



**ERZURUM İLİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİNİN
ANALİZİ ve GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN
VERİMİNİN ARTIRILMASI**

Ömer ERİŞKİN

**Danışman: Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI
İkinci Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Sevda SARITAŞ
Yüksek Lisans Tezi
Fizik Ana Bilim Dalı
2023**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANA BİLİM DALI

**ERZURUM İLİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİNİN ANALİZİ ve GÜNEŞ ENERJİ
SANTRALLERİNİN VERİMİNİN ARTIRILMASI**

(Analysis of Solar Energy Potential and Increasing The Efficiency of Solar Power Plants in
Erzurum Province)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömer ERİŞKİN

Danışman: Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI
İkinci Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Sevda SARITAŞ

Erzurum
Eylül, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Ömer ERİŞKİN tarafından hazırlanan “ERZURUM İLİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİNİN ANALİZİ ve GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN VERİMİNİN ARTIRILMASI” başlıklı çalışması 11/09/2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Fizik Ana Bilim Dalı, Katıhal Fiziği Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Muhammet YILDIRIM Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Ortak Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Sevda SARITAŞ Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Aykut ASTAM Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Erdiç ÖZ Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI danışmanlığında ve Dr. Öğr. Üyesi Sevda SARITAŞ ortak danışmanlığında sunulan “Erzurum İli Güneş Enerji Potansiyelinin Analizi ve Güneş Enerji Santrallerinin Veriminin Artırılması” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	16	30
Kuramsal Temeller	1	30
Materyal ve Metot	0	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	0	20
Sonuçlar ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	4	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Ömer ERİŞKİN	Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI
4.9.2023	4.9.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM İLİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİNİN ANALİZİ ve GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN VERİMİNİN ARTIRILMASI

Ömer ERİŞKİN

Danışman: Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI

İkinci Tezi Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Sevda SARITAŞ

Amaç: Erzurum ilindeki Güneş enerji potansiyelinin, Güneş enerjisinden elektrik üretim sistemlerinde maksimum verimde kullanılabilmesi için uygulamalı ölçümler yaparak; fiziksel, teknik, coğrafik ve meteorolojik verilere dayanarak analizini yapmak ve verimliliğin artırılmasını sağlamak.

Yöntem: Bu tez çalışmasında, Güneşten elde edilen enerjinin potansiyelinin, Güneş enerjisi ile elektrik üretim uygulamalarında en yüksek verim elde ederek kullanılabilmesi için ölçümlere dayalı çalışmalar yapılarak, hem teorik hem de pratik olarak bilimlararası veriler dahilinde analizler yapıldı.

Bulgular: Erzurum ilinde yüksek Güneşlenme süresi ve Güneş radyasyonu değerleri tespit edilmiştir. Bu durum, ilin Güneş enerjisi üretimi için büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Erzurum ilinin yüksek rakımlı bölgeleri ve düşük yapılı arazileri, Güneş enerjisi verimliliğini olumlu yönde etkilemektedir. Bu, ilin Güneş enerjisi projeleri için uygun alanlar sunabileceğini göstermektedir.

Sonuç: Erzurum ilinin Güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu ve Güneş enerjisi verimliliğini artırmanın mümkün olduğu tespit edilmiştir. Önerilerin uygulanmasıyla birlikte ildeki Güneş enerjisi kullanımı ve projeleri daha etkin hale getirilmekte, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji bağımsızlığı sağlanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş, Enerji, Yenilenebilir enerji, Potansiyel, Enerji analizi, Verimlilik.

Eylül 2023, 65 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

ANALYSIS OF SOLAR ENERGY POTENTIAL AND INCREASING THE EFFICIENCY OF SOLAR POWER PLANTS IN ERZURUM PROVINCE

Ömer ERİŞKİN

Supervisor: Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI

Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sevda SARITAŞ

Purpose: By making practical measurements in order to use the solar energy potential in Erzurum at maximum efficiency in electricity generation systems from solar energy; to analyze it based on physical, technical, geographical and meteorological data and to increase productivity.

Method: In this thesis study, in order to use the potential of the energy obtained from the sun by obtaining the highest efficiency in electricity production applications with solar energy, studies based on measurements were carried out and analyzes were made within the interscientific data both theoretically and practically.

Findings: High sunshine time and solar radiation values have been determined in Erzurum. This shows that the province has a great potential for solar power generation. The high-altitude regions and low-lying lands of Erzurum province positively affect solar energy efficiency. This suggests that the province can offer suitable areas for solar energy projects.

Results: It has been determined that the solar energy potential of Erzurum province is high and it is possible to increase solar energy efficiency. With the implementation of the recommendations, the use of solar energy and projects in the province are made more effective, environmental sustainability and energy independence can be ensured.

Keywords: Solar, Energy, Renewable energy, Potential, Energy analysis, Efficiency.

September 2023, 65 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu çalışma Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Katıhal Fiziği bölümünde hazırlanmıştır. Bu çalışmanın hazırlanması sırasında, her türlü desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Yüksek Lisans Tezimin hazırlama süresince görüş, öneri ve bilgilerinden faydalandığım bu çalışmada yardımlarını gördüğüm çok değerli ortak danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sevda SARITAŞ ile savunma sınavı jüri üyeleri Prof. Dr. Muhammet YILDIRIM, Doç. Dr. Aykut ASTAM, Dr. Öğr. Üyesi Erdinç ÖZ ve Fizik bölümü öğretim üyelerine çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim süresince benden desteğini esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Ömer ERİŞKİN

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
Güneş Enerjisi Sistemleri Türleri.....	2
Güneş Enerjisinin Avantajları	2
Güneş Enerjisinin Zorlukları.....	3
KURAMSAL TEMELLER.....	5
Güneş Enerjisi ve Potansiyeli	5
Güneş Enerjisi Sistemleri.....	6
Güneş panelleri (Fotovoltaik paneller).....	6
İnverterler.....	7
Bataryalar	9
Bağlantı sistemleri.....	10
Güneş Enerji Santrallerinin Verimi.....	11
Güneş paneli verimi	12
İnverter verimi.....	12
Yönlendirme ve eğim.....	12
Gölgelenme ve engel durumu	12
Temizlik ve bakım.....	12
Sistem tasarımı ve kontrolü.....	12
Güneş Enerjisi Potansiyelinin Analizi	13
Güneş Enerji Santrallerinin Verimini Artırma Yöntemleri.....	14
MATERYAL VE METOT	15
Veri Kaynakları.....	15
Güneş İzleme Cihazları	17
Veri Analizi.....	18

Güneş Enerjisi Sistemleri ve Bileşenleri.....	19
Simülasyon ve Modelleme.....	19
ARAŞTIRMA BULGULARI	21
Erzurum İli Güneş Enerjisi Parametrelerinin ve Güneş Enerjisi Haritasının Oluşturulması	21
Erzurum ili güneş enerji kurulum haritasında kullanılan parametreler.....	22
Erzurum ili güneş enerji haritasının oluşturulması	28
Erzurum İli Güneş Enerjisi Performans Oranı ve Güneş Enerjisi Oranı	45
Güneş enerjisi performans oranı	45
Güneş enerjisi oranı.....	46
Bazı ilçelere göre güneş enerji performans oranı ve güneş oranı	46
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
Öneriler	50
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Örnek fotovoltaik panel uygulaması	6
Şekil 2. İnverter çalışma prensibi	7
Şekil 3. Batarya çalışma prensibi	9
Şekil 4. Bağlantı sistemleri şeması.....	10
Şekil 5. Erzurum İli topografik haritası.....	22
Şekil 6. Erzurum ili eğim haritası.....	23
Şekil 7. Erzurum ili yükselti haritası	24
Şekil 8. Erzurum ili arazi kullanım haritası.....	26
Şekil 9. Erzurum ili rüzgâr hızı haritası	27
Şekil 10. Erzurum güneş enerji haritası.....	35
Şekil 11. Erzurum-merkez güneş enerji potansiyeli verileri	36
Şekil 12. Erzurum-Aşkale güneş enerji potansiyeli verileri.....	36
Şekil 13. Erzurum-İllica güneş enerji potansiyeli verileri.....	37
Şekil 14. Erzurum-Pasinler Güneş Enerji Potansiyeli Verileri	37
Şekil 15. Erzurum-Köprüköy güneş enerji potansiyeli verileri	38
Şekil 16. Erzurum-Horasan güneş enerji potansiyeli verileri	38
Şekil 17. Erzurum-Çat güneş enerji potansiyeli verileri	39
Şekil 18. Erzurum-Tekman güneş enerji potansiyeli verileri.....	39
Şekil 19. Erzurum-Karayazı güneş enerji potansiyeli verileri	40
Şekil 20. Erzurum-Hınıs güneş enerji potansiyeli verileri	40
Şekil 21. Erzurum-Karaçoban güneş enerji potansiyeli verileri.....	41
Şekil 22. Erzurum-Pazaryolu güneş enerji potansiyeli verileri.....	41
Şekil 23. Erzurum-İspir güneş enerji potansiyeli verileri	42
Şekil 24. Erzurum-Tortum güneş enerji potansiyeli verileri	42
Şekil 25. Erzurum-Narman güneş enerji potansiyeli verileri	43
Şekil 26. Erzurum-Uzundere güneş enerji potansiyeli verileri	43
Şekil 27. Erzurum-Oltu güneş enerji potansiyeli verileri.....	44
Şekil 28. Erzurum-Olur güneş enerji potansiyeli verileri	44
Şekil 29. Erzurum-Şenkaya güneş enerji potansiyeli verileri	45
Şekil 30. Aylara göre Erzurum-Merkez güneş enerji verimliliği.....	47
Şekil 31. Aylara göre Erzurum-Olur güneş enerji verimliliği.....	47

Şekil 32. Aylara göre Erzurum-Hınıs güneş enerji verimliliği	48
Şekil 33. Aylara göre Erzurum-Horasan güneş enerji verimliliği.....	48
Şekil 34. Aylara göre Erzurum-Aşkale güneş enerji verimliliği	49



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AC	: Alternatif Akım
a-Si	: Amorf Silikon
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CdTe	: Kadmiyüm Tellür
CSP	: Konsantre Güneş Enerjisi
DC	: Doğru Akım
km	: Kilometre
km/sa	: Kilometre/saat
kwh	: Kilowatt Saat
kwh/m²	: Güneş Radyasyonu
m/s	: Metre/saniye
m²	: Metrekare
MJ	: Megajul
MJ/m²	: Güneş Radyasyonu
PV	: Fotovoltaik
Watt/m²	: Global Radyasyon

GİRİŞ

Dünyada sürekli artan bir enerji ihtiyacı bulunmaktadır. İnsan nüfusu, ekonomik büyüme ve endüstriyel gelişme gibi faktörler enerji talebini artırmaktadır. Geleneksel enerji kaynakları olan fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz) bu enerji talebini karşılamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Hafez ve ark., 2023). Ancak fosil yakıtların sınırlı rezervleri, çevresel etkileri ve iklim değişikliği gibi sorunlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmaktadır (Perera ve Nadeau, 2022; Yousaf ve ark., 2022; Zu ve ark., 2023). Dünya'ya Güneşten, 150 milyon km kat ederek gelen enerji, bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 15 bin katıdır. (acikders.ankara.edu.tr)

Güneş 1,39 milyon km çapında ve yeryüzüne yaklaşık 150 milyon km. uzaklıkta, sıcak gazlardan meydana gelen bir küttedir. Yüzey sıcaklığının yaklaşık 6000°C civarında olduğu bilinmektedir.

Güneş enerjisinin dünyaya gelen küçük bir bölümü, insanlığın bütün enerji ihtiyacını fazlasıyla karşılayabilecek güce sahiptir. En çarpıcı özelliği büyük bir potansiyele sahip olması ve tükenmez nitelikte olmasıdır. Güneş enerjisi, Güneş çekirdeğinde yer alan ve hidrojen gazını helyuma dönüştüren füzyon reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan çok güçlü bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisi, dünyadaki enerji ihtiyacını karşılamak için büyük bir potansiyele sahiptir. Dünyanın şekli ve Güneş sistemi içindeki konumu, Güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açısını ve süresini etkilemektedir (Kong, ve ark., 2022). Ayrıca atmosferin bulutluluk derecesi, yağışlar, havadaki nem oranı gibi daha pek çok coğrafi faktör de yeryüzünün her kesiminin Güneş ışınlarından aynı ölçüde yararlanmasını engellemektedir.

Güneş, her gün dünyaya çok miktarda enerji yaymaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, Güneş enerjisi, dünya enerji talebinin çok daha fazlasını karşılayabilecek bir potansiyele sahiptir.

Güneş enerjisi kullanımının artmasıyla birlikte, Güneş enerjisi teknolojilerinin maliyetleri düşmekte ve verimlilikleri artmaktadır. Bu da Güneş enerjisinin daha yaygın ve ekonomik bir enerji kaynağı haline gelmesini sağlamaktadır (Yu ve Tang, 2023). Ülkeler, teşvik politikaları, vergi indirimleri ve düzenlemeler gibi önlemler alarak Güneş enerjisi yatırımlarını teşvik etmektedirler.

Güneş Enerjisi Sistemleri Türleri

- a. Fotovoltaik (PV) Sistemler: PV sistemleri, Güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren teknolojilerdir. PV hücreleri, genellikle silikon gibi yarıiletken malzemelerden yapılmıştır. Güneş ışığı, hücrelerdeki yarıiletken malzeme içindeki elektronları serbest bırakarak elektrik akımı oluşturur.
- b. Termal Güneş Enerjisi Sistemleri: Termal Güneş enerjisi sistemleri, Güneş ışığını kullanarak sıcak su veya ısı enerjisi üretir. Bu sistemler genellikle Güneş kolektörleri, depolama tankı ve ısıtma sisteminden oluşur. Güneş ışığı kolektörler tarafından emilir, ısı enerjisi suya veya akışkana iletilir ve ısıtılan sıvı depolama tankına yönlendirilir. Bu ısı enerjisi daha sonra kullanım için sıcak su üretmek veya ısıtma sistemine yönlendirilerek mekanları ısıtmak için kullanılabilir.
- c. Konsantre Güneş Enerjisi (CSP) Sistemleri: CSP sistemleri, Güneş enerjisini odaklayarak yüksek sıcaklıklar elde eder ve bu ısıyı elektrik enerjisine dönüştürür. Bu sistemlerde Güneş ışığı bir ayna veya mercek yardımıyla bir noktaya odaklanır ve bu noktada yüksek sıcaklıklar oluşur. Oluşan ısı, bir akışkanı ısıtarak elektrik üretmek için kullanılır. (Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, 2016)

Güneş Enerjisinin Avantajları

- a. Çevre Dostu: Güneş enerjisi kullanımı, fosil yakıtlara kıyasla çevresel etkileri en aza indirir. Güneş enerjisi üretimi sırasında hava kirliliği veya sera gazı salınımı oluşmaz. Bu da iklim değişikliği ve çevre sağlığı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.
- b. Yenilenebilir ve Sınırsız: Güneş enerjisi, sürekli olarak yenilenen bir enerji kaynağıdır. Güneşin ömrü milyarlarca yıl devam edeceğinden, Güneş enerjisi kaynakları sınırsızdır.
- c. Enerji Güvenliği ve Bağımsızlık: Güneş enerjisi, yerli bir enerji kaynağıdır ve enerji güvenliği ve bağımsızlığını artırır. Ülkeler, Güneş enerjisi potansiyelini kullanarak enerji ithalatına olan bağımlılıklarını azaltabilirler.
- d. Düşen Maliyetler: Güneş enerjisi teknolojilerindeki ilerlemeler, üretim maliyetlerini düşürmüştür ve Güneş enerjisinin daha erişilebilir hale gelmesini sağlamıştır. Ayrıca, Güneş enerjisi sistemlerinin uzun ömürlü olması ve düşük bakım maliyetleri gerektirmesi, uzun vadede maliyet tasarrufu sağlar.

Güneş Enerjisinin Zorlukları

- a. Değişkenlik ve Depolama: Güneş enerjisi üretimi, Güneş ışığının mevcudiyetine ve hava koşullarına bağlıdır. Güneş enerjisi sistemi, gece veya bulutlu havalarda elektrik üretimini azaltabilir. Bu nedenle, enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi ve Güneş enerjisi üretiminin düzenli hale getirilmesi önemlidir.
- b. Yer Kısıtlamaları: Güneş enerjisi sistemleri geniş alanlara veya geniş çatılara ihtiyaç duyabilir. Şehir merkezlerinde ve yoğun nüfuslu bölgelerde bu tür alanlara sahip olmak zor olabilir.
- c. Başlangıç Yatırımı: Güneş enerjisi sistemlerinin kurulum maliyeti yüksek olabilir. İlk yatırım maliyeti, bazı kullanıcılar için engel teşkil edebilir, ancak uzun vadede enerji tasarrufu sağlar.

Güneş enerjisi, dünya genelinde giderek daha yaygın bir enerji kaynağı haline gelmektedir. Teknolojik ilerlemeler, maliyet düşüşleri ve teşvik politikaları ile Güneş enerjisi kullanımı artmaktadır. Ülkeler, Güneş enerjisi kapasitelerini artırmak ve sürdürülebilir enerji dönüşümünü desteklemek için çeşitli teşvikler ve düzenlemeler uygulamaktadır.

Dünyanın Güneş enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Güneş, her gün dünyaya büyük miktarda enerji gönderir. Ancak Güneş enerjisi potansiyeli, coğrafi konuma, iklim koşullarına ve arazi özelliklerine bağlı olarak değişir (Allouhive ark., 2023).

Güneş enerji potansiyelini ölçmek için kullanılan bir ölçüt, bir bölgedeki yıllık ortalama Güneş radyasyonudur. Bu ölçüm, kilowatt-saat/metrekare (kWh/m²) veya benzeri bir birimle ifade edilir. Dünya genelinde Güneş enerji potansiyelini değerlendiren çalışmalar ve haritalar mevcuttur.

Bazı bölgeler, özellikle ekvatora yakın olanlar, yıl boyunca daha yüksek Güneş radyasyonuna sahiptir ve dolayısıyla daha yüksek bir Güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Sahra Altı Afrika, Sahra Çölü, Avustralya, Orta Doğu ve Amerika'nın bazı bölgeleri, Güneş enerjisi potansiyeli açısından öne çıkan bölgelerdir.

Örneğin, dünyanın bazı bölgelerinde yıllık Güneş radyasyonu ortalama olarak 1.500 kWh/m² veya daha yüksek olabilir. Bu yüksek Güneş enerjisi potansiyeli, Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve Güneş enerjisi santrallerinin işletilmesi için elverişli bir ortam sağlar.

Güneş enerjisi potansiyelini en iyi şekilde değerlendirmek için, coğrafi konum, iklim verileri, arazi özellikleri ve Güneş enerjisi teknolojileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Ülkeler, Güneş enerjisi potansiyellerini belirlemek ve Güneş enerjisi kullanımını teşvik etmek için Güneş enerjisi haritaları, veri analizleri ve stratejiler geliştirmektedir.

Ülkemiz ise, Güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Türkiye, yıl boyunca geniş bir Güneş radyasyonu alanına sahiptir ve Güneş enerjisi üretimi için uygun bir iklimi vardır. Özellikle Akdeniz bölgesi, Güneydoğu Anadolu bölgesi ve İç Anadolu'nun bazı bölgeleri yüksek Güneş enerjisi potansiyeline sahiptir.

Türkiye'nin Güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmış ve Güneş enerjisi haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar, Güneş radyasyonu verilerini kullanarak Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için kullanılır.

Türkiye genelinde yıllık ortalama Güneş radyasyonu, 1.400 kWh/m² ile 1.800 kWh/m² arasında değişebilir (solarexen.com/tr/blog). Güney bölgeleri genellikle daha yüksek Güneş enerjisi potansiyeline sahipken, kuzey bölgeleri biraz daha düşük değerlere sahip olabilir.

Türkiye'de Güneş enerjisi sektörü hızla gelişmektedir. Hükümet, Güneş enerjisi yatırımlarını teşvik etmek için çeşitli politikalar ve teşvikler uygulamaktadır. Bu teşvikler arasında özel sektöre sağlanan tarifeli yenilenebilir enerji alım garantileri, vergi avantajları ve lisans süreçlerinin kolaylaştırılması gibi önlemler bulunmaktadır.

Güneş enerjisi sektörü, Türkiye'nin enerji bağımsızlığını artırmak, temiz enerji üretimini desteklemek ve karbon salınımını azaltmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Ülke genelinde Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu ve evlerde Güneş panelleri kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Günümüzde enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ve çevresel etkileri göz önünde bulundurularak, Güneş enerjisi alternatif bir enerji kaynağı olarak büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle, Güneş enerjisinin potansiyelini değerlendirmek ve verimini artırmak, enerji sektöründe stratejik bir hedef haline gelmiştir. Bu tez çalışması, Erzurum ilinin Güneş enerjisi potansiyelini analiz etmeyi ve Güneş enerji verimini artırmak için öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

KURAMSAL TEMELLER

Güneş Enerjisi ve Potansiyeli

Güneş enerjisi, Güneşten gelen elektromanyetik radyasyonun elektrik enerjisi veya ısı enerjisine dönüştürülmüş halini ifade eder. Güneş enerjisi, sınırsız bir kaynak olması, temiz ve çevre dostu olması nedeniyle önemli bir alternatif enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi potansiyeli, bir bölgede mevcut olan Güneşlenme süresi ve Güneş radyasyonu miktarıyla ilişkilidir. Coğrafi konum, iklim ve topografya gibi faktörler Güneş enerjisi potansiyelini etkileyen önemli faktörlerdir.

Güneş enerjisi potansiyeli, bir bölgenin Güneş enerjisinden yararlanma kapasitesini ifade eder. Bir bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini doğru bir şekilde değerlendirmek, Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumunda ve tasarımında önemlidir.

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için kullanılan temel veriler Güneşlenme süresi ve Güneş radyasyonudur. Güneşlenme süresi, bir bölgede Güneş ışığına maruz kalma süresini ifade eder. Bu süre, Güneşin doğuşundan batışına kadar geçen süreyi kapsar. Güneş radyasyonu ise bir bölgeye düşen Güneş ışığı miktarını ifade eder. Güneş radyasyonu genellikle kWh/m² veya MJ/m² gibi birimlerle ölçülür (esm.klu.edu.tr/dosyalar/birimler).

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için kullanılan diğer önemli faktörler arasında iklim verileri, hava sıcaklığı, nem, bulut örtüsü ve rüzgâr hızı gibi parametreler yer alır. Bu veriler, Güneş enerjisi sisteminin performansını etkileyen faktörlerin belirlenmesinde önemli rol oynar.

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi genellikle coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve istatistiksel modeller kullanılarak gerçekleştirilir. CBS, coğrafi verilerin toplanması, analizi ve görselleştirilmesi için kullanılan bir araçtır. Bu sistemler, Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için kullanılan verileri haritalar ve grafikler şeklinde sunmayı sağlar. İstatistiksel modeller ise eldeki verileri analiz ederek bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini tahmin etmek için kullanılır.

Erzurum ili için Güneş enerjisi potansiyelinin analizi, Güneşlenme süresi, Güneş radyasyonu ve iklim verilerinin değerlendirilmesini içermelidir. Bu analiz, Güneş enerjisi sistemlerinin doğru bir şekilde tasarlanması, verimli kullanılması ve bölgenin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için Güneş enerjisi kaynaklarından yararlanılması için önemlidir.

Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi sistemleri, Güneşten gelen enerjiyi elektrik enerjisine veya ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemler, Güneş enerjisini temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kullanmamızı sağlar. İşte Güneş enerjisi sistemlerinin bazı temel bileşenleri ve türleri:

Güneş panelleri (Fotovoltaik paneller)



Şekil 1. Örnek fotovoltaik panel uygulaması

Güneş panelleri, Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik hücrelerden oluşan cihazlardır. Bu paneller, Güneş ışığından gelen fotonları yakalar ve bunları elektrik enerjisine dönüştürerek kullanılabilir elektrik üretir. Örnek fotovoltaik panel uygulaması Şekil 1’de gösterilmektedir.

Güneş panelleri genellikle kristal silikon veya ince film teknolojisi kullanılarak üretilir.

- a. **Kristal Silikon Paneller:** Kristal silikon paneller, en yaygın kullanılan Güneş panelleridir. Monokristal silikon ve polikristal silikon paneller olmak üzere iki ana türü vardır.
 - **Monokristal Silikon Paneller:** Monokristal silikon paneller, tek bir kristal yapıya sahip silikon hücrelerden oluşur. Bu paneller yüksek verimlilik sağlar ancak daha yüksek maliyetlidir. Monokristal paneller, daha az alan gerektiren alanlarda tercih edilebilir.
 - **Polikristal Silikon Paneller:** Polikristal silikon paneller, birden çok kristal yapıya sahip silikon hücrelerden oluşur. Bu paneller genellikle daha uygun fiyatlıdır ancak

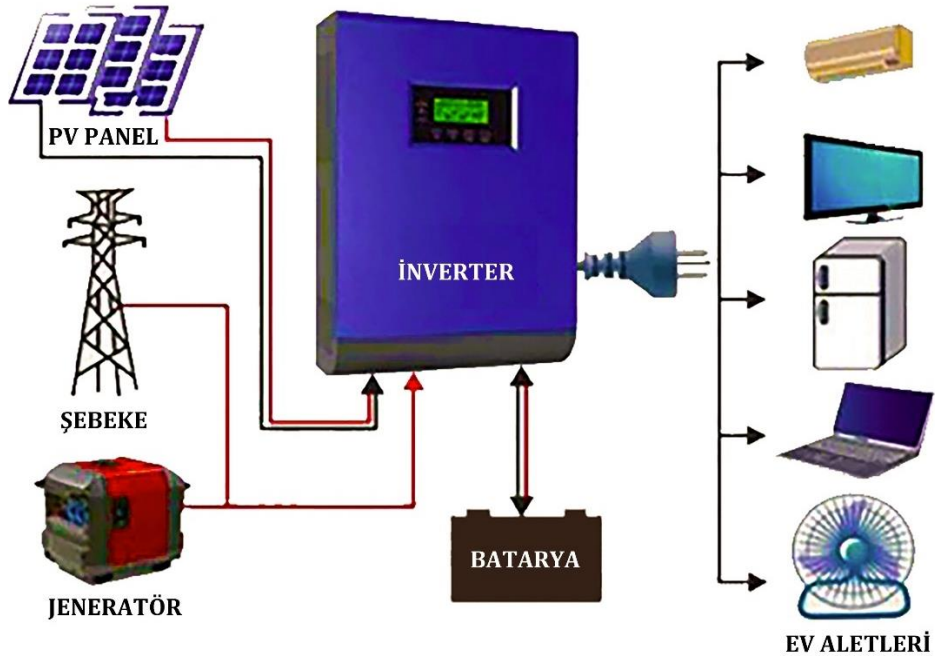
biraz daha düşük verimlilik sunarlar. Polikristal paneller, geniş alanlarda ve düşük maliyetli projelerde yaygın olarak kullanılır.

- b. İnce Film Paneller:** İnce film paneller, Güneş enerjisi üretimi için kullanılan alternatif bir teknolojidir. Bu paneller, ince bir fotovoltaiik tabakayı alt tabaka malzemelere (genellikle cam veya plastik) bağlayarak yapılıdır. Amorf silikon, kadmiyum tellür veya bakır indiyum galyum selenit gibi farklı ince film malzemeleri kullanılabilir. İnce film paneller, esneklik, hafiflik ve daha düşük maliyet gibi avantajlar sunar ancak genellikle daha düşük verimlilikle birlikte gelir.

Güneş panelleri, Güneş ışığından elektrik üretmek için kullanılan en temel bileşendir. Bir dizi Güneş paneli bir araya getirilerek Güneş enerjisi sistemleri oluşturulur. Bu sistemler, çatılara, arazilere veya binalara monte edilebilir ve elektrik ihtiyaçlarını karşılamak veya enerji depolamak için kullanılabilir.

Güneş panelleri, sürdürülebilir enerji üretiminde önemli bir rol oynar ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Teknolojik gelişmeler ve artan verimlilik ile birlikte Güneş panelleri daha da yaygınlaşmaktadır ve enerji ihtiyaçlarımızı karşılamak için güvenilir bir seçenek haline gelmektedir.

İnverterler



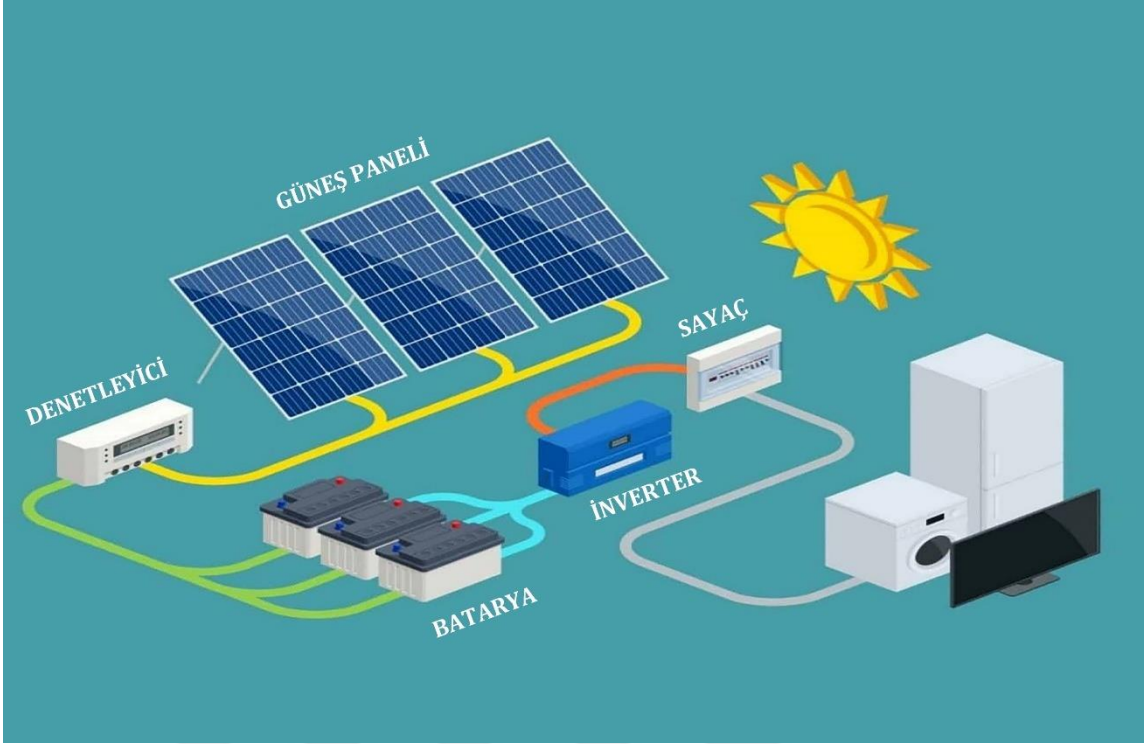
Şekil 2. İnverter çalışma prensibi

İnverterler, Güneş enerjisi sistemlerinde önemli bir bileşendir. Güneş panellerinden gelen doğru akım (DC) elektriğini evlerde ve iş yerlerinde kullanılan alternatif akım (AC) elektriğe dönüştürürler. İnverterlerin temel işlevleri ve çeşitleri şu şekildedir:

- a. DC-AC İnverterleri: DC-AC inverterler, Güneş panellerinden gelen DC elektriğini evlerde ve iş yerlerinde kullanılan AC elektriğe dönüştürürler. Bu dönüşüm, kullanıcının Güneş enerjisi sisteminden üretilen elektriği doğrudan kullanabilmesini sağlar. DC-AC inverterler, Güneş enerjisi sisteminin kalbi olarak kabul edilir ve verimli bir dönüşüm sağlamak için tasarlanmıştır.
- b. Merkezi İnverterler: Merkezi inverterler, büyük ölçekli Güneş enerjisi sistemleri için kullanılan inverterlerdir. Bu sistemlerde, birçok Güneş paneli bir araya gelerek bir güç santrali oluşturur. Merkezi inverter, bu panellerden gelen DC elektriği tek bir noktada dönüştürerek AC elektrik üretir. Merkezi inverterler, yüksek güç kapasitesine sahip sistemlerde verimli bir seçenektir.
- c. Mikro İnverterler: Mikro inverterler, her bir Güneş paneline ayrı ayrı entegre edilen küçük inverterlerdir. Her panelin üzerinde bir mikro inverter bulunur ve bu inverterler panelin doğrudan çıkışını AC elektriğe dönüştürür. Mikro inverterler, panel düzeyinde güç üretimi ve bağımsız çalışma yeteneği sağlar. Bu sayede, panel bazında izleme ve performans optimizasyonu gibi avantajlar sunar.
- d. Güç Optimizörleri: Güç optimizörleri, Güneş panelleriyle birlikte kullanılan bir diğer bileşendir. Panellerden gelen DC elektriği optimize ederek daha yüksek verimlilik sağlar. Güç optimizörleri, her bir panelin performansını izleyebilir ve paneller arasındaki farklılıkları dengeleyebilir. Bu sayede, gölgelenme veya panel arızaları gibi durumlarda sistem performansını artırır.

İnverterler, Güneş enerjisi sistemlerinde elektrik üretimini optimize etmek ve Güneş enerjisinden en yüksek verimi elde etmek için kullanılır. Doğru inverter seçimi, Güneş panellerinin doğru şekilde çalışmasını sağlar ve sistemin genel performansını etkiler.

Bataryalar



Şekil 3. Batarya çalışma prensibi

Bataryalar, Güneş enerjisi sistemlerinde önemli bir bileşendir. Güneş panellerinden üretilen enerjiyi depolamak ve enerji talebinin olmadığı veya Güneşlenme olmadığı durumlarda kullanmak için kullanılırlar. İşte Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan bataryaların temel özellikleri ve türleri:

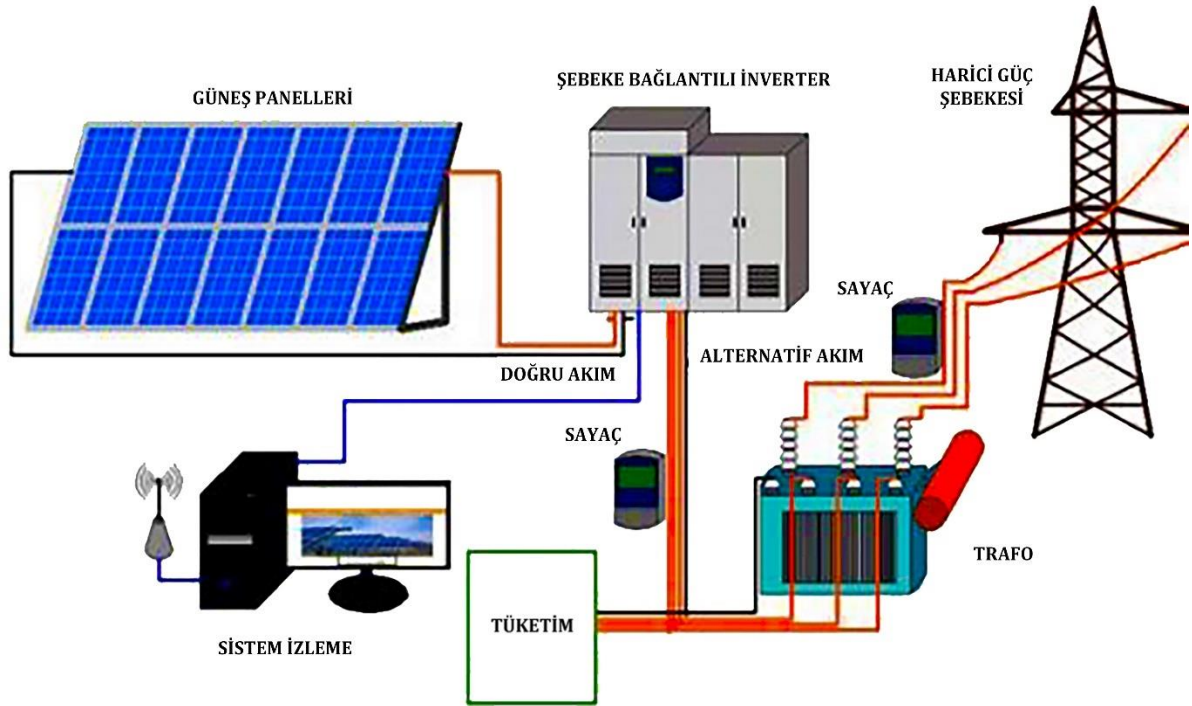
- Derin Döngü (Deep Cycle) Aküler: Derin döngü aküler, Güneş enerjisi sistemlerinde en yaygın olarak kullanılan batarya türüdür. Bu aküler, yüksek enerji depolama kapasitesine sahip ve sürekli şarj ve deşarj döngülerine dayanıklıdır. Derin döngü aküler, Güneş enerjisinden elde edilen fazla enerjiyi depolayarak gece veya bulutlu günlerde kullanılmasını sağlar. Özellikle evlerde ve küçük ölçekli Güneş enerjisi sistemlerinde tercih edilirler.
- Kurşun Asit Aküler: Kurşun asit aküler, ekonomik açıdan daha uygun olan batarya türlerinden biridir. Bu aküler, kurşun plakalar ve sülfürik asit elektroliti kullanarak çalışır. Kurşun asit aküler, yüksek enerji depolama kapasitesi sunar, ancak bakım gerektirebilirler. Düşük maliyetleri ve geniş kullanım alanları nedeniyle Güneş enerjisi sistemlerinde sıkça kullanılırlar.
- Jel Aküler: Jel aküler, jel elektroliti içeren ve genellikle kurşun asit akülerine bir alternatif olarak kullanılan batarya türüdür. Jel aküler, daha fazla çevresel koruma ve düşük bakım gereksinimleri sunar. Ayrıca, titreşime ve düşük sıcaklıklara

dayanıklıdır. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanıldığında, enerji depolama sürecinde daha fazla verimlilik sağlarlar.

- d. Lityum İyon Aküler: Lityum iyon aküler, son yıllarda Güneş enerjisi sistemlerinde popüler hale gelen bir batarya türüdür. Lityum iyon teknolojisi, yüksek enerji yoğunluğu, hafiflik ve daha uzun ömür gibi avantajlar sunar. Bu aküler, hızlı şarj ve deşarj özelliklerine sahiptir ve daha kompakt bir tasarıma sahiptir. Lityum iyon aküler, Güneş enerjisi sistemlerinde daha yüksek verimlilik ve daha uzun ömür sağlamak için tercih edilirler.

Bataryalar, Güneş enerjisi sistemlerinde enerjinin depolanmasını ve kullanılabilirliğini sağlar. Doğru batarya seçimi, enerji ihtiyaçlarına uygun depolama kapasitesi ve performans sağlar. Ayrıca, bataryaların düzenli bakımı ve takibi de önemlidir, böylece sistem güvenli ve verimli bir şekilde çalışır.

Bağlantı sistemleri



Şekil 4. Bağlantı sistemleri şeması

Güneş enerjisi sistemlerinde bağlantı sistemleri, Güneş panelleri, inverterler ve bataryalar arasındaki elektrik bağlantılarını yönetir. Bu sistemler, Güneş enerjisi üretiminden elde edilen elektriğin doğru şekilde iletilmesini ve kullanılmasını sağlar. Örnek bağlantı sistemi şeması Şekil 4’de gösterilmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan bazı bağlantı sistemleri:

- a. DC Bağlantı Sistemi: DC bağlantı sistemi, Güneş panellerinden gelen doğru akım (DC) elektriğinin invertere iletilmesini sağlar. Güneş panelleri seri veya paralel bağlantılarla bir araya getirilir ve DC kablolama ile invertere bağlanır. Bu bağlantı sistemi, panellerden gelen DC elektriğinin kayıpsız bir şekilde invertere aktarılmasını sağlar.
- b. AC Bağlantı Sistemi: AC bağlantı sistemi, inverterden gelen alternatif akım (AC) elektriğinin evlerde veya iş yerlerinde kullanılabilmesini sağlar. İnverterden çıkan AC elektriği, elektrik panosuna veya dağıtım panosuna bağlanır. Bu bağlantı sistemi, Güneş enerjisinden elde edilen elektriğin kullanıcıların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmasını sağlar.
- c. Bağlantı Kutuları: Bağlantı kutuları, Güneş enerjisi sistemlerinde güvenli ve düzenli bağlantılar için kullanılır. Bu kutular, panellerden gelen kabloların toplandığı ve invertere veya bataryalara bağlandığı noktalardır. Bağlantı kutuları, kablo bağlantılarını korur, izolasyon sağlar ve sistemin güvenli ve düzenli çalışmasını sağlar.
- d. Dağıtım Panosu: Dağıtım panosu, Güneş enerjisi sisteminden gelen elektriğin ev veya iş yerinde dağıtılmasını sağlar. Bu panoda, Güneş enerjisi sistemi ile grid elektriği arasındaki geçiş sağlanır. Güneş enerjisi sistemi tarafından üretilen fazla elektrik grid elektrik hattına verilebilir veya enerji ihtiyacının karşılanması için grid elektriği Güneş enerjisiyle birleştirilebilir.

Bağlantı sistemleri, Güneş enerjisi sistemlerinde enerjinin güvenli ve etkili bir şekilde iletilmesini sağlar. Elektrik bağlantılarının doğru ve profesyonel bir şekilde yapılması önemlidir, bu nedenle bir elektrik uzmanı veya Güneş enerjisi sistemleri kurulumunda deneyimli bir ekip tarafından gerçekleştirilmelidir.

Güneş enerjisi sistemleri, enerji maliyetlerini azaltır, çevresel etkileri azaltır ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı sunar. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, Güneş enerjisi sistemleri daha verimli hale gelmektedir ve dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Erzurum ili gibi Güneşlenme süresi ve Güneş radyasyonu yüksek bölgelerde Güneş enerjisi sistemleri önemli bir potansiyele sahiptir.

Güneş Enerji Santrallerinin Verimi

Güneş enerji santrallerinin verimi, Güneş enerjisi sistemlerinin ne kadar etkili bir şekilde Güneş ışığından enerji üretebildiğini ifade eder. Verimlilik, sistemde kullanılan bileşenlerin performansı, tasarım faktörleri ve işletme koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. İşte Güneş enerjisi verimini etkileyen önemli faktörler:

Güneş paneli verimi

Güneş panelleri (fotovoltaik paneller), Güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren bileşenlerdir. Panelin verimi, Güneş ışığını ne kadar etkili bir şekilde elektriğe dönüştürebildiğini belirler. Daha yüksek verimli paneller, daha fazla enerji üretir ve sistem verimliliğini artırır.

İnverter verimi

İnverterler, Güneş panellerinden gelen doğru akım (DC) elektriğini evlerde ve iş yerlerinde kullanılan alternatif akım (AC) elektriğe dönüştürür. İnverterlerin verimi, DC elektriğin ne kadar kayıpsız bir şekilde AC elektriğe dönüştürüldüğünü belirler. Yüksek verimli inverterler, daha az enerji kaybıyla çalışır ve sistem verimliliğini artırır.

Yönlendirme ve eğim

Güneş panellerinin doğru yönde ve doğru eğimle yerleştirilmesi, Güneş ışığından maksimum fayda sağlamak için önemlidir. Panellerin Güneşe en iyi şekilde maruz kalması, verimliliği artırır. Bu nedenle, panellerin yerleştirilmesi ve montajı dikkatlice yapılmalıdır.

Gölgelenme ve engel durumu

Gölgelenme veya engeller, Güneş panellerinin üzerine düşen gölgeler veya engeller nedeniyle verimlilik kaybına neden olabilir. Gölgelenme durumunda, panellerin tamamı veya bir kısmı Güneş ışığından etkilenir ve enerji üretimi azalır. Bu nedenle, panellerin gölgelenme riskine karşı uygun bir konumda yerleştirilmesi önemlidir.

Temizlik ve bakım

Güneş panellerinin temiz tutulması, toz, kir veya diğer kirlenmelerin birikmesinden kaynaklanan verimlilik kaybını önler. Panellerin düzenli olarak temizlenmesi ve bakımının yapılması önemlidir.

Sistem tasarımı ve kontrolü

Güneş enerjisi sistemlerinin doğru bir şekilde tasarlanması ve kontrol edilmesi, verimliliği artırmak için önemlidir. Sistem parametrelerinin optimize edilmesi, enerji üretimi ve kullanımının en verimli şekilde gerçekleşmesini sağlar.

Güneş enerjisi verimliliğini artırmak için yukarıdaki faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Doğru bileşen seçimi, iyi tasarım, düzenli bakım ve sistem izleme, Güneş enerjisi sistemlerinden en yüksek verimi elde etmek için gereklidir.

Güneş Enerjisi Potansiyelinin Analizi

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi, bir bölgede Güneş enerjisi kaynaklarının değerlendirilmesi ve kullanılabilir enerji miktarının belirlenmesi sürecidir. Bu analiz, Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve performansının optimize edilmesi için önemlidir. Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için kullanılan bazı yöntemler:

- a. Güneş Işınımı Ölçümü: Güneş ışınımı ölçümü, Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde en temel yöntemdir. Bu ölçümler, Güneş ışınımının yoğunluğunu, süresini ve yönünü belirlemek için yapılan ölçümlerdir. Güneş ışınımı ölçümleri, Güneşin yıl boyunca değişen hareketini dikkate alarak gerçekleştirilir ve elde edilen veriler kullanılarak bölgenin Güneş enerjisi potansiyeli hesaplanır.
- b. İklim Verileri Analizi: İklim verileri analizi, bölgenin iklim koşullarının ve Güneşlenme sürelerinin incelenmesini içerir. Bu analizde, bölgenin yıllık ortalama sıcaklık, rüzgâr hızı, bulut örtüsü ve yağış miktarı gibi parametreler dikkate alınır. İklim verileri analizi, Güneş enerjisi sistemlerinin performansını ve enerji üretim potansiyelini tahmin etmede yardımcı olur.
- c. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Analizi: CBS analizi, bölgenin topografik özelliklerini, Güneşin yönüne ve eğime olan etkisini değerlendirmek için kullanılır. CBS, dijital yükseklik modelleri ve diğer coğrafi verileri kullanarak Güneşlenme süresi ve enerji potansiyeli haritalarının oluşturulmasına yardımcı olur. Bu analiz, Güneş enerjisi sistemlerinin optimal konumlandırılması ve Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde önemli bir araçtır.
- d. Veri Simülasyonu ve Modelleme: Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için simülasyon ve Modelleme araçları kullanılabilir. Bu yöntemler, Güneş ışınımı, hava koşulları, panel performansı ve enerji üretimi gibi faktörleri bir araya getirerek bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini tahmin etmeyi sağlar. Bu analizler, farklı senaryoların değerlendirilmesi ve Güneş enerjisi sistemlerinin optimize edilmesi için önemli bir rol oynar.

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi, bölgenin Güneş enerjisinden maksimum fayda sağlamak için önemlidir. Bu analizler, Güneş enerjisi sistemlerinin verimli bir şekilde tasarlanmasını, enerji üretiminin tahmin edilmesini ve sistem performansının optimize edilmesini sağlar.

Güneş Enerji Santrallerinin Verimini Artırma Yöntemleri

Güneş enerji santrallerinin verimini artırmak için aşağıda belirtilen bazı yöntemler kullanılabilir:

- a. Yüksek Verimli Güneş Panelleri: Teknolojik gelişmelerle birlikte yüksek verimli Güneş panelleri piyasaya sürülmüştür. Bu paneller, Güneş ışığını daha verimli bir şekilde elektriğe dönüştürerek enerji üretimini artırır. Güneş panellerinin verimlilik değerlerini inceleyerek, en yüksek verimli panelleri seçmek önemlidir.
- b. Optimum Yönlendirme ve Eğim: Güneş panellerinin doğru yönde ve doğru eğimle yerleştirilmesi önemlidir. Bölgenin Güneşlenme açısını ve Güneşin hareketini dikkate alarak, panellerin optimum konumlandırılması sağlanmalıdır. Bu, Güneş panellerinin gün boyunca en fazla Güneş ışığına maruz kalmasını ve verimliliği artırmasını sağlar.
- c. Gölgelemeyi Azaltma: Gölgeleme, Güneş panellerinin üzerine düşen gölgelerin verimliliği azaltmasına neden olabilir. Panellerin gölgeleme riskine karşı uygun bir konumda yerleştirilmesi veya gölgeleme önleme tedbirleri alınması, enerji üretimini artırmak için önemlidir.
- d. Temizlik ve Bakım: Güneş panellerinin temiz ve bakımlı olması verimliliği artırır. Toz, kir veya diğer kirlenmelerin birikmesi, Güneş panellerinin üzerinde ince bir tabaka oluşturarak ışınımın geçişini engelleyebilir. Düzenli olarak panellerin temizlenmesi ve bakımının yapılması, verimlilik kaybını önler.
- e. İnverter Verimliliği: İnverterler, DC elektriğini AC elektriğe dönüştürürken enerji kayıplarına neden olabilir. Yüksek verimli inverterlerin kullanılması, enerji dönüşüm sürecindeki kayıpları azaltır ve sistem verimliliğini artırır.
- f. Batarya Verimliliği: Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan bataryaların da verimli olması önemlidir. Yüksek enerji depolama kapasitesine sahip ve düşük enerji kayıplarıyla çalışan bataryalar, sistem verimliliğini artırır.
- g. Enerji Yönetimi ve İzleme Sistemleri: Enerji yönetimi ve izleme sistemleri, Güneş enerjisi üretimini optimize etmek için önemlidir. Bu sistemler, enerji tüketimi ve üretimini izleyerek enerji kayıplarını belirler ve sistem performansını optimize eder. Veri toplama ve analizine dayalı kararlar, verimliliği artırır.
- h. İnovasyon ve Teknolojik Gelişmeler: Güneş enerjisi sektöründe sürekli olarak yapılan inovasyonlar ve teknolojik gelişmeler, verimliliği artırmak için yeni fırsatlar sunar. Örneğin, yeni malzemelerin kullanımı, daha etkili ışınım absorpsiyonu ve elektrik üretimi sağlayabilir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Erzurum ili Güneş enerji potansiyelinin analizi ve Güneş enerjisi veriminin artırılması için aşağıdaki materyaller ve yöntemler kullanılmıştır:

Veri Kaynakları

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için kullanılan veriler, çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir. Erzurum ilinin Güneşlenme süreleri, iklim verileri, Güneş ışınımı yoğunluğu gibi parametreler, meteoroloji istasyonlarından, bilimsel araştırmalardan ve ilgili veri tabanlarından temin edilmiştir.

Erzurum ili Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için aşağıdaki veri kaynakları kullanılabilir:

- a. Meteoroloji İstasyonları: Meteoroloji istasyonları, Güneşlenme süreleri, Güneş ışınımı yoğunluğu, hava sıcaklığı, nem oranı gibi iklim verilerini ölçer. Erzurum ilinde bulunan meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler, Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için önemli bir kaynaktır.

Meteorolojik veriler, Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek ve Güneş enerjisi sistemlerinin performansını tahmin etmek için kullanılır. Güneş radyasyonu verileri, Güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek için temel bir göstergedir. Bu veriler, Güneşin yıl boyunca bölgeye düşen ışınım miktarını gösterir.

Diğer meteorolojik parametreler de Güneş enerjisi sistemlerinin performansını etkiler. Hava sıcaklığı, Güneş panellerinin çalışma sıcaklığı üzerindeki etkisini belirler. Rüzgâr hızı, panel soğutmasını etkileyebilir. Nem seviyesi ise panel üzerinde birikmiş olan toz ve kirin temizlenmesi için yağış miktarını gösterebilir.

Bu verilerin analizi, Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek, enerji üretimi tahminleri yapmak, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımını optimize etmek ve Güneş enerjisi verimini artırmak için önemlidir. Ayrıca, bu veriler, bölgenin mevsimsel değişkenliklerini ve Güneş enerjisi sistemlerinin performansını etkileyen faktörleri anlamak için kullanılmaktadır.

- b. Güneş İzleme İstasyonları: Güneş izleme istasyonları, Güneşin hareketini izleyerek Güneşlenme sürelerini, Güneş açılarını ve Güneş ışınımını ölçer. Erzurum ilinde

kurulan Güneş izleme istasyonları, bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için kullanılan önemli bir veri kaynağıdır.

Güneş izleme istasyonları, Güneşin pozisyonunu ve ışınımını ölçmek için kullanılan özel cihazlar ve sensörler içerir. Bu istasyonlar, Güneş radyasyonunu, Güneş açısını, ışınım dağılımını ve diğer ilgili parametreleri kaydederek Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için kullanılır.

Bu istasyonlar, yerel üniversiteler, araştırma kuruluşları, enerji şirketleri veya devlet kurumları tarafından işletilir. Bu tür istasyonlar genellikle Güneş ışınımını ölçmek için piranometreler, Güneş açısını ölçmek için Güneş takip sistemleri ve diğer ilgili sensörleri içerir.

- c. Uydu Verileri: Uydu tabanlı görüntüleme sistemleri, Güneş ışınımının yoğunluğunu ve dağılımını ölçmek için kullanılır. Uydu verileri, geniş bir coğrafi alana yayılan Güneş enerjisi potansiyelinin analizinde kullanılabilir. Uydu görüntülerinin işlenmesiyle elde edilen veriler, Güneş enerjisi potansiyelinin coğrafi dağılımını belirlemek için değerli bir kaynaktır.

Erzurum ili için uydu verileri, Güneş enerjisi potansiyelinin analizi ve Güneş enerjisi verimini artırma çalışmalarında kullanılabilir. Uydu verileri, atmosfer koşulları, bulut örtüsü, yüzey özellikleri ve Güneş radyasyonu gibi bilgileri sağlar.

Uydu verileri, uzaydan toplanan görüntüler ve ölçümlerden elde edilir. Bu veriler, çeşitli uydu platformları ve sensörler aracılığıyla elde edilir. Örneğin, NASA'nın Terra, Aqua, ve Suomi NPP gibi uyduları, MODIS, VIIRS ve CERES gibi sensörleri aracılığıyla Güneş radyasyonu ve atmosferik parametreler hakkında bilgi sağlar.

Uydu verileri, Erzurum ilinde Güneş enerjisi potansiyelini analiz etmek, bölgenin Güneş ışınım haritalarını oluşturmak, bulut örtüsünü değerlendirmek ve Güneş enerjisi sistemlerinin performansını tahmin etmek için kullanılabilir. Bu veriler, Güneş enerjisi santrallerinin yer seçiminde, Güneş panellerinin verimli bir şekilde konumlandırılmasında ve enerji üretim tahminlerinin yapılmasında yardımcı olmaktadır.

- d. İklim Veri Tabanları: İklim veri tabanları, genellikle uzun süreli iklim verilerini içerir. Bu veri tabanları, Güneşlenme süreleri, Güneş ışınımı yoğunluğu, sıcaklık, rüzgâr hızı gibi Güneş enerjisi potansiyelini etkileyen parametreleri içerir. Erzurum ilinin iklim veri tabanları, Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için değerli bir kaynak olabilir.
- e. Akademik ve Bilimsel Araştırmalar: Güneş enerjisi potansiyeliyle ilgili yapılan akademik ve bilimsel araştırmalar, güncel verilere ve analizlere sahip olabilir. Bu

araştırmalar, bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek ve analiz etmek için kullanılabilir.

Veri kaynakları, Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için güvenilir ve güncel verilere erişimi sağlar. Bu veriler, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı, performans değerlendirmesi ve enerji üretimi tahminleri gibi konularda önemli bir rol oynar.

Güneş İzleme Cihazları

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için Güneş izleme cihazları kullanılmıştır. Bu cihazlar, Güneşin hareketini izleyerek Güneşlenme sürelerini ve açılarını ölçer. Erzurum ilinde belirlenen noktalara yerleştirilen Güneş izleme cihazları, Güneşlenme sürelerini ve açılarını kaydetmek için kullanılmıştır.

Erzurum ili gibi bir bölgede Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için Güneş izleme cihazları oldukça önemlidir. İşte Güneş izleme cihazlarının bazı yaygın tipleri:

- a. Güneş İzleme Takip Sistemleri: Bu sistemler, Güneş panellerinin veya Güneş kolektörlerinin Güneşe doğru yönlendirilmesini sağlar. Çift eksenli ve tek eksenli takip sistemleri olarak iki ana tipe ayrılır. Çift eksenli sistemler, hem yatay hem de dikey ekseninde Güneşi takip ederken, tek eksenli sistemler sadece yatay ekseninde takip yapar. Bu cihazlar, Güneşlenme sürelerini ve Güneş ışınlarının düşme açılarını ölçerek Güneş enerjisi verimliliğini artırmaya yardımcı olur.
- b. Güneş İzleme Sensörleri: Bu sensörler, Güneşin konumunu tespit etmek için kullanılır. Genellikle yüksek hassasiyetli ışık sensörleri veya Güneş sensörleri olarak adlandırılır. Güneşin pozisyonunu belirlemek için sensörler kullanılarak Güneşlenme süreleri, açılar ve Güneş ışınımı yoğunluğu ölçülebilir.
- c. Güneş İzleme Kameraları: Güneş izleme kameraları, Güneşin hareketini görsel olarak kaydetmek için kullanılır. Bu kameralar, Güneşin yolunu ve açısını izleyerek Güneşlenme sürelerini ve Güneşin hareketini analiz etmek için kullanılır. Ayrıca, bu kameralarla Güneşin gölgelendirme etkileri de gözlemlenebilir.

Güneş izleme cihazları, Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için önemli veri sağlar. Bu cihazlar, Güneşlenme sürelerini, Güneş ışınımını ve Güneş açılarını hassas bir şekilde ölçerek Güneş enerjisi sistemlerinin yerleşimini ve performansını optimize etmeye yardımcı olur. Erzurum ili gibi bölgelerde Güneş izleme cihazları, Güneş enerjisi potansiyelini doğru bir şekilde belirlemek ve Güneş enerjisi verimliliğini artırmak için kullanılabilir.

Veri Analizi

Toplanan veriler, istatistiksel analizler ve CBS araçları kullanılarak analiz edilmiştir. İstatistiksel analizler, Güneşlenme süreleri, ışıınım yoğunluğu ve diğer iklim parametrelerinin değerlendirilmesini sağlamıştır. CBS araçları ise bölgenin topografik özelliklerini, Güneşin hareketini ve Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için kullanılmıştır.

Erzurum ili Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için yapılan veri analizi, Güneşlenme süreleri, Güneş ışıınımı yoğunluğu, iklim verileri ve diğer ilgili parametrelerin değerlendirilmesini içerir. Verilerin analizi, istatistiksel yöntemler, CBS araçları ve simülasyon/modelleme tekniklerinin kullanılmasını gerektirebilir. İşte veri analizi için yaygın kullanılan bazı yöntemler:

- a. İstatistiksel Analiz: Toplanan verilerin istatistiksel analizi, Güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. İstatistiksel analiz, verilerin dağılımını, ortalamalarını, standart sapmalarını ve diğer istatistiksel özelliklerini belirlemek için kullanılır. Ayrıca, veriler arasındaki ilişkileri ve trendleri ortaya çıkarmak için korelasyon analizi ve regresyon analizi gibi yöntemler uygulanır.
- b. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Analizi: CBS araçları, coğrafi verilerin analizini ve görselleştirmesini sağlar. Bu araçlar, Güneş enerjisi potansiyelini etkileyen faktörleri (topografik özellikler, yüzey eğimi, gölgelenme vb.) haritalamak ve analiz etmek için kullanılır. CBS analizi, Güneş enerjisi sistemlerinin yerleşimini, panel konumunu ve Güneş ışıınımının dağılımını belirlemek için önemli bir araçtır.
- c. Simülasyon ve Modelleme: Simülasyon ve Modelleme araçları, toplanan verileri kullanarak Güneş enerjisi potansiyelini tahmin etmeyi ve sistemin performansını değerlendirmeyi sağlar. Bu araçlar, bölgenin iklim verilerini, Güneş ışıınımını, topografik özellikleri ve Güneş enerjisi sistemlerinin teknik özelliklerini bir araya getirerek enerji üretimi tahminleri yapabilir. Simülasyon ve Modelleme, farklı senaryoların değerlendirilmesi ve Güneş enerjisi sisteminin optimize edilmesi için kullanılır.
- d. Veri Görselleştirme: Verilerin görselleştirilmesi, analiz sürecinde önemli bir adımdır. Grafikler, tablolar, haritalar ve diğer görsel araçlar kullanılarak verilerin anlaşılması ve yorumlanması kolaylaştırılır. Veri görselleştirme, Güneş enerjisi potansiyelinin coğrafi dağılımını, mevsimsel değişimleri ve diğer önemli özellikleri göstermek için kullanılır.

Veri analizi, Güneş enerjisi potansiyelinin analizi ve Güneş enerjisi verimini artırma çalışmalarında önemli bir adımdır. Bu analizler, Güneş enerjisi sistemlerinin optimize edilmesi, enerji üretimi tahminleri yapılması ve projelerin etkinliğinin değerlendirilmesi için temel bilgiler sağlar. Veri analizi yöntemleri ve araçları, Erzurum ili gibi bir bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek ve Güneş enerjisi verimini artırmak için kullanılabilir.

Güneş Enerjisi Sistemleri ve Bileşenleri

Güneş enerjisi veriminin artırılması için farklı Güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri kullanılmıştır. Örneğin, yüksek verimli Güneş panelleri, Güneş enerjisini daha verimli bir şekilde elektriğe dönüştürmek için tercih edilmiştir. Ayrıca, Güneş panellerinin doğru yönde ve eğimle yerleştirilmesi, gölgelenmeyi azaltma teknikleri, yüksek verimli inverterler ve bataryalar gibi bileşenler de kullanılmıştır.

Bu bileşenlerin yanı sıra, Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan diğer bileşenler arasında kablolar, montaj yapıları, izleme sistemleri, Güneş sensörleri, güç izleme cihazları ve koruyucu cihazlar da bulunur.

Güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri, temiz ve sürdürülebilir enerji sağlamak için önemli bir rol oynar. Erzurum ili gibi Güneş enerjisi potansiyeli yüksek bölgelerde Güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri, enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve çevresel etkileri azaltmak için önemli bir çözüm sunar.

Simülasyon ve Modelleme

Güneş enerjisi potansiyelinin analizi için simülasyon ve Modelleme araçları kullanılmıştır. Bu araçlar, bölgenin Güneş ışınımı, hava koşulları, panel performansı ve enerji üretimi gibi faktörlerini bir araya getirerek Güneş enerjisi potansiyelini tahmin etmeyi sağlamıştır. Bu sayede, farklı senaryoların değerlendirilmesi ve Güneş enerjisi sistemlerinin optimize edilmesi mümkün olmuştur.

Simülasyon ve Modelleme, Güneş enerjisi potansiyelinin analizi ve Güneş enerjisi veriminin artırılması çalışmalarında kullanılan önemli araçlardır. Bu yöntemler, Güneş enerjisi sistemlerinin performansını tahmin etmek, tasarım ve optimizasyon süreçlerini desteklemek, enerji üretimi tahminleri yapmak ve farklı senaryoları değerlendirmek için kullanılır. Simülasyon ve Modelleme yöntemlerinin bazı örnekleri:

- a. Fotovoltaik Modeller: Fotovoltaik (PV) modeller, Güneş panellerinin performansını simüle etmek için kullanılır. Bu modeller, Güneş ışınımı, panel özellikleri, hava sıcaklığı, gölgeleme etkileri ve diğer parametreleri dikkate alarak

Güneş panellerinin elektrik üretimini tahmin eder. PV modelleri, Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak için panel konumunu, eğimini, yönlendirilmesini ve diğer tasarım faktörlerini optimize etmek için kullanılır.

- b. Hava Durumu Modelleri: Hava durumu modelleri, Güneş enerjisi üretimini etkileyen faktörleri analiz etmek için kullanılır. Bu modeller, Güneş ışınımı, bulut örtüsü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve diğer meteorolojik verileri kullanarak Güneş enerjisi potansiyelini tahmin eder. Hava durumu modelleri, enerji üretimi tahminleri yapmak, Güneş enerjisi sistemlerinin uygunluğunu değerlendirmek ve enerji yönetimi stratejilerini optimize etmek için kullanılır.
- c. CBS Tabanlı Analiz: Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Güneş enerjisi potansiyelini analiz etmek ve görselleştirmek için kullanılan güçlü bir araçtır. CBS, topografik verileri, Güneş açılarını, gölgelenme analizini ve Güneş enerjisi dağılımını haritalar üzerinde göstermek için kullanılır. Bu analizler, Güneş enerjisi sistemlerinin yerleşimini optimize etmek ve Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için önemlidir.
- d. Performans Simülasyonları: Güneş enerjisi sistemlerinin performansını değerlendirmek ve optimize etmek için performans simülasyonları kullanılır. Bu simülasyonlar, Güneş enerjisi üretimini, enerji tüketimini, batarya kapasitesini ve diğer parametreleri analiz ederek sistem performansını tahmin eder. Böylece, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve işletimi için en iyi çözümler bulunabilir.

Simülasyon ve Modelleme, Güneş enerjisi potansiyelini analiz etmek, sistem performansını değerlendirmek ve Güneş enerjisi verimini artırmak için değerli araçlar sağlar. Bu yöntemler, tasarım kararlarının doğru alınmasını, enerji üretimi tahminlerinin yapılmasını ve Güneş enerjisi sistemlerinin optimize edilmesini sağlar.

Bu materyal ve metotlar, Erzurum ili Güneş enerji potansiyelinin analizi ve Güneş enerjisi veriminin artırılması çalışmasında kullanılan temel araçlardır. Bu yöntemler, bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek ve Güneş enerjisi sistemlerini optimize etmek için önemli bir rol oynamaktadır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Erzurum ilinin Güneş enerji potansiyeli, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer aldığından dolayı genel olarak yüksek kabul edilir. Erzurum'un iklim koşulları, topografik özellikleri ve Güneşlenme süresi, Güneş enerjisi sistemleri için uygun bir ortam sağlamaktadır. Erzurum ilinin Güneş enerji potansiyelini etkileyen ve artırılması için göz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler:

- a. Güneşlenme Süresi: Erzurum ilinde Güneşlenme süresi oldukça yüksektir. Yıl boyunca Güneşli gün sayısı fazladır ve Güneş ışığından yararlanma süresi uzundur. Bu durum, Güneş enerjisi sistemlerinin daha uzun süre boyunca verimli bir Şekilde çalıŐmasına olanak tanır.
- b. Yüksek Rakımlı Bölge: Erzurum ilinin yüksek rakımlı bir bölge olması, Güneş enerjisi sistemleri için avantaj sağlar. Yüksek rakımlı bölgelerde Güneş panelleri daha dik bir açıyla Güneş ıŐınlarına maruz kalır ve daha fazla enerji üretebilir.
- c. Az Bulutlu Hava: Erzurum ilinde bulut örtüsü yoğunluğu genellikle düşüktür. Az bulutlu hava koşulları, Güneş ışınlarının engellenmeden yzeyeye ulaŐmasını sağlar ve Güneş enerjisi verimliliğini artırır.
- d. İklım Koşulları: Erzurum ilinin iklimi kara iklimi özellikleri gösterir. Bu, genellikle sıcak yazlar ve soğuk kıŐlar anlamına gelir. İklım koşulları Güneş enerjisi sistemlerinin kararlı ve sürekli bir Şekilde enerji üretmesine olanak tanır.

Erzurum İli Güneş Enerjisi Parametrelerinin ve Güneş Enerjisi Haritasının Oluşturulması

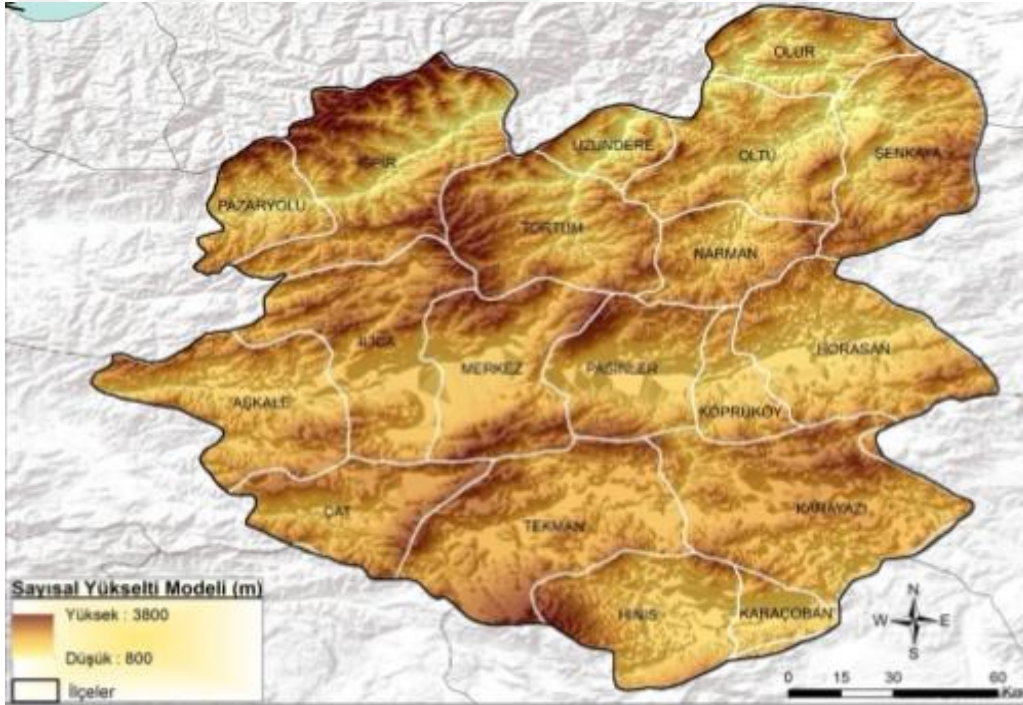
Erzurum ilinin topografik yapısı dağlık ve yüksek rakımlı bölgeler içermektedir. Bu durum, Güneşin düşme açısını ve süresini etkileyebilir. Dağlar, Güneş ışınlarının bazı bölgelerde daha dik bir açıyla yzeyeye ulaŐmasını sağlayabilir. Bu, Güneş enerjisi sistemlerinin daha yüksek verimlilikle çalıŐmasına olanak tanır.

Arazi eğimi ve Güneş panellerinin yerleŐtirildiĐi yamaçların yönelimi, Güneş enerjisi verimliliğini etkiler. Güneş panelleri, Güneşe en uygun açıyla yerleştirildiğinde daha fazla Güneş ışığından yararlanır ve verimlilikleri artar. Yamaç eğimi ve yönü, Güneş panellerinin optimal konumlandırılmasında dikkate alınmalıdır.

Dağlar ve yapılar, gölgeleme etkisi yaratabilir. Gölgeleme, Güneş panellerinin üzerine düşen gölgelerle birlikte Güneş ışığının azalmasına neden olur. Bu da Güneş enerjisi sisteminin verimliliğini düşürebilir. Gölgeleme analizleri, Güneş panellerinin montaj yerlerinin seçiminde önemli bir rol oynar.

Erzurum ilinde kış aylarında kar yağışları sıklıkla görülür. Kar kalınlığı, Güneş panellerinin üzerinde biriken karın Güneş ışığı alımını engellemesine ve verimliliği düşürmesine neden olabilir. Kar temizliği ve Güneş panellerinin kar birikmesine karşı korunması önemlidir.

Dünya üzerinde yükselen talepleri karşılamak için hızlı bir enerji tüketimi söz konusudur. Tüketimin yanında kayıpların da artacağı düşünüldüğünde, kayıplara ilişkin tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmadaki amacımız Erzurum ilindeki arazilerinin nerelerin Güneş enerji santrali için uygun olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 5. Erzurum İli topografik haritası (Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 50, Sayı 2, 2019)

Erzurum ili güneş enerji kurulum haritasında kullanılan parametreler

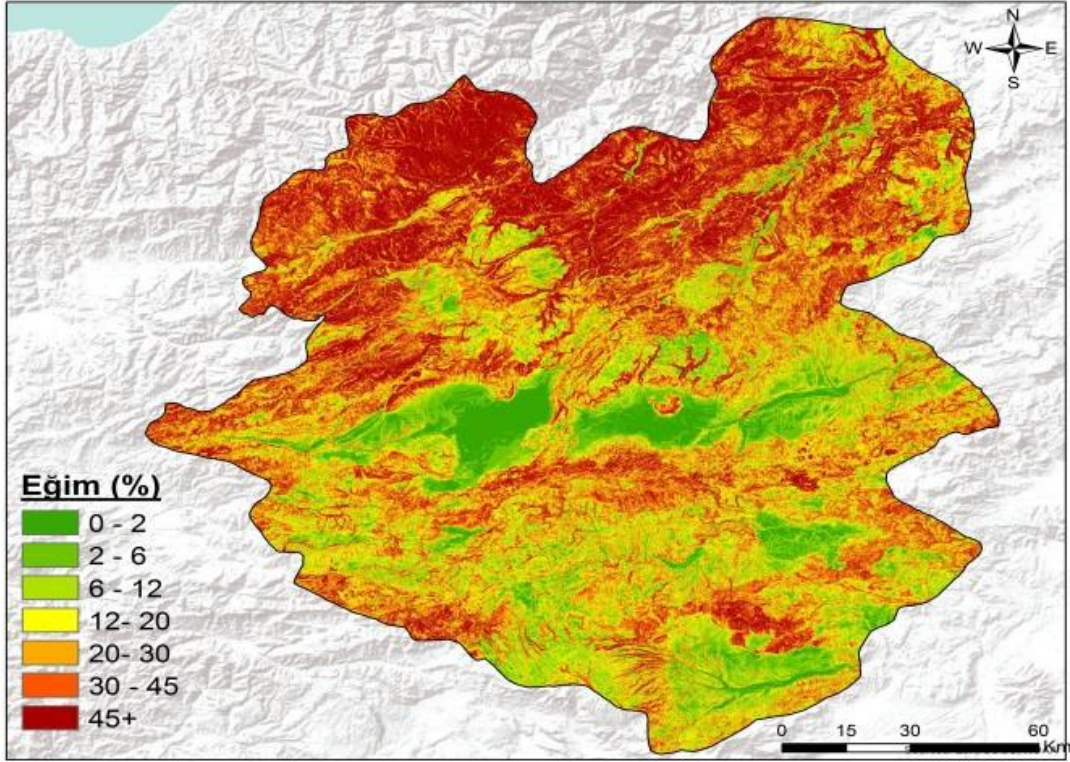
Eğim

Coğrafi eğim, bir yüzeyin yükseklik değişimiyle ilgili bir ölçüdür. Güneş enerjisi kurulum haritalarında coğrafi eğim, arazi yapısının Güneş enerjisi verimliliği üzerindeki etkisini belirlemek için önemli bir parametredir. Erzurum'un coğrafi eğimi, bölgenin yüzeyinin ne kadar dik veya düz olduğunu gösterir.

Coğrafi eğim, genellikle derece veya yüzde olarak ifade edilir. Derece cinsinden ifade edildiğinde, bir yüzeyin yükseklik değişimi, yatay mesafeye bölünerek açısal bir değer elde edilir. Yüzde olarak ifade edildiğinde ise, yükseklik değişimi yatay mesafeye oranlanarak yüzde cinsinden bir değer elde edilir.

Erzurum, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer aldığından dolayı genellikle dağlık ve engebeli bir topografyaya sahiptir. Bu nedenle, Erzurum'un coğrafi eğimi genellikle yüksektir. Dağlık bölgelerde coğrafi eğim daha dik olabilirken, düzlüklerde ise daha düşük olabilir.

Coğrafi eğim, Güneş panellerinin yerleştirilmesi ve optimal açılarının belirlenmesi açısından önemlidir. Güneş panelleri, Güneşe en uygun açıyla yerleştirildiğinde daha fazla Güneş ışığından yararlanır ve verimlilikleri artar. Dolayısıyla, Erzurum'un coğrafi eğim verileri, Güneş enerjisi kurulum haritalarında Güneş panellerinin yerleştirilmesi için dikkate alınır.



Şekil 6. Erzurum ili eğim haritası (Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 50, Sayı 2, 2019)

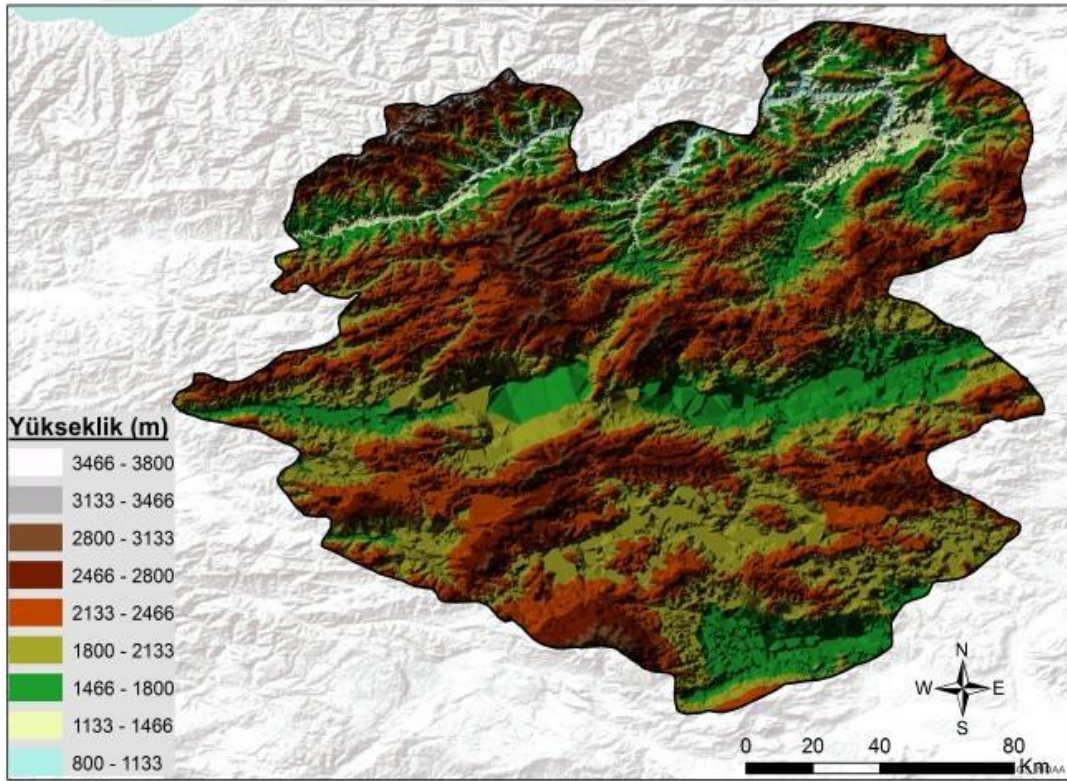
Yükselti

Yükselti, bir noktanın deniz seviyesine olan yükseklik farkını ifade eder. Yükselti, arazinin yükseklik değişimlerini ölçmek ve coğrafi yapıyı anlamak için kullanılan önemli bir parametredir. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği üzerinde yükselti, Güneş ışınlarının düşme açısını ve atmosferden geçen yolunu etkileyerek önemli bir rol oynar.

Erzurum İli, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer aldığından dolayı genellikle yüksek rakımlı bir bölgedir. Erzurum ilinin yükseltisi, deniz seviyesine göre yüksekliği ifade eder. Yüksek rakımlı bölgelerde, Güneş ışınları daha dik bir açıyla yüzeye ulaşır ve bu da Güneş enerjisi sistemlerinin daha yüksek verimlilikle çalışmasını sağlar.

Yükselti, Güneş enerjisi kurulum haritalarında kullanılan bir veri olarak dikkate alınır. Topografik haritalar, uydu görüntüleri veya dijital yükseklik modelleri gibi kaynaklardan elde edilen yükselti verileri, Güneş enerjisi sistemlerinin optimal konumlandırılması için önemlidir. Yüksek rakımlı bölgelerde Güneş panellerinin yerleştirilmesi, yükseltiye bağlı olarak düzenlenebilir ve Güneş ışığının maksimum alınmasını sağlamak için açılar ayarlanabilir.

Erzurum İli'nin yükselti verileri, Güneş enerjisi sistemlerinin performansını değerlendirmek ve bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için kullanılmalıdır. Yüksek rakımlı bölgelerdeki yükselti, Güneş enerjisi verimliliğini artırır ve bölgenin Güneş enerjisi projeleri için uygunluğunu belirlemede önemli bir faktördür.



Şekil 7. Erzurum ili yükselti haritası (Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 50, Sayı 2, 2019)

Bakı

Bakı açısı, Güneş enerjisi sistemlerinin Güneşe ne kadar doğru bir şekilde yönlendirildiğini ifade eder. Güneş panellerinin Güneşe optimum açıyla yerleştirilmesi, maksimum Güneş ışığından yararlanmayı sağlar ve sistemlerin verimliliğini artırır.

Erzurum ili için bakı açısı, Güneş panellerinin yerleştirileceği konuma ve Güneşin konumuna bağlı olarak değişir. Güneş panelleri, Güneşe dik bir şekilde yerleştirildiğinde en iyi performansı gösterir. Bu, Güneş ışınlarının panel üzerinde daha fazla düşmesini ve daha fazla enerji üretimini sağlar.

Bakı açısı, genellikle Güneş panellerinin eğim açısı ve yönünü belirlemek için kullanılır. Eğim açısı, panelin yüzeyinin düşey düzlemle olan açısını ifade ederken, yön, panelin yatay düzlemle olan açısını ifade eder. Bu parametreler, Güneşin konumuna bağlı olarak optimum Güneşe doğru yönlendirme sağlar.

Erzurum ilinde Güneş enerjisi projeleri için bakı açısı, bölgenin enlemi, mevsimler ve Güneş yolculuğu gibi faktörler dikkate alınarak belirlenir. İdeal olarak, Güneş panelleri, bölgenin Güneş hareketlerine en uygun şekilde yerleştirilir ve Güneşin yıl boyunca en fazla sürede panel üzerinde kalmasını sağlar.

Bakı açısı, Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Doğru bakı açısıyla yerleştirilen paneller, daha fazla Güneş enerjisi toplar ve daha yüksek verimlilikle çalışır. Bu da Güneş enerjisi projelerinin kârlılığını artırır.

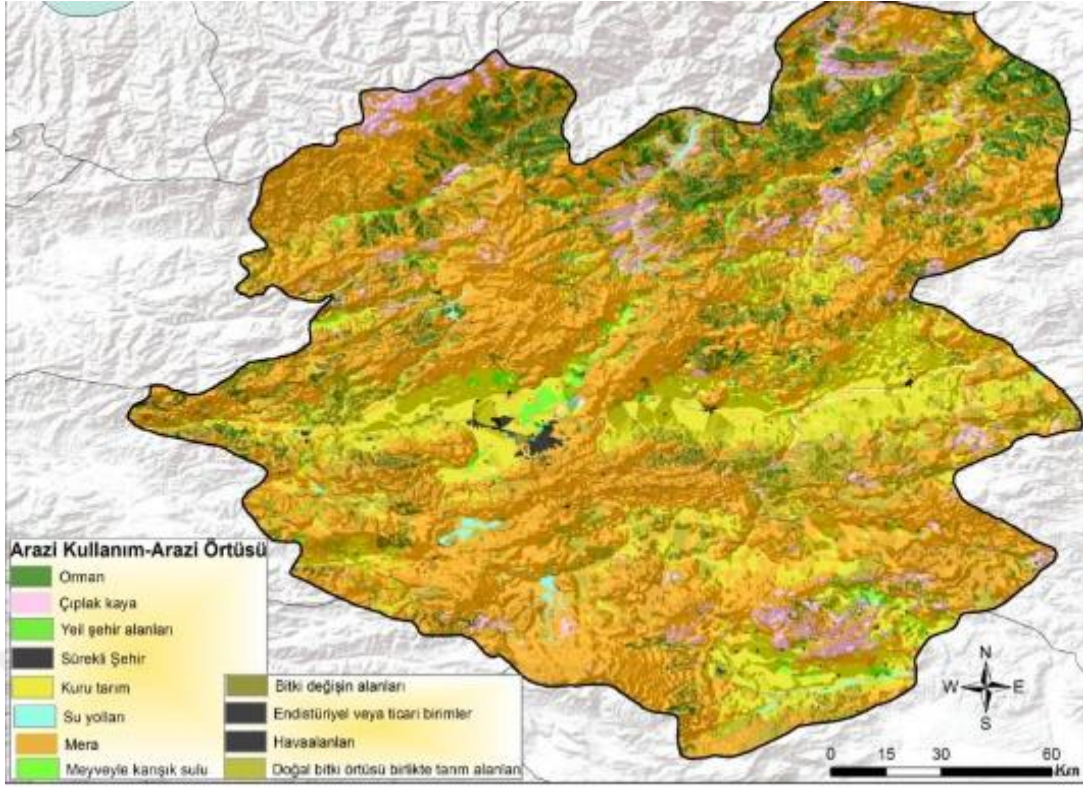
Arazi kullanımı

Erzurum'da arazi kullanımı, Güneş enerjisi potansiyeli ve verimliliği açısından önemli bir faktördür. Arazi kullanımı, Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve performansı üzerinde doğrudan etkisi olan bir parametredir.

Erzurum ili, genellikle tarım, ormanlık alanlar, yerleşim bölgeleri ve açık araziler gibi farklı arazi kullanımı alanlarına sahiptir. Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu için geniş ve açık alanlar tercih edilir. Bu tür alanlar, Güneş panellerinin Güneşe doğru bir şekilde yönlendirilmesi ve gölgelenme olmadan Güneş ışığını yakalaması için uygun bir zemin sağlar.

Tarım alanları, ormanlar veya diğer kullanım amaçlarına ayrılmış alanlar, Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu için sınırlamalar getirebilir. Bu nedenle, arazi kullanımı analizi, Güneş enerjisi projeleri için uygun alanların belirlenmesinde önemlidir. Arazi kullanımı analizi, uygun alanların tespit edilmesi, gölgelenme riskinin değerlendirilmesi ve proje planlamasının yapılması için kullanılır.

Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumunda arazi kullanımının dikkate alınması, bölgenin Güneş enerjisi potansiyelini en iyi şekilde değerlendirmek ve verimliliği artırmak için önemlidir.



Şekil 8. Erzurum ili arazi kullanım haritası (Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 50, Sayı 2, 2019)

Rüzgâr ve rüzgâr hızı

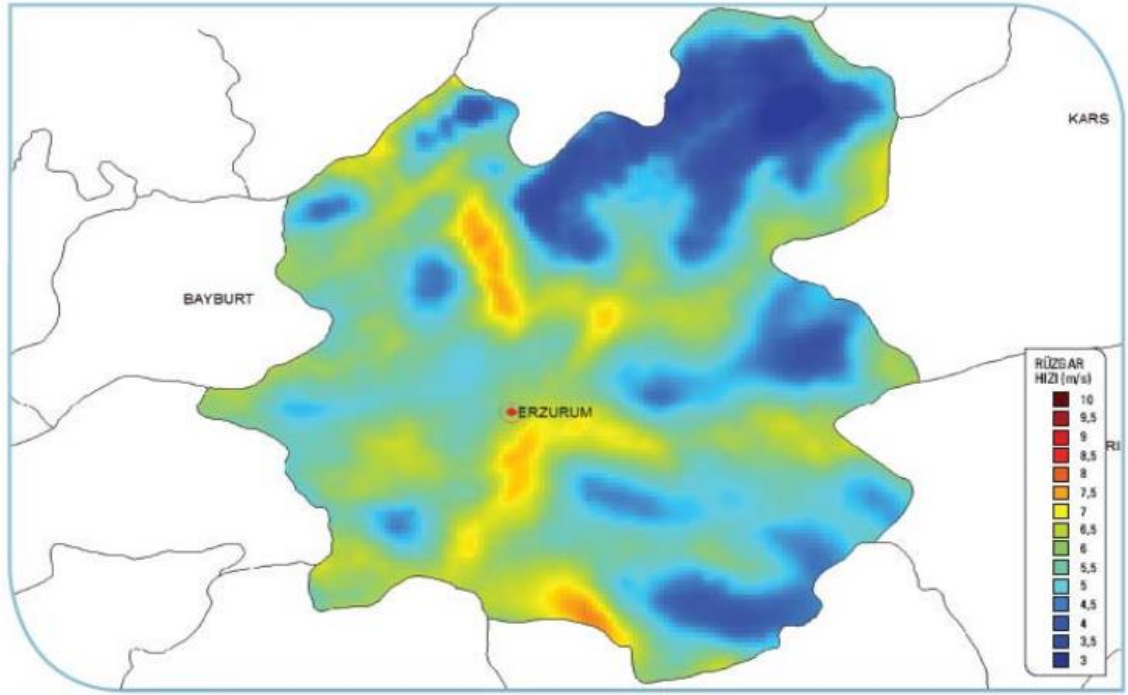
Erzurum’da rüzgârı ve rüzgâr hızı, Güneş enerjisi projelerinin planlanması ve Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği açısından önemli bir parametredir. Rüzgâr, Güneş enerjisi sistemlerinin soğutma etkisini artırarak panellerin aşırı ısınmasını engeller ve elektrik üretimi için rüzgâr türbinleriyle kullanılabilir.

Rüzgâr hızı, bir bölgedeki hava hareketinin hızını ifade eder ve genellikle metre/saniye (m/s) veya kilometre/saat (km/sa) biriminde ölçülür. Rüzgâr hızı, Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği üzerinde etkilidir. Yüksek rüzgâr hızları, Güneş panellerinin serinlemesini sağlayarak performanslarını artırabilir. Bununla birlikte, aşırı yüksek rüzgârlar da Güneş panelleri ve diğer bileşenler için risk oluşturabilir.

Erzurum ili, dağlık ve engebeli bir topografiye sahip olduğu için rüzgârın yerel olarak değişkenlik gösterdiği bir bölgedir. Rüzgârın hızı, bölgenin topografyası, yerleşim bölgeleri ve diğer etkileyen faktörlere bağlı olarak değişir. Rüzgâr hızı verileri, meteorolojik istasyonlar veya ölçüm cihazları aracılığıyla toplanabilir.

Güneş enerjisi projeleri için rüzgâr hızı verileri, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı için önemlidir. Rüzgârın hızı, güvenlik önlemleri ve enerji potansiyelinin belirlenmesi gibi

konuları etkiler. Erzurum'un rüzgâr hızı verileri, Güneş enerjisi projelerinin tasarımında ve planlamasında dikkate alınmalıdır.



Şekil 9. Erzurum ili rüzgâr hızı haritası (repa.enerji.gov.tr)

Hava sıcaklığı

Erzurum'da kurulması planlanan bir güneş enerji santrali için hava sıcaklığı, performans ve verimlilik üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hava sıcaklığı, Güneş panellerinin çalışma sıcaklığına ve verimine doğrudan etki eder.

Yüksek hava sıcaklıkları, Güneş panellerinin aşırı ısınmasına neden olabilir. Bu durum, panellerin verimini düşürebilir ve elektrik üretimini olumsuz yönde etkileyebilir. Güneş panelleri genellikle yüksek sıcaklıklarda daha az verimli çalışır. Bu nedenle, hava sıcaklığındaki artışlar Güneş enerjisi sisteminin performansını etkileyebilir.

Erzurum, genellikle sert ve soğuk kışlarla bilinir. Buna karşın yaz aylarında ise sıcaklık yükselebilir. İklim koşulları, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve performansını etkiler. Özellikle yüksek sıcaklıkların olduğu dönemlerde, panellerin soğutma sistemi ve termal yönetimi dikkate alınmalıdır.

Hava sıcaklığı verileri, meteorolojik istasyonlar veya hava durumu kaynaklarından elde edilmektedir. Bu veriler, Güneş enerjisi projelerinin tasarımında ve performans analizinde kullanılır. Panellerin sıcaklık katsayıları, hava sıcaklığının Güneş paneli performansına nasıl etki ettiğini belirlemek için önemlidir.

Erzurum'un hava sıcaklığı verileri, Güneş enerjisi projelerinin tasarımı ve enerji üretimi potansiyelinin değerlendirilmesi için dikkate alınmalıdır. Sıcaklık dalgalanmaları ve mevsimsel değişiklikler, Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve performansını etkileyebilecek faktörlerdir.

Hava nemi

Hava nemi, Güneş enerjisi sistemleri üzerinde etkisi olan bir parametredir. Hava nemi, havadaki su buharı miktarını ifade eder ve genellikle yüzde (%) olarak ölçülür.

Yüksek hava nemi, Güneş panellerinin performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Su buharı molekülleri Güneş ışığının paneller üzerindeki düşen miktarını azaltabilir ve panel yüzeyinde yoğuşma oluşturabilir. Bu durumda Güneş panelleri üzerinde nem birikmesi ve kirlenme oluşabilir, bu da panellerin verimini düşürebilir.

Düşük hava nemi ise Güneş enerjisi sistemlerinin performansını olumlu yönde etkileyebilir. Daha düşük nem seviyeleri, Güneş panelleri üzerindeki su buharının azalmasını sağlar ve panel yüzeyinin daha temiz kalmasını sağlar. Bu da panellerin daha verimli bir şekilde Güneş ışığını soğurmalarına ve elektrik üretiminde daha yüksek verim elde etmelerine yardımcı olabilir.

Hava nemi verileri, Güneş enerjisi projelerinin performansını değerlendirmek ve panel temizliği gibi faktörleri planlamak için kullanılmalıdır.

Erzurum'un hava nemi verileri, Güneş enerjisi projelerinin tasarımında ve enerji üretim potansiyelinin değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır. İklim koşulları ve hava nemi, Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini etkileyebilecek faktörler arasındadır.

Erzurum ili güneş enerji haritasının oluşturulması

Tüm parametrelerin değerlendirilmesiyle oluşan kriterler

Güneş radyasyonu

Güneş radyasyonu, Güneşten yayılan elektromanyetik enerjinin toplamını ifade eder. Güneş, elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde (örneğin görünür, kızılötesi ve ultraviyole) radyasyon yayarak dünyaya enerji sağlar. Güneş radyasyonu, Güneşin yüzeyinde gerçekleşen termonükleer reaksiyonlardan kaynaklanır.

Güneş radyasyonu, Güneş enerjisi sistemlerinin çalışması için temel bir kaynaktır. Güneş panelleri, Güneş radyasyonunu soğurarak elektrik enerjisine dönüştürür (fotovoltaik sistemler) veya ısı enerjisi üretir (termal Güneş enerjisi sistemleri). Dolayısıyla, Güneş

radasyonunun doğru bir şekilde analiz edilmesi ve ölçülmesi, Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve performansını belirlemek için kritik öneme sahiptir.

Erzurum'un Güneş radyasyonu seviyesi, bölgenin konumuna, iklim koşullarına ve topografik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Güneş radyasyonu miktarı, bir yıllık süre içinde aldığımız Güneş ışınımının toplam enerji miktarını ifade eder. Bu değer, Güneş enerjisi sistemlerinin potansiyel verimliliğini belirlemek için kullanılır.

Erzurum'un Güneş radyasyonu seviyesini analiz etmek için meteorolojik veriler, Güneş izleme istasyonlarından elde edilen veriler ve uydu verileri gibi kaynaklar kullanılabilir. Bu verilerin analizi, Erzurum'da Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek ve Güneş enerjisi sistemlerinin en verimli şekilde kurulabileceği bölgeleri belirlemek için önemlidir.

Güneş radyasyonu, Güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek ve Güneş enerjisi verimliliğini artırmak için dikkate alınması gereken temel bir parametredir. Bu nedenle, Erzurum'da Güneş radyasyonu seviyesinin doğru bir şekilde analiz edilmesi, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı, kurulumu ve performansının optimize edilmesi için önemlidir.

Global radyasyon

Global radyasyon, bir yüzeyin üzerine düşen toplam Güneş radyasyonunun ölçüsüdür. Bu radyasyon, hem doğrudan Güneş ışınlarının yüzeye ulaşmasıyla oluşan direkt radyasyonu hem de atmosferdeki dağılma ve yansımalar sonucu oluşan dolaylı radyasyonu içerir.

Global radyasyon, Güneşten gelen elektromanyetik enerjinin toplamını ifade eder ve genellikle Watt/m² birimiyle ifade edilir. Bu radyasyon, Güneşin yeryüzüne olan doğrudan ışınımıyla birlikte, atmosferdeki bulutlar, aerosoller ve diğer parçacıklar tarafından dağılan ve yansıyan ışınımı da içerir. Dolayısıyla, global radyasyon, yüzeydeki toplam Güneş enerjisi miktarını temsil eder.

Global radyasyon seviyesi, konumun iklim koşullarına, coğrafi özelliklere, mevsime ve saat dilimine bağlı olarak değişir. Bu veri, Güneş enerjisi sistemlerinin performansını değerlendirmek ve Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için önemlidir. Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve kurulumu, global radyasyon seviyesinin doğru bir şekilde analiz edilmesine dayanır.

Erzurum'un global radyasyon seviyesi, bölgenin coğrafi konumuna, topografik özelliklerine ve iklim koşullarına bağlı olarak değişir. Bu seviye, meteorolojik verilerin, Güneş izleme istasyonlarından elde edilen verilerin ve uydu verilerinin analiziyle belirlenebilir. Global

radasyon seviyesi, Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek ve Güneş enerjisi sistemlerinin performansını optimize etmek için kullanılır.

Erzurum'un global radyasyon seviyesinin analizi, Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve performansını değerlendirmek için önemlidir. Bu analiz, Güneş enerjisi sistemlerinin doğru bir şekilde tasarlanması, kurulumu ve işletimi için temel bir bilgi sağlar. Ayrıca, Güneş enerjisi projelerinin planlanması ve enerji politikalarının oluşturulması açısından da büyük önem taşır.

Güneşlenme süreleri

Güneşlenme süreleri, belirli bir bölgede Güneşin doğuşundan batışına kadar olan süreyi ifade eder. Bu süre, Güneşin yeryüzünde ne kadar süreyle görülebildiğini gösterir. Güneşlenme süreleri, iklim ve coğrafi konuma bağlı olarak değişir.

Erzurum'da Güneşlenme süreleri, doğu Anadolu Bölgesi'nin iklimine ve konumuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Genel olarak, Erzurum İli, karasal iklim özellikleri gösterir ve kış aylarında uzun ve soğuk, yaz aylarında ise sıcak geçer. Bu nedenle, Güneşlenme süreleri mevsimlere göre farklılık gösterebilir.

Güneşlenme sürelerinin belirlenmesi için meteorolojik veriler ve Güneş izleme istasyonlarından elde edilen veriler kullanılır. Bu veriler, bölgenin Güneşlenme sürelerini yıl boyunca ve farklı mevsimlerde analiz etmek için kullanılabilir. Ayrıca, uydu verileri de Güneşlenme sürelerinin tahmin edilmesinde kullanılabilir.

Güneşlenme süreleri, Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve verimliliği açısından önemlidir. Güneş enerjisi panelleri, Güneşlenme süresi boyunca Güneş ışığından en iyi şekilde yararlanabilmek için doğru bir şekilde yerleştirilmelidir. Bu da Güneş enerjisi sistemlerinin maksimum verimlilikle çalışmasını sağlar.

Erzurum'un Güneşlenme sürelerinin analizi, Güneş enerjisi sistemlerinin performansını değerlendirmek ve Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için önemlidir. Bu analiz, Güneş enerjisi projelerinin planlanması ve Güneş enerjisi kaynaklı elektrik üretimi için optimize edilmiş stratejilerin geliştirilmesinde yardımcı olur.

Oluşan kriterler dahilinde kullanılacak PV tipleri

Monokristalin silikon

Monokristalin silikon, Güneş enerjisi panellerinin üretiminde kullanılan bir malzemedir. Bu paneller, fotovoltaik (PV) hücreler içerir ve Güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır.

Monokristalin silikon, yüksek saflıkta tek bir kristal yapısına sahip silikon malzemesidir. Üretimi oldukça özen gerektiren bir süreçtir. Bu süreçte, silikon eritilir ve yüksek saflıkta bir silikon çubuğuna dökülerek tek kristal yapısı oluşturulur. Monokristal silikon, tek bir kristal yapıya sahip olduğu için diğer silikon türlerine göre daha yüksek verimlilik sağlar.

Monokristalin silikon panellerin avantajları şunlardır:

- i) Yüksek Verimlilik: Monokristalin silikon paneller, yüksek saflık ve tek kristal yapısı sayesinde daha yüksek dönüşüm verimliliği sağlar. Bu, Güneş ışığını elektrik enerjisine daha verimli bir şekilde dönüştürebilirler.
- ii) Mükemmel Performans: Monokristalin silikon paneller, düşük ışık koşullarında bile iyi performans gösterirler. Bulutlu veya hafif gölgeli havalarda bile enerji üretimini sürdürebilirler.
- iii) Uzun Ömür: Monokristalin silikon paneller, uzun ömürleriyle bilinir. İyi bir üretim kalitesi ve doğru kurulum ile panellerin ömrü 25 yıla kadar çıkabilir.
- iv) Estetik Görünüm: Monokristalin silikon paneller, homojen bir görünüme sahiptir. Tek kristal yapısı, panellerin düzgün ve estetik bir görünüm sergilemesini sağlar.

Ancak monokristalin silikon panellerin bazı dezavantajları da vardır:

- i) Yüksek Maliyet: Monokristalin silikon paneller, diğer silikon tabanlı panellere göre daha yüksek maliyetlidir. Bu, üretim sürecinin karmaşıklığı ve yüksek saflık gereksinimleri nedeniyle oluşur.
- ii) Düşük Isı Toleransı: Monokristalin silikon paneller, yüksek sıcaklık koşullarında performanslarında düşüş yaşayabilirler. Isı toleransları, bazı diğer silikon türlerine göre daha düşüktür.

Monokristalin silikon paneller, yüksek verimlilikleri ve mükemmel performansları nedeniyle tercih edilen bir Güneş enerjisi teknolojisidir. Ancak, seçim yaparken bütçe, alan kullanımı ve özellikler gibi faktörleri dikkate almak önemlidir.

Polikristalin silikon

Polikristalin silikon, Güneş enerjisi panellerinin üretiminde kullanılan bir malzemedir. Bu paneller, fotovoltaik (PV) hücreler içerir ve Güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır.

Polikristalin silikon, çeşitli kristal yapıdaki silikon tanelerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Üretimi, daha kolay ve maliyet açısından daha ekonomiktir. Polikristalin silikon paneller, monokristalin silikon panellere kıyasla daha düşük bir verimlilik sağlarlar, ancak yine de Güneş enerjisi üretimi için etkili bir seçenektir.

Polikristalin silikon panellerin avantajları şunlardır:

- i) Daha Ekonomik: Polikristalin silikon paneller, monokristalin silikon panellere göre daha düşük maliyetlidir. Polikristalin silikonun üretimi daha kolay ve daha verimli olduğu için üretim maliyetleri daha düşüktür.
- ii) İyi Performans: Polikristalin silikon paneller, genellikle yüksek sıcaklık koşullarında daha iyi performans gösterirler. Yüksek sıcaklıklarda bile daha az güç düşüşü yaşarlar.
- iii) Geniş Renk Seçenekleri: Polikristalin silikon paneller, çeşitli renklerde üretilebilir. Bu, estetik açıdan farklı tasarım seçenekleri sunar ve bina entegrasyonunda daha esneklik sağlar.
- iv) Yüksek Dayanıklılık: Polikristalin silikon paneller, darbelere, sıcaklığa ve hava koşullarına karşı dayanıklıdır. Bu nedenle uzun bir hizmet ömrüne sahiptirler.

Ancak polikristalin silikon panellerin bazı dezavantajları da vardır:

- i) Daha Düşük Verimlilik: Polikristalin silikon panellerin dönüşüm verimlilikleri, monokristalin silikon panellere göre genellikle daha düşüktür. Bu nedenle, aynı güç çıkışını elde etmek için daha fazla alan gerekebilir.
- ii) Daha Az Tolerans: Polikristalin silikon paneller, düşük ışık koşullarında veya yüksek sıcaklıkta monokristalin silikon panellere kıyasla daha az performans gösterebilir.

Polikristalin silikon paneller, uygun maliyetli Güneş enerjisi çözümleri için tercih edilen bir seçenektir. Verimlilik ve maliyet faktörleri dikkate alındığında, projenin gereksinimleri ve bütçesi doğrultusunda karar verilmelidir.

Kadmiyum tellür

Kadmiyum tellür (CdTe), Güneş enerjisi panellerinin üretiminde kullanılan bir malzemedir. CdTe, fotovoltaik (PV) hücrelerin aktif tabakasını oluşturan bir yarıiletken maddedir. Güneş enerjisi panelleri için çeşitli malzemelerin kullanılmasına rağmen, CdTe panelleri, düşük maliyeti ve yüksek verimlilik potansiyeli nedeniyle tercih edilen bir seçenektir.

Kadmiyum tellürün Güneş enerjisi panellerinde kullanılmasının bazı avantajları vardır:

- i) Yüksek Verimlilik: CdTe panelleri, Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmede yüksek verimlilik sağlar. CdTe'nin Güneş radyasyonunu absorbe etme kabiliyeti yüksektir ve bu da daha fazla elektrik üretimine katkıda bulunur.

- ii) Düşük Maliyet: CdTe panelleri, diğer fotovoltaik teknolojilere kıyasla daha düşük maliyetlidir. CdTe'nin üretimi daha ekonomiktir ve bu da panel maliyetlerini düşürür.
- iii) Düşük Işık Koşullarında Yüksek Performans: CdTe panelleri, düşük ışık koşullarında bile iyi performans gösterir. Bu özellik, bulutlu veya az ışıklı havalarda bile Güneş enerjisi üretiminin devam etmesini sağlar.
- iv) Hızlı Üretim Süreci: CdTe panellerinin üretimi, diğer bazı Güneş hücrelerine kıyasla daha hızlı ve basittir. Bu da üretim maliyetlerini daha da düşürür.

Ancak CdTe panellerin bazı dezavantajları da vardır:

- i) Toksik Maddeler: CdTe panellerinin içinde kadmiyum bulunur ve kadmiyum, çevresel ve sağlık açısından tehlikeli bir madde olarak kabul edilir. Doğru atık yönetimi önlemleri alınmadığında çevresel etkilere neden olabilir.
- ii) Sıcaklık Hassasiyeti: CdTe panelleri, yüksek sıcaklıklarda performanslarında düşüş yaşayabilir. Bu nedenle, sıcak iklim koşullarında verimliliklerini korumak için uygun soğutma önlemleri alınması önemlidir.

CdTe panelleri, düşük maliyetleri ve yüksek verimlilik potansiyeli nedeniyle Güneş enerjisi sektöründe yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. Ancak toksik madde içermesi nedeniyle, üretim, kullanım ve atık yönetimi süreçlerinde uygun önlemler alınması önemlidir.

Şekilsiz (Amorf) silikon

Amorf silikon, Güneş enerjisi panellerinde kullanılan bir malzemedir. Diğer geleneksel Güneş enerjisi panellerinde kullanılan kristal silikon panellere kıyasla, amorf silikon panellerin bazı farklılıkları vardır.

Şekilsiz silikon panellerin özellikleri şunlardır:

- i) Yapı ve Üretim: Şekilsiz silikon paneller, tek bir kristal yapısına sahip olmayan, atomlarının düzenli bir şekilde dizilmediği amorf bir yapıya sahiptir. Bu, kristal silikon panellerin aksine, daha esnek bir yapıya ve daha farklı şekillerde üretilebilme özelliğine sahip olmalarını sağlar.
- ii) Verimlilik: Şekilsiz silikon panellerin verimliliği, kristal silikon panellerin biraz altında olabilir. Bunun nedeni, atomların düzensiz dizilimi nedeniyle elektriksel performanslarının biraz daha düşük olmasıdır. Ancak, şekilsiz silikon paneller, düşük ışık koşullarında daha iyi performans gösterebilir ve daha uygun maliyetlidir.
- iii) Uygulama Alanları: Şekilsiz silikon panellerin esnek yapısı ve farklı şekillerde üretilebilme özelliği, çeşitli uygulama alanlarına olanak sağlar. Örneğin, eğimli

veya kavisli yüzeylere uyum sağlayabilirler ve bu da daha esnek tasarım seçenekleri sunar.

- iv) Düşük Maliyet: Şekilsiz silikon paneller, üretim süreci ve malzeme maliyetleri açısından genellikle daha ekonomik bir seçenektir. Bu, Güneş enerjisi sistemlerinin maliyetini düşürür ve daha yaygın kullanımlarını teşvik eder.

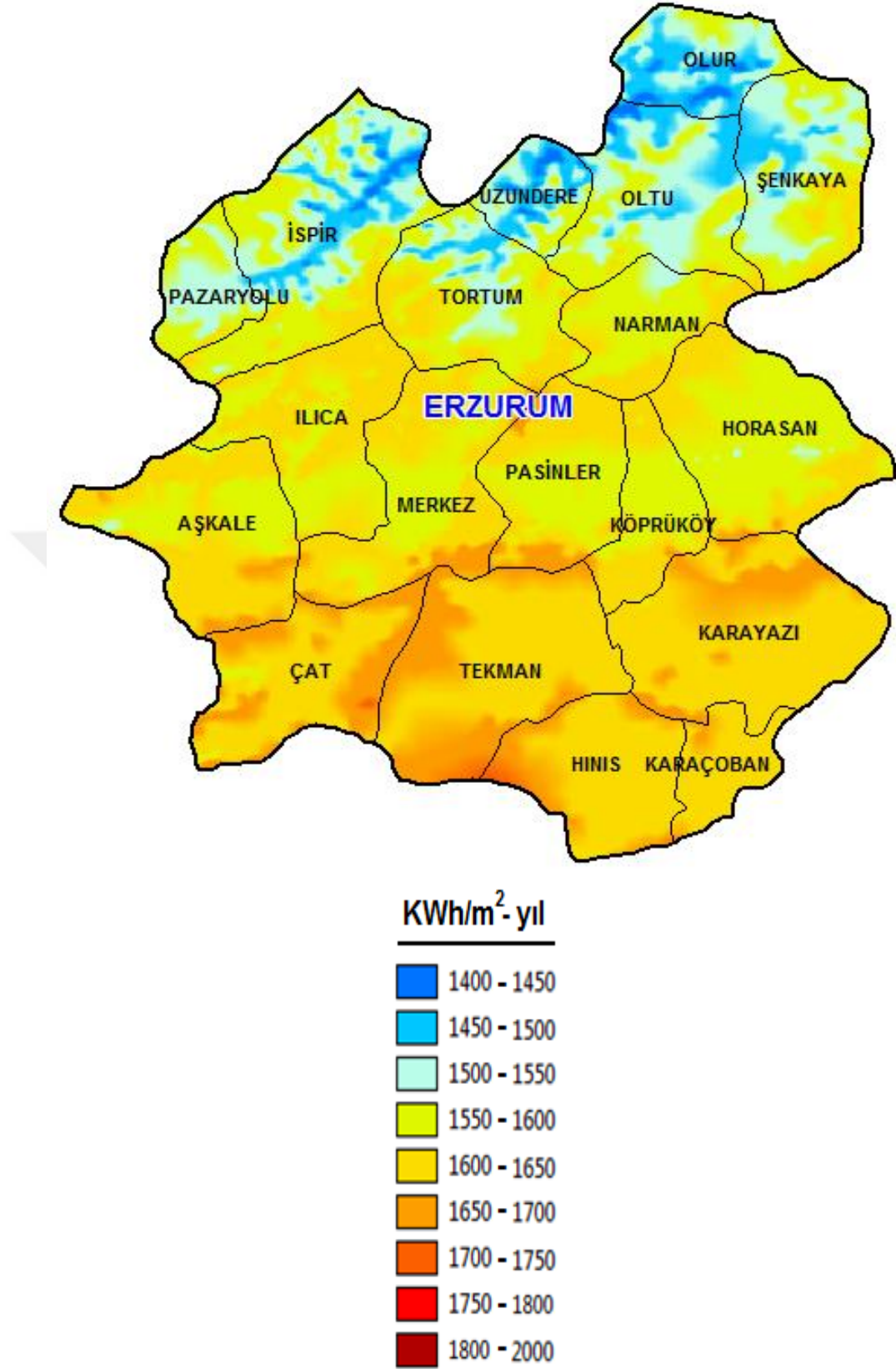
Amorf silikon paneller, genellikle küçük boyutlu uygulamalarda kullanılır, örneğin cep telefonu şarj cihazları, saatler, hesap makineleri gibi küçük elektronik cihazlarda kullanılabilir. Daha büyük ölçekli Güneş enerjisi sistemlerinde ise genellikle kristal silikon paneller tercih edilir. Ancak, şekilsiz silikon panellerin esnek tasarım ve uygun maliyet avantajları, bazı özel uygulamalar için cazip hale getirebilir.

Erzurum'daki gibi güneşli bir iklimde güneş enerjisi kullanımını oldukça mantıklı bir seçenektir. Hangi tip güneş panellerinin kullanılacağı, projenin ve ihtiyaçların özelliklerine bağlı olarak değişebilir.

Erzurum ili güneş enerji haritası

Güneş enerji potansiyeli haritası, bir bölgenin veya ülkenin Güneş enerjisi kaynaklarını değerlendirmek için kullanılan bir araçtır. Bu haritalar, bir bölgenin Güneş enerjisi projeleri için uygun olup olmadığını değerlendirmek için kullanılır. Bu haritalar, Güneş enerjisi yatırımlarının planlanması, Güneş enerjisi sistemlerinin yer seçimi ve enerji politikalarının oluşturulması gibi alanlarda faydalı bilgiler sağlar.

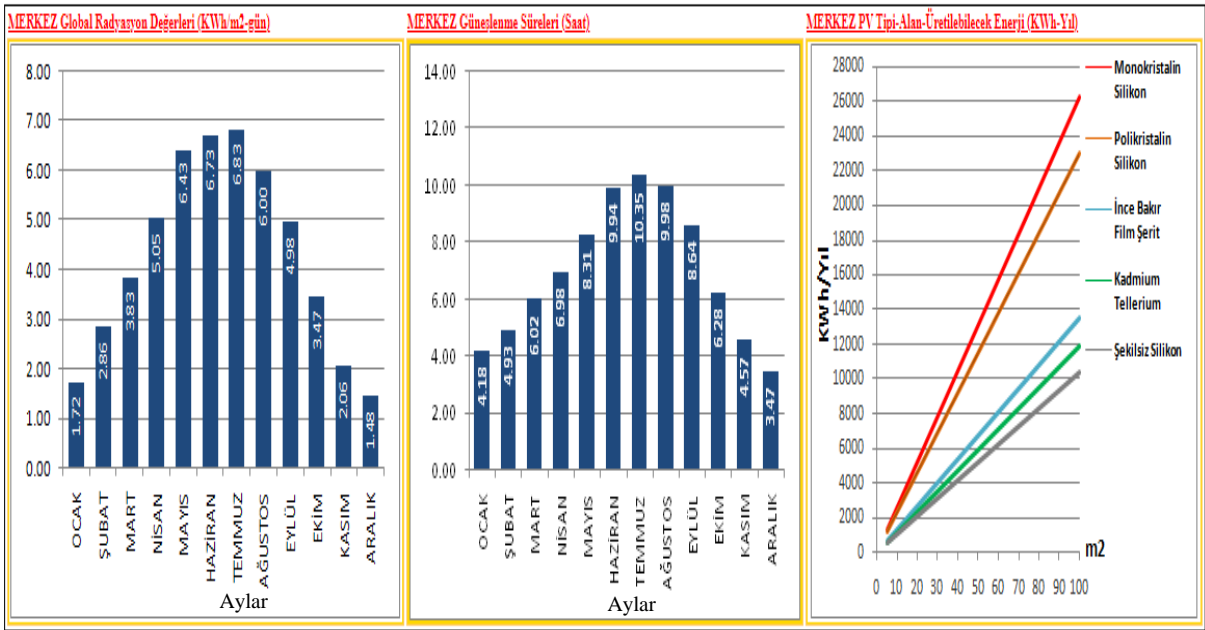
Erzurum ili için bir Güneş enerji potansiyeli haritası, bölgenin Güneşlenme süresi, Güneş radyasyonu ve diğer meteorolojik verilere dayalı olarak hazırlanmıştır. Bu harita, Erzurum ili için Güneş enerjisi projeleri geliştirmek isteyen yatırımcılar ve enerji uzmanları için önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır.



Şekil 10. Erzurum güneş enerji haritası (gepa.enerji.gov.tr)

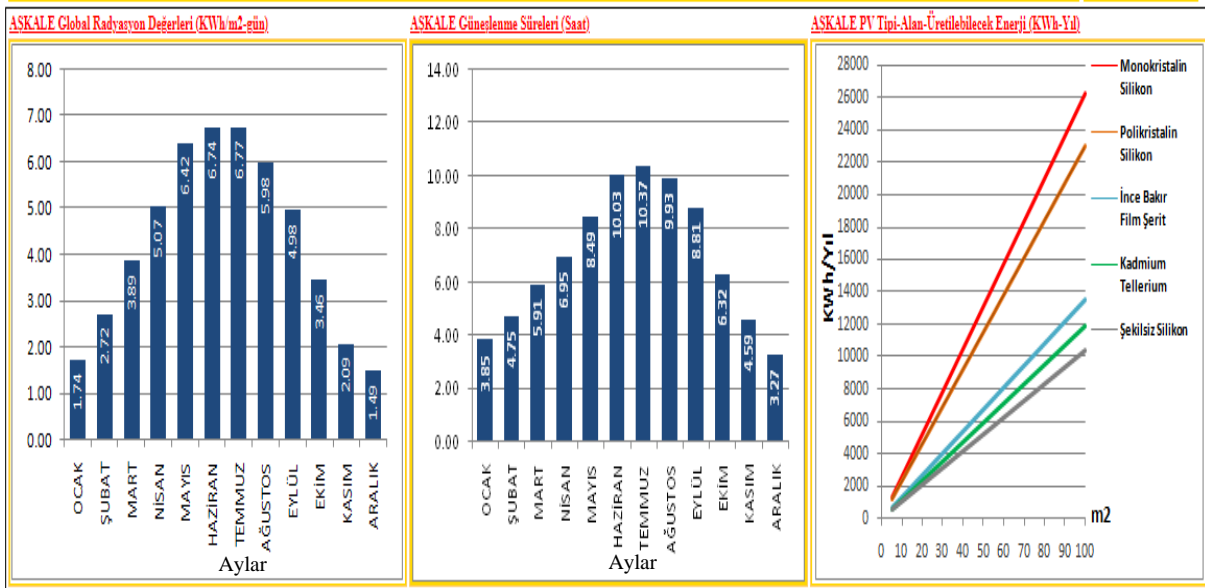
İlçelere göre güneş enerji potansiyeli verileri

Merkez



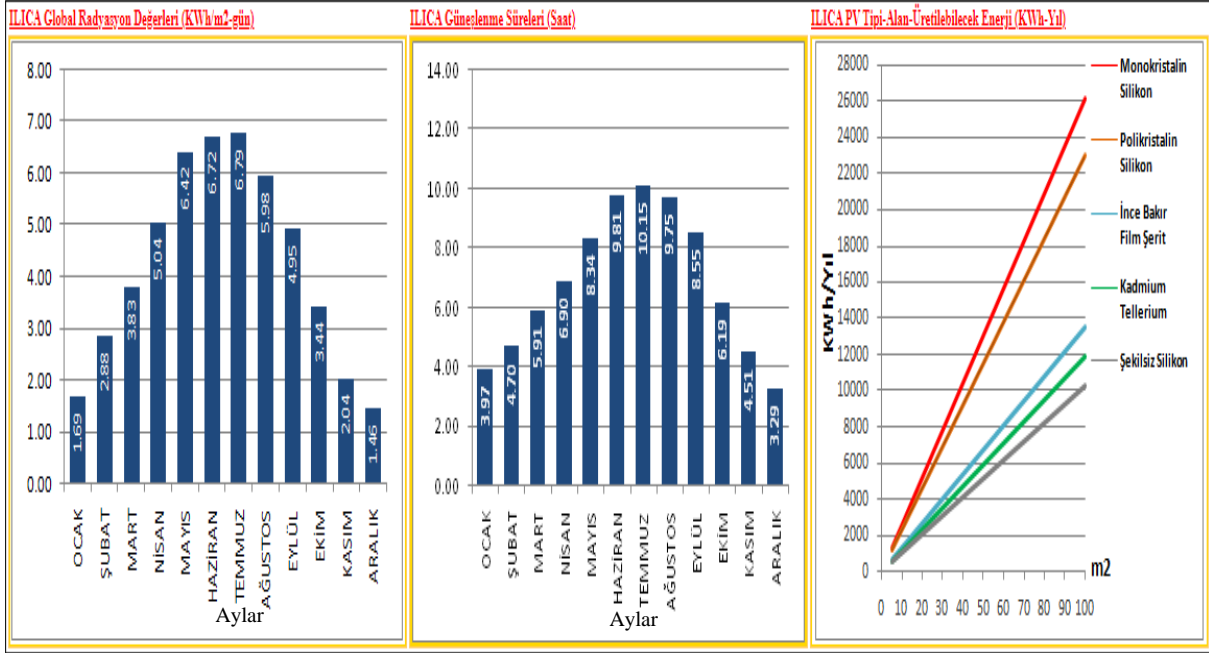
Şekil 11. Erzurum-merkez güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Aşkale



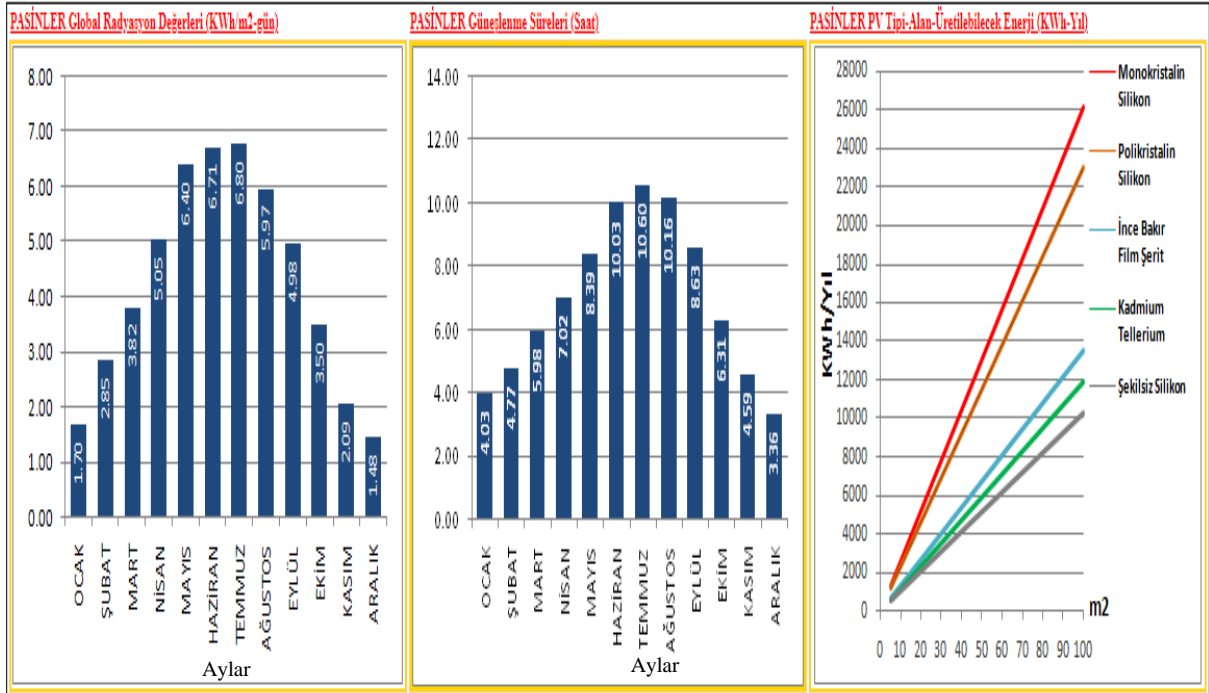
Şekil 12. Erzurum-Aşkale güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

İlca



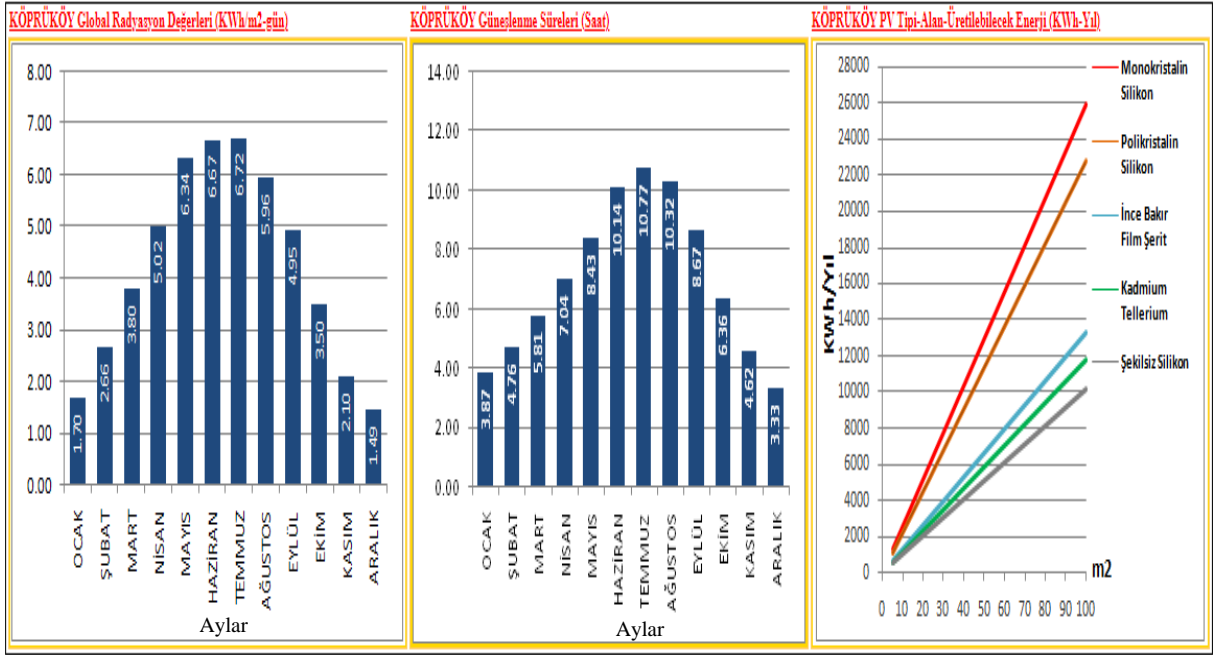
Şekil 13. Erzurum-İlca güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Pasinler



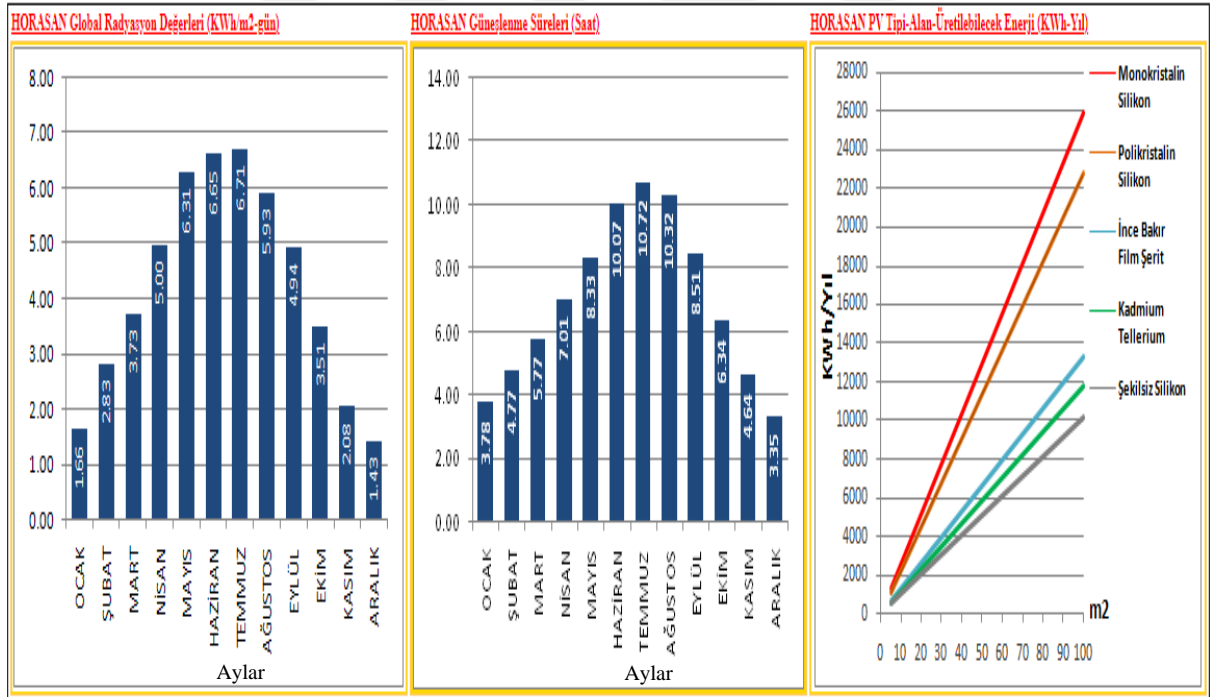
Şekil 14. Erzurum-Pasinler Güneş Enerji Potansiyeli Verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Köprükøy



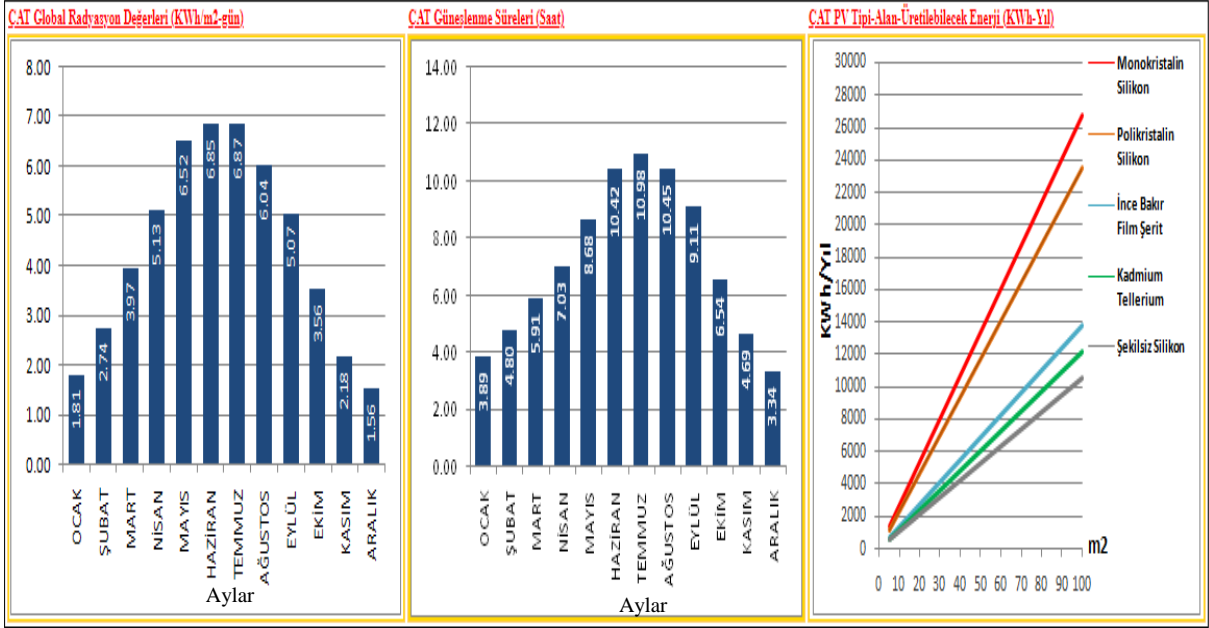
Şekil 15. Erzurum-Köprükøy güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Horasan



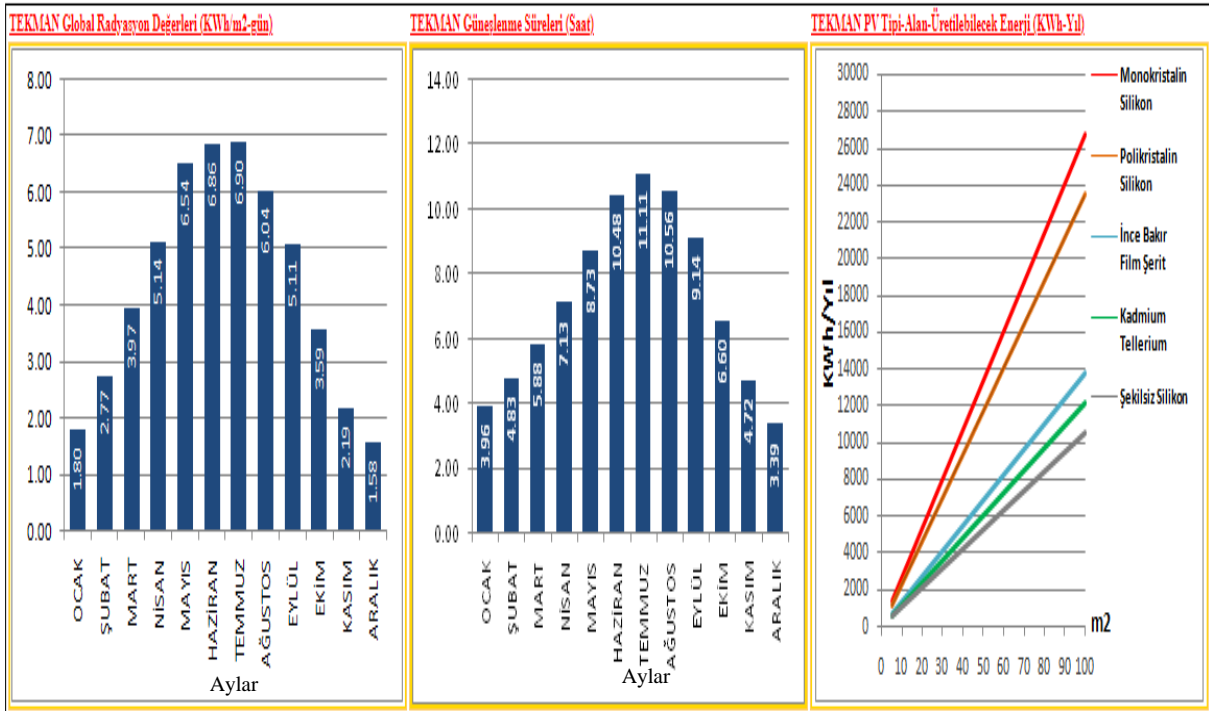
Şekil 16. Erzurum-Horasan güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Çat



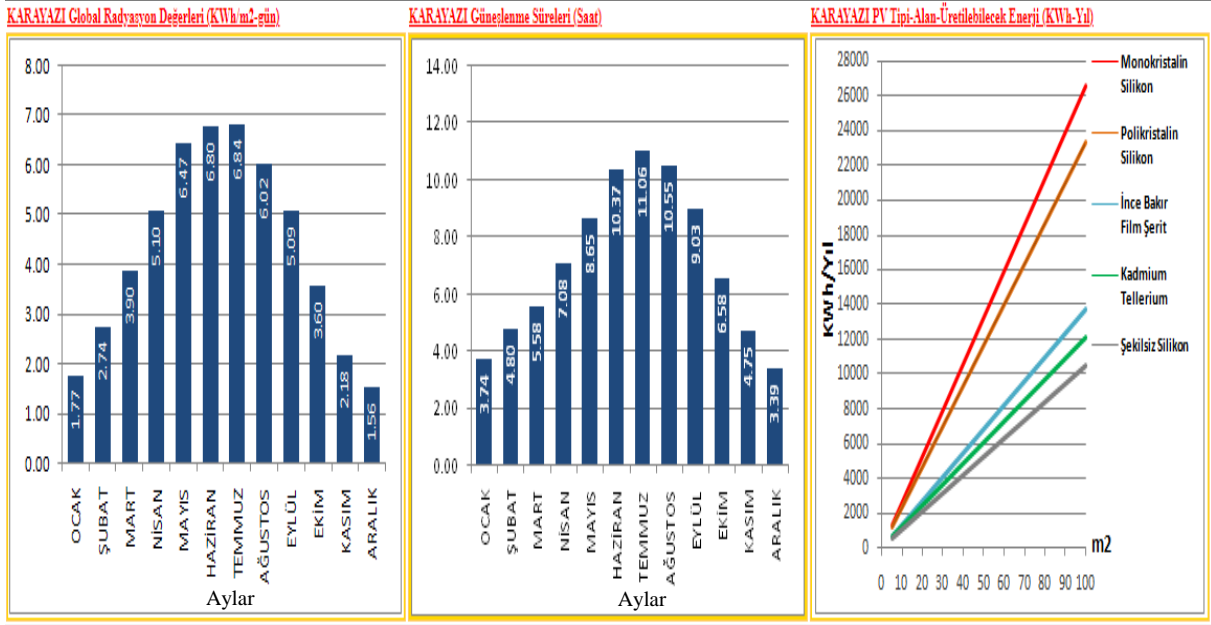
Şekil 17. Erzurum-Çat güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Tekman



Şekil 18. Erzurum-Tekman güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Karayazı



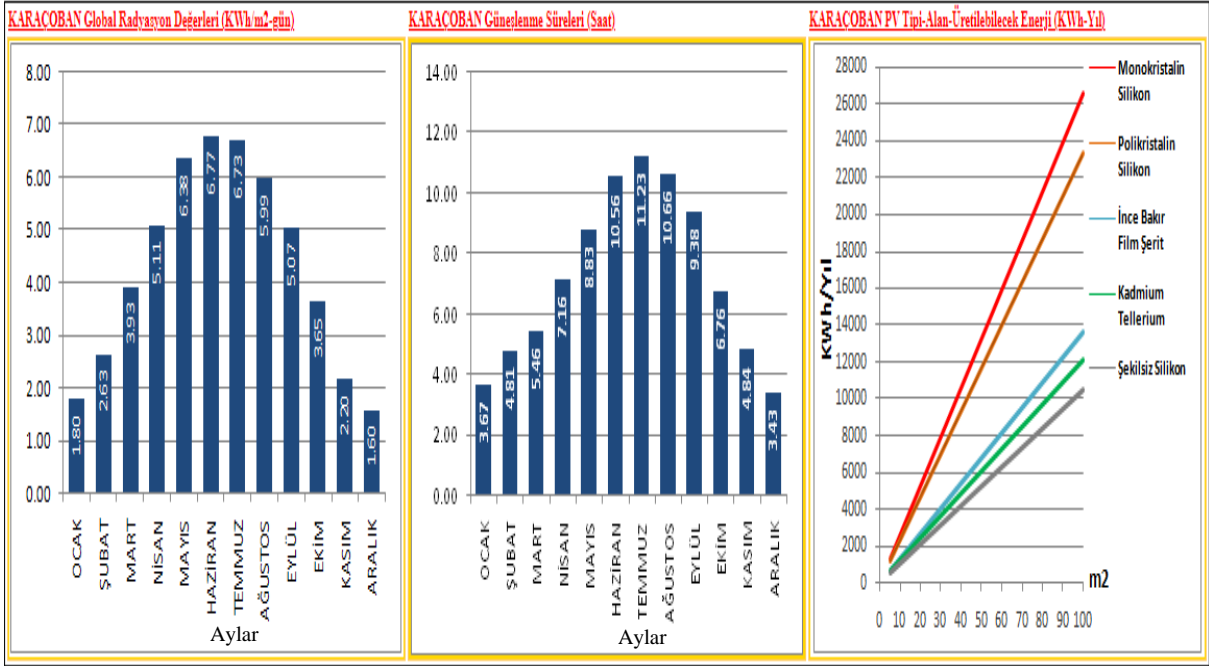
Şekil 19. Erzurum-Karayazı güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Hınıs



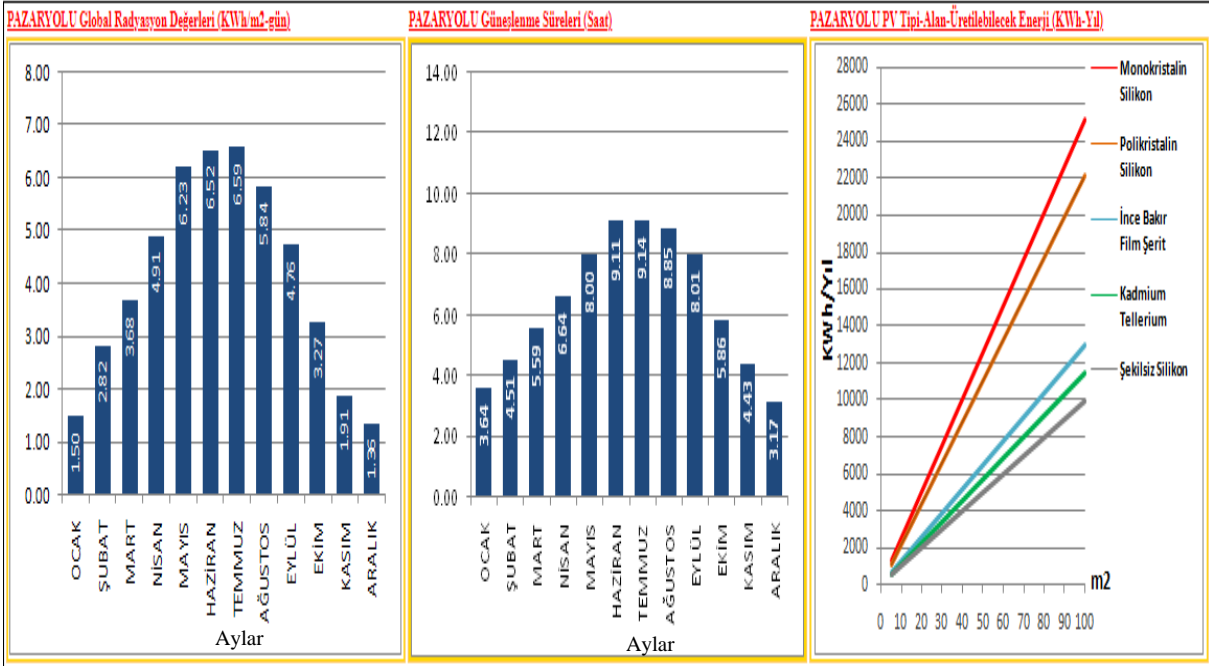
Şekil 20. Erzurum-Hınıs güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Karaçoban



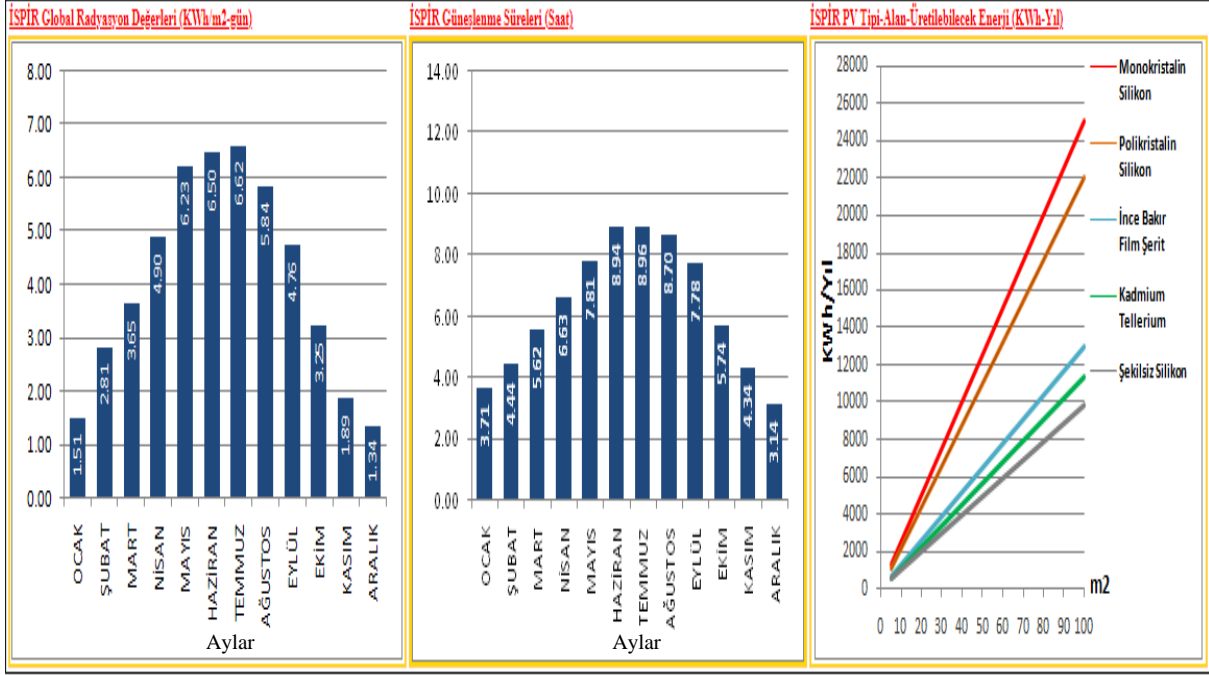
Şekil 21. Erzurum-Karaçoban güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Pazaryolu



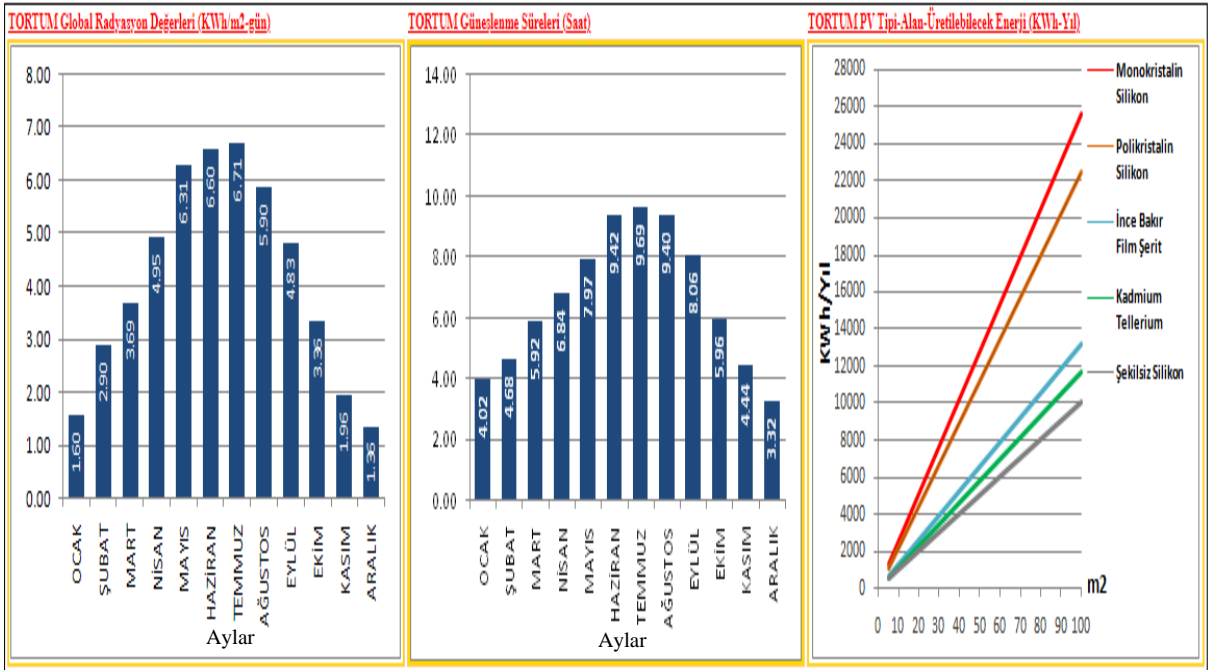
Şekil 22. Erzurum-Pazaryolu güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

İspir



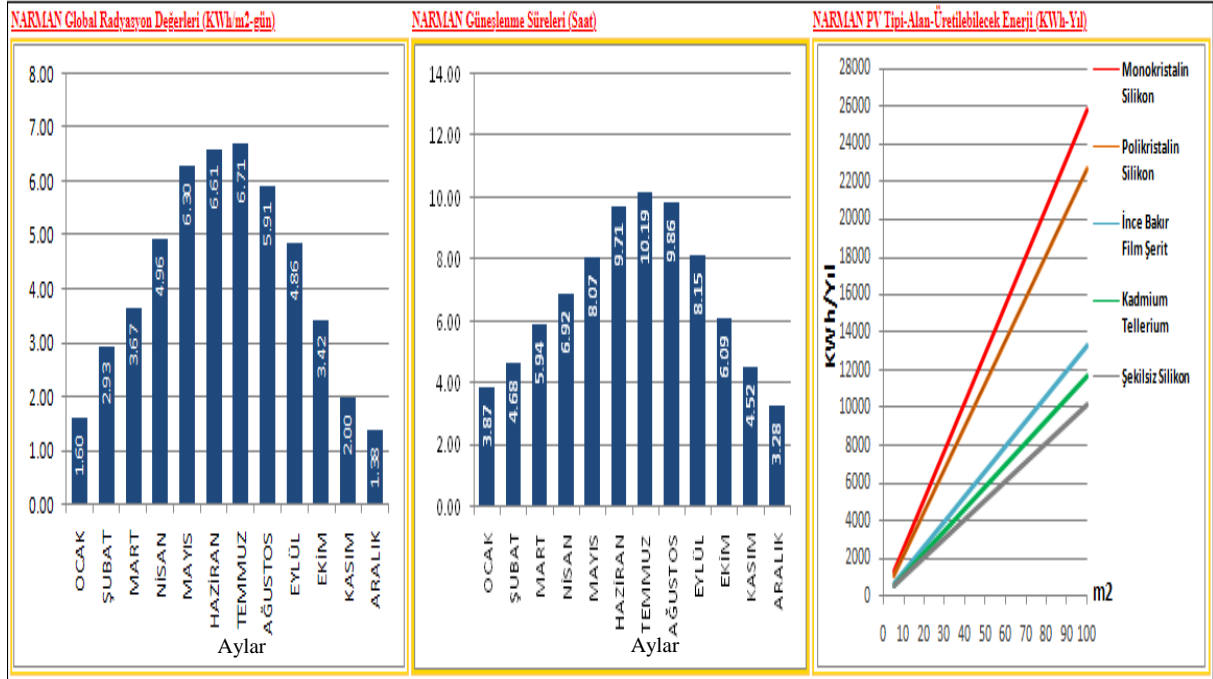
Şekil 23. Erzurum-İspir güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Tortum



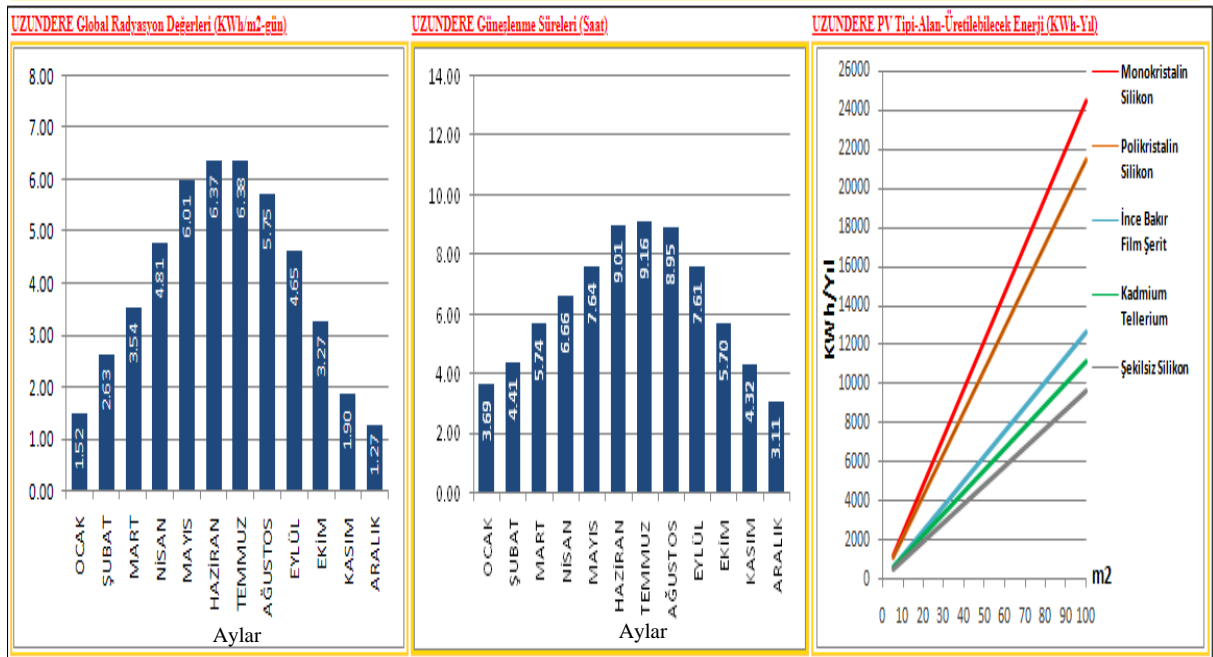
Şekil 24. Erzurum-Tortum güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Narman



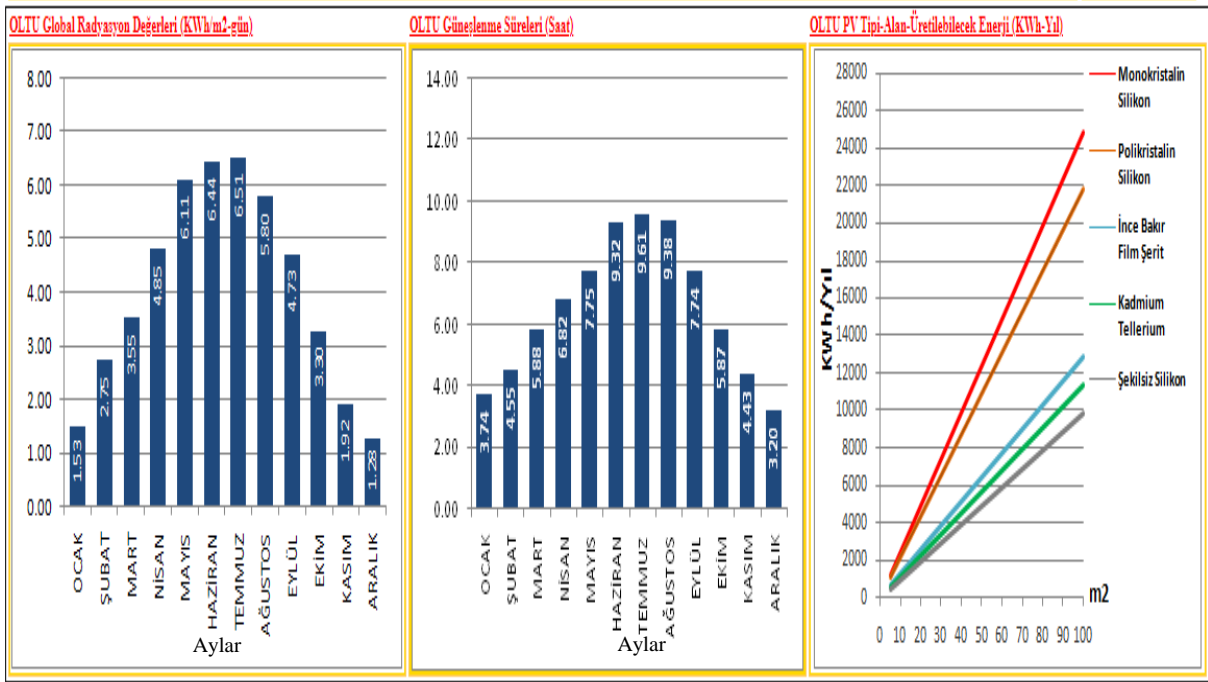
Şekil 25. Erzurum-Narman güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Uzundere



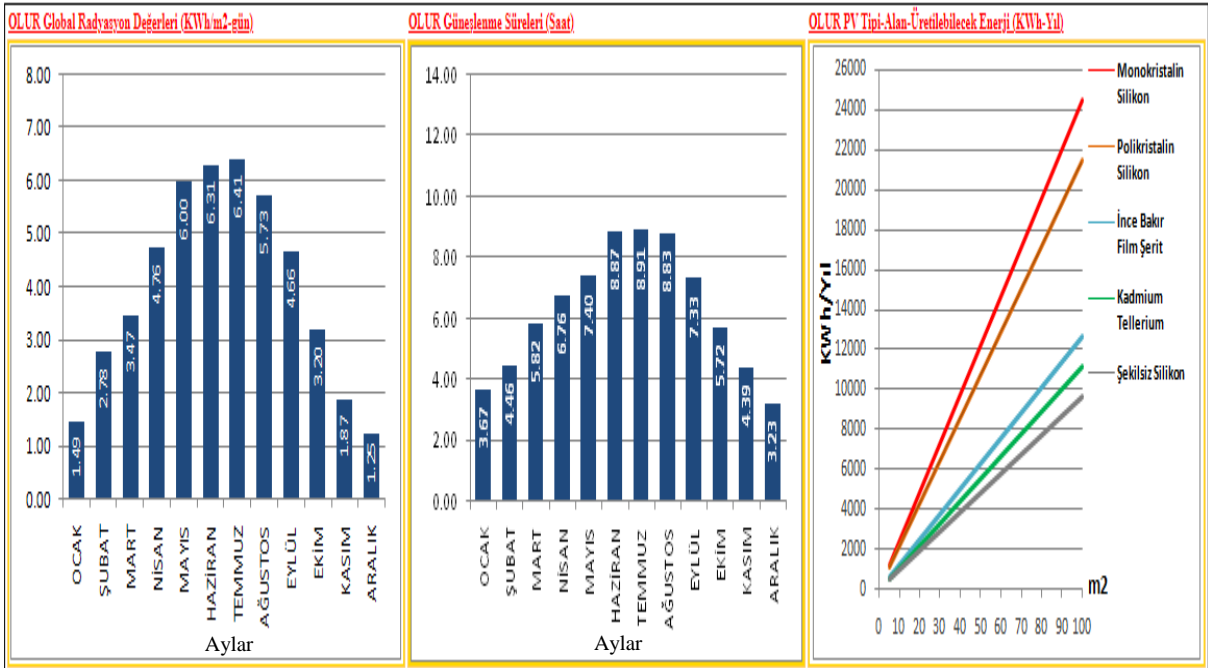
Şekil 26. Erzurum-Uzundere güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Oltu

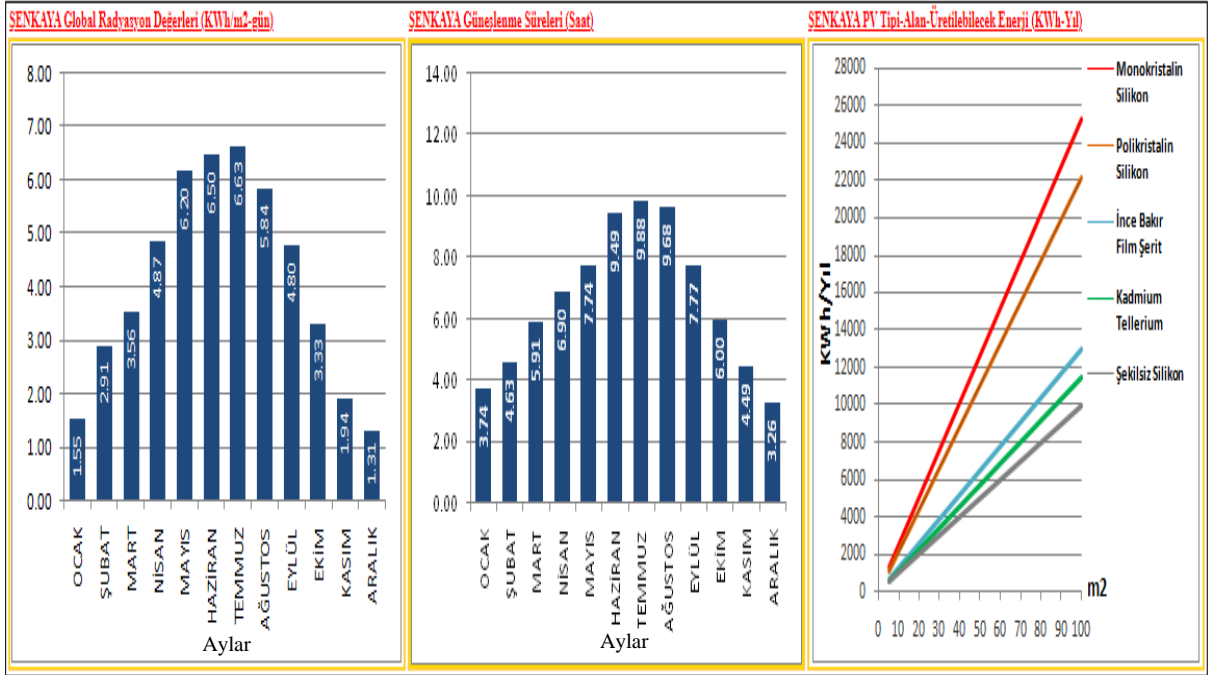


Şekil 27. Erzurum-Oltu güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Olur



Şekil 28. Erzurum-Olur güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)



Şekil 29. Erzurum-Şenkaya güneş enerji potansiyeli verileri (gepa.enerji.gov.tr)

Erzurum İli Güneş Enerjisi Performans Oranı ve Güneş Enerjisi Oranı

Güneş enerjisi verimliliği, Güneş enerjisi sistemlerinin ne kadar etkili bir şekilde çalıştığını ve enerjiyi nasıl verimli bir şekilde ürettiğini değerlendiren bir kavramdır. Güneş enerjisi performans oranı ve Güneş enerjisi oranı bu verimliliği ölçmek için kullanılan önemli metriklerdir.

Güneş enerjisi performans oranı

Güneş enerjisi performans oranı (Performance Ratio), bir Güneş enerjisi sisteminin gerçek üretiminin, teorik olarak üretmesi gereken enerjiye oranını ifade eder. Bu oran, Güneş enerjisi sisteminin ne kadar etkili bir şekilde çalıştığını ve performansını ne kadar iyi sürdürdüğünü değerlendirmek için kullanılan önemli bir ölçüdür.

Performans oranı, aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\text{Performans Oranı} = \frac{\text{Gerçek Üretim}}{\text{Teorik Üretim}}$$

Burada:

- **Gerçek Üretim:** Güneş enerjisi sisteminin belirli bir dönem boyunca (örneğin bir yıl) elde ettiği toplam enerji üretimidir. Bu, gerçek dünya koşullarında ortaya çıkan üretimi temsil eder.

- **Teorik Üretim:** Güneş enerjisi sisteminin aynı dönem boyunca ideal şartlar altında (maksimum Güneş ışıınımı, hiçbir kayıp olmadan) üretmesi gereken enerjidir. Bu, sistemin tasarımına ve bileşen özelliklerine dayanarak hesaplanan bir değerdir.

Bir Güneş enerjisi sisteminin performans oranı genellikle %0 ile %100 arasında bir değer alır. Daha yüksek bir performans oranı, sisteminin daha etkili bir şekilde çalıştığını ve enerji kayıplarının daha düşük olduğunu gösterir.

Ancak performans oranını etkileyen birçok faktör bulunur, bunlar şunlar olabilir:

- Gölgeleme ve modül arızaları gibi sistem kayıpları.
- İnverter verimliliği.
- Sistem bakım durumu.
- Hava koşulları ve Güneş ışıınım yoğunluğu.
- Modül sıcaklık etkisi.

Bir Güneş enerjisi sisteminin performans oranını değerlendirirken, gerçek dünya koşullarının her zaman ideal olmadığını ve bu nedenle performans oranının %100'e yaklaşmasını beklemenin gerçekçi olmadığını unutmamak önemlidir.

Güneş enerjisi oranı

Güneş enerjisi oranı, belirli bir zaman diliminde (genellikle bir yıl) Güneş enerjisi sisteminin gerçek enerji üretiminin, aynı dönem boyunca maksimum potansiyel üretim kapasitesine oranını ifade eder.

Güneş enerjisi oranı, Güneş enerjisi sisteminin yıl boyunca ne kadar süreyle enerji ürettiğini ve kapasitesini ne kadar verimli kullandığını gösterir. Yüksek bir kapasite faktörü, sistemin verimli çalıştığını ve büyük bir kısmını yıl boyunca enerji üretimi için kullandığını gösterir.

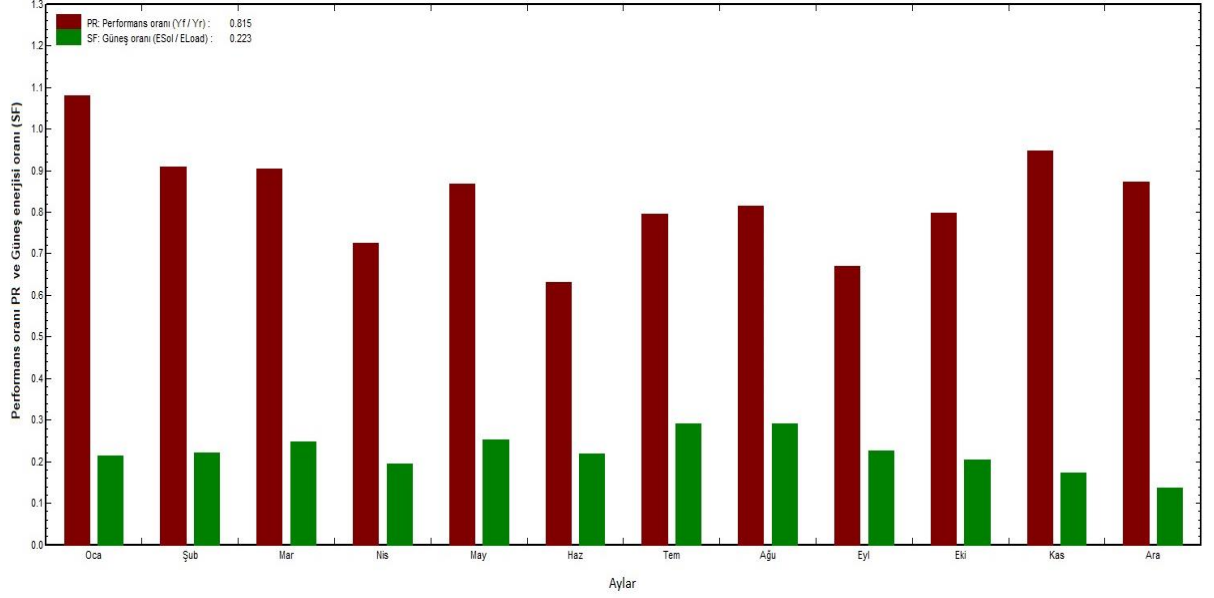
Hem Güneş enerjisi performans oranı hem de Güneş enerjisi oranı, bir Güneş enerjisi sisteminin performansını değerlendirmek ve geliştirmek için kullanılır. Yüksek performans oranı ve kapasite faktörü, sistemin tasarımının ve işletmenin başarılı olduğunu gösterirken, düşük değerler sistemde potansiyel sorunlar veya optimizasyon fırsatları olabileceğini gösterebilir.

Bazı ilçelere göre güneş enerji performans oranı ve güneş oranı

Güneş enerjisi sisteminin belirli bir konum ve koşullarda yıllık enerji üretimi profesyonel yazılımlar ile simüle edebilir. Bu simülasyon, Güneş ışıınımının yıl boyunca nasıl değiştiğini ve sistemin nasıl performans gösterebileceğini gösterir.

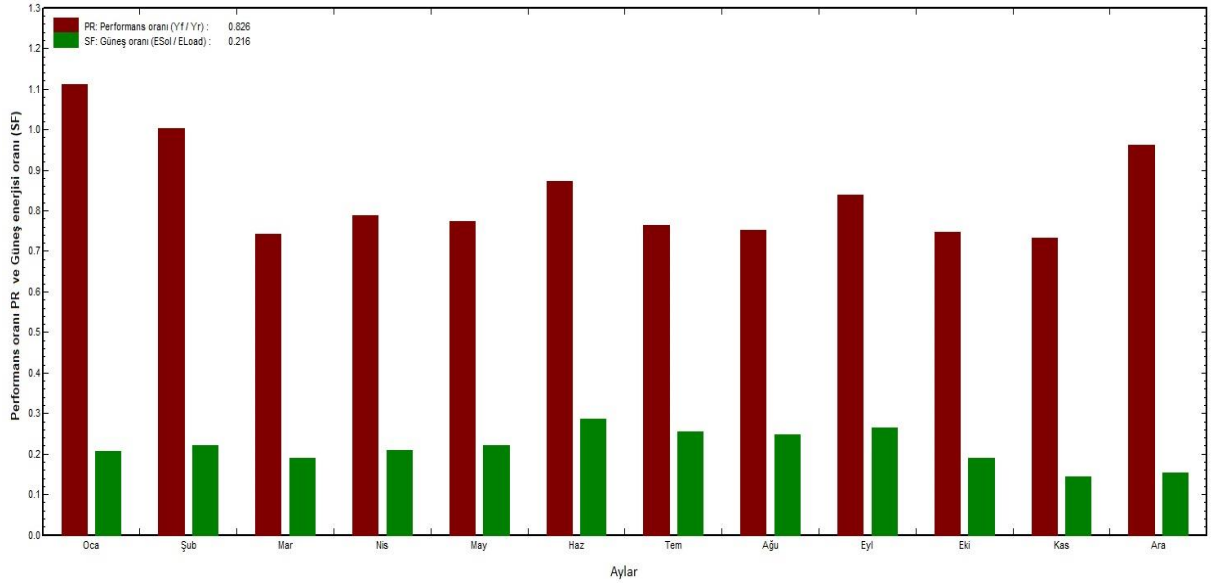
Erzurum ilinin merkezinde, en kuzeyinde bulunan Olur ilçesinde, en güneyinde bulunan Hınıs ilçesinde, en doğusunda bulunan Horasan ilçesinde ve en batısında bulunan Aşkale ilçesinde olmak üzere aynı parametre ve santral verileri kullanılarak simülasyon gerçekleştirildi ve verimlilik grafikleri elde edildi.

Erzurum-Merkez



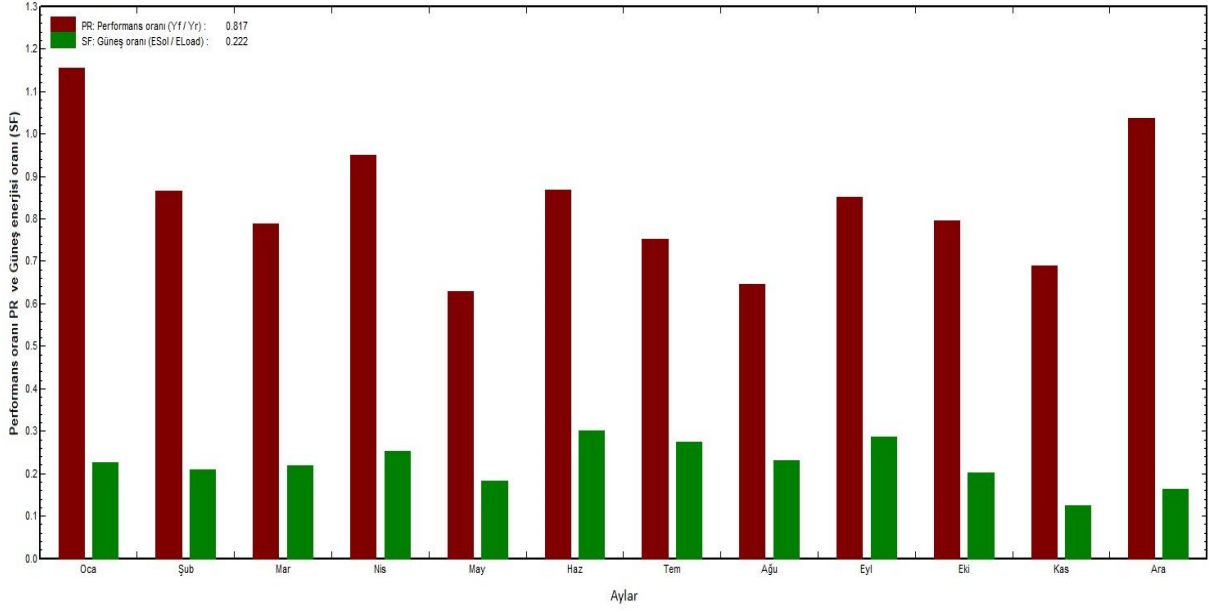
Şekil 30. Aylara göre Erzurum-Merkez güneş enerji verimliliği

Erzurum-Olur



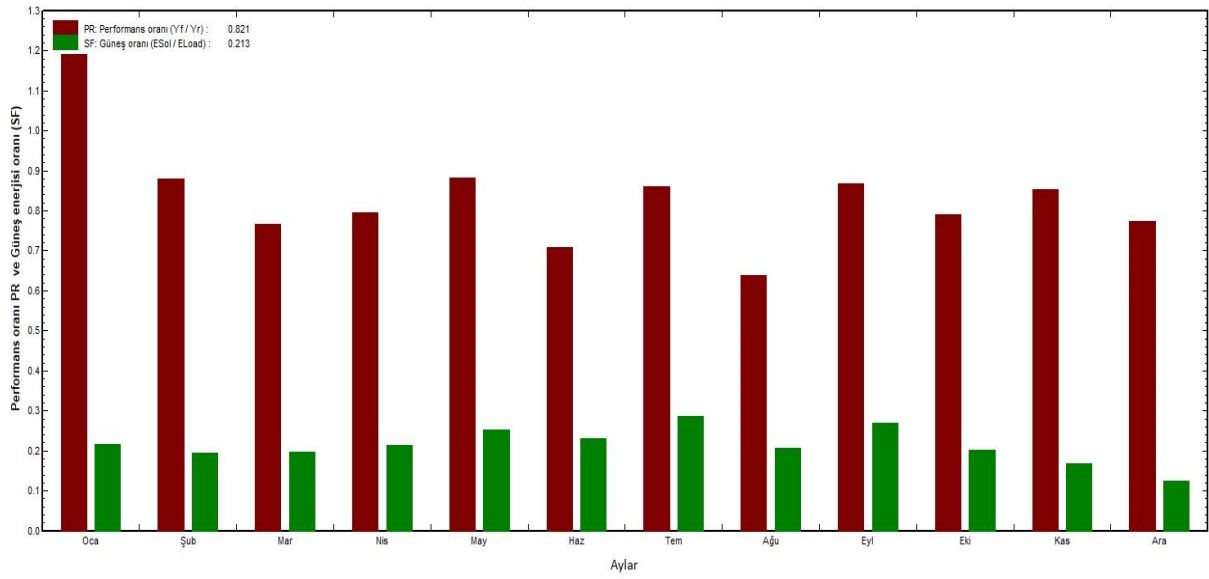
Şekil 31. Aylara göre Erzurum-Olur güneş enerji verimliliği

Erzurum-Hınıs



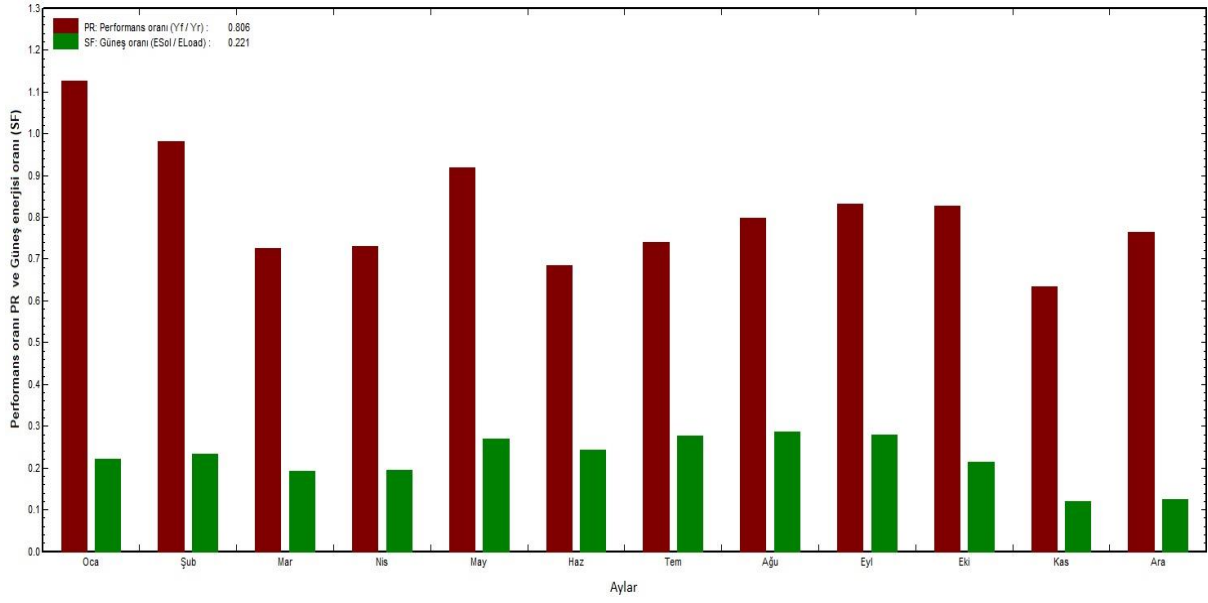
Şekil 32. Aylara göre Erzurum-Hınıs güneş enerji verimliliği

Erzurum-Horasan



Şekil 33. Aylara göre Erzurum-Horasan güneş enerji verimliliği

Erzurum-Aşkale



Şekil 34. Aylara göre Erzurum-Aşkale güneş enerji verimliliği

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Erzurum ilinin Güneş enerji potansiyeli analizi sonucunda şu bulgular elde edilmiştir:

- a. Güneş Enerji Potansiyeli: Erzurum ilinde yüksek Güneşlenme süresi ve Güneş radyasyonu değerleri tespit edilmiştir. Bu durum, ilin Güneş enerjisi üretimi için büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.
- b. Coğrafi Özellikler: Erzurum ilinin yüksek rakımlı bölgeleri ve düşük yapılı arazileri, Güneş enerjisi verimliliğini olumlu yönde etkilemektedir. Bu, ilin Güneş enerjisi projeleri için uygun alanlar sunabileceğini göstermektedir.
- c. İklim Koşulları: Erzurum'un soğuk iklimi, Güneş panellerinin verimliliğini etkileyebilir. Özellikle kış aylarında düşük sıcaklık değerleri, Güneş enerjisi üretimi açısından zorluklar yaratabilir. Bu nedenle, ilin iklim koşulları dikkate alınarak Güneş enerjisi sistemleri tasarlanmalı ve optimize edilmelidir.

Öneriler

Erzurum ilinde Güneş enerjisi potansiyelini daha etkin bir şekilde kullanmak ve Güneş enerjisi verimliliğini artırmak için aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

- a. Yüksek Verimli Paneller: Teknolojik gelişmeleri takip ederek yüksek verimli Güneş panellerinin kullanımına yönelmek önemlidir. Daha verimli paneller, daha fazla Güneş enerjisi üretimi sağlayabilir.
- b. Güneş İzleme Sistemleri: Güneş izleme sistemleri, Güneş panellerinin Güneşe optimum şekilde yönlendirilmesini sağlar. Bu sayede Güneş ışınlarının daha verimli bir şekilde kullanılması mümkün olur.
- c. Enerji Depolama Sistemleri: Güneş enerjisinin depolanması, özellikle gün içinde üretilen enerjinin gece veya bulutlu havalarda kullanılabilmesi için önemlidir. Gelişmiş batarya ve depolama sistemleri, Güneş enerjisi kullanımının sürekliliğini sağlar.
- d. Eğitim ve Farkındalık: Güneş enerjisi teknolojilerinin ve faydalarının toplumun geniş kesimlerine anlatılması ve farkındalık oluşturulması gerekmektedir. Eğitim programları ve bilinçlendirme çalışmaları, Güneş enerjisi kullanımının yaygınlaşmasını destekleyebilir.

- e. Devlet Teşvikleri: Devletin Güneş enerjisi projelerine teşvikler ve destekler sunması, yatırımların artmasına ve Güneş enerjisi sektörünün gelişmesine katkı sağlar.

Erzurum gibi bir yer için hangi tür güneş panellerinin daha uygun olabileceğini değerlendirmek için dikkate alınması gereken bazı faktörler:

- a. Verimlilik: Erzurum gibi bol güneşli bir bölgede monokristalin silikon paneller, genellikle daha yüksek verimlilik sunarlar.
- b. Maliyet: Polikristalin paneller, monokristalin panellere göre daha düşük maliyetli olabilmekte ancak Erzurum'da kurulması planlanan yüksek kapasiteli bir santral için verimlilik açısından polikristalin paneller, monokristal silikon panellerin gerisinde kalmaktadır.
- c. Yerleşim ve Alan: Projenin kurulması istenilen alanın büyüklüğü ve yerleşimi de hangi tür panellerin kullanılacağını etkileyebilir. İnce film paneller, daha fazla esneklik sunmakta ve bazı uygulamalarda daha uygun olabilmekte
- d. Dayanıklılık: Erzurum gibi bir bölgede kar, rüzgâr ve diğer hava koşulları, güneş panellerinin dayanıklılığını etkileyebilmekte. Bu nedenle, güneş paneli seçerken üreticiyi, ürünün kalitesini, garantileri ve müşteri geri bildirimlerini dikkate almak önemlidir. Güneş panelleri, genellikle 25 yıl veya daha uzun bir süre boyunca kullanılabilirler. Bu nedenle, dayanıklı paneller seçmek uzun vadeli maliyet tasarrufu sağlar.
- e. Proje Ölçeği: Projenin büyüklüğü, hangi tür güneş panellerinin kullanılacağını belirlenmesini etkiler. Erzurum'da daha az alana uygulanmasını gerektiren projelerde monokristalin paneller tercih etmek verimliliğin artmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Erzurum ilinin Güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu ve Güneş enerjisi verimliliğini artırmanın mümkün olduğu görülmektedir. Yukarıdaki önerilerin uygulanmasıyla birlikte Erzurum'daki Güneş enerjisi kullanımı ve projeleri daha etkin hale getirilebilir, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji bağımsızlığı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Allouhi, A., Rehman, S., Buker, M. S., & Said, Z. (2023). Recent technical approaches for improving energy efficiency and sustainability of PV and PV-T systems: A comprehensive review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 56, 103026.
- Ankara Üniversitesi Açık Ders Sunumları (acikders.ankara.edu.tr)
- Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 50, Sayı 2, 2019
- Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, 2016
- Hafez, F. S., Sa'di, B., Safa-Gamal, M., Taufiq-Yap, Y. H., Alrifayy, M., Seyedmahmoudian, M.,
- Mekhilef, S. (2023). Energy efficiency in sustainable buildings: a systematic review with taxonomy, challenges, motivations, methodological aspects, recommendations, and pathways for future research. *Energy Strategy Reviews*, 45, 101013.
- Kırklareli Üniversitesi Dosya ve Belgeler (https://esm.klu.edu.tr/dosyalar/birimler/esm/dosyalar/dosya_ve_belgeler.pdf)
- Kong, X., Zhang, L., Li, H., Wang, Y., & Fan, M. (2022). Experimental thermal and electrical performance analysis of a concentrating photovoltaic/thermal system integrated with phase change material (PV/T-CPCM). *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 234, 111415.
- Perera, F., & Nadeau, K. (2022). Climate change, fossil-fuel pollution, and children's health. *New England Journal of Medicine*, 386(24), 2303-2314. PVsyst 7.4 Simulation
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Resmi internet sayfası Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (<https://gepa.enerji.gov.tr/>)
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Resmi internet sayfası Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (<https://repa.enerji.gov.tr/>)
- Türkiye'de Güneş Radyasyon Seviyeleri: Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Verimlilik (<https://solarexen.com/tr/blog/turkiyede-gunes-radyasyon-seviyeleri-gunes-enerjisi-potansiyeli-ve-verimlilik>)
- Yousaf, I., Nekhili, R., & Umar, M. (2022). Extreme connectedness between renewable energy tokens and fossil fuel markets. *Energy Economics*, 114, 106305.
- Yu, Y., & Tang, K. (2023). Does financial inclusion improve energy efficiency?. *Technological Forecasting and Social Change*, 186, 122110.
- Zhu, B., Hu, X., Deng, Y., Zhang, B., & Li, X. (2023). The differential effects of climate risks on non-fossil and fossil fuel stock markets: Evidence from China. *Finance Research Letters*, 103962.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Ömer Erişkin
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Yabancı Dil Bilgisi	
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	