



YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

GÜNEŞ PANEL SİSTEMİNİN KURULMASI MODÜLÜ

2022-2-TR01-KA210-VET-000098216

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİNDE 4.0 STANDARTLARINA GÖRE YENİ UYGULAMALAR



Avrupa Birliđi Erasmus+ Programı tarafından finanse edilmektedir. Ancak burada yer alan bilgilerin herhangi bir şekilde kullanılmasından Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz.



Bu öğrenme materyali 2022-2-TR01-KA210-VET-000098216 nolu Yenilenebilir Enerji Teknolojilerinde 4.0 Standartlarına Göre Yeni Uygulamalar projesi kapsamında hazırlanmıştır. Mesleki eğitim eğitimcilerine rehberlik etmesi amaçlanmaktadır. Kullanıcılar için ücretsizdir, satılmaz, çoğaltılamaz. Proje Web Sitesinde (<http://www.renewableenergy40.com>) bir e-kitap olarak yayınlanacaktır.

AÇIKLAMALAR

ALAN	Yenilenebilir Enerji Teknolojileri
MESLEK	Güneş Enerji Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Güneş Panel Sisteminin Kurulması
MODÜLÜN TANIMI	<p>Bu modül yapılarda ve açık alanlarda güneş panel sisteminin kurulması ile ilgili bilgilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir..</p>
YETERLİK	<p>Yapılarda ve açık alanlarda güneş panel sisteminin kurulmasını yapmak</p>
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel amaç</p> <p>Bina üstü şartlarına göre belirlenmiş metal bileşenlerin imalatını yaparak taşıyıcı sistem hâline getirebilecek; güneş sehpası montaj betonunu, ışınım açısını belirleyerek, güneş sehpası montajını yapabilecektir.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Uygun araç gereç kullanarak bina üstü şartlara göre belirlenmiş metal bileşenlerin imalatını yapabileceksiniz.2. Uygun ekipman kullanarak metal taşıyıcı sistemin çatıya montajını yapabileceksiniz.3. Uygun ekipmanlarla güneş sehpası montaj betonunu dökme işlemini yaparak yüzey terazilemesini yapabileceksiniz.4. Uygun araç gereçle arazide ışınım açısını belirleyebileceksiniz.5. Uygun ekipmanlarla güneş sehpasının montajını yapabileceksiniz.

1. BİNA ÇATILARINA GÜNEŞ PANELLERİN KURULUMU

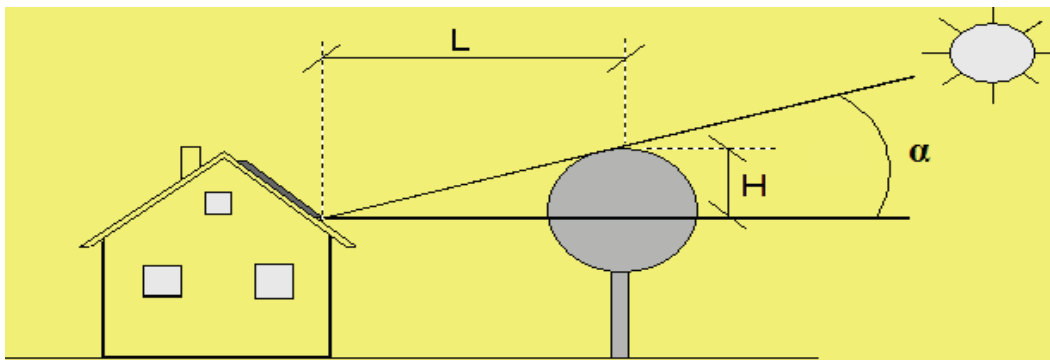
Çatılı binalarda PV panel montajı, güneş ışığından en üst düzeyde yararlanılabilecek çatı cephelerine yapılmalıdır. Güneş panellerinin kurulumunda, panellerin güneş ışınlarını tam olarak alabilmesi için uygun bir yön ve açıda monte edilmesi gerekir. Bu işlem yapılırken, bölgenin güneş ışınımı alma açısı dikkate alınarak panellerin yönü belirlenmelidir. Kuzey yarım kürede paneller güney yönüne, güney yarım kürede ise paneller kuzey yönüne bakacak şekilde monte edilmelidir.

PV paneller güneş ışığının yanı sıra rüzgar, yağmur, sıcaklık, kar, tipi vb diğer doğal hava koşullarına da maruz kalacaktır. Bu nedenle güneş panel sisteminin montaj, bu alanda uzman ve yeterliliği olan teknik elemanlar tarafından yapılmalıdır.

1.1. Çatı Montaj Yeri Tespiti

Kuracağımız sistemin verimli olması ve uzun yıllar sorunsuz çalışması için çatı montaj yerinin tespitinin doğru yapılması gerekir. Bunun için de engellerden dolayı gölge düşme durumuna, düz yüzeylerde kurulan tesislerde güneş panelleri (modüller) arasındaki mesafeye dikkat edilmelidir.

Güneş panellerinin (modüllerin) üzerine gölge düşmesi o modül grubunun verimini düşürmekte bazen tamamen devreden çıkmasına neden olabilmektedir. Güneş panellerinin yerleşim planı yapılırken güneş ışınlarının eğik gelme durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Türkiye’de güneş ışınlarının en eğik (düşük açılı) geldiği tarih 21 Aralık tarihidir. Eğim açısı (α) bulunulan bölgeye göre değişir. Aynı zamanda paçalar, yakınlarda bulunan ağaçlar ve çıkıntılı pencereler de gölge oluşturabilir. Güneş panellerinin yerleşim planı bu durumlara göre yapılmalıdır (Şekil 1.1).



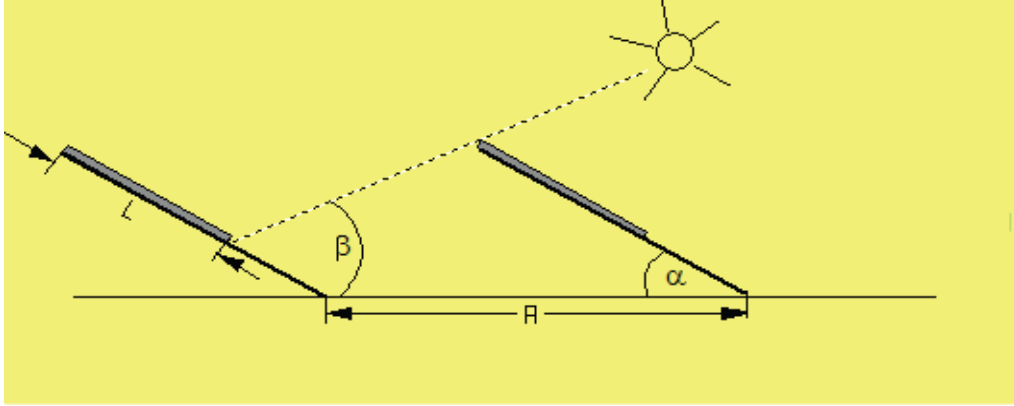
(Şekil 1.1).Modüllerin üzerine engellerden dolayı gölge düşmesi

Bir engelden dolayı modül üzerine gölge düşme durumu şu şekilde kontrol edilir: Engel ile modül arasındaki mesafe (L), $H/\tan\alpha$ değerinden büyükse engelden dolayı kesinlikle gölge oluşmayacaktır.

$$L > H / \tan \alpha -$$

Özellikle düz yüzeyli çatılarda kurulan tesislerde modüller arasındaki mesafeye dikkat edilmelidir. Modüllerin yerleşiminde gelen güneş ışınlarının bir önceki modül tarafından kesilmemesi gerekir. Modüllerin birbirinin güneş ışınlarını kesmemesi için aralarında bulunması gereken en az mesafe aşağıdaki formül ile hesaplanır (Şekil 1.2).

$$A = \left[\frac{\sin \alpha}{\tan \beta} + \cos \alpha \right] \cdot L$$



Şekil 1.2: İki modül arasında bırakılması gereken mesafe

1.2. Çatının Şekline Göre Yön Tespiti ve Enlem-Boylam Hesabı

Dünya üzerinde 36°-42° kuzey enlem, 26°-45° doğu boylamları arasında bulunan Türkiye'de senelik yaklaşık güneş ışınımı 1303 kWh/m²yıl, yaklaşık senelik güneşlenme zamanı ise 2623 saattir (1 yıl=365 gün=8760 saat). Ülkemizin yüz ölçümünün % 63'ünde yılın 10 ayında teknik ve ekonomik açıdan güneş (solar) enerjisinden faydalanılabilir. Güneş panelinden enerji üretimini en üst seviyeye çıkarmak için güneş panel sehpa'sı gün doğusundan gün batımına dek güneş ışığını en doğru açıda görecektir şekilde sistemlere ihtiyaç duyulur. Bu güneş (solar) enerji sistemleri, güneş panelini pek çok farklı yöntemle doğru açıda tutarak güneş enerjisinden elektrik üretimini en üst düzeye çıkarır.

Güneş sehpa'sı montajı yapılmadan önce yön kontrolü yapılmalıdır ve sistem güneye bakacak şekilde monte edilmelidir (Resim 1.1). Ayrıca güneş sehpa'sının kurulacağı alanın diğer güneş sehpa'larından, ağaç ve binadan dolayı gölgelenmeyecek bir alana yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Sistem sehpa'sı kurulmaya başlamadan önce pusula yardımıyla yön ve gölge hesapları yapılmalıdır. Güneş panellerinin sağlıklı olarak çalışabilmesi için yönünün güneye bakması gerekmektedir. Kurulacak olan sistemin hem yazın hem de kışın kullanılması planlanıyor ise güneş sehpa'sı eğim açısı o bölgenin enlem açısı ile aynı olmalıdır. Eğer sistemin sadece yazın kullanılması planlanıyor ise güneş sehpa'sı enlem açısı bölgenin enlem açısından 15° düşük olmalıdır (güneş ışınları yazın dikey geldiğinden). Eğer sistemin sadece kışın kullanılması planlanıyor ise güneş sehpa'sı enlem açısını bölgenin enlem açısından 15° yüksek olmalıdır (güneş ışınları kışın yatay geldiğinden).



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.
<https://www.youtube.com/watch?v=aGqdZ882Mvo>



Resim 1.1: Güneye doğru bakan güneş panel sistemi

Türkiye, 36° - 42° kuzey enlemleri, 26° - 45° doğu boylamları arasında yer alır. Güneş sehpa açısı ayar yapılırken ülkemizin kuzey enlemleri (36° - 42° kuzey enlemleri) dikkate alınarak montaj yapılmalıdır. Güneş paneli sehpa açısı, yaz ve kış mevsiminde gündüz öğle saatlerinde güneş ışığına dik vaziyette bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Aksi hâlde güneş (solar) panelinin verimi düşük olur.

Örneğin Mersin’de düz çatı üzerine yapılacak bir güneş paneli sehpa açısı montajında (Resim 1.2) Mersin’in enlem açısını 37° olarak kabul edersek;

- Yaz kış kullanılacak sistem için güneş paneli sehpa açısı 37° olmalıdır.
- Sadece yazın kullanılacak sistemler için güneş paneli sehpa açısı $37^{\circ}-15^{\circ}=22^{\circ}$ olmalıdır.
- Sadece kışın kullanılacak sistemler için güneş paneli sehpa açısı $37^{\circ}+15^{\circ}=52^{\circ}$ olmalıdır.



Resim 1.2: Düz çatı üzerine yapılmış panel montajı

1.3. Güneş Panel Sisteminin Kurulumu

Yapılarda güneş paneli kurulumu, çatılara ve cephelere yapılabilir. Çatılara yapılan kurulumlar, daha yaygın olan ve daha uygun maliyetli olan kurulumlardır. Cephelere yapılan kurulumlar ise, daha estetik bir görünüm sağlar. Yapı yüksek katlı ise duvar yüzeyi de fazla olacağından enerji üretim miktarı artacaktır.

Yapılarda güneş paneli kurulumu için dikkat edilmesi gereken bazı hususlar:

- Çatının veya cephenin güneş ışınlarını yeterince alması gerekir
- Panellerin güneş ışına açısına uygun monte edilmesi gerekir.
- Panellerin çevre faktörleri dikkate alınarak gölgelenmeyecek şekilde monte edilmesi gerekmektedir.
- Panellerin kaliteli ve standartlara uygun olması gerekmektedir
- Montaj yapılırken rüzgar ve kar yükü dikkate alınarak uygun montaj aparatları kullanılmalıdır.

2. ÇATI TAŞIYICI SİSTEMLERİ

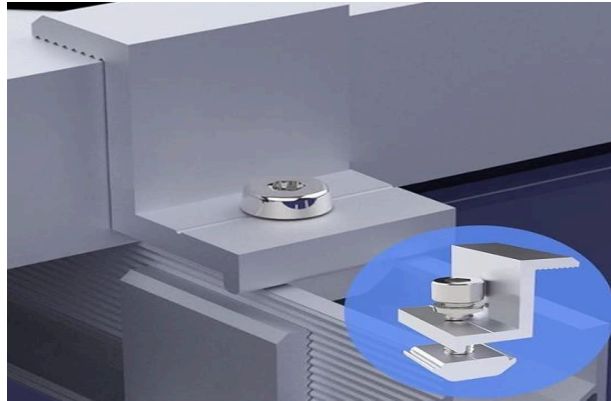
2.1. Çatı Taşıyıcı Sistem Aparatları

Çatı ve sert zeminlerde güneş panellerinin montajı sırasında çeşitli montaj elemanları kullanılır (Resim 1.3). Yapılan işin özelliğine göre firmalar değişik tip ve modellerde montaj elemanları üretebilirler. Bunun amacı yapılan işçiliğin kolay, sağlam, ergonomik ve düşük maliyetli olmasıdır.



Resim 1.3: Çeşitli panel montaj elemanları

Kenar tutturucular: Panellerin sigma profillere veya diğer metal profillere montajında ilk ve son panelin sabitlenmesi işleminde kullanılır (Resim 1.3).



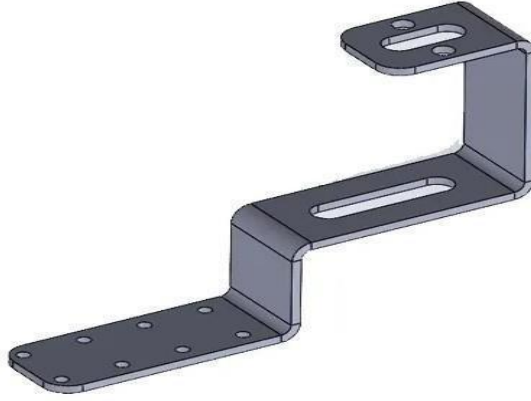
Resim 1.3: PV panel kenar tutturucu (clamp)

Ara tutturucular: İlk ve son panel arasında bulunan tüm panellerin ara montaj elemanıdır. Panellerin rüzgar, yağmur, kar ve benzeri gibi doğa şartlarına karşı bulunduğu yerde sabit kalmasını sağlar (Resim 1.4).



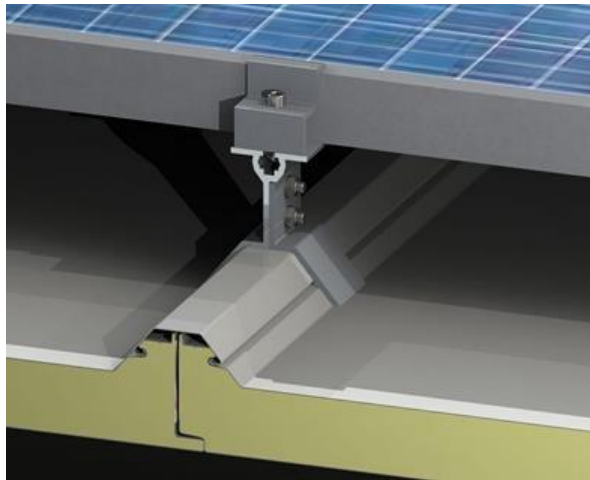
Resim 1.4: Pv panel ara veya orta tuturucu (clamp)

Montaj kancası: Sigma ve diğer pv panel montaj profillerinin eğimli çatılarda kiremit aralarına tutturulması amacıyla kullanılan lama şeklindeki demirdir (Resim 1.5).



Resim 1.5: Güneş paneli montaj kiremit kancası

Trapez çatı montaj elemanı: Trapez çatı ile montaj profilleri arasına ve trapez sac üzerine monte edilir. Böylece panel ve çatı arasında bir boşluk oluşmasını sağlar. Oluşan boşluk rüzgar eşliğinde ile havalandırma ve soğutma işlevi yapar (Resim 1.6).



Resim 1.6: Trapez çatı üzerine montaj elemanı

Montaj elemanları imal edildikleri maddeye göre farklılık gösterebilir. Demir, alüminyum veya değişik alaşımlardan yapılabilir. Üreten firmalara ve müşteri taleplerine göre farklı desen ve modellerde imatları yapılır. Bunların hepsinde esas alınan husus panellerin sağlam düzenli ve verimli çalışması için altyapıyı oluşturmaktır.

Yüksek ısılara maruz kalan panellerin verimleri düşer ve ömürleri kısalmır. Bunu önlemek için kurulum aşamasında gereken tedbirler koşullar elverdiğince alınmalıdır. Montaj esnasında panelin alt kısmında hava sirkülasyonu sağlayacak şekilde gerekli boşluk bırakılmalıdır.

Paslanmaz çelikten yapılmış vidalar, Paslanmaz çelikten yapılmış çatı köşebentleri (çatı çapaları) (Resim 2.1), Bağlantı ayakları, Metal raylar (Resim 2.2), Çeşitli profiller (Resim 2.3) den oluşmaktadır.



Resim 2.1: Çatı köşebenti (çatı çapası)



Resim 2.2: Metal raylar ve güneş panelleri



Resim 2.3: Metal profiller

2.2. Aparatların Kullanılması

Panelleri çatıya bağlayacak olan çatı köşebentleri çatı kirişlerine monte edilmelidir. Çatı köşebentlerinin kirişe montajı sırasında gerekli deliklerin doğrudan matkapla açılması akıllıca değildir. İlk olarak ayakların düzgün bir çizgide ayarlandığından emin olmak için derin olmayan küçük delikler açılmalıdır. Bir tebeşir veya lazer yardımı ile ayakların doğru bir çizgide durduğu saptanmalı, ancak bu aşamadan sonra asıl delikler açılmalıdır.

Panellerin çatıya montajında kullanılacak olan vidalar paslanmaz çelikten olmalı ve doğrudan kirişlere takılmalıdır. Doğa şartları altında yıllarca çalışabilen güneş panellerinin düzgün çalışması için montajda kullanılan malzemelerin de aynı şekilde kaliteli ve uzun ömürlü olması gerekmektedir.

2.3. Çatı Montaj Teknikleri

Güneş panelleri, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Güneş panelleri farklı yapı ve mimariye sahip birçok çatıya kolayca monte edilebilir. Güneş panellerinin çatıda herhangi bir sızıntıya yol açmaması için kurulumun çatıda yapılacak bir tadilat ile aynı zamanda

gerçekleştirilmesi tavsiye edilir. Basit bir işlem olan kurulum doğru yapıldığında herhangi bir sorun yaşanmayacaktır.

Montaj sırasında kiremit kaplı bir çatıda dolaşmak, kiremitlerin kırılmasına ve çatının yapısının bozulmasına da yol açabilir. Bu nedenle kiremit kaplı çatılarda daha tedbirli olmak ve dikkatli çalışmak gerekmektedir. Panelleri doğrudan çatıya monte etmektense çatı ve panel arasına bir bağlantı noktası koymak ve panelleri bu bağlantı noktasına monte etmek daha akıllıcadır. Böylece ileride panellerin herhangi bir nedenden dolayı çatıdan çıkartılması işlemi az masraflı ve çatıya zarar vermeden yapılabilir.

Çatı üzerine yapılacak olan güneş panel sisteminin montaj yöntemlerinden birisi çatı köşebent (çatı çapası) kullanılarak yapılan montajdır. 15° ile 75° arası çatı eğimlerinin olduğu kil veya betondan düz veya hafif kavisli çatı kaplama elemanlarının kullanıldığı çatılarda, çatı köşebenti yöntemiyle güneş panel sistemi kurulumu yapılır. Çatı köşebent (çatı çapası), montaj sisteminin temelini oluşturan çatı kirişlerine doğrudan vidalanan alüminyum veya çelik bileşenlerdir. Kullanılacak çatı köşebenti mevcut kiremit özelliklerine göre belirlenir (Resim 2.4).



Resim 2.4: Çeşitli çatı köşebentleri (çatı çapaları)

Bu yöntem ile çatı kirişlerine esnek sabitleme yapılır. Çatı kaplama elemanlarının delinmesini gerektirmez. Kolay ve hızlı montaj sağlanır.

Güneş panel sisteminin çatı köşebendi yardımıyla montajı aşağıdaki gibi olur:

- Çatı köşebentinin monte edileceği yerdeki kiremitler sökülür.
- Sökülmüş olan kiremidin altındaki kirişlerin üzerine çatı köşebenti monte edilir (Resim 2.5).
- Sökülmüş olan kiremit, kirişe monte edilen köşebentin üzerine yerleştirilir.
- Çatı köşebentine bağlı olan çatı askısına uzunlamasına profil monte edilir (Resim 2.6).
- “T” profil, uzunlama profilin üzerine monte edilir.
- Yukarıdaki işlemlerin aynısı paralel bir şekilde karşı tarafada yapılır (Resim 2.7).



Resim 2.5: Kirişlerin üzerine çatı köşebendi montajı



Resim 2.6: “T” ve uzunlamasına profilin çatı askısına monte edilmesi



Resim 2.7: Güneş panel sisteminin son hâli

Çatı için güneş panel sistemi tamamen kurulduktan sonra sistemin yönü pusula yardımı ile kontrol edilmelidir. Güneş panel sisteminin eğim açısı da dijital açı ölçer ile tekrar kontrol edilmelidir . Eğim açısı kontrol edilirken çatı eğimi de dikkate alınmalıdır. Herhangi bir sapma varsa gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.

2.4. Güneş Panel Sisteminin Kurulumu

Yapılarda güneş paneli kurulumu, çatılara ve cephelere yapılabilir. Çatılara yapılan kurulumlar, daha yaygın olan ve daha uygun maliyetli olan kurulumlardır. Cephelere yapılan kurulumlar ise, daha estetik bir görünüm sağlar. Yapı yüksek katlı ise duvar yüzeyi de fazla olacağından enerji üretim miktarı artacaktır.

3. AÇIK ALANLARDA GÜNEŞ PANEL SİSTEMİNİN KURULMASI

Güneş tarlası kurulmasında arazi ve yapısı önemli bir faktördür. Her araziye güneş enerji santrali (GES) kurulamaz. İlgili mevzuatta arsa özelliklerinin nasıl olması gerektiği açıkça belirtilmiştir. Öncelikle arsanız verimli toprağa sahip olmamalıdır. Üzerinde yalnızca geleneksel toprak işletmeciliği yapılabilen, verimli olmayan arazilere yani marjinal tarım arazisi statüsünde olmalıdır. Verimli araziye santral izni verilmez.

Güneş santrali kurulumu yapılacak arazide bulunması gereken özellikler

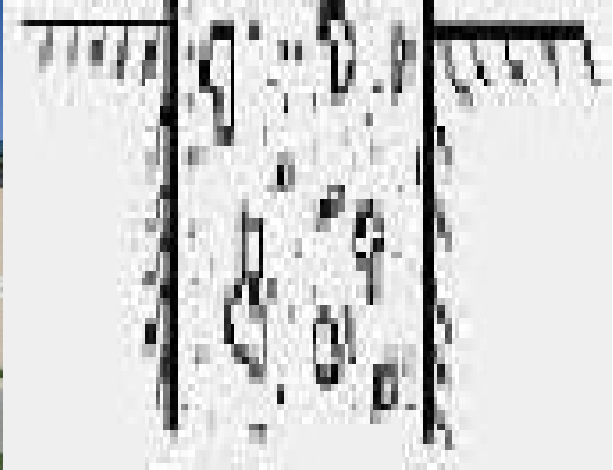
- Marjinal tarım arazisi statüsünde,
- Eğimli,
- Güney cepheli,(kuzey yarım küre için)

3.1. Güneş Sehpa'sı Temeli

Güneş paneli ve sehpanın oluşturduğu yükü daha geniş bir alana yaymak amacıyla, güneş sehpa'sını zemine monte etmek için açılan beton çukuru güneş sehpa'sı beton çukuru denir. Güneş sehpa'sı beton çukuru yapı elemanlarına da güneş sehpa'sı temeli denir. Temeller, güneş sehpa'sının sabit, hareketli ve meteorolojik yüklerini taşıyan ve bunları zemine ileten yapı elemanlarıdır. Temelin oturacağı tabii zemine temel yatağı adı verilir. Güneş sehpa'sının demir direğinin beton çukuru, kullanılacak panellerin, sehpanın ve direğin büyüklüğüne göre değişse de en az 60 cm derinlikte kazılacaktır. Kazılacak çukurun boyutları en az 60x60x60cm olacak şekilde hazırlanmalıdır (Resim 1.5, Resim 1.6).



Resim 1.5: Beton çukurun yüzey görünümü



Resim 1.6: Beton çukuru

3.2. Ankraj Yapısı ve Boyutları

Ankraj, yapısal bir elemanın başka bir malzemeye ya da elemana, içine sokarak sabitlenmesi yöntemiyle, beraber çalışır hale getirilmesidir. Başka bir ifadeyle ankraji

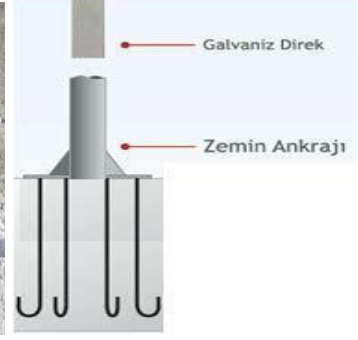
tanımlarsak: Betonarme yapılarda çelik donatının beton içerisine bağlanması diye ifade edebiliriz. (Resim 1.7, Resim 1.8).



Resim 1.7: Çeşitli ankraj demirleri



Resim 1.8: Güneş sehpa direği zemin ankraji



3.3. Beton Yüzeyin Terazisi

Projeye göre direk yeri işaretledikten sonra ölçüsüne uygun olarak açılır. Açılmış olan çukura yerleştirilmek üzere beton kalıbı hazırlanır. Direğin çukuruna ankraj demiri yerleştirilmeden birkaç gün önce 10 cm kalınlığında harç dökülür. Eğer harç dökülmeyecek ise toprak sıkıştırılmalıdır.

Güneş paneli sehpa direğine uygun ankraj demiri çukur zeminine uygun terazide yerleştirilir. Ankraj demiri çukura yerleştirildikten sonra teknolojik kurallara uygun olarak ankraj temelini yapılması gerekir. Ankrajin uzun süre konumu bozulmadan durmasını sağlamak için ankrajin üzeri harç ile usullere uygun doldurulup temel yapılır. Ankraj demiri kesinlikle beton harç içerisine oturtulur. Bu iş için hazırlanacak olan harcın %70 oranında agrega (kum, çakıl, mıcır), %10 oranında çimento, % 20 oranında su oluşturur. Gerektiğinde, çimento ağırlığının %5'inden fazla olmamak kaydıyla, katkı malzemesi ilave edilebilir. Kalıba dökülen betonu," kalıbın her tarafına yaymak, ankraj donatısını iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu artırmak için harç sıkıştırılır. Beton homojen tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Yerleştirme sırasında yığınların ve eğimli tabakaların oluşmasına engel olunmalıdır. Dökümden sonra buharlaşmayı ve betonun ani su kaybını önlemek için ıslak örtü ile sarılması veya kür uygulanması (korunması) çatlama riskini azaltmak açısından önemlidir. Direk dibinde su, kar vs. birikimini önlemek için, toprak seviyesinden 15 cm yukarıya kadar yağmurluk betonu şeklinde çıkıntı beton oluşturulur.

4. ARAZİDE İŞİNİM AÇISI

4.1. İşinim Açısının Belirlenmesi

Güneş enerjili bir aydınlatma sistemi veya gücünü güneşten alan başka bir sistem kurarken akla gelen ilk soru güneş paneli yönü ve açısının ne olması gerektiğidir. Güneş paneli, güneşe tam olarak yönlendirildiğinde en yüksek verimde çalışacaktır. Çevremize baktığımızda, güneş panellerinin montaj yönlerinde farklılıklar gözlemleyebiliriz. Bunun sebebi, güneş panelinin hangi yöne, kaç derece eğimle bakacağı konusunda bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Panellerin eğim açısı, panellerin verimliliğini aşağıdaki şekillerde etkiler

Güneş ışınlarının panele çarpma açısı: Panellerin eğim açısı arttıkça, güneş ışınlarının panele çarpma açısı da artar. Bu, panellerin daha fazla güneş ışığını yakalamasına neden olur ve dolayısıyla panellerin verimliliğini artırır.

Güneş ışınlarının yansımaları: Panellerin eğim açısı arttıkça, güneş ışınlarının panelden yansıma olasılığı da artar. Bu, panellerin daha az güneş ışığını yakalamasına neden olur ve dolayısıyla panellerin verimliliğini azaltır.

Gölgelenme: Panellerin eğim açısı, panellerin gölgelenme riskini de etkiler. Panellerin eğim açısı arttıkça, panellerin gölgelenme riski de artar. Bu, panellerin daha az güneş ışığını yakalamasına neden olur ve dolayısıyla panellerin verimliliğini azaltır.

Güneş paneli eğim açısının panellerin verimliliğini etkileyen diğer faktörler

Panellerin eğim açısı, panellerin verimliliğini etkileyen tek faktör değildir. Panellerin verimliliğini etkileyen diğer faktörler şunlardır:

Panellerin kalitesi: Panellerin kalitesi, panellerin verimliliğini doğrudan etkiler. Kaliteli paneller, daha fazla güneş ışığını yakalar ve dolayısıyla daha verimli çalışırlar.

Panellerin temizliği: Panellerin temizliği, panellerin verimliliğini dolaylı olarak etkiler. Kirli paneller, daha az güneş ışığını yakalar ve dolayısıyla daha az verimli çalışırlar.

Panellerin konumu: Panellerin konumu, panellerin verimliliğini dolaylı olarak etkiler. Paneller, güneş ışınlarını doğrudan alan bir konumda yerleştirilmelidir.

Bu faktörler de göz önünde bulundurularak, panellerin eğim açısı belirlenmelidir.

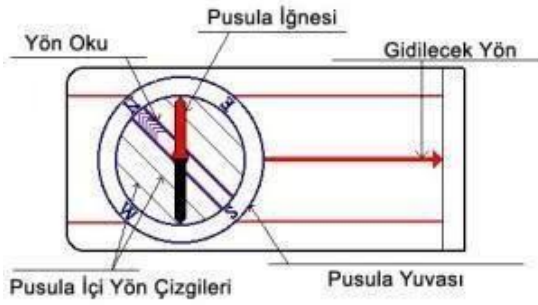
Güneş ışığının yeryüzüne geliş açısı, günün farklı saatlerinde farklı açılarla yeryüzüne gelmektedir. Güneş ışığını takip eden sistemler kurulabilir. Bu da güneş ışığından maksimum seviyede faydalanmak adına daha teknik bir kurulumdur. Ancak kurulum maliyetlerinin yüksek oluştundan genellikle tercih edilmez. Bulduğumuz enlem ve boylamlar dikkate alınarak en uygun güneşlenme açısı hesaplayabiliriz. Bu konuda çeşitli hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. Biz çok karmaşık olmayan aşağıdaki yöntemi kullanacağız.

4.2. Pusula ve Kullanımı

Pusulanın en önemli parçası manyetik bir iğnedir. Bu iğne serbestçe hareket edebilecek şekilde pusula gövdesine monte edilmiştir. İğne serbest kaldığında her zaman aynı yönü gösterir.

Bunun nedeni, yeryüzünde iğneyi çeken bir gücün olmasıdır. Yeryüzü bir ucu kuzeyde diğer ucu güneyde olan büyük bir mıknatıs gibidir. Dünyanın manyetikliği pusula iğnesinin manyetik kuzeye doğru dönmesine neden olur. İğnenin kuzeyi gösteren ucu kırmızıya ya da siyaha boyanmıştır. Bazı pusula iğnelerinde ise uç bir ok başı gibi sivridir. Hatta bazılarında iğnenin kuzeyi gösteren ucunda “N” harfi vardır. Pusulanın 4 köşeli bir yüzeyi vardır. Bunlar ana yönleri gösterir: Kuzey, güney, batı, doğu. Bu yönler pusulayı 4 kadrana böler. Bunlar da kendi aralarında: Kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu, güneybatı diye bölünür.

Aşağıdaki pusula farklıdır. Aşağıdaki şekle bakın (Şekil 4.1). Kırmızı ve siyah renkte bir ok göreceksiniz.

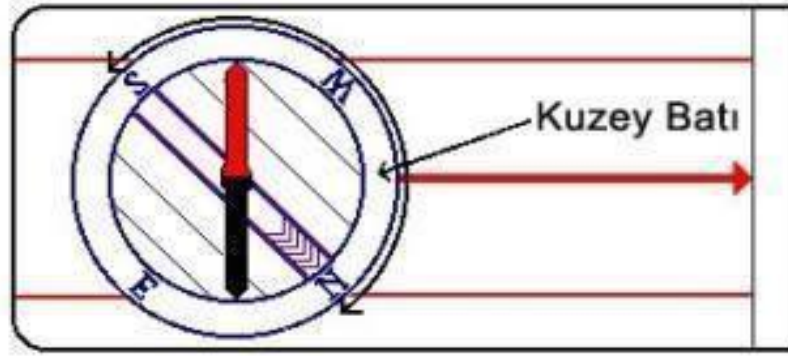


Şekil 4.1: Pusula

Bazı pusulalarda pusula iğnesinin rengi kırmızı ve beyaz olabilir. Burada bilmeniz gereken önemli şey kırmızının Manyetik Kuzey’i gösteriyor olmasıdır. Ama diyelim ki; siz kuzeyi değil de başka bir yönü tespit etmek istiyorsunuz. Bu durumda pusulanın üzerinde bir döner bilezik vardır. Bunun adı pusula yuvası (açı kadranı) dır. Pusula yuvasının üzerinde dereceleri gösteren (0–360 derece arası) ölçekli cetvel vardır. Bu cetvel 0-360 arası sayıları gösterir. Ayrıca bu cetvelin üzerinde N (North - Kuzey), S (South - Güney), W (West - Batı) ve E (East - Doğu) harfleri ile yönler gösterilir. Bu yönlerden ikisinin ortasında bir yere gidecekseniz iki yönün birden adını söylemeniz gerekir.

Şimdi bir pusulayı nasıl kullanırız onu öğrenelim. Fakat bu konuya geçmeden önce önemli bir noktaya değinmemiz gerekiyor. Pusulamız manyetik bir alet olduğu için çevresindeki metal cisimlerden etkilenebilir. Pusulanın çevresindeki metal saatlerin, çanta askılarının, yüzüklerin, arabaların; cep telefonu, bilgisayar, televizyon gibi manyetik alan yayan aletlerin pusulamızı şaşırtacağını bilmeliyiz. Bu nedenle bu cisimlerden uzak bir şekilde pusulamızı kullanmalıyız.

Pusulamızla yön bulmamız için öncelikle kerteriz almayı öğrenmemiz gerekecek. Kerteriz: Basit olarak manyetik kuzey ile hedefimiz arasındaki açıdır. Örnek: 320° kuzey batı diyelim. İlk yapmanız gereken şey pusula yuvası üzerinde 320° kuzeybatının yerini bulmak olmalı. Sonra pusula yuvasının 320° kuzeybatıyı gösteren kısmını “Gidilecek Yönü” gösteren “ok” un üstüne getireceksiniz (Şekil 4.2).



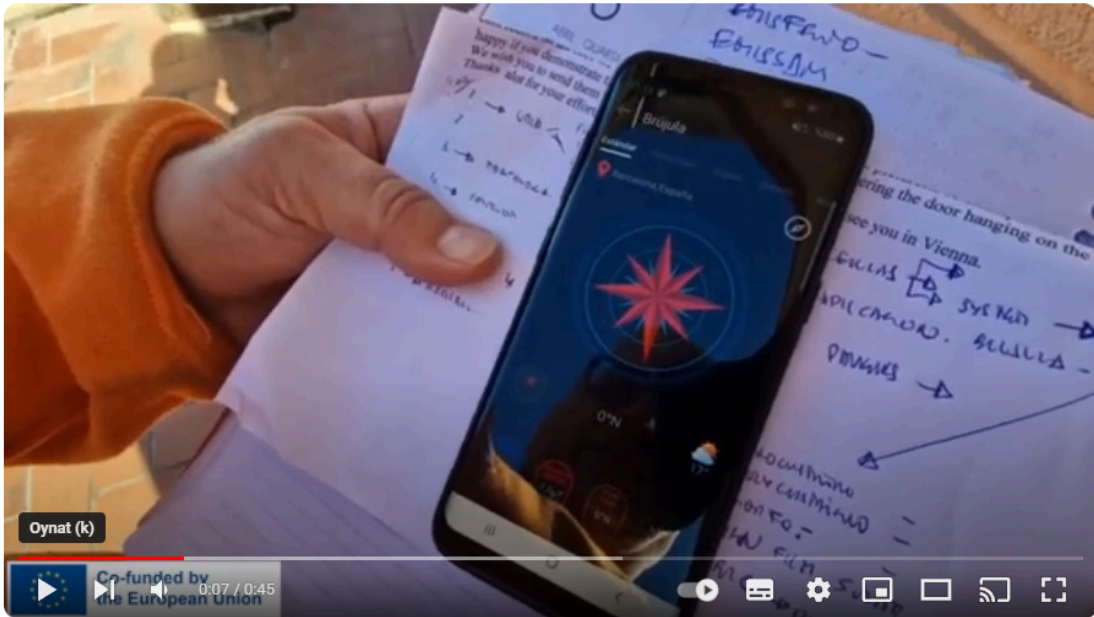
Şekil 4.2: Pusula yuvasının kuzeybatıyı gösteren kısmını "Gidilecek Yönü" gösteren ok un üstüne getirmek

Pusulayı elinizde tutun. Pusula iğnesinin rahat dönebilmesi için pusulayı elinizde düz tutmanız gerekir. Sonra elinizde pusula ile tüm vücudunuzla, pusula iğnesinin kuzeyi ile pusula yuvasının içindeki kuzeyi çakışana kadar dönüş yapın (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Pusula iğnesinin kuzeyi ile pusula yuvasının içindeki kuzeyi çakışana kadar dönüş

Buraya kadar her şeyi doğru yaptıңызdan eminseniz, ok yönü istediğiniz yönü gösterecektir



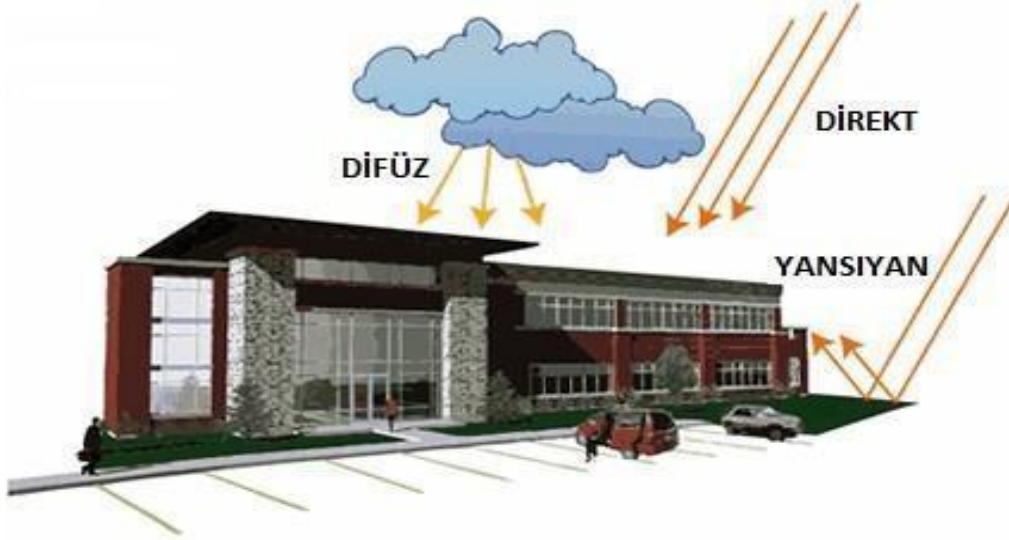
Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=haTnxZH9kN8>

4.3. Işınım Açısı Belirleyicisinin Kullanımı

Bir ışık kaynağından çıkarak düz bir çizgi halinde bize ulaşan ince ışık demetlerine ışın denir. Farklı farklı enerji kaynaklarından yayılan bu tür enerjiye ışınım veya ışıma denir. Işınımın batı dillerindeki karşılığı radyasyon terimi de çok kullanılır.

Güneş enerjisi uygulamalarında güneş enerjisinin ısı veya elektriğe dönüştürüldüğü yüzeyler eğimli yerleştirildiğinden, eğimli yüzeye gelen güneş ışınımı, hesaplamalarda önemli ve temel parametredir. Yeryüzündeki herhangi bir yüzeye gelen toplam güneş ışınımı; direkt, difüz ve yansıyan ışınımlardan oluşur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Yeryüzündeki herhangi bir yüzeye gelen toplam güneş ışınımı çeşitleri

Direkt güneş ışınımı: Doğrudan güneş enerjisinden yüzeye gelir.

Difüz (yaygın) güneş ışınımı: Güneşten gelen ışınımın atmosferden geçtikten sonra bulut ve tozlar tarafından yutulması ve tekrar buradan yüzeylere gelen bileşendir.

Yansıyan güneş ışınımı: Yeryüzüne düşen güneş ışınımının yüzeyin etrafındaki çevreden yüzeye gelen bileşendir.

Toplam güneş ışınımı piranometre (Resim 4.1), aktinograf veya solarimetre (Resim 4.3) gibi cihazlarla ölçülmektedir. Direkt güneş ışınım şiddeti ise pirheliometre (Resim 4.3) cihazı ile difüz güneş ışınım şiddeti ise gölge topları veya bantları kullanılarak piranometre cihazları ile ölçülmektedir (Resim 4.4)



Resim 4.1: Piranometre Resim



4.2: Solarimetre



Resim 4.3: Pirhelyometre

Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı; eğimli yüzeye gelen saatlik direkt, difüz ve yansıyan ışınımın toplamıyla hesaplanır. Bu bileşenlerin hesaplanabilmesi için yatay yüzeye gelen toplam, diffüz ve direkt güneş ışınımının bilinmesi gerekir

Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı; eğimli yüzeye gelen saatlik direkt, difüz ve yansıyan ışınımın toplamıyla hesaplanır. Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı (ITE) aşağıdaki denklem ile bulunur;

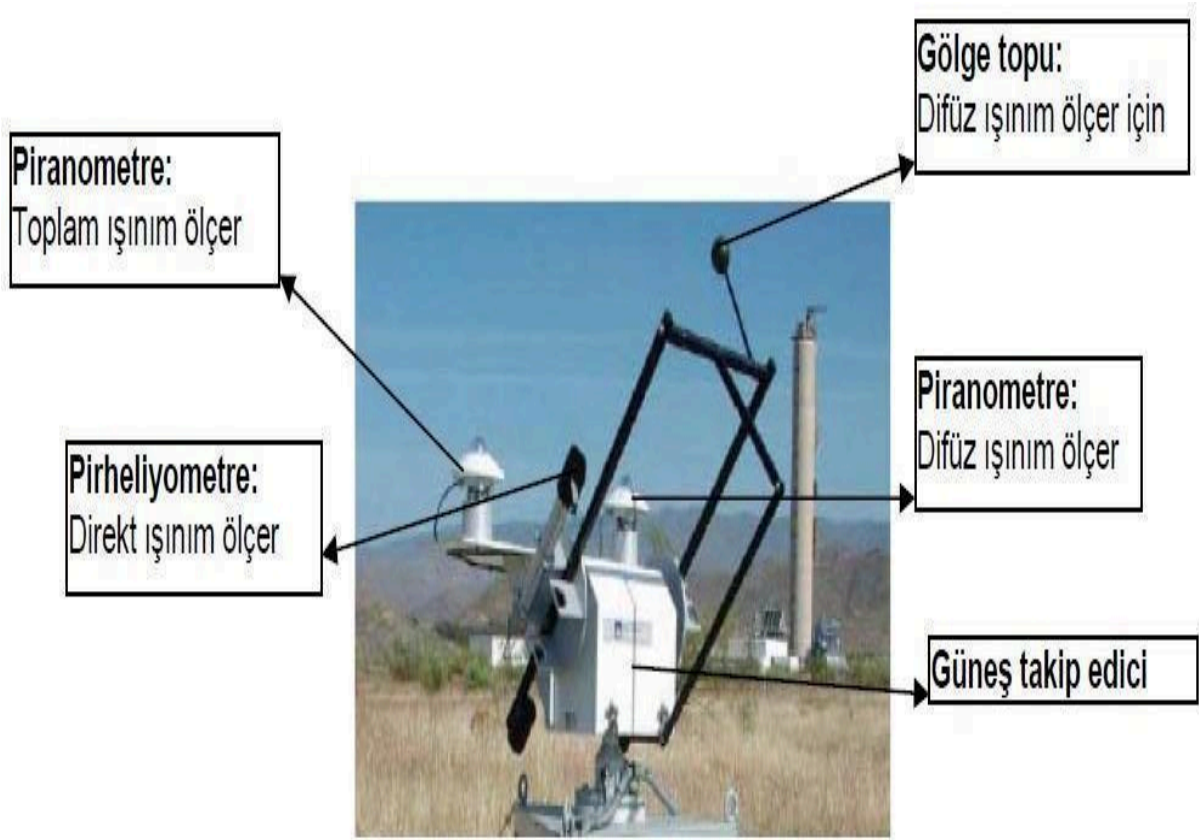
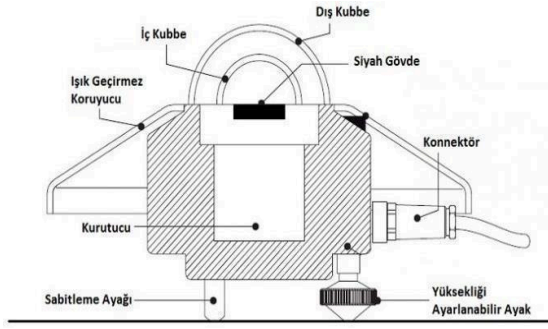
$ITE = I_{be} + I_{de} + I_{re}$ 'dir. Burada;

ITE = Eğimli yüzeye gelen saatlik **toplam güneş ışınımı**,

I_{be} = Eğimli yüzeye gelen **direkt** ışınım,

I_{de} = Eğimli yüzeye gelen **difüz** ışınım,

I_{re} = Eğimli yüzeye gelen **yansıyan** ışınımı ifade etmektedir. Direkt, difüz ve yansıyan ışınım değerleri çeşitli modellerden yararlanarak hesaplanır.



Resim 4.4: Yatay düzleme gelen güneş ışınımının tüm bileşenlerini ölçen sistem

4.4. Enlem tabanlı yöntemler

Enlem tabanlı yöntemler, panellerin kurulacağı yerin enlem değerini kullanarak panellerin eğim açısını hesaplarlar. Bu yöntemler, basit ve pratik olmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılırlar. Ancak, bu yöntemler, panellerin kullanılacağı mevsimi dikkate almadıkları için, panellerin verimliliğini tam olarak hesaplamazlar.

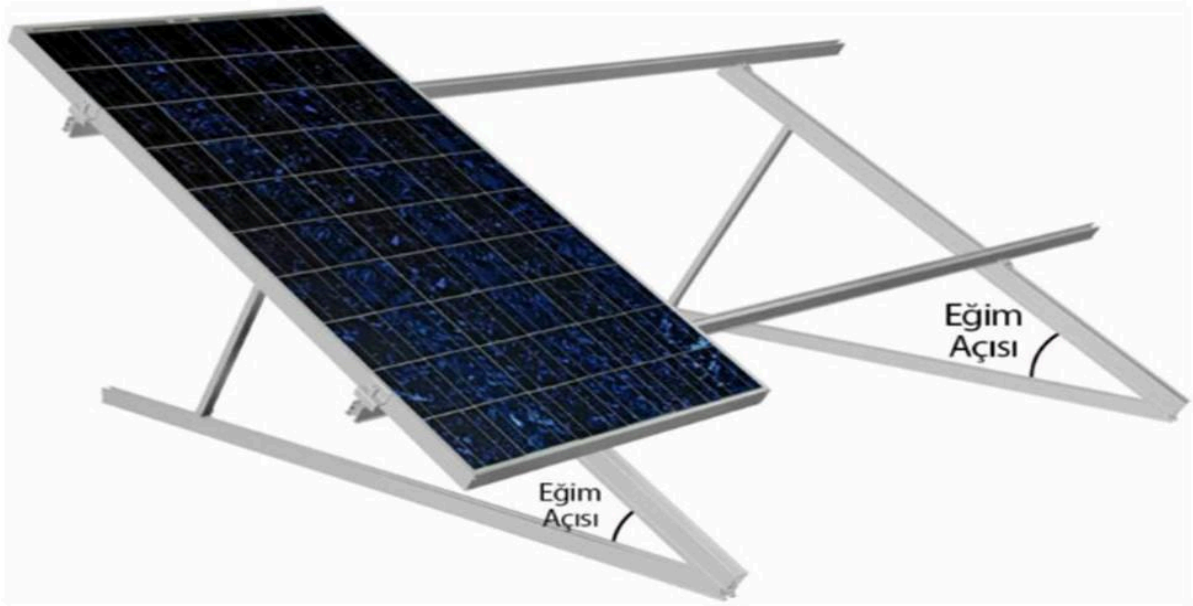
Enlem tabanlı yöntemlerin avantajları:

- Basit ve pratiktir.
- Kolayca uygulanabilir.
- Karmaşık hesaplamalar gerektirmezler.

Enlem tabanlı yöntemlerin dezavantajları:

- Panellerin kullanıldığı mevsimi dikkate almazlar.
- Panellerin verimliliğini tam olarak hesaplamazlar.

Güneş paneli eğim açısı, enlem değeri yardımıyla hesaplanır (Resim 4.5). Enlem değeri 25 ile 50 arasında ise 0,87 ile çarpılır ve sonuca 3,1 derece eklenir. Türkiye 36- 42 derece enlemleri arasında yer aldığı için, ülkemizdeki tüm kurulumlar için bu hesaplama yöntemi kullanılmalıdır. 50 derece ve üzerindeki enlem değerinde ise ideal açı yaklaşık 45 derece olarak alınabilir.

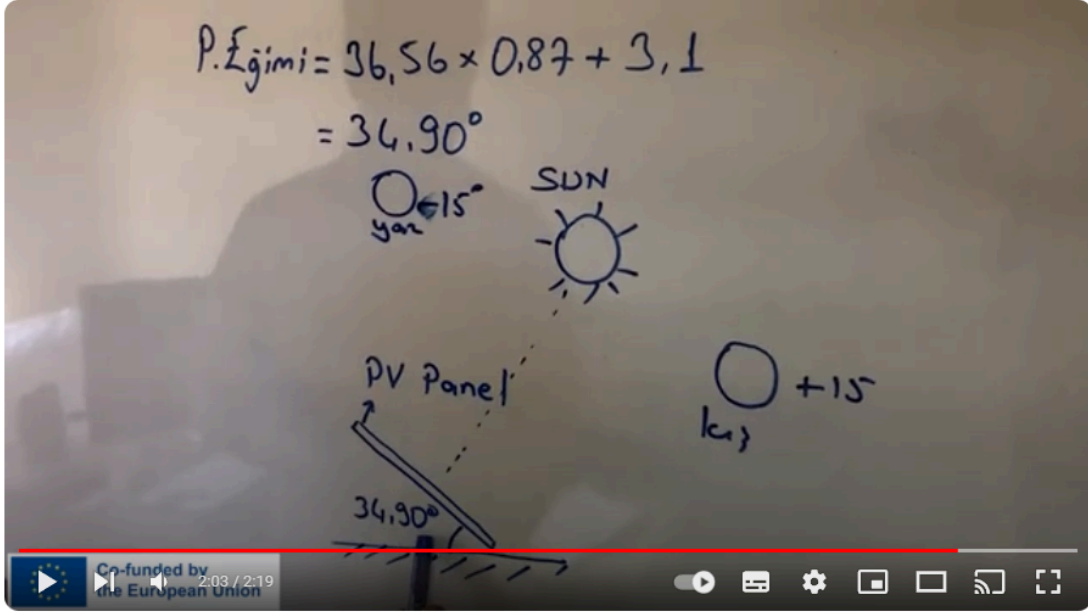


Resim 4.5: Güneş paneli eğim açısı

Türkiye'deki tüm şehirlerde kullanılmak üzere güneş paneli eğim açısı hesabı için ise aşağıdaki formülü kullanabilirsiniz.

$$\text{Panel Eğimi} = \text{Enlem} \times 0,87 + 3,1$$

Hesaplama yardımıyla bulunacak eğim açısı, panelin yer ile arasındaki açıyı ifade etmektedir. Yani sıfır derece panel eğimi tam yatay, 90 derece panel eğimi tam dikey konumlandırmayı ifade eder.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.
<https://www.youtube.com/watch?v=3jr0GuRDrOU&t=62s>

Bu verilere göre,

Örnek-1 : Türkiye /Mersin-Tarsus Ticaret Sanayi Odası Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesine kurulacak güneş panelleri için panel açısını hesaplayalım.

Tarsus için enlem = $36^{\circ}56'N \Rightarrow$ Panel Eğimi = $36,56 \times 0,87 + 3,1 = 34,90^{\circ}$

Örnek-2 : İspanya/Barselona- Eshia Energia S.L işletmesine kurulacak güneş panelleri için panel açısını hesaplayalım.

Barselona için enlem= $41^{\circ}23'N \Rightarrow$ Panel Eğimi = $41,23 \times 0,87 + 3,1 = 38,97^{\circ}$

Örnek-3 : Avusturya/Viyana- N2 ANIMA GMBH işletmesine kurulacak güneş panelleri için panel açısını hesaplayalım.

Viyana için enlem= $48^{\circ}12'N \Rightarrow$ Panel Eğimi = $48,12 \times 0,87 + 3,1 = 44,96^{\circ}$

Sonuç olarak baktığımızda her üç şehirde kuzey yarımkürede olmalarına rağmen panel montaj açıları enlemlere göre farklılık göstermektedir. Dört mevsim kullanımında bu açılar geçerli olup, belirli mevsim kullanımlarında montaj açıları mevsimin özelliğine göre farklılıklar gösterebilir.

– Yazın kullanılacak sistemler için güneş paneli sehpa açısı hesaplanan değerden 15° eksik olmalıdır.

– Kışın kullanılacak sistemler için güneş paneli sehpa açısı hesaplanan değerden 15° fazla olmalıdır.

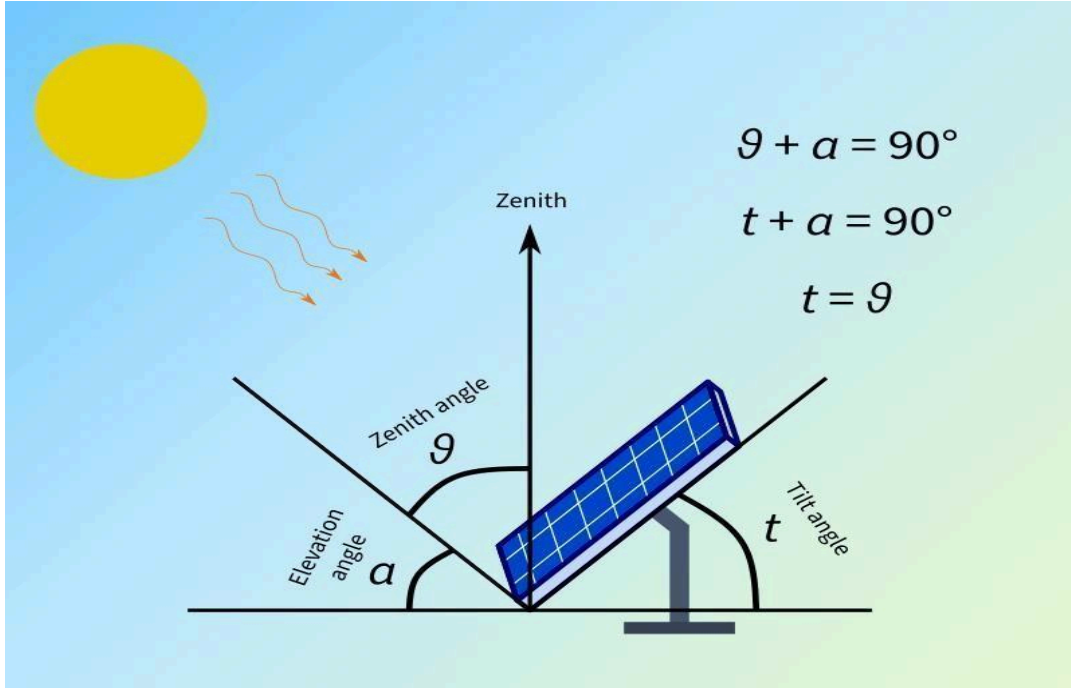
4.5. Zenit açısı tabanlı panel eğimi hesaplama

Güneş ışığının maksimum seviyede emilimi, panellerin düşen güneş ışınlarına dik olması durumunda gerçekleşir (Şekil 4.5).

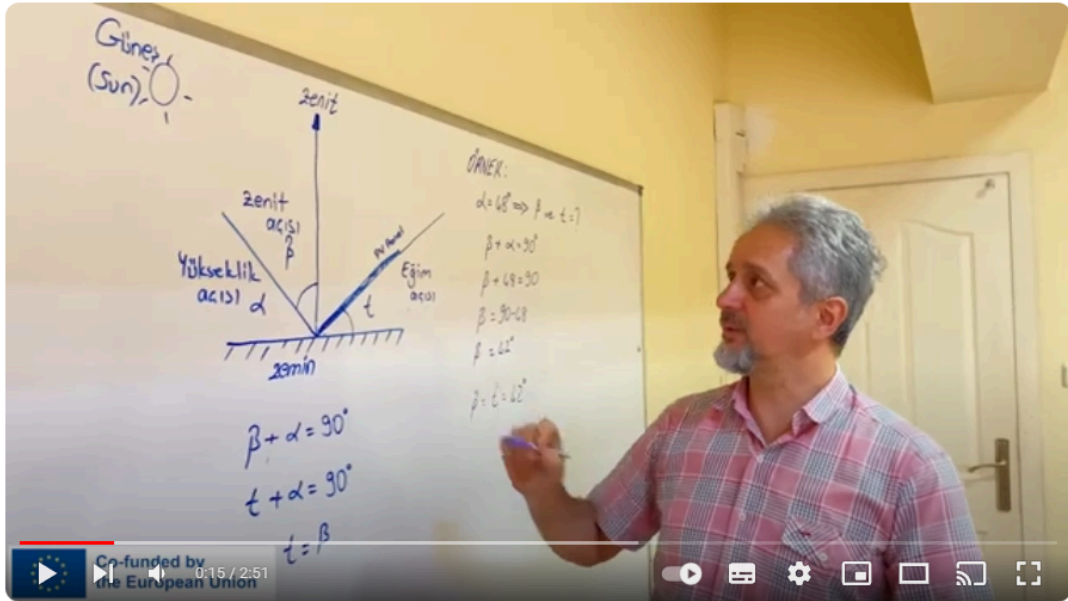
Zenit açısı (zenith angle): Doğrudan güneş ışınımı ile yatay düzlemin dikey arasındaki açıdır. Yunanca (ϑ) harfi ile gösterilmiştir. Dil ucunun, hafifçe ön dişlerin dışına çıkarılmasıyla çıkarılan peltek bir "t" sesi ile telaffuz edilir.

Yükseklik açısı (elevation angle): Güneş ile yatay düzlem arasındaki açıdır. Yunanca (α) harfi ile gösterilmiştir. Alpha şeklinde telaffuz edilir.

Eğim açısı (tilt angle): PV panellerin yatay ile olan açısıdır. (t) harfi ile ifade edilmiştir.



Şekil 4.5: Zenit açısı tabanlı eğim açısı



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://www.youtube.com/watch?v=TBru3QuRMjo>

Zenit açısı (ϑ) ile yükseklik açısının (α) toplamı 90° dir. $\Rightarrow \vartheta + \alpha = 90^\circ$

Eğim açısı (t) ile yükseklik açısının (α) toplamı da 90° dir. $\Rightarrow t + \alpha = 90^\circ$

Buna göre Eğim açısı (t) ile Zenit açısı (ϑ) birbirine eşittir. $\Rightarrow t = \vartheta$

Örnek: Yükselme açısı 52° ise zenit açısı ve eğim açısı kaç derece olur hesaplayınız.

Çözüm: $\vartheta + \alpha = 90^\circ$

$$\vartheta + 52^\circ = 90^\circ \Rightarrow \vartheta = 90^\circ - 52^\circ$$

$$\vartheta = 38^\circ \quad \vartheta = t = 38^\circ \text{ eğim açısı.}$$

Güneşin yükselme açısı sabah ve akşam saatinde minimum değerdedir. Zenit açısı ölçüm işlemlerini güneşin tam tepede olduğu öğle saati yani gün ortasında yapmalıyız.

Zenit açısı tabanlı yöntemler

Zenit açısı tabanlı yöntemler, panellerin kurulacağı yerin enlem değerini ve panellerin kullanılacağı mevsimi kullanarak panellerin eğim açısını hesaplarlar. Bu yöntemler, panellerin verimliliğini daha doğru bir şekilde hesaplarlar. Ancak, bu yöntemler, daha karmaşık olmaları nedeniyle, enlem tabanlı yöntemlere göre daha az yaygın olarak kullanılırlar.

Zenit açısı tabanlı yöntemlerin avantajları:

- Panellerin kullanılacağı mevsimi dikkate alırlar.
- Panellerin verimliliğini daha doğru bir şekilde hesaplarlar.

Zenit açısı tabanlı yöntemlerin dezavantajları:

- Daha karmaşıktırlar.
- Daha fazla hesaplama gerektirirler.

PV panellerde n maksimum verimi almak için güneş ışığının panellere 90° açı ile gelmesi gerekir. Bunun için güneş panellerini (90° - yükseklik açısı) na eşit bir eğim açıyla monte etmeliyiz. Bu değer günün her saatinde değişiklik göstermektedir.

Hangi yöntemin kullanılması gerektiği, panellerin kullanılacağı amaçlara ve şartlara bağlıdır.

Eğer paneller, yıl boyunca verimli bir şekilde çalışacaksa, zenit açısı tabanlı yöntemler kullanılması daha doğru olacaktır. Ancak, paneller, sadece belirli bir mevsimde kullanılacaksa, enlem tabanlı yöntemler de kullanılabilir.

Genel olarak, enlem tabanlı yöntemler, basit ve pratik olmaları nedeniyle, yaygın olarak kullanılırlar. Ancak, panellerin verimliliğini tam olarak hesaplamak için, zenit açısı tabanlı yöntemlerin kullanılması daha doğru olacaktır.

4.6. Fotovoltaik Sistem Seçimi ve Kurulumunda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Güneş enerjisinden elektrik üretimi için güneş panellerinin kurulumu mühendislik hesaplamaları iş deneyimi en az kullanılan ürünlerin kalitesi kadar önemlidir. Yanlış sistem kurulumu ve panellerin hatalı montajı verim kayıplarına neden olduğu gibi çeşitli arızalara, bakım maliyetlerinin artmasına neden olur. Bununla birlikte ihtiyaçtan az üretim yapan sistem istenilen verimi elde edilmezken fazla üretim de ek maliyetlere neden olur. Onun için güneş panel montajında dikkat edilmeli.

4.7. Çatıya Güneş Paneli Montajı

İşletmeler ve konut ile villalarda genelde çatıya kurulum yapılır. Çatılara kurulan sistemler araziye göre kurulum işçiliği daha düşük olduğundan dolayı maliyetleri daha azdır. Çatılarda güneş panellerinin montajında çelik alt konstrüksiyon dan sonra panellerin bağlantısı için ayrıca konstrüksiyon gerekli olur. Çatılarda yine panellerin yönü ve eğimi önemli olmakla birlikte kurulacak batının panellerin ağırlığını taşımaları. Aynı zamanda panel ile çatının arasında mesafe bırakılarak havalanması sağlanmalıdır (Resim 4.6)



Resim 4.6: Açık alanda güneş paneli kurulumu

Yapılarda güneş paneli kurulumu için dikkat edilmesi gereken bazı hususlar:

- Çatının veya cephenin güneş ışınlarını yeterince alması gerekir
- Panellerin güneş ışına açısına uygun monte edilmesi gerekir.
- Panellerin çevre faktörleri dikkate alınarak gölgelenmeyecek şekilde monte edilmesi gerekmektedir.
- Panellerin kaliteli ve standartlara uygun olması gerekmektedir
- Montaj yapılırken rüzgar ve kar yükü dikkate alınarak uygun montaj aparatları kullanılmalıdır.

Örnek-4: 10 kw çatı güneş enerji sistemi GES kurulum metrajı aşağıda listelenmiştir.

44 adet 270W Polikristal Silikon

1 adet string ON-GRID inverter (10kw)

1 adet 400 v duvar tipi AG dağıtım panosu

330 metre 1*6mm² flex-sol-xl

5 metre 5x4 mm² NYY

1 adet çift yönlü sayaç

Çatı Ges konstrüksiyon

4 çift konnektör

30 metre 1*4mm² NYA (topraklama için)

1 adet 1,5 metre bakır topraklama kazığı

4.8. Açık Alanda Güneş Paneli Kurulumu

Öncelikle sistem montajının yapılması gereken yerin konumu, eğimi, yönü ve dayanıklılığı ile montaj sırasında alt yapı olarak arazide çakma yada betonlama yapılmasının arasındaki farklar iyi analiz edilmeli. Aynı zamanda panellerin montajı için sıcak daldırma galvanizli alüminyum konstrüksiyon kullanılmalı. Arazi de kurulacak panellerin 2 li veya 3 lü, 4 lü olacağına ve aradaki mesafe hesaplamaları yapıldıktan sonra arazide panellerin nasıl kurulacağına karar verilmelidir (Resim 4.7)



Resim 4.7: Açık alanda güneş paneli kurulumu

Güneş enerjisinden elektrik üretimi için araziye ve kurulum tipine karar verildikten sonra projelendirilerek tek hat elektrik planı hazırlanmalı proje üzerinde panellerin yerleşimi, panel sayısı, inverter ve köşk, kablo lar, güvenlik sistemi, tel çift giriş yeri enerji hatları, doğru akım ev

alternatif akım hatları belirlenerek en iyi şekilde verim alınmasının yanında en az kayıpla iletilmelidir üretilen enerji.

Açık alanda güneş paneli kurulumu için dikkat edilmesi gereken bazı hususlar:

- Arazi Statüsü: İlk şart, arazinin marjinal arazi (mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri ve dikili tarım arazileri dışında kalan araziler) statüsünde olmasıdır.
- Işınım Değerleri: Verimliliği üzerinde büyük etkisi olan temel faktörlerden biri, bölgenin güneş enerjisi potansiyelidir. Arazinin bulunduğu bölgedeki yüksek ışınım değerleri, santralin üreteceği enerji miktarını da arttıracaktır. Güneş enerjisi potansiyeli bakımından güneş enerjisi santral kurulumuna uygun olmalıdır.
- Cephe: Kurulum yapılacak arazinin güney cepheye bakması büyük bir öneme sahiptir. Diğer yönlere bakması durumunda ise güneş enerjisi santralının verimliliği düşer ve yatırımın geri dönüş süresi uzar. Bu nedenle güney cepheye bakan araziler, en iyi tercihtir.
- Gölge: Gölgeleme, güneş panellerinin verimliliğini önemli ölçüde azaltabilir. Bu nedenle, kurulumunun yapılacağı arazinin, yakındaki yapılar, bitki örtüsü veya diğer engeller nedeniyle oluşabilecek gölgeleme yi en aza indirecek şekilde seçilmesi büyük bir öneme sahiptir. Önceden bir gölgeleme analizi yapmak, potansiyel gölgeleme sorunlarını belirlemeye ve buna göre bir arazi seçmeye yardımcı olabilir.
- Enerji Nakil Hatlarına Olan Uzaklık ve TEİAŞ TM Kapasiteleri: Kurulumu yapılacak arazinin, dağıtım şirketinin enerji nakil hatlarına olan mesafesi güneş enerjisi santrali bağlantı izninin alınması için önemli bir kriterdir. Hatlara mesafe arazinizde kurulum izni almasına mani olabilir. Ayrıca kurulum yapılacak yer ile enerji nakil hatları arasındaki mesafenin artması, yatırım maliyetini artıracığından dolayı geri dönüş süresini uzatacaktır.

KAYNAKÇA

- Eshia Enerji SL. (2024). *Eğitim notları*. Eshia Enerji SL. <https://www.eshia.es/>
- N2 Anima GmbH. (2024). *Eğitim notları*. N2 Anima GmbH. <https://n2anima.com/>
- Avrupa Komisyonu. (2024). *Fotovoltaik Cođrafi Bilgi Sistemi*.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- Kıvanç Solar Panel Üretim Tesisi. (2024).
- Keçel, S. (2007). *Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Eysel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri ile Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ewing, R. A. (2003). *Power with Nature: Solar and Wind Energy Demystified* (1st ed.). Pixyjack Press.
- Foley, G. (2005). Fotovoltaik enerji: Gelişmekte olan dünyanın kırsal alanlarında uygulamaları. In A. Kandemir (Ed.), *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş.* (pp. 10-42). Ankara.
- Gilbert, M. M. (2004). *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. John Wiley & Sons.
- Güven, S. Y. (2006). Güneş pil destekli çevre aydınlatma ve sulama sisteminin örnek bir uygulaması. *Mühendis ve Makine*, 548, 46-48.
- Quaschnig, V. (2005). *Understanding Renewable Energy Systems*.
- Körođlu, T., Teke, A., Bayındır, K. Ç., & Tümay, M. (2010). *Güneş paneli sistemlerinin tasarımı*. Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliđi Bölümü.
- Solargis sro. (2024). *Solargis sro*. <https://solargis.com/>
- Elektrik Mühendisleri Odası Mersin Şubesi. (2019). *GES Kitapçığı*.
- Ceylan, İ., & Gürel, A. E. (2022). *Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı*.
- Entegro Enerji Sistemleri. (2024). *Entegro Enerji Sistemleri*. <https://entegro.com.tr/>
- Eşme, U. (2023). *Ders notları*. Tarsus Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- MEB. (2022). *Yenilenebilir Enerji Sistemleri MEGEP modülleri*.
- Solarvizyon. (2023). *Solarvizyon*. <https://solarvizyon.org/>
- 123RF. (2024). *123RF*. <https://www.123rf.com>
- Durak, M., & Özer, S. (2012). *Güneş Enerjisi: Teori ve Uygulama*.
- Phonosolar. (2024). *Phonosolar*. <http://www.phonosolar.com/>
- Smart Güneş Teknolojileri. (2024). *Smart Güneş Teknolojileri*. <https://www.smartsolar.com.tr/>
- Öztürk, A., & Dursun, M. (2011). *2, 10 ve 20 KVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı*. Düzce Üniversitesi.
- Göktekin Enerji. (2023). *İşletme ve bakım checklist*.