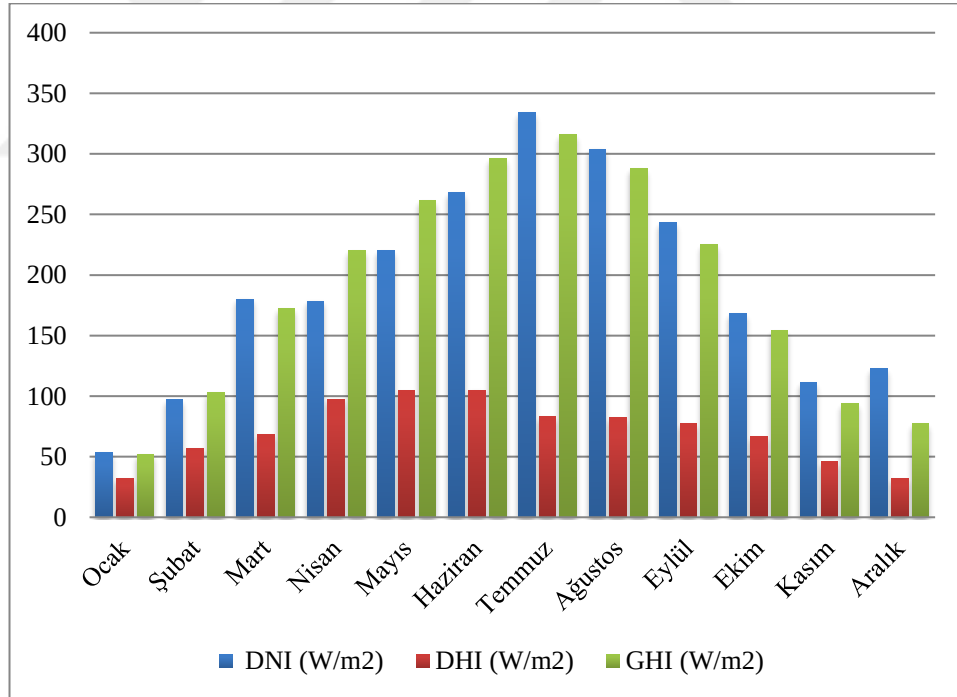


Şekil 1.40. Manavgat ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

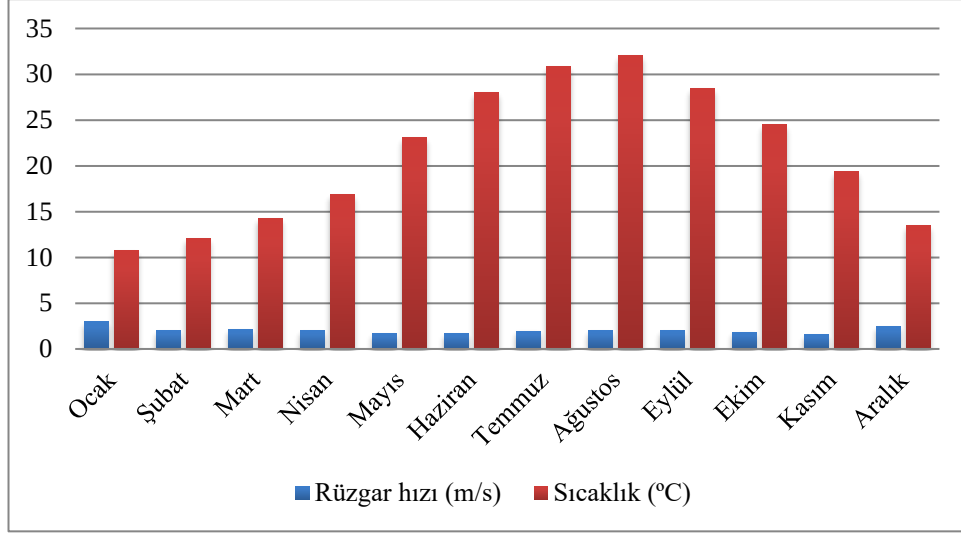


Şekil 1.41. Manavgat ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Muratpaşa: Antalya'nın Muratpaşa ilçesi 96 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 521 183 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.42'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 190 W/m², DHI değeri 71 W/m² ve GHI değeri 176 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 268 W/m², 106 W/m² ve 289 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 123 W/m², 32 W/m² ve 77 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.43'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.02 m/s ve ortalama sıcaklık 21.1°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 1.9 m/s ve en düşük değer Haziran ayında 1.7 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 32.1°C ve en düşük Ocak ayında 10.7°C olarak kaydedilmiştir.

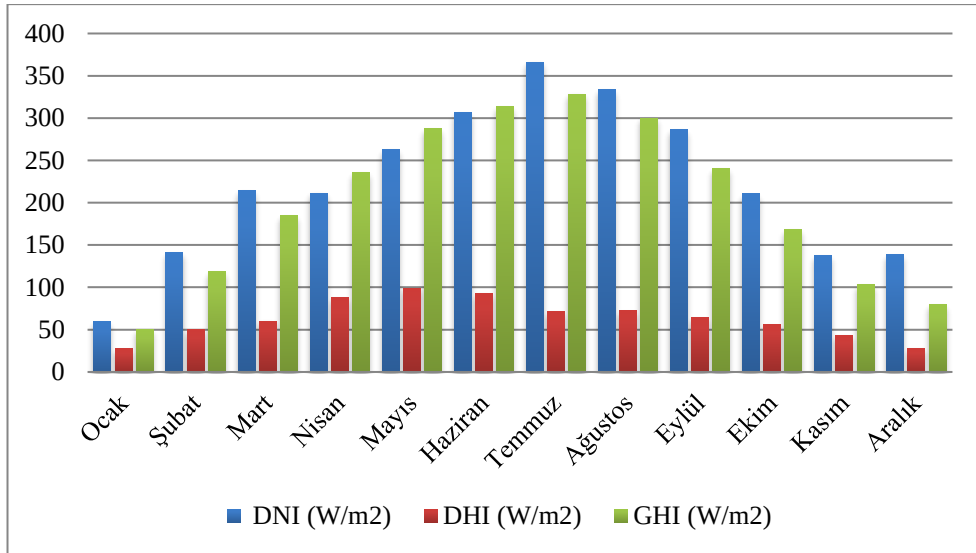


Şekil 1.42. Muratpaşa ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri

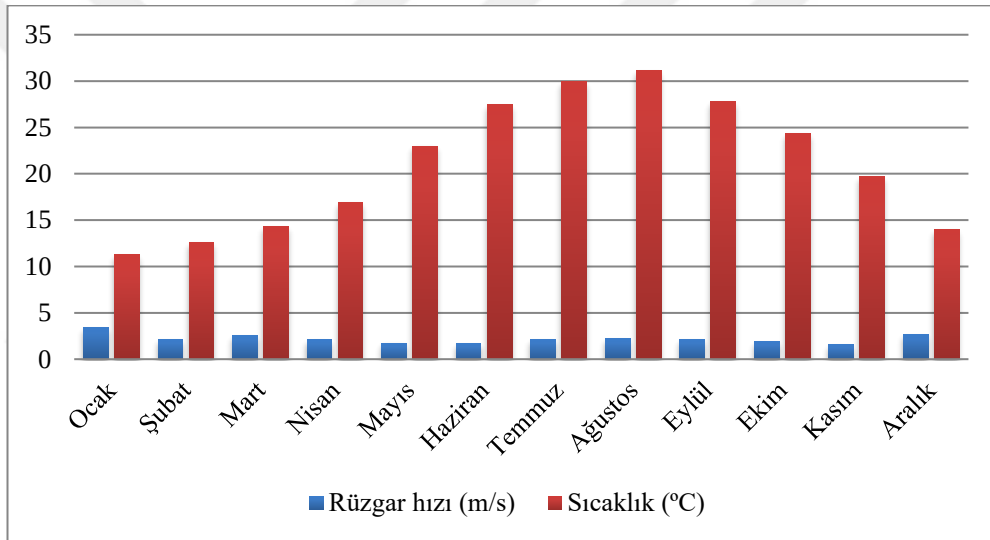


Şekil 1.43. Muratpaşa ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Serik: Antalya'nın Serik ilçesi 1 263 km² yüzölçümüne sahiptir ve ilçe nüfusu 134 953 olarak tespit edilmiştir. Şekil 1.44'de yazılım ara yüzünden alınmış olan iklim verileri kapsamında radyasyon oranlarına ait grafik sunulmuştur. Bu verilere göre yıllık ortalama DNI değeri 222 W/m², DHI değeri 62 W/m² ve GHI değeri 200 W/m²'dir. Aylık olarak incelendiğinde, en yüksek DNI, DHI ve GHI değerleri Haziran ayında sırasıyla 306 W/m², 92 W/m² ve 313 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 138 W/m², 28 W/m² ve 79 W/m² olarak kaydedilmiştir. En düşük DNI, DHI ve GHI değerleri ise Aralık ayında sırasıyla 132 W/m², 27 W/m² ve 77 W/m² olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yıllık ortalama rüzgar hızı ve ortalama sıcaklık değerlerine ait aylık bazda grafik Şekil 1.45'de sunulmuştur. Burada yıllık ortalama rüzgar hızı 2.21 m/s ve ortalama sıcaklık 21.0°C'dir. Rüzgar hızı aylık olarak incelendiğinde, en yüksek değer Temmuz ayında 2.17 m/s ve en düşük değer Mayıs ayında 1.74 m/s olarak kaydedilmiştir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri ise en yüksek Ağustos ayında 31.2°C ve en düşük Aralık ayında 14.0°C olarak kaydedilmiştir.



Şekil 1.44. Serik ilçesi için aylık ortalama DNI, DHI ve GHI değerleri



Şekil 1.45. Serik ilçesi için aylık ortalama rüzgar hızı ve sıcaklık değerleri

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, Alanya, Gazipaşa ve Manavgat gibi ilçelerin sahil kesimlerinde, diğer ilçelere göre daha yüksek GHI değerlerine sahip olduğu gözlemlenebilir. Elmalı, Korkuteli ve İbradi gibi iç kesimlerde yer alan ilçelerin, diğer ilçelere göre daha düşük ortalama sıcaklık değerlerine sahip olduğu gözlemlenebilir. Bu ilçelerin daha yüksek rakımlı olması ve daha serin iklimlere sahip olmalarından kaynaklanabilir. Kaş, Kalkan ve Demre gibi ilçelerin DHI ve GHI değerleri, diğer ilçelere göre daha yüksektir. Bu ilçelerin, genellikle daha güneyde yer alması ve deniz yoluyla daha fazla güneş ışığı almalarından kaynaklanabilir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Güneş enerjisinden yararlanma ısı sistemler ve fotovoltaik (PV) sistemler ile gerçekleşmektedir. Fotovoltaik sistemler; günümüzde açık arazilerden, şebekeden uzakta olan kırsal bölgelere kadar pek çok alanda karşımıza çıkmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) Aralık 2021 verilerine göre dünya genelinde fotovoltaik sistem kurulu güç kapasitesi 894 GW, fotovoltaik sistemlerden elektrik enerjisi üretimi 994 TWh/Yıl' dir. Türkiye için ise bu değerler sırasıyla 8 GW ve 12.9 TWh/Yıl' dir (IEA, 2021). 8 GW'lık bu kurulu gücün 240 107 MW'lık kısmı 2020 yılı enerji yatırımlarına ait iken, 2021 yılı için bu değer 498 050 MW olmuştur (EİGM, 2022).

Fotovoltaik sistem kurulumunda, sistemin enerji üretiminin en üst düzeyde olması için projelendirme aşamasının en doğru şekilde yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple sistemin kurulacağı konum, panellerin eğimi, gücü ve yönelimi, inverterlerin gücü gibi birçok faktörün analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analizlerin yapılabilmesi için farklı iklim veri tabanlarını, gölgeleme analizini ve üretim sonucuna etki edecek diğer birçok faktörü içeren farklı araçlara sahip birçok yazılım geliştirilmiştir (Silva vd., 2020). Literatürde sıklıkla kullanılan bazı yazılımlarla yapılan bir çok çalışma bu başlık altında sunulmuştur.

Gurupira ve Rix (2017), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Güney Afrika'nın Northern Cape eyaletindeki Kalkbult'ta 75 MWp'lik bir tesis için PVsyst, SAM ve PVLlib yazılımları kullanılarak simülasyon yapılmıştır. Her üç yazılımdan elde edilen sonuçlar, tesisin 2014 yılı üretim sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Modelleme esnekliği açısından, PVLlib yazılımı en iyi olarak değerlendirilmiş ve onu SAM yazılımının yakından takip ettiği belirtilmiştir. Ancak diğer genel özellikler ve işlevler açısından, bu üç yazılım paketinden SAM yazılımının en uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Alnoosani vd. (2019), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Umm Al-Qura Üniversitesi'nde şebekeye bağlı, yıllık enerji üretimi 1109 MWh olan fotovoltaik sistem için, PVsyst yazılımı kullanılarak simülasyon ve verim analizi yapılmıştır. 1109 MWh'lik enerji miktarının 100 MW büyüklüğünde fotovoltaik santral ile karşılanabileceği PVsyst yazılımı ile doğrulanmıştır.

Matchanov vd. (2020), çalışmalarında Özbekistan'ın Taşkent şehrinde Uluslararası Güneş Enerjisi Enstitüsü için yapılan bir çalışmada, şebekeye bağlı 2.24 kW gücünde fotovoltaik sistemin, PVsyst simülasyon yazılımı kullanılarak 2018 yılına ait analizleri yapılmıştır. Araziye kurulu sistemde, 280 W gücünde sekiz adet modül, dört adet 580 W gücünde mikroiverter kullanılmıştır. Santralin en iyi koşullarda 14.65 kW güç ürettiği görülmüştür. Sistemin performans oranı PVsyst yazılımında %79.70, gerçek performans oranı ise %95.50 olarak hesaplanmıştır.

Belmahdi ve Bouardi (2020), tarafından yapılan çalışmada, Kuzey Fas bölgesinde çeşitli şehirlerde 1 MW fotovoltaik şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem kurulumunun uygunluğu PVsyst yazılımı kullanılarak yapılan simülasyonlar ile incelendi. Simülasyonlar farklı eğim açıları ve farklı şehirlerde yapılarak bu faktörlerin karşılaştırılması ve verimli olan eğim açısının belirlenmesi amaçlandı. Sonuç olarak sabit eğim için optimal açının 32° , yaz sezonu için 15° ve kış sezonu için 48° olduğu belirlendi. İki farklı konfigürasyonun performans analizi gerçekleştirildiğinde sabit eğimli panel performans oranı %77.3 olduğu ve mevsimsel ayarlamalı eğime göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edildi. 1 096.1 MWh/yıl elektrik üretim değeriyle Tetuan şehrindeki enerji üretiminin diğer şehirlere göre daha yüksek olduğu tespit edildi. Ayrıca elde edilen sonuçlar, Kuzey Fas'ın konumu nedeniyle büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğunu gösterdi.

Zdyb ve Gulkowski (2020), çalışmalarında polikristal silikon (pc-Si), amorf silikon (a-Si), bakır indiyum galyum selenid (CIGS) ve kadmiyum tellür (CdTe) olmak üzere dört farklı teknolojiye fotovoltaik panel kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler, 4 yıldır çalışır durumda olan fotovoltaik sistemden alınan veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, pc-Si ve CIGS modüllerinin verimliliğinin sıcaklık arttıkça azaldığını göstermektedir; ancak a-Si ve CdTe modüllerinin verimliliği daha karardır. İnverter verimliliği yaz aylarında %98'e kadar çıkarken, kış aylarında %30'a kadar düşmektedir. CIGS modüller için ortalama dizi yakalama kayıpları aylık 7.41 (kWh/kWp) (0.25 saat/gün), pc-Si modüller için ise 10.4 (kWh/kWp)/ay (0.35 saat/gün) olarak gözlenmektedir. A-Si ve CdTe dizisi kayıpları daha yüksek olup, CdTe için yaz aylarında 2.83 saat/gün'e kadar çıkmaktadır. Sonuçlar, yıllık enerji verimliliğinin pc-Si ve CIGS modüller için yüksek olduğunu göstermektedir; sırasıyla 1 130 kWh/kWp ve 1 140 kWh/kWp. Bu

araştırma, ılıman iklimde bir fotovoltaik kurulumdaki pc-Si ve özellikle ince film modüllerinin performansı ve kayıpları hakkında yeni veriler sağlamıştır.

Darwish (2021), çalışmasında Mısır'da bir sanayi şehri olan Borg El Arab'da kurulması planlanan fotovoltaik sistem için bir çalışma yapılmıştır. Sistem toplam güç kapasitesi 1.47 MWp olan ticari bir bina için tasarlanmıştır. 18 seri panel ve 256 paralel dizi oluşturmak üzere 4 608 panel ve iki inverter ile oluşturulan sistemin elektrik üretimini simüle etmek için SAM ve PVWatt yazılımları kullanılmıştır.

Kumar vd. (2021), çalışmalarında Hindistan'da bulunan Bikaner Mühendislik Fakültesi, makine bölümü ofisi için yine bir PVsyst simülasyon çalışması yapılmıştır. Makine Mühendisliği Bölümü'nün yıllık enerji ihtiyacı 1 086 kWh olarak tespit edilmiş; güneş paneli ile mevcut üretilen enerjinin 1 143 kWh, farklı kayıplar sebebiyle kullanıcıya sağlanan enerjinin ise 1 068 kWh olduğu hesaplanmıştır.

Dabbousa vd. (2021), çalışmalarında fotovoltaik sistemde panellerin yıllık en uygun eğim açısı yerine aylık veya mevsimlik en uygun eğim açıları analiz etmiş ve bu durumun enerji verimi üzerindeki etkisi üzerine çalışmıştır. Bunun için Gazze Şeridi-Filistin'de bulunan Üniversite Bilim ve Teknoloji Koleji'nin coğrafi konumu seçilmiştir. Sistem similasyonu Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Sistemde aylık ve mevsimsel optimum eğim açıları kullanıldığında üretilen enerjinin sırasıyla %5.82 ve %4.77 arttığı görülmüştür. Sonuçlar SAM yazılımıyla doğrulanmıştır. SAM yazılımından elde edilen sonuçlar, PVGIS yazılım aracından elde edilenlere yakın bulunmuştur.

Rout ve Kulkarni (2021), çalışmalarında Bhubaneswar, Odisha'da şebeke bağlantılı 31.80 kWp gücünde bir solar çatı sistemi tasarlamıştır. Tasarım SAM ve Solar Edge yazılımları kullanılarak simüle edilmiştir. Ayrıca, yer seçimi, çatı seçimi, panel yerleşimi, dizi elektrik tasarımı gibi çeşitli çalışmalar yapılarak, tasarım ve simülasyon ile binanın çatısı ve toplam verim kaybı hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda 335 Wp gücünde olan 96 panel kullanımıyla 20° eğim açısında ve mikro inverter kullanımıyla bir sistemin kurulması önerilmiştir.

Doğan ve Korkmaz (2021), çalışmalarında Elazığ şehrinde bir tarım çiftliğinin çatısında planlanan fotovoltaik güneş enerjisi sistemi için PVsyst yazılımı kullanarak simülasyon çalışması ve ekonomik analiz yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre sistemin 10 yıl boyunca 1 601 MWh enerji üreteceği, bunun yaklaşık 164 547 ton karbon emisyonunu azaltacağı öne sürülmüştür. Fotovoltaik sistemin amortisman süresi ise 4.6 yıl olarak hesaplanmıştır.

Muralidhar ve Rajasekar (2021), çalışmalarında PVsyst yazılımı kullanarak, google koordinatları 14.13°K ve 75.42°D olan Hindistan'daki 17 haneli bir köyün, hibrit fotovoltaik sistemini incelenmiştir. Sistem; 13.84 kWh/gün olan aydınlatma, 30 m³ su pompalama ve her iki enerji ihtiyacının kombinasyonu olmak üzere 3 farklı uygulama için tasarlanmıştır. Hibrit sistemin, bireysel sistemlerle karşılaştırılması sonucunda, fotovoltaik kapasitesinde 1.32 kWp azalma, sekiz yıllık geri ödeme süresi ile toplam proje maliyetinde %21.87 tasarruf sağlandığı görülmüştür.

Khanam vd. (2021), çalışmalarında monokristal, polikristal ve ince film fotovoltaik sistemlerin performansını dört farklı Hindistan iklim bölgesinde (Yeni Delhi, Srinagar, Bangalore ve Jodhpur) değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Temel enerji denklemi kullanılarak farklı PV teknolojileri için bir analitik ifade elde edilmiştir. Çevre sıcaklığı, radyasyon yoğunluğu ve tasarım faktörleri gibi çeşitli parametreler basit cebirsel ifadelerin fonksiyonları olarak ele alınmıştır. Elektriksel verimlilik, modül yüzey sıcaklığı ve yıllık elektrik enerjisi üretimi, mevcut modül etkililiği için değerlendirilmiş ve sunulmuştur. Sonuçların karşılaştırılması, fotovoltaik panelin elektriksel verimliliğinin, iklim bölgelerinin güneş radyasyon yoğunluğuna bağlı olmadığını, ancak fotovoltaik panellerin tepe sıcaklıklarından büyük ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Orta iklim koşullarına sahip olan Bangalore, tüm fotovoltaik paneller için Jodhpur'a göre daha yüksek yıllık elektrik enerjisi verimi sağlamaktadır. Amorf silikon, diğer PV Modülleri arasında elektrik enerjisi çıkışı açısından en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.

Jabbour (2021), çalışmasında, Fas'ın Ouarzazate şehrindeki Polidisipliner Fakültesi'nde kurulan iki farklı teknolojiye şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin enerji ve ekonomik performanslarını değerlendirmiş ve karşılaştırmıştır. İki ayrı fotovoltaik sistem System Advisor Model (SAM) ve PVsyst yazılımları ile simüle edilerek ve

deneysel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirilen performans parametreleri, performans oranı, son verim, kapasite faktörü ve enerjinin sınırlandırılmış maliyetidir. Ölçülen ve simüle edilen değerler, polikristal panellerin monokristal paenellere göre sırasıyla %80 ve %78 performans oranı ve %21.9 ve %20 kapasite faktörü değerleri ile daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Maliyet analizi açısından SAM yazılımının gerçek değerlere daha yakın değerler ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Baqir ve Channi (2022), çalışmalarında Afganistan'ın Daikundi şehrinde yer alan şebekeye bağlı 700 kWp fotovoltaik sistemin tasarımı ve performans analizi Pvsyst yazılımı ile yapılmıştır. Simülasyon sonucu sistem üretimi 1 266 MWh/yıl, performans oranı 0.797, sistem kayıpları 0.10 kWh/kWp/gün olarak hesaplanmıştır. Güç faktörünün (0.7–0.9) arasında olması durumunda, sistemin verimli çalışıyor olduğu belirtilmiştir.

Paula vd. (2022), çalışmalarında 336.96 kWp kurulu güce sahip bir fotovoltaik sistem için gerçek elektrik üretim verileri alınarak bu sistem PVsyst ve SAM yazılımlarını kullanarak modellenmiştir. Modelleme çalışmalarında Meteonorm ve NSRDB iklim veri paketleri kullanılarak farklı konfigürasyonlarda simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda gerçek elektrik üretim değerlerine en yakın değerin %1.21 hata değeri ile SAM yazılımı ile NSRDB iklim veri paketi konfigürasyonunda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Arora vd. (2022), çalışmalarında Hindistan'ın Gurugram şehrindeki Amity Üniversitesi'nde kurulu bulunan 186 kWp gücünde şebekeye bağlı bir güneş enerjisi santralinin verilerini alarak PVsyst ve SAM yazılımında santralin modellemesini gerçekleştirmiştir. Modelleme sonrası gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda PVsyst ve SAM yazılımlarının gerçek elektrik üretim değerlerine sırasıyla %10 ve %5 hata değerleriyle oldukça yakın sonuçlar verdikleri tespit edilmiştir.

Kumar vd. (2022), çalışmalarında Louisiana Lafayette Üniversitesi'nde kurulu bulunan 1MWp gücünde bir fotovoltaik santrale ait verilerini alarak santrali kapasite faktörü, performans analizi ve son verim değerleri açısından değerlendirmişlerdir. Aynı zamanda santralde bulunan monokristal, polikristal ve CIGS panel teknolojileri

PVsyst ve SAM yazılımlarında modellenmiştir. Modelleme sonucu elde edilen veriler gerçek elektrik üretim verilerini üç ayrı istatistiksel analiz yöntemi ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak toplamda yıllık 3.1 GWh elektrik üretimi gerçekleştiği, monokristal panel teknolojisinin daha yüksek elektrik üretimi sağladığı ve iki yazılımında gerçek değerler ile uyumlu sonuçlar ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Roga vd. (2023), çalışmalarında PVsyst ve SAM yazılımlarını kullanmış ve fotovoltaik sistem modelleme sonularını sunmuşlardır. Çalışmada Meteonorm 8.0 kaynağından uzun vadeli bir veri seti kullanılmıştır. Enerji üretimi, maliyet, tasarruf ve ekonomik verilerin analiz edildiği çalışmada PVsyst simülasyonundan alınan enerji üretimi sonuçları, 1 535 kWh/kW/yıl değerini ve SAM yazılımı ile yapılan ekonomik analize göre ise basit geri ödeme süresi 10.6 yıl olduğu tespit edilmiş ve PVsyst ve SAM yazılımlarının fotovoltaik sistemler için kullanımı için güvenilir yazılımlar olduğu belirtilmiştir.

Gerçekleştirilen literatür araştırmalarında, yapılan uluslararası çalışmalarda SAM ve PVsyst yazılımlarının sıklıkla kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu yazılımlarla ilgili yapılan doğrulama çalışmalarının ise farklı iklim koşullarında değişmekle birlikte genellikle SAM yazılımının gerçek elektrik üretim değerlerine daha yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca SAM yazılımının ülkemizde yapılan çalışmalarda PVsyst yazılımına kıyasla nadiren kullanıldığı görülmüştür. Yapılan bazı çalışmalarda bir il genelinde fotovoltaik sistem ile elektrik üretimi noktasında değerlendirme yapılırken, iklim verileri üzerinden kıyaslamalar yapılmış ancak gerçekte santral kurulumlarında belirleyici olan faktörler olan lojistik faktörler bu çalışmalarda incelenmemiştir. Başka çalışmalarda ise lojistik ve diğer faktörler göz önüne alınarak santrallerin kurulabileceği lokasyonlar belirlenmiş ancak elektrik üretim potansiyelleri açısından değerlendirmeler yapılması noktası incelenmemiştir. Ayrıca çalışmalarda bir il çapında değerlendirmeler yapılırken il bazında değişen iklim koşulları ve yükselti göz önüne alınarak değil de bir il genelinde ortalama değerler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Farklı fotovoltaik teknolojilerin farklı iklim koşullarında kullanımıyla elektrik üretimi konusu nadiren incelenmiş ancak ülkemizde böyle bir inceleme gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmada PVsyst ve SAM yazılımları 3 farklı istatistiksel analiz yöntemi ile doğrulanarak hangisinin gerçek

elektrik üretimine daha yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiş ve bu konuda literatüre katkı sağlanmıştır. Yapılan analizlerde hata oranı daha düşük olan SAM yazılımı kullanılarak ülkemizde bu yazılımın kullanımıyla gerçekleştirilen ender ve öncü çalışmalardan birisi ortaya konmuştur. Antalya ili için 19 farklı ilçede lojistik anlamda santrallerin kurulabileceği alanlarda analiz çalışmaları gerçekleştirilerek farklı iklim koşullarında bir il için detaylı bir potansiyel ortaya konulmuş ve literatüre bu alanda katkı sağlanmıştır. Bunun yanında tüm bu ilçelerde 5 farklı teknoloji için teknik ve ekonomik anlamda değerlendirmeler yapılarak ülkemizde ilk olarak yapılan çalışmalardan biri gerçekleştirilerek literatüre katkı sağlanmıştır. Sonuç olarak Antalya ili için 5 farklı fotovoltaik yenilenebilir enerji sisteminin 19 farklı ilçede değerlendirilmesiyle birlikte bu il için hangi sistemin hangi ilçede elektrik üretimi ve ekonomik anlamda daha verimli olduğu konusunda bir çalışma ortaya konularak özel sektöre ve yerel idarecilere öngörü oluşturacak nitelikte bir çalışma oluşturularak bu alanda literatüre katkı sağlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması, Antalya ili için hangi bölgede hangi fotovoltaik yenilenebilir enerji sisteminin kullanımının enerji üretimi ve mali açıdan daha doğru olacağının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amacın gerçekleştirilmesi doğrultusunda aşağıdaki adımlar sırasıyla uygulanmıştır.

- Yazılım doğrulama çalışmaları
- Antalya ilinin tüm ilçelerinde simülasyon çalışmalarının farklı teknolojiler için gerçekleştirilmesi.
- Ekonomik analiz

Tüm bu adımlar devam eden bölümlerde sırasıyla başlıklar halinde sunulmuştur.

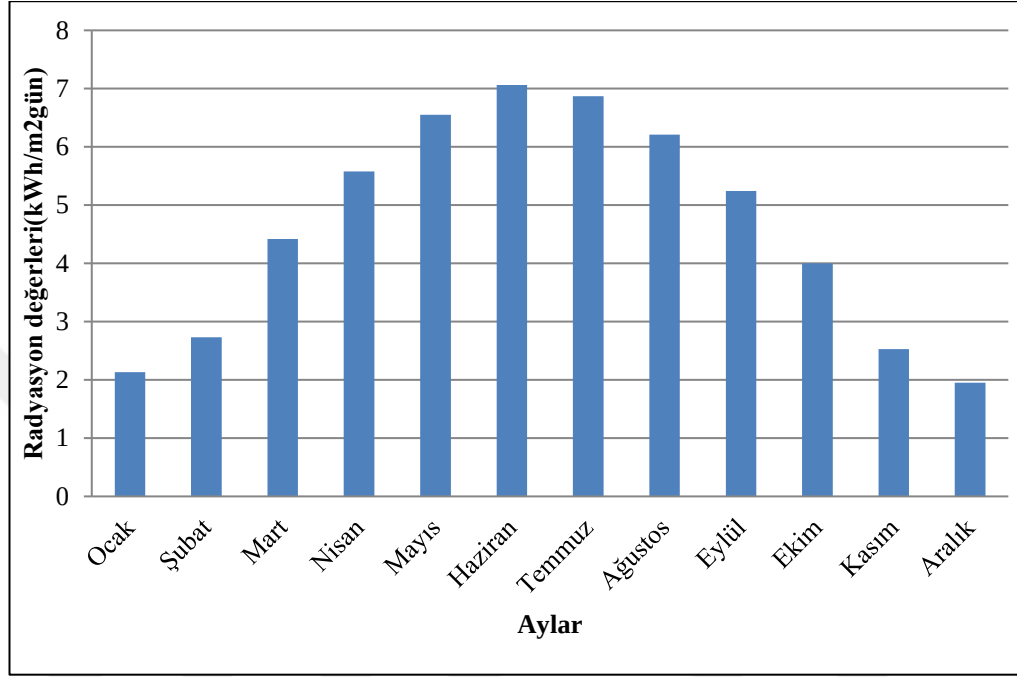
3.1. Yazılım Doğrulama Çalışmaları

Antalya ilinde bulunan bir santrale ait veriler ve proje bilgileri alınmıştır. Santral, alınan proje bilgileri yardımıyla, SAM ve PVSyst yazılımları kullanılarak simüle edilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elektrik üretim değerleri açısından gerçeğe en yakın değeri veren yazılım tespit edilmiştir. Tez çalışması çerçevesinde Antalya ili için gerçekleştirilecek simülasyon çalışmalarında bu yazılım kullanılmıştır. Ayrıca 3 ayrı istatistiksel analiz yöntemi kullanılarak gerçek elektrik üretimi ve simülasyon sonuçlarının vermiş olduğu elektrik üretim verileri kıyaslanmıştır. Bu başlık altında santrale ait bilgiler verildikten sonra yazılımlar tanıtılmış ve istatistiksel analiz yöntemleri açıklanmıştır.

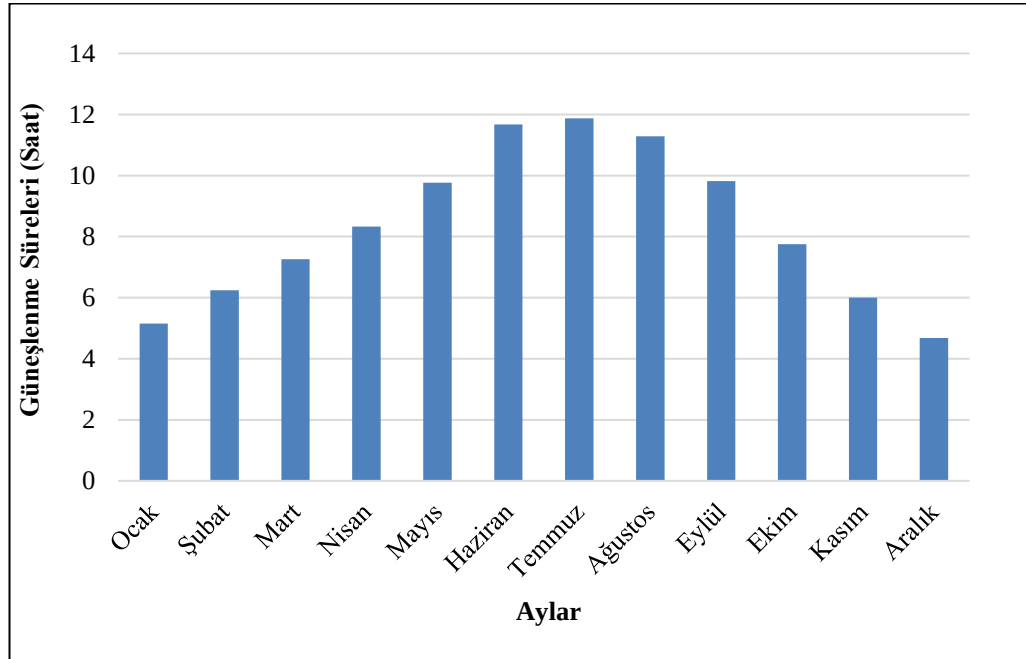
3.1.1. Santral genel özellikleri

Çalışma Elmalı ilçesinde bir soğuk hava deposu çatısı üzerine mevcut kurulu bulunan güneş santrali için gerçekleştirilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Elmalı ilçesi yarı kurak-yarı nemli olan ikinci derecede mezotermal iklim tipine sahiptir. Kışları serin, yazları ise sıcak geçmektedir. Elmalı ilçesinin bağlı bulunduğu Antalya ili için 1930-2021 yılları arasında en yüksek sıcaklık 45°C, en düşük sıcaklık ise -4.6°C olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık 18.8°C,

yıllık en yüksek ve en düşük sıcaklıklar sırasıyla 24.2°C ve 13.8°C, ortalama yağışlı gün sayısı 83.5 gün olarak verilmektedir (MGM, 2022). Şekil 3.1’de ve Şekil 3.2’de Elmalı ilçesine ait global radyasyon değerleri ile güneşlenme sürelerini gösteren grafikler verilmiştir (GEPA, 2022).



Şekil 3.1. Elmalı ilçesine ait global radyasyon değerleri grafiği (GEPA, 2022)



Şekil 3.2. Elmalı ilçesine ait güneşlenme süreleri (GEPA, 2022)

Santralin kurulu bulunduğu çatı 2 farklı yönelime sahip olup , bu yönelimlerin ikisi de 10 derece eğimdedir. Çatıya kurulan santralde toplam 360 adet panel ve 2 adet inverter kullanılmıştır. Panel ve invertere ait özellikler Çizelge 3.1’de ve 5.2’de verilmiştir. Santralde kullanılan paneller 18 adet diziden oluşmakta ve her bir dizide 20 adet panel bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. Santralde kullanılan panellerin teknik ve mekanik özellikleri

Panellerin Teknik Özellikleri	
Sistemdeki Dizi Sayısı	18 Adet
Dizideki Panel Sayısı	20 Adet
Toplam Panel Sayısı	360 Adet
Panel Türü	Monokristal Panel
Panel Açısı	Doğu-Batı Eksenli 10°
Maximum Güç	325 Wp
Maximum Gerilim Vmpp	33.68 V
Maximum Akım Impp	9.65 A
Açık Devre Gerilimi Voc	40.55 V
Kısa Devre Akımı Isc	10.26 A
Panellerin Mekanik Özellikleri	
Panel Ölçüleri	1670mm x 1000mm x 35mm
Hücre	Monokristal
Hücre Sayısı	60
Ağırlık	18kg ± 1kg
Ön Cam	3.2mm, yüksek geçirgenlik ve düşük demir oranına sahip temperlenmiş cam
Arka Koruma	PET Film
Çerçeve	Eloksal Kaplamalı Alüminyum
Bağlantı Kutusu	3 Bypass Diyotlu
Konnektör	MC4 Uyumlu

Çizelge 3.2. Santralde kullanılan inverter teknik özellikleri

Santral Elmalı’da Kullanılan İnverter Teknik Özellikleri	
Santralde Kullanılan İnverter Sayısı	2 Adet
İnverter Başına Düşen Dizi Sayısı	9 Adet
İnverter Gücü	50 kW
Maximum DC Giriş Gerilimi	1000 V
Başlangıç DC Giriş Gerilimi	420 V
MPTT DC Giriş Gerilim Aralığı	480-800 V
MPTT Sayısı	3 Adet
Maximum DC Giriş Akımı	108 A
Maximum DC Kısa Devre Akımı	165 A
Nominal AC Çıkış Gücü	50 kW
Maximum AC Çıkış Gücü	55 kW
AC Gerilimi	400 / 230 V
Maximum AC Çıkış Akımı	80 A
Frekans	50Hz/ 60Hz

Çalışmada santralin projesi incelenilerek, gerçeğine uygun bir şekilde PVsyst ve SAM programlarında simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyon çalışmalarında SAM programı iklim arayüzünde bulunan NSRDB kaynağına ait iklimsel veri paketinden yararlanılmıştır. İklim özelliklerine ait bazı veriler Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. NSRDB kaynaklı iklimsel veri

	Global (kWh/ Radyasyon m ²)	Diffüz (kWh/ Radyasyon m ²)	Ortalama (°C) Sıcaklık	Rüzgar Hızı (m/s)
Ocak	66	26.97	1.51	1.8
Şubat	100	33.36	4.38	1.5
Mart	138	46.23	7.74	1.8
Nisan	181	57.69	11.14	1.6
Mayıs	196	75.21	15.68	1.6
Haziran	224	59.36	21.95	1.5
Temmuz	255	49.22	26.70	1.8
Ağustos	200	57.09	25.36	1.5
Eylül	187	39.96	23.10	1.6
Ekim	136	30.25	14.66	1.6
Kasım	88	26.55	9.04	1.4
Aralık	62	23.27	6.78	1.6
Toplam	1834	525.16	14.06	1.6

Santralde bulunan paneller çatının iki farklı yönelime sahip olması sebebiyle 2 farklı azimut açısına sahiplerdir. Azimut değerleri, PVsyst yazılımı için 53° ve -127° şeklinde, SAM yazılımı için 53° ve 307° şeklinde, panel eğimi ise çatı eğimi ile aynı olacak şekilde 10°'dir. Santralde her bir azimut açısına sahip olan panel grubunun sayıları ve toplam güçleri birbirine eşittir. Bu santralde bulunan farklı yönelimdeki panel grupları farklı inverterlere bağlanmıştır.

Santral kurulumunda kullanılan temel denklemler aşağıda verilmiştir.

Denklem (3.1) ve (3.2)'de gerilim düşümü hesabı sunulmuştur.

$$\text{AC kablo için; } \%e = \frac{100 \times L \times P}{k \times s \times U^2} \quad (3.1)$$

$$\text{DC kablo için; } \%e = \frac{2 \times 100 \times L \times I}{k \times s \times U} \quad (3.2)$$

Denklem (3.1) ve (3.2)'de verilen; %e; santralde kullanılacak iletken üzerinde, kendi iç direncinden dolayı düşen, yüzde gerilim değeri, L; iletkenin uzunluğu, P; iletkeniden çekilen enerjinin Watt cinsinden değeri, U; santralin gerilim değeri, I; iletkeniden çekilen akım değeri, k; seçilen kablonun iletkenlik katsayısı, s; iletkenin kesitidir.

Seçilen kablo kesitine göre güç kaybı hesabı Denklem (3.3), (3.4) ve (3.5)'de sunulmuştur.

$$\text{AC kablo için; } P_k = \frac{3 \times I^2 \times L}{s \times k} \quad (3.3)$$

$$\text{DC kablo için; } P_k = \frac{2 \times I^2 \times L}{s \times k} \quad (3.4)$$

$$\% \text{ hesap; } P_k = \frac{100 \times P_k}{P} \quad (3.5)$$

Denklem (3.3), (3.4) ve (3.5)'de verilen P_k ; santralde kullanılan iletken üzerinde kaybedilen gücün Watt cinsinden değeri, P; iletkeniden çekilen enerjinin Watt cinsinden değeri, I; iletken üzerinden geçen akım değeri, s; iletkenin kesiti, k; kablonun iletkenlik katsayısıdır.

Akım kontrolü (ısı) hesapları Denklem (3.6)'da sunulmuştur.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} \quad (3.6)$$

Denklem (3.6)'da verilen I; kablodan geçen akım değeri, U; santralin gerilim değeri, $\cos \varphi$; sistemin güç katsayısı değeridir. Bu hesaplama ile seçilen kablonun akım taşıma kapasitesi değerinin, denklemde hesaplanan akım değerine uygunluğu kontrol edilecektir.

Topraklama hesabı Denklem (3.7), (3.8), (3.9) ve (3.10)'da sunulmuştur.

$$R_a = \frac{\rho}{2 \times D} + \frac{\rho}{L} \quad (3.7)$$

$$D=2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (3.8)$$

$$R_{\zeta} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times n \times l} \times \ln \frac{4 \times l}{d} \quad (3.9)$$

$$R_{e\zeta} = \frac{R_a \times R_{\zeta}}{R_a + R_{\zeta}} \quad (3.10)$$

Denklem (3.7), (3.8), (3.9) ve (3.10)'da verilen R_a ; topraklama iletkeninin direnci, R_{ζ} ; topraklama çubuğunun direnci, $R_{e\zeta}$; topraklama eşdeğer direnci, ρ ; santralin kurulacağı bölgedeki toprağın özgül direnci, D ; alanı topraklama yapılan alana eşit olan bir dairenin çapı, L ; topraklama iletkeninin uzunluğu, A ; tesisin alanı, n ; topraklama çubuklarının sayısı, l ; topraklama çubuğunun uzunluğu, d ; topraklama çubuğunun çapıdır.

Panel ve Evirici Uyumluluk Hesabı:

a) Açık devre gerilimi baz alınarak panel ve evirici hesabı Denklem (3.11)'de sunulmuştur.

$$V_{max} = p \times V_{oc} \times \left[1 + \beta V_{oc} \times \frac{[T_{min} - T_{stc}]}{100} \right] \quad V_{min} = p \times V_{oc} \times \left[1 + \beta V_{oc} \times \frac{[T_{max} - T_{stc}]}{100} \right] \quad (3.11)$$

b) Mpp gerilimi baz alınarak panel ve evirici hesabı Denklem (3.12)'de sunulmuştur.

$$V_{max} = p \times V_{mpp} \times \left[1 + \beta V_{mpp} \times \frac{[T_{min} - T_{stc}]}{100} \right] \quad V_{min} = p \times V_{mpp} \times \left[1 + \beta V_{mpp} \times \frac{[T_{max} - T_{stc}]}{100} \right] \quad (3.12)$$

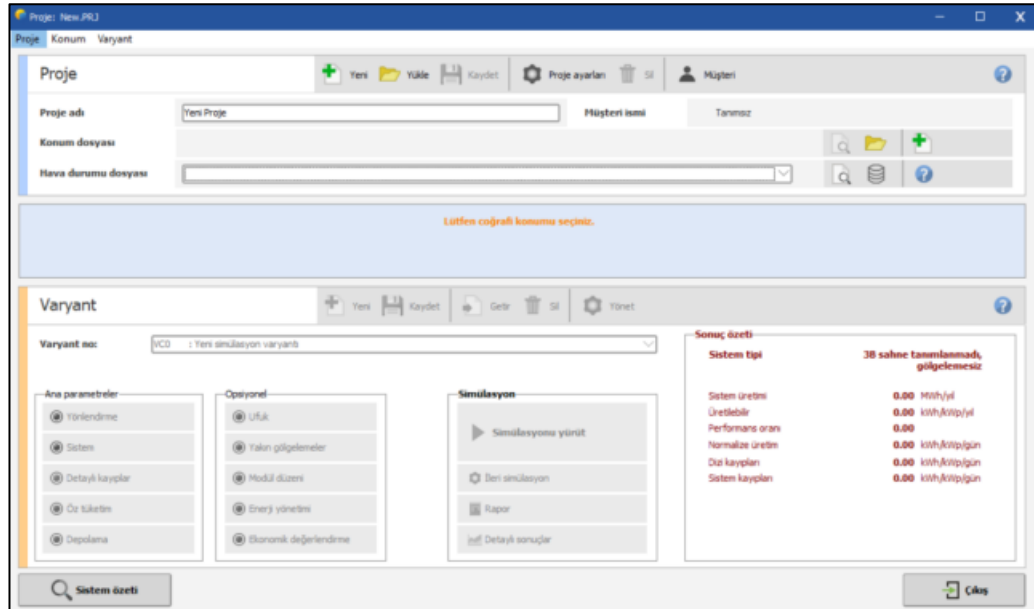
Denklem (3.11) ve (3.12)'de verilen V_{max} ; dizi geriliminin maksimum değeri, V_{min} ; dizi geriliminin minimum değeri, V_{mpp} ; dizinin maksimum güç gerilimi, V_{oc} ; açık devre gerilimi, p ; dizideki panel sayısı, βV ; panelin sıcaklık verim oranı, T_{max} ; modülün maksimum sıcaklığı, T_{min} ; modülün minimum sıcaklığı, T_{stc} ; modülün standart test sıcaklığı değeridir. Güneş enerjisi modüllerin gerilimleri ışıınım ile doğru orantılı, sıcaklık ile ters orantılı olarak değişmektedir. Düşük sıcaklıklarda yüksek gerilim, yüksek sıcaklıklarda düşük gerilim üretmektedirler. Eviricinin aşırı düşük sıcaklıklardan ya da yetersiz ışıınımdan kaynaklı kapanması söz konusudur. Bu

durumda tekrar devreye girerken yüksek açık devre gerilimi oluşabilir. Aynı şekilde çok yüksek sıcaklıklarda oluşacak açık devre gerilimi eviricinin minimum giriş geriliminden büyük olmalıdır. Eviricinin zarar görmemesi için bu formüller kullanılarak panel evirici uyumluluk kontrolü yapılmış olacaktır.

Simülasyon sonuçları santral verileri ile karşılaştırılarak, santral verilerinden hata oranları hesaplanmıştır. Simülasyon adımları, kullanılan yazılımlar için ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

3.1.2. PVsyst yazılımı simülasyon adımları

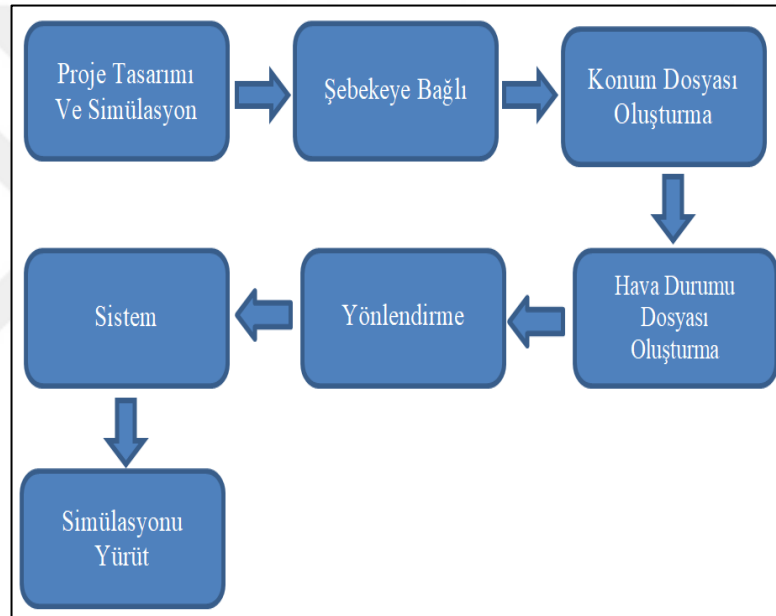
Bu çalışmada PVsyst yazılımı 7.2.12 sürümü kullanılmıştır. PVsyst, PV sistemlerinin incelenmesi, boyutlandırılması ve veri analizi için bir bilgisayar yazılım paketidir. Şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız, pompa kullanımı içeren fotovoltaik sistemlerle ilgilenir. Yapılan analizlerde meteorolojik veriler ve fotovoltaik sistem bileşen verileri konusunda oldukça kapsamlı bir altyapı içerir. Bu yazılım sektörel ve eğitimsel anlamda oldukça kullanışlıdır. Yazılıma ait arayüz Şekil 3.3’de sunulmuştur (PVsyst, 2022).



Şekil 3.3. PVsyst yazılımı ara yüzü

Çalışmanın yapılmış olduğu santral şebekeye bağlı bir sistem olduğundan, “Proje tasarımı ve simülasyon” başlığında, “Şebekeye Bağlı” sistem seçeneği ve sonrasında

santralin bulunduğu konum seçilmiştir. Konum seçimi sonrası iki yazılım için aynı iklim verileri kullanılması gerektiğinden, iklim verisi seçim işlemi SAM yazılımı veri havuzundan alınan NRSDB iklim verileri, PVsyst yazılımında içe aktarım seçeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılım içeriğinde yönlendirme butonu altında azimut açısı Azimut değerleri ve panelin mevcut eğim açısı girilmiş ayrıca panel yönlendirme sayısı iki olarak tanımlanmıştır. Daha sonra sistem butonu ara yüzüne girilerek santralde kullanılan panel ve inverter seçenekleri sistem veri tabanından seçilmiş ve santralde bulunan panellerin seri ve paralel bağlantı sayısı ve şekilleri burada tanımlanmış ve simülasyon tamamlanmıştır. Bu çalışma için gerçekleştirilen işlem akış şeması Şekil 3.4’de sunulmuştur.



Şekil 3.4. PVsyst yazılımı işlem akış şeması

PVsyst yazılımı, fotovoltaik sistemlerin performansını hesaplamak için çeşitli matematiksel modeller kullanır. Bu modeller arasında fotovoltaik panellerin modellemesi, gölgeleme modellemesi, sıcaklık modellemesi, invertör modellemesi, şebeke modellemesi ve ömür döngüsü maliyeti modellemesi yer almaktadır. Bu modellerin bazıları için kullanılan formüller aşağıda açıklanmaktadır:

Fotovoltaik Panel Modellemesi: PVsyst yazılımı, fotovoltaik panellerin elektrik üretimini modellemek için çeşitli formüller kullanır. Bunlar arasında I-V eğrisi, P-V eğrisi, güç hücresi ve diğerleri yer alır. Panel modellemesine ait formülasyon Denklem (3.13)'de sunulmuştur (PVsyst, 2022).

$$I_{sc} = \left(\frac{G_{sc}}{T_c} \right) * \left(I_{sc_{ref}} + \alpha_{I_{sc}} * (T_c - T_{c_{ref}}) \right) \quad (3.13)$$

Burada, I_{sc} , panellerin açık devre akımını ifade eder; G_{sc} , standart güneş ışıyım şiddeti (1000 W/m^2) değerini ifade eder; T_c , panellerin sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) değerini ifade eder; $I_{sc_{ref}}$, referans şartlarında (25°C ve 1000 W/m^2) panellerin açık devre akımı değerini ifade eder; $\alpha_{I_{sc}}$, açık devre akım sıcaklık katsayısını ifade eder ve $T_{c_{ref}}$, referans sıcaklık (25°C) değerini ifade eder.

Gölgeleme Modellemesi: PVsyst yazılımı, fotovoltaik panellerin üzerine düşen gölgeleme nedeniyle performanslarının azalmasını hesaplamak için bir matematiksel model kullanır. Gölgeleme modellemesi için bir formül, Denlem (3.14)'de gösterildiği gibidir:

$$PR_{shade} = \left(1 - \left(\frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \right) \right) * PR_{no_{shade}} \quad (3.14)$$

Burada, PR_{shade} , gölgeli şartlar altında fotovoltaik panel performansını ifade eder; $PR_{no_{shade}}$, gölgelenmeyen şartlar altında fotovoltaik panel performansını ifade eder; n , fotovoltaik panelin bölümlerinin sayısını ifade eder ve $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, her bir bölümün gölgeleme oranını ifade eder.

Sıcaklık Modellemesi: PVsyst yazılımı, fotovoltaik panellerin sıcaklığındaki değişimlerin performansları üzerindeki etkisini hesaplamak için bir matematiksel model kullanır. Bu model, panellerin sıcaklığına ve diğer faktörlere bağlı olarak panellerin performansını hesaplar. Sıcaklık modellemesi için bir formül, Denlem (3.15)'de gösterildiği gibidir.

$$T_c = T_a + \left((NOCT - 20) * \left(\frac{G}{G_{ref}} \right) \right) \quad (3.15)$$

Burada, T_c , fotovoltaik panel sıcaklığını ifade eder; T_a , ortam sıcaklığını ifade eder; NOCT, fotovoltaik panelin nominal çalışma hücre sıcaklığına ($^{\circ}\text{C}$) karşılık gelen bir değerdir; G , fotovoltaik panel üzerine düşen güneş ışıını şiddetini ifade eder; ve G_{ref} , standart güneş ışıını şiddeti (1000 W/m^2) değerini ifade eder.

Bu formülde, NOCT, fotovoltaik panelin sıcaklığındaki artışın performansını nasıl etkilediğini hesaplamak için kullanılır. NOCT, belirli bir sıcaklıkta fotovoltaik panellerin nominal çalışma hücre sıcaklığına karşılık gelir. Bu sıcaklık genellikle 20°C 'nin üzerinde ve 45°C ila 50°C arasındadır. G değeri ise, fotovoltaik panel üzerine düşen güneş ışıını şiddetini ifade eder ve bu değer değişkenlik gösterebilir.

Bu formül, fotovoltaik panellerin performansını hesaplamak için bir temel oluşturur. Bu performans hesaplaması, fotovoltaik panellerin sıcaklık ve güneş ışıını şiddeti gibi değişkenlere göre nasıl davrandığını anlamak için önemlidir.

Invertör Modellemesi: PVsyst yazılımı, invertörlerin performansını modellemek için bir matematiksel model kullanır. Bu model, invertörlerin verimliliğini ve diğer parametrelerini hesaplar. Invertör modellemesi için bir formül, Denlem (3.16)'da gösterildiği gibidir:

$$P_{out} = P_{in} * \left(1 - k * \frac{(P_{in} - P_{inmin})}{(P_{rated} - P_{inmin})} \right) \quad (3.16)$$

Burada, P_{out} , invertör çıkış gücünü ifade eder; P_{in} , invertör giriş gücünü ifade eder; k , invertör verimliliğindeki azalmanın bir ölçüsü olan bir katsayıdır; P_{inmin} , invertörün minimum giriş gücünü ifade eder ve P_{rated} , invertörün nominal çıkış gücünü ifade eder.

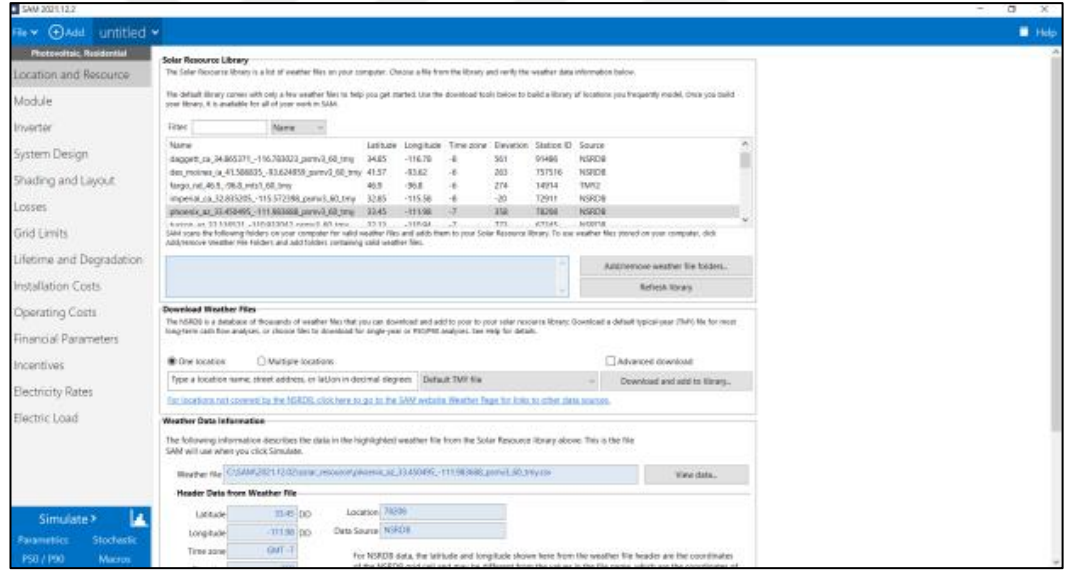
Şebeke Modellemesi: PVsyst yazılımı, fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlanması ve şebekeye elektrik enerjisi verilmesi işlemlerini modellemek için bir matematiksel model kullanır. Şebeke modellemesi için bir formül Denlem (3.17)'de gösterildiği gibidir:

$$E_{net} = E_{gen} - E_{con} - E_{loss} \quad (3.17)$$

Burada, E_{net} , şebekeye verilen net enerjiyi ifade eder; E_{gen} , fotovoltaik paneller tarafından üretilen toplam enerjiyi ifade eder; E_{con} , sistem tarafından tüketilen toplam enerjiyi ifade eder; ve E_{loss} , şebekede kaybedilen enerjiyi ifade eder.

3.1.3. SAM yazılımı simülasyon adımları

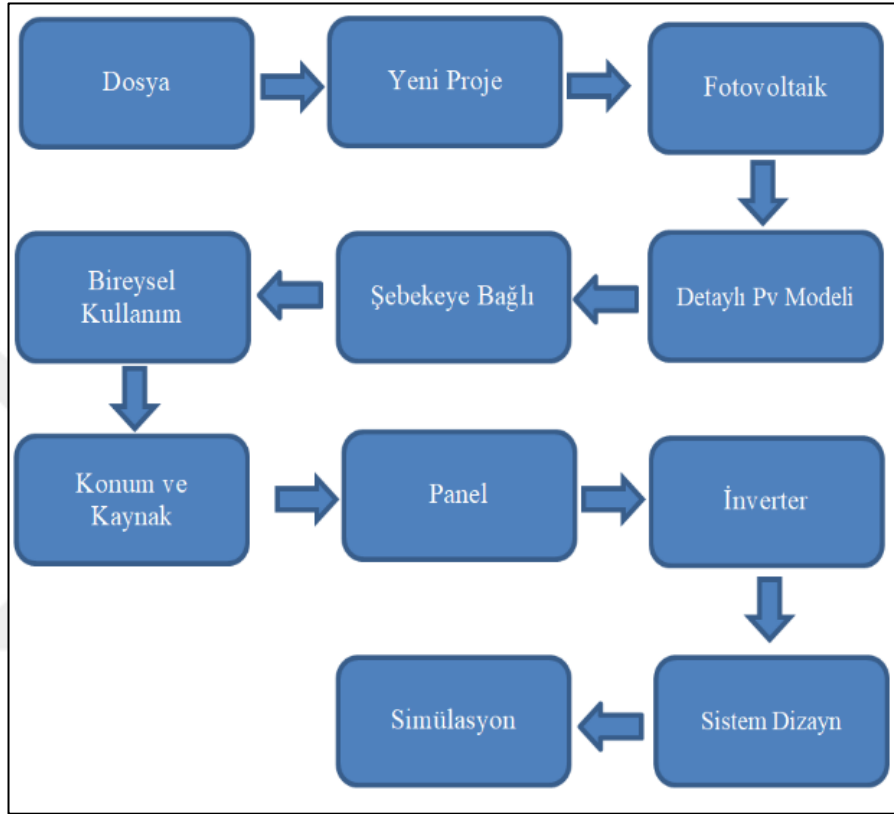
SAM yazılımı farklı yenilenebilir enerji sistemleri simülasyonları ve enerji depolama simülasyonları seçeneği sunarak, eğitimsel anlamda ve sektörel anlamda oldukça yaygın kullanım alanına sahiptir. Bu çalışma SAM 2021.12.2 versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılım ara yüzü Şekil 3.5'te sunulmuştur (SAM, 2022).



Şekil 3.5. SAM yazılımı ara yüzü (SAM, 2022).

Yazılım ara yüzünde dosya butonu seçildikten sonra, yeni proje seçeneği seçilmiş, sonrasında ise fotovoltaik bölümüne giriş yapılmıştır. Fotovoltaik seçeneği altında detaylı PV modeli seçeneği seçilerek, mevcut santral şebekeye bağlı bir sistem olduğundan, şebekeye bağlı seçeneği seçilmiştir. Bireysel kullanım ara yüzü üzerinden proje ara yüzüne geçiş yapılmıştır. Proje simülasyonu yapılması adımlarından ilki olan konum belirleme işlemi santralin bulunduğu koordinatlar sisteme girilerek gerçekleştirilmiş ve NSRDB iklim verileri kataloğuna ait veriler çekilmiş ve simülasyon için sistemde tanımlanmıştır. Bu aşamadan sonra santralde

kullanılan panel ve inverter verileri programa girilerek panel ve inverter adımları da tamamlanmıştır. Sistem dizayn butonu altında, 2 farklı yönlendirme seçilerek azimut açıları, panel açısı, inverter sayısı işlenmiş, ayrıca bir dizide bulunan panel sayısı ve dizi sayısı gibi özellikler yazılıma girilmiştir. Tüm bu işlemler yapılarak simülasyon tamamlanmıştır. Simülasyona ait işlem akış şeması Şekil 3.6’da sunulmuştur.



Şekil 3.6. SAM yazılımı işlem akış şeması

SAM yazılımı, fotovoltaik sistemlerin performansını modellemek için bir matematiksel model kullanır. Bu model, bir fotovoltaik sistemin performansını hesaplamak için kullanılan birçok farklı faktörü dikkate alır. SAM yazılımının fotovoltaik sistem modellemesi, aşağıdaki faktörleri içeren bir dizi matematiksel modeli kullanarak gerçekleştirilir:

Gölgeleme Modellemesi: Gölgeleme analizi yaparak sistemin gölgeleme kaynaklı kayıplarını hesaplar. Bu analiz, gölgeleyen nesnenin konumunu ve boyutunu dikkate alarak yapılır. Gölgeleme analizi, gölgeleyen nesnenin etkisi altındaki panellerin sayısını ve gücünü belirler. Gölgeleme kaynaklı kayıplar, gölgeleme açısı, gölgeleyen nesnenin boyutu ve konumu gibi faktörlere bağlıdır. Bu faktörleri dikkate

olarak, SAM yazılımı gölgeleme kaynaklı kayıpları hesaplamak için aşağıdaki Denklem (3.18)'de sunulmuş olan formülasyonu kullanır:

$$P_L = P_0 \left(1 - \varepsilon_{sh} \times \left(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \right)^2 \right) \quad (3.18)$$

Burada, P_L , gölgeleme kaynaklı güç kaybını ifade eder; P_0 , gölgelenmeyen panel gücünü ifade eder; ε_{sh} , gölgeleme katsayısını ifade eder; θ , gölgeleme açısını ifade eder.

Modül Sıcaklık Modellemesi: Modül sıcaklığındaki değişiklikler, modülün performansını etkiler. SAM, modül sıcaklık modellemesi yaparak modül sıcaklığının nasıl değiştiğini hesaplar. Bu modelleme işlemi, modülün hava sıcaklığına, güneş ışınlarının açısına, rüzgar hızına ve diğer faktörlere bağlıdır. Modül sıcaklığı, güneş ışınlarının açısı ve hava sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. SAM yazılımı, modül sıcaklığını hesaplamak için aşağıdaki Denklem (3.19)'da sunulmuş olan formülasyonu kullanır:

$$T_{mod} = T_a + \Delta T \times \frac{(NOCT - 20)}{800} \quad (3.19)$$

Burada, T_{mod} , modül sıcaklığını ifade eder; T_a , hava sıcaklığını ifade eder; ΔT , gölgeleme kaynaklı sıcaklık değişimini ifade eder; NOCT, modülün Nominal Operasyonel Hücre Sıcaklığı koşulunda (45°C) açık devre gerilimini ifade eder.

İnvertör Modellemesi: İnvertör, doğru akımı (DC) alternatif akıma (AC) dönüştüren bir cihazdır ve fotovoltaik sistemlerde önemli bir bileşendir. SAM yazılımı, invertör modellemesi yaparak sistem verimliliğini hesaplar. İnvertör modellemesi, invertörün doğru akım (DC) giriş gücüne ve alternatif akım (AC) çıkış gücüne bağlı olarak yapılır. İnvertörün verimliliği, invertörün nominal gücüne bağlıdır ve birkaç farklı faktöre bağlı olarak değişebilir.

SAM yazılımı, invertör verimliliğini hesaplamak için aşağıdaki Denklem (3.20)'de sunulmuş olan formülasyonu kullanır:

$$\eta_{inv} = \frac{P_{inv}}{P_{dc}} \quad (3.20)$$

Burada, η_{inv} , invertör verimliliğini ifade eder; P_{inv} , invertör çıkış gücünü ifade eder; P_{dc} , invertör giriş gücünü ifade eder.

İnvertör modellemesi, fotovoltaik sistemin doğru akım gücünü, invertör verimliliğini ve alternatif akım gücünü hesaplar. SAM yazılımı, invertör modellemesi yaparak sistemin genel verimliliğini hesaplar.

Güneş Radyasyonu Modellemesi: SAM yazılımı, fotovoltaik sistemlerin performansını hesaplamak için güneş radyasyonunu dikkate alır. Güneş radyasyonu, güneş ışınlarının fotovoltaik paneller üzerindeki etkisini ifade eder. SAM yazılımı, güneş radyasyonunu hesaplamak için birçok farklı faktöre bağlı olan bir dizi matematiksel model kullanır. Bu faktörler arasında güneş ışınlarının açısı, bulut örtüsü, hava sıcaklığı, atmosferik koşullar ve diğer faktörler yer alır.

Güneş radyasyonu modellemesi, Denklem (3.21)'de sunulmuş olan formülasyonu kullanarak gerçekleştirilir:

$$G = G_b + G_r + G_h \quad (3.21)$$

Burada, G , toplam güneş radyasyonunu ifade eder; G_b , doğrudan normal güneş ışınlarını ifade eder; G_r , yansıtılmış güneş ışınlarını ifade eder; G_h , gökyüzünden yayılan difüz güneş ışınlarını ifade eder.

SAM yazılımı, güneş radyasyonu modellemesi yaparak sistemin performansını hesaplar. Güneş radyasyonu, fotovoltaik sistemlerin performansını etkileyen önemli bir faktördür ve SAM yazılımı, bu faktörü hesaba katarak sistemin performansını hesaplar.

İzleme Modelleme: SAM yazılımı, fotovoltaik sistemlerin performansını hesaplamak için izleme modellemesi yapar. İzleme modellemesi, fotovoltaik panellerin güneş ışınlarına olan açısını ve konumunu hesaplamak için kullanılır. Bu

modelleme işlemi, fotovoltaik panellerin güneş ışınlarına en uygun açıyla yerleştirilmesini ve güneş ışınlarının en verimli şekilde kullanılmasını sağlar.

SAM yazılımı, izleme modellemesi yaparak sistemin performansını hesaplar. İzleme modellemesi, fotovoltaik panellerin güneş ışınlarına olan açısını hesaplamak için Denklem (3.22)'de sunulmuş olan formülasyonu kullanır:

$$\beta_t = \beta_h - \delta - \varphi \quad (3.22)$$

Burada, β_t , fotovoltaik panel eğim açısını ifade eder; β_h , fotovoltaik panelin yatay eğim açısını ifade eder; δ , güneşin deklinasyon açısını ifade eder; φ , sistem yeri enlem açısını ifade eder.

SAM yazılımı, izleme modellemesi yaparak fotovoltaik panellerin güneş ışınlarına olan açısını hesaplar. Bu modelleme işlemi, fotovoltaik sistemlerin en verimli şekilde çalışmasını sağlar ve sistem performansını artırır.

Performans Oranı Modellemesi: Performans oranı, fotovoltaik sistemlerin gerçek performansını ve teorik performansını karşılaştıran bir orandır. Performans oranı, fotovoltaik panellerin performansında gözlenen kayıpları dikkate alarak hesaplanır. SAM yazılımı, performans oranı modellemesi yaparak sistemin gerçek performansını hesaplar. Performans oranı, fotovoltaik sistemlerin performansını etkileyen birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Bu faktörler arasında güneş radyasyonu, modül sıcaklığı, gölgeleme, invertör verimliliği ve diğer faktörler yer alır.

SAM yazılımı, performans oranı modellemesi yaparak sistemin gerçek performansını hesaplar. Performans oranı, Denklem (3.23)'de sunulmuş olan formülasyonu kullanarak hesaplanır:

$$PR = \frac{E_{ac}}{E_{sol} \times 1000} \quad (3.23)$$

Burada, PR, performans oranını ifade eder; E_{ac} , AC enerji üretimini ifade eder; E_{sol} , teorik enerji üretimini ifade eder.

SAM yazılımı, performans oranı modellemesi yaparak sistemin gerçek performansını hesaplar ve sistemin verimliliğini artırmak için gereken düzeltmeleri belirler.

3.1.4. İstatiksel analizler

Kök Ortalama Kare Hata (KOKH), Ortalama Mutlak Sapma (OMS) ve % Hata istatistiksel analiz yöntemleri, güneş enerjisi sistemlerinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerin detaylı matematiksel formülasyonları ve kullanım alanları birçok bilimsel kaynakta tartışılmıştır. Gerçek elektrik üretim değerleri ile simülasyon sonuçlarının KOKH, OMS ve % Hata yöntemlerini kullanarak karşılaştırıldığı bilimsel çalışmalar vardır (Mehadi vd., 2021; Sancar ve Yakut, 2022). Bu yöntemler, ölçülen ve tahmin edilen veriler arasındaki farkı hesaplayarak sistem performansındaki hataları belirler ve bu hataların nedenleri hakkında bilgi sağlar. Bu bilgiler, güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında ve veri analizinde kullanılabilir. Yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda bir yıllık veriler alınmış ve bu veriler aylık ve yıllık bazda gerçek veriler ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Her bir yazılım arasındaki sapmanın hesaplanmasını kolaylaştırmak ve güvenilir bir karşılaştırma elde etmek için birkaç karşılaştırma parametresi kullanılmıştır. Denklem (3.24)'de yer alan eşitlik kullanılarak aylık ve yıllık hata oranları hesaplanmıştır. Yazılımlar arasında gerçekleşen yıllık sapmanın yanında Denklem (3.25)'de verilen KOKH (Kök Ortalama Kare Hatası) ve Denklem (3.26)'da verilen OMS (ortalama mutlak sapma) analiz yöntemlerinden de yararlanılmıştır.

$$\%HATA = \frac{D_g - D_s}{D_g} \times 100 \quad (3.24)$$

Denklem (3.24)'de D_g ilgili aya ait gerçek değeri temsil eder. D_s değeri ise kullanılan simülasyon programlarından birisi için aynı aya ait değeri ifade eder.

$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (G_t - S_t)^2} \quad (3.25)$$

$$OMS = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |G_t - S_t| \quad (3.26)$$

Denklem (3.25) ve (3.26)'da “n” değeri bir yıl içerisinde bulunan toplam ay sayısını, “G_t” ve “S_t” ise sırasıyla hesaplaması yapılan aya ait olan gerçek üretim değerini ve simülasyona ait olan değeri ifade eder.

3.2. Farklı Teknolojiler İçin Farklı Konumlarda Simülasyon Çalışmaları

Bir önceki bölümde yapılan doğrulama çalışması sonucunda SAM yazılımının sunmuş olduğu yıllık elektrik üretim değerlerinin gerçek elektrik üretim değerine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple çalışmanın bundan sonraki başlıklarında yapılmış olan simülasyon çalışmaları SAM yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Simülasyon çalışmaları, kaynak özetlerinde sunulan çalışmalarda olduğu gibi en çok kullanımda olan fotovoltaik teknolojilerden olan kadmiyum, polikristal, monokristal, monokristal bifacial, polikristal bifacial paneller kullanılarak, gerçekleştirilmiştir. Bu beş farklı santral tasarımı Antalya'nın tüm ilçeleri için gerçekleştirilmiş ve toplamda 95 ayrı simülasyon çalışması tamamlanmıştır. Bu başlık altında fotovoltaik teknoloji açısından farklı olan yenilenebilir enerji santrallerinin simülasyonlarının gerçekleştirildiği konuma ait özellikler, tasarım parametreleri ve sistem özellikleri sunulmuştur.

3.2.1. Tasarlanan farklı yenilenebilir enerji sistemlerine ait özellikler

Bu başlık altında santral tasarımlarında kullanılmış olan ana bileşenlere ait özellikler ve sistem özellikleri sunulmuştur.

3.2.1.1. Simülasyon

Çalışmada SAM yazılımı ara yüzünde 5 farklı panel türü seçilerek bu panel türlerine ait santral tasarımları gerçekleştirilmiştir. Panel türleri aşağıda açıklanmıştır. Santral tasarımları gerçekleştirilirken karşılaştırma yapılabilmesi açısından tüm tasarımlar için aynı inverter kullanılmıştır. Panel seçimi gerçekleştirilirken aynı güç değerine sahip paneller seçilmiştir. Çizelge 3.4'de santralde kullanılan paneller ve invertere ait özellikler sunulmuştur.

Çizelge 3.4. İnverter ve panel özellikleri

İnverter Özellikleri			
Verim	98.23%	Nominal DC gerilim	1 000 V
Maksimum AC güç	100 000 Wac	Maksimum DC gerilim	1 300 V
Maksimum DC güç	102 265 Wac	Maksimum DC akım	102.265 A
Nominal AC gerilim	480 V	Gece güç tüketimi	1.6 Wac
Panel Özellikleri			
Kadmiyum Tellür			
Materyal	Kadmiyum	Maksimum gerilim (Vmp)	186.8 V
Yüzey alanı	2.52 m ²	Maksimum akım (Imp)	2.4 A
Panel Verimi	17.86%	Açık devre gerilimi (Voc)	221.1 V
Maksimum Güç(Pmp)	450 W	Kısa devre akımı (Isc)	2.6 A
Monokristal Silisyum			
Materyal	Mono-c-Si	Maksimum gerilim (Vmp)	42.8 V
Yüzey alanı	2.12 m ²	Maksimum akım (Imp)	10.5 A
Panel Verimi	21.24%	Açık devre gerilimi (Voc)	52.4 V
Maksimum Güç(Pmp)	450 W	Kısa devre akımı (Isc)	11.5 A
Bi-facial Monokristal Silisyum			
Materyal	Mono-c-Si	Maksimum gerilim (Vmp)	41.4 V
Yüzey alanı	2.11 m ²	Maksimum akım (Imp)	10.9 A
Panel Verimi	21.33%	Açık devre gerilimi (Voc)	49.6 V
Maksimum Güç(Pmp)	450 W	Kısa devre akımı (Isc)	11.6 A
Polikristal Silisyum			
Materyal	Multi-c-Si	Maksimum gerilim (Vmp)	42.4 V
Yüzey alanı	2.29 m ²	Maksimum akım (Imp)	10.6 A
Panel Verimi	19.66%	Açık devre gerilimi (Voc)	51.6 V
Maksimum Güç(Pmp)	450 W	Kısa devre akımı (Isc)	11.3 A
Bi-facial Polikristal Silisyum			
Materyal	Multi-c-Si	Maksimum gerilim (Vmp)	42.4 V
Yüzey alanı	2.30 m ²	Maksimum akım (Imp)	10.6 A
Panel Verimi	19.58%	Açık devre gerilimi (Voc)	51.6 V
Maksimum Güç(Pmp)	450 W	Kısa devre akımı (Isc)	11.3 A

Santral tasarımında kullanılan paneller bir dizide birbirlerine seri olarak bağlanırlar ve bu bağlanma sonucunda seri bağlanmış olan panel sayısı dizinin gerilim değerini belirler. Yine bu serilerin birbirine paralel olarak bağlanması santralde çalışılan akım değerini belirlemektedir. Çalışmada panellerin seri ve paralel bağlantı sayıları gerilim değerlerinin diğer panel türlerine göre oldukça yüksek olması sebebiyle kadmiyum tellür panel tipi hariç olmak üzere diğer panel türleri için sabit tutulmuştur. Çizelge 3.5’de santral tasarımı gerçekleştirilirken kullanılmış olan panel türüne göre belirlenmiş olan sistem özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Sistem özellikleri

Sistem Özellikleri			
Kadmiyum Tellür			
İnverter sayısı	9 adet	DC/AC oranı	1.11
Panel sayısı	2 220	Kurulu DC güç	999.417 kWdc
Dizide bulunan panel sayısı	5	Kurulu AC güç	900 kWac
Dizi sayısı	444	Toplam panel yüzey alanı	5 506 m ²
Monokristal Silisyum			
İnverter sayısı	9 adet	DC/AC oranı	1.11
Panel sayısı	2 222	Kurulu DC güç	1000.511 kWdc
Dizide bulunan panel sayısı	22	Kurulu AC güç	900 kWac
Dizi sayısı	101	Toplam panel yüzey alanı	4 711 m ²
Bifacial Monokristal Silisyum			
İnverter sayısı	9 adet	DC/AC oranı	1.11
Panel sayısı	2 222	Kurulu DC güç	999.940 kWdc
Dizide bulunan panel sayısı	22	Kurulu AC güç	900 kWac
Dizi sayısı	101	Toplam panel yüzey alanı	4 689 m ²
Polikristal Silisyum			
İnverter sayısı	9 adet	DC/AC oranı	1.11
Panel sayısı	2 222	Kurulu DC güç	1000.540 kWdc
Dizide bulunan panel sayısı	22	Kurulu AC güç	900 kWac
Dizi sayısı	101	Toplam panel yüzey alanı	5 089 m ²
Bi-facial Polikristal Silisyum			
İnverter sayısı	9 adet	DC/AC oranı	1.11
Panel sayısı	2 222	Kurulu DC güç	1000.540 kWdc
Dizide bulunan panel sayısı	22	Kurulu AC güç	900 kWac
Dizi sayısı	101	Toplam panel yüzey alanı	5 111 m ²

Fotovoltaik panel açısı seçiminde farklı enlemlerdeki bölümler için farklı açıların kullanılması gerektiğini önermektedir. Makale, her enlem için farklı açıların panel verimliliğini artırabileceğini ve dolayısıyla daha yüksek elektrik üretimi sağlayabileceğini göstermektedir. Fotovoltaik panellerinin açılarının coğrafi koşullara göre belirlenmesi gerektiğini ve bölgesel olarak farklı açıların panel verimliliğini artırabileceğini belirtmektedir. Bu nedenle, her ilçenin farklı enlem derecelerine sahip olması nedeniyle, her ilçe için panel açısının enlem derecesi olarak belirlenmesi, her bölgenin coğrafi koşullarına uygun panel açısının belirlenmesine yardımcı olabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmalar, farklı enlemlerdeki bölgeler için farklı panel açılarının kullanılması gerektiğini önermektedir. Bu

nedenle, her ilçenin farklı enlem derecelerine sahip olması, her ilçe için en uygun panel açısının belirlenmesini gerektirir. Böylece, her ilçe için coğrafi koşullara göre en uygun panel açısının belirlenmesi sağlanır ve farklı ilçelerdeki panel teknolojileri arasında karşılaştırma yapılması mümkün kılınır. Bu cümlelerde belirtilen makaleler, farklı enlemlerdeki bölgeler için farklı panel açılarının kullanılması gerektiğini öneriyor. Bu nedenle, her ilçenin farklı enlem derecelerine sahip olması, her ilçe için en uygun panel açısının belirlenmesini gerektirir. Bu yöntem, her ilçenin coğrafi koşullarına göre en uygun panel açısının belirlenmesine yardımcı olur ve farklı ilçelerdeki panel teknolojileri arasında karşılaştırma yapmayı mümkün kılarak en uygun teknolojinin seçilmesine yardımcı olabilir. Bu sebeple santral simülasyonları gerçekleştirilirken panel açıları tüm ilçeler için enlem derecelerine göre belirlenmiştir.

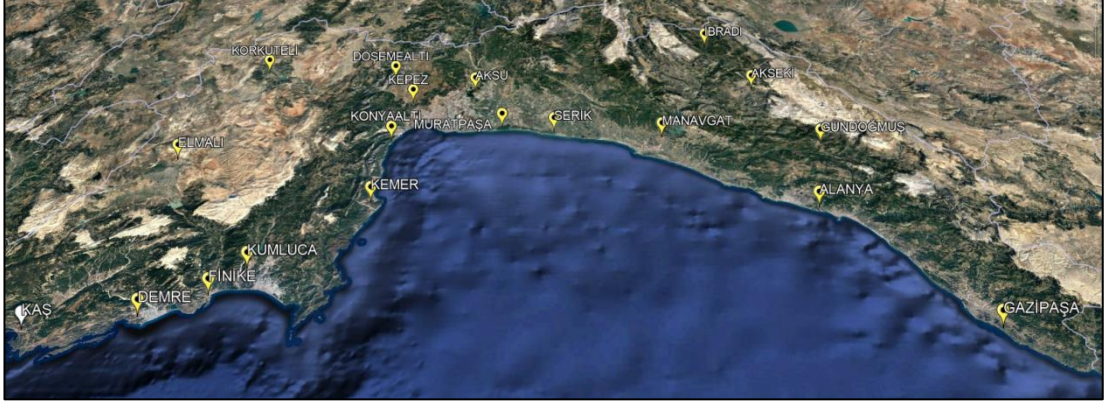
3.2.1.2. Santrallerin kurulum lokasyonlarının her ilçe için belirlenmesi ve kullanılan iklim verileri

Fotovoltaik sistemlerin kurulumları konusunda ısıtım sıcaklık ve güneşlenme süresi gibi iklim özellikleri oldukça önemli yer tutmaktadır. Ancak santraller kurulurken özellikle iletim ve/veya dağıtım hatlarına yakınlıkları arazinin koşullarının uygun olması gibi birçok coğrafi ve lojistik faktörler oldukça önemlidir. Çizelge 3.6’da bu tez çerçevesinde lojistik ve coğrafi açıdan santrallerin kurulması noktasında alanların belirlenme kriterleri sunulmuştur.

Çizelge 3.6. Bir santralin kurulabileceği alanlar için lojistik kriterler (Kırcalı, 2019)

Lojistik	Trafolarla olan uzaklık(m)	0 - 3 000	Çok uygun
		3 001 - 5 000	Uygun
		5 001 - 10 000	Az uygun
	Yerleşim alanlarına olan uzaklık (m)	0 - 1 000	Çok uygun
		1 001 – 2 000	Uygun
		2 001 – 5 000	Az uygun
	Yollara olan uzaklık (m)	0 - 1 000	Çok uygun
		1 001 - 2 000	Uygun
		2 001 - 4 000	Az uygun

Çizelge 3.6’da sunulmuş olan özelliklere göre Şekil 3.7’de lojistik ana kriterine göre santrallerin kurulabileceği bölgelere ait harita sunulmuştur. Santral simülasyonu bu bölgelerde belirteçle gösterilen alanlarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Simülasyonların gerçekleştirildiği alanlar için

3.3. Ekonomik Analiz

Bu başlık altında ekonomik analizler gerçekleştirilirken kullanılmış olan metodoloji detaylı bir şekilde sunulmuştur.

3.3.1. Fotovoltaik sistem ilk yatırım maliyetleri

Bir fotovoltaik santral kurulumu gerçekleştirilirken birçok farklı faktör göz önünde bulundurulur. Ve bu faktörlere göre de santralin ilk yatırım maliyeti değişkenlik gösterebilir. İlk yatırım maliyetini oluşturan parametreler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur (IRENA, 2022).

Fotovoltaik paneller: Güneş enerjisi santralinde kullanılacak panellerin maliyeti, tesisin ilk yatırım maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturur. Panellerin maliyeti panel türüne ve seçilen marka/model kalitesine bağlı olarak değişebilir.

Yapısal montaj sistemi: Panellerin kurulması için kullanılacak yapısal montaj sistemi de önemli bir maliyettir. Bu sistemler panellerin desteklenmesi, montajı ve güneş enerjisi santralinin temeli için kullanılır.

İnvertörler: Güneş enerjisi panellerinden gelen doğru akımı, evlerde kullanılan alternatif akıma dönüştüren invertörler de yüksek maliyetli bileşenlerdir. İnvertörlerin maliyeti, güç çıkışı ve marka/model gibi faktörlere göre değişebilir.

Elektrik altyapısı: Güneş enerjisi santrali, elektrik dağıtım şebekesine bağlanmalıdır. Bu nedenle, santralde kullanılacak elektrik altyapısı (transformatörler, elektrik hatları vb.) da maliyetin önemli bir kısmını oluşturur.

Topraklama sistemi: Santralin topraklama sistemi, işletme güvenliği için önemlidir. Topraklama sisteminin maliyeti, santralin boyutuna ve zemin koşullarına göre değişebilir.

İzinler ve lisanslar: Bir güneş enerjisi santralının kurulumu için, yerel idarelerden izinler ve lisanslar almak gerekebilir. Bu maliyetler, ülkeye ve santralin boyutuna göre değişebilir.

Proje yönetimi: Güneş enerjisi santralının kurulumu, yönetimi ve denetimi için proje yönetimi maliyetleri de hesaba katılmalıdır.

Yukarıda verilmiş olan maddeler göz önüne farklı teknolojiler için ilk yatırım maliyetleri belirlenmiştir. Bu maliyetler 1MWp gücünde farklı teknolojiler için Çizelge 3.7’de sunulmuştur (IRENA, 2022).

Çizelge 3.7. Fotovoltaik sistem ilk yatırım maliyetleri

Kadmiyum	₺13 255 813
Monokristal	₺15 200 000
Polikristal	₺14 493 023
Mono-Bifacial	₺17 320 930
Poli-Bifacial	₺18 911 628

3.3.2. Fotovoltaik sistem işletme bakım giderleri

Bir santral için ilk yatırım maliyetinin yanında işletme bakım maliyetleri de oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu maliyetleri oluşturan parametreler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur (IRENA, 2022).

Personel Giderleri: Bir güneş enerjisi santralının işletmesi için personel giderleri önemli bir maliyet kalemidir. Bu giderler, işletme ve bakım ekipleri, yönetim personeli ve güvenlik personeli gibi farklı pozisyonlardan kaynaklanabilir.

Yakıt Giderleri: Güneş enerjisi santrallerinde yakıt giderleri bulunmaz, çünkü güneş enerjisi kaynağından üretilen elektrik için yakıt tüketimi gerekmez.

Bakım ve Onarım Giderleri: Güneş enerjisi santralleri, düşük bakım ve onarım maliyetleri ile bilinir. Ancak, periyodik bakım, ekipman onarımı, panel değişimi, inverter değişimi, kablolama işleri gibi bazı bakım ve onarım giderleri bulunabilir.

Sigorta Giderleri: Güneş enerjisi santralleri, doğal afetler, hırsızlık, yangın, yıldırım ve diğer risklerden korunmak için sigorta yaptırmak zorundadır.

Finansman Giderleri: Güneş enerjisi santralleri için finansman giderleri, yatırım maliyetleri, faiz oranları, kredi geri ödeme planları ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir.

Diğer Giderler: Güneş enerjisi santrallerinin işletme maliyetleri arasında, diğer giderler de bulunabilir. Bunlar arasında lisans ve izin ücretleri, yerel vergiler, toprak kiralaması, ölçüm ve test giderleri gibi kalemler yer alabilir.

Farklı teknolojiler için işletme bakım maliyetleri tespit edilmiştir. Bu maliyetler bir yıllık ve 1MWp gücünde farklı teknolojiler için Çizelge 3.8’de sunulmuştur (IRENA, 2022).

Çizelge 3.8. Fotovoltaik sistem işletme bakım maliyetleri

Kadmiyum	£304 000
Monokristal	£311 600
Polikristal	£343 900
Mono-Bifacial	£389 500
Poli-Bifacial	£389 500

3.3.3. Fotovoltaik sistemler için yasal mevzuat ve elektrik satış fiyatı

12/5/2019 tarihli ve 30772 sayılı yönetmelikte “Mahsuplaşma” ifadesi “Belirli bir zaman dilimi içinde gerçekleşen, üretim ve tüketimin birbirinden düşülmesi sonucu kWh cinsinden net üretim veya net tüketim değerinin bulunması işlemi” tanımlamaktadır. Aynı yönetmeliğin 24. fıkrasının “a” bendinde “Tüketim tesisi ile

aynı yerde kurulu üretim tesisinde ya da tesislerinde üretilerek her fatura döneminde şebekeye verilen net elektrik enerjisi ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi olarak görevli tedarik şirketi tarafından ilgisine göre belirlenen fiyattan, YEKDEM kapsamında değerlendirilmek üzere on yıl süreyle satın alınır” ibaresi bulunmaktadır. Bu ifadeler kapsamında bir tüketim tesisi elektrik enerjisi tükettiği noktada elektrik enerjisini üretip fazlasını da mahsuplaşma usulü 10 yıl süre satabilmektedir. Mahsuplaşma usulü elektrik satışı yapan firmalarda elektriğin satış fiyatları alım fiyatları ile aynıdır. Bu fiyatlar EPDK’nın internet sitesinde düzenli olarak yayınlanmaktadır (EPDK, 2023).

Bu çalışma için, Çizelge 3.9’da sunulmuş olan EPDK tarife tablosundan “İletim Sistemi Kullanıcıları” alt alanından “Tüketici” kullanıcıları için “Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli” tarifesi kapsamında elektrik satış fiyatları tespit edilerek gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.9. EPDK tarafından onaylanan ve 1 Ocak 2023 tarihinden itibaren uygulanacak faaliyet bazlı tarifeler (EPDK, 2023)

	EPDK Tarafından Onaylanan ve 1 Ocak 2023 Tarihinde			
	1/1/2023	Faaliyet Bazlı Tüketici Tarifeler		
İletim Sistemi Kullanıcıları	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli
	Tüketici	306.1338	310.0554	497.4675
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli
	Orta Gerilim			
	Çift Terimli			
	Sanayi	295.6209	299.4085	480.4840
	Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer	274.6910	277.6525	447.2829
	Mesken	156.7637	159.7546	268.6899
	Tarımsal Faaliyetler	166.6156	168.5521	279.0882
	Aydınlatma	252.1772		

3.3.4. Kullanılan denklemler

Analizde üretilen elektrik satışı sonucu elde edilen net gelir Denklem (3.27) yardımıyla hesaplanmıştır. Yıllık net gelir ise Denklem (3.28) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$AG = AEU \times PTZEB \quad (3.27)$$

$$YG = \sum_{n=1}^{n=12} AG \quad (3.28)$$

Denklem (3.27) ve (3.28) 'de "AG" aylık net gelir değerini TL olarak ifade etmektedir. "AEÜ" ise aylık elektrik üretim değerini temsil etmektedir. Bu elektrik üretim değerleri simülasyon sonuçlarından alınmıştır. "PTZEB" ifadesi uygulanan tarife için perakende tek zamanlı enerji bedelini tanımlamaktadır ve Çizelge 4.11'de sunulmuş olan değer baz alınarak hesaplanmıştır. YG değeri ise TL cinsinden yıllık gelir değeridir. Denklem (3.29)'da geri ödeme süresine ait formül verilmiştir.

$$GÖS = \frac{İYM}{YG-IBG} \quad (3.29)$$

GÖS değeri, geri ödeme süresini yıl cinsinden tanımlamaktadır. İYM ifadesi ilk yatırım maliyetini tanımlamakla beraber, Çizelge 3.8'de bulunan değerler baz alınarak hesaplanmıştır. IBG ifadesi ise işletme bakım giderlerini tanımlamaktadır ve Çizelge 3.9'da verilen değerler baz alınmıştır.

Güneş santrallerinde ekonomik analiz gerçekleştirilirken geri ödeme süresi kadar sistemin ömrü boyunca üreteceği elektrik miktarı da oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışma kapsamında 30 yıla ait yıllık elektrik üretim verileri SAM yazılımı arayüzünden alınarak Denklem (3.30) kullanılarak 30 yıllık elde edilen gelir hesaplanmıştır.

$$TG = \sum_{n=1}^{n=30} YG - \sum_{n=1}^{n=30} IBG \quad (3.30)$$

Bu denklemde TG otuz yıllık toplam gelir değerini ifade etmektedir. Yapılan ekonomik analiz hesaplamalarında aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Elektrik tüketime ihmal edilmiştir.
- Üretilen tüm elektrik şebekeye satılmıştır.
- Elektrik satış fiyatları tüm yıllar için sabit kabul edilmiştir.
- İlk yıl için verim kayıpları ihmal edilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

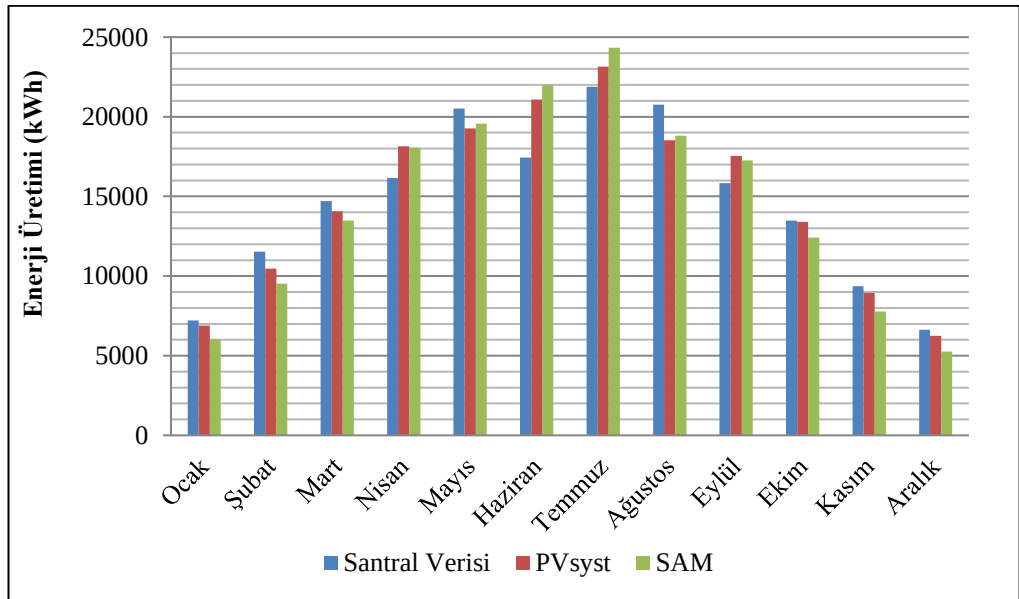
Bu başlık altında, materyal ve yöntem başlığı altında sunulmuş olan metodoloji kapsamında aşağıda belirtilen sıralama ile bulgular sunulmuştur.

- Doğrulama çalışmasına ait bulgular
- Simülasyon çalışmalarına ait bulgular
- Ekonomik analiz çalışmalarına ait bulgular

4.1. Doğrulama Çalışmasına Ait Bulgular

PVsyst ve SAM programı kullanılarak yapılan simülasyonlar sonucunda aylık ve yıllık olarak elde edilen elektrik üretim değerleri, aylık ve yıllık bazlarda santralden alınan gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.1’de PVsyst, SAM ve santral elektrik üretim verilerinin karşılaştırılması grafik halinde sunulmuştur. PVsyst verisi ile santral verisinin birbirine en yakın olduğu ayın Ekim ayı olduğu ve iki veri arasında yaklaşık 73 kWh değerinde bir elektrik üretim farkı olduğu hesaplanmıştır. İki veri arasındaki farkın en büyük olduğu ay ise Haziran ayı olarak gerçekleşmiştir. Bu ayda iki veri arasındaki fark 3 630 kWh olarak hesaplanmıştır.

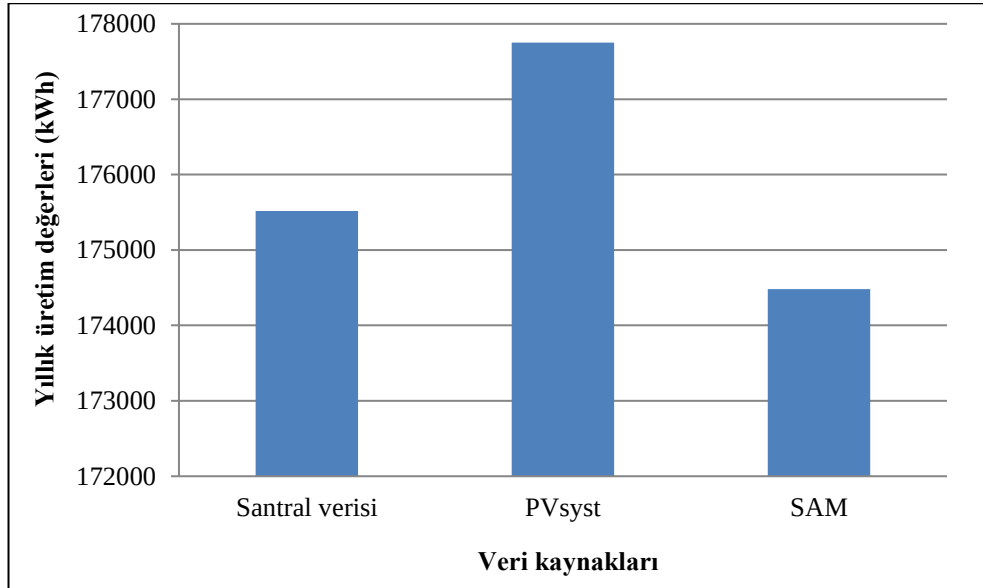


Şekil 4.1. Aylık PVsyst-SAM ve santral verisi grafiği

Santral verilerinin SAM yazılımından alınan üretim verileri ile birbirine en yakın olduğu ayın Mayıs ayı olduğu ve iki veri arasında yaklaşık 947 kWh değerinde bir elektrik üretim değeri farkı olduğu hesaplanmıştır. Veriler arasında gerçekleşen en büyük farkın Haziran ayında meydana geldiği ve bu ayda iki veri arasındaki farkın 4 530 kWh olduğu hesaplanmıştır.

Genel olarak incelendiğinde Nisan ayında PVsyst ve SAM yazılımlarından alınan elektrik üretim değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve 79 kWh değerinde bir elektrik üretim farkı gerçekleştiği hesaplanmıştır. Temmuz ve Kasım aylarında ise yazılımlar arasında elektrik üretim farkının en yüksek olduğu ve bu farkın 1 180 kWh olarak gerçekleştiği hesaplanmıştır.

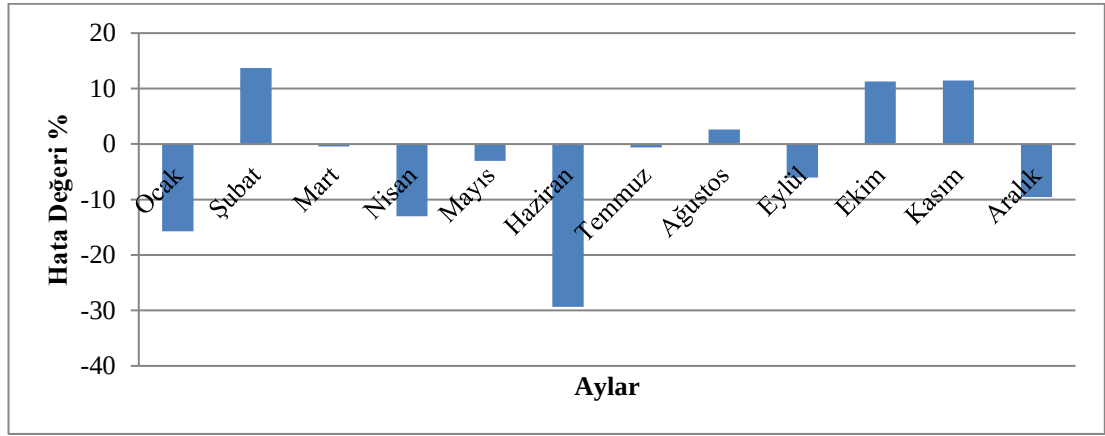
Yazılımlara ait olan yıllık toplam elektrik üretim değerleri ile santralin toplam yıllık elektrik üretimi Şekil 4.2’de sunulmuştur. Santralin yıllık toplam elektrik üretimi 175 515 kWh, SAM yazılımıyla yapılan simülasyon sonucunda elektrik üretimi 174 481 kWh ve PVsyst simülasyonu sonucunda elektrik üretimi 177 750 kWh olarak gerçekleşmiştir. Yıllık hata değerlerinin PVsyst yazılımı için %3.44, SAM yazılımı için ise %0.60 olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.2. PVsyst, SAM ve santral verisi yıllık üretim değerleri

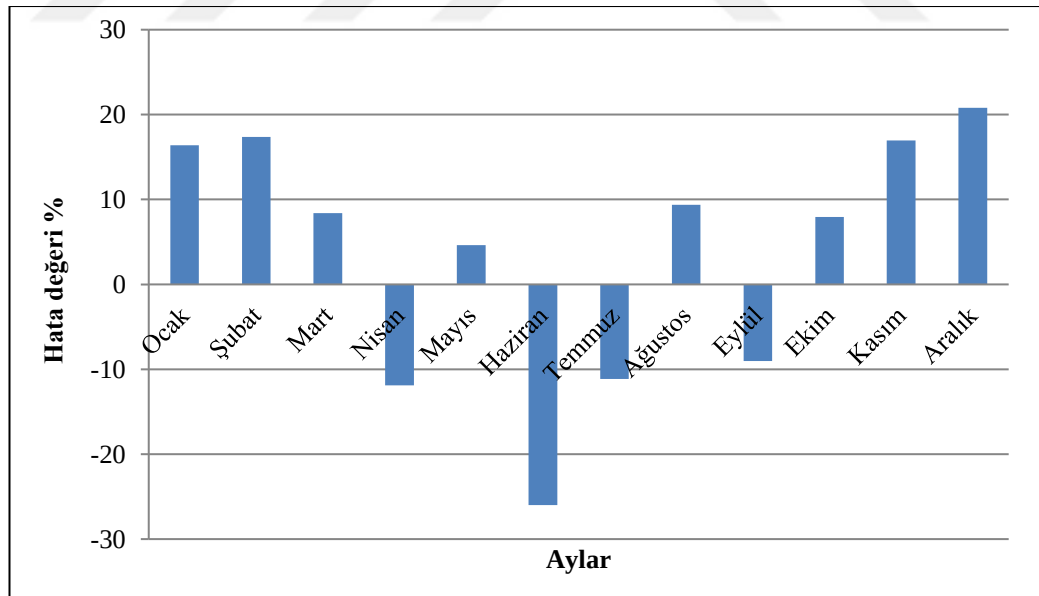
PVsyst yazılımından alınan veriler değerlendirildiğinde santral değerlerinden sapma oranları aylık olarak Şekil 4.3’de verilmiştir. Oranlar değerlendirildiğinde yaklaşık

olarak hata oranları mart ve temmuz aylarında %0.42 ve %0.60, eylül ve ekim aylarında %11.30, olarak görülmüştür.



Şekil 4.3. PVsyst yazılımının santral değerlerine göre aylık sapma oranı

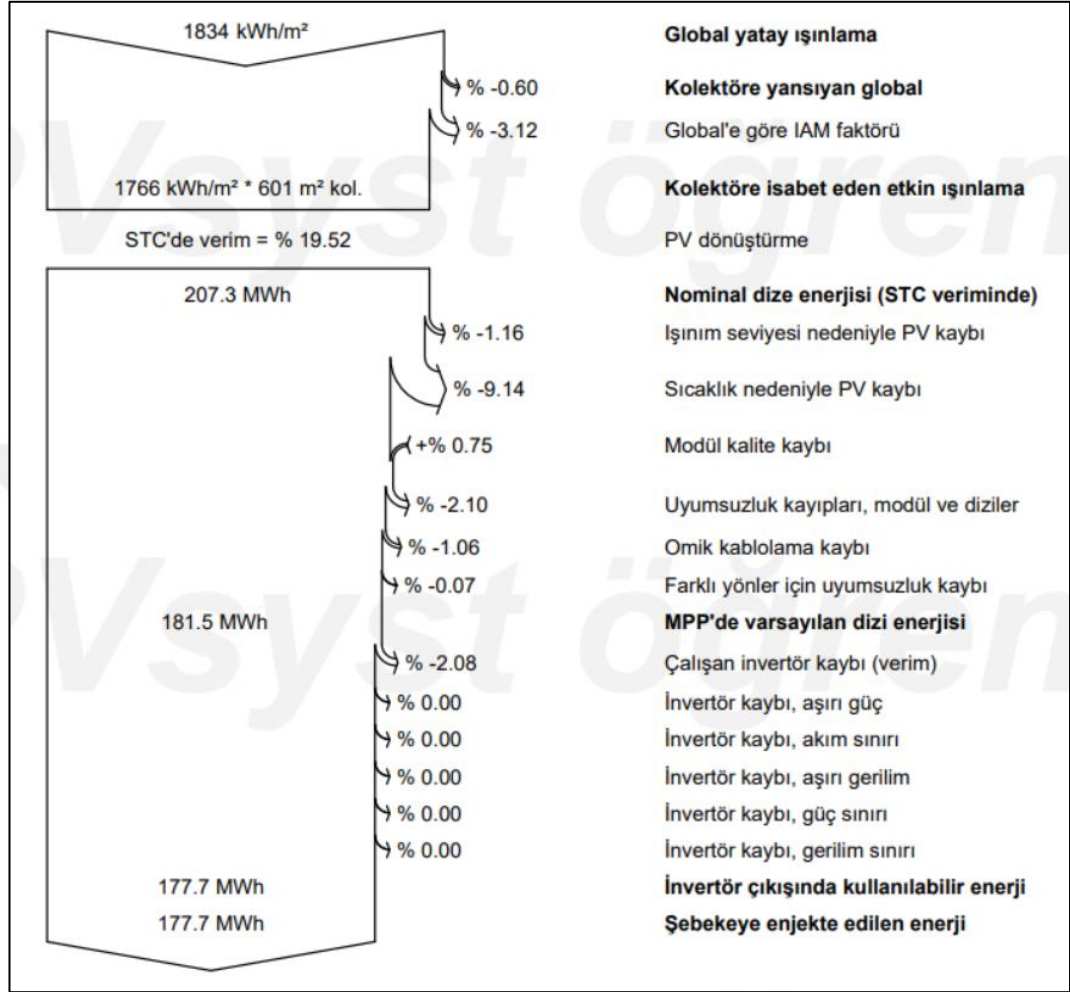
SAM yazılımından alınan veriler değerlendirildiğinde santral değerlerinden sapma oranları aylık olarak Şekil 4.4’de verilmiştir. Oranlar değerlendirildiğinde yaklaşık olarak sapma oranları mayıs ayı için %4.62, mart ve ekim aylarında %8.39 ve % 7.95 ve haziran ayı için %26.00 olarak görülmüştür.



Şekil 4.4. SAM yazılımının santral değerlerine göre aylık sapma oranı

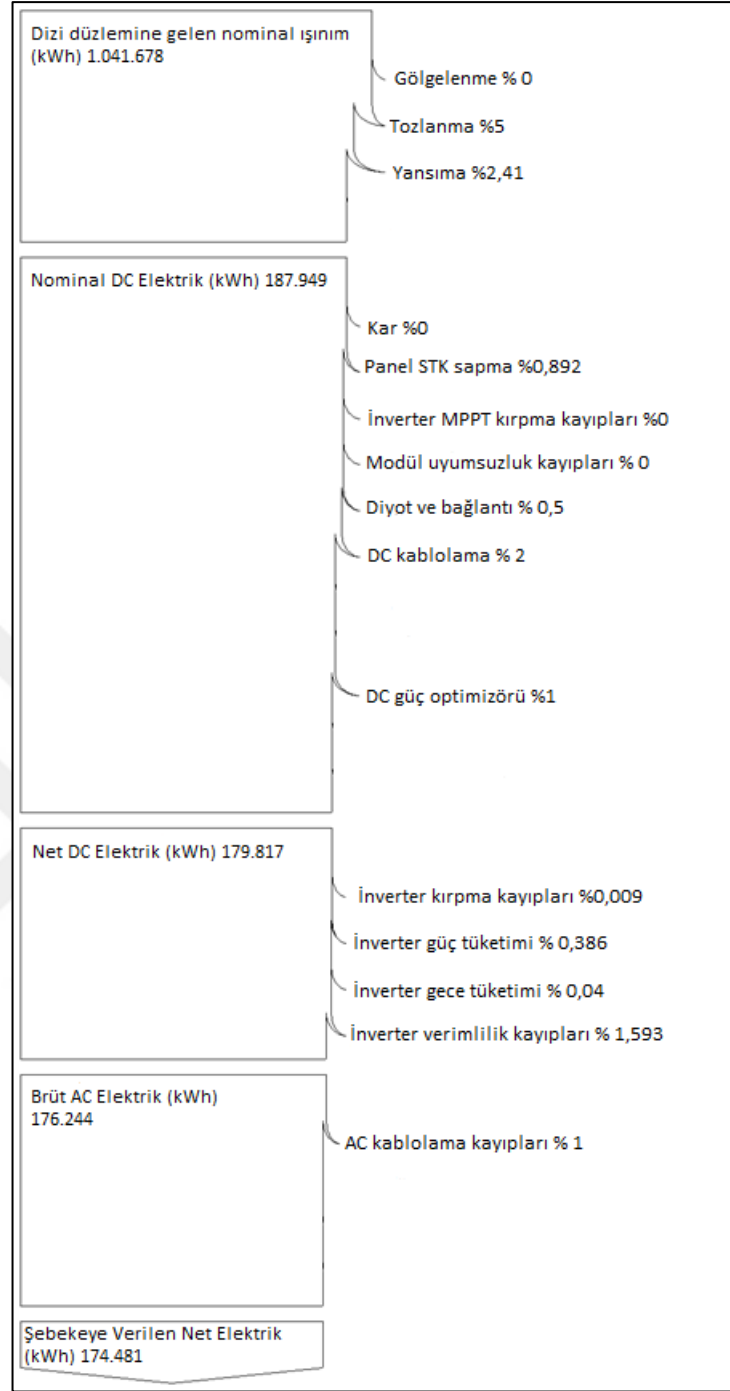
Şekil 4.5’de PVsyst yazılımında gerçekleştirilen simülasyona ait kayıp diyagramı sunulmuştur. Burada kayıpların özellikle nominal dize enerjisinde meydana geldiği ve toplam kayıp oranının yaklaşık olarak %20.00 değerinde olduğu görülmektedir.

Kayıplar çıkarıldığında üretilen net enerji değeri yaklaşık olarak 177.7 MWh olarak gerçekleştiği hesaplanmıştır.



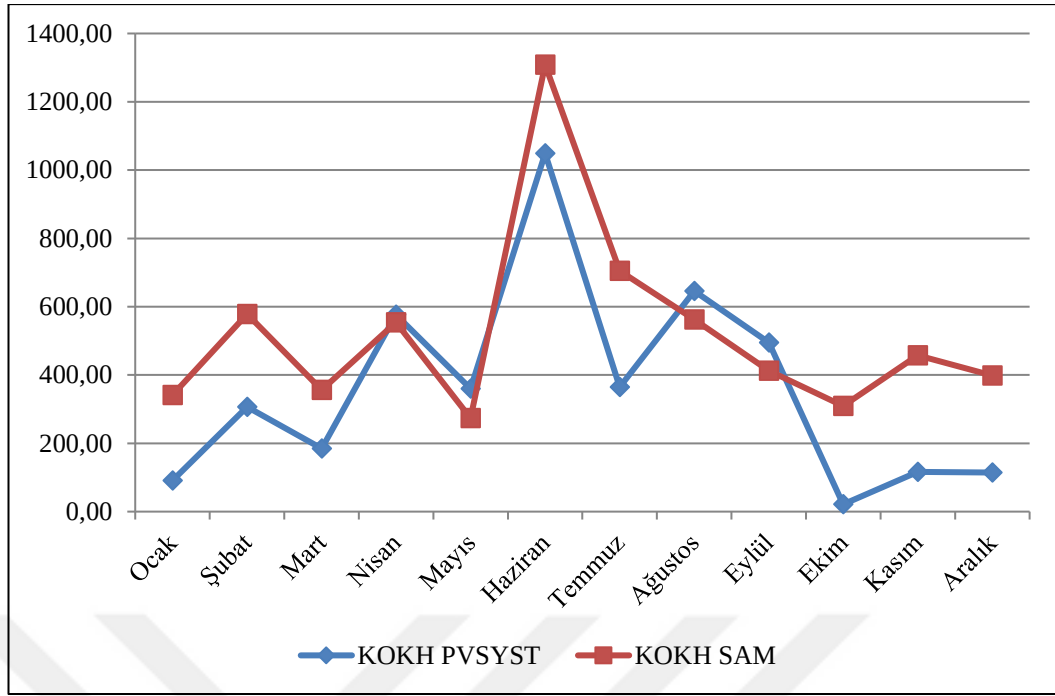
Şekil 4.5. PVsyst yazılımı için kayıp diyagramı

Şekil 4.6'da SAM yazılımında gerçekleştirilen simülasyona ait kayıp diyagramı sunulmuştur. Toplam kayıp oranının yaklaşık olarak %15.00 olduğu, şebekeye verilen elektrik enerjisi değerinin 174.50 MWh olarak hesaplandığı ve özellikle panel yüzeyine gelen nominal ışınlam değerinde kayıpların olduğu görülmektedir.



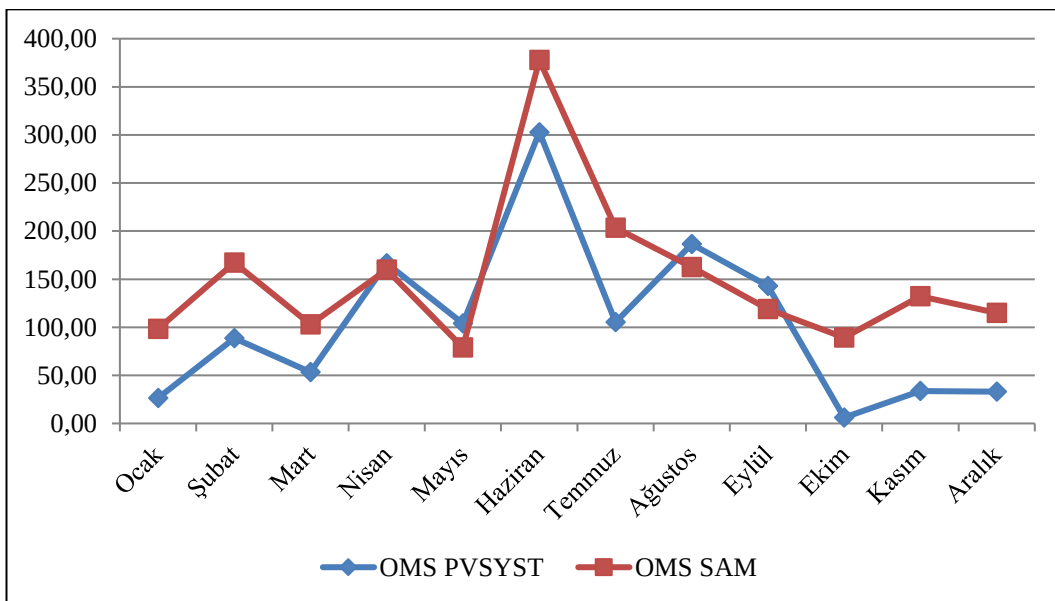
Şekil 4.6. SAM yazılımı için kayıp diyagramı

Şekil 4.7’de PVsyst ve SAM yazılımlarına ait KOKH analiz yöntemine ait veriler verilmektedir. Burada santral verilerinden hata değerlerinin nisan, mayıs ve ağustos aylarında SAM yazılımı için daha düşük olduğu diğer tüm aylarda PVsyst yazılımının daha az hata değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Yıllık sapma değerinin SAM yazılımı için 298.69 ve PVsyst yazılımı için 644.94 olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. PVsyst ve SAM simülasyonları için gerçek üretim değerlerine göre KOKH sonuçları

Şekil 4.8’de SAM ve PVsyst yazılımlarına ait OMS analiz yöntemine ait veriler verilmektedir. Burada santral verilerinden sapma değerlerinin nisan, mayıs, ağustos ve eylül aylarında SAM yazılımı için daha düşük olduğu diğer tüm aylarda PVsyst yazılımının daha az sapma değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Yıllık sapma değerinin SAM yazılımı için 86.23 ve PVsyst yazılımı için 186.18 olduğu hesaplanmıştır.

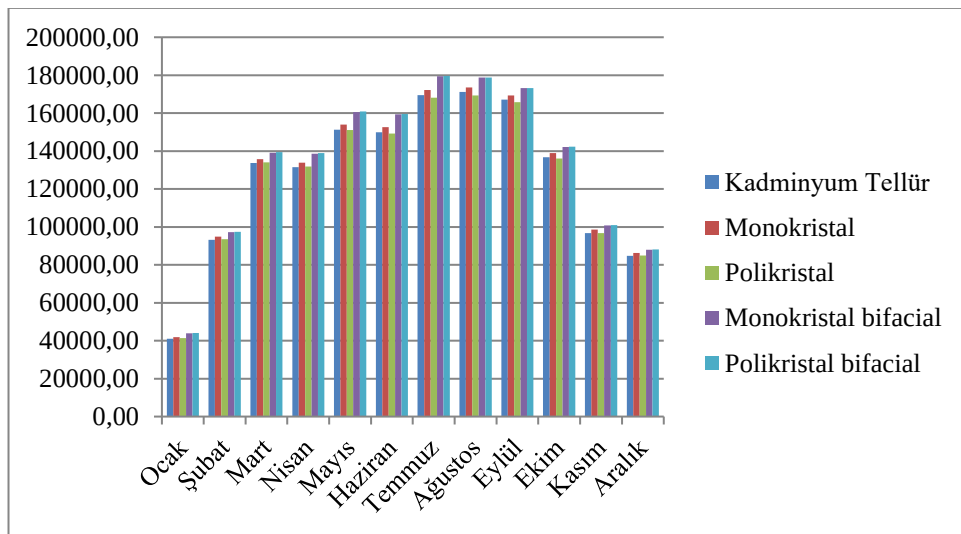


Şekil 4.8. PVsyst ve SAM simülasyonları için gerçek üretim değerlerine göre OMS sonuçları

4.2. Simülasyon Çalışmalarına Ait Bulgular

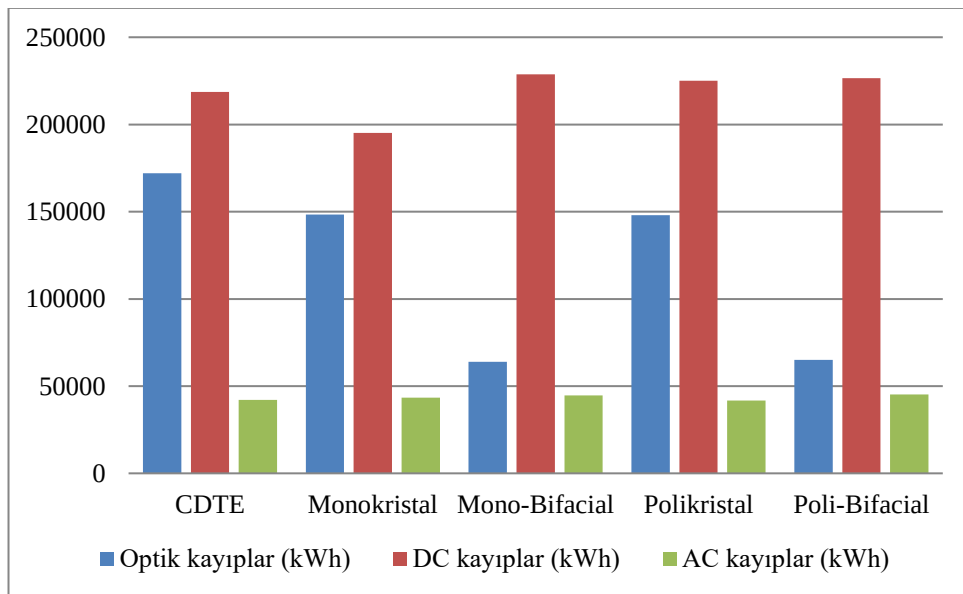
Antalya iline ait tüm ilçeler için daha önce verilen sistem tasarım parametrelerine göre simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon çalışmaları sonucunda bütün ilçelere ait AC elektrik üretim verileri alınmıştır. Bu başlık altında tüm bu veriler grafikler halinde tüm teknolojiler için sunulmuştur.

Akseki: Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verilerine ait grafik Şekil 4.9'da sunulmuştur. Veriler incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıınımda gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 41 017 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri temmuz ayında gerçekleşmiştir ve bu teknolojiler arasında en yüksek elektrik üretiminin gerçekleştiği panel türü 173 550 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri temmuz ayında gerçekleşmiş aralarından 179 615 kWh üretim değeri ile polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.9. Akseki farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Akseki ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.10'da sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 171 991 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 63 934 kWh Mono-Bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 228 722 kWh ile Mono-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 195 228 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 45 175 kWh ile Poli-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 41 778 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 432 644 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 336 719 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 526 693 kWh değeri ile düşük elektrik üretimi olduğu tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 603 353 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin olduğu tespit edilmiştir.

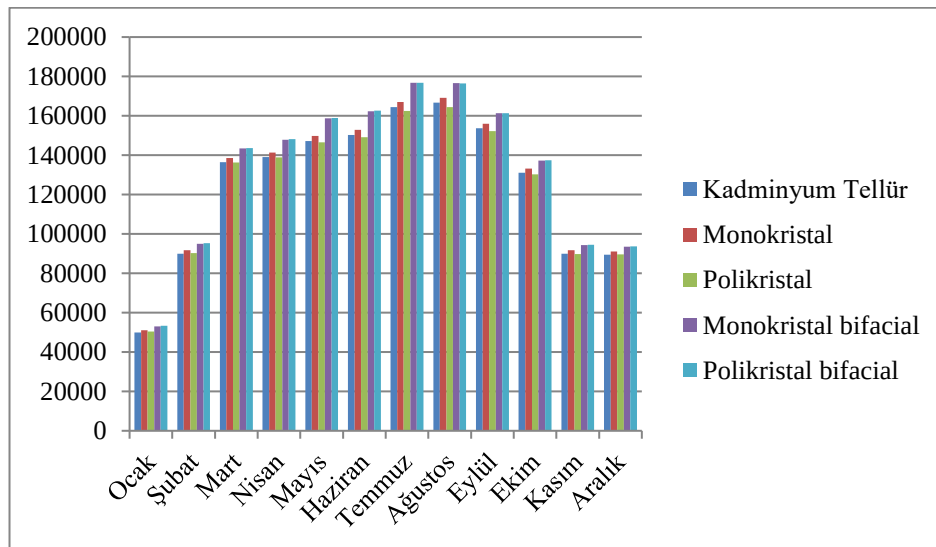


Şekil 4.10. Akseki ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.1. Aksu ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

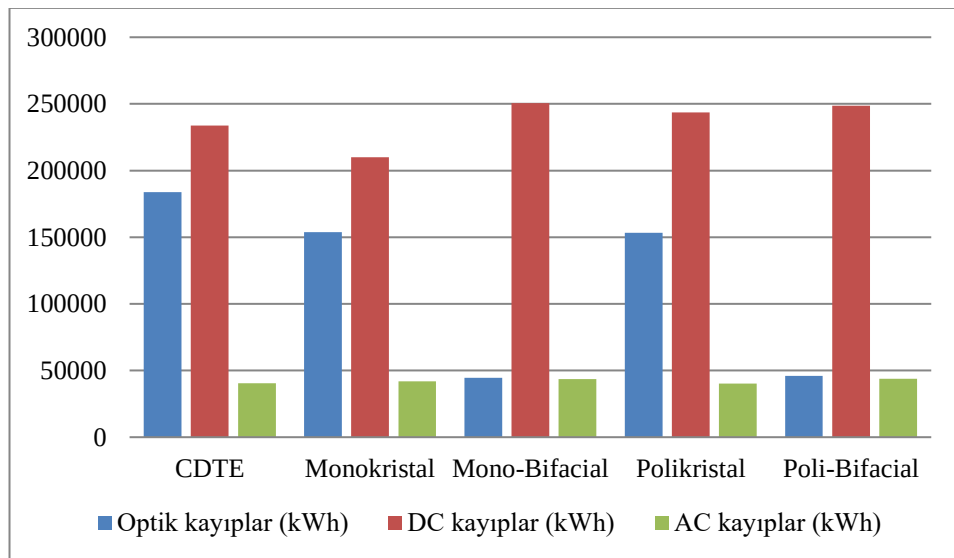
Kadmiyum Tellür	1 526 693
Monokristal	1 551 594
Polikristal	1 522 161
Monokristal bifacial	1 601 089
Polikristal bifacial	1 603 353

Aksu: Aksu ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.11’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 49 960 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Temmuz ayında gerçekleşmiştir ve bu teknolojiler arasında en yüksek elektrik üretiminin gerçekleştiği panel türü 169 118 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Temmuz ayında gerçekleşmiş aralarından 176 806 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.11. Aksu farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Aksu ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.12’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 183 860 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 153 257 kWh ile Polikristal panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 250 636 kWh ile Mono-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 209 996 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 43 938 kWh ile Poli-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 40 126 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 458 187 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 338 594 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 508 068 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 601 954 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

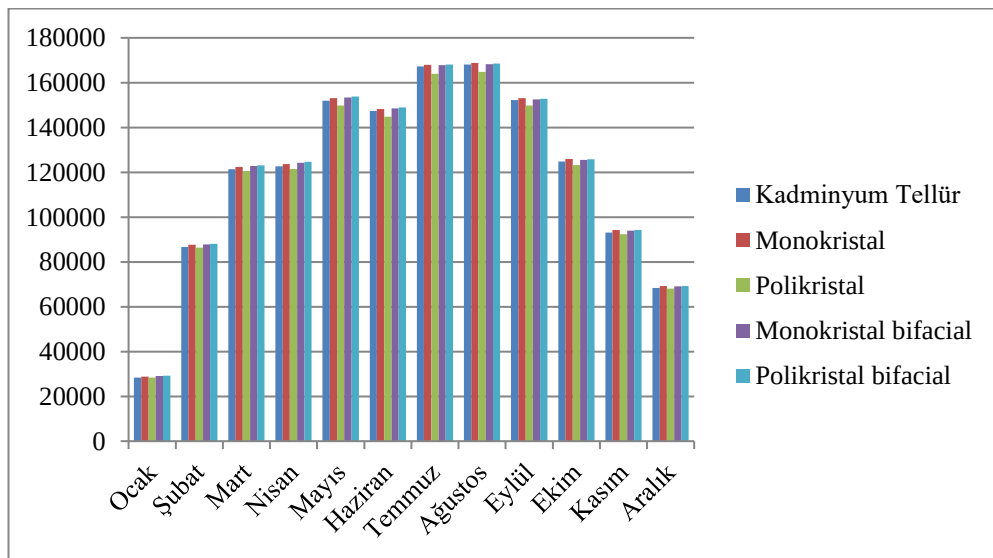


Şekil 4.12. Aksu ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.2. Aksu ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

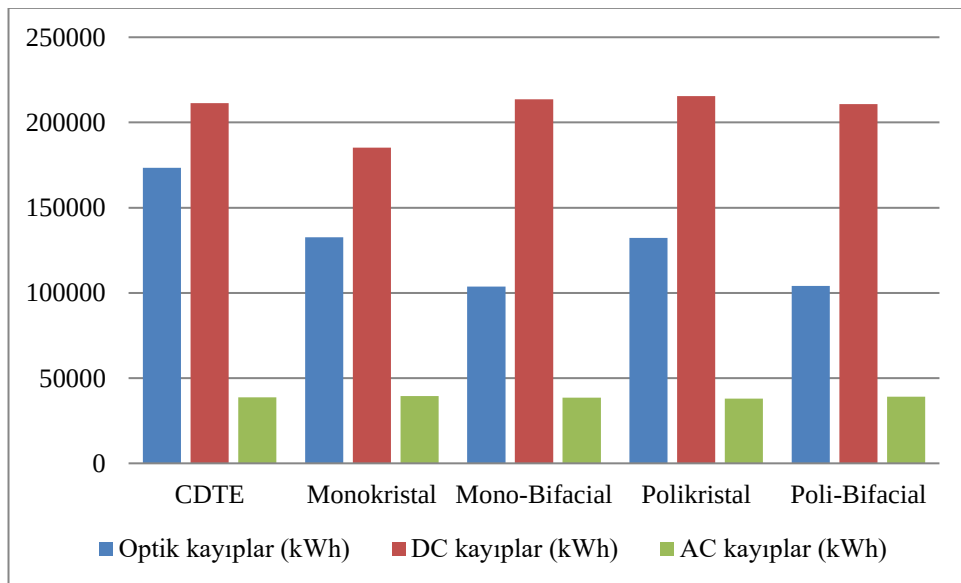
Kadmiyum Tellür	1 508 068
Monokristal	1 533 389
Polikristal	1 500 145
Monokristal bifacial	1 600 253
Polikristal bifacial	1 601 954

Alanya: Alanya ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.13’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 28 338 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiştir ve bu teknolojiler arasında en yüksek elektrik üretiminin gerçekleştiği panel türü 168 872 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 168 518 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir.



Şekil 4.13. Alanya farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Alanya ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.14’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 173 341 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 103 787 kWh ile Mono-Bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 215 383 kWh ile Polikristal panelde, en düşük kayıp değerinin ise 185 248 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 39 539 kWh ile Monokristal panelde, en düşük kayıp değerinin ise 37 919 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 423 337 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 353 825 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.3’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 432 416 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 446 722 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

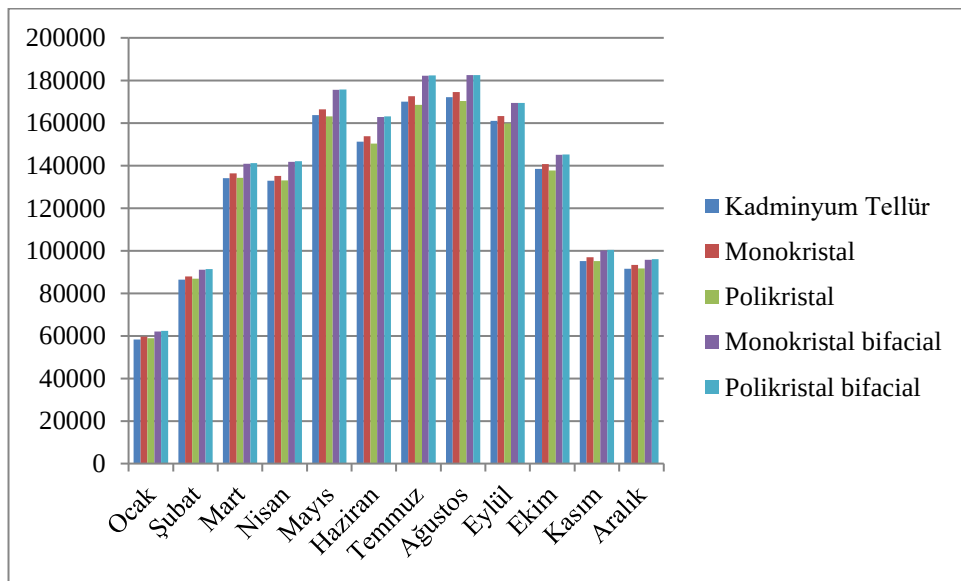


Şekil 4.14. Alanya ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.3. Alanya ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

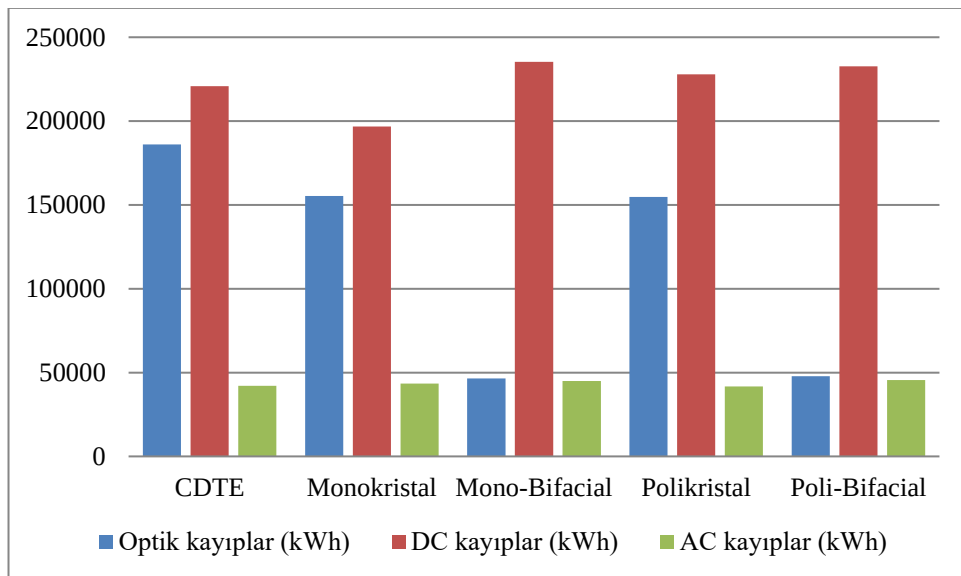
Kadmiyum Tellür	1 432 416
Monokristal	1 443 349
Polikristal	1 413 632
Monokristal bifacial	1 443 059
Polikristal bifacial	1 446 722

Demre: Demre ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.15’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışınmında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 58 351 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 174 504 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 182 513 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.15. Demre farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Demre ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.16’da sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 185 978 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 46 500 kWh ile Mono-Bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 235 273 kWh ile Mono-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 196 751 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 45 530 kWh ile Poli-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 41 773 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 448 967 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 326 122 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.4’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 554 740 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 651 344 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

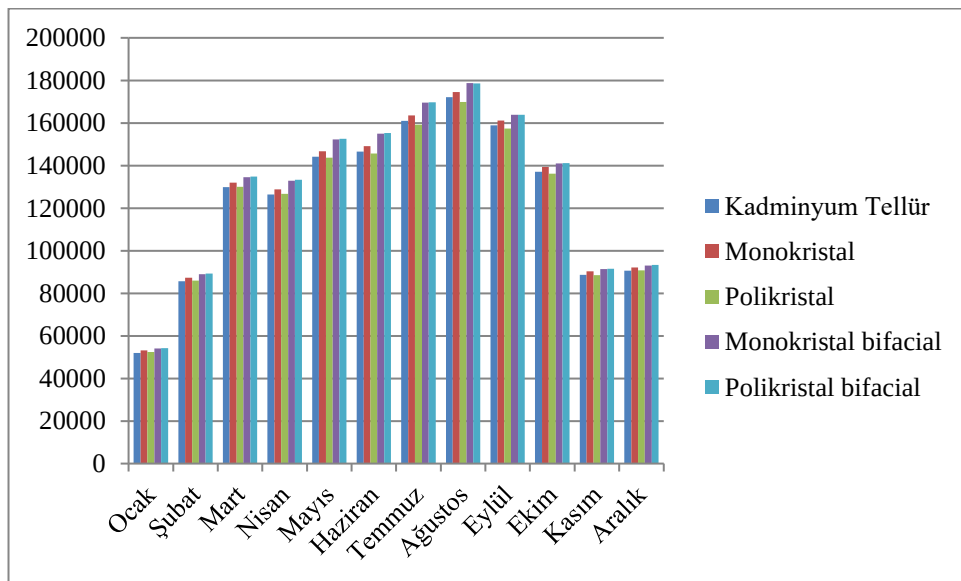


Şekil 4.16. Demre ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.4. Demre ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

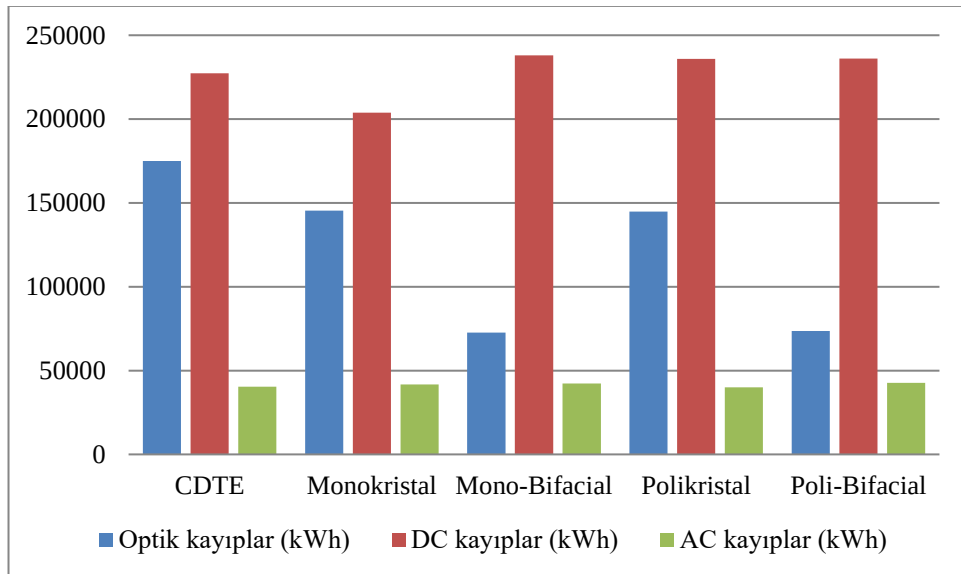
Kadmiyum Tellür	1 554 740
Monokristal	1 580 419
Polikristal	1 549 784
Monokristal bifacial	1 648 988
Polikristal bifacial	1 651 344

Döşemealtı: Döşemealtı ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.17’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 51 978 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 174 516 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 178 690 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.17. Döşemealtı farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Döşemealtı ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.18’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 175 052 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 72 676 kWh ile Mono-Bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 238 040 kWh ile Mono-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 203 874 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 42 731kWh ile Poli-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 40 073 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 442 761 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 352 297 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.5’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 493 219 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 557 587 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

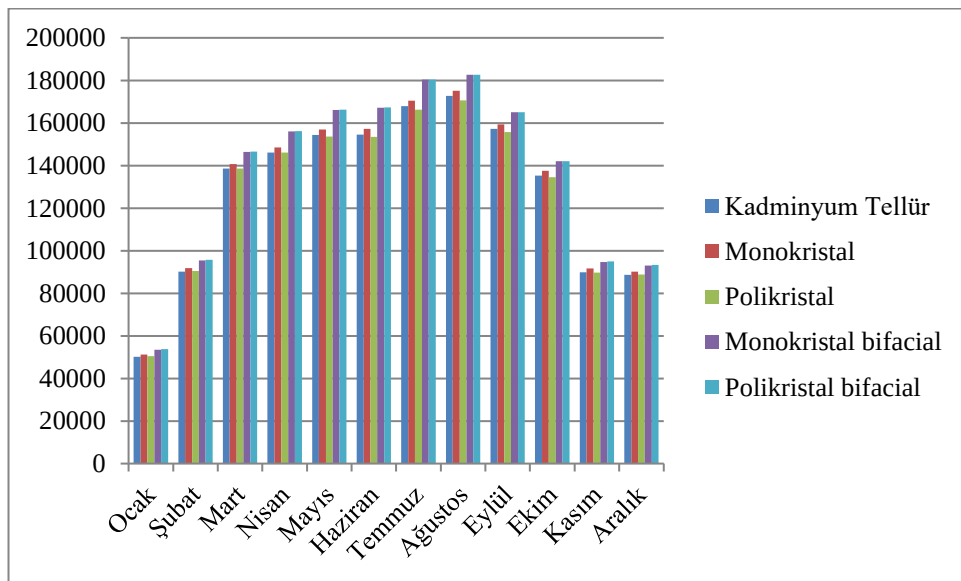


Şekil 4.18. Döşemealtı ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.5. Döşemealtı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

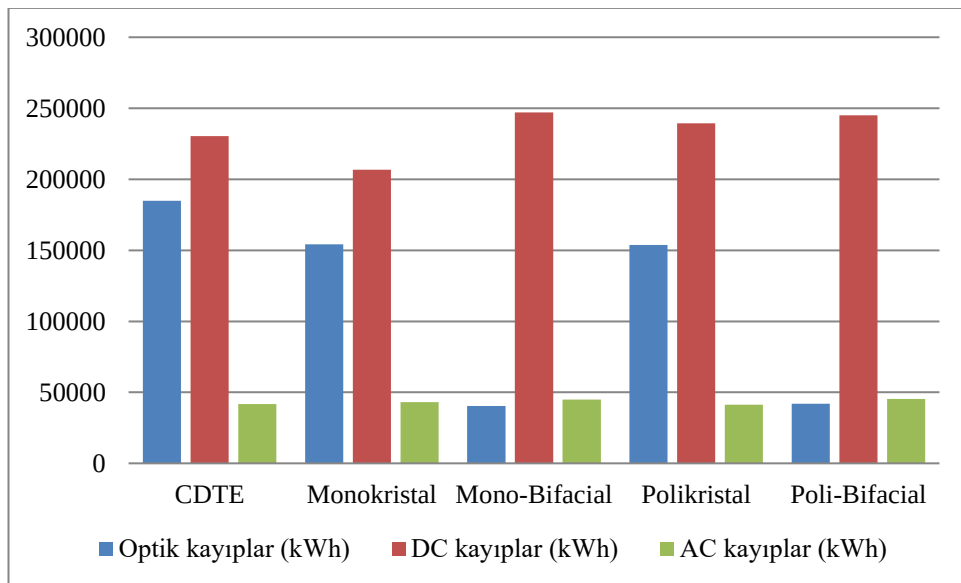
Kadmiyum Tellür	1 493 219
Monokristal	1 518 121
Polikristal	1 486 506
Monokristal bifacial	1 555 300
Polikristal bifacial	1 557 587

Elmalı: Elmalı ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.19’da sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 50 098 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 175 074 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 182 715 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.19. Elmalı farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Elmalı ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.20’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 184 910 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 40 464 kWh ile Mono-Bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 247 057 kWh ile Mono-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 206 670 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 45 278 kWh ile Poli-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 41 356 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 457 050 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 332 259 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.6’da sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 545 666 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 644 304 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

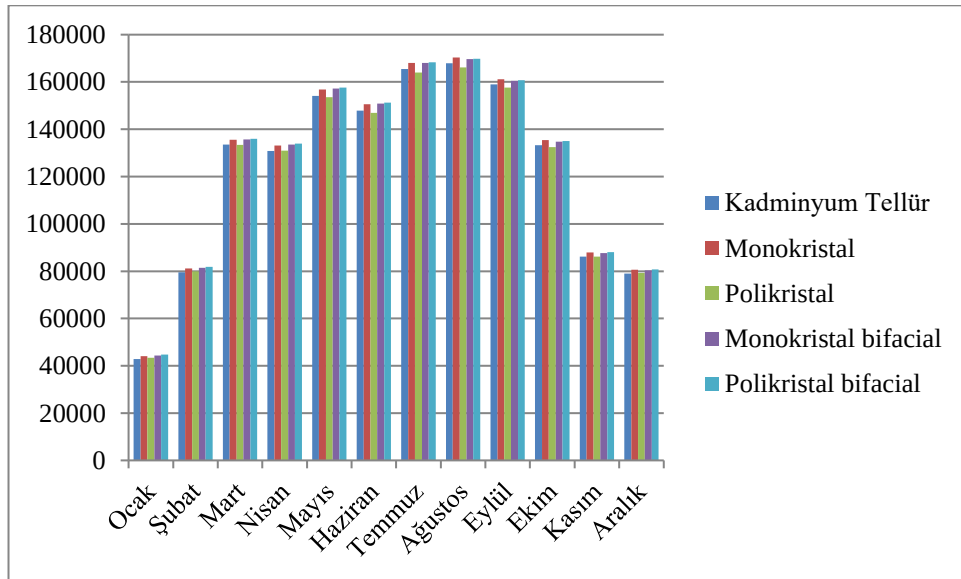


Şekil 4.20. Elmalı ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.6. Elmalı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

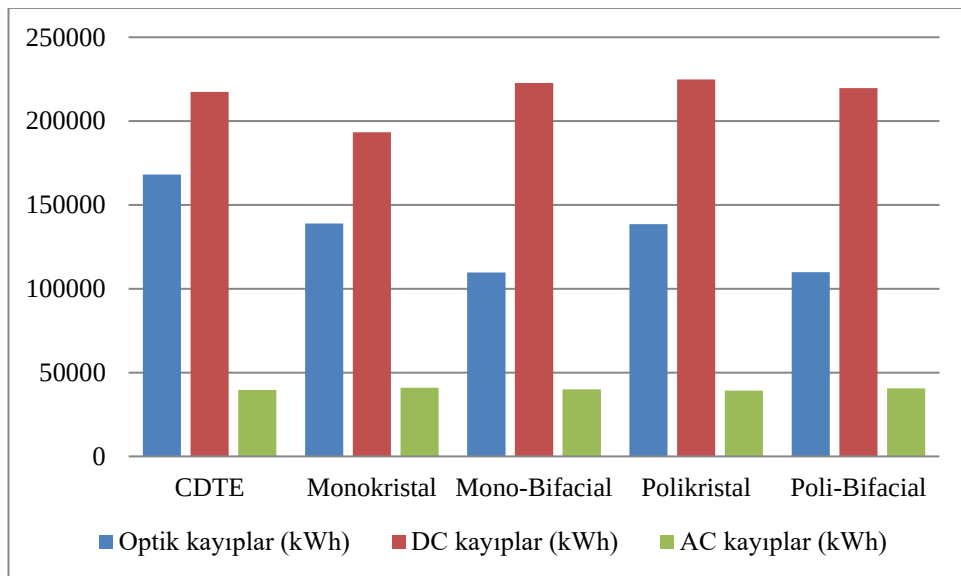
Kadmiyum Tellür	1 545 666
Monokristal	1 570 923
Polikristal	1 538 645
Monokristal bifacial	1 642 584
Polikristal bifacial	1 644 304

Finike: Finike ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.21’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 42 873 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 170 410 kWh üretim değeri ile Monokristal panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 169 814 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir.



Şekil 4.21. Finike farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Finike ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.22’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 168 189 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 109 669 kWh ile Mono-Bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 224 886 kWh ile Polikristal panelde, en düşük kayıp değerinin ise 193 400 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 41 010 kWh ile Monokristal panelde, en düşük kayıp değerinin ise 39 310 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 425 185 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 370 177 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.7’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 479 641 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 507 955 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

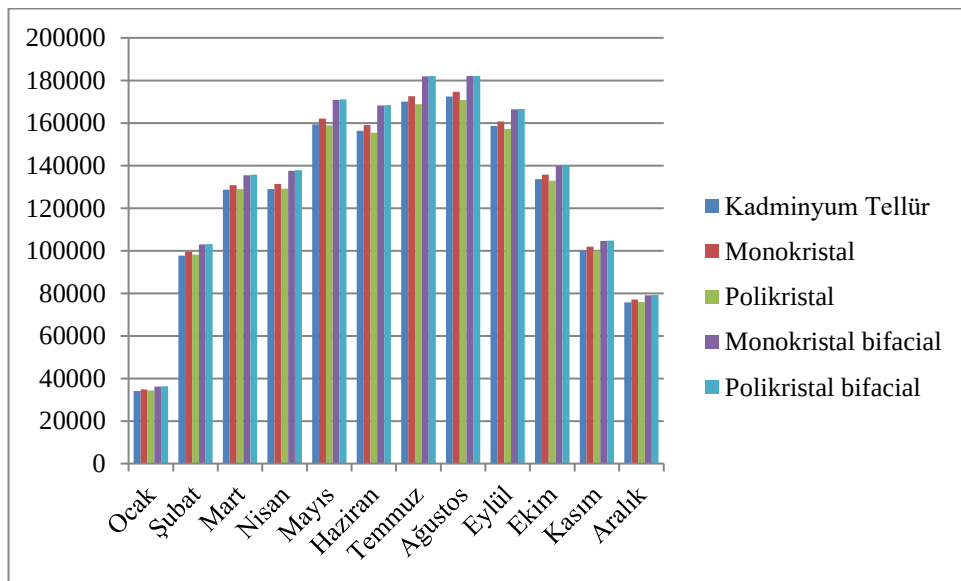


Şekil 4.22. Finike ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.7. Elmalı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

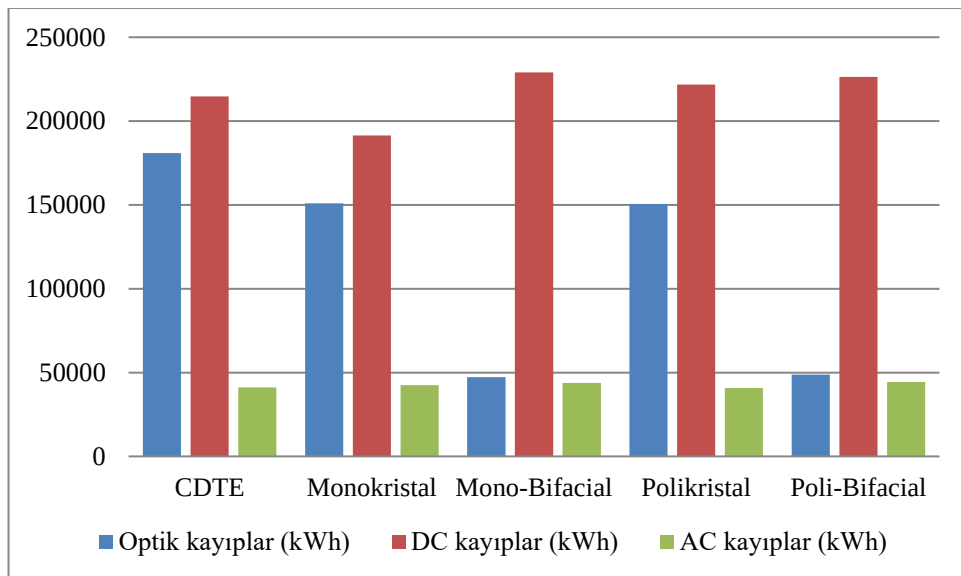
Kadmiyum Tellür	1 479 641
Monokristal	1 505 111
Polikristal	1 474 060
Monokristal bifacial	1 504 184
Polikristal bifacial	1 507 955

Gazipaşa: Gazipaşa ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.23’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ısınmada gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 34 025 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 174 757 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 182 117 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.23. Gazipaşa farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Gazipaşa ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.24’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 180 864 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 47 328 kWh ile Mono-Bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 229 026 kWh ile Mono-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 191 338 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 44 386 kWh ile Poli-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 407 912 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 436 670 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 319 497 kWh ile Poli-Bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 515 593 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-Bifacial panel türünde ise 1 607 167 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

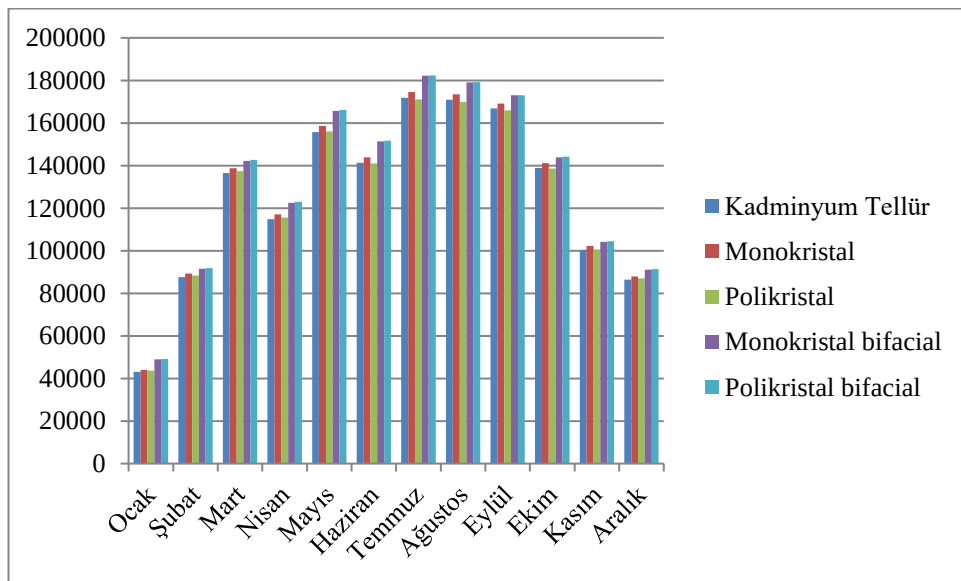


Şekil 4.24. Gazipaşa ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.8. Gazipaşa ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

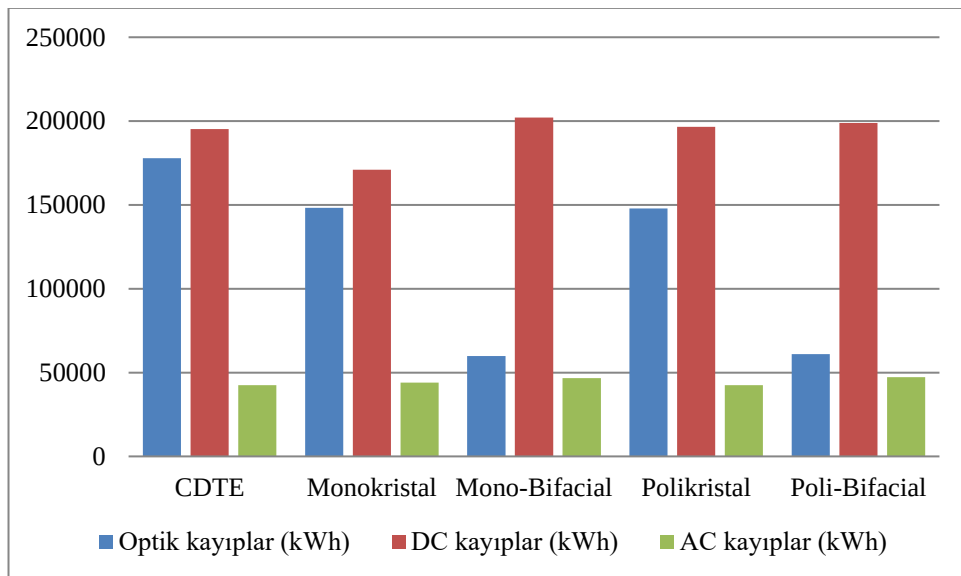
Kadmiyum Tellür	1 515 593
Monokristal	1 540 463
Polikristal	1 510 446
Monokristal bifacial	1 604 781
Polikristal bifacial	1 607 167

Gündoğmuş: Gündoğmuş ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.25’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 43 064 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Temmuz ayında gerçekleşmiş aralarından 174 538 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Temmuz ayında gerçekleşmiş aralarından 182 416 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.25. Gündoğmuş farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Gündoğmuş ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.26’da sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 177 862 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 59 935 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 202 083 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 171 042 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 47 188 kWh ile Poli-Bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 42 468 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 41 5672 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 307 140 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.9’da sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 514 223 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 598 969 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin olduğu tespit edilmiştir.

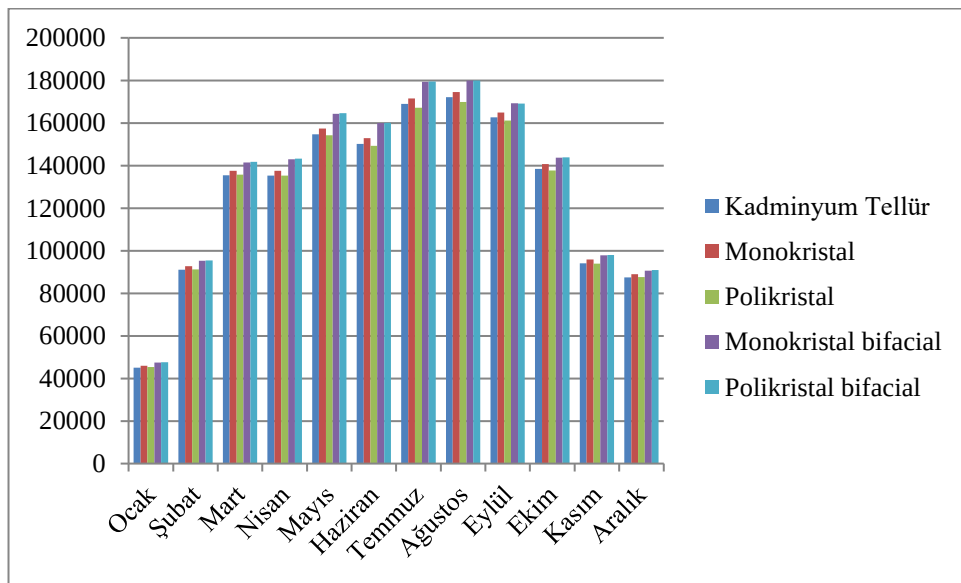


Şekil 4.26. Gündoğmuş ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.9. Gündoğmuş ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

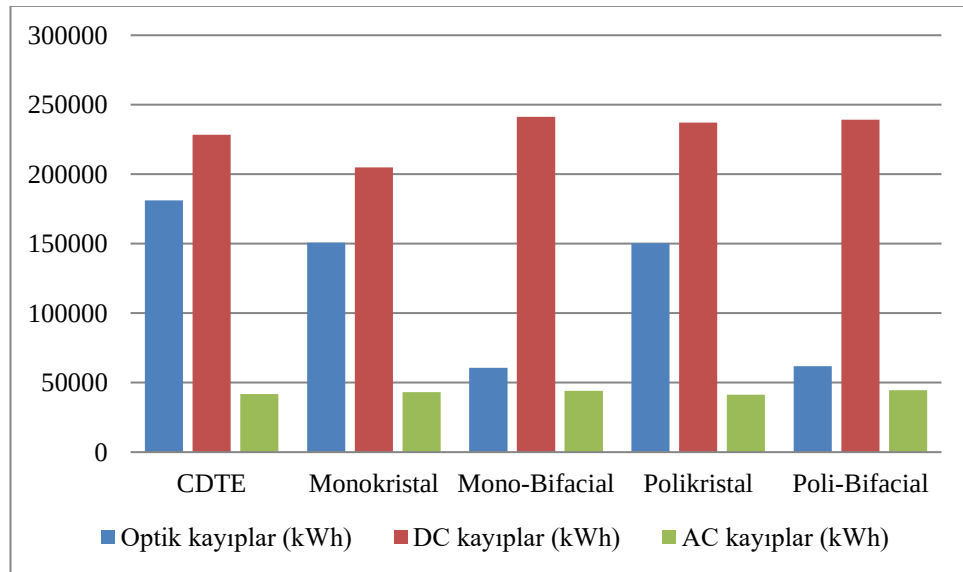
Kadmiyum Tellür	1 514 223
Monokristal	1 539 970
Polikristal	1 514 824
Monokristal bifacial	1 595 785
Polikristal bifacial	1 598 970

İbradi: İbradi ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.27’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 44 983 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 174 464 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 180 016 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.27. İbradi farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

İbradi ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.28’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 181 168 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 60 785 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 241 272 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 204 886 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 44 600 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 41 375 kWh ile polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 451 260 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 345 787 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.10’da sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 535 262 kWh olan düşük bir değer tespit edilmiştir. En düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 614 340.2 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

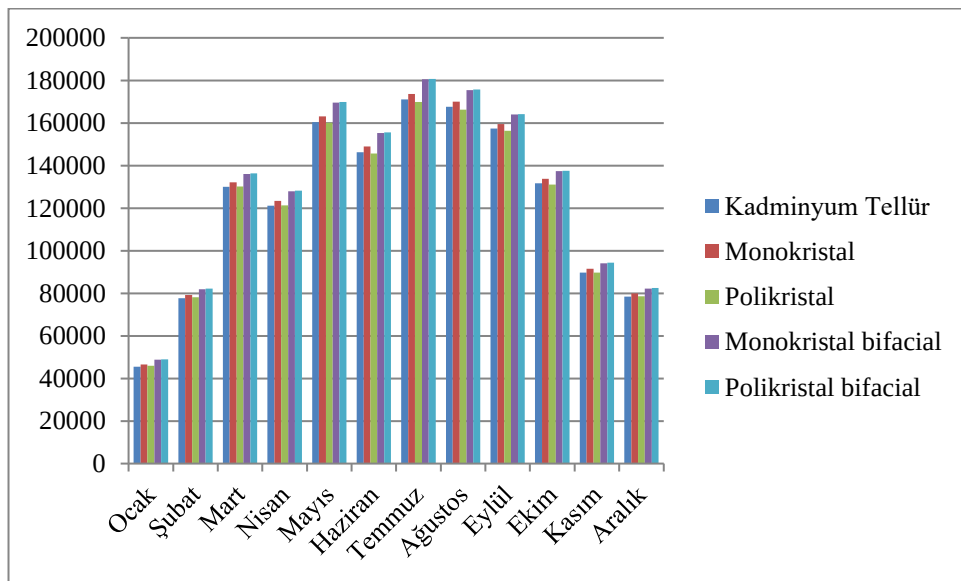


Şekil 4.28. İbradi ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.10. Gündoğmuş ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

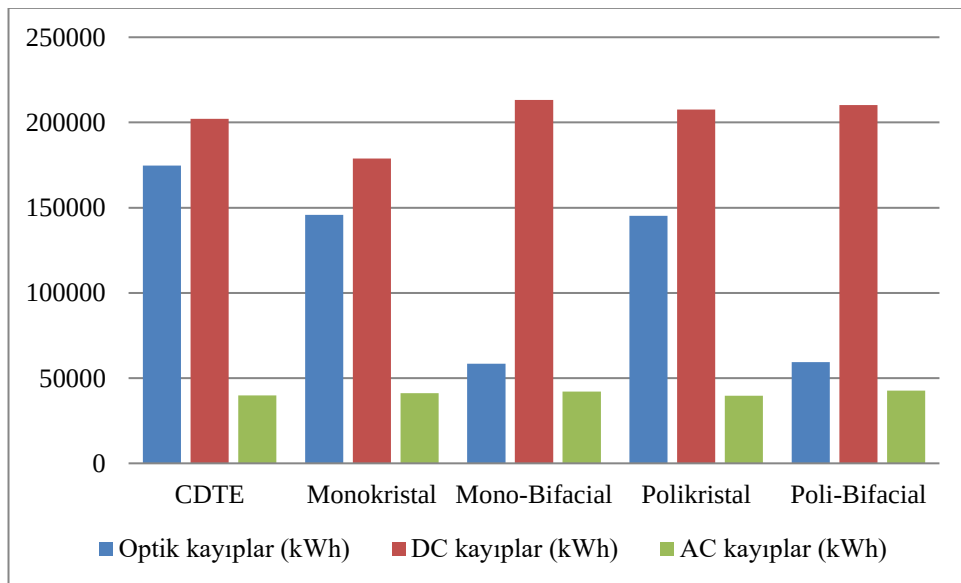
Kadmiyum Tellür	1 535 262
Monokristal	1 560 264
Polikristal	1 528 523
Monokristal bifacial	1 612 302
Polikristal bifacial	1 614 340

Kaş: Kaş ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.29’da sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 45 481 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Temmuz ayında gerçekleşmiş aralarından 173 641 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Temmuz ayında gerçekleşmiş aralarından 180 759 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.29. Kaş farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Kaş ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.30’da sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 174 791 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 58 380.4 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 213 302 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 178 757 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 42 643 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 39 664 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 416 906 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 312 244 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.11’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 476 857 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 556 331 kWh değeri ile de en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

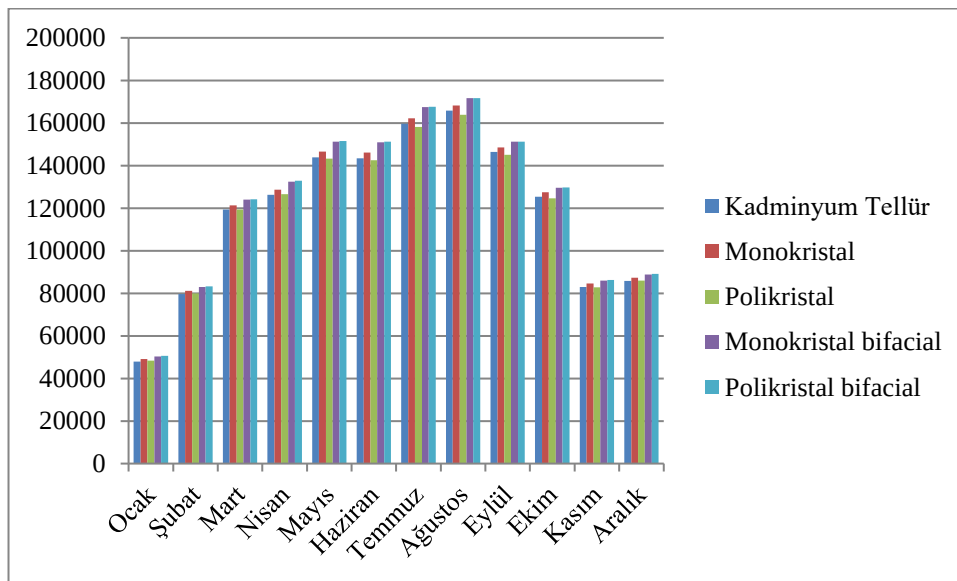


Şekil 4.30. Kaş ilçesi farklı teknolojiler için DC elektrik üretim verileri

Çizelge 4.11. Kaş ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

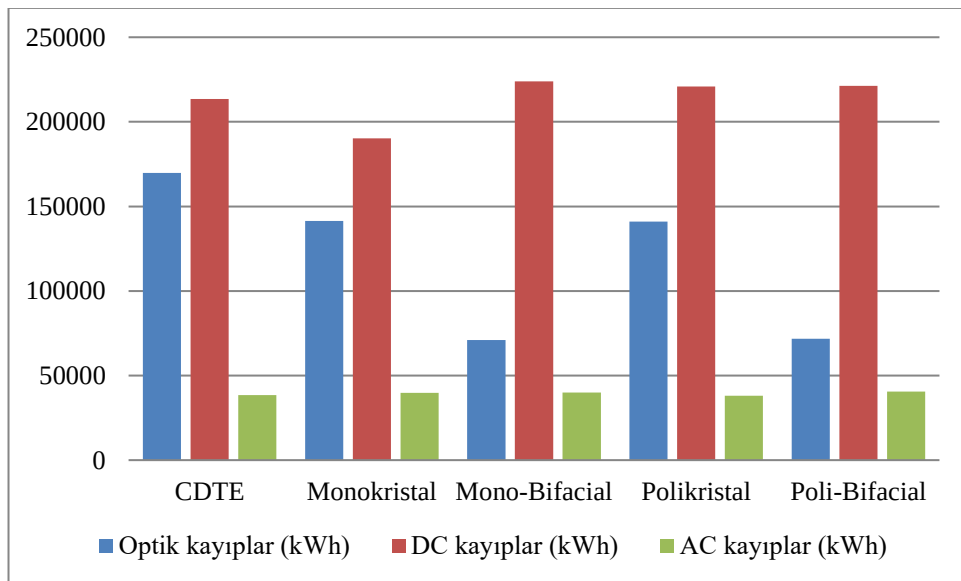
Kadmiyum Tellür	1 476 857
Monokristal	1 501 774
Polikristal	1 473 367
Monokristal bifacial	1 553 150
Polikristal bifacial	1 556 331

Kemer: Kemer ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.31’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışınmında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 47 978 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 168 166 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 171 726 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.31. Kemer farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Kemer ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 3.32’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 169 823 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 709 12 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 223 947 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 190 142 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 40 572 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 38 100 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 421 722 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 333 635 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 426 339 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 489 471 kWh değeri ile de en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

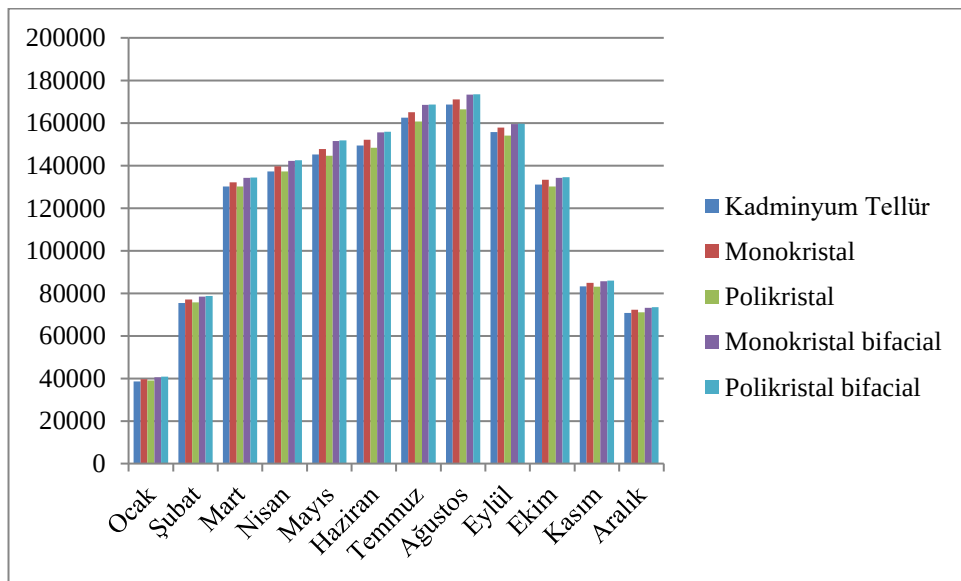


Şekil 4.32. Kemer ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.12. Kemer ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

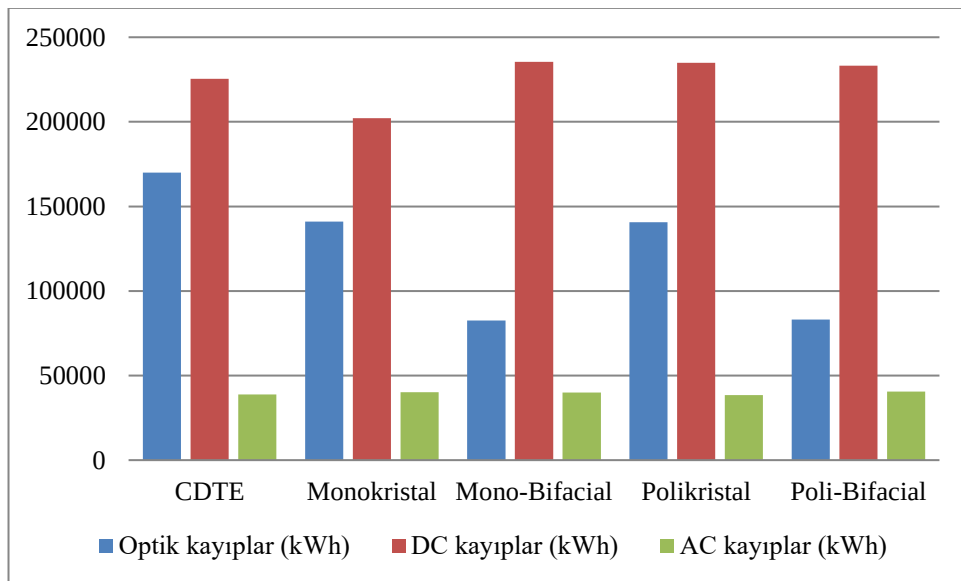
Kadmiyum Tellür	1 426 339
Monokristal	1 451 113
Polikristal	1 420 714
Monokristal bifacial	1 486 598
Polikristal bifacial	1 489 471

Kepez: Kepez ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.33’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 38 557 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 171 141 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 173 412 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.33. Kepez farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Kepez ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.34’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 169 974 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 82 518 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 235 453 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 202 169 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 40 442 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 38 373 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 434 234 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 356 853 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.13’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 448 223 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 499 767 kWh değeri ile de en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

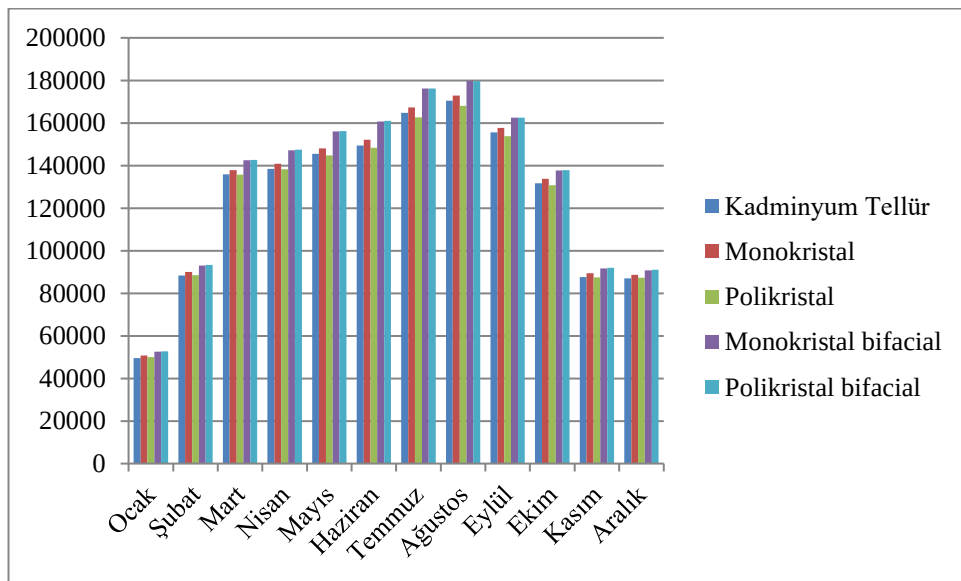


Şekil 4.34. Kepez ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.13. Kepez ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

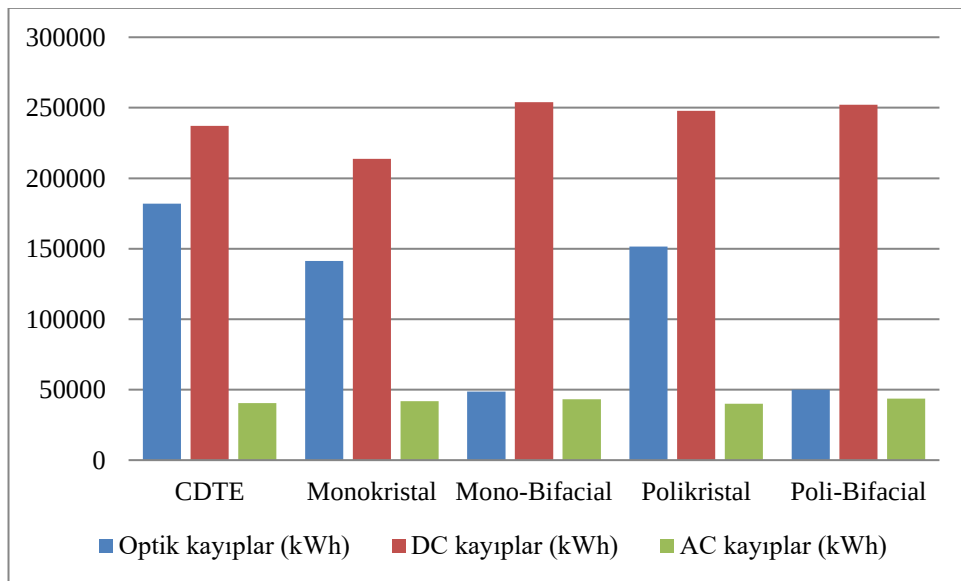
Kadmiyum Tellür	1 448 223
Monokristal	1 473 005
Polikristal	1 440 665
Monokristal bifacial	1 497 107
Polikristal bifacial	1 499 767

Konyaaltı: Konyaaltı ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.35’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 49 617 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 172 928 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 179 814 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.35. Konyaaltı farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Konyaaltı ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.36’da sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 182 021 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 48 650 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 253 850 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 213 800 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 43 588 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 40 006 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 459 675 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 345 651 kWh ile Mono-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.14’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 504 406 değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Mono-bifacial panel türünde 1 590 922 değeri ile en yüksek elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu tespit edilmiştir.

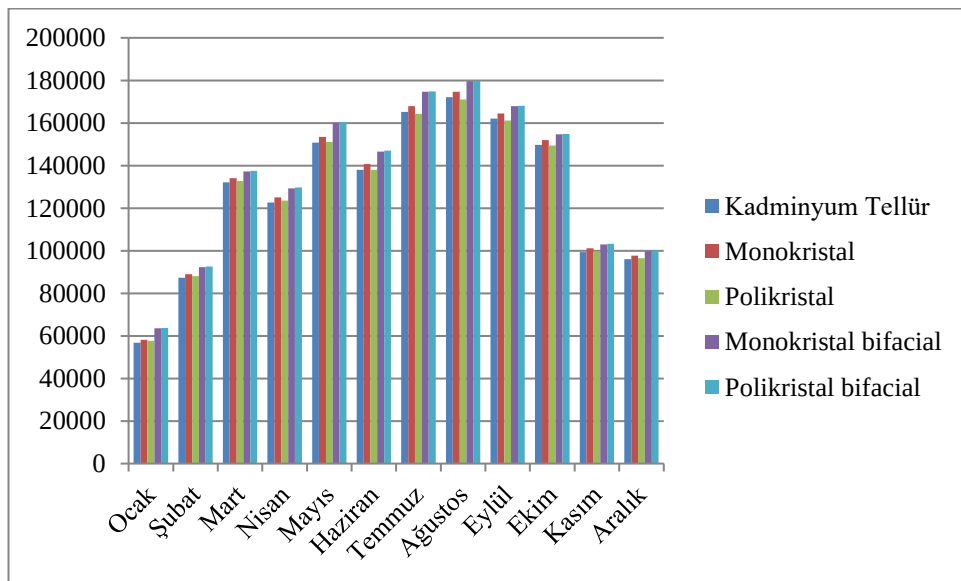


Şekil 4.36. Konyaaltı ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.14. Konyaaltı ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

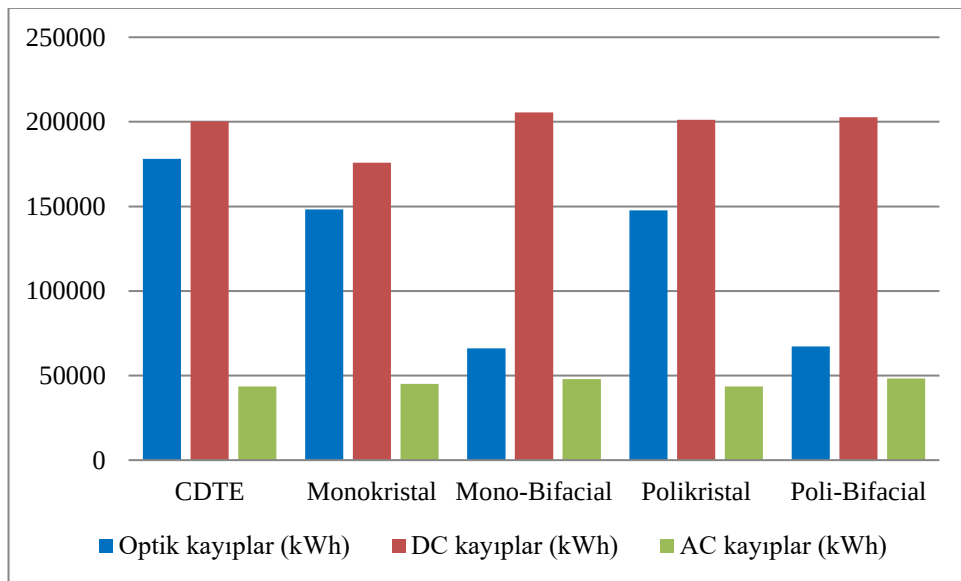
Kadmiyum Tellür	1 504 407
Monokristal	1 529 302
Polikristal	1 495 670
Monokristal bifacial	1 590 923
Polikristal bifacial	1 592 485

Korkuteli: Korkuteli ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.37’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışınmında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 56 833 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 174 656 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 179 793 kWh üretim değeri ile Polikristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.37. Korkuteli farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Korkuteli ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.38’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 178 124 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 66 170 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 205 595 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 175 887 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 48 253 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 43 475 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 421 889 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 318 134 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.15’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 532 341 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 612 061 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin olduğu tespit edilmiştir.

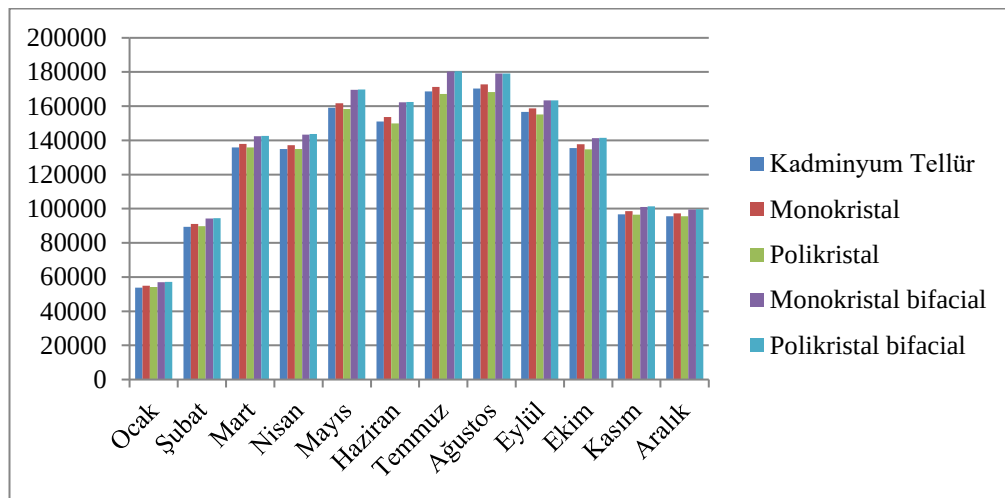


Şekil 4.38. Korkuteli ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.15. Korkuteli ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

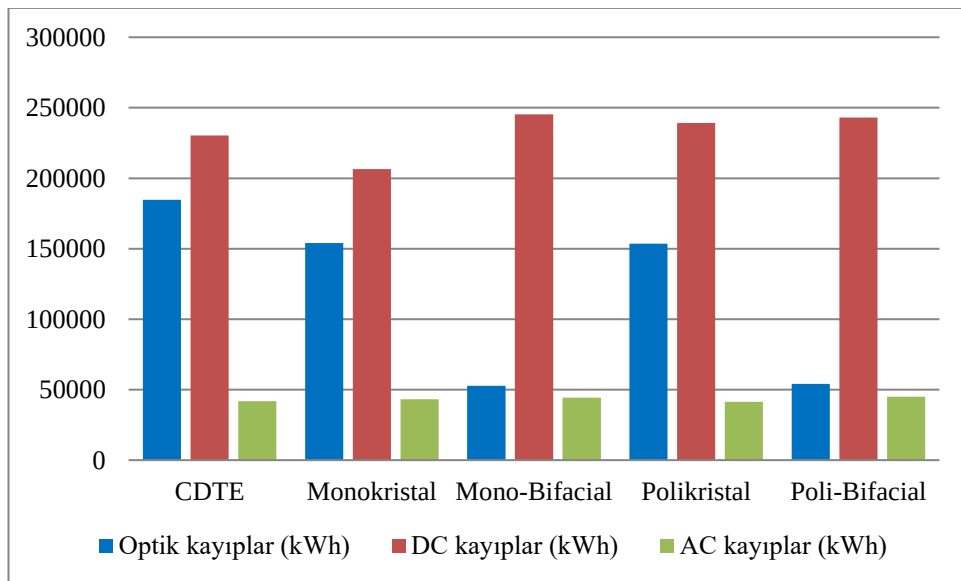
Kadmiyum Tellür	1 532 341
Monokristal	1 558 202
Polikristal	1 533 205
Monokristal bifacial	1 609 040
Polikristal bifacial	1 612 061

Kumluca: Kumluca ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.39’da sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışınmında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 53 758 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 172 751 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Temmuz ayında gerçekleşmiş aralarından 180 332 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.39. Kumluca farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Kumluca ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.40’da sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 184 671 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 52 679 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 245 318 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 206 468 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 44 908 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 41 400 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 456 823 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 342 030 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.16’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 547 357 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 635 670 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

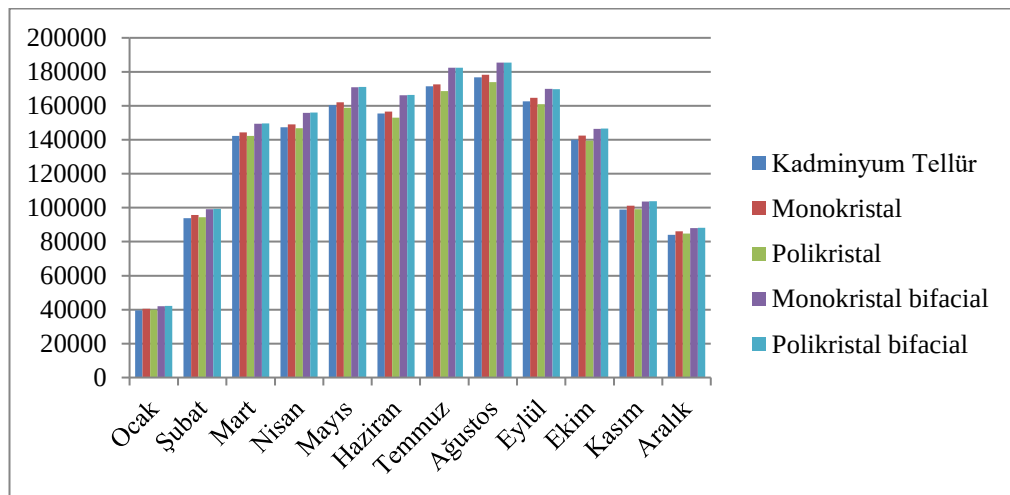


Şekil 4.40. Kumluca ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.16. Kumluca ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

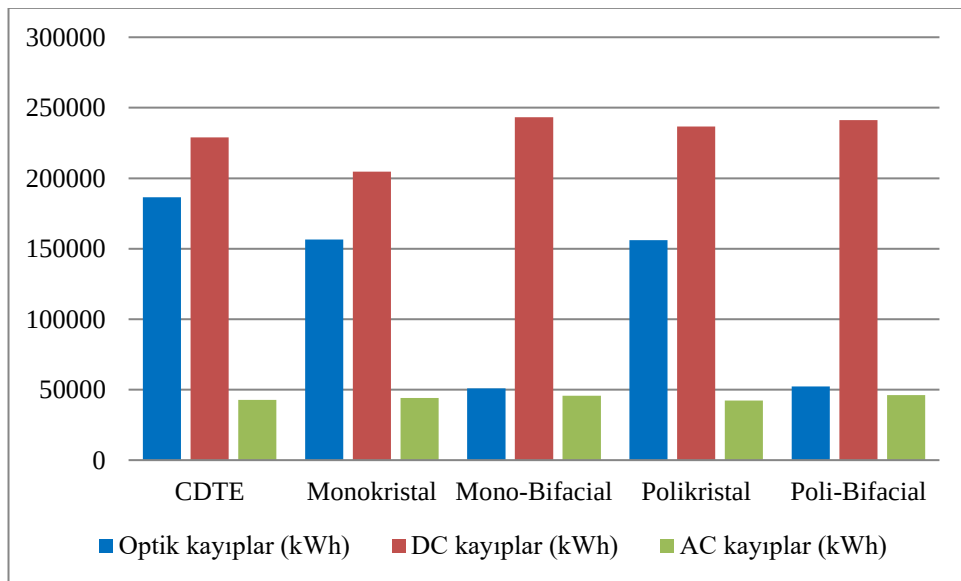
Kadmiyum Tellür	1 547 358
Monokristal	1 572 804
Polikristal	1 540 593
Monokristal bifacial	1 633 618
Polikristal bifacial	1 635 671

Manavgat: Manavgat ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.41’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 39 557 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 178 200 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 185 515 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.41. Manavgat farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Manavgat ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.42’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 186 491 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 50 951 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 243 244 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 204 665 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 46 160 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 42 333 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 458 645 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 339 645 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.17’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 572 684 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 661 133 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

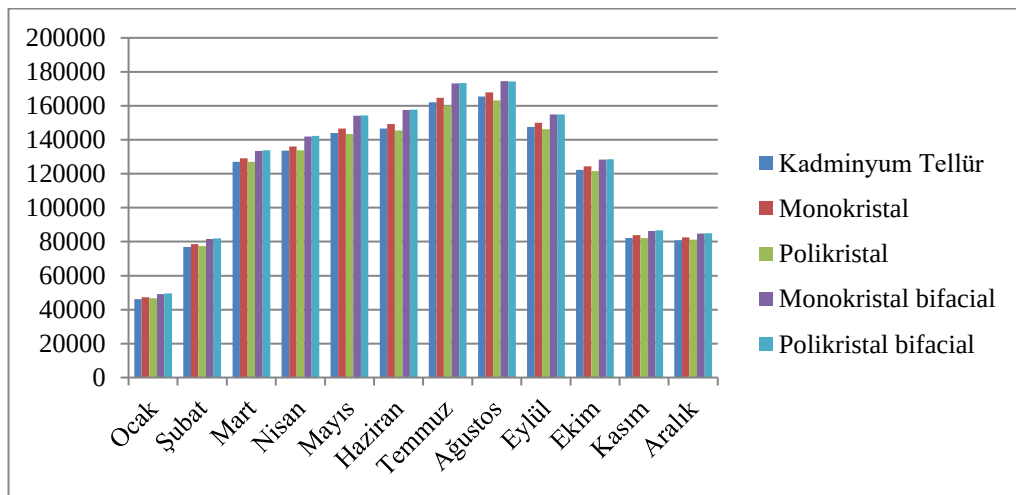


Şekil 4.42. Manavgat ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.17. Manavgat ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

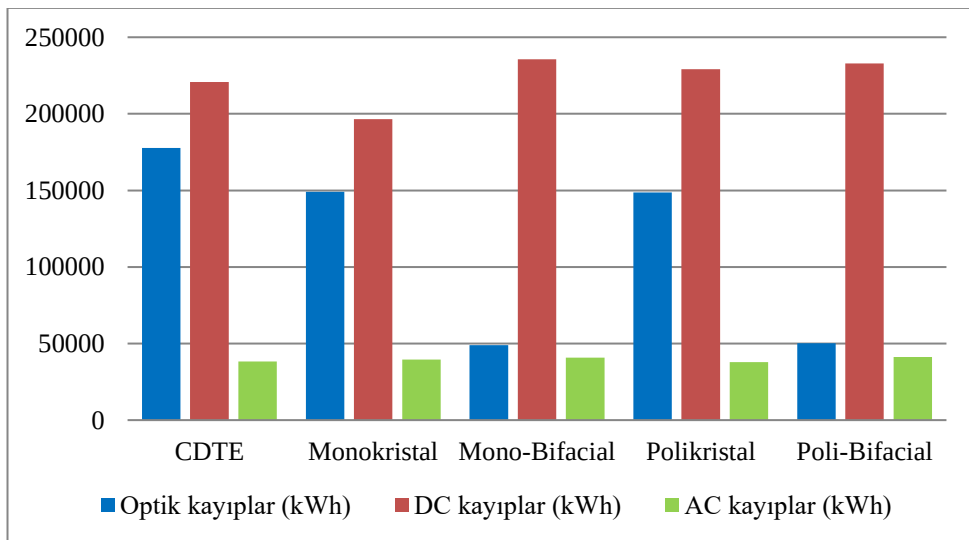
Kadmiyum Tellür	1 572 684
Monokristal	1 593 837
Polikristal	1 562 267
Monokristal bifacial	1 659 230
Polikristal bifacial	1 661 133

Muratpaşa: Muratpaşa ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.43’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 46 176 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 167 944 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 174 438 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.43. Muratpaşa farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Muratpaşa ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.44’de sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 177 669 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 49 013 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 235 555 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 196 542 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 41 211 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 37 871 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 436 614 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 324 411 kWh ile Poli-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.18’de sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 434 729 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Poli-bifacial panel türünde 1 522 174 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin oluştuğu tespit edilmiştir.

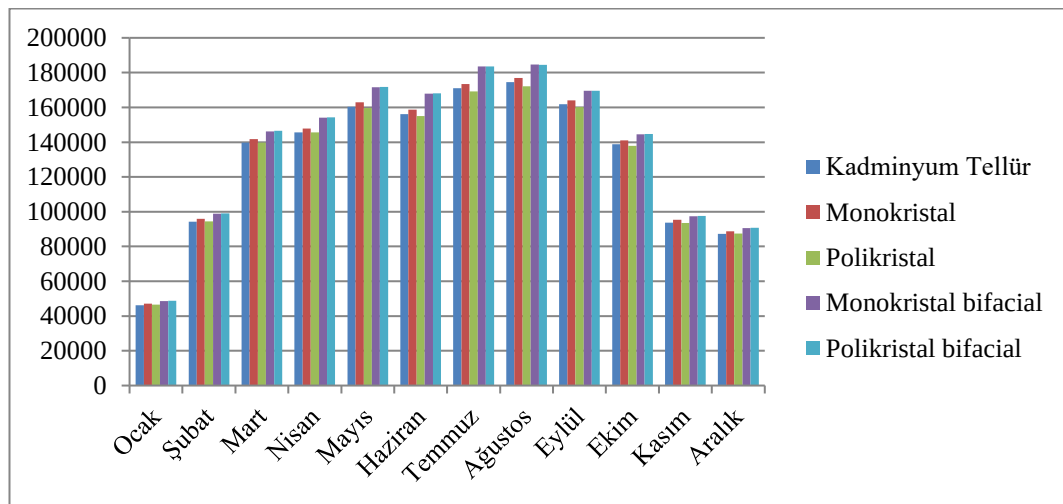


Şekil 4.44. Muratpaşa ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.18. Muratpaşa ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

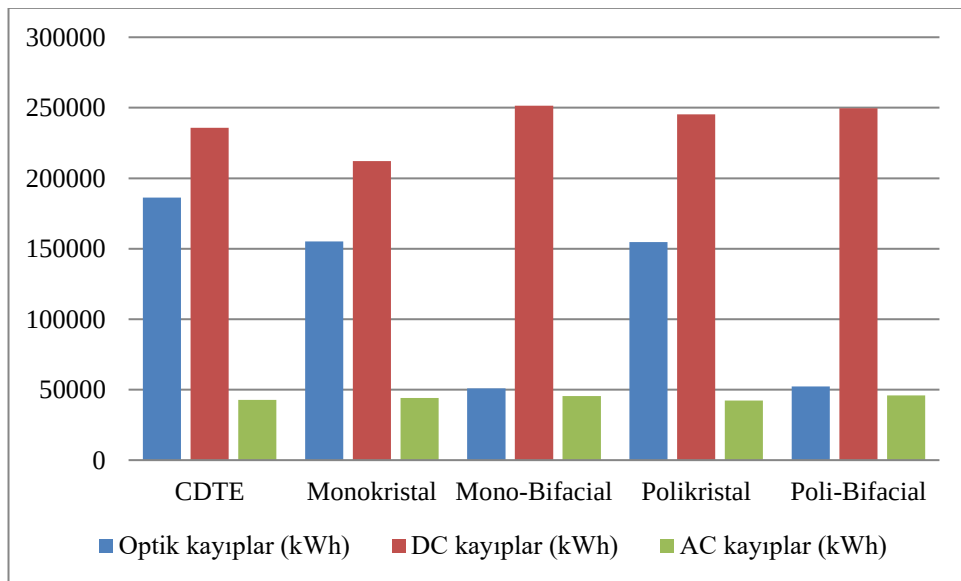
Kadmiyum Tellür	1 434 729
Monokristal	1 460 268
Polikristal	1 428 204
Monokristal bifacial	1 519 710
Polikristal bifacial	1 522 174

Serik: Serik ilçesi için farklı teknolojilerde gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda aylara göre bir yıllık AC elektrik üretimine ait grafik Şekil 4.45’de sunulmuştur. Tüm panel teknolojilerine ait aylık elektrik üretim verileri incelendiğinde en düşük elektrik üretim değerinin ışıyımında gerçekleşmiş olan azalma sebebiyle Ocak ayında meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu teknolojiler arasında en düşük değer kadmiyum Tellür panel teknolojisi için 46 099 kWh olarak gerçekleşmiştir bu değer aynı zamanda yıl içerisinde elde edilen en düşük elektrik üretim değeridir. Monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür panel teknolojilerinden oluşan sistemler için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 176 858 kWh değeri ile monokristal panel teknolojisidir. Monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için en yüksek elektrik üretim değerleri Ağustos ayında gerçekleşmiş aralarından 184 603 kWh üretim değeri ile Monokristal bifacial panel en yüksek değeri vermiştir. Bu değer aynı zamanda yıl içerisinde tespit edilen en yüksek elektrik üretim değeridir.



Şekil 4.45. Serik farklı teknolojiler için yıllık elektrik üretimi (kWh)

Serik ilçesinde gerçekleştirilen simülasyon çalışması sonucunda elde edilen veriler ışığında tüm panel türleri için optik kayıplar, DC gerilimde yaşanan kayıplar ve AC gerilimde yaşanan kayıplara ait grafik Şekil 4.46’da sunulmuştur. Grafikte en yüksek kayıpların DC gerilimde gerçekleştiği en düşük kayıpların ise AC gerilimde gerçekleştiği görülmektedir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kayıp değerinin 186 365 kWh ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 50 819 kWh Mono-bifacial panelde gerçekleştiği görülmüştür. DC kayıplar açısından karşılaştırma yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 251 504 kWh ile Mono-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 212 173 kWh ile Monokristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. AC kayıplar açısından kıyaslama yapıldığında, en yüksek kayıp değerinin 45 934 kWh ile Poli-bifacial panelde, en düşük kayıp değerinin ise 42 188 kWh ile Polikristal panelde meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam kayıp değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise en yüksek kayıp değerinin 464 662 kWh değeri ile kadmiyum panelde, en düşük kayıp değerinin ise 347 805 kWh ile Mono-bifacial panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu ilçe için tüm panel türlerinden yıllık elektrik üretimleri Çizelge 4.19’da sunulmuştur. Üretim değerleri değerlendirildiğinde en yüksek kaybın gerçekleşmiş olduğu kadmiyum panel türünde 1 568 914 kWh değeri ile en düşük elektrik üretiminin meydana geldiği iki değerden birinin oluştuğu, en düşük kaybın gerçekleştiği Mono-bifacial panel türünde 1 657 412 kWh değeri ile en yüksek elektrik üretiminin değerlerden birinin oluştuğu tespit edilmiştir.

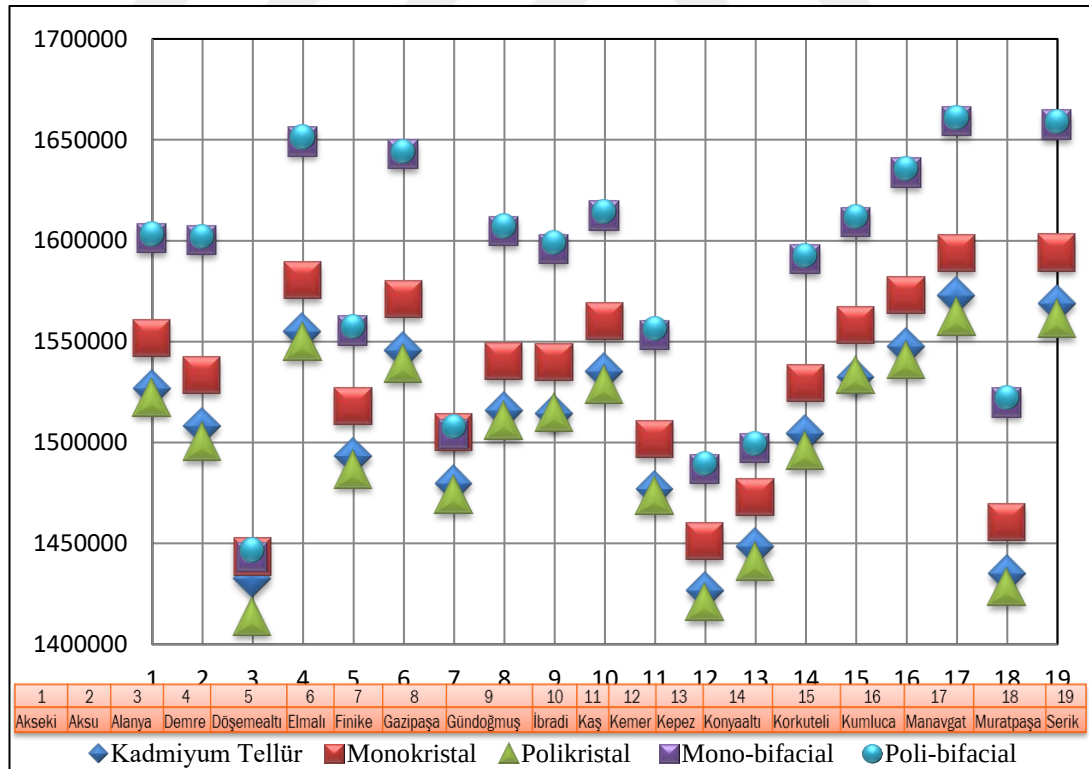


Şekil 4.46. Serik ilçesi farklı teknolojiler için yıllık toplam kayıplar

Çizelge 4.19. Serik ilçesi için yıllık toplam elektrik üretimi (kWh)

Kadmiyum Tellür	1 568 914
Monokristal	1 594 006
Polikristal	1 561 287
Monokristal bifacial	1 657 412
Polikristal bifacial	1 659 051

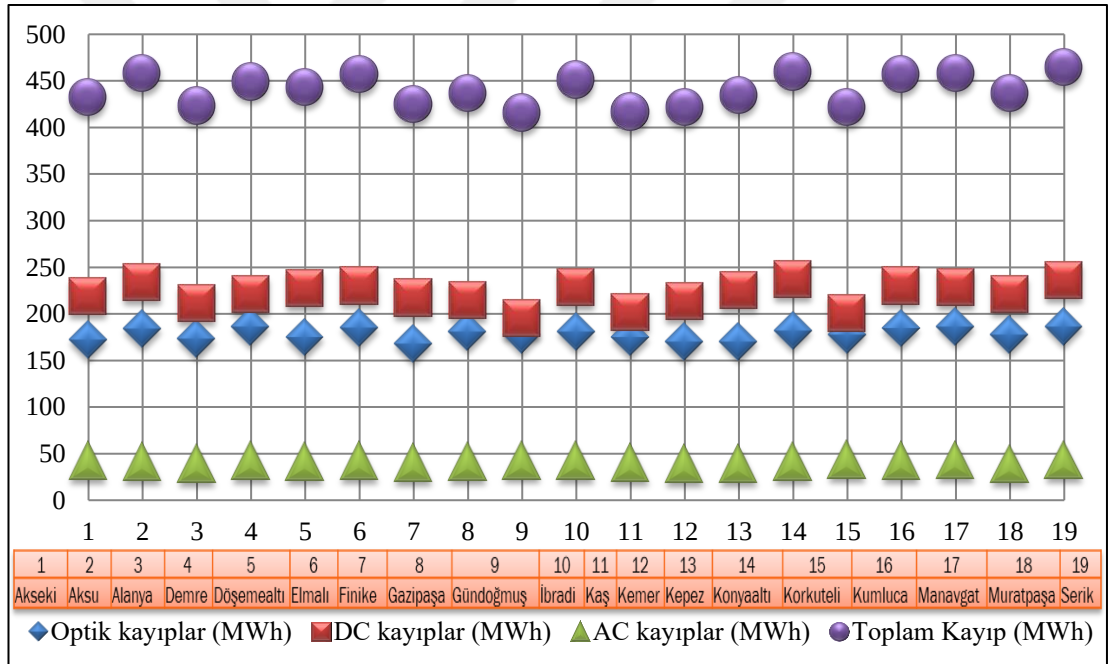
İlçelerarası karşılaştırma: Şekil 4.47’de tüm ilçelerde tüm fotovoltaik sistemler için gerçekleştirilmiş olan simülasyon sonuçlarına göre elektrik üretim değerleri tablosu sunulmuştur. Bu verilere göre genel olarak değerlendirildiğinde bifacial özellikte olan paneller diğer panellere göre daha yüksek elektrik üretim değeri göstermektedir. En düşük elektrik üretimi gösteren panel türü ise genel olarak polikristal panel tipi olarak gözlenmektedir. Tüm tablo incelendiğinde en yüksek elektrik üretim değeri Manavgat ilçesinde polikristal bifacial panel türünde gerçekleşmiş ve tüm ilçeler için elektrik üretim ortalaması 1.6 GWh olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık en düşük elektrik üretim değeri ise Alanya ilçesi için polikristal panel türünde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.47. İlçere ve fotovoltaik sistemlere göre yıllık elektrik üretimi (kWh)

Teknolojiler arası karşılaştırma: Şekil 4.48’de kadmiyum tellür fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri sunulmuştur. Verilere göre en yüksek kayıp değerlerinin

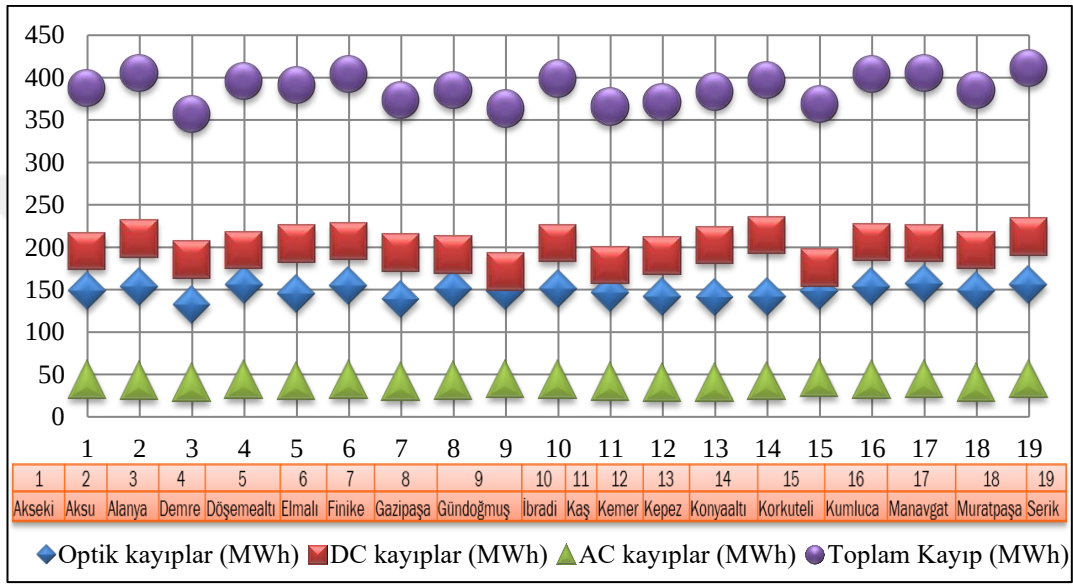
DC kayıplar tarafında gerçekleştiği en düşük kayıpların da AC kayıplar olarak meydana geldiği görülmektedir. Tabloda en yüksek kayıp değerinin Konyaaltı ilçesinde DC kayıplarda, en düşük kayıp değerinin Muratpaşa ilçesinde AC kayıplarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Finike ilçesinde, en yüksek kaybın Manavgat ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. AC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Muratpaşa ilçesinde, en yüksek optik kaybın Korkuteli ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. DC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek kaybın Konyaaltı ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. En düşük toplam kayıp değeri Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek toplam kayıp değerinin Serik ilçesinde meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.48. Tüm ilçeler için kadmiyum tellür fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışıyım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır)

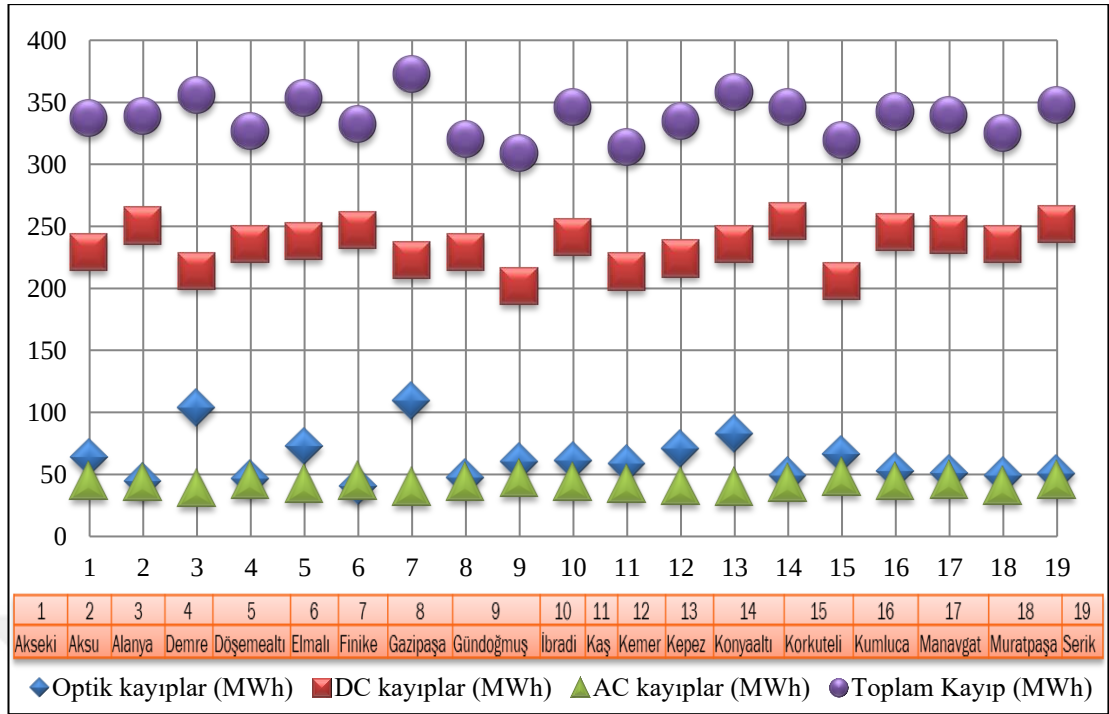
Şekil 4.49’da monokristal fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri sunulmuştur. Verilere göre en yüksek kayıp değerlerinin DC kayıplar tarafında gerçekleştiği en düşük kayıpların da AC kayıplar olarak meydana geldiği görülmektedir. Tabloda en yüksek kayıp değerinin Konyaaltı ilçesinde DC kayıplarda, en düşük kayıp değerinin Alanya ilçesinde AC kayıplarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Alanya ilçesinde, en yüksek

optik kaybın Manavgat ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. AC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Alanya ilçesinde, en yüksek optik kaybın Korkuteli ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. DC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek kaybın Konyaaltı ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. En düşük toplam kayıp değeri Alanya ilçesinde, en yüksek toplam kayıp değerinin Serik ilçesinde meydana geldiği belirlenmiştir.



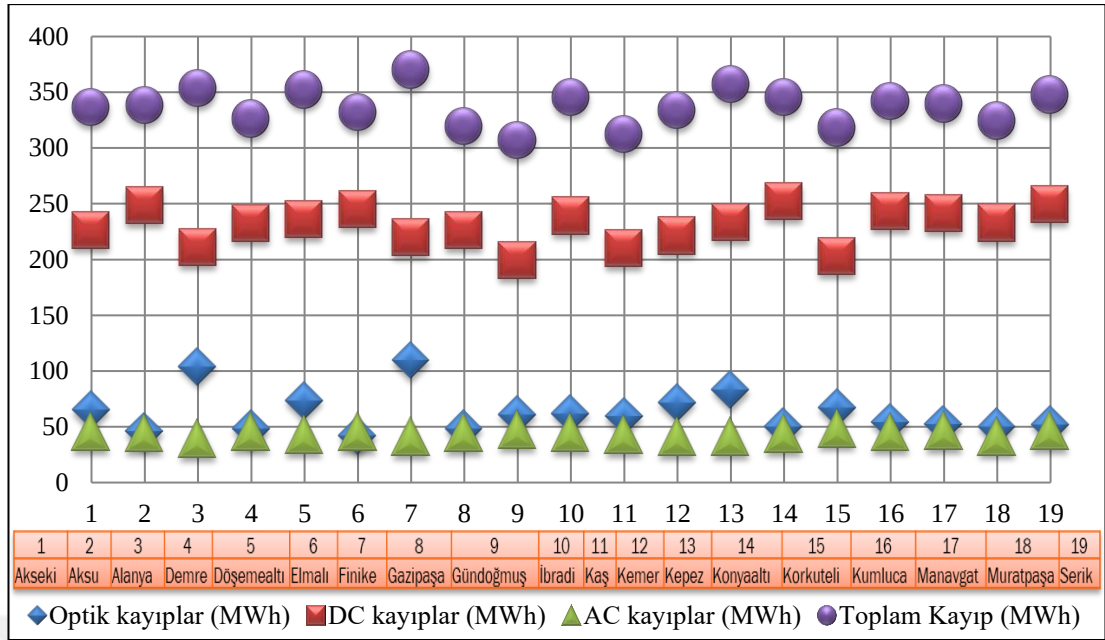
Şekil 4.49. Tüm ilçeler için monokristal fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır)

Şekil 4.50’de monokristal bifacial fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri sunulmuştur. Verilere göre en yüksek kayıp değerlerinin DC kayıplar tarafında gerçekleştiği en düşük kayıpların da AC kayıplar olarak meydana geldiği görülmektedir. Tabloda en yüksek kayıp değerinin Konyaaltı ilçesinde DC kayıplarda, en düşük kayıp değerinin Alanya ilçesinde AC kayıplarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Elmalı ilçesinde, en yüksek optik kaybın Finike ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. AC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Alanya ilçesinde, en yüksek kaybın Korkuteli ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. DC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek kaybın Konyaaltı ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. En düşük toplam kayıp değeri Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek toplam kayıp değerinin Finike ilçesinde meydana geldiği belirlenmiştir.



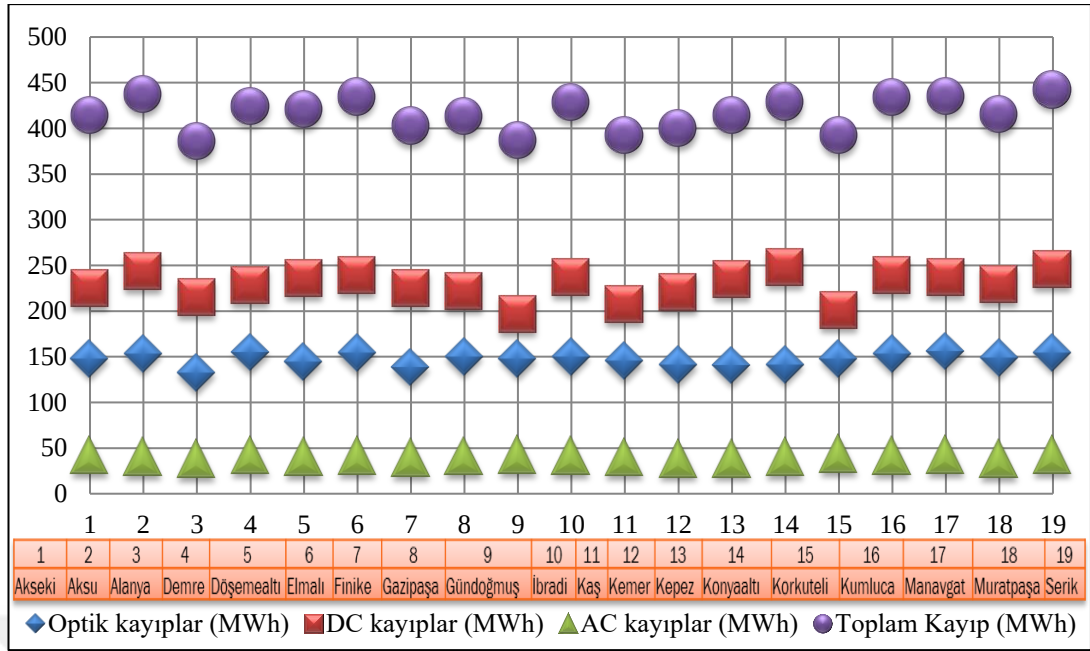
Şekil 4.50. Tüm ilçeler için monokristal bifacial fotovoltaiik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışıınım değeri üzerinden değeriendirmeler yapılmıştır)

Şekil 4.51’de polikristal bifacial fotovoltaiik sistemine ait kayıp değeri sunulmuştur. Verilere göre en yüksek kayıp değeri DC kayıplar tarafında gerçekteştiği en düşük kayıpların da AC kayıplar olarak meydana geldiği görölmektedir. Tabloda en yüksek kayıp değeri Konyaaltı ilçesinde DC kayıplarda, en düşük kayıp değeri Muratpaşa ilçesinde AC kayıplarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Optik kayıplar açısından değeriendirme yapıldığında en düşük kaybın Alanya ilçesinde, en yüksek optik kaybın Manavgat ilçesinde gerçekteştiği belirlenmiştir. AC kayıplar açısından değeriendirme yapıldığında en düşük kaybın Muratpaşa ilçesinde, en yüksek kaybın Korkuteli ilçesinde gerçekteştiği belirlenmiştir. DC kayıplar açısından değeriendirme yapıldığında en düşük kaybın Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek kaybın Konyaaltı ilçesinde gerçekteştiği belirlenmiştir. En düşük toplam kayıp değeri Alanya ilçesinde, en yüksek toplam kayıp değeri Serik ilçesinde meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.51. Tüm ilçeler için polikristal bifacial fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır)

Şekil 4.52’de polikristal fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri sunulmuştur. Verilere göre en yüksek kayıp değerlerinin DC kayıplar tarafında gerçekleştiği en düşük kayıpların da AC kayıplar olarak meydana geldiği görülmektedir. Tabloda en yüksek kayıp değerinin Konyaaltı ilçesinde DC kayıplarda, en düşük kayıp değerinin Alanya ilçesinde AC kayıplarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Optik kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Elmalı ilçesinde, en yüksek optik kaybın Finike ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. AC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Alanya ilçesinde, en yüksek kaybın Korkuteli ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. DC kayıplar açısından değerlendirme yapıldığında en düşük kaybın Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek kaybın Konyaaltı ilçesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. En düşük toplam kayıp değeri Gündoğmuş ilçesinde, en yüksek toplam kayıp değerinin Finike ilçesinde meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.52. Tüm ilçeler için polikristal fotovoltaik sistemine ait kayıp değerleri (Gelen toplam ışınım değeri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır)

4.3. Ekonomik Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular

Bu başlık altında Yıllık Net Kazanç (YNK), Geri Ödeme Süresi (GÖS) ve Otuz Yıllık Net Kazanç (OYNK) değerleri tablolar halinde sunulmuştur. Akseki ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.20’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.20. Akseki ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 369 723	₺4 438 352	₺4 315 948	₺4 511 976	₺4 518 905
GÖS	3.03	3.42	3.36	3.84	4.19
OYNK	₺114 452 482	₺121 729 477	₺112 606 247	₺119 441 164	₺119 580 570

Aksu ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.21’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaiik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.21. Aksu ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 312 706	₺4 382 620	₺4 248 551	₺4 509 414	₺4 514 622
GÖS	3.07	3.47	3.41	3.84	4.19
OYNK	₺114 452 482	₺121 729 477	₺112 606 247	₺119 441 164	₺119 580 570

Alanya ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.22’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaiik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Monokristal tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.22. Alanya ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 081 110	₺4 106 979	₺3 983 706	₺4 028 191	₺4 039 405
GÖS	3.25	3.70	3.64	4.30	4.68
OYNK	₺115 978 607	₺123 285 681	₺114 410 242	₺119 509 732	₺119 695 205

Demre ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.23’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.23. Demre ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 455 584	₺4 526 596	₺4 400 513	₺4 658 610	₺4 665 823
GÖS	2.98	3.36	3.29	3.72	4.05
OYNK	₺118 276 795	₺125 749 715	₺116 673 721	₺123 434 604	₺123 627 665

Döşemealtı ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.24’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.24. Döşemealtı ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 267 248	₺4 335 881	₺4 206 798	₺4 371 799	₺4 378 800
GÖS	3.11	3.51	3.45	3.96	4.32
OYNK	₺113 235 741	₺120 424 352	₺111 488 688	₺115 757 715	₺115 945 106

Elmalı ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.25’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.25. Elmalı ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 427 805	₺4 497 526	₺4 366 412	₺4 639 006	₺4 644 271
GÖS	2.99	3.38	3.32	3.73	4.07
OYNK	₺117 533247	₺124 938 010	₺115 760 964	₺122 909 870	₺123 050 784

Finike ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.26’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Monokristal tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.26. Finike ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 225 682	₺4 296 054	₺4 168 695	₺4 215 315	₺4 226 858
GÖS	3.14	3.54	3.48	4.11	4.47
OYNK	₺112 123 164	₺119 312 270	₺110 468 810	₺111 569 207	₺111 878 173

Gazipaşa ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.27’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.27. Gazipaşa ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 335 742	₺4 404 277	₺4 280 087	₺4 523 277	₺4 530 582
GÖS	3.06	3.45	3.39	3.83	4.17
OYNK	₺115 069 079	₺122 334 187	₺113 450 353	₺119 812 217	₺120 007 744

Gündoğmuş ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.28’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.28. Gündoğmuş ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 331 548	₺4 402 768	₺4 293 488	₺4 495 738	₺4 505 486
GÖS	3.06	3.45	3.38	3.85	4.20
OYNK	₺114 956 803	₺122 292 070	₺113 809 058	₺119 075 093	₺119 336 034

İbradi ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.29’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaiik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.29. İbradi ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 395 956	₺4 464 895	₺4 335 425	₺4 546 303	₺4 552 541
GÖS	3.02	3.40	3.36	3.81	4.15
OYNK	₺116 680 783	₺124 026 847	₺114 931 550	₺120 428 536	₺120 595 515

Kaş ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.30’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaiik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaiik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.30. Kaş ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 217 158	₺4 285 837	₺4 166 575	₺4 365 217	₺4 374 956
GÖS	3.14	3.55	3.48	3.97	4.32
OYNK	₺111 894 991	₺119 026 973	₺110 412 050	₺115 581 534	₺115 842 220

Kemer ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.31’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.31. Kemer ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 062 506	₺4 130 746	₺4 005 384	₺4 161 477	₺4 170 274
GÖS	3.26	3.68	3.62	4.16	4.53
OYNK	₺107 755 532	₺114 696 358	₺106 097 566	₺110 128 161	₺110 363 610

Kepez ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.32’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.32. Kepez ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 129 499	₺4 197 766	₺4 066 462	₺4 193 651	₺4 201 792
GÖS	3.21	3.62	3.56	4.13	4.50
OYNK	₺109 548 703	₺116 567 761	₺107 732 385	₺110 989 327	₺111 207 249

Konyaaltı ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.33’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial

tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.33. Konyaaltı ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 301 497	₺4 370 110	₺4 234 851	₺4 480 852	₺4 485 633
GÖS	3.08	3.48	3.42	3.87	4.22
OYNK	₺114 152 455	₺121 380 154	₺112 239 562	₺118 676 672	₺118 804 639

Korkuteli ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.34’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.34. Korkuteli ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 387 013	₺4 458 582	₺4 349 759	₺4 536 315	₺4 545 562
GÖS	3.02	3.41	3.33	3.82	4.16
OYNK	₺116 441 409	₺123 850 565	₺115 315 230	₺120 161 212	₺120 408 722

Kumluca ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.35’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal Bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal Bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz

yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.35. Kumluca ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 432 986	₺4 503 283	₺4 372 376	₺4 611 558	₺4 617 840
GÖS	2.99	3.38	3.31	3.76	4.10
OYNK	₺117 671 924	₺125 098 768	₺115 920 602	₺122 175 188	₺122 343 339

Manavgat ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.36'de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.36. Manavgat ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 510 519	₺4 567 675	₺4 438 726	₺4 689 964	₺4 695 792
GÖS	2.94	3.33	3.27	3.69	4.03
OYNK	₺119 747 217	₺126 896 776	₺117 696 556	₺124 273 826	₺124 429 817

Muratpaşa ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.37'de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç

Monokristal panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.37. Muratpaşa ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 088 192	₺4 158 776	₺4 028 316	₺4 262 849	₺4 270 390
GÖS	3.24	3.65	3.60	4 06	4.43
OYNK	₺108 443 041	₺115 479 042	₺106 711 377	₺112 841 503	₺113 043 357

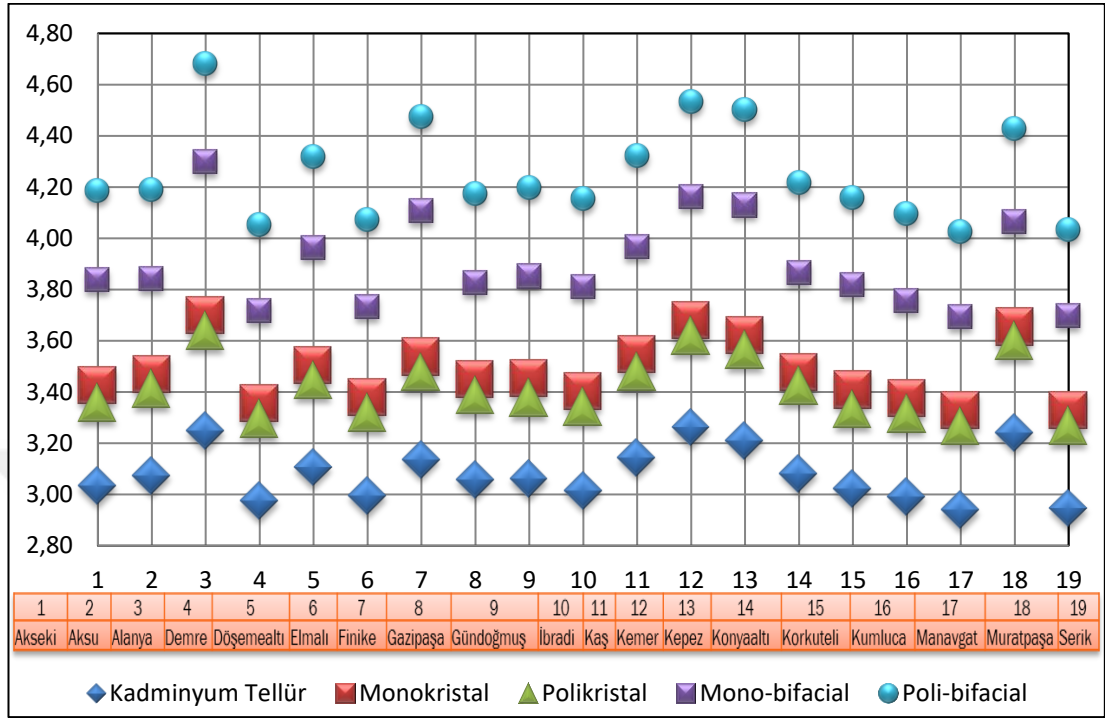
Serik ilçesi için gerçekleştirilmiş olan ekonomik analiz sonuçları Çizelge 4.38’de sunulmuştur. Bu çizelgeye göre yıllık net kazanç açısından fotovoltaik sistemler birbirleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kazanç Polikristal bifacial tipinde en düşük kazanç Polikristal tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi açısından en uzun süre Polikristal bifacial panel tipinde gerçekleşirken, en kısa süre kadmiyum Tellür panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir. Otuz yıllık net kazançlar açısından değerlendirme yapıldığında en yüksek kazanç kadmiyum Tellür panel tipinde, en düşük kazanç Polikristal panel tipinde fotovoltaik sistemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.38. Serik ilçesi için ekonomik analiz sonuçları

Panel türü	Kadmiyum	Monokristal	Polikristal	Mono-bifacial	Polikristal-bifacial
YNK	₺4 498 978	₺4 568 193	₺4 435 728	₺4 684 399	₺4 689 417
GÖS	2.95	3.33	3.27	3.70	4.03
OYNK	₺127 062 441	₺126 911 256	₺117 616 303	₺124 124 874	₺124 259 183

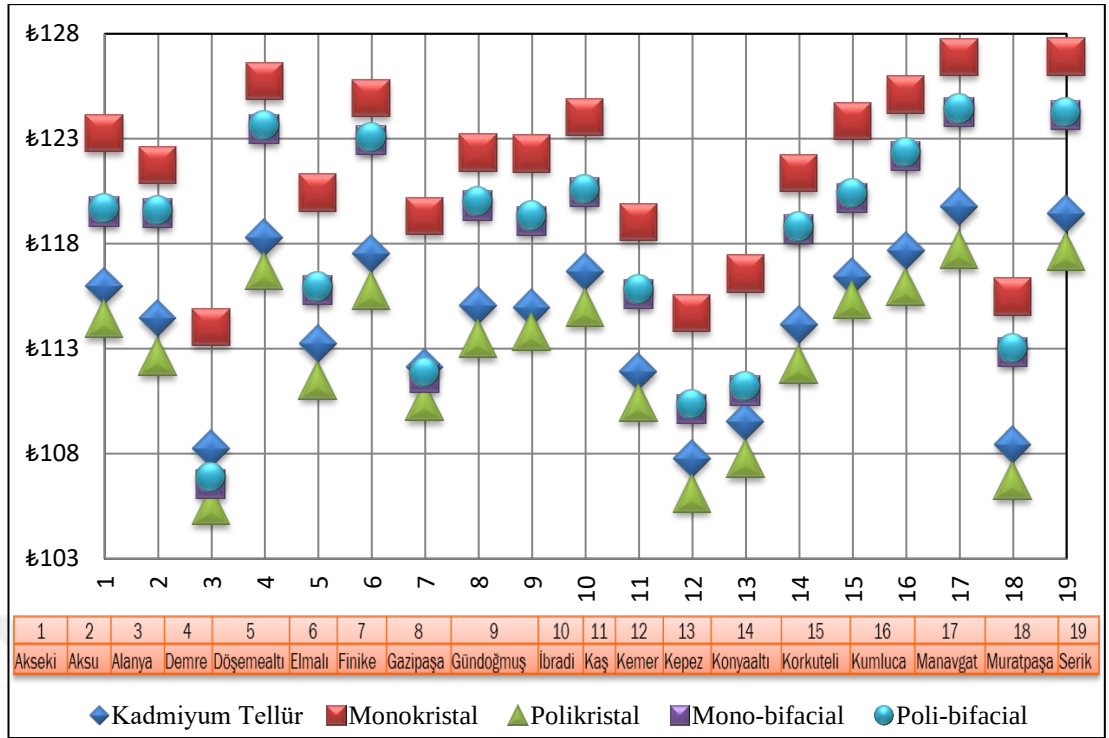
Tüm ilçeler ve tüm teknolojiler açısından geri ödeme süresi verileri Şekil 4.53’de sunulmuştur. Verilere göre kadmiyum tellür paneller en düşük geri ödeme süresine sahip olan paneller olarak gözlenmektedir. Buna karşılık en yüksek geri ödeme süresine sahip olan panel tipleri ise polikristal bifacial panel tipi olarak tespit edilmiştir. Tam tersi anlamda en yüksek elektrik üretimi ve en düşük elektrik üretimi değerlerine sahip olan bu panel türlerinin birbirleriyle karşılaştırılırken alınan sonuçlar Veriler incelendiğinde en düşük geri ödeme süresinin Manavgat ilçesinde ve kadmiyum tellür panel türünde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca en yüksek

geri ödeme süresinin de Alanya ilçesi için polikristal bifacial panel tipinde meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.53. Tüm ilçeler ve tüm sistemler için geri ödeme süreleri (yıl)

SAM yazılımı arayüzünden alınan simülasyon sonuçlarına göre hazırlanmış olan otuz yıllık toplam kazanç verileri Şekil 4.54’de sunulmuştur. Bu verilere göre değerlendirme yapıldığında tablo genelinde monokristal panel türünde daha yüksek kazançlar gözlenmektedir. Buna karşın polikristal ve kadmiyum tellür panellerin kazanç değeri tablo genelinde en düşük değerleri sunmaktadır. Tabloda en yüksek net kazanç değeri Serik ilçesi için monokristal panelde gerçekleşirken en düşük kazanç değeri ise polikristal panel türünde Alanya ilçesi için gerçekleşmiştir.



Şekil 4.54. Tüm ilçeler ve tüm fotovoltaiik sistemler için otuz yıllık net kazançlar (milyon ₺)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda büyük bir enerji talep artışı gerçekleşmiştir, bu artışa, enerji üretiminin cevap verememesi büyük bir arz açığına sebep olmuş ve böylece küresel anlamda enerji fiyatlarının oldukça yükselmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Bu noktada özellikle ülkemiz gibi enerji anlamında dışa bağımlı ülkeler, enerji fiyat artışlarından daha fazla etkilenmekte ve kurlarda gerçekleşen dalgalanmalarla beraber bu sonuç çok daha hissedilir hale gelmiştir. İklim değişikliği ve yerli kaynaklardan yararlanılması konusunda ülkemizde özellikle yenilenebilir enerji anlamında elektrik üretimine yönelim bahsedilen sebeplerle son yıllarda daha da hız kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ise özellikle bakım maliyetlerinin yüksek olmaması ve ilk yatırım maliyetlerinin diğer yenilenebilir enerji sistemlerine kıyasla düşük olması sebebiyle yatırım yapılması noktasında daha tercih edilebilir konumdadır. Yapılan yatırımlarda, yatırımların geri dönüş oranları oldukça önemli bir konumda olduğundan güneş enerjisi kaynaklı santrallerde elektrik üretim değerlerinin tahmin edilmesi oldukça önemlidir.

Bu çalışmada özellikle güneş santrallerinde elektrik üretimi simülasyonlarında gerek akademik anlamda gerekse, sektörel anlamda oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip olan yazılımlardan, SAM ve PVSyst kullanılmıştır. Bu iki yazılımın güneş enerjisinden elektrik üretimi noktasında tahminlemeden hata oranları, KOKH, OMS ve %hata istatistiksel analiz yöntemleri ile hesaplanmıştır. Belirtilen iklim verileri kullanıldığı taktirde aylık bazda değerlendirme yapıldığında PVSyst yazılımının, yıl içerisinde SAM yazılımında daha çok ayda daha yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ancak PVSyst yazılımının bazı aylarda hata oranlarının çok daha yüksek olması sebebiyle yıllık bazda SAM programının hata oranının daha düşük olduğu ve gerçek elektrik üretim verilerine daha yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Bir fotovoltaik santral kulumu gerçekleştirilirken, santral kurulum lokasyonları ve kullanılacak panellerin seçimi en önemli kriterlerdendir. Bu çalışmada, Antalya ilinin her ilçesi için coğrafi ve lojistik anlamda belirlenmiş olan kriterlere göre santral kurulum koordinatları belirlenmiş ve bu koordinatlarda, kadmiyum tellür, monokrsital, polikristal, monokristal bifacial ve polikristal bifacial panel teknolojileri için özdeş santral tasarımlarıyla 95 farklı simülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir.

Bu alışmalar sonucunda, tüm ilçelerde polikristal bifacial panel teknolojisinin elektrik üretimi açısından en yüksek sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Bu ilçeler arasında en yüksek yıllık elektrik üretim değerinin polikristal bifacial panel teknolojisi için yıllık 1.66 GWh değeri ile Manavgat ilçesinde, en düşük elektrik üretim değerinin ise polikristal panel teknolojisi için yıllık 1.41 GWh değeri ile Alanya ilçesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Fotovoltaik sistemlerde gerçekleşen kayıplar elektrik üretimini etkilemektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarında belirlene kayıplar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Toplam kayıp açısından panel teknolojileri arasında değerlendirme yapıldığında toplam kayıp değerlerinin kadmiyum tellür panel teknolojisinde çoğunlukla yüksek olduğu, polikristal bifacial panel türünde ise genellikle en düşük değerleri gördüğü tespit edilmiştir. Kayıp değerleri için elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- Kayıp türleri açısından en yüksek kayıpların optik kayıplarda en düşük kayıpların ise AC kayıplarda gerçekleştiği tespit edilmiştir.
- En yüksek optik kayıp kadmiyum tellür teknolojisinde ve Manavgat ilçesinde 0.19 GWh değeri ile meydana gelmiştir.
- En düşük optik kayıp monokristal bifacial teknolojisinde ve Elmalı ilçesinde 0.041 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.
- En yüksek DC kayıp monokristal bifacial teknolojisinde ve Konyaaltı ilçesinde 0.025 GWh değeri ile meydana gelmiştir.
- En düşük DC kayıp monokristal teknolojisinde ve Elmalı ilçesinde 0.017 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.
- En yüksek AC kayıp polikristal bifacial teknolojisinde ve Korkuteli ilçesinde 0.048 GWh değeri ile meydana gelmiştir.
- En düşük AC kayıp polikristal teknolojisinde ve Muratpaşa ilçesinde 0.038 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.
- En yüksek toplam kayıp kadmiyum tellür teknolojisinde ve Serik ilçesinde 0.465 GWh değeri ile meydana gelmiştir.
- En düşük toplam kayıp polikristal bifacial teknolojisinde ve Gündoğmuş ilçesinde 0.31 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.

- Kadmiyum tellür teknolojisinde en yüksek kayıp DC kayıplarda ve Konyaaltı ilçesinde 0.24 GWh değeri ile gerçekleşirken en düşük kayıp AC kayıplarda ve Muratpaşa ilçesinde 0.038 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.
- Monokristal teknolojisinde en yüksek kayıp DC kayıplarda ve Konyaaltı ilçesinde 0.21 GWh değeri ile gerçekleşirken en düşük kayıp AC kayıplarda ve Alanya ilçesinde 0.039 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.
- Monokristal bifacial teknolojisinde en yüksek kayıp DC kayıplarda ve Konyaaltı ilçesinde 0.25 GWh değeri ile gerçekleşirken en düşük kayıp AC kayıplarda ve Alanya ilçesinde 0.039 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.
- Polikristal teknolojisinde en yüksek kayıp DC kayıplarda ve Konyaaltı ilçesinde 0.25 GWh değeri ile gerçekleşirken en düşük kayıp AC kayıplarda ve Muratpaşa ilçesinde 0.039 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.
- Polikristal bifacial teknolojisinde en yüksek kayıp DC kayıplarda ve Konyaaltı ilçesinde 0.25 GWh değeri ile gerçekleşirken en düşük kayıp AC kayıplarda ve Korkuteli ilçesinde 0.039 GWh değeri ile gerçekleşmiştir.

Fotovoltaik sistemlerin kurulumunda en önemli parametrelerden birisi de ekonomik analizdir. Bu çalışmada 95 farklı simülasyon çalışması ayrı ayrı incelenerek ekonomik anlamda karşılaştırılmıştır. Böylece Antalya ilinde hangi ilçede hangi teknolojinin kullanımıyla geri ödeme süresinin kaç sene olacağı ve otuz yıllık süreçte elde edilecek olan net gelir değerleri tüm sistemler için sunulmuştur. Antalya ili tüm ilçeleri için gerçekleştirilen ekonomik analizlere göre sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- En kısa geri ödeme süresi kadmiyum tellür teknolojisinde ve Manavgat ilçesinde 2.94 yıl değeri ile gerçekleşmiştir.
- En uzun geri ödeme süresi polikristal bifacial teknolojisinde ve Alanya ilçesinde 4.68 yıl değeri ile gerçekleşmiştir.
- Kadmiyum tellür panel teknolojisinde en kısa geri ödeme süresi 2.94 yıl ile Manavgat, en uzun süre 3.26 yıl ile Kemer'dir.
- Polikristal panel teknolojisinde en kısa geri ödeme süresi 3.33 yıl ile Manavgat ve Serik, en uzun süre 3.7 yıl ile Alanya'dır.
- Monokristal panel teknolojisinde en kısa geri ödeme süresi 3.27 yıl ile Manavgat ve Serik, en uzun süre 3.64 yıl ile Alanya'dır.

- Monokristal bifacial panel teknolojisinde en kısa geri ödeme süresi 3.69 yıl ile Manavgat, en uzun süre 4.30 yıl ile Alanya'dır.
- Polikristal bifacial panel teknolojisinde en kısa geri ödeme süresi 4.03 yıl ile Manavgat ve Serik, en uzun süre 4.68 yıl ile Alanya'dır.
- Otuz yıllık toplam gelir değerleri göz önüne alındığında en yüksek gelir monokristal panel teknolojisinde ve Serik ilçesinde 126.9 milyon ₺ olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.
- Otuz yıllık toplam gelir değerleri göz önüne alındığında en düşük gelir polikristal panel teknolojisinde ve Alanya ilçesinde 105.5 milyon ₺ olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Buna göre genel bir değerlendirme yapıldığında elektrik üretimi açısından bütün teknolojiler arasında en düşük elektrik üretim değerlerini vermesine rağmen geri ödeme süresi en kısa olan teknoloji kadmiyum tellür teknolojisi, en yüksek elektrik üretimi değerlerini vermesine rağmen geri ödeme süresi en uzun olan teknoloji ise polikristal bifacial panel teknolojisi olduğu tespit edilmiştir. Otuz yıllık toplam gelir değerleri göz önüne alındığında yıllık elektrik üretimi açısından 3. Sırada yer alan monokristal panel teknolojisinin en yüksek toplam geliri sağladığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın yapılmış olduğu bölgede özellikle yakalanan düşük hata oranı sayesinde yapılması planlanan güneş enerjisi santrali yatırımlarının, belirtilen yazılımlarda gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarıyla, hangi konumda daha yüksek elektrik üretiminin gerçekleştirilebileceği hesaplanabilir ve yatırımların geri dönüş süreleri ile ilgili gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir. Ülkemizin diğer bölgelerinde kurulu güneş santralleri için benzer simülasyonlar farklı yazılımlar yardımıyla gerçekleştirilerek, simülasyonlarda hata oranlarının belirlenmesiyle hangi yazılımın hangi bölgede gerçeğe daha yakın sonuç verdiği tespit edilebilir.

Tüm tez çalışmasından elde edilen bilgilerle, fotovoltaik sistemlerin simülasyonlarının yapılması sırasında dikkate alınacak olan sonuçlarda SAM yazılımının yıllık bazda değerlendirildiğinde gerçek elektrik üretimine daha yakın sonuçlar verdiğinden, yıllık elektrik üretim verilerinin dikkate alındığı çalışmalarda kullanılması tavsiye edilir. PVsyst yazılımının ise aylık bazda daha doğru sonuçlar verdiğinden aylık bazlı değerlendirme yapılan çalışmalarda kullanılması önerilmiştir.

Elektrik üretimi açısından bakıldığında Antalya ili tüm bölgelerinde en iyi sonucu vermesi sebebiyle polikristal bifacial panel teknolojisinin tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca monokristal bifacial panel türleri de yine yüksek elektrik üretimleri sebebiyle tercih edilebilir.

Geri ödeme süresi açısından değerlendirme yapıldığında ilk yatırım maliyetinin düşük olması sebebiyle Antalya ili açısından kadmiyum tellür panel teknolojisinin tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca monokristal ve polikristal paneller de geri ödeme süresi açısından avantajlı konumda olmaları sebebiyle tercih edilebilir.

Otuz yıllık toplam gelir değerleri göz önüne alındığında Antalya ili için en yüksek gelir değerini sağlamış olan monokristal panel teknolojisinin uzun vadeli yatırımlarda tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca bifacial teknolojiler de yine daha yüksek gelir sağladıklarından dolayı tercih edilebilir.

Tüm fotovoltaik teknolojiler birlikte göz önüne alındıklarında sunulmuş olan lojistik ve coğrafi koordinatlara yakın konumlarda bulunan fotovoltaik sistem kurulumlarında Manavgat ve Serik ilçelerinin tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca yine Demre ve Elmalı ilçeleri tercih edilebilir.

Bu çalışma Antalya ili için analizlerde hangi simülasyon programının kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceği konusunda bilgi sağlamaktadır. Ayrıca hangi fotovoltaik teknolojinin hangi ilçede hangi lokasyonda kurulduğu takdirde daha yüksek elektrik üreteceği, geri ödeme süreleri ve uzun vadeli toplam kazançları hakkında detaylı bilgi sunmuştur. Ayrıca bu çalışmada kayıplar hakkında detaylı bilgiler sunarak sistem kurulumu gerçekleştirilmeden önce bu kayıpların önlenmesi noktasında önemli bilgiler sunulmuştur. Bu çalışma devlet yöneticilerine, bölgesel yönetime, yatırımcılara ve bilim dünyasına fotovoltaik teknolojiler noktasında önemli fikirler vererek planlamalar konusunda rehber nitelikte bilgiler sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alnoosani, A., Oreijah, M., Alhazmi, M., Samkari, Y., & Faqeha, H. (2019). Design of 100MW solar PV on-grid connected power plant using (PVsyst) in Umm Al-Qura university. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 8(11), 356-363.
- Arora, R., Arora, R., & Sridhara, S. N. (2022). Performance Assessment of 186 Kwp Grid Interactive Solar Photovoltaic Plant In Northern India. *International Journal of Ambient Energy*, 43(1), 128-141. <https://doi.org/10.1080/01430750.2019.1630312>
- Baqir, M., & Channi, H. K. (2022). Analysis and design of solar PV system using Pvsyst software. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1332-1338. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.029>
- Belmahdi, B., & El Bouardi, A. (2020). Solar potential assessment using PVsyst software in the northern zone of Morocco. *Procedia Manufacturing*, 46, 738-745. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.104>
- Dabbousa, T. A., Al-Regeb, I., Mansour, S., & Zainuri, M. A. A. M. (2021). The Effect of Tilting a PV Array by Monthly or Seasonal Optimal Tilt Angles on Energy Yield of a Solar PV System. *International Conference on Electric Power Engineering*. March 23-24, Gaza, 1-5.
- Darwish, M. A. A. (2021). Design of a photovoltaic system using SAM and ETAP software. *International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology (GECOST)*. July 7-9, Miri, 1-6. <https://doi.org/10.1109/GECOST52368.2021.9538717>.
- Doğan, Y., & Korkmaz, M. (2021). Application and Economic Contribution of The Solar Energy System in Agricultural Plants: Using Pvsyst Software. *Engineering Sciences*, 16(2), 89-96. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2021.16.2.1A0472>
- EİGM (2022). Türkiye Elektrik Yatırımları 2022 Yılı Ocak Ayı Özet Raporu, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Yatırımlar Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- EPDK (2021). 2021 Yılı Faaliyet Raporu. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.
- EPDK (2023). Elektrik piyasası tarife tabloları. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari.html>. (Son erişim tarihi: 25 Ocak 2023).
- EPİAŞ (2022). Şeffaflık Platformu. <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/>. (Son erişim tarihi: 11 Kasım 2022)

- GEPA (2022). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/7.aspx>. (Son erişim tarihi: 24 Mart 2022)
- Gurupira, T., & Rix, A. (2017). PV simulation software comparisons: PVSYST, NREL SAM and PVLIB. *25th Southern African Universities power engineering conference (SAUPEC)*. January 30–February 1, South Africa, 724-729.
- IEA (2019). Renewables 2019, <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>. (Son erişim tarihi: 10 Ekim 2022)
- IRENA (2018). Renewable power generation costs in 2018. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf. (Son erişim tarihi: 10 Mart 2022)
- IRENA (2020). Renewable Power Generation Costs in 2019. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf. (Son erişim tarihi: 10 Mayıs 2022)
- IRENA (2021). Renewable Power Generation Costs in 2020. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2020.pdf?rev=c9e8dfcd1b2048e2b4d30fef671a5b84. (Son erişim tarihi: 10 Nisan 2022)
- IRENA (2022). Renewable Power Generation Costs in 2021. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>. (Son erişim tarihi: 14 Şubat 2022)
- Jabbour, M., Darmane, Y., Baala, A., Akhsassi, M., El Mouden, H., Chaoui, F., & Bennouna, A. (2021). Energetic and Economic Evaluation of Mono and Poly c-Si Grid-connected PV Systems. *9th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*. November 23-27, Morocco, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IRSEC53969.2021.9741156>
- Khanam, S., Meraj, M., Azhar, M., Karimi, M. N., Ahmad, T., Arif, M. R., & Al-Kouz, W. (2021). Comparative performance analysis of photovoltaic modules of different materials for four different climatic zone of India. *Urban Climate*, 39, 100957. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100957>
- Kırcalı, Ş. (2019). *Çok Kriterli Karar Verme Analizi Kullanılarak Cbs Tabanlı Güneş Tarlası Yer Seçimi: Antalya İli Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kumar, R., Rajoria, C. S., Sharma, A., & Suhag, S. (2021). Design and simulation of standalone solar PV system using PVsyst Software: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 46(11), 5322-5328 <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.785>

- Kumar, V. D. J., Deville, L., Ritter, K. A., Raush, J. R., Ferdowsi, F., Gottumukkala, R., & Chambers, T. L. (2022). Performance Evaluation of 1.1 MW Grid-Connected Solar Photovoltaic Power Plant in Louisiana. *Energies*, 15(9), 3420. <https://doi.org/10.3390/en15093420>
- Matchanov, N. A., Seok, K. O., Mirzaev, A. A., Malikov, M. A., & Saidov, D. S. (2020). Study of energy yield on grid connected micro-inverter type 2.24 kW PV system using PVsyst simulation software. *Applied Solar Energy*, 56, 263-269.
- Mehadi, A. A., Chowdhury, M. A., Nishat, M. M., Faisal, F., & Islam, M. M. (2021). A software-based approach in designing a rooftop bifacial PV system for the North Hall of Residence, IUT. *Clean Energy*, 5(3), 403-422. <https://doi.org/10.1093/ce/zkab019>
- MGM (2022). Antalya İklim özellikleri. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=ANTALYA>. (Son erişim tarihi: 24 Mart 2022)
- Mukisa, N., & Zamora, R. (2022). Optimal tilt angle for solar photovoltaic modules on pitched rooftops: A case of low latitude equatorial region. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 50, 101821. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101821>
- Muralidhar, K., & Rajasekar, N. (2021). Soiling and Shading Analysis of Hybrid PV System for Rural Application using PVsyst Software. *Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*. November 27-29, Kuala Lumpur, 1-7. <https://doi.org/10.1109/i-PACT52855.2021.9697016>
- NREL (2021). Solar Resource Data. National Renewable Energy Laboratory, <https://www.nrel.gov/gis/solar-resource.html>. (Son erişim tarihi: 20 Temmuz 2022)
- NREL (2022). National Solar Radiation Database. <https://nsrdb.nrel.gov/>. (Son erişim tarihi: 11 Aralık 2022)
- Paula, J. F. S., Lima, G. P., Prym, G. C. S., de Souza Silva, J. L., de Melo, K. B., dos Santos Barros, T. A., & Villalva, M. G. (2022). *Comparative Analysis Of Photovoltaic Simulation Software Based On A Photovoltaic System Installed At Unicamp*. In *Congresso Brasileiro de Energia Solar-(CBENS)*. May 23-27, Florianopolis, 1-10.
- PVsyst (2022). PVsyst. <https://www.pvsyst.com/>. (Son erişim tarihi: 31 Mart 2022).
- Roga, S., Lokesh, A., Jain, S., Vinay, A. A., Chauhan, R., Karthik, C., & Kumar, Y. (2023). Assessment of Sessional Solar Energy Using PVsyst and SAM. *Renewable Energy Optimization, Planning and Control: Proceedings of (ICRTE)*. April 15-16, Singapore, 103-110. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8963-6_10
- Rout, K. C., & Kulkarni, P. S. (2021). Design and Analysis of Grid-Tied Rooftop Solar PV System at Bhubaneswar, Odisha Using SAM. *International*

Conference on Intelligent Technologies (CONIT). June 25-27, Hubli, 1-6. <https://doi.org/10.1109/CONIT51480.2021.9498484>.

SAM (2022). System Advisor Model. <https://sam.nrel.gov/>. (Son erişim tarihi: 31 Mart 2022).

Sancar, M. R., & Yakut, K. (2022). Comparative Analysis of SAM and PVsyst Simulations for a Rooftop Photovoltaic System. *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 5(1), 60-76. <https://doi.org/10.47933/ijeir.1209413>

Smith, B. L., Woodhouse, M., Horowitz, K. A., Silverman, T. J., Zuboy, J., & Margolis, R. M. (2021). Photovoltaic (PV) module technologies: 2020 benchmark costs and technology evolution framework results (No. NREL/TP-7A40-78173). National Renewable Energy Lab.(NREL), 53.

Szabó, L. (2017). The history of using solar energy. *International Conference on Modern Power Systems (MPS)*. December 06-08, Malabe, 1-8. <https://doi.org/10.1109/MPS.2017.7974451>.

Zdyb, A., & Gulkowski, S. (2020). Performance assessment of four different photovoltaic technologies in Poland. *Energies*, 13(1), 196. <https://doi.org/10.3390/en13010196>