



# YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

## GÜNEŞ PANELLERİNİ İŞLETMEYE ALMA MODÜLÜ

2022-2-TR01-KA210-VET-000098216

### YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİNDE 4.0 STANDARTLARINA GÖRE YENİ UYGULAMALAR



Co-funded by the  
European Union

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, satılamaz, çoğaltılamaz. Proje Web Sitesinde (<http://www.renewableenergy40.com>) bir e-kitap olarak yayınlanacaktır.

# AÇIKLAMALAR

<b>ALAN</b>	<b>Yenilenebilir Enerji Teknolojileri</b>
<b>MESLEK</b>	<b>Güneş Enerji Sistemleri</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Güneş Panellerini İşletmeye Alma</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Güneş enerji santralının kurulumunda kullanılan güneş panellerini işletmeye alma ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
<b>YETERLİK</b>	Güneş panellerini işletmeye almak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel amaç</b> Güneş enerjisi sistemleri atölyesi ortamı sağlandığında, güneş panellerini işletmeye alma işlemlerini uygulamalı olarak gerçekleştirebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> 1. Güç kablolarını döşeme işlemini yapabilmek. 2. Veri kablolarını döşeme işlemini yapabilmek. 3. Topraklama geçiş direncini ölçebilmek. 4. Panel grubunu çeviriciye bağlayabilmek.

# 1. GÜÇ KABLolarINI DÖŞEME

Güneş enerji sistemlerinin elektrik tesisatı için sadece bu alana uygun özelliklere sahip hatlar ve güç kabloları kullanılmaktadır. Güneş modülleri arasında bağlanan, doğru akım ana güç kabloları ve alternatif akım hatları birbirinden farklı olmaktadır. Güneş modülleri arasındaki bağlantıyı sağlayan iletkenler ile güneş modülleri ile dağıtım panosu arasındaki bağlantıyı sağlayan hatlara DC güç hattı denir. DC güç hattında kullanılan güç kabloları genellikle dış ortamlarda kullanılır. Topraklama ve kısa devre arızalarına karşı güvenli bir tesisat döşenmesi için pozitif ve negatif güç kabloları aynı kanal içerisinden bir arada geçirilmemelidir. Uygulamalarda genellikle çift katlı yalıtımlı ve tek damarlı kablo kullanımı yaygındır. Bunun yanında dış ortamda kullanılacak solar kabloların ortam sıcaklıklarına dayanıklı olması gerekmektedir. Dış mekanlarda özellikle geniş bir sıcaklık aralığında ve güneşin zararlı morötesi ışınlarına ve olumsuz hava koşullarına karşı dayanıklı solar kablolar kullanılmaktadır.

Yer altından dönecek solar güç kablolarının kemirgen hayvanlardan, toprağın yıpratıcı etkisinden ve aşırı gerilimlere karşı korumayı arttırmak için metal koruyucu zırh kullanılabilir. Kullanılan güç kabloları genellikle bakır (Cu) iletken olmalarının yanı sıra son zamanlarda maliyetleri düşürmek için pahalı bakır kablolar yerine alüminyum (Al) kablolar kullanılmaya başlanmıştır. Yalnız alüminyum kablolar bakır kablolarla nazaran oldukça düşük bir akım taşıma kapasitesine sahiptir. Örneğin 150 milimetrekare kesitli bakır kablo ile taşıdığınız akımı ancak 240 milimetrekare kesitli bir alüminyum kablo ile taşıyabilirsiniz. Kesitin artmış olması kablonun işlenmesini, bağlantılarının yapılmasını olumsuz etkileyecektir.

## 1.1. Üniteler ve Tevzi Panoları Arasındaki Kabloların Çekilmesi

Güneş panelleri bağlantı kutularında 1,5 mm<sup>2</sup> den 6mm<sup>2</sup> ye kadar olan hatların bağlantısı yapılabilmektedir. Solar bağlantı kutularında kırmızı ve siyah renkli kablolar kullanılarak bağlantıların düzenli bir şekilde yapılması sağlanır. Kullanılan kabloların gerilim, sıcaklık ve kesit değerlerini veren parametreler üretici firmalara göre değişiklik gösterebilmektedir. Güneş modüllerinden gelen ana güç hattı tevzi panosunda toplanır ve buradan eviriciye bağlantı yapılır. Tevzi (dağıtım) panoları dış ortamda olduklarından panolara gelen kabloların korunması gerekmektedir. Bazı yerlerde maliyeti düşürmek için PVC izoleli hatlar kullanılmakta fakat bu hatlar güneşin yaydığı mor ötesi ışınlarla karşı dayanıklı olmadıkları için koruyucu boru içerisinde döşenmektedir.

Kabloların döşenmesi toprakta açılan kanallarda da yapılabilmektedir. (Resim 1.1.) bu durumda kabloların döşenmesi mekanik yüklere maruz kalmayacak şekilde yapılmalıdır. Doğru akım güç kablosunun tüm uçları tesisten kolaylıkla ayrılabilir şekilde şalterlerle donatılır. Bunun için de doğru akım şalterleri ve ayırıcılar kullanılır. Topraklama ve kısa devre koruması yapmak için artı ve eksi doğru akım güç hatları birbirinden bağımsız izoleli solar güç kabloları ile yapılır. Yıldırıma karşı güneş enerji santral tesislerinde yalıtımlı hatların kullanılması kaçınılmazdır.

Toprak kanalda yapılan güç kablo döşemesinde tekli güç kabloları arasındaki mesafe uygun seçilerek kabloların üzeri toprakla kapatılmaktadır. Dış mekanlarda yapılan kablo döşeme işleri için kullanılan kurulum malzemelerinin hava koşullarına karşı dayanıklı olması gerekir. Bu

tür kablolama işleminde kullanılan bağlantı elemanları ise;

- Koruyucu boru
- Lamelli boru
- Kablo kanalları
- Kablo klipsi veya kablo bağı
- Kablo bağlantı kelepçeleri
- Kablo kroşeleri

olarak sıralanabilir. Burada döşeme esnasında kolaylık açısından kablo bağları daha çok tercih edilmektedir.



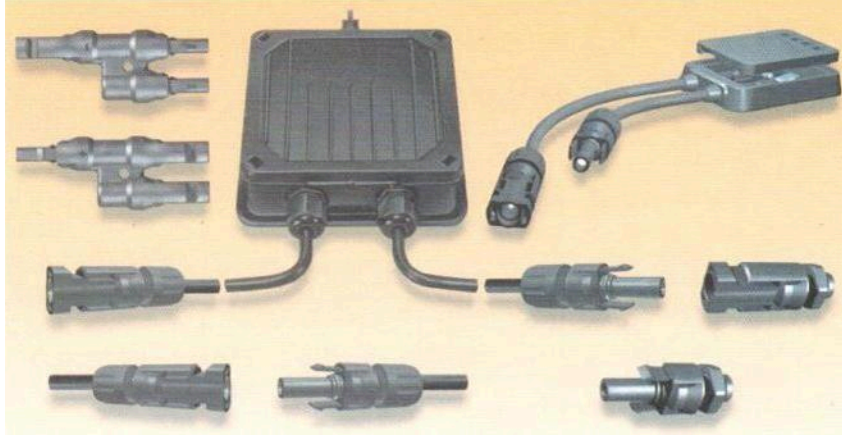
Resim 1.1: Güneş enerji santralinde kanal içerisinde yan yana dizilmiş güç kabloları

## 1.2. Güç Kablolarının Bağlama Pabuçlarını Takma

Güneş enerji tesisi bileşenlerinden olan güneş panel ve modül hatları ve doğru akım güç kablolarının bağlantıları dikkatli yapılması büyük önem taşımaktadır. Bağlantıların uygun malzeme ve kalitede yapılması tesisin işletme güvenilirliği ve ömrü açısından çok önemlidir. Elektrik arklarının neden olacağı yangın ve verim kayıpları kaliteli bağlantı işçiliği ile önlenabilir. Yapılacak bağlantının türüne ve şekline göre uygun soket ve bağlantı şekilleri teknik olarak belirlenmiş ve buna uygun malzemeler üretilmektedir.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.  
<https://www.youtube.com/watch?v=jGfDbPTE7NQ>



**Resim 1.2: Güneş panel bağlantı kutusu ve solar kablo bağlantı soketleri**

Güneş enerji tesislerinde kullanılacak olan soket bağlantıları belirlenen güvenlik standartlarına uygun olmalıdır. Ancak piyasada bulunan her üretici kendi tasarımları olan ürünleri satmakta ve kullanmaktadır. Bu da bu tür ürünlerde hâlihazırda bir standartlaşma söz konusu olmadığı anlamına gelmektedir. Bazı soketler bağlantı için özel el aleti gerektirirken bazıları ise vidalı veya kılkaçlı olabilmektedir. Resim 1.4 te özel bir alet gerektirmeden bağlantısı yapılabilen bir çeşit soket görülmektedir.



**Resim 1.3:Erkek ve dişi solar kablo bağlantı soketi (konnektör)**

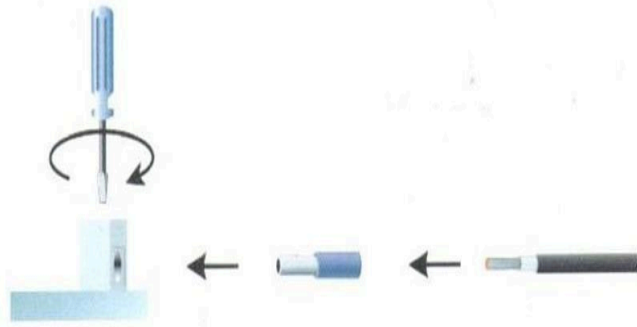


**Resim1.4:Özel alet gerektirmeyen bağlantısı yapılabilen bir soket türü**



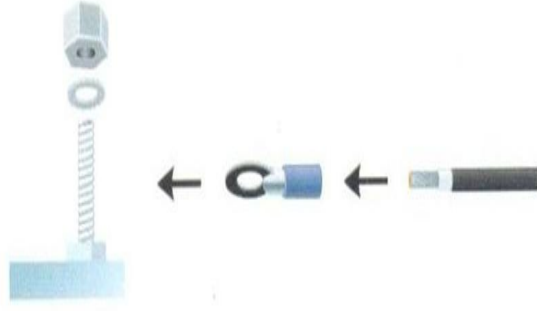
**Resim 1.5:Özel adaptör bağlantı soketleri**

Genel olarak yapılan bağlantı türleri birkaç çeşittir. Bunlardan ince telli kabloların ucuna ince uçlu bağlama pabucu takılarak yapılan ve pabucun ucu yuvaya sokulduktan sonra tornavida yardımı ile sıkıştırma işlemi ile yapılan bağlantı şeklidir (Şekil 1.1).



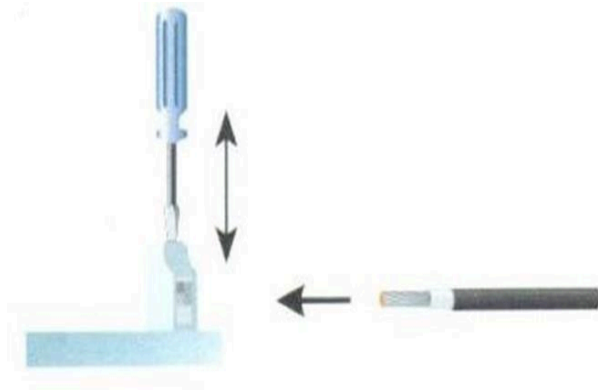
**Şekil 1.1: Vidalı sıkıştırma**

Bir diğer bağlantı şekli ise vidalı bağlantı biçimidir. Bu da kablo ucuna takılan kablo pabucu vida ile somun arasına geçirilip sıkıştırılarak yapılan bağlantı şeklidir (Şekil 1.2).



**Şekil 1.2: Vidalı bağlantı**

Üçüncü bir bağlantı şekli ise yaylı kıskaç ile yapılan bağlantıdır. Burada ucu soyulan kablunun iletken kısmına herhangi bir kablo pabucu takılmadan yuvaya geçirilerek sıkıştırılır . (Şekil 1.3)



**Şekil 1.3: Yaylı kıskaç ile sıkıştırma**

Son olarak diğer bir bağlantı şekli de bağlantı soketleri ile yapılan bağlantı şeklindedir. Güneş modül bağlantısı kolaylıkla ve dokunmaya karşı korumalı bir şekilde soket bağlantıları ile yapılabilmektedir. Bu bağlantı montaj işini büyük oranda kolaylaştırmaktadır.(Şekil 1.4)



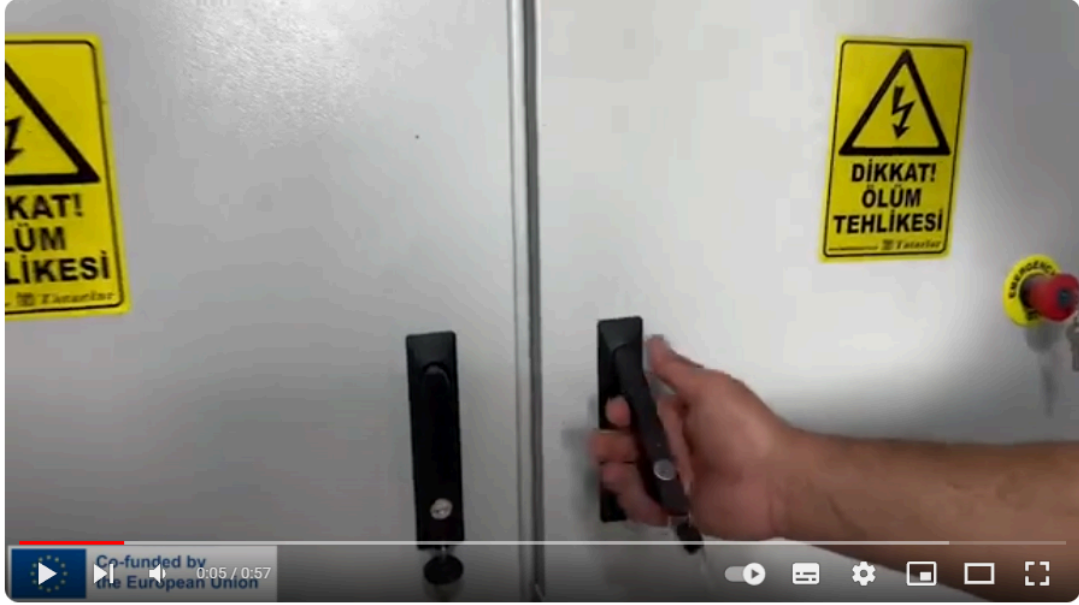
**Şekil 1.4: Bağlantı soketleri**

### **1.3. Güç Kablolarının Giriş Bağlantılarını Yapma**

Güneş panelleri ve panellerin oluşturduğu modüller kablo hatlarının bağlantıları ve doğru akım güç kablolarının bağlantıları son derece önemli bir konudur. Bu yüzden bağlantıların dikkatli bir şekilde yapılması gerekir. Kalitesiz işçilikle yapılan bağlantılar işletme esnasında elektriksel arkların meydana gelmesine ve bunun bir sonucu olarak yangın riskinin ortaya çıkmasına neden olabilir.

Güç kablo giriş bağlantıları yapılmadan önce uygun kablo pabucu takılır ve bağlantılar uygun klemenslere takılarak düzenli ve sıkı bir şekilde yapılır. Vidaları sıkıştırma esnasında birkaç kez kablo düzeltilerek terminaldeki bağlantı boşluğu alındıktan sonra tekrar sıkma işlemi yapılır. Böylece kablunun hava boşluğu ve gevşeklik oluşmadan bağlantısı yapılmış olur.





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

[https://www.youtube.com/watch?v=nwwIc\\_SA5qQ](https://www.youtube.com/watch?v=nwwIc_SA5qQ)

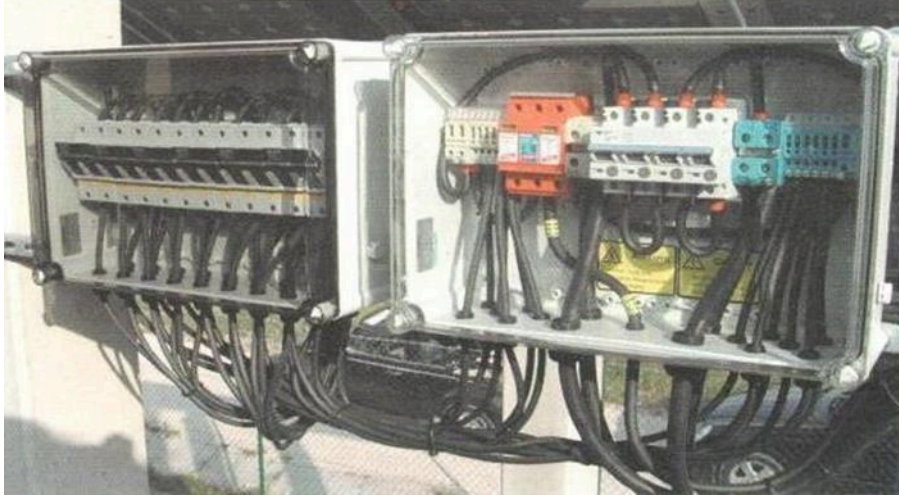


**Resim 1.6: Bağlantı kutusu**

Güneş modüllerinden panoya gelen ve tevzi panosunda toplanan kablolar projeye göre numaralandırılarak kodlanır. Kabloların montajdan önce kodlanması montaj esnasında kolaylık sağlar. Panoda veya bağlantı kutusunda arıza çıkması durumunda, kabloların kodlanmış olması arızanın daha rahat bulunmasını sağlar. Bazen pano üzerindeki cihazlar sökülüp yenileri ile değiştirilebilir. Bu durumda yeni takılan cihaz, kablolardaki kodlar sayesinde hatasız bir şekilde bağlantısı kolayca yapılabilir. Kodlama işlemi yapılırken;

- Kodlama kablo montajına geçilmeden önce yapılmalıdır.
- Kodlar projeye uygun olmalıdır.

- Kablo kodları panoya bakıldığında görünür ve okunur olmalıdır.
  - Kodlayıcılar düzgün takılmış olmalı rakam ve yazıların tümü aynı yönlü olmalıdır.
  - Kablo çapına ve yapısına uygun kodlayıcı kullanılmalı kodlayıcı sonradan düşmemelidir.
- bu gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.



**Resim 1.7: Bağlantı kutusu ve tevzi pano bağlantıları**

## 2. VERİ KABLOLARINI DÖŞEME

Fotovoltaik (PV) sistemi oluşturan her birimin ve sistemin elektrik enerjisi üretirken verimin artırılması için kurulan santralin işletim sırasında izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Sistemin çalışmasını etkileyen en önemli etken olan güneş ışınımı günlük, mevsimlik ve yıllık olarak çok farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle işletme esnasında olağan güneş ışınımı değerlerinde sistemin ürettiği enerji görmek amacıyla, sistemdeki her birim izlenmektedir. Enerji üretiminde süreklilik ve enerji güvenliğinin sağlanabilmesi için fotovoltaik (PV) sistemin izlenmesinde ve denetiminde sisteme ait meteorolojik ve elektriksel parametrelerin ölçümü ve ölçülen değerlerin güvenli bir şekilde iletimi gerekmektedir. Veri iletimi için uygulamada farklı yöntemler kullanılmaktadır. Sahada yapılan izlemelerde veri kabloları çekilerek kontrol odalarında izleme yapılmaktadır. Veri kablosunun çekilmesinin zor olduğu veya islemenin uzak noktalardan yapıldığı durumlarda kablosuz veri aktarımı da yapılabilmektedir.

Fotovoltaik enerji sistemlerde izlenecek parametrelerin başında ışınım şiddeti, ortam sıcaklığı ve nemi, panel sıcaklığı, fotovoltaik panellerin akım ve gerilim değerleri, sistemin yapısına bağlı olarak evirici (invertör) çıkışındaki Alternatif Akım ve gerilim değerleri sayılabilir. Ölçülen her büyüklük veri olarak izlemenin yapıldığı birime, bilgisayara veya depolama ünitesine gönderilir ve orada işlenir.

### 2.1. Ünitelerle Tevzi Panoları Arasına Projede Belirtilen Özellikteki Veri Kablolarını Çekme

Veri kabloları sinyal taşıyan bir iletkenidir. Veri kabloları genellikle çevresi koruyucu tabakalar ile kaplanan, iletimin mümkün olduğunca az veri kaybı ile gerçekleşmesini sağlayan araçlardır. Güneş enerji santrallerinde üretim esnasında sistem parametrelerine ait değerleri doğru ve kayıpsız bir şekilde taşımak için kullanılmaktadır. Veri, enerji, sinyal taşır. Kablolu iletişim uzun mesafelerde, yüksek frekanslı iletişimlerde vazgeçilmez durumdadır. Veri ve ağ yapısına göre farklı özelliklerde kullanılacak birçok çeşit kablo standardı vardır.

Güneş santrallerinde PV üniteleri ve tevzi panoları arasında döşenecek olan veri kabloları dış ortama maruz kalma durumuna karşı korunaklı bir şekilde döşenmesi zorunludur. Veri taşıyan bu tür kabloların dış ortamda atmosferik koşullara maruz kalmamalıdır. Bu yüzden zemin altından döşenecek kabloların mutlaka boru içerisinde döşenmelidir.

### 2.2. Tevzi Panosu İle AG Panosu Arasına Projede Belirtilen Özellikteki Veri Kablolarını Çekme

Panolar arasında veri kablolarının montajı panoların bulunduğu ortama göre yapılır. (Resim 2.1) Panolar açık sahada ise açık alanda yapılan kablo döşeme usulleri takip edilir. Açık ortamdan kapalı ortama geçişlerde genellikle kapalı alanlarda kablo kanalları yada kablo tavası olarak ifade edilen galvanizli sacdan imal edilmiş çeşitli ebatlardaki elemanlar kullanılır. Veri kabloları sinyal taşıdıkları için bu tür kanallar içerisinde mümkün mertebe enerji taşıyan

kablolardan uzak tutulmalıdır. Aksi halde sinyallerde parazitlenme yada bozulmalara neden olabilir. Bu tür durumlarda kablolar arası teması kesmek daha sağlıklı bir çözüm olacaktır. Mümkünse bu kabloların ayrı kanallarda taşınması tercih edilmelidir.

Pano girişlerinde kabloları uygun giriş aparatları kullanılmalı ve bağlantılar kablonun özelliğine uygun kablo başlığı (veya kablo pabucu) ile yapılmalıdır. Pano giriş delikleri dış ortamdaki nem, sıvı ve fiziksel darbelere karşı korunmalı olmalıdır. Pano içi bağlantılarda kablo uzunluğu gerçek gerekliliklere göre ayarlanmalı gereğinden uzun yada çok kısa şekilde bağlantı yapılmamalıdır. Manyetik alanların neden olduğu parazit akımlar üreten devre oluşumundan kaçınarak kablolar mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Kablolar, bağlantı noktasının mümkün olduğunca yakınının da soyulmalıdır. Bütün topraklama devrelerinden kaçınılmalıdır. Çünkü bunlar güçlü manyetik alanlara karşı çok hassastır.



Resim 2.1: Panolar arası kablo montajı

### 2.3. Veri Kablolarının Kanallara Sabitleme

Kanal içerisinden döşenmiş veri kabloları düzgün bir şekilde sabitlenmesi hem görüntü açısından hem de teknik işçilik açısından önemlidir. Bunun yanı sıra ileride işletme esnasında oluşabilecek kablo arızalarının önlenmesinde yada giderilmesinde büyük kolaylık sağlar. (Resim 2.2)

Kabloları kanallardan geçirirken bükülmemesine ya da kabloları zarar verilmemesine dikkat edilmelidir. Kablolar bükülmesi gerekiyorsa minimum eğim yarıçapı:10 x kablo çapı olarak yapılmalıdır. Kablonun yollarında veya geçitlerinde keskin açılardan kaçınılmalıdır.

Kabloyu dış elektrik sinyallerden etkilenmesini engelleyen iletken kısım olan kablo ekranının bağlantısı, mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Birden fazla ekran birarada bağlanabilir. Her bir kablonun sonuna fiziksel bir işaret koyun. Kablolar bağlı olduğu her bir cihazın adını kablo sonunda etkilenmelidir.



**Resi 2.2: Kanala uygun şekilde sabitlenmiş kablolar**

## 3. TOPRAKLAMA GEÇİŞ DİRENCİNİ ÖLÇME

### 3.1. Topraklama Ölçüm Cihazı ile Ölçüm Yapma

Güneş enerji santrali topraklamasının yapılabilmesi için toprak direncinin tespit edilmesi gerekir. Topraklama direnci, topraklayıcının yayılma direnci ile topraklama iletkeninin direncinin toplamıdır. Yapılan topraklama tesis işletmede olduğu müddetçe muhafaza edilmelidir. Bu yüzden belirli periyotlarla topraklama direnci ölçülerek topraklama kontrol altında tutulmalıdır.

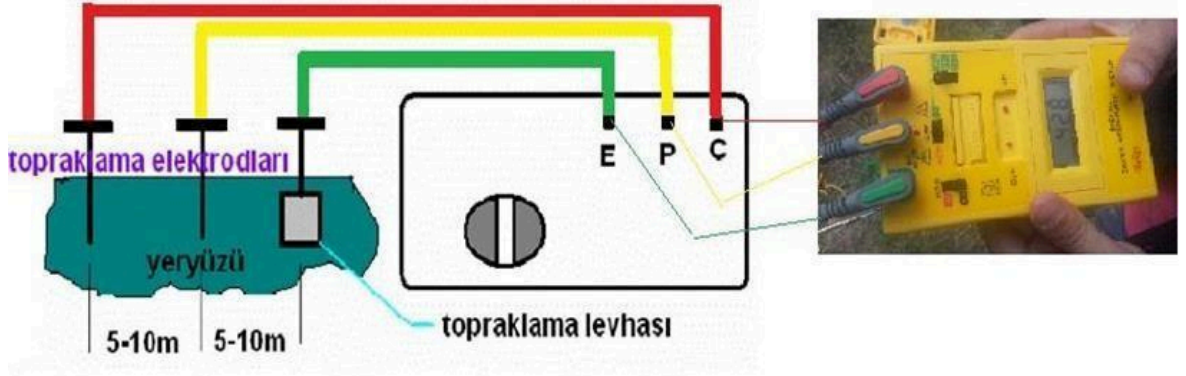
4. Topraklama direncini ölçmek için topraklama direnç **ölçüm** düzeneğinin kurulması gerekir. Ölçme düzeneği için Şekil 3.1 den faydalanabiliriz. Ölçü aletinin çubukları topraklama elektroduna 5 ile 10 metre aralığında olacak şekilde toprağa çakılır. Bu tür ölçmede dijital meger kullanılır (Resim 3.1).



Resim 3.1: Dijital topraklama direnç ölçüm meger cihazı

Toprak direncini ölçme işlemi yapmak için Şekil 3.1 de gösterilen bağlantıyı yapınız.

- $\frac{2}{3}$  elektrot metot düğmesini 3. elektrotlu ölçüm konumuna getiriniz.
- Yardımcı topraklama direnci değerlerini yardımcı topraklama direnci aralığı içinde C ve P için kontrol ediniz.
- Uygun direnç aralığını kullanarak ölçümü gerçekleştiriniz.
- İşletme topraklaması: 2 Ohm(Enfazla)
- Koruma topraklaması: 4 Ohm
- Paratoner:10 Ohm
- OG koruma:5 Ohm olmalıdır.



Şekil 3.1: Üç elektrotlu topraklama ölçüm düzeneği

Topraklayıcı ile ölçü aleti uçları arasındaki mesafe 5 ile 10 metre aralıklarla olmalıdır. Ölçüm işlemi gerçekleştirilirken buna dikkat etmek gerekmektedir. Çubukları çakacağımız yerler ölçme işlemi yapmadan ıslatılmalıdır. Kablolar bağlantı maşalarından iyi bir şekilde tutturulmalıdır. Ölçüm yapılırken elektrotlara değmemek gerekir.

## 5. PANEL GRUBUNU ÇEVİRİCİYE BAĞLAMA

### 4.1. Panel Gruplarından Gelen Kabloları Gruplandırma

Bildiğiniz gibi güneş modülleri farklı seviyede gerilim ve akımla elde edilebilen güneş panelleri birbirine gruplar halinde seri ve paralel olarak bağlanırlar. Bağlantının biçimi sistemin hedeflenen gücüne ulaşmak için projelendirme esnasında yapılır. Projeye göre sıralanan güneş panelleri bu plana göre birbirlerine bağlanırlar. Şekil 4.1 de 3 Eviriciye (İnverter) bağlanacak olan güneş panellerinin kendi aralarındaki bağlantı şeması verilmektedir.

Güneş enerji santrallerinde tesisin bağlantı şeklini eviriciler belirlemektedir. Eviricilerin bağlantı şekline göre merkezi olan veya merkezi olmayan bağlantı elde edilir. Güneş modüllerinin diziler oluşturularak kurulan seri ve paralel devresinin yapısı en ideal şekilde eviriciye göre düzenlenmiş olması gerekir. Bağlantı esnasında oluşabilecek uyumsuzluk (akım ve gerilim uyumsuzlukları) sisteme kayıp olarak yansıtacaktır. Temel hedef bu kayıpları en az seviyede tutacak bir gruplandırmanın yapılmasıdır.

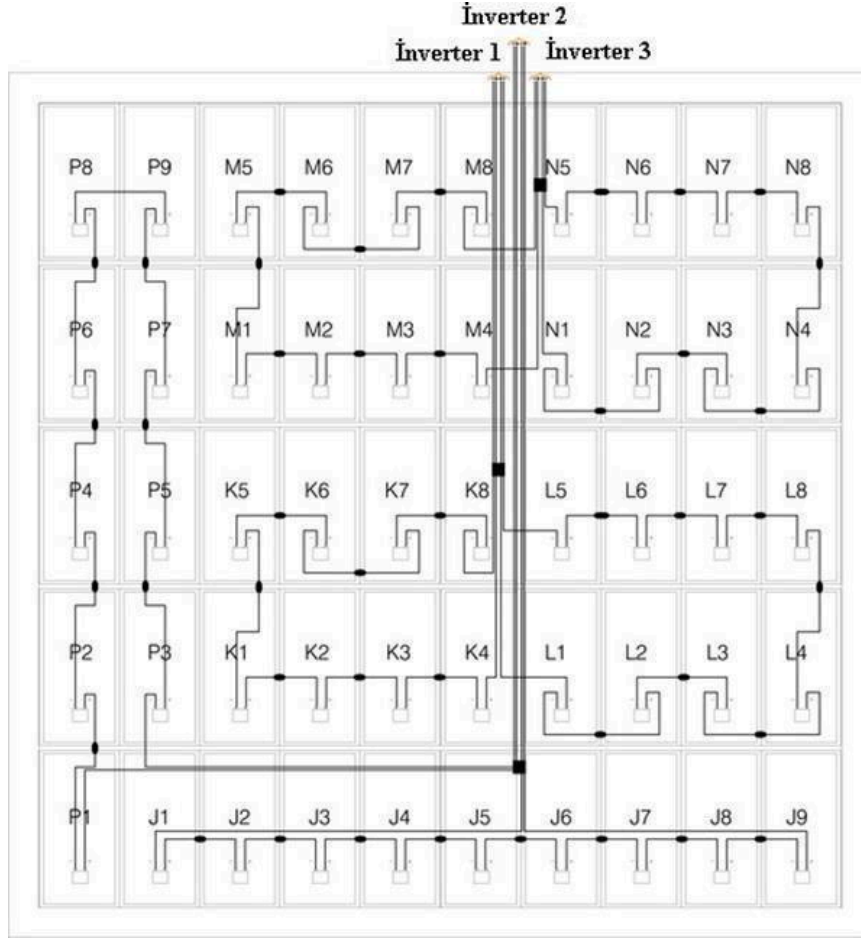


*Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.*

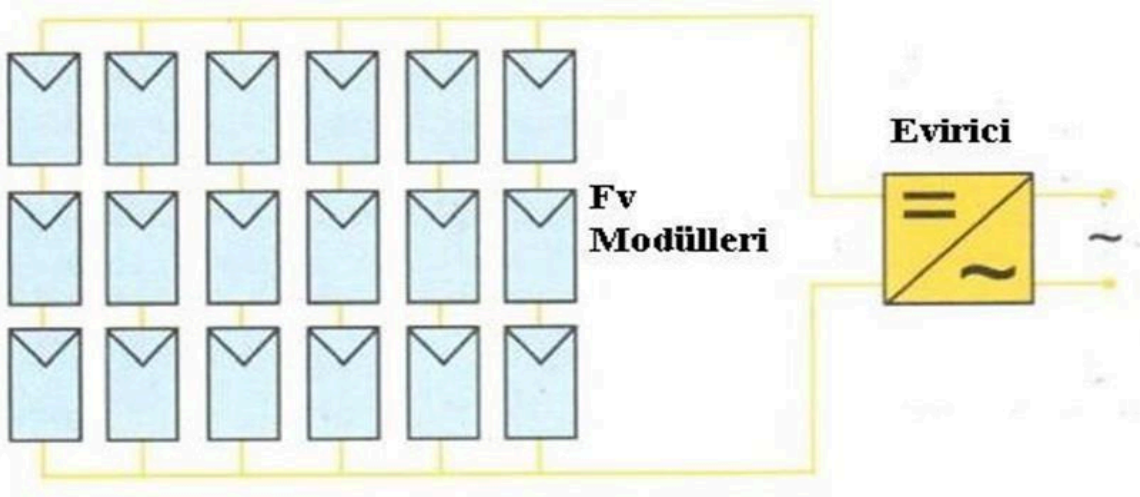
<https://www.youtube.com/watch?v=6VDuOuL902s>

Sistemin gerilim aralığı yapılacak gruplandırma biçimi konusunda fikir verebilmektedir. Küçük gerilim aralığında ( 120 volt doğru gerilim ve aşağısı) daha az sayıda modül seri olarak bağlanacaktır. Böyle bir gruplandırma biçiminde merkezi evirici bağlantısı tercih edilebilir. Şekil 4.2 de düşük gerilim elde edilecek şekilde bağlanmış modüllerin merkezi eviriciye bağlantısı görülmektedir. Böyle bir sistemin dikkat edilmesi gereken tarafı ise yüksek akımlar üretiyor olmasıdır. Buda doğal olarak kablo kesitinin artmasına neden olmakta ve eviricinin etkinliğini de etkilemektedir.

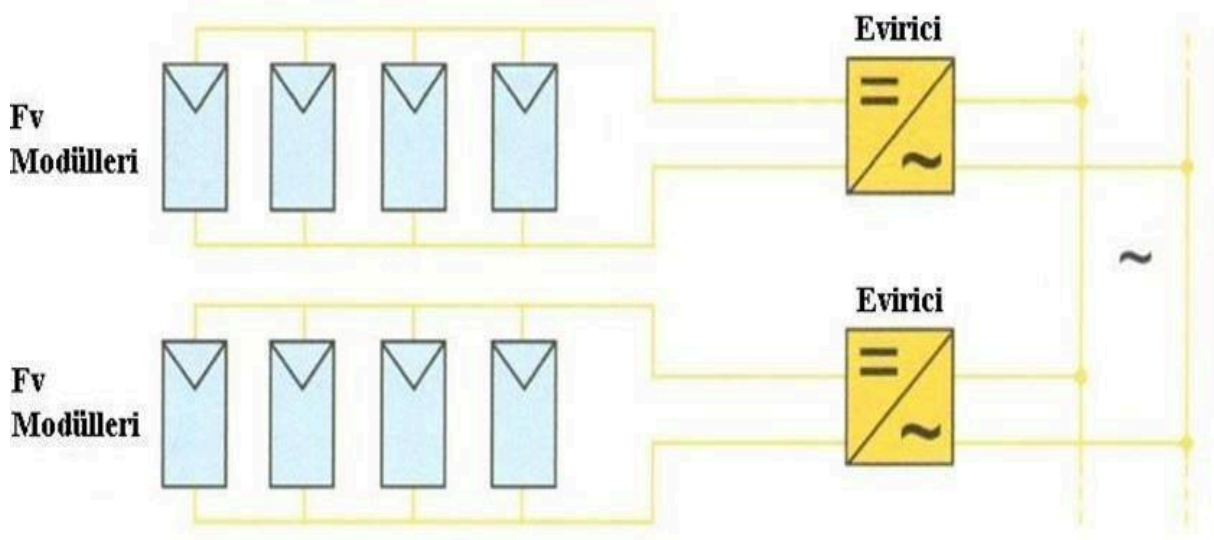




Şekil 4.1: Gruplandırılmış güneş panellerinin eviricilere (inverter) bağlantısı



Şekil 4.2: Düşük gerilim seviyesine sahip merkezi evirici bağlantısı



**Şekil 4.3: Paralel devreli bağlantı şekli**

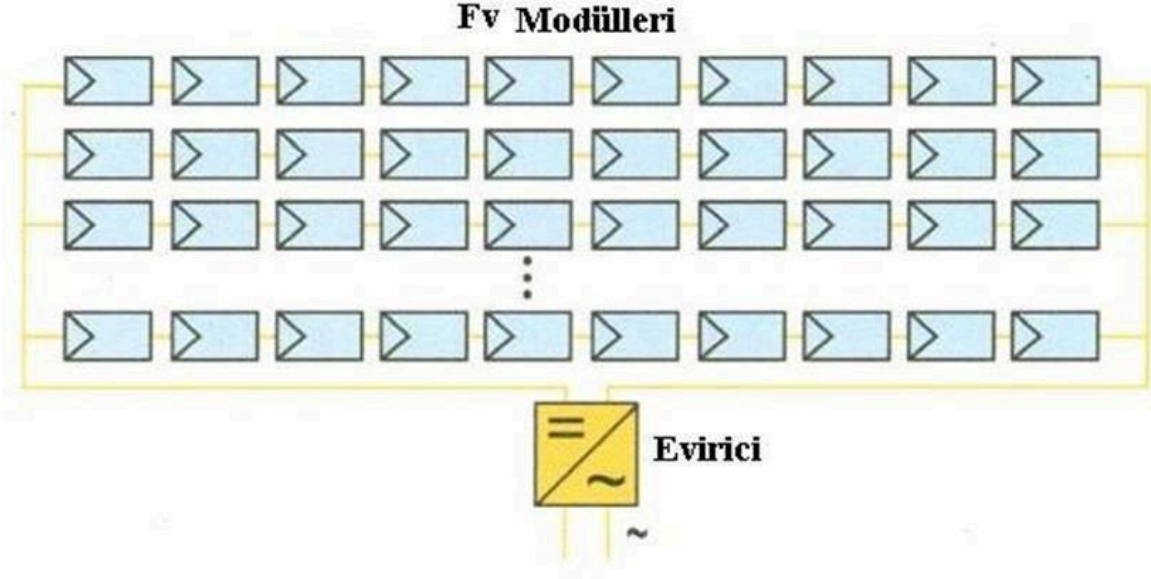
Bir diğer gruplandırma şekli de paralel bağlantı şeklindedir. Bu bağlantı şeklinde modüller birden fazla paralel devre oluşturularak ve her devreye bağımsız bir evirici bağlayarak alternatif akım barasına bağlandığı şeklindedir. Şekil 4.3 te böyle bir paralel devre sistemi görülmektedir.

Orta ve büyük tesislerde yüksek gerilim elde etmek için (120 volt ile 1000 volt arası) güneş modüllerinden seri bağlantı yapılarak uzun dizin bağlantısı yapılır. Bu tür bir bağlantıda gerilim değeri yüksek olmakla birlikte seri bağlantıdan dolayı akım değeri düşüktür ve dolayısıyla kullanılan kablo kesiti daha düşük olmaktadır (Şekil 4.4). Yalnız böyle bir sisteme uzun dizinlerde bulunan bazı modüllerin gölgede kalması durumunda sistemin verimi büyük oranda düşüktür.



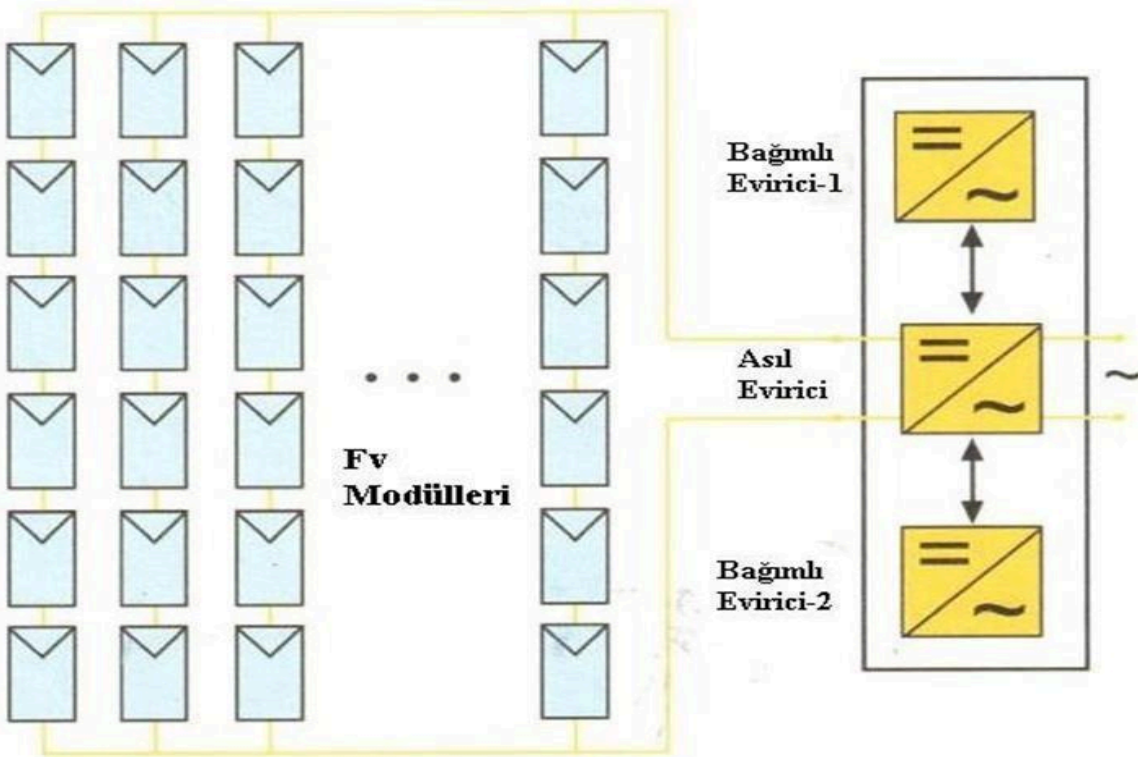
*Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.*

<https://www.youtube.com/watch?v=4J0cdHf7iMg>



Şekil 4.4:Merkezi eviricili yüksek gerilim bağlantılı sistem

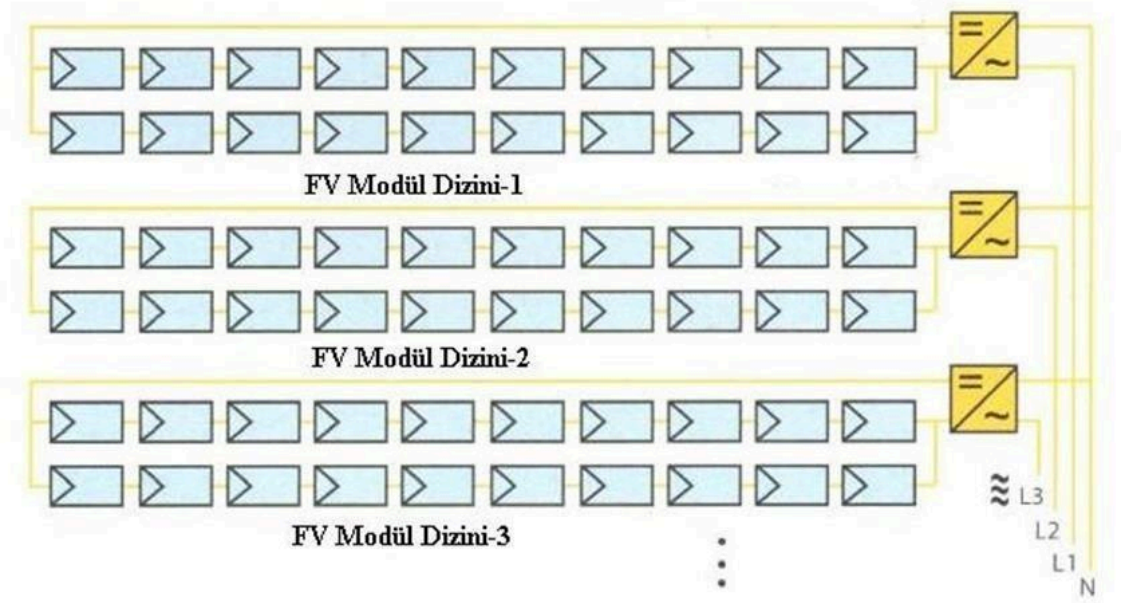
Panellerin diğer bir gruplandırma şekli de asıl ve bağımlı evirici bağlantı şeklindedir. Bu tür bir sistemde asıl evirici ile beraber birden çok bağımlı evirici bağlantısı yapılmaktadır. Düşük ışınım değerlerinde asıl evirici devrede olarak çalışır. Işınım arttığında ve dolayısıyla güneş panellerinin ürettiği güç arttığında asıl evirici gücü aştığında bağımlı eviriciler devreye girer ve yükü dengeli bir şekilde paylaşmış olurlar. Yükün dengeli dağılımı için belirli bir kontrol döngüsü kullanılarak asıl ve bağımlı eviricilere devreye sokulup çıkarılır. Bu da sistemin verimini arttırmaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5:Merkezi evirici sistemine sahip asıl ve bağımlı evirici bağlantısı

Modüllerin diğer bağlantı şekli de dizi eviriciler kullanılarak yapılan bağlantı biçimidir. Bildiğiniz gibi uzun güneş modül dizi bağlantısı gölgelenme esnasında yüksek güç kayıplarına neden olmaktadır. Böyle uzun dizinler için bir başka seçenekte çok büyük tesislerde her bir uzun dizin başına bir evirici bağlamaktır. Her dizin başına bir evirici bağlanarak güneş enerji santral kurulumu kolaylaştırılır. Şekil 4.6 da böyle bir bağlantı şekli görülmektedir.

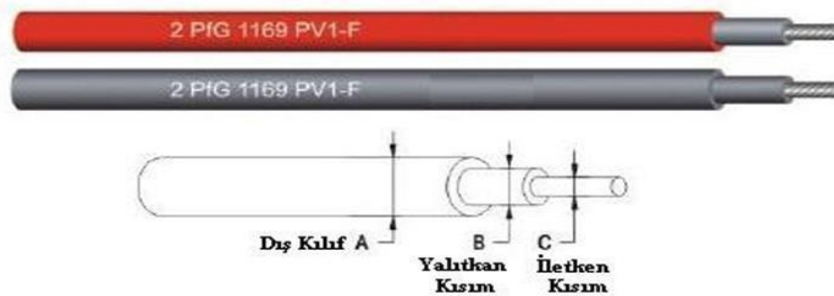
Bağlantı şekilleri daha da arttırılabilmektedir. Son yıllarda modüleviri yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu da her bir güneş panelinin üzerinde küçük boyutlarda evirici monte edilerek yapılan bağlantı şeklindedir. Bazen buna mikro evricili güneş panelleri de denilmektedir. Güneş panelinin çıkışı direk alternatif enerji olarak kullanılabilir. Şekil 4.6 da böyle bir bağlantı şekli görülmektedir.



Şekil 4.6: Dizi evirici bağlantı şekli

## 4.2. Gruplandırılan Kabloları Uygun Soketle Eviriciye Bağlama

Evirici (invertör veya çevirici), güneş panellerinde üretilen DC gerilimi evlerde kullandığımız alternatif gerilime çeviren cihazdır. Başka bir deyişle 12,24 veya 48V DC akü voltajını, 1 faz 230V – 3faz400V AC 50Hz voltaja çevirir. Fotovoltaik uygulamalarda eviriciler için özel olarak üretilen solar tip çevirici kablolar üstün kaliteli ham maddeler ile üretilmektedir. Eviriciler için kullanılan kablolar VDE 0295 / IEC 60228 sınıf 5'' e uygun kalaylanmış bakır iletken tel içerir. Kablonun iç kısmı ise elektronik ortamda ışınlar ile birleştirilmiş özel bir kopolimer tabakadan oluşmaktadır (Resim 4.1).



Resim 4.1: Solarkablo

Solar kabloların nominal kablo kesiti TÜV tarafından onaylanmış olmalıdır. Yoğun kablo çapı olmalı, fazla yer kaplamamalıdır. Kesinlikle uzun ömürlü ve mukavim (dayanıklı) olmalıdır. Çeviricilerin bağlantıları yapılırken solar kablo ve konnektörleri kullanılmalıdır (Resim 4.2).



**Resim 4.2:Evirici bağlantısında kullanılan bir çeşit bağlantı soketi (konnektör)**

Evirici kablo ilk bağlantısı yapılırken veya bakım çalışmalarına başlamadan önce şebeke gerilimini kapatılır ve en az 10 dakikalık bekleme süresi geçirilir. Bu süre, şebeke gerilimi kapatıldıktan sonra kondansatörlerin tehlikesiz bir gerilim değerine deşarj olabilmeleri için kullanılır. Evirici P/+ ve N/- klemensleri arasındaki gerilimi ölçü aleti ile ölçülür. Bağlantı çalışmalarının gerilimsiz durumda yapılmasına dikkat edilmelidir. Aksi durumda elektrik çarpma tehlikesi ile karşı karşıya kalınır.



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

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

Evirici kablo bağlantısı yaparken gürültü (sinyal kablosunda meydana gelen parazit) sorunu yaşamamak için sinyal kablolarını güç kablolarının 10 cm uzağında tutunuz. Kablo bağlantıları bittikten sonra evirici içinde kesik kablo parçaları kalmamalıdır. Bazı durumlarda kesik kablo parçaları alarm ya da arızaya neden olabilir. Montaj deliklerini delerken talaş ya da yabancı maddelerin evirici içine girmesine izin vermeyiniz. Akım/gerilim girişi seçme anahtarını doğru şekilde ayarlamaya dikkat ediniz. Eksik bir ayarlama hatalı fonksiyonlara neden olabilir. Bağlantı vidalarını belirtilen torklarda sıkınız. Bir vidanın belirtilenden daha gevşek sıkılması

durumunda kısa devreye yada arızaya neden olabilir. Bir vidanın belirtilenden daha güçlü sıkılması durumunda arızaya, çatlamaya ya da kırılmaya neden olabilir. Enerji giriş bağlantılarında izoleli solar kablo pabucu veya bağlantı soketi kullanılır.

## 6. FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE PARAFUDRLAR

Solar Sistemlerin ani aşırı gerilim ve yıldırım darbelerine karşı korunabilmesi için DC, AC ve Data hatları önünde AG Parafudr sistemi kullanılmalıdır (Resim 4.3). DC combiner box larda B+C Sınıfı ürünlerin kullanılması önerilmektedir. Seçilen ürünlerin mutlaka hem 10/350 ms yıldırım eğrisi hemde 8/20ms şebeke darbelerine karşı koruma değerleri bulunmalıdır. İnverterlerin DC kısımlarında kullanılan combiner box larda DC B+C sınıfı parafudr kullanımı tesisin çok uzun yıllar sürdürülebilir enerji üretimini sağlamak ta, oluşabilecek zararların önüne geçilmesi adına büyük önem taşımaktadır. Ürün seçimi kadar kullanılan ürünün kalitesi de büyük önem taşımaktadır.

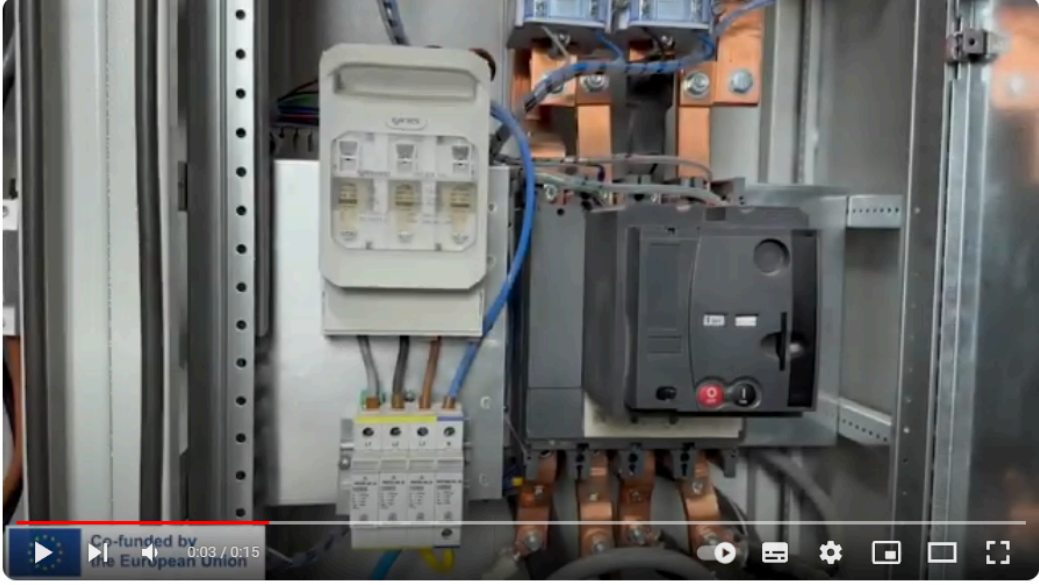
PV parafudrların üretim ve test standardı EN 50539-11 dir. Bu belgeye sahip olmayan ürünlerin yatırım ve projelerimizde kullanılmaması gerekmektedir. Standart dışı ürünler sistemimize faydadan çok zarar getirebilir. Ani aşırı gerilim darbeleri 25 nano saniyeler mertebesinde oluşmaktadır ve standart dışı ürünlerle bu darbe ark oluşumuna neden olabilir. Bu yüzden kullanılacak üründe UTE C61-740-51 and EN 50539-11 standartlarına uygunluk aranmalı ve belgelerin incelenmelidir. Ürün seçiminde standart ve ürün tipi yanında ürün teknolojisi de önem taşımaktadır. VG teknolojili ürünler hem hızlı hemde sınırsız sayıda sönmleme gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle tavsiyemiz projelerinizde EN50539-11B+C SINIFI (tip1 +2) VG Teknoloji PV parafudur kullanmanızdır.



Resim 4.3: Panoya montajlı parafudr

### 5.1. PV Santrallerin Korunması

Şebekeye bağlı fotovoltaik santraller özellikle şebeke kaynaklı birçok ani aşırı gerilime maruz kalmaktadır. Yıldırımın elektriksel etkilerinden korunmak amacıyla DC ve AC AG PARAFUDR sisteminin mutlaka tesis edilmesi gerekmektedir (Resim 4.4). Paratoner kullanan birçok EPC firması parafudr kullanmayarak darbeyi tesise çekmekte ve inverter başta olmak üzere diğer sistemleri koruma altına almamaktadır. Parafudr seçiminde de yıldırım ve şebeke darbelerine karşı koruma sağlamak için mutlaka B+C sınıfı ürün kullanımı gerekmektedir. İnverterler içerisinde yer alan parafudr sistemleri sorgulanmadığı takdirde B+C yerine C sınıfı başka bir deyişle TİP II olarak kullanılmaktadır.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.  
<https://www.youtube.com/watch?v=LTGpwJeCZQ8>



Resim 4.4: Parafudr

## 5.2. AC ve DC Parafudrlar

PV sistemlerin invertere bağlanması durumunda, IEC 62109-2 (PV güç sistemlerinde kullanılan güç dönüştürücülerde güvenlik inverterler için zorunluluklar) topraklama tertibatına göre (ve inverter topolojisine göre) zorunlulukları ortaya koyar. Bunlar asgari inverter izolasyon zorunlulukları, üreteç toprak izolasyon direnci ölçüm zorunlulukları ve üreteç artık akım belirleme ve toprak hataları zorunluluklarıdır.

PV üretici oluşturan PV modüllerin ve diğer ekipmanın üretici talimatları, en uygun topraklama tertibatının sağlanması için göz önünde bulundurulmalıdır. Akım taşıyan bir DC iletkenin toprağa bağlantısı tavsiye edilmez. Fakat AC ile DC taraflar uygun bir şekilde ayrılmışsa enerjili iletkenlerden bir tanesinin topraklanmasına müsaade edilir.

Fonksiyonel bir topraklamanın gerekmesi ve mümkün olması durumunda bunun yüksek



empedans üzerinden (direk bağlantıdan ziyade) sağlanması tercih edilir.

Tasarımcı eviricinin DC topraklamaya uygun olduğunu doğrulaması gerekir. Trafosuz invertörler uygun değildir ve topraklanmış DC iletken eviriciye entegre DC izolasyon takip sistemiyle karışabilir. Bu yüzden DC iletkenin topraklanmasının gerekmesi durumunda bunun inverter üreticisinin onayı ve bilgisi doğrultusunda eviricide gerçekleşmesi gerekir.



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

[https://www.youtube.com/watch?v=nwwIc\\_SA5qQ](https://www.youtube.com/watch?v=nwwIc_SA5qQ)

### 5.3 DC Hatların Korunması

DC hatlarda 10/350 ve 8/20 eğrilerine entegreli ürünler kademeli olarak koruma amaçlı kullanılacaktır. (B+C sınıfı ürünlerinin kullanımı önerilmektedir.) Çalışma sıcaklık aralığı -40+80C, IP Korumaları 20 olmalıdır. +- veya +- toprak bağlantıları olmalıdır. Data ve cat haberleşme hatlarının karakteristik özelliklerine göre tüm hatlar koruma altına alınması önerilir. D sınıfı kategorisinde 8/20 eğrisine göre test edilmiş ürünlerin kullanılması önerilir.

# 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 Coğrafi Bilgi Sistemi*.  
[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](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*.
- Köroğlu, T., Teke, A., Bayındır, K. Ç., & Tümay, M. (2010). *Güneş paneli sistemlerinin tasarımı*. Çukurova Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği 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*.