

**LÜY KAPSAMINDA
50 kWe KADAR GÜNEŞ
ENERJİSİNE DAYALI
ELEKTRİK ÜRETİM
TESİSLERİNİN TİP
ŞARTNAMESİ**

İçindekiler

1. Amaç, Kapsam, Dayanak, Standartlar ve Tanımlamalar	5
1.1 Amaç	5
1.2 Kapsam	5
1.3 Dayanak	5
1.4 Standartlar	5
1.5 Tanımlar	6
2. Tasarım	13
2.1 DC Sistem	13
2.1.1 Fotovoltaik (PV) Modüller	13
2.1.2 Doğru Akım (DC) Sistem – Akım ve Gerilim Değerlerinin Belirlenmesi (Minimum)	13
2.1.3 Fotovoltaik (PV) Dizi ve Dize Gerilimleri	14
2.1.4 Doğru Akım (DC) Kablolar	15
2.1.5 Dizi Kabloları	17
2.1.6 Ana DC Kablo	18
2.1.7 DC Erkek ve Dişi Bağlantı Ekipmanı (Konnektörler)	18
2.1.8 Diğer Sıralı Kablo Bağlantıları	19
2.1.9 Fotovoltaik Dize DC Bağlantı Panosu	19
2.1.10 Dizi Sigortaları	20
2.1.11 Bloklama Diyotları	21
2.1.12 DC Ayırma ve Anahtarlama	22
2.2 Yıldırımdan Korunma, Topraklama, Aşırı Gerilimden Korunma	24
2.2.1 Yıldırımdan Korunma	24
2.2.2 Topraklama	24
2.2.3 Aşırı Gerilimden Korunma Önlemleri	25
2.3 AC Sistem	25
2.3.1 AC Kablolama	25
2.3.2 RCD Koruma	26
2.3.3 AC Ayırma ve Anahtarlama	26
2.3.4 Eviriciler	27
2.3.5 AC Kablo Koruma	28
2.3.6 Sayaçlar	28
2.3.7 Tasarım Uygunluk	28

3. Sistem Performansı	29
3.1 Dizi Yönelim ve Eğim	29
3.2 Gölge Etkileri	29
3.3 Coğrafi Konum	29
3.4 Sıcaklık Etkisi	29
3.5 Diğer Faktörler	30
3.6 Fotovoltaik Performans Tahmini	30
4. Uygulama (Saha/Montaj) Çalışmaları	31
4.1 Fotovoltaik Sisteme Özgü Tehlikeler	31
4.2 Doğru Akım (DC) Devreler	32
4.2.1 Personel	32
4.2.2 Dizi/Dize İşlemleri	32
4.2.3 Canlı Çalışma	32
4.2.4 Elektrik Çarpma Tehlikesi (Güvenli Çalışma Uygulamaları)	32
5. GES Taşıyıcı Sistem Statik Hesapları	33
5.1 Mevcut Yapıya Entegreli veya Çatı Uygulamalı PV Sistemler	33
5.1.1 Mevcut Yapı Taşıma Kapasite Tahkikleri	33
5.1.2 Mevcut Yapı Genel Bilgileri	34
5.1.3 Mevcut Yapı Taşıyıcı Sistem Kapasite Kontrolleri	34
5.1.4 Mevcut Yapıya Entegreli GES Tesislerinin Alt Karkas Elemanları Yük - Gerilme - Sehim ve Birleşim Hesapları	37
5.2 Saha Uygulamalı (Arazi Uygulamalı) PV Sistemler	42
5.2.1 GES Taşıyıcı Sistem Hesaplarının Düzenlenmesi:	43
5.2.2 GES Taşıyıcı Sistem Tasarım Çizimlerinin Düzenlenmesi:	44
6. PV Sistemin Konstrüksiyonu Montaj İşlemi ve Sonrasında Mevcut Yapıda (Çatıda) Alınacak Özel Önlemler	46
7. Uyarı-İşaret Levhaları ve Etiketlemeler	47
8. Kontrol, Test ve Devreye Alma Şartları	48
8.1 Muayene ve Test – AC. DC Bölüm	48
8.2 Diğer Muayene ve Gereklilikler	49
9. Dökümantasyon ve Belgeler	49
10. Ekler	51
10.1 EK-A: Batarya Sistemleri	51

10.1.1	A1- PV Dizi Şarj Regülatörü	51
10.1.2	A2- Batarya Aşırı Akım Koruması	51
10.1.3	A3- Batarya Bağlantısının Kesilmesi	52
10.1.4	A4- Batarya Sistem Kabloları	52
10.1.5	A5- PV Dizi Kablosu ve Sigorta Değerleri	52
10.1.6	A6- Batarya Seçimi ve Boyutlandırma	53
10.1.7	A7- Batarya Kurulumu/Etiketlendirme	53
10.2	EK-B: PV Sistem Kontrol, Test ve Devreye Alma Dokümanları	54
10.2.1	Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol, Test ve Devreye Alma Raporu (IEC 62446 - Ek.A/Sayfa 1)	55
10.2.2	Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol Raporu (IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 2)	56
10.2.3	Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol Raporu (IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 3)	57
10.2.4	PV Sistem Test Raporu (IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 4)	58
10.2.5	Şebeke Bağlantılı PV Sistem AC Bölümün Elektriksel Ölçüm ve Kontrolü (IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 5)	59
10.3	EK-C: Tek Hat Şema Örnekleri	61
10.4	EK-D: Yıllık Enerji Miktarı	63

Kısaltmalar

AC	Alternatif Akım
AG	Alçak Gerilim
DC	Doğru Akım
EMC	Elektro Manyetik Uyumluluk
GES	Güneş Enerji Santrali
IP	Koruma derecesi
LÜY	Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği
LÜT	Lisanssız Elektrik Üretim Tebliği
MPPT	Maksimum Güç Noktası İzleme
OG	Orta Gerilim
PV	Fotovoltaik
TSE	Türk Standart Enstitüsü
STC	Standart Test Koşulu
Wp	Watt Peak
YKT	Yıldırım Koruma Tesisatı

1. Amaç, Kapsam, Dayanak, Standartlar ve Tanımlamalar

1.1 Amaç

Bu Tip Şartnamenin amacı, güneş ışınımından elektrik üretilmesi için PV sistemine dayalı elektrik santrallerinin tasarım, uygulama ve devreye alınmasına yönelik, ilgili mevzuat, ilgili teknik mevzuat ve ulusal/uluslararası standartlara uygun olarak şebeke ile paralel çalışan santraller için gerekli koşul ve bilgileri içermektedir.

Bu Şartname, 50 Hz., 1000 V AC veya 1500 V DC gerilim değerlerine (bu değerler dahil) kadar anma gerilimi olan güneş enerjisine dayalı fotovoltaik tesislerin, güvenli ve düzgün çalışmasını sağlayacak tasarım, uygulama ve işletme kurallarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

1.2 Kapsam

Bu Şartname; Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik (LÜY) kapsamında bağlantı görüşü ve/veya bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu verilen ve güneş enerjisi santrali (GES) tesislerin tasarım uygunluğu olumlu bulunan;

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik (LÜY) kapsamında, fotovoltaik teknolojiden elektrik enerjisinin üretilmesine dayalı ve kurulu gücü 50 kWe'e (50 kWe dahil) kadar olan şebeke ile paralel çalışan PV sistemleri,
- PV panellerden elde edilen enerjinin depolandığı ve şebeke ile paralel çalışan akülü, kurulu gücü 50 kWe'e (50 kWe dahil) kadar olan GES sistemleri (Ek-A), PV sistemlerini kapsar.

Aşağıdaki tesisler bu Şartnamenin kapsamına girmez;

- Güneş enerjisine dayalı lisanslı santraller,
- OG'den bağlı PV santraller,
- Şebekeden bağımsız izole çalışan fotovoltaik üretim tesisleri.

Herhangi bir tesisin bu Şartname kapsamına girip girmeyeceği konusunda bir kararsızlık ortaya çıkarsa; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın bu konuda vereceği karar geçerlidir.

1.3 Dayanak

Bu Şartname, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik ve Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.

1.4 Standartlar

Bu şartname kapsamındaki PV sistemin tasarımı ve kurulumunda kullanılan tüm teçhizat aşağıdaki Türk Standartları (TS) Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC, EN, HD, ISO) Standartları ve diğer standartların yürürlükteki en son baskılarına uygun

olacaktır. Aşağıdaki tabloda yer almayan ancak teknik şartnamenin ilerleyen bölümlerinde atıfta bulunulan standartlar için de aynı durum söz konusu olacaktır.

TS STANDART NUMARASI	IEC, EN, HD, ISO STANDART NUMARASI	STANDART ADI
TS HD 60364	IEC 60364 (Tüm Bölümleri)	Alçak gerilim elektrik tesisatı
	IEC 60364-6	Alçak gerilim elektrik tesisatı – Bölüm 6: Doğrulama
	IEC 60364-7-712	Binalarda elektrik tesisatı – Bölüm 7-712: Özel tesisat ve yerleşim gereksinimleri – Fotovoltaik (PV) güç kaynağı sistemleri
TS IEC 60755	IEC 60755	Artık akımla çalışan koruyucu düzenler-Genel kurallar.
TS EN 61557	IEC 61557 (Tüm Bölümleri)	Alçak gerilim dağıtım sistemlerinde elektriksel güvenlik-1000 V AC ve 1500 V DC'ye kadar-Koruyucu düzenlerin denenmesi, ölçülmesi veya izlenmesi ile ilgili donanımlar.
TS EN 61730	IEC 61730 (Tüm Bölümler)	Fotovoltaik (PV) modül güvenlik niteliği
TS EN 50438	IEC 50438	Mikro jeneratörlerin alçak gerilim dağıtım şebekeleri ile paralel bağlanması için kurallar.
TSE K 191		Faz akımı 16 A'den büyük olan jeneratörler için bağlantı kuralları - Dağıtım sistemine AG seviyesinden bağlanan
TSE K 192		Faz akımı 16 A'den büyük olan jeneratörler için bağlantı kuralları - Dağıtım sistemine OG seviyesinden bağlanan
TSE EN 62446	IEC 62446	Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler - Sistem dokümantasyonu, devreye alma deneyleri ve muayene için asgari kurallar.
TSE EN 5021	IEC 50521	Fotovoltaik sistemler için bağlayıcılar - Güvenlik kuralları ve deneyler.
TSE EN 62305	IEC 62305	Yıldırımdan Korunma
TS CLC/TS 50539-12		Alçak gerilim için ani yükselmelere karşı koruyucu cihazlar - DC gerilim içeren özel uygulamalar için ani yükselmelere karşı koruyucu cihazlar - Bölüm - 12 : Seçim ve kullanma esaları - Fotovoltaik tesisatlara bağlanan SPD'ler.
	IEC 62548	PV Dizeler. Tasarım gereksinimleri.

1.5 Tanımlar

Tanımlar; alfabetik sıraya göre aşağıda belirtilmiştir.

AC bölüm: PV sistemlerinin, tasarım ve kurulumlarında evirici AC çıkışı ile şebeke bağlantı noktası arasındaki bölümü belirtir.

Acil durum anahtarlama: Beklenmedik şekilde oluşabilen bir tehlikeyi mümkün olduğu kadar hızlı olarak gidermek için yapılan işlemdir.

Acil durum durdurması: Tehlikeli olan bir hareketin durdurulması için öngörülen acil durum anahtarlama işlemidir.

Açık devre gerilimi (PV aygıtlarda): (Sembol: V_{oc}), (Birim:V) Belirli bir sıcaklık ve ışınım altında, PV aygıtın çıkış elektrik akımı sıfır iken PV uçlarındaki çıkış gerilimi.

Adalanma: Dağıtım sisteminin üretim tesisi bulunan bir bölgesinin enerjili kalacak şekilde dağıtım sisteminden fiziksel olarak ayrılmasıdır.

Alçak gerilim (AG) : Etkin şiddeti 1000 V (Volt) ve altındaki gerilimdir. Normalde, çok düşük gerilim seviyesinden yüksek fakat, ana (faz) iletkenler arasında 1000 V AC veya 1500 V DC değerlerini veya iletkenler ile toprak arasında 600 V AC veya 900 V DC değerlerini aşmayan gerilimdir.

Tesisatın işletme gerilimi, anma gerilimi değerinden, izin verilen tolerans sınırları içinde kalan bir miktar kadar farklı olabilir.

Ana dağıtım tablosu : Yapı bağlantı kutusundan tüketicinin ilk dağıtım noktasına gelen besleme hattının bağlandığı, anahtarlama veya koruma cihazlarının (sigortalar, devre ayırıcılar, artık akım cihazları gibi) nötr ve koruma devresi iletkenleri terminalleri ile birleştirilmesinden oluşan bir donanımdır. Ayırma cihazları, tablo içerisinde veya ayrı yerlerde olabilir.

Ana kolon hattı : Yapı bağlantı kutusundan tüketicinin ilk dağıtım noktasına (ana dağıtım tablosu) kadar olan besleme hattıdır.

Ana dış iletken (L_1, L_2, L_3) : Nötr iletkeni (N), koruma iletkeni (PE) veya PEN iletkeni dışında, elektrik enerjisinin taşınması için kullanılan bir alternatif akım sistemi iletkenidir

Anahtar : Kısa devre akımı gibi anormal durumları belirlenen süre için taşıyan, normal devre şartları altında, taşıma ve kesme yapabilme kabiliyetleri olan mekanik bir cihazdır. Anahtar kısa devrede kapama yeteneğine sahip olabilir ancak kısa devre akımlarını kesemez.

Anahtarlama düzeni : Bir elektrik tesisatının işletilmesi, düzenlenmesi, korunması veya diğer kontrolleri için, ana veya yardımcı anahtarlama cihazları topluluğudur.

Anma gerilimi (Nominal gerilim) : Bir tesisatın veya tesisat bölümünün tanımlandığı gerilimdir.

Artık akım : Tesisatın bir noktasında faz ve nötr hatlarından geçen akımların fazör toplamından artı kalan akımdır.

Artık akım koruma cihazı (RCD) : Belirlenen şartlar altında, artık akım değeri, eşik değerine ulaştığında, kontakları açmak için tasarlanmış bir mekanik anahtarlama cihazı veya cihazlar topluluğudur.

Aşırı akım algılanması : Bir devredeki akım değerinin, belirli bir süre boyunca önceden belirtilen bir değeri aşmasının belirlenmesidir.

Aşırı akım : Beyan değerinden büyük bütün akımlardır. İletkenler için beyan değeri, işletme veya tasarım akımıdır.

Aşırı yük akımı : Bir devrede hata yok iken, oluşan aşırı akımdır.

Ayırıcı : Ayırma için belirtilen şartlara uyan mekanik bir anahtarlama cihazıdır.

Ayırma : Güvenlik amacıyla tesisatın tamamının veya bir bölümünün bütün elektrik enerjisi kaynaklarından ayrılması suretiyle beslemesinin kesilmesidir.

Aynı anda erişilebilen bölümler : Bir insan veya diğer bir canlı tarafından aynı anda dokunulabilen iletkenler veya iletken bölümlerdir. (Gerilim altındaki bölümler, açıktaki iletken bölümler, yabancı iletken bölümler, koruma iletkenleri, topraklama elektrotları.)

Beklenen (olası) hata akımı : Normal çalışma şartları altında, potansiyel farkına sahip iletkenler arasında veya gerilim altında bulunan bir iletken ile açıktaki iletken bölümler arasında hata sonucu oluşması muhtemel bir akım değeridir.

Beyan değeri (Donanımın etiket değeri) : Elektrik donanımının üreticisi tarafından tasarımılandırıldığı ve donanımın çalıştırılması için öngördüğü ve donanımın etiketinde belirtilen değerdir.

Çalıştırma artık akımı: Belirlenen şartlar altında, bir artık akım cihazının çalışmasını sağlayan akımdır.

Çarpma akımı : Bir insanın veya diğer canlının vücudundan geçen, çarpmaya ve tehlikeli etkilere sebep olabilecek özellikleri bulunan akımdır.

Çift yalıtım : Temel ve ek yalıtımın her ikisini de içeren yalıtımdır.

Çok düşük gerilim : Normalde, iletkenler veya iletkenler ile toprak arasında, 50 V AC veya dalgaciksiz 120 V DC değerlerini aşmayan gerilimdir.

Çok düşük güvenlik gerilimi [SELV] : Elektrik çarpma tehlikesi doğurmayan diğer sistemlerden ve topraktan elektriksel olarak ayrılmış, çok düşük gerilim sistemidir.

Çok düşük koruma gerilimi [PELV] : Topraklama sisteminden elektriksel olarak ayrılmamış fakat, farklı şekilde SELV ile ilgili tüm şartları yerine getiren, çok düşük gerilim sistemidir.

Çoklu koruma topraklaması, [PME] : Bir tesisatın nötr iletkeninin birçok noktada topraklanmasıdır. Özellikle TN-C-S sistemlerinde bulunan bir topraklama düzenlemesidir.

Dağıtım devresi : Tesisatın başlangıcını, anahtarlama düzeni veya kontrol düzeninin bir parçasına, bir dağıtım panosuna bir veya daha çok son devreye veya tüketim aracına bağlayan gerilimli devredir. Bir dağıtım devresi, ayrıca, bir tesisatın başlangıcını, merkezden uzak bir binaya veya ayrı bir tesisata bağlayabilir. Bu duruma bazen alt ana devre denir.

Dağıtım şebekesi : Şebekenin akım kaynağından tüketici tesisine kadar olan bölümüdür.

Dağıtım tablosu : Bir veya daha çok gelen besleme devresi ile bir veya daha çok giden devreyi birleştiren, anahtarlama veya koruma cihazlarının (sigortalar, devre ayırıcılar, artık akım cihazları gibi) nötr ve koruma devresi iletkenleri terminalleri ile birleştirilmesinden oluşan bir donanımdır. Ayırma cihazları, tablo içerisinde veya ayrı yerlerde olabilir.

DC bölüm: PV sistemlerinin, tasarım ve kurulumlarında PV hücreleriyle eviricilerin DC giriş terminalleri arasındaki kısımdır.

Denge Bileşenleri: Fotovoltaik güç sistemindeki fotovoltaik dışındaki diğer tüm bileşenleri (sigorta, evirici, bağlantı elemanları, mekanik destek üniteleri, batarya vb.),

Devre kesici : Normal yük akımlarını taşıma ve kesme kapasitesine göre imal edilmiş ve ayrıca önceden belirlenmiş kısadevre akımlarını taşıyabilecek şekilde otomatik kesme yapabilecek bir cihazdır. Genelde, seyrek olarak kullanılmasına rağmen bazı tipleri sık anahtarlama için de uygundur.

Devreye alma: Gerekli kontrollerin yapılmasının ardından, bir sisteme ait tesisat elemanlarının ilk çalıştırmasının yapılması işlemidir.

Doğrudan dokunma: İnsanların veya diğer canlıların gerilimli bölümlere dokunmasıdır.

Dolaylı dokunma: İnsanların veya diğer canlıların, bir yalıtım hatası durumunda gerilim altında bulunabilen açıktaki iletken bölümlere, dokunmasıdır.

Eşpotansiyel bölge : İçerisindeki açıktaki iletken bölümler ve yabancı iletken bölümler, yaklaşık aynı potansiyelde dengelenmiş bir bölgedir. Bu sayede, hata durumlarında, aynı zamanda ulaşılabilen açıktaki ve yabancı iletken bölümler arasındaki potansiyel farkı, elektrik çarpmasına sebep olmaz.

Evirici: Doğru akımı tek fazlı ya da çok fazlı değişken akımlara çeviren elektrik enerjisi dönüştürücüdür.

Faz iletkeni (L₁, L₂, L₃): Nötr iletkeni (N), koruma iletkeni (PE) veya PEN iletkeni dışında, elektrik enerjisinin taşınması için kullanılan bir alternatif akım sistemi iletkenidir.

Fonksiyonel anahtarlama : Normal çalışma amaçları ile bir tesisatın tamamını veya

bir bölümünü “devreye almak” veya” devreden çıkarmak” veya besleme kaynağını değiştirmek için yapılan bir işlemdir.

Fonksiyonel çok düşük gerilim (FELV) : SELV veya PELV şartlarını sağlamak için gerekli olan koruma önlemlerinin tamamının uygulanmadığı, çok düşük gerilim sistemidir.

Fotovoltaik (PV): Güneş ışınımından doğrudan elektrik üreten cihazlar.

Fotovoltaik Güç Sistemi: Giriş kaynağı olarak fotovoltaik modüllerden gelen güneş elektriğini kullanan ve bağımsız bir elektrik ağına veya şebekeye elektrik enerjisi besleyen elektrik üretim tesisini ve bunun tüm bileşenleridir.

Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli: İş sağlığı ve güvenliği ile çevreye ilişkin yasal mevzuata uyarak belirlenmiş önlemleri alarak, kalite sistemleri çerçevesinde; tasarımı ve iş programı tamamlanmış ve gerekli teçhizatı temin edilmiş fotovoltaik güç sistemlerinde, montaj şemalarına uygun biçimde denge bileşenlerinin ve fotovoltaik modüllerin mekanik montajını yapan, tasarım planlarına uygun biçimde mekanik yapı kurulumunu gerçekleştiren, montaj işlemleri sırasında kullanılacak araç, gereç, malzeme ve aparatları hazırlayan, sistem bileşenlerini montaj şemasına uygun biçimde konumlandıran, çalışılan yerin temizliğini ve emniyetini sağlayan, kullanılan ekipmanın bakım ve temizliğini üstlenen ve mesleki gelişim faaliyetlerine katılan nitelikli kişidir.

Gerilimli bölüm: Normal kullanımda enerjilenmesi amaçlanan, nötr iletkeni dahil ancak PEN iletkeni hariç, bir iletken veya iletken bölümüdür.

Hat koruma cihazı (Minyatür devre kesici (MCB) - Anahtarlı otomatik sigorta) : Termik-manyetik eşik değerleri ayarlanamayan tip devre kesici.

İlgili mevzuat: Elektrik piyasasına ilişkin kanun, yönetmelik, tebliğ, genelge ve Kurul kararlarıdır.

İlgili şebeke işletmecisi: İlgisine göre TEİAŞ’ı, dağıtım şirketini veya OSB dağıtım lisansı sahibi tüzel kişidir.

İlgili teknik mevzuat: Bakanlık tarafından çıkarılan ilgili yönetmelik, tebliğ ve diğer düzenlemedir.

İzolasyon: Güvenlik nedenleriyle beslemenin elektrik tesisinin tamamının ve bir kısmının tesisteki bütün üreteçlerden ayrılmasıyla vasıtasıyla kesilmesidir.

İzolasyon Transformatörü: Giriş ve çıkış sargılarının elektriksel olarak çift ya da güçlendirilmiş yalıtım ile ayrıldığı trafodur.

Kanun: 14/3/2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununu,

Kısa devre akımı (Simg:Isc) (Birim: Amper): belli bir sıcaklık ve ışınım değeri altında ve aygıt çıkış gerilimi sıfır yada sıfıra yakın iken, PV aygıtın çıkış uçlarındaki akım.

Kişisel Koruyucu Donanım (Kkd): Çalışanı, yürütülen işten kaynaklanan, sağlık ve güvenliği etkileyen bir veya birden fazla riske karşı koruyan, çalışan tarafından giyilen, takılan veya tutulan, bu amaca uygun olarak tasarımı yapılmış tüm alet, araç, gereç ve cihazl

Koruma iletkeni akımı : Normal çalışma koşulları altında bir koruma iletkeninden akan elektrik akımıdır.

Koruma iletkeni : Elektrik çarpmasına karşı belli koruma önlemlerinde öngörülen ve aşağıdaki bölümlerden herhangi birine elektriksel olarak bağlanması amaçlanan iletkenidir.

- Açıktaki iletken bölümler,
- Yabancı iletken bölümler,
- Ana topraklama barası, bağlantı ucu ve klemensi,
- Topraklama elektrotları,
- Besleme kaynağının topraklanmış noktası veya yapay nötr noktası.

Modül (Panel): İç bağlantıları yapılmış, PV hücrelerden oluşan, mekanik olarak tümleştirilmiş, aralarındaki elektriksel bağlantıları yapılmış ve çevresel etkilerden korunmuş tertibattır.

Nötr iletkeni : Bir sistemin nötr noktasına bağlanmış olan ve elektrik enerjisinin taşınmasına katkıda bulunabilen bir iletkenidir. Bu yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, bu terim IT veya DC sistemlerindeki orta iletkeni de ifade eder.

Ortam sıcaklığı : Donanımın kullanılacağı yerdeki havanın veya diğer bir ortamın sıcaklığıdır.

PEN iletkeni : Koruma iletkeni ve nötr iletkeninin görevlerini birleştiren topraklanmış iletkenidir.

Potansiyel dengeleme iletkeni : Donanımın açıktaki iletken bölümlerini ana topraklama barasına veya bağlantı ucuna bağlayan bir koruma iletkenidir.

PV AC Modül: AC elektriksel arabirim terminallerine sahip dönüştürücünün PV modüle entegre edilmesiyle oluşan bütünleşik cihaz. DC girişlerine ulaşım mümkün değildir.

PV Dizi: PV modüllerinin ve diğer gerekli bileşenlerin bir doğru akım kaynağını oluşturmak için mekanik ve elektriksel olarak entegre hali.

PV Dizi kablosu: PV dizinin çıkış kablosu.

PV Dizi Bağlantı Kutusu: Bir PV dizisinin bütün dizilerinin elektriksel olarak birbirine irtibatlandırıldığı ve koruma malzemelerinin yerleştirildiği muhafaza.

PV Dize: Gerekli çıkış geriliminin üretilmesi bir birine seri bağlanmış ve paralellenmiş belirli sayıdaki PV modül dizisidir.

PV Hücre: Güneş radyasyonu gibi bir ışığa maruz kaldığında elektrik üretebilen temel PV cihazı.

PV Şarj Kontrol Cihazı: PV dizesi ve akü arasındaki arayüzü sağlayan bir cihazdır

PV DC Ana Kablosu: PV dizesi bağlantı kutusu ile PV inverterin DC terminalleri arasındaki bağlantı kablosu

Şebeke Bağlantılı PV Sistemi: Mevcut elektrik şebekesiyle “paralel” çalışan bir PV generatör

PV Kurulum: PV güç besleme sisteminin monte edilmiş hali

PV Kilowatt Tepe (kWp): PV modülün nominal güç çıkışını derecelendirmek için kullanılan birim.

PV Modül Maksimum Seri Sigortası: Sağlanan değer modül üreticisi tarafından modül etiketi veya veri sayfasında verilen değerdeki akımdır (bir gerekliliktir IEC 61730-2).

PV Maksimum Güç Noktası İzleme (MPPT): Evirici DC giriş tarafında dizeden gelen gücü gerilim ve akımı tarayarak maksimum seviyeye çıkarmak için tasarlanmış bileşen.

PV Öz Temizlik: Yeterince dik eğimli PV dizisine gelen yağmur, dolu vb.nin temizleme etkisi

PV Dizi Kablosu: Bir PV dizisindeki PV modülleri birbirine bağlayan kablo.

PV Dizi Sigortası: Tek bir PV dizisini korumak için kullanılan sigorta.

PV Besleme Kablosu: Bir PV çeviricinin AC terminallerini dağıtım devresine bağlayan kablo

PV Standart Test Koşulları (STC): PV hücreler ve modülleri için belirtilen test koşulları (25 °C, ışık şiddeti 1000W/m², hava kütlesi 1,5)

Sınıf I donanım: Elektrik çarpmalarına karşı sadece temel yalıtım ile yetinilmeyerek, tesisatın sabit çekilen hattı içerisindeki bir koruma iletkenine, açıktaki iletken bölümlerin bağlantısını da içeren bir donanımdır.

Sınıf II donanım: Elektrik çarpmalarına karşı sadece temel yalıtım ile yetinilmeyerek, ilave yalıtım önlemleri alınmış ancak içerisindeki donanımın açıktaki metal bölümlerle

bir koruma iletkeni ile bağlantı zorunluluğu olmayan ve tesisatın sabit çekilen hattı üzerinde güvenlik önlemleri alınmamış olan donanımlardır.

Sınıf III donanım: SELV'e göre elektrik çarpmalarına karşı koruma sağlanan ve SELV'de belirtilenden daha yüksek gerilim değerleri oluşmayan donanımlardır.

Sıralamalı Anahtar: Tüm kutuplarının kontaklarını aynı anda veya belirli bir sırada kapayacak veya açacak şekilde düzenlenmiş bir anahtardır.

Sıralamalı devre-kesici: Kontaklarının çalışma sırası birbirine belirli bir düzende bağlanmış tüm kutupları aynı anda veya belirli bir sırada kesecek şekilde düzenlenmiş bir devre kesicidir.

Sigorta buşonu: Sigorta cihazının, içinden geçen akımın değeri yeterli bir süre için verilen değeri aştığında eriyen bir elemanı bulunduran kısımdır. Genelde içerisi ark söndürücü bir ortam ve buşon bağlantı uçlarına irtibatlandırılmış bir veya paralel bağlı birkaç erime elemanından oluşan bir cihazdır.

Sigorta taşıyıcı (Sigorta altlığı, gövdesi, kapak) : Bir sigortanın buşonunu taşımak için tasarlanmış kısımdır.

Sigorta: Özel tasarımına ve düzenlenmiş parçalarına göre, sigorta taşıyıcısı ve sigorta buşonundan oluşan cihazdır.

Şebeke : Bir elektrik iletim ve/veya dağıtım sistemini,

Şebeke Bağlantılı Sistem: Elektrik şebekesi ile paralel bağlı olarak çalışan fotovoltaik güç sistemi.

Şebeke Bağlantısız Sistem: Elektrik şebekesi ile bağlantısı olmayan fotovoltaik güç sistemi.

Takviyeli yalıtım : Tehlikeli gerilimli bölümlerde, elektrik çarpmasına karşı ilgili standartta şartları belirtilen çift yalıtım ile eşdeğer derecede korunma sağlayan özel bir yalıtımdır. Takviyeli yalıtımın, tek tabakalı homojen bir yalıtkan olması şart değildir. Bu yalıtım ayrı ayrı denenemeyen birkaç tabakadan oluşabilir.

Tasarım akımı : Normal işletmede bir devreden geçmesi öngörülen akımdır. (alternatif akımda etkin değer)

Tehlike : İnsanların ve diğer canlıların can güvenliğini tehlikeye atacak, yaralanmasına sebep olacak durumlardır. Aşağıda belirtilen hallerde oluşurlar:

- Elektrik enerjisinin kullanımından doğan yangın, çarpılma ve yanıklar,

- Elektrikle çalışan donanımın mekanik hareketi, (Elektrikle çalışan donanımın elektriksel olmayan kısımlarına ait bakım sırasında, acil durum anahtarlama veya elektriksel ayırma ile koruma önlemi alınacaktır.)

Tehlikeli gerilim: Çok düşük gerilim değerlerini aşan gerilim değerleridir.

Temel yalıtım : Elektrik çarpmasına karşı temel korumayı sağlayan, gerilimli bölümlere uygulanan yalıtımdır.

Termik-Manyetik Devre Kesici (Kompakt şalter): Termik-manyetik eşik değerleri ayarlanabilen tip devre kesici.

Test İşlemi: Yapımı tamamlanmış fotovoltaik güç sisteminin elektriksel ve mekanik dayanımının; belirlenmiş yöntemlerle ölçülmesi.

Topraklama: Gerilim altında olmayan bütün tesisat kısımlarının, uygun iletkenlerle toprak kitlesi içerisine yerleştirilmiş bir iletken cisme (elektrot) bağlanmasıdır.

Topraklanmış eş merkezli kablo: Veri iletiminde kullanılmak üzere imal edilmiş, ana iletkeni kablo ekseninde, diğer damarı, ana iletkenin çevresine örgü şeklinde yerleştirilmiş ve toprakla irtibatlandırılmış kablodur.

Teknik Uygulama Sorumlusu (TUS): PV sistem yapım işini üstlenen ve ilgili idarelere karşı yürürlükteki kanunlara, yönetmeliklere, imar planına, ruhsat ve eki projelerine, ulusal ve uluslararası standartlara, teknik şartnamelere, iş güvenliği ile ilgili tüzüğe, ilgili diğer tüm mevzuat hükümlerine, fen, sanat ve sağlık kurallarına uygun olarak tasarım, uygulama,

kontrol, test ve devreye alınmasından, tesisatın sağlamliğından, niteliklerinden, usulsuz ve tekniğe aykırı yapılmasından doğacak zararlardan sorumlu olan gerçek veya tüzel kişi,

Tüketici tesisi: Yapı bağlantı kutusundan sonraki donanımın tümüdür.

Yabancı iletken bölüm: Elektrik tesisatının bir bölümünü oluşturmayan ve genel olarak toprak potansiyelinde bulunan iletken bölümdür.

Yalıtım : Bir iletkeni, kaplayan saran veya destekleyen iletken olmayan bir malzeme ile yapılan işlemdir.

Yapı bağlantı hattı: Dağıtım şebekesi ile yapı bağlantı kutusu arasındaki bağlantı hattıdır.

Yapı bağlantı kutusu: Yapıların elektrik tesislerini şebekeye bağlayan, koruma elemanlarının tesis edilmesini ve aynı zamanda genel elektrik şebekesinden tüketici tesisine elektrik enerjisi verilmesini sağlayan bir düzendir.

Yukarıdaki maddede bulunmayan tanımlar için ilgili mevzuat, ilgili teknik mevzuat ve standartların tanımları geçerlidir.

2. Tasarım

PV sistemlerde, ilgili ulusal/uluslararası standartlara uygun malzemeler kullanılacaktır. Teçhizatla ilgili herhangi bir ulusal/uluslararası standardın bulunmaması halinde, Ülkemizin şartları göz önünde bulundurularak, diğer ülkelerde kullanılan standartlar esas alınabilecektir. AB Direktifleri kapsamında olan malzeme ve teçhizatın CE işareti taşıması gereklidir.

PV sistem tasarımı TSE HD 364-7-712 (IEC 60364-7-712) ve 62548 standartlarına uygun olarak hazırlanmalıdır. PV sisteminin tasarım, uygulama, kontrol, test ve devreye alma iş ve işlemleri, tesis sahibinin yetkili kılacağı bir Teknik Uygulama Sorumlusu (TUS) tarafından yapılması zorunludur (Tasarım uygunluk için 2.3.7 bölümüne bakınız).

2.1 DC Sistem

2.1.1 Fotovoltaik (PV) Modüller

2.1.1.1 Standart Modüller

Modüller aşağıdaki uluslararası standartlara uymalıdır:

- IEC 61215 kristal modüller için
- IEC 61646 ince film modüller için
- IEC 61730 - Fotovoltaik (PV) modülü emniyet yeterliliği
- Modüller CE işareti taşınmalıdır.

Genellikle Sınıf II modüllerin kullanılması ve dizi/dize açık devre gerilimin 120 V'tan daha büyük olması tavsiye edilmektedir.

2.1.1.2 Mevcut Yapıya Entegre Fotovoltaik Ürünler/Modüller

PV sistemin uygulanacağı mevcut yapılarda, TSE 498 Yük Yönetmeliğinin ve/veya uluslararası standartların öngördüğü rüzgar, kar vb. yüklere karşı dayanımlı PV modüller ve ürünler kullanılmalıdır. PV sistemleri, TSE 498 Yük Yönetmeliğinin ve/veya uluslararası standartların gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalı ve kurulumu yapılmalıdır.

Binaya entegre sistemler için özel olarak imal edilmiş PV sistemler Ulusal/uluslararası standartlara (Binaya Entegre Sistemler için Özel Olarak Üretilmiş PV Ürünleri) göre test edilmiş ve onaylanmış ürünler kullanılmalıdır.

2.1.2 Doğru Akım (DC) Sistem – Akım ve Gerilim Değerlerinin Belirlenmesi (Minumum)

PV sistemdeki tüm DC bileşenlerin akım-gerilim değerlerinin belirlenmesi (kablolar, ayırıcılar, anahtarlar, bağlantı elemanları, vb) aşağıdaki güvenlik faktörleri uyarınca PV dizesinin ilgili bölümünün en yüksek gerilim ve akımına göre belirlenir. Diziyi oluşturan seri/paralel bağlı modüllerin gerilim/akımları hesaba katılmalıdır. Ayrıca her

bir modülün maksimum güç çıkışı da göz önünde bulundurulmalıdır.

DC sistemde gerilim ve akım gereksinimleri göz önüne alınırken, ortaya çıkabilecek maksimum değerlerin hesaplanması gerekir. Maksimum değerler modül üreticisinden elde edilen iki farklı PV modül parametresinden kaynaklanır. Bu parametreler; açık devre gerilimi (Voc) ve kısa devre akımı (Isc)'dir. Modül üreticisi kataloglarında beyan edilen Voc ve Isc değerleri, standart test koşulları (STC) 1000 W/m² ışınım, hava kütlesi 1,5 ve 25 °C hücre sıcaklığı için geçerlidir. Standart test koşulları dışındaki modül çalışmasını önemli ölçüde Voc (STC) ve Isc (STC) değerleri etkileyebilir. Bu değerlerin sahada değişimi, ışık şiddeti ve özellikle sıcaklık STC değerlerinden önemli ölçüde sapabilir. Aşağıdaki yükseltme katsayıları maksimum değerler için uygulanabilir.

1-Tekli ve çoklu kristal silisyum modüller için;

Tüm DC bileşenleri minimum akım/gerilim değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmalıdır.

- Gerilim: Voc (STC) x 1,15
- Akım: Isc (STC) x 1,25

2-Diğer tüm modül türleri için;

Tüm DC bileşenleri minimum aşağıdaki durumlarda değerlendirilmesi gerekir.

- İklim şartları göz önüne alınarak, bölgenin en kötü çalışma koşullarında, Voc ve Isc'nin üretici katalog verilerinden hesaplanması.
- Çalışma periyodunun tamamı için Voc ve Isc'deki artış değerlerin hesaplanması. Bu artış, yukarıdaki hesaplama ek olarak uygulanacaktır.

Not: PV modüllerinin bazı türleri standart tek ve çok kristalli modüllerden farklı sıcaklık katsayılarına sahiptir. Artan ışınımın etkileri daha belirgin olabilir. Bu gibi durumlarda, kristal silisyum modüller için kullanılan yükseltme faktörleri olası gerilim/akım artışını kapsamıyor olabilir. Buna ek olarak bazı ince film modülleri ilk haftalarda güneş ışığına maruz kaldığında oldukça yüksek bir elektrik çıkışına sahip olabilir. Bu artış sıcaklık / ışınım şiddeti değişimi ile açığa çıkanın üstündedir. Tipik olarak bu çalışma periyodu sırasında Voc, Isc çıkış (ve nominal güç çıkışı) standart çarpım faktörü kullanılarak hesaplanan herhangi bir değer üzerinde olacaktır. Eviricinin bu durumda aşırı boyutlandırmasını önlemek için bu süre zarfında PV dizi/dizesinin evirici bağlantısı yapılmamalıdır. Kesin bilgi için modül üreticisine başvurulmalıdır.

2.1.3 Fotovoltaik (PV) Dizi ve Dize Gerilimleri

Her zaman riski azaltmak için gerilimin minimum düzeyde tutulması arzu edilir, ancak birçok sistemde DC gerilim risk için kabul edilebilir değerleri (120V üzeri) aşacaktır. Bu gerilim seviyesi aşıldığı zaman, şok koruma önlemi için çift izolasyon uygulanır. Bu durumda akım/gerilim değerlerine uygun olarak belirlenmiş kabloların, bağlantı elemanlarının ve panoların kullanımı, TS HD 60364-4 (IEC 60364-4) standardında belirtilen önlemlerin yerine getirilmesi bakımından önemlidir.

PV dize geriliminin 120V geçmesi durumunda;

TS HD 60364-4 (IEC 60364-4) standardında "çift ya da kuvvetlendirilmiş yalıtım" tedbirine uygun olarak çift izolasyon (hem temel hem de tamamlayıcı izolasyonu kapsayacak şekilde) veya güçlendirilmiş izolasyon, uygun bir katman ve birimlerin

birbirinden ayrıştırılması DC devrenin tamamında uygulanmalıdır.

PV dizi/dize açık devre geriliminin 1000 V DC geçmesi durumunda yüksek gerilimli sistemlerdeki ilave zorluklar ve tehlikelerden dolayı PV dizi/dizesi bina üzerine kurulmamalıdır. Buna ilaveten sisteme erişim sadece fotovoltaik güç sistemi personeli tarafından yapılmalıdır.

2.1.4 Doğru Akım (DC) Kablolar

2.1.4.1 Kablo Akım/Gerilim Değerleri

Kablo akım/gerilim değerleri TS HD 60364 (IEC 60364) standartına göre belirlenmelidir. Bu hesaplamalarda yükseltme katsayıları da kullanılmalıdır. TS HD 60364 (IEC 60364) standardında açıklanan ve yaygın olarak kullanılmakta olan kablolar için kullanılan düzeltme katsayıları göz önünde bulundurulmalıdır.

Kablolar, STC'deki dize maksimum çalışma gücünde dizi/dize ve evirici arasındaki toplam gerilim düşümünün yüzde ikinin (%2) altında kalmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir.

2.1.4.2 Kablo Akım/Gerilim Değerleri

Hata riskinin en küçük seviyede olması için fotovoltaik üreteç DC kablo ve AC kablo mesafelerinin olabildiğince kısa tutacak şekilde tasarım yapılmalıdır.

Not: Bölüm 2.1.12 (uzun kablo mesafeleri için ilave DC korumalar) bölümünü de inceleyiniz.

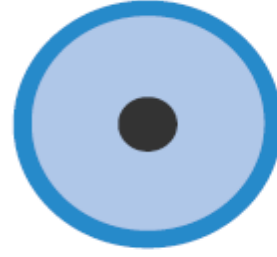
Şebeke bağlantılı bir PV sistemin DC tarafında kullanılan kabloların seçimi çalışılması muhtemel ortama göre ortam sıcaklığı, kablo döşeme tipi, kabloların birbirine olan etkisi (grup faktörü), gerilim ve akım koşullarına göre seçilmelidir. Bunlar özellikle PV modüllere yakın bölümlerde ışıının ve akımın sıcaklığı artırma etkisini göz önüne alınmalıdır.

Bu amaçlar için tasarlanmış “fotovoltaik üreteç kablosu (solar kablolar)” piyasada bulunmaktadır ve tesislerin tamamında bu kablolar kullanılmalıdır. IEC tarafından fotovoltaik üreteç kablolarla (solar kablo) ilgili bir standart hazırlanmaktadır ve bu standart yayınlanır yayınlanmaz buna uyulması beklenecektir. O zamana kadar kablolar da UL 4703 ya da TUV 2 Pfg 1169 08.2007 uygunluğu aranabilir.

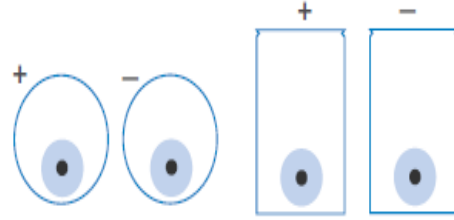
PV dizelerinin arkasına monte edilen kabloların -30 °C / 90 °C derece sıcaklık aralığında çalışması gereklidir.

Kabloların toprak hata ve kısa devre riskini en düşük seviyeye indirecek şekilde seçilmesi ve uygulanması gereklidir. Bunu sağlamak için kablonun koruması şu şekillerde güçlendirilir.

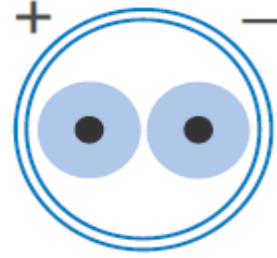
a) Çift izolasyonlu tek damar kablo



b) Boru ve kanal gibi mekanik korumalı tek damar izolasyonlu kablo. Alternatif olarak tek çekirdekli çelik zırlı tel kablo (SWA kablo) mekanik olarak dayanıklı bir çözüm olabilir.



c) Çelik zırlı çok damarlı tel kablo (SWA kablo). Modüllerin bağlantı kutusundaki (junction box) standart konnektörlere uygun olmamasından dolayı sadece PV dizi/dize bağlantı panosu (kutusu) ile evirici arasında kullanıma uygundur.



Dış ortamda kullanılan kablolar ultraviyole (UV) ışınımına dayanıklı ve su geçirmez olmalıdır. PV modüllerin arkasına monte edilenler gibi çevresel etkilere maruz kalması muhtemel kablolar dizelerin /modüllerin termal/rüzgar etkilerine karşı uyum sağlayacak şekilde esnek (çok telli) olmalıdır.

Fotovoltaik üreteç kabloları (solar kablolar), mekanik hasarların tespitinin çok zor olacağı bölümlere (duvar altına ve/veya bina yapısı içinde dışarıdan fark edilmeyen) şok (elektrik çarpması) ve yangın riskini arttıracığı için döşenmemelidir.

Eğer bu durumdan kaçınılamıyorsa iletkenlerin mekanik zorlamalara maruz kalması kablo kanalları ve borular kullanılarak engellenmeli veya TS HD 60364 (IEC 60364) standardında belirtilen koşullara uygun çelik zırlı kablolar kullanılmalıdır.

PV sistemler için harici kablo renk kodlamasına gerek yoktur. Harici olarak döşenen kablolar için UV dayanımına dikkat edilmeli veya kablolar UV'ye maruz kalmayacak alanlara döşenmelidir. PV üreteç kabloların UV dayanımı için renkleri siyahtır.

Eğer kablo uzunluğu 20 m ve üzerinde ise DC kablo yollarında yandaki örnek verildiği şekilde etiketleme yapılmalıdır.



Her 5 – 10 m’de etiketleme kablo güzergahının belirlenmesi için uygundur ve etiketlerin düzenli bir şekilde yerleştirilmesi gereklidir.

Birden çok PV dizi veya alt dizesi iletkenlerinin bir bağlantı panosunda toplanması gerekiyorsa her bir devrenin artı ve eksi kablolarının diğer devrelerin kablolarından kolayca ayırt edilebilmesi için beraber gruplandırılmalı ve etiketlenmelidir.

2.1.5 Dizi Kabloları

Birçok diziden oluşan PV dizesinde, DC tarafta oluşabilecek hata akımlarından dolayı arızalar meydana gelebilir. Bu durumda iki hususa dikkat edilmesi gerekir:

- 1- Aşırı yüklenmiş dizi kabloları ve
- 2- Aşırı miktardaki modül ters akımları.

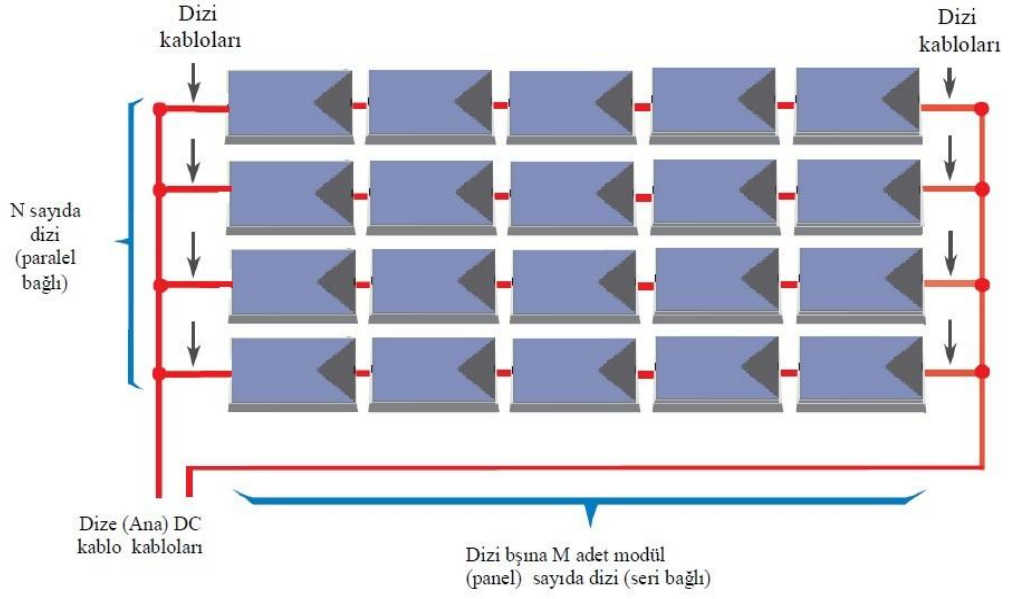
Her iki durumda da yangın riskinin ortaya çıkmasına sebep olabilirler. Dizi sigortaların kullanılmadığı küçük sistemlerde (maksimum ters akımın modül ters akım dayanımından küçük olması durumunda) temel yaklaşım dizi kablolarının mümkün olan en yüksek hata (arıza) akımını taşıyabilecek kapasitede seçilmesidir.

Bu metotta dizi kabloları herhangi bir hata akımının güvenli bir şekilde taşınabilmesine olanak sağlamalıdır. Böyle bir durumda hata temizlenmez ancak aşırı yüklenmiş kablolardaki yangın riski önlenmiş olur. Dizi sigortaları için bölüm 2.1.10’a bakınız.

Her birinde M adet modülün bulunduğu N adet paralel dizi için dizi kablolarının seçimi şu şekilde yapılır:

- Gerilim > $V_{oc} (STC) \times M \times 1,15$
- Akım > $I_{sc} (STC) \times (N-1) \times 1,25$
- Kablo Akım taşıma Kapasitesi (I_z), TS HD 60364 (IEC 60364) standartına göre hesaplanmalıdır. Bu durumda kablo döşeme şekli, güneş ışınım etkileri, ortam sıcaklığı ve gruplama gibi kurulum şartları da hesaplama dahil edilmelidir.

Dizi sigortaların kullanıldığı sistemlerde kablo kesitleri daha düşük seçilebilir, fakat her durumda düzeltme katsayıları da uygulandıktan sonra, I_z ’nin dizi sigorta değerlerinde ve $I_{sc} (STC) \times 1,25$ değerinden daha yüksek olması gerekir.



2.1.6 Ana DC Kablo

Her birinde M adet modülün bulunduğu N adet paralel dizi için DC dize (ana) kabloların seçimi şu şekilde yapılır:

- Gerilim > $V_{oc} (STC) \times M \times 1,15$
- Akım > $I_{sc} (STC) \times (N-1) \times 1,25$

Kablo Akım taşıma Kapasitesi (Iz) TS HD 60364-4 standartına göre hesaplanmalıdır. Bu durumda döşeme şekli, güneş ışınım etkileri, ortam sıcaklığı ve gruplama gibi kurulum şartları da hesaplamaya dahil edilmelidir.

2.1.7 DC Erkek ve Dişi Bağlantı Ekipmanı (Konnektörler)

Fotovoltaik sistemlere özel erkek ve dişi fotovoltaik üreteç bağlantı ekipmanı (konnektörler) üreticiler tarafından modüllere monte edilmiş halde gelir. Güvenli, dayanıklı ve etkili elektriksel kontak sağlamak için konektör kullanılması montajı daha güvenli ve basit hale getirir.

Bir PV sistemin uygulamasında; birlikte kullanılan erkek ve dişi konektörler TSE EN 50521 (IEC 50521) standartına uygun, aynı tip ve markalı olmalıdır.

PV dizilerinde kullanılan konektörler yukarıda dizi kablolarında açıklanan minimum gerilim ve akım anma değerlerine (Bölüm 2.1.5) uyumlu olmalıdır. DC dize (ana) kablolarında kullanılan konektörler de yukarıda DC ana kablolarında açıklanan minimum gerilim ve akım anma değerlerine (Bölüm 2.1.6) uyumlu olmalıdır.

Konnektörlerin UV, IP ve sıcaklık değerlerinin kullanım alanlarına uygun seçilmesi ve bağlantı yapılacak kablo ile uyumlu olması gerekir.

Kişilerin erişimine açık yerlerde bulunan konektörlerin ancak bir el aletiyle ve iki farklı hareketle açılacak şekilde kilitli yapıda üretilmiş olması ve üzerinde mutlaka

“DC dişi ve erkek konnektörleri yük altında ayırmayınız” uyarı yazısının bulunması gerekir.

Kablo konnektörleri meydana gelebilecek arklanmanın kalıcı zararlara yol açması ihtimaline karşılık yük altında DC anahtarlama ve ayırma için kullanılmalıdır.

Erkek Y konnektörler bağlantı panosu yerine kullanılabilir. Y konnektörlerin ulaşılabilir alanlara yerleştirilmesi ve gelecekteki problemlerde kolay ulaşılması için yerlerinin çizimlerde gösterilmesi gerekir.

Gerekli olması durumunda, konnektörlerin sıkılması için bağlantıların düzgün ve güvenilir bir şekilde yapılması bakımından özel aletler kullanılmalıdır. Doğru aletlerin kullanılmaması veya aletlerin doğru kullanılmaması elektriksel ve mekanik olarak bağlantıların zayıf kalmasına ve aşırı ısınma/yangın risklerinin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir.

2.1.8 Diğer Sıralı Kablo Bağlantıları

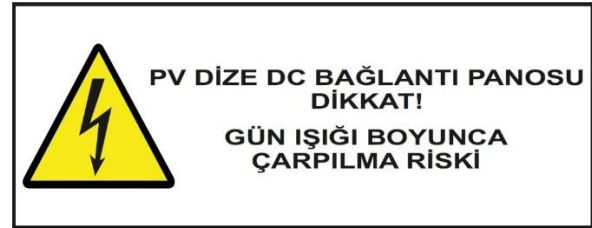
Kablo bağlantıları sertifikalı erkek dişi konnektörlerle veya DC bağlantı panosu ile yapılmalıdır. Kablo bağlantılarında lehimleme veya başka yöntemlerle bağlantı yapılmamalıdır.

2.1.9 Fotovoltaik Dize DC Bağlantı Panosu

Eğer birden çok paralel dizi mevcutsa, DC bağlantı panosu (bazen DC toplama panosu veya DC toplama kutusu olarak da adlandırılır) normal olarak paralel dizilerin bir noktada toplandığı yerdir. Panoda ayrıca dizi sigortaları ve ölçüm noktaları da bulunabilir.

DC bağlantı panosu üzerinde “PV dize DC bağlantı panosu, Dikkat! Gün ışığı boyunca çarpılma riski” uyarı levhası bulunmalıdır.

Tüm uyarı levhaları temiz, okunaklı, kolayca farkedilebilir olmalı ve PV sistem var olduğu sürece bulunmalıdır.



Not: Çalışmakta olan bir PV sistemde gün ışığında enerji olduğu unutulmamalıdır. Panoyu açan kimsenin bu durumdan haberdar olması gerekir. DC tesisatın tamamındaki kısa devre koruması DC bağlantı panosunun (kutusu) karkasında ve içindeki malzemelerde de sürdürülmesi gerekir (IEC 60536 ve IEC 61140).

Kısa devre korumasının şu şekilde sağlanması tavsiye edilir:

- Karkasın iletken olmayan malzemeden üretilmiş olması gerekir.
- Pozitif ve negatif baraların uygun ebatta izolasyon plakasıyla veya pozitif ve negatif bağlantı panoları olarak birbirinden yeterince uzak ve ayrılmış olması gerekir.

- Kablo ve terminal yerleşimlerinin montaj sırasında ve bakımlarda kısa devrelere mahal vermeyecek şekilde yapılmış olması gerekir.

2.1.10 Dizi Sigortaları

Bir modülün kısa devre akımı çalışma akımının çok az üzerindedir. Bu bakımdan tek dizili sistemlerde bir sigorta kısa devre akımını algılamaz ve temizlemez.

Birden fazla dizinin bulunduğu sistemlerde diğer paralel dizilerdeki akımların bir diziden akması yüksek hata akımlarını ortaya çıkması gibi durumlar görülebilir. Böyle durumlarda aşırı akım koruma cihazlarına gerek duyulur. Aşırı akım koruma tedbirleri sistem tasarımına ve paralel dizi sayısına bağlıdır.

Toplam akımın, modülün ters akım dayanım değerini aşması durumunda etkilenen modülün zarar görme ve yangın riski ortaya çıkar. IEC 61730-2 standardı PV modül güvenlik yeterliliği: Test [5] için gereksinimler ters akım aşırı yüklenme testini içerir. Bu ters akım testi üreticinin maksimum aşırı akım koruması değerinin veya maksimum seri sigorta değerinin belirlenmesi prosedüründe uygulanan bir yöntemdir. Maksimum seri sigorta değerinin üzerindeki hata akımları güvenlik riskini beraberinde getirir ve sistem tasarımı sırasında üzerinde durulmalıdır.

N adet paralel dizinin bulunduğu sistemlerde hata durumlarında gözlemlenen “Modül Maksimum Ters Akımı” şu şekilde hesaplanır:

$$I_R = (N - 1) \times I_{SC}$$

Bu durumda $I_R = (N - 1) \times I_{SC}$ modül maksimum seri sigorta değerinden büyük olması durumunda aşırı akım koruma cihazı kullanılmalıdır. Bazı hata kombinasyonlarının ortaya çıkma olasılığının diğerlerine göre daha düşük olması nedeniyle bütün kablo ve modüllerin korunması amacıyla dizi sigortaları hem artı hem de eksi kutuplar için kullanılmalıdır.

Not: Hata akımının modüller için risk taşımadığı belirlenen sistemlerde; sadece dizi kablo ve konnektörleri üzerinde durulmalıdır. Bu durumda ortak yaklaşım, dizi kablo ve konnektörlerini olası maksimum hata akımlarını taşıyabilecek kapasiteden yüksek seçmektir. Böyle bir önlem hatayı temizlemez ancak kabloların aşırı yüklenmesi nedeniyle ortaya çıkabilecek yangın riskini önler. Bölüm 2.1.5'e bakınız.

Eviricide birden çok MPPT girişinin olması ve hata akımlarının bu girişler arasında geçişinin mümkün olmaması durumunda her bir MPPT girişi dizi sigortalarının gerekli olup olmadığının belirlenmesinde ayrılmış alt – diziler olarak değerlendirilebilirler.

Sigortalar, ısınmadan kaynaklı olarak anma değerlerinin değişmesini önlemek için direkt güneş ışığına maruz kalmamalıdır. MCB kullanılabilmesi; dizi sigorta kriterlerine uymaları, endüktif devrelere uygun olmaları ve her iki yöndeki akımlara reaksiyon gösterebilmeleri durumunda kabul edilebilir. Çıkarılabilir dizi sigortaların (silindirik/kartuş sigorta) kullanıldığı uygun donatılmış bir sistem, dizi ayırma (izolasyon) gereksinimlerini de yerine getirebilir (Bakınız bölüm 2.1.12.1).

2.1.10.1 Dizi Sigorta Seçimi

Aşağıdaki hususlar; PV dizisinin sistemde hata akımı üretebilecek tek unsur olduğu yani bataryasız, şebeke bağlantılı sistemlerde geçerlidir. Batarya veya diğer hata akım

kaynakları için ayrıca değerlendirilmelidir.

Her birinde M adet modülün bulunduğu N adet seri bağlı diziden oluşan bir sistem için;

- $(N-1) \times I_{sc} > \text{Modül maksimum seri sigorta değeri}$ ise bütün diziler için dizi sigortaları kullanılmalıdır.
- Hem negatif hem de pozitif dizilere sigorta konulmalıdır.
- Dizi sigortaları IEC 60629-6 standartına uygun ve gPV tipinde olmalıdır.
- Dizi sigortaları $V_{oc} (STC) \times M \times 1,15$ gerilim değerinde çalışmaya uygun olmalıdır.
- Dizi sigortalarının In akım değerleri şu şekilde hesaplanır:
 - o $I_n > 1,5 \times I_{sc} (STC)$
 - o $I_n \leq 2,4 \times I_{sc} (STC)$
 - o $I_n \leq \text{Maksimum seri sigorta değeri}$

2.1.11 Bloklama Diyotları

Dizi sigortaları, koruma işlevini daha iyi yerine getirdiği için şebeke bağlantılı sistemlerde bloklama diyotları pek tercih edilmez. Fakat farklı tipte modüle sahip çoklu – dizili sistemlerde, özellikle ince film modüllerde, sadece dizi sigortaları veya MCB'lerle gerekli aşırı/ters akım korumasının sağlanması mümkün değildir.

Bunun nedeni $I_{sc} \times 1,25$ değerinden büyük fakat modülün ters akım koruma değerinden küçük bir dizi sigortasının/MCB'nin belirlenememesidir.

Bu nedenle şu hususlara dikkat edilmesi gerekir:

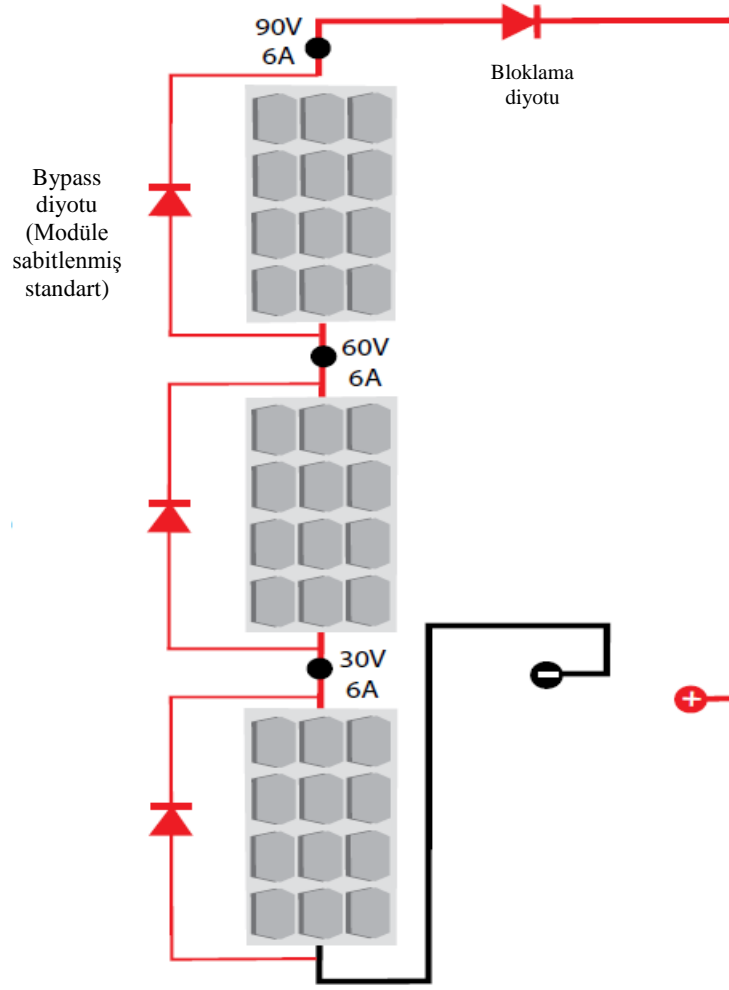
- Bloklama diyodunun montajı diyot kutupları arasında gerilim düşümüne sebep olur.
- Bloklama diyotları kısa devre korumasında başarısız olabilir. Bu yüzden testleri dikkatli yapılmalıdır.

Birçok dizi sigortasının özelliği, bloklama diyotlarında görünen problemler ve gerilim düşümleri olmaksızın yeterli ters akım korumasını sağlarlar. Bloklama diyotları kullanıldığında dizi sigortaları tarafından desteklenmeleri gerekir.

Bloklama diyotlarının:

- Ters gerilim değeri $> 2 \times \text{maksimum sistem gerilimi}$ (Bölüm 2.1.2'de hesaplandığı şekilde)
- Akım değeri $> 1,4 \times I_{sc}$ (I_{sc} dizi/alt dize/dize için ilgili kısa devre akımı)
- Soğutucularının olması gerekir

Not: *Bloklama diyotlarının bypass diyotlarıyla karıştırılmaması gerekir. Bypass diyotları modülün arkasında modül bağlantı kutularının içinde bulunur ve akımların yüksek rezistanslı (genellikle gölgelenen) hücreleri ve/veya modülleri bypass etmesine yarar.*



2.1.12 DC Ayırma ve Anahtarlama

Aşağıdaki tablo bir PV dizinin DC tarafındaki ayırma ve anahtarlama gereksinimlerini açıklamaktadır:

DC Devre	Anahtarlama	Ayırma
Dizi	Gerekli Değil	Diziyi ayırmak için kolay ulaşılabilir bir ayırıcı bulunmalıdır.
Alt Dize	İsteğe Bağlı	Alt dizeyi ayırmak için kolay ulaşılabilir bir ayırıcı bulunmalıdır.
Dize	Eviricinin DC tarafında kolay ulaşılabilir bir yük kesicili anahtar bulunmalıdır.	

Uzun DC kablo güzergahlarının bulunduğu PV sistemlerde; kabloyu güvenlik veya bakım amacıyla ayırmak için ilave bir DC anahtar veya ayırıcı bulunmalıdır.

2.1.12.1 Ayırma

Ayırma; tesisin belirli bir kısmının, geri kalan kısımlarından güvenlik veya bakım nedeni ile enerji kaynaklarından ayrılarak beslemesinin kesilmesidir (TS HD 60364).

Ayırma hem negatif hem de pozitif kablolarla uygulanmalı ve bütün ayırma ekipmanına kolaylıkla ulaşılabilir.

Dizi ayırması: Erkek – dişi konnektörler veya çıkarılabilir dizi sigortaları gibi yöntemlerle uygulanır.

Alt dize ayırması: Çıkarılabilir dizi sigortası veya yük ayırıcı gibi yöntemlerle uygulanır.

Dize ayırması: Dize yük ayırıcı ile uygulanır.

2.1.12.2 Yük Kesiciler – Genel İhtiyaçlar

DC tarafa monte edilmiş bir yük kesici aşağıdaki şartları sağlamalıdır:

- Kesici enerjili iletkenlerin tamamını ayırmalıdır (hem pozitif hem de negatif iletkenleri ayırmak için çift kutuplu olmalıdır)
- Kesici hesaplanan maksimum DC çalışma gerilimine dayanıklı olmalıdır.
- Kesici hesaplanan maksimum DC çalışma akımına dayanıklı olmalıdır.
- Kesici “PV Üreteç DC Ayırıcısı” şeklinde etiketlenmeli, açık (ON) ve kapalı (OFF) pozisyonları net olarak işaretlenmelidir. Kesici muhafaza panoları “Tehlike – gün ışığında enerjilidir” ifadesiyle etiketlenmelidir. Bütün etiketler okunaklı, kolayca görülebilen ve muhafazanın ömrü boyunca silinmeyecek ve zarar görmeyecek şekilde olmalıdır.

Not: Yukarıdaki şartların tamamının sağlanması şartıyla bir devre kesici de kullanılabilir.

2.1.12.3 Dize Yük Kesicisi

Bölüm 2.1.12’de açıklandığı üzere evirici DC girişinde kolayca ulaşılabilir bir DC kesicinin bulunması zorunludur. Bu kesici aşağıdaki şartlardan birini sağlamalıdır:

- Eviricinin yanına fiziksel ayırmayı sağlayacak bir yük kesici monte edilmelidir veya,
- Eviriciyi bağlı olduğu bölümden elektriksel bir tehlike olmaksızın ayıracak, eviriciye mekanik olarak bağlı bir yük ayırıcı kullanılabilir veya,
- Sadece kesici açık pozisyondayken kullanılmak üzere evirici bir ayırma mekanizmasına sahipse (örneğin yük kesicinin kolunun kaldırılması durumunda ulaşılabilen konnektörler) eviriciye entegre yük kesiciler kullanılabilir veya,
- Evirici bir alet yardımıyla açılıp kapanabilen bir ayırma mekanizmasına (konnektörler) sahipse ve bunlar kolay görülen ve okunan bir şekilde “Yük Altında Ayırma” ifadesiyle etiketleniyorsa eviriciye entegre bir yük kesici kullanılabilir.

2.1.12.4 AC Modül Sistemleri

Eviriciler PV modüllerin hemen yanında veya modüle entegre olması durumunda bile TSE HD 364-7-712 (IEC 60364-7-712) standartına göre bir yük kesicinin bulundurulmasını zorunlu kılar.

Fakat olaya uygulama perspektifinden yaklaşıldığında sistemin aşağıdaki şartları yerine getirmesi durumunda bir DC ayırıcıya gerek duyulmayabilir.

- Her modüle sadece bir adet evirici bağlı ise,
- PV bağlantı kutusu (junction box) kablolarından başka ilave kablo kullanılmadı ise,
- Çok düşük gerilim bandındaki gerilimler aşılmamakta ise (iletkenler arasında veya iletken toprak arasında 50 V AC veya 120 V dalgacıktan arındırılmış DC'yi geçmeyecek),
- DC kablolarında erkek – dişi konnektörler bulunmalıdır.

TUS sistemin tasarımını dikkatli yapmalı ve yük kesicinin kullanılmaması durumunda dağıtım şirketine verilen tasarımda şerh düşülmelidir.

2.2 Yıldırımdan Korunma, Topraklama, Aşırı Gerilimden Korunma

2.2.1 Yıldırımdan Korunma

Bu Şartname'de yıldırımdan korunma ile ilgili derinlemesine bilgi aktarılmayacak, sadece aşağıdaki gibi bir özet geçilecektir. Daha detaylı bilginin gerekmesi durumunda TSE EN 62305 (IEC 62305) ve TS CLC/TS 50539-12 (Alçak gerilim için ani yükselmelere karşı koruyucu cihazlar - DC gerilim içeren özel uygulamalar için ani yükselmelere karşı koruyucu cihazlar - Bölüm - 12 : Seçim ve kullanma esasları - Fotovoltaik tesisatlara bağlanan SPD'ler) standardlarına müracaat edilmelidir.

Çatıya monte klasik PV sistem kurulumlarının direk yıldırım çarpmasına karşı çok küçük bir risk arz ettiği genel kabul görmüş bir düşüncedir. Fakat PV sistemin çok büyük olması, yüksek bir binanın çatısına kurulması, PV sistemin çevredeki en yüksek yapı olması veya PV sistemin açık bir araziye kurulması bu duruma istisnadır. Ancak PV sisteminde yıldırım ve aşırı gerilime karşı koruma, tasarım ve mühendislik çalışmaları için risk analizinin yapılması önemlidir.

Yapı mevcut bir Yıldırımdan Korunma Tesisatına (YKT) sahipse metal konstrüksiyonun bu tesisata irtibatlandırılıp irtibatlandırılmayacağı, eğer irtibatlandırılacaksa iletken kesitleri hakkında TUS karar vermelidir.

YKT'nin mevcut olduğu durumda; PV sistem bileşenleri yakalama çubuklarından ve ilgili iletkenlerden (TSE EN 62305 standartına bakınız) uzağa monte edilmelidir. Örneğin bir evirici dış yüzeyinde YKT sisteminin iletkenlerinin geçtiği bir duvarın içe bakan tarafına monte edilmemelidir.

2.2.2 Topraklama

Üretim tesisinin topraklama sistemi şebekenin topraklama sistemine uygun olmalı ve 21/8/2001 tarihli ve 24500 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Tesislerinde

Topraklamalar Yönetmeliğinde belirtilen şartlar dahilinde yapılmalıdır.

Eviricilerin Sınıf I kategorisinde bulunması nedeniyle AC terminallerinde topraklama yapılması zorunludur. Sınıf I eviricilerin sahada konstrüksiyon ekipmanına monte edilmesi durumunda topraklama için gerekli önlemlerin alınması gereklidir.

PV üretici oluşturan PV modüllerin ve diğer ekipmanın üretici talimatları, en uygun topraklama tertibatının sağlanması için göz önünde bulundurulmalıdır.

PV sistemlerin eviriciye bağlanması durumunda, IEC 62109-2 (PV güç sistemlerinde kullanılan güç dönüştürücülerde güvenlik – Bölüm 2: Eviriciler için zorunluluklar) topraklama tertibatına göre (ve evirici topolojisine göre) zorunlulukları ortaya koyar. Bunlar asgari evirici izolasyon zorunlulukları, üreteç toprak izolasyon direnci ölçüm zorunlulukları ve üreteç artık akım belirleme ve toprak hata alarımı zorunluluklarıdır.

2.2.3 Aşırı Gerilimden Korunma Önlemleri

Sistemdeki DC kabloların hepsi mümkün olduğunca kısa döşenmeli ve aynı dizide veya ana DC hattındaki artı/eksi iletkenleri sistemde döngülerin oluşumunu önlemek üzere yan yana döşenmelidir. Bu şart ilgili toprak/eş potansiyel bağlama iletkenleri için de geçerlidir.

Uzun kablolar (örneğin uzunluğu 50 metrenin üzerinde DC ana hattı) topraklanmış metal boru veya tava içinde döşenmeli veya zırlı/blendajlı kablolar kullanılmalıdır.

***Not:** Bu önlemler hem kabloları endüktif darbelere (surge) karşı koruyacak hem de endüktansı arttırarak darbe iletimlerini zayıflatacaktır. Tava veya borular, suyun ya da nemin birikmesini önleyecek şekilde tasarlanacaktır.*

Şebeke bağlantılı eviricilerin bir çoğunda entegre darbe gerilim koruma tertibatı mevcuttur; bunun yanısıra evirici dışında kullanılan koruma cihazları da vardır.

***Not:** Eviriciye entegre aşırı gerilimden koruma cihazları sadece Tip III (D sınıfı) tipinde olabilir ve tasarımcı ilave olarak DC veya AC tarafa Tip I (B sınıfı) veya Tip II (C sınıfı) parafudr koyabilir. AC sistemin korunması için darbe koruma cihazları (Surge Protection Device - SPD) AC besleme ana bağlantı noktasına monte edilebilir.*

2.3 AC Sistem

2.3.1 AC Kablolama

PV sistem eviricileri aşağıdaki gereksinimlere göre TS HD 60364 (IEC 60364) standardına uygun olarak sadece bu işleve adanmış bir hatta monte edilirler:

- Akım çeken bir ekipman bu hatta bağlanmaz.
- Akım çeken bir ekipmanın ileride bu hatta bağlanması için bir ön hazırlık yapılamaz.
- Bu hat üzerinde bir soket priz bulunamaz.

***Not:** Bu Şartname'de veri izleme ve depolama cihazları (datalogger) akım çeken ekipman olarak kabul edilmezler ve PV sistemle aynı hatta bağlanabilirler.*

Tek bir hattın birden çok eviriciyi beslemesi durumunda, bu hatta monte edilecek koruma cihazının akım değeri evirici üreticisi tarafından önerilen MCB akım

değerinden daha düşük olmalıdır. Eviricinin hatta enerji varken kontakları canlı olan bir fiş üzerinden bağlanmaması ve AC kabloların TS HD 60364 (IEC 60364) standardına göre seçilip, döşenmesi gerekir.

Evirici(ler)i tüketicilere bağlayan AC kabloların gerilim düşümünü minimize edecek şekilde seçilmesi gerekir. Yüzde bir (%1) veya daha düşük bir gerilim düşümü önerilir. Fakat büyük sistemlerde kablo kesitini ve maliyeti çok yukarılara çıkaracağı için bu kurala uyulmayabilir. Bu durumda tasarımcının gerilim düşümünü mümkün olduğunca düşük tutması ve TS HD 60364 (IEC 60364) standardındaki limitler içinde kalması gerekir.

***Not:** Yüzde bir (%1) gerilim düşümü önerisi iki farklı sebebe dayanır: birincisi üretimdeyken evirici terminallerindeki gerilim tüketici bağlantı noktasındaki gerilimden daha yüksektir – yüksek güç üretimi sırasında gerilim düşümünün eviricinin yüksek gerilimde kapatmaya (trip) girmesinin önlenmesi için minimumda tutulmasıdır; ikincisi ise PV sistemdeki kayıpları minimumda tutma gereksinimidir.*

2.3.2 RCD Koruma

Elektrik tesisinin, DC hata akımlarının tesisin AC tarafına geçmesine engel olamayan bir PV üretici kapsamı ve tesisin TSE HD 60364 (IEC 60364) standartının genel kurallarına uygunluğu için bir RCD'ye ihtiyaç duyulması durumunda, seçilen RCD'nin TS EN 62423 (IEC 62423) standardında tarif edildiği üzere Tip B (RCCB) olması gerekir. DC hata akımlarının sistemin AC tarafına geçişini eviricinin engelleyemediği ile ilgili bir şüphe duyulması durumunda evirici üreticisine başvurulmalıdır.

2.3.3 AC Ayırma ve Anahtarlama

Standartlara uygun bir tasarım sağlamak için:

PV sistemin aşağıdaki şartları sağlayan bir ayırma (isolation) anahtarına bağlanması gerekir:

- Hattı ve nötr iletkenlerini ayırmalıdır.
- Kapalı (OFF) konumundayken emniyette olmalıdır.
- Kolay ulaşılabilir bir yerde olmalıdır.

Anahtar açık (ON) ve kapalı (OFF) konumları açıkça seçilebilmelidir ve "PV Sistem – Ana AC ayırıcısı" etiketi olmalıdır.



Tesisin AC tarafında ayırma ve anahtarlama sistemi TSE HD 60364 (IEC 60364) standardına uyumlu olmalıdır. Evirici ile AC şebeke beslemesinin irtibatını kesecek şekilde bir ayırıcı bulunmalıdır.

***Not:** Tesiste her hangi bir anahtarlı kesicinin bulunduğu noktada, şebeke beslemesi kaynak, PV tesisi de yük olarak kabul edilir.*

2.3.4 Eviriciler

Eviriciler İlgili Teknik Mevzuat ve İlgili Mevzuat'a uygun bir tip test sertifikasına sahip olmalıdır.

***Not:** Eviriciler ile ilgili önemli bir emniyet koşulu şudur: şebekede enerji yok iken PV sistemin ayrılması gerekir. Planlı ya da plansız enerji kesintilerinde PV sistemin şebekeyi veya yerel dağıtım sistemini besleyip elektrik çarpma riskinin ortaya çıkmasını önlenmesi için bu zorunludur. Bu durum "adalanma" olarak adlandırılır ve şebeke/dağıtım sisteminde çalışanlar için potansiyel bir tehlike arz eder. İlgili teknik ve ilgili mevzuat bir PV sistemin adalanmada çalışmasının önlenmesi için ciddi önlemler alınması gerektiğini ortaya koyar. Ayrıca, harmoniklerin önlenmesi, EMC uyumluluğu ve DC enjeksiyonun sınırlar içinde kalması zorunludur.*

2.3.4.1 Evirici Kapasitesinin Belirlenmesi

Şebeke bağlantılı PV sisteminde kullanılan bir evirici kapasitesinin belirlenmesi bir çok faktöre bağlıdır. Bunlar:

- Türkiye dağıtım şebeke şartlarında çalışmaya uygunluğu
- Çalışma sıcaklığındaki değişimlere göre üretcin geriliminin dalgalanması
- Eviricinin izin verilen maksimum giriş gerilimi
- Eviricinin MPP (Maksimum Çalışma Noktası) gerilim aralığı
- Tercih edilen evirici – üretç güç oranı

Eviricinin kapasite ve adetlerinin belirlenmesi evirici üreticisinin kılavuzluğunda – genellikle üreticinin sistem boyutlandırma yazılımı ile yapılması gerekir.

Sistemde farklı yöneylem (güneyle yapılan açı) ve eğim (yatayla yapılan açı) açılarına sahip bir çok dizi/dizenin bulunması durumunda diziler ve dizeler çoklu sayıda MPPT ünitesine sahip evicilere bağlanmalıdır veya tek MPPT'li daha küçük güçte eviriciler kullanılmalıdır. Bunun sebebi; farklı yöneylem ve eğim açılarına sahip panel gruplarını aynı MPPT ünitesine bağlamak sistem genel performansını önemli ölçüde düşürür.

Evirici maksimum dizi/dize gerilim ve akımına güvenlikle dayanacak şekilde seçilmelidir (Bölüm 2.1.2'de açıklandığı üzere). Bu bazı modüllerde görülen başlangıç aşırı gerilimini de kapsamalıdır. Ayrıca, eviricinin DC gerilim çalışma aralığı düşük sıcaklıklarda bile dizi açık gerilimini kapsamalıdır.

Sıcaklık aralığı: Bir evirici düşük ve yüksek sıcaklıklarda işletimini sürdürebilmelidir. Uygun sıcaklık aralıkları için kurulum sahası şartları ve panel montaj metotları (ör: binaya entegre sistemler çatı üzeri sistemlerden daha çok ısınır) göz önünde bulundurulmalıdır.

Güç oranı: Evirici nominal gücünün PV üretç nominal gücünden daha az olması genel bir uygulamadır. Türkiye'de evirici/üreteç güç oranı genellikle %80 – %120 aralığında seçilir.

Evirici havalandırması: Eviriciler ısı üretir ve yeterli derecede havalandırılmalıdır. Üretici tarafından belirlenen montaj açıklık mesafeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Jeneratör ve ısıtıcıların bulunduğu odalar veya yüksek sıcaklıklara maruz kalan çatı ve arazi bölümleri gibi yerler aşırı ısınmaların önlenmesi bakımından dikkatle gözden geçirilmelidir. Bunlarla ilgili yapılacak hatalar maksimum çalışma sıcaklığına

ulaştığında eviricilerin güç kısıtına gitmelerinden dolayı sistem performansında ciddi kayıplara yol açar. Bu bilgilerin müşteriye teslim edilecek çalışma ve kullanım kılavuzlarında belirtilmesi ve cihazların yanına “havalandırmayı engellemeyiniz” uyarılarının bırakılması gereklidir.

Not: Eviricilerin üzerinde “Evirici – müdahale etmeden önce ana şebeke (AC) ve PV üretecten (DC) izole ediniz” uyarısının bulunması gereklidir.

2.3.5 AC Kablo Koruma

Eviriciden çıkan kabloların korumaları dağıtım panosu içinde olmalıdır. Bu koruyucu önlemler TSE HD 60364 (IEC 60364) standartına göre belirlenmeli ve uygulanmalıdır.

Bir çok durumda PV üretecin ve eviricinin doğası gereği aşırı akım (yüklenme) gereksinimlerini ortadan kaldırır ve bu yüzden tasarımcı sadece arıza akım korumasını göz önünde bulundurur.

Hattın başlangıcındaki (dağıtım panosu) TSE HD 60364 (IEC 60364) standartına uygun olarak alınan koruma önlemi, hattın evirici ucunda ilave bir aşırı yüklenme koruması yerleştirmeyi gereksiz kılar.

2.3.6 Sayaçlar

Sayaçlar İlgili Teknik Mevzuat ve İlgili Mevzuat’a uygun olarak tasarlanmalı ve uygulanmalıdır.

2.3.7 Tasarım Uygunluk

- a) Tesis sahibinin yetkili kıldığı Teknik Uygulama Sorumlusu (TUS), uygulamaya başlamadan önce bu şartname çerçevesinde hazırlamış olduğu elektrik tasarımını ilgili şebeke işletmecisi veya TEDAŞ Bölge Koordinatörlüklerine sunar. İlgili şebeke işletmecisi veya TEDAŞ Bölge Koordinatörlüklerine bu tasarıma ilişkin olumlu veya olumsuz görüşünü (Tasarım Uygunluk Belgesi) 15 iş günü içerisinde yazı ile bildirir.
- b) Tesis sahibinin yetkili kıldığı Teknik Uygulama Sorumlusu (TUS), uygulamaya başlamadan önce bu şartname çerçevesinde hazırlamış olduğu inşaat (statik) tasarımını ruhsat veren kurum veya Yapı Denetim Şirketine sunar. Ruhsat veren kurum veya Yapı Denetim Şirketi bu tasarıma ilişkin olumlu veya olumsuz görüşünü (Tasarım Uygunluk Belgesi) 15 iş günü içerisinde yazı ile bildirir.

İlgili şebeke işletmecisi/TEDAŞ Bölge Koordinatörlükleri ve ruhsat veren kurum veya Yapı Denetim Şirketi tarafından alınan olumlu görüşler sonucu uygulama aşamasına geçilebilir.

Modüller ile çatı kaplaması arasındaki mesafe en az;

- Kiremit kaplı çatı :60 mm,
- Metal, trapez veya sandviç kaplamalı çatı: 100 mm
- Diğer çatı kaplamaları için: 80 mm

olmalıdır.

Not: Hava boşluğu bırakmanın PV sistemin performansını arttırdığı testlerle kabul edilmiştir.

3.5 Diğer Faktörler

Diğer faktörlerde sistem performansını etkiler. Bunlar;

Modül karakteristikleri ve üretim toleransları

Evirici verimliliği

Evirici – dizi uyumsuzluğu

Kablo kayıpları

Tozlanma kayıpları

Şebekeden kaynaklı arıza kayıpları

3.6 Fotovoltaik Performans Tahmini

Şebeke bağlantılı bir PV sistemin yıllık performansı bir çok faktöre bağlı olacağından tasarım aşamasında tahmin raporu hazırlanmalıdır. Bu raporun yazılım kullanılarak yapılması doğru sonuç açısından önemlidir. Eğim, yön ve gölgelenme bir PV sistem performansını etkileyen üç ana faktördür. Çizimler, haritalar ve fotoğraflar eğim ve yönünü belirlemek için uygun bir araç olmakla birlikte, olası gölge etkilerinin doğru tahmini için site/saha ziyareti gereklidir. Yaklaşık tahmin için EK-D verilen harita değerleri alınabilir.

4. Uygulama (Saha/Montaj) Çalışmaları

Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli, iş sağlığı ve güvenliği ile çevreye ilişkin yasal mevzuata uyarak belirlenmiş önlemleri alarak, kalite sistemleri çerçevesinde; tasarımı ve iş programı tamamlanmış ve gerekli teçhizatı temin edilmiş fotovoltaik güç sistemlerinde, montaj şemalarına uygun biçimde denge bileşenlerinin ve fotovoltaik modüllerin mekanik montajını yapan, tasarım planlarına uygun biçimde mekanik yapı kurulumunu gerçekleştiren, montaj işlemleri sırasında kullanılacak araç, gereç, malzeme ve aparatları hazırlayan, sistem bileşenlerini montaj şemasına uygun biçimde konumlandıran, çalışılan yerin temizliğini ve emniyetini sağlayan, kullanılan ekipmanın bakım ve temizliğini üstlenen ve mesleki gelişim faaliyetlerine katılan nitelikli kişidir.

Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli mesleğinin gerektirdiği sağlık, güvenlik ve çevre ile ilgili mevzuata uymakla yükümlüdür.

Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli, açık alanda, çatı, kule, bina sathı, direk gibi yüksek mevkilerde, gemi ve benzeri deniz taşıtlarında çalışır. Bazen montajı, ada veya dağlık bölgeler gibi erişimi güç ve elektrik şebekesinin ulaşmadığı ücra yerlerde yapmak zorunda kalabilir. Çalışma ortamının olumsuz koşulları arasında gürültü, koku, toz, yüksek derecede güneşe maruz kalma, çok sayıda elektriksel ve mekanik bileşenin bağlantılarından kaynaklanan karmaşıklık sayılabilir. Çalışmalar sırasında diğer meslek elemanları ile etkileşimli ve dönüşümlü çalışmalar yapması gerekebilir.

Mesleğin icrası esnasında iş sağlığı ve güvenliği önlemlerini gerektiren kaza ve yaralanma riskleri bulunmaktadır. İşlemler sırasında uygun kişisel koruyucu donanım kullanarak çalışması zorunludur.

4.1 Fotovoltaik Sisteme Özgü Tehlikeler

Fotovoltaik sistem kurulumu için risk belirlemesi yapılırken, PV'ye özel tehlikelerden bahsetmek gerekir. Bu risklerin bazıları yüksekte çalışma, elle taşıma, cam işleme, inşaat işleri vb olarak sıralanabilir.

Ayrıca, PV modülleri güneş ışığına maruz kaldıkları anda elektrik üretmeye başlarlar ve kapatılamazlar. Bu nedenle diğer elektrik tesisat kurulumlarına göre bir PV sistem kurulumu canlı bir sistemde çalışmak demektir. Tesiste çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve ilgili yönetmelik, tebliğlere göre çalıştırılmaları zorunludur.

Akım sınırlayıcı ekipman olarak, PV modül dizileri hata anında sigortalar tarafından farkedilip ayrılamazlar. Nitekim kısa devre akımları nominal akımlarından biraz yüksektir. Hata oluştuğu zaman uzun süre tehlikeli olarak kalabilir.

İyi kablolama ve tasarım daha sonra sistemle uğraşacak kişilerin de elektrik çarpmamasına karşı yardımcı olur. Beklenmeyen arıza akımları yangın tehlikesine dönüşebilir. Böyle bir durumu engellemek için sigorta dışında iyi tasarım, dikkatli kurulum çok önem kazanır.

PV tesislerde çalışanların başka bir riski düşme, hasar görme gibi durumlar nadiren de olsa karşımıza çıkar. Aynı zamanda elektrik çarpmasına karşı da dikkatli olunmalıdır.

4.2 Doğru Akım (DC) Devreler

4.2.1 Personel

PV sistem montajı konusunda, DC gerilim üzerinde çalışan bütün personel eğitilmiş ve deneyimli olmalıdır. DC tarafta çalışacak “Fotovoltaik Güç Sistemi Personeli”nin, 40 saatten az olmamak üzere temel PV, uygulama ve bakım konusunda eğitilmiş/sertifikalı olmalıdır. Bu eğitim/sertifika üniversiteler, meslek odaları, özel eğitim kurumları, kamu kurum ve kuruluşları vb. yerlerden alınabilir.

Bu madde ile ilgili uygulama 2016 yılından itibaren yürürlüğe girecektir.

4.2.2 Dizi/Dize İşlemleri

Bir PV dizi/dizesi montajı yapılırken üreticinin talimatlarına her zaman dikkat edilmelidir. Aynı anda erişilebilen canlı pozitif ve negatif kısımlarla çalışmadan önce iyi muhafaza edildiğinden emin olunmalıdır. Kablolar, özellikle rüzgara maruz kalacak olanlar iyi desteklenmelidir. Kablolar iyi sabitlenmeli (UV dayanıklı bağlarla), öngörülen bölgelerde veya mekanik koruma içinde güzergahı yapılmalı ve keskin kenarlardan korunarak geçirilmelidir.

4.2.3 Canlı Çalışma

PV kurulumunda canlı (enerji altında) çalışma kaçınılmazdır. Ancak sistem tasarımdaki önlemler ve çift yalıtım ile şok korumaya karşı önlem sağlanır. Ayrıca, sadece bir DC iletken elindeyken çalışmak düşük bir tehlike arz etse de bu tehlike uygun koruyucu aletlerle azaltılmalıdır.

Eğer bir yerde aynı anda çıplak artı ve eksi kutuplarıyla çalışmak gerekirse uygun yalıtkan eldiven ve araçlar kullanılmalıdır. Geçici bir uyarı işareti ve bariyer kullanılmalıdır.

Canlı kablolarla çalışmada tehlikeyi azaltmak için geceleri de (yeterli aydınlatma ile) çalışmak mümkündür. Alternatif olarak bir dizeyi örtmek de çalışılabilir. Fakat bir PV dizeyi örtmek kurulum süresince hava şartlarından dolayı o örtüyü korumak pratik olmayacağı için genelde tavsiye edilmez.

4.2.4 Elektrik Çarpma Tehlikesi (Güvenli Çalışma Uygulamaları)

Alınan tüm önlemlere rağmen, santral sahasında bulunan bir kişi, elektrik çarpması tehlikesi ile karşılaşabilir. Sistemin herhangi bir bölümüne dokunmadan önce parçaların geriliminin varlığı açısından test edilmelidir. Bir PV sistemde kapasitif elektrik birikebilir. Yalıtım eldivenleri giymek ve bunun yanında izole bir malzeme üzerinde oturmak bu tehlikeyi önleyebilir.

Bir PV dizesinin toprağa kaçak akımıyla da bir elektrik şok yaşanabilir. İyi kablolama çift izolasyon ve çift veya güçlendirilmiş yalıtım (sınıf II) modüller önemli ölçüde bu sorunu azaltabilir.

5.1.2 Mevcut Yapı Genel Bilgileri

PV (GES) sistemin kurulacağı mevcut yapının taşıyıcı sistem bilgileri ruhsat veren kurum veya Yapı Denetim Şirketinden temin edilmelidir. Ruhsat veren kurumdan veya Yapı Denetim Şirketinden mevcut yapının taşıyıcı sisteminden temin edilecek belge ve bilgiler aşağıda özetlenmektedir.

- Mevcut yapının taşıyıcı sistem cinsi bilgileri,
- Mevcut yapının taşıyıcı sisteminde kullanılan malzeme bilgileri,
- Mevcut yapı karkas yerleşim plan ve kesit bilgileri,
- Mevcut yapının düşey taşıyıcı sistem (kolon, perde duvar, dikme vb.) kesit, mukavemet ve aks aralık bilgileri,
- Mevcut yapının yatay taşıyıcı sistem (makas, giriş, döşeme, kuşak, hatıl vb.) kesit, mukavemet ve aks aralık bilgileri,
- Mevcut yapı çatı aşık veya mertek elemanlarının kesit, mukavemet ve aks aralık bilgileri,
- Mevcut yapı çatı kaplamalarının malzeme, kesit, aşık aralık mesafesine göre yük taşıma kapasite ve bağlantı eleman bilgileri,

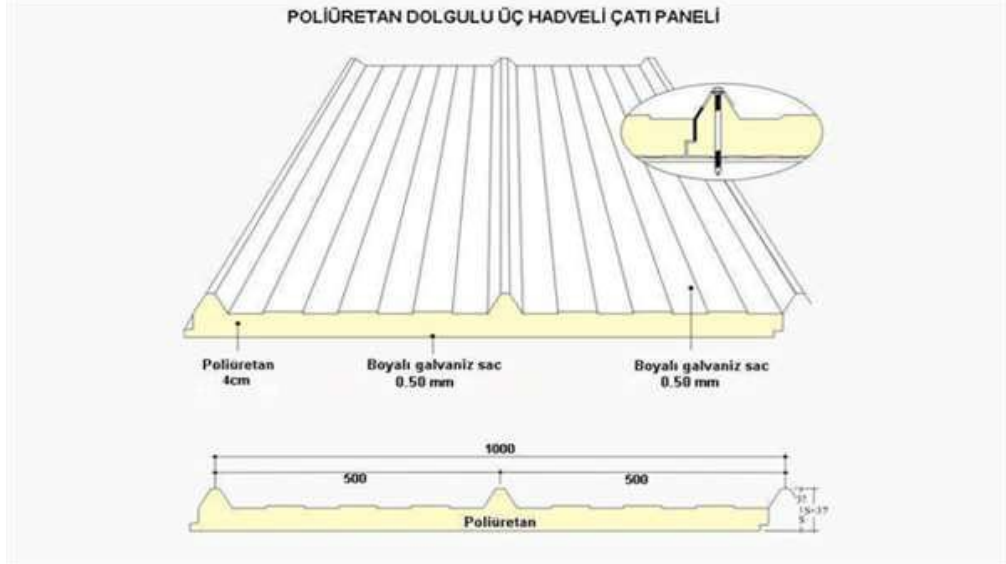
5.1.3 Mevcut Yapı Taşıyıcı Sistem Kapasite Kontrolleri

5.1.3.1 Mevcut Aşık veya Mertek Elemanlarının Kesit ve Sehim Tahkikleri

- **Mevcut aşık veya mertek elemanlarının yük ve moment hesabı;**
 - G: Çatı kaplama yükü+ güneş panel yükü +güneş paneli alt karkası ve bağlantı elemanları yükü, zati yük kapsamında alınmalı
 - Q: Kar yükü, hareketli yük kapsamında alınmalı
 - Düşey yükler altında $q : 1,4*G+1,6*Q$ (çatı eğimli yüzeylerinde $q_x: q*\cos\alpha$; $q_y: q*\sin\alpha$) kombinasyonu oluşturulmalı
 - Tek açıklıklı basit mesnet momenti $M_d: q*l^2/8$ oluşturulmalı
- **Mevcut aşık veya mertek elemanlarının betonarme kesitli olduğu durumlardaki kesit tahkiki;**
 - Betonarme tablolarından donatı ve beton sınıfları için $k_{min} : \dots \text{ cm}^2/\text{ton}$
 - $k: b_w*d^2/ M_d > k_{min} : \dots \text{ cm}^2/\text{ton} \Rightarrow$ kesit yeterli OK.
- **Mevcut aşık veya mertek elemanlarının betonarme kesitli olduğu durumlardaki donatı tahkiki;**
 - $A_{smin} \text{ donatı} : M_d/ f_{yd}*j*d \geq A_{smevcut} \text{ donatı} \Rightarrow$ donatı yeterli OK.
- **Mevcut aşık veya mertek elemanlarının çelik kesitli olduğu durumlardaki kesit tahkiki;**
 - Çelik profil tablolarından $W_x - W_y$ (mukavemet momenti) : $\dots \text{ cm}^3$ belirlenmeli,
 - $\sigma = M_x / W_x + M_y / W_y \leq \sigma_{\text{çem}} \Rightarrow$ kesit yeterli OK.
- **Mevcut aşık veya mertek elemanlarının çelik kesitli olduğu durumlardaki sehim tahkiki;**
 - $k = 1$ alınabilir; GS: Gergi Sayısı
 - $f_x = k* q_x* L^4 / (384 * E * I_x)$
 - $f_y = k * q_y* (L/(GS+1))^4 / (384 * E * I_y)$

- $f = (f_x^2 + f_y^2)^{1/2} \leq f_{\max}$
- $f_{\max} < L < 5$ ise $L/200$ veya $L > 5$ ise $L/300$ \Rightarrow sehim yeterli OK.

5.1.3.2 Mevcut Çatı Kaplamasının Yük Taşıma Kapasite Tahkikleri



Şekil 2: Örnek Mevcut Çatı Kaplama Malzemesi

Hadve Sayısı	3
Hadve Yük. (mm)	37mm
Faydalı Genişlik (mm)	1000
Max. Boy	14,5 m
Boya Tipi	Polyester, PVDF, Plastisol
Yalıtım Kalınlığı (mm)	40-50-60-70-80-100-120
Yalıtım	Poliüretan
Azami Isı İletkenlik Değeri (10C) (W/mK)	≤ 0,017 / ≤ 0,18
Yanmazlık Sınıfı	TS EN 14509 normlarına göre B, s2,do yüksek yangın mukavemetli
Yoğunluk	38-42 kg/m ³ PUR

[+] Yük Taşıma Tabloları

NRP 31 SS / Çok Açıklılı Aşık Aralığı							
Panel Kalınlığı	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Taşıdığı Yayılı Yük Tablosu (P=kg/m ²)							
40	683	312	182	122	87	66	51
50	692	322	190	129	93	71	55
60	687	316	187	126	91	69	54
75	698	325	195	134	97	75	60
100	716	340	209	145	107	84	68

Şekil 3: Örnek Çatı Kaplama Malzemesi Teknik Özellikleri

Not: Örnekte mevcut çatı kaplamasının verileri için çatı paneli üreticilerinin verileri göz önüne alınarak tahkikler yapılmalıdır.

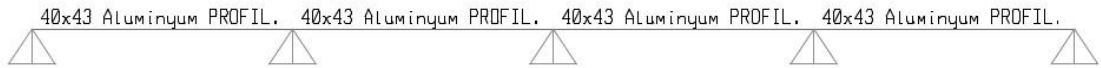
- **Mevcut çatı kaplamasının yük taşıma kapasite hesabı;**
 - G: Güneş panel yükü + güneş paneli alt karkası ve bağlantı elemanları yükü, zati yük kapsamında alınmalı
 - Q: Kar yükü, hareketli yük kapsamında alınmalı
 - Düşey yükler altında q : G+Q (çatı eğimli yüzeylerinde q_x: q*cosα ; q_y: q*sinα) kombinasyonu oluşturulmalı
 - Güneş paneli alt karkas elemanları ağırlığı(G) :..... kg/m²
 - Güneş panel ağırlığı (G) :..... kg/m²
 - Kar yükü (Q) :..... kg/m²
 - Toplam q:(G+Q) :.....kg/m²
 - Mevcut çatı kaplaması cm aşık aralığında q_{çatı kaplamayükü} :.....kg/m² yükü çatı kaplaması üreten firmaların ilgili tablolarından tespit edilmelidir.
 - q:(G+Q) ≤ q_{çatıkaplamayükü} ➡ çatı kaplaması yük taşıma kapasitesi yeterli OK.

5.1.4 Mevcut Yapıya Entegreli GES Tesislerinin Alt Karkas Elemanları Yük - Gerilme - Sehim ve Birleşim Hesapları

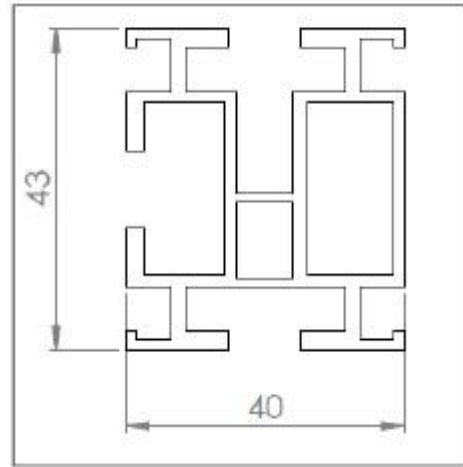
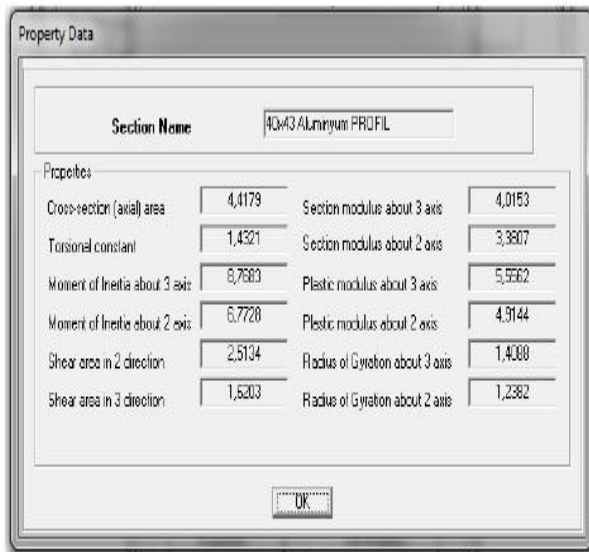
Mevcut çatı üzerinde ve çatıya paralel kurulmuş GES konstrüksiyon alt karkas elemanlarının tasarımında; zati, rüzgar ve kar yükleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalıdır. Konstrüksiyon imalatçıları tarafından hazırlanmış montaj sistemi seti kullanılrsa bile, bu şartnameye uygun olarak kurulum yapılacağı alana özel profillerin gerilme hesapları yapılmalı ve mevcut yapıya ruhsat veren kurum veya Yapı Denetim Şirketi tarafından kontrol edilmelidir.

Güneş panelleri alt karkas elemanları için gerekli belge ve bilgiler konstrüksiyon imalatçılarından temin edilecektir.

- Karkas elemanının malzeme bilgileri,
- Karkas elemanının kesit bilgileri,
- Karkas elemanlarının mukavemet ve aks yerleşim bilgileri,
- Karkas elemanlarının; mevcut çatı kaplamalarına ve güneş paneline bağlantısında birleşim araçları malzeme ve mukavemet bilgileri,



Şekil 4: Örnek Güneş Paneli Alt Karkas Elemanları



40x43 Alüminyum Profil

Programda tanımlanan 40x43 Alüminyum kesit bilgileri (cm)

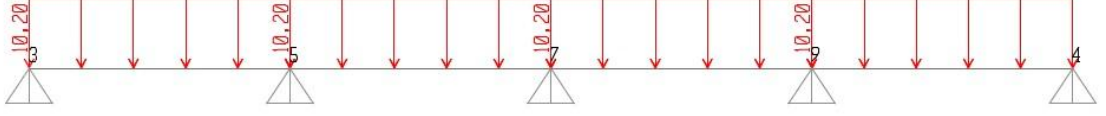
Şekil 5: Örnek Karkas Elemanlarının Mukavemet Kesit Bilgileri

Not: Örnekte belirtilen mukavemet bilgileri, konstrüksiyon imalatçıların verileri baz alınarak TUS tarafından kontrol edilmelidir.

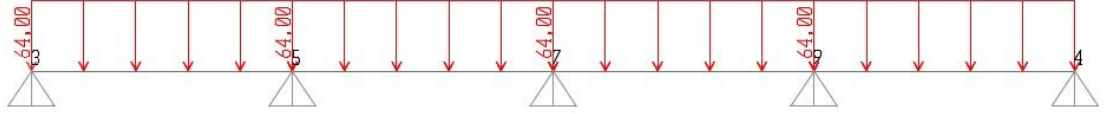
5.1.4.1

Güneş Paneli Alt Karkas Elemanlarına Etkiyen Yük Hesabı

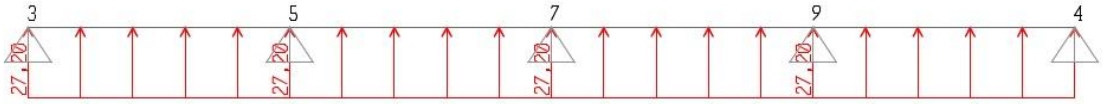
Yapı tasarımında kullanılacak rüzgar, kar ve zati yükler; minimum TS498 yönetmeliğinin öngördüğü değerler kullanılarak güneş paneli alt karkas elemanlarının gerilme tahkikleri yapılmalıdır. GES konstrüksiyon alt karkasına etki ettirilecek yükler aşağıdaki örneklerde gösterildiği şekilde yapılmalıdır.



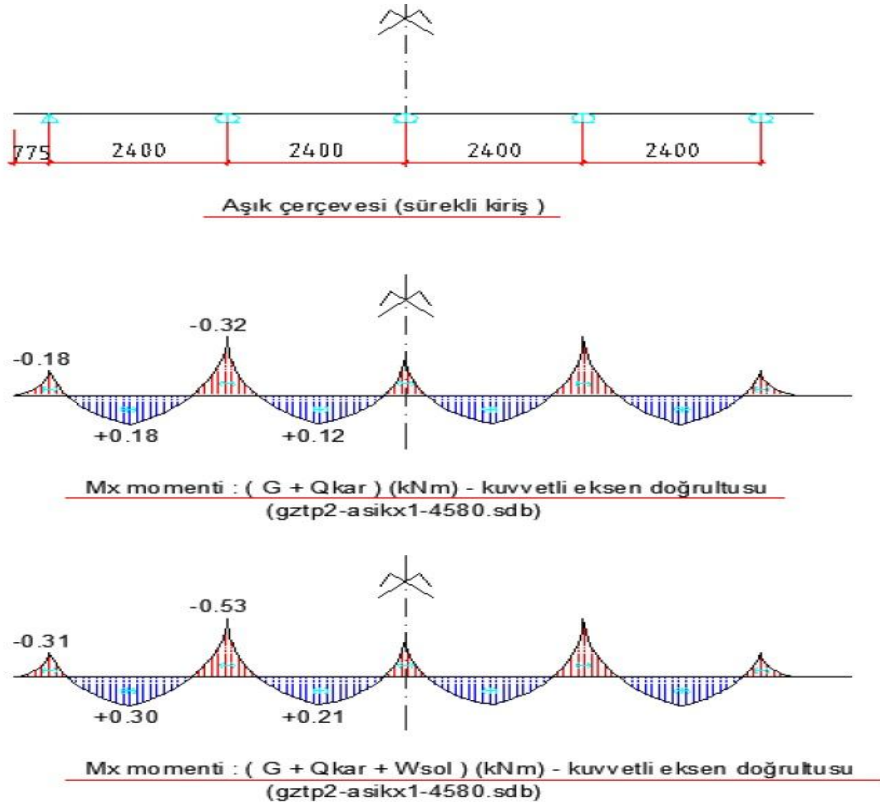
Şekil 6: Örnek Karkas Elemanlarına Güneş Paneli ve Ekipmanlarının Kendi Yükü (G)



Şekil 7: Örnek Karkas Elemanlarına Kar Yükü (Q)



Şekil 8: Örnek Karkas Elemanlarına Rüzgar Yükü (Wx)



Şekil 9: Örnek GES Alt Karkas Elemanlarının; Yük Kombinasyonları Oluşturulmuş Moment Diyagramları

5.1.4.2 Güneş Paneli Alt Karkas Elemanlarının Gerilme Tahkiki

- **Çelik veya Alüminyum Karkas Elemanlarının Hesap Formülleri ile Kesit Tahkiki;**
 - Zati, Kar ve Rüzgar yük kombinasyonları oluşturulmalı,
 - Kombinasyonlarla M_x ve M_y momentleri oluşturulmalı,
 - Seçilen elemanların çelik profil tablolarından W_x - W_y (mukavemet momenti) : cm^3 belirlenmeli,
 - $\sigma = M_x / W_x + M_y / W_y \leq \sigma_{çem} \Rightarrow$ kesit yeterli OK.
- **Çelik veya Alüminyum Karkas Elemanlarının Program Modeli ile Kesit Tahkiki;**

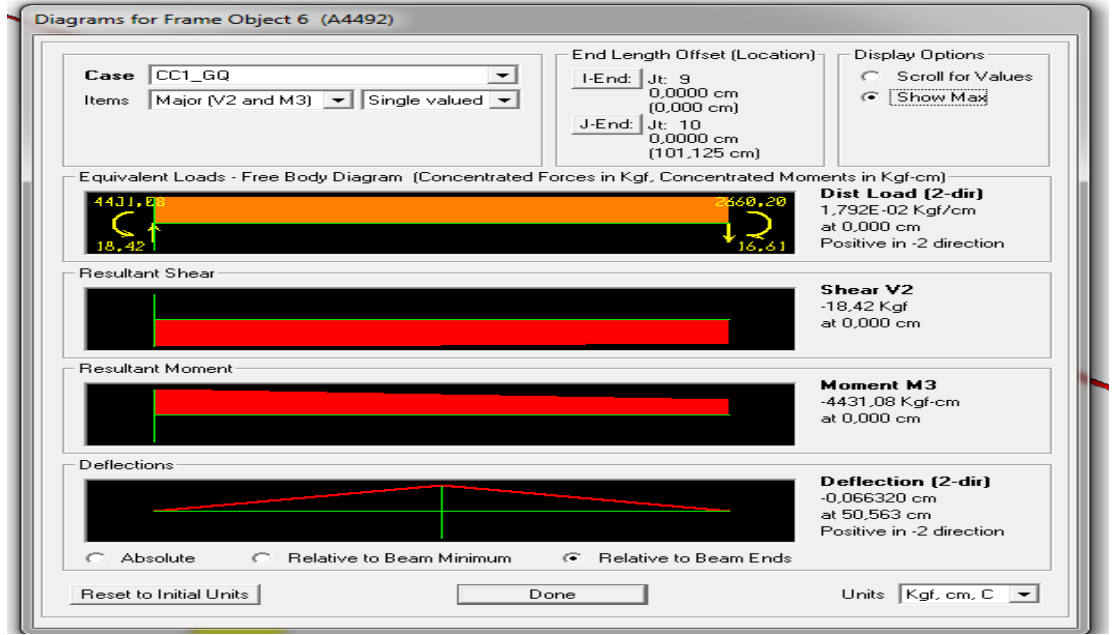
TABLE: Aluminum Design 1 - Summary Data - AA-ASD 2000									
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Comb	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	cm	Text	Text
6	40x43 Alüminyum PROFIL	Beam	No Messages	0,935002	PMM	DALM4	178	No Messages	No Messages
7	40x43 Alüminyum PROFIL	Beam	No Messages	0,935002	PMM	DALM4	0	No Messages	No Messages
8	40x43 Alüminyum PROFIL	Beam	No Messages	0,935002	PMM	DALM4	178	No Messages	No Messages
9	40x43 Alüminyum PROFIL	Beam	No Messages	0,935002	PMM	DALM4	0	No Messages	No Messages

Program tarafından çözümlenen elemanların alüminyum dizayn sonuçları.

Şekil 10: Örnek Program Modülü ile En Uygun Kesit Tahkiki

5.1.4.3 Güneş Paneli Alt Karkas Elemanlarının Sehim Tahkiki

- **Çelik veya Alüminyum Karkas Elemanlarının Hesap Formülleri ile Sehim Tahkiki;**
 - $k = 1$ alınabilir; GS: Gergi Sayısı
 - $f_x = k * q_x * L^4 / (384 * E * I_x)$
 - $f_y = k * q_y * (L / (GS + 1))^4 / (384 * E * I_y)$
 - $f = (f_x^2 + f_y^2)^{1/2} \leq f_{max}$
 - $f_{max} < L < 5$ ise $L/200$ veya $L > 5$ ise $L/300 \Rightarrow$ sehim yeterli OK.
- **Çelik veya Alüminyum Karkas Elemanlarının Program Modeli ile Sehim Tahkiki;**
 - A4492 Aşık Elemanının Sehim Hesabı
 - Programda ölçülen maksimum sehim = $0,06632 \text{ cm} < L/200 = 152/200 = 0,76 \text{ cm}$ olduğundan profiller sehim yönünden yeterlidir.



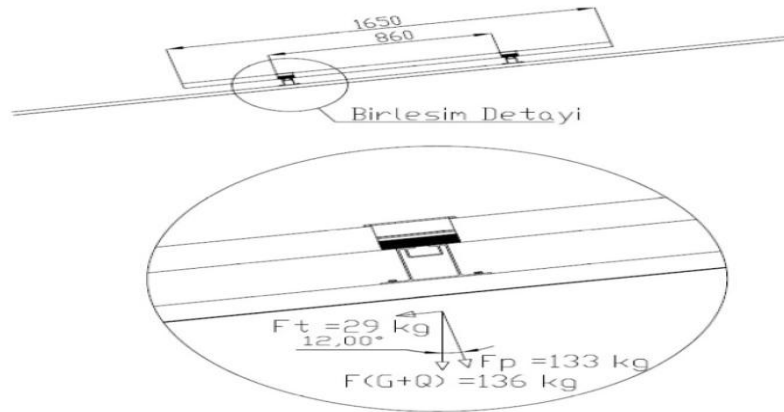
Şekil 11: Örnek Karkas Elemanlarının Şehim Tahkiki

5.1.4.4 Güneş Paneli Alt Karkas Elemanlarının Birleşim Hesabı (Sabitleme) Tahkiki

Güneş panelleri alt karkas elemanlarının mevcut çatıya bağlantıları genelde mevcut aşık elemanlarına bağlanacak şekilde yapılmalıdır. Güneş paneli dizi sabitlemeleri (tip ve miktar) hesaplanan zati ve rüzgar uçurma (emme-balonlama) yüklerine dayanabilmelidir. Bunu sağlamak için şu örneklerden yola çıkılması gerekmektedir.

Güneş panelleri ve güneş paneli alt karkas (çelik veya alüminyum profiller) elemanlarının mevcut çatı kaplama hadvelerinden mevcut aşık elemanlarına bağlanacaktır.

Birleşim elemanları kalitede ...mm kalınlığında ... adet perçin, somun-cıvata, bulon veya vida ile bağlantı yapılacağı öngörülmektedir. Bu birleşim tipinde parça ve bağlantı elemanlarının hesaplarında çekme, basınç ve ezilme tahkik ve hesapları TS498 yüklerinin yapı üzerine etkimesi öngörülerek yapılmalıdır.

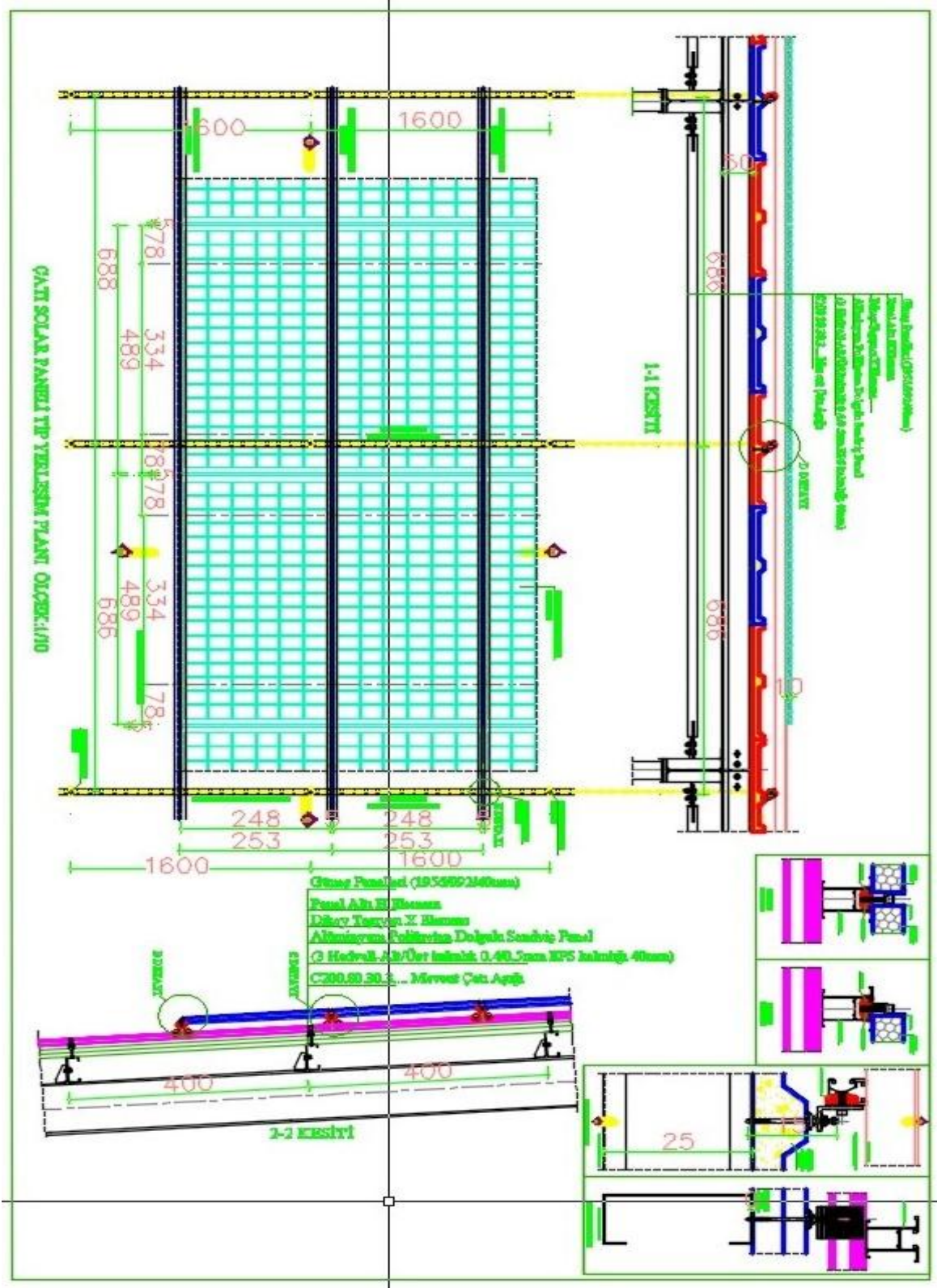


Şekil 12: Örnek Mevcut Çatı Kaplaması ve Güneş paneli-Güneş panel alt karkas elemanları birleşim detayı

Güneş Paneli (PV) ve Güneş Paneli Alt Karkas Elemanlarının Mevcut Çatı Kaplama Elemanlarına bağlantı Tahkiki

Birleşim- Sabitleme Elemanları (Cıvata - Bulon Emniyet) Hesabı;

- **Makaslamaya göre bir bulonun aktardığı kuvvetler;**
 $N_s = \pi \times d^2 / 4 \times \tau_{em} (\text{kg/cm}^2)$ (tek tesirli)
 $N_s = 2 \times \pi \times d^2 / 4 \times \tau_{em} (\text{kg/cm}^2)$ (çift tesirli)
- **Çekmeye göre bir bulonun aktardığı kuvvetler;**
 $N_{çekme} = A_{dışbi \text{ alanı}} \times \sigma_{em} (\text{kg/cm}^2)$
- **Ezilmeye göre bir bulonun aktardığı kuvvetler;**
 $N_L = d \times t_{min} \times \sigma_{em} (\text{kg/cm}^2)$
 t_{min} ; $\min (t_1 , t_2)$ tek tesirlide
 $\min (t_1 , (t_1 + t_3))$ çift tesirlide
- **Birleşimde kullanılması gereken birleşim aracı adedi ;**
 $n \geq S / N_{em}$



Şekil 13: Örnek GES Tesisi Mevcut Çatı Üzerine Uygulama Planı ve Kesit Detayı

5.2 Saha Uygulamalı (Arazi Uygulamalı) PV Sistemler

PV (GES) sisteminin arazi uygulamalı tasarlanması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının taşıma kapasitesi kontrol tahkikleri **deprem, zati, rüzgar ve kar** yükleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalıdır. Statik modelleme hesaplarında kullanılacak

yönetmelikler; TDY-2007, TS-500, TS-498, TS-648 ve ilgili uluslararası yönetmelik ve standartlarda belirtilen durumlara göre hesapların teşkili yapılacaktır. Saha Uygulamalı GES tesisinin kurulacağı alanın koordinatlarına göre yönetmelikte tanımlanan yükleri baz alınarak taşıyıcı sistem kapasite kontrollerinin statik hesaplarının yapılmalı ve bu şartnameye uygun olduğu ruhsat veren kurum veya Yapı Denetim Şirketi tarafından kontrol edilmelidir.

5.2.1 GES Taşıyıcı Sistem Hesaplarının Düzenlenmesi:

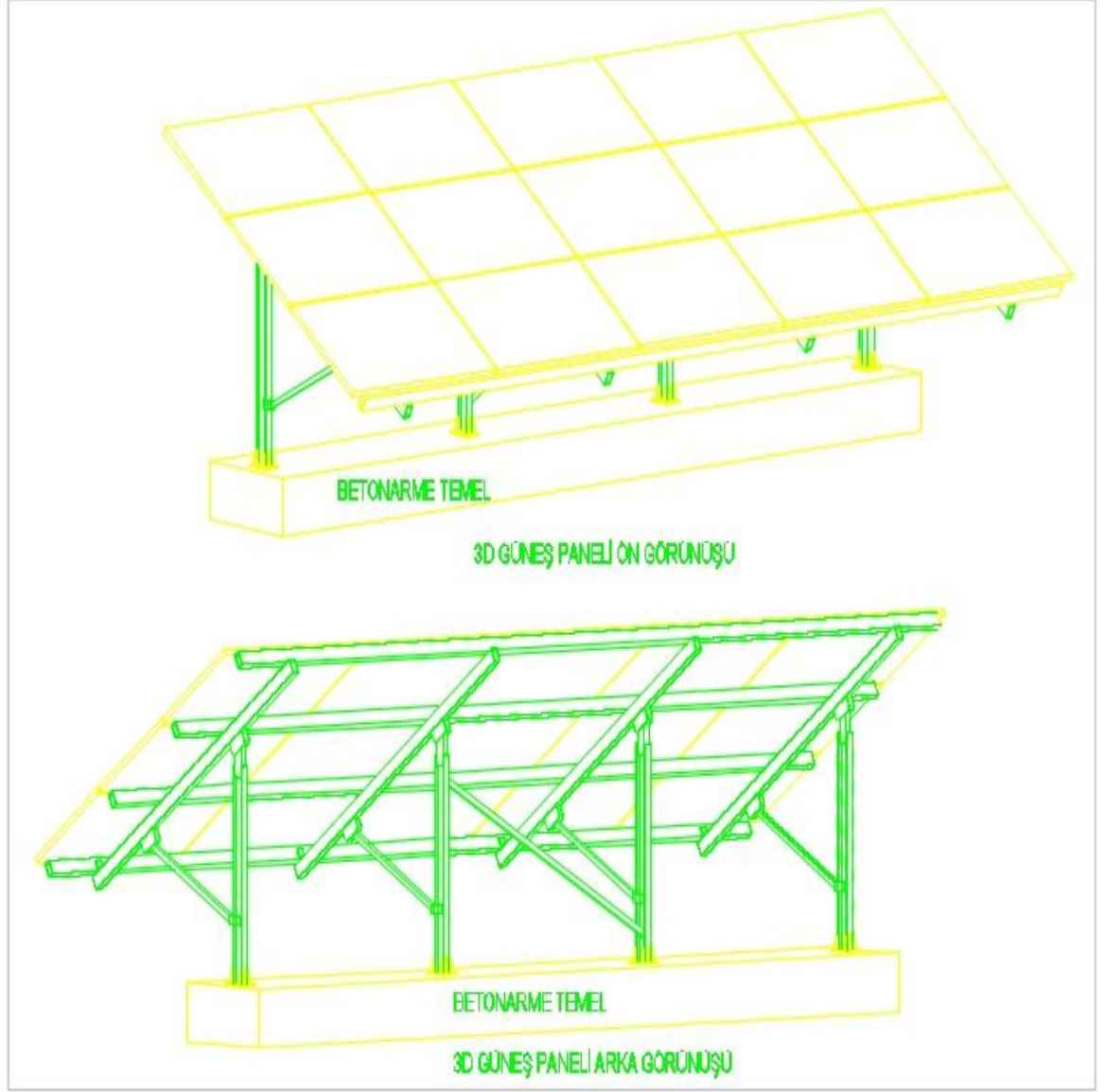
- a) Statik hesap raporlarında içindikiler kısmı oluşturulmalıdır.
- b) Yapı modellemesinde kullanılan tüm kısaltmalar ve sembollerin anlamı hesap raporunda açıklayıcı olarak belirtilmelidir.
- c) Statik hesap modülünün; yapı sistemi seçimi, kullanılan malzemelerin özellikleri, seçilen elemanların kesitleri, analiz kabulleri, mesnet-mafsallanma durumları, modelleme kriterleri, standart ve yönetmeliklere uygunluğu ile 2 ve 3 boyutlu tasarım modellerinin görsel – tablo program data verileri statik hesap rapor ekinde sunulmalıdır.
- d) Statik hesap modülünün programlara tanımlanmış koordinatlı grid ve aks verileri sunulmalıdır.
- e) Statik hesap modülünün; düğüm noktaları, eleman numaraları ve kesitleri atanmış modelin 2 ve 3 boyutlu görsel program data verileri statik hesap raporunda ayrı ayrı sunulmalıdır.
- f) Statik hesap modülünde kullanılan aşık elemanları, stabilite kirişi olarak görev almamalı ve eksenel yükü diğer çerçevelere aktarmadığı hesaplarda gösterilmelidir. Yani statik hesap modülünde aşık elemanlarına eksenel yük serbestliği verilmelidir.
- g) Yapıya etkiyen tüm yükler aşağıda belirtildiği şekilde tasarımı yapılan modele etki ettirilmeli ve bu yüklerin modeller üzerindeki görsel verileri statik hesap rapor ekinde sunulmalıdır;
 - Kesit elemanlarının zati yükleri,
 - Güneş paneli, bağlantı elemanlarının ve varsa malzeme ekipman (inveter, pano vb.) ilave yükleri,
 - Tasarım kullanılacak düşey hareketli yükler;
 - Tam kar yükleri,
 - Tasarımda kullanılacak yatay hareketli yükler;
 - Yapı cinsine göre rüzgâr yükü,
 - TDY-2007'e göre Deprem yükü,
- h) Yapı modellemesine tasarımda kullanılacak olan yüklemelerin yapıya aynı anda etkimesi durumları göz önüne alınarak yapı sisteminde en olumsuz durumlar için yükleme kombinasyonları oluşturulmalıdır.
- i) Yapı modellerinin, hesap programları tarafından analiz işlemleri gerçekleştirilmelidir. Analiz sonuçlarına göre tüm taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasına esas teşkil eden kesit tesir kuvvetlerini emniyetli oranlarla kurtaran elemanların sınır değerleri, yönetmelik sınır koşulları ile karşılaştırılarak en makul kesitler seçilmelidir.
- j) Çelik yapı projelerinde esas yükler, esaslara ilave yükler ve en olumsuz kombinasyon yükleme halleri için programın; frame eleman, birleşim noktaları vb. görsel data verilerine göre ayrı ayrı tahkikler aşağıda belirtildiği şekilde yapılmalıdır.
 - Yapılması gerekli tahkikler aşağıda gösterilmiştir.
 - Gerilme Tahkikleri: Kolon, Kiriş, çapraz ve aşık elemanlarının gerilme tahkikleri
 - Kolon elemanlarının Burkulma Tahkikleri:
 - Aşık ve Kiriş Elemanlarının Malzeme sehim ve şekil değiştirme sınır tahkikleri

- Statik Hesap Modülünün Devrilme Tahkikleri
 - Statik Hesap Modülünün Yanal Deplasman ve Deprem-Rüzgar Ötelenme Tahkikleri
 - Düğüm noktaları birleşim Tahkikleri: Moment aktaran veya aktarmayan birleşim tipine göre plaka, kaynak, bulon, cıvata, somun, perçin vb. tahkikleri
- k) Statik hesaplarda onaylı jeolojik etüd raporlarına göre hazırlanmalıdır. Onaylı jeolojik etüd raporlarının hazırlanmadığı durumlarda olumsuz zemin koşullarına göre statik hesaplar yapılmalıdır.
- l) Statik hesap modülünün temel sistemi betonarme temel teşkili olması halinde; mesnet reaksiyon kuvvetlerinin (joint reaction) görsel excel verilerine göre temel ile ilgili tahkikler aşağıda belirtildiği şekilde yapılmalıdır.
- Betonarme Temel Mesnet Analiz Tahkikleri
 - Ankraj plaka - bulon hesabı ve yerleşim Tahkikleri
- m) Statik hesap modülünün temel sistemi çakma temel teşkili olması halinde; Çakma temel sisteminde zeminin en dip derinliğinde mesnet teşkili ankastre oluşturulmalı ve temelin X-Y yan yüzeylerinde yay katsayısı tanımlanarak sistem çözümlemesi yapılmalıdır. Statik hesap modülündeki temel mesnet reaksiyon kuvvetlerinin (joint reaction) görsel excel verilerine göre temel ile ilgili tahkikler aşağıda belirtildiği şekilde yapılmalıdır.
- Çakma temelin aderans ve taşıma gücü Tahkikleri

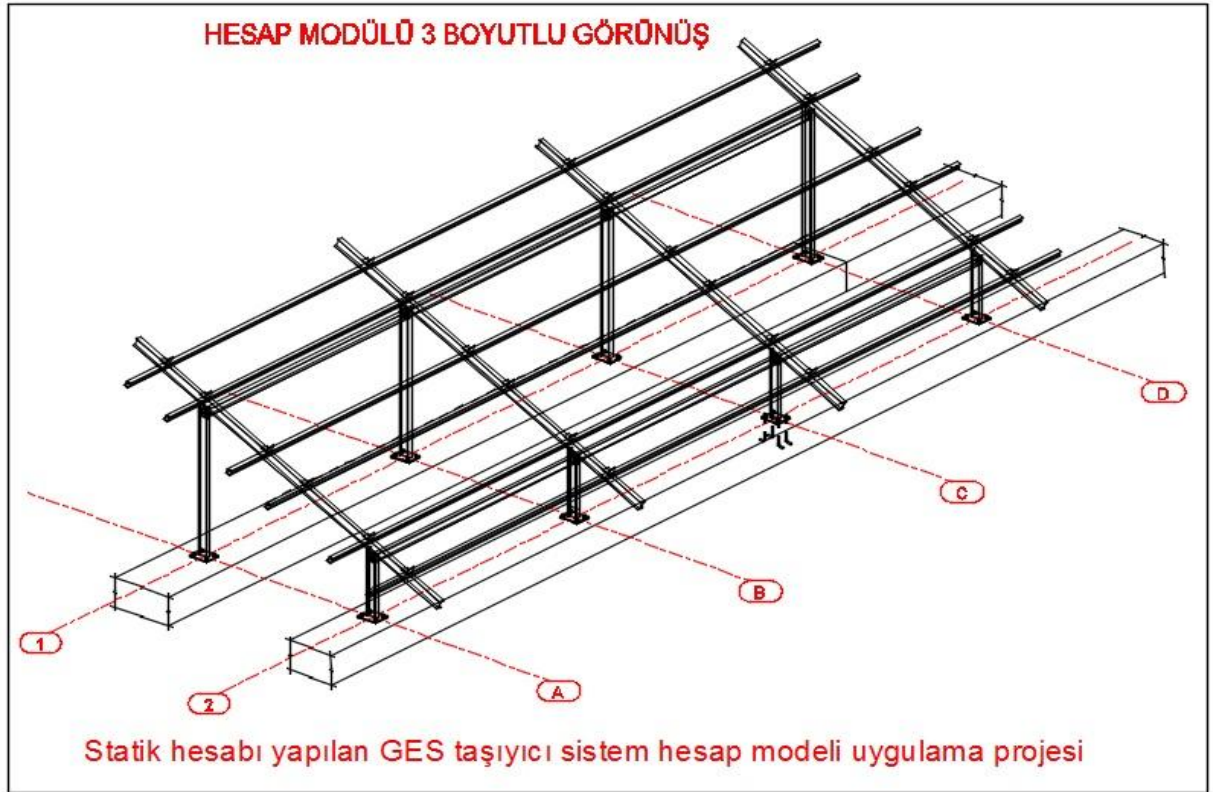
5.2.2 GES Taşıyıcı Sistem Tasarım Çizimlerinin Düzenlenmesi:

- a) TUS, statik hesaplardaki değerlerine, tanımlamalarına, özelliklerine, tahkiklerine, birbirleriyle uyumluluklarını ve teknik çizim esaslarını göz önüne alarak GES tasarımını aşağıda öngörülen şekilde hazırlamalıdır.
- b) Taşıyıcı sistem tasarımlarının çizim düzeninde Vaziyet planı: 1/200 veya 1/100, Uygulama planları: 1/50-1/25-1/20, Detay çizimleri: 1/10-1/5-1/2 ölçekleri kullanılarak yapılacaktır.
- **İnşaat Mühendisliği bölümüne ait tasarım listesi, aşağıda belirtildiği şekilde oluşturulacaktır.**
 - ❖ Ges tesisinin vaziyet oturumu, mevcut yapılar ve yollarla bağlantı planları ve koordinatları oluşturulmuş olarak
 - ❖ Statik hesabı yapılan modülü vaziyette bulut içerisinde gösterilmeli ve diğer modüllere bağlantıları yapılacak ise dilatasyonlu bağlantıları yapılmalıdır.
 - ❖ Ges tesisinin temel yerleşim plan ve kesitleri oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin temel donatı planı, temel giriş açılımları ve kesitleri oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin temel ankraj plakası yerleşim planı oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin kolon aplikasyon planı oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin hesabı yapılan modülünün çelik karkas planı ve kesitleri oluşturulmalı
 - ❖ Statik hesap modülü karkas planının üzerine güneş paneli işlenmiş planları oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin hesabı yapılan modülünün planındaki her aksın kesit ve görünüşleri oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin numaralandırılmış montaj planları oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin çelik karkas planlarında tanımlanan elemanlarının imalat resimleri oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin parça kesim detayları oluşturulmalı
 - ❖ Ges tesisinin birleşim nokta detayları oluşturulmalı

- ❖ Vaziyet planında ges tesisinin oturumunu çevreleyen çevre koruma imalatları bilgi amaçlı olarak gösterilmeli ve detayları oluşturulmalı
- ❖ Ges tesisindeki bütün çelik elemanlarının korozyona karşı dayanım kazanması için malzemeler boyalı veya galvanizli olarak imal edilecektir notu yazılmalı,



Şekil 14: ÖRNEK SAHA UYGULAMALI TEK AYAKLI GES KONSTRÜKSİYONU



Şekil 15:ÖRNEK SAHA UYGULAMALI İKİ AYAKLI GES KONSTRÜKSİYONU

6. PV Sistemin Konstrüksiyonu Montaj İşlemi ve Sonrasında Mevcut Yapıda (Çatıda) Alınacak Özel Önlemler

Mevcut çatı alt kısmı, montaj çalışmaları sırasında kontrol edilmelidir. Hasarlı bölümlerde oluşabilecek hava sızdırmazlığının bozulma ihtimaline karşı PV sistemin montajından kaynaklanan havalandırma boşluklarına karşı önlem alınmalıdır.

Mevcut yapının çatı katmanında su ve yağmursuyu geçirgenliğine karşı özel önlem alınmalı ve çatı kaplamasına bağlama metodları çatı örtüsüne zarar vermemelidir.

PV sistemi, çatı çevresinden en az 50 cm içeride olacak şekilde ve rüzgar etkisine direkt maruz bırakılmadan tasarımı yapılmalıdır. PV sistemin çatı kenarlarından en az 50 cm bırakılarak kurulmasının nedeni; rüzgar yüklerinin kenar bölgelerde daha yüksek olması, kenar bölgelerinin açık tutularak bakım ve itfaiye hizmetleri için daha iyi erişimi sağlanması ve çatı kenarına yakın olan dizileri yağmur drenaj yollarını kapatmamasıdır.

PV sistemin panel haricindeki elektrik ekipmanları (trafo, evirici, invertör, pano vb.) zorunlu durumlar hariç mevcut çatının üzerine yerleşim ve montajı yapılmamalıdır. Elektrik ekipmanları zorunlu olarak mevcut çatı üzerine montajı yapılacak ise bu ekipmanların yükleri mevcut yapı taşıyıcı sistem kapasite kontrollerinde ilave yük olarak hesaplara katılmalıdır.

Mevcut çatıdaki kablo girintileri çatı hava sızdırmazlığını etkilememelidir. Mevcut çatı altından geçen kablolar özel malzemelerle geçirilmelidir veya kablo yolları fazla boşluğa maruz bırakılmadan teşkili oluşturulmalıdır.

Büyük GES dizilerin kurulumunda ısısal genleşmeler hesaba katılmalıdır. Modül ve taşıyıcı sistem üreticilerine bu konuda danışmalı, genişleme boşluğu bırakılmadan

maksimum kullanılabilir profil uzunluğu öğrenilmelidir.


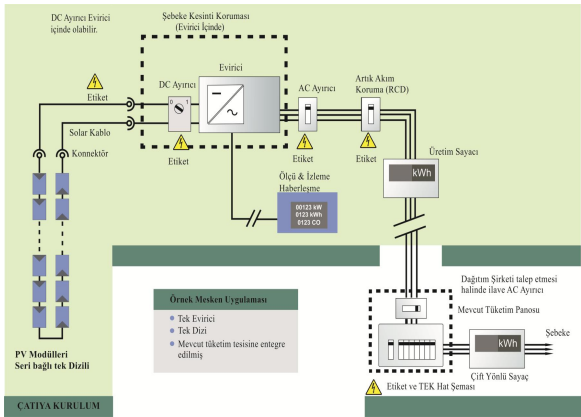
Mevcut veya yeni yapılacak GES konstrüksiyon alt karkas elemanlarının nem ve korozyona karşı izolasyonun galvaniz veya boya ile yapılması gereklidir.


7. Uyarı-İşaret Levhaları ve Etiketlemeler

Bütün işaret levhaları ve etiketler silinmez, açık, kolayca görülebilir, sökülemeyecek, sabitlenmiş ve PV sistemin ömrü boyunca okunaklı duracak şekilde yapılmalıdır.

Etiketleme gereklilikleri bu şartnamenin ilgili bölümlerinde bulunmaktadır. Örnek uyarı levhaları ve etiketlemeler aşağıda yer almaktadır.

 <p>EVİRİCİ - MÜDAHALE ETMEDEN ÖNCE ANA ŞEBEKE (AC) VE PV ÜRETEÇTEN İZOLE EDİNİZ.</p>	 <p>PV DİZE DC AYIRICI DİKKAT! GÜN IŞIĞI BOYUNCA ÇARPILMA RİSKİ</p>
 <p>PV DİZE DC BAĞLANTI PANOSU DİKKAT! GÜN IŞIĞI BOYUNCA ÇARPILMA RİSKİ</p>	 <p>ANA ŞEBEKE (AC) VE PV ÜRETEÇTEN İZOLE ETMEDEN MÜDAHALE ETMEYİNİZ.</p>
 <p>PV SİSTEM - ANA AC AYIRICI</p>	

Çift Yönlü Besleme Etiketi	
<p>Çift yönlü besleme etiketi, sisteme bağlantı noktası, elektrik dağıtım panosu, evirici, sayaç, PV üreteç ve tüm ayrılma noktalarına konulmalıdır.</p>	
Devre Şeması ve Sistem Bilgisi	
<p>Bağlantı noktasında aşağıdaki bilgilerin gösterilmesi gerekmektedir (genellikle hepsi tek hat şemasında gösterilir):</p> <ul style="list-style-type: none">- Devre şeması evirici ekipmanı ile besleme arasındaki ilişki,- Ekipman içindeki koruma ayarlarının özeti,- Ekipman üreticisinin ve kurulum yapan kişinin iletişim bilgileri,	 <p>Örnek Mesken Uygulaması</p> <ul style="list-style-type: none">• Tek Evirici• Tek Dizi• Mevcut tüketim tesisine entegre edilmiş <p>Örnek bir gösterim.</p>

- Açma - kapama prosedürlerinin bilgileri.	Kurulacak tesise göre değişiklik gösterebilir.
Yangın ve Kurtarma Bilgisi	
Çatıda tesis edilmiş bir PV sistemine yangın ve kurtarma ekibinin uygun bir şekilde müdahale edebilmesi için gerekli yerlere yandaki uyarı levhalarının konulması zorunludur. Uyarı levhasının ebatı en az 100 mm x 100 mm boyutunda olmalıdır.	

8. Kontrol, Test ve Devreye Alma Şartları

PV sistemi kurabilmek için gerekli bütün izinler alınıp sistem kurulduktan sonra ve sistemin kabulü yapılmadan önce TUS tarafından sistem yerinde kontrol edilecek ve daha sonra ilgili şebeke işletmecisi veya TEDAŞ Bölge Koordinatörlükleri tarafından kabul işlemi yapılacaktır. PV sistem kontrol edilip gerekli test işlemleri yapıldıktan sonra devreye alınacak ve bu Şartname ekinde verilen formlar (10.2.1, 10.2.2, 10.2.3, 10.2.4 ve 10.2.5 bölümlerine bakınız) doldurulup imza altına alınacaktır.

8.1 Muayene ve Test – AC. DC Bölüm

PV sistemde DC ve AC tarafın kontrolü ve testi hem TS HD 60364 (IEC 60364) standardında hem de TS EN 62446 (Grid connected photovoltaic systems — Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection) deki gerekliliklere uygun olarak yapılmalıdır.

TS EN 62446 daki kontrol işlemi aşağıdakileri içermektedir:

- Kontrol çizelgesi
- Koruyucu topraklamanın ve/veya eşpotansiyelli bağlama kablolarının (eğer uygunsa) bağlantı testi
- Polarite testi
- Dizi açık devre gerilim testi
- Dizi kısa devre akım testi
- Fonksiyonel testler
- DC devrelerin yalıtım direnci

Bu testler yukarıda listelenmiş AC dökümanlarına eklenmesi gereken PV dizisi test raporuna kaydedilmelidir.

Kontrol çizelgesinin bütün detayları ve test prosedürleri için gereken rehberler TS EN 62446 içerisinde bulunmaktadır.

8.2 Diğer Muayene ve Gereklilikler

PV santralının büyüklüğüne bağlı olarak, şebekeye bağlanan PV sistemin devreye alınması sırasında ilgili mevzuat ve ilgili teknik mevzuat hükümlerine uyulmalıdır.

Her bir fazdaki AC çıkışı 16A'ye kadar olan sistemler TS EN 50438 kapsamına girmektedir. Bu da tek fazda (230 volt) 3.68 kW ve üç fazda (400 volt) 11.04 kW'a karşılık gelmektedir. Bu sistemler için herhangi bir ilave devreye alma prosedürüne (bu dökümanın herhangi bir yerinde tanımlananlardan başka) ihtiyaç duymazlar.

Her bir fazdaki AC çıkışı 16 A'yi aşan ve şebekeye AG'den irtibatlandırılan santraller TSE K 191 kapsamına girmektedir. Bu tip sistemler arayüz koruma devrelerinin tam ve güvenli olduğunu doğrulamak için ilave devreye alma testlerine ihtiyaç duyabilirler. TS EN 50438 standırdına göre onaylanmış evirici kullanan daha küçük sistemler ise herhangi bir ilave teste ihtiyaç duymayabilirler.

Arayüz koruması (Dağıtım şebekesinin güvenliğini azaltan veya bütünlüğünü bozan herhangi bir olayda eviricinin şebekeden ayrılmasını ve/veya enerjilendirilmenin durmasını temin etmek için gerekli elektriksel koruma), evirici içerisinde yer alabilir veya ayrı bir düzen ile gerçekleştirilebilir. Her iki durumda da, arayüz koruması EN 60255-6 veya eşdeğerindeki ilgili özellikleri karşılamalı ve eviricinin imalatçısı birleşik düzenlerin bu özellikleri yerine getirdiği belgelendirilmelidir.

9. Dökümantasyon ve Belgeler

Kabul aşamasından önce TUS tarafından TS EN 62446'da tanımlanan şebekeye bağlanan fotovoltaik sistemler hakkında ve sistem belgeleme, kontrol ve test konularında ilgili şebeke işletmecisine bilgi sağlanmalıdır. Gereken bilginin özeti aşağıdadır:

- Temel sistem bilgisi (kullanılan parçalar, maksimum güç, kurulum tarihleri vs.)
- Sistem tasarımcısı bilgileri
- Sistem kurucusu bilgileri
- Aşağıdaki bilgileri içeren elektrik tesisatı tablosu:
 - Modül tipi ve sayısı
 - Dizi görünümleri
 - Kablo özellikleri -ebat ve tipi
 - Aşırı akım koruma cihazının özellikleri (uygun olduğu noktada) – tip ve gücü
 - Dizi birleşme pano (kutu) yerleri (uygun olduğu noktada)
 - DC yalıtkan tipi, yeri ve gücü
 - Dize aşırı akım koruma cihazı (uygun olduğu noktada) - tipi, yeri ve gücü
 - Bütün topraklama/bağlama iletkenlerinin detayları – ebat ve bağlantı noktaları
 - Mevcut Yıldırım Koruma Sistemi(LPS)'yle olan herhangi bir bağlantının detayları

- Kurulumdaki ani artıştan koruma cihazlarının (hem AC hem de DC tarafındaki) detayları – yeri, tipi ve gücü
- AC yalıtkan yeri, tipi ve gücü
- AC aşırı akım koruma cihazının yeri, tipi ve gücü
- Artık akım cihazının yeri, tipi ve gücü (uygun noktada)
- Modül katalođu
- Evirici katalođu
- Montaj sistemi katalođu
- Aşağıdakileri içerecek işletme ve bakım bilgisi:
 - Sistem arızası olduğunda yapılacakların listesi
 - Acil kapatma ve yalıtım prosedürleri
 - Bakım ve temizleme önerileri (eğer varsa)
 - PV dizisiyle ilişkili olarak gelecekte binada yapılabilecek çalışmaların düşünülmesi (örneğin çatı çalışmaları)
- PV modüller ve eviriciler için garantinin verilme tarihini ve süresini içeren garanti belgesi
- Test sonuçları ve devreye alma verileri

10. Ekler

10.1 EK-A: Batarya Sistemleri

Şartnamenin bu bölümü PV kurulumun bir parçası olan bataryalar için ilave gereklilikleri içermektedir.

Not: Böyle bir sistem içindeki yük devrelerinin (tüketim tesisi) gereklilikleri ve tasarımı bu dokümanın içeriği dahilinde değildir.

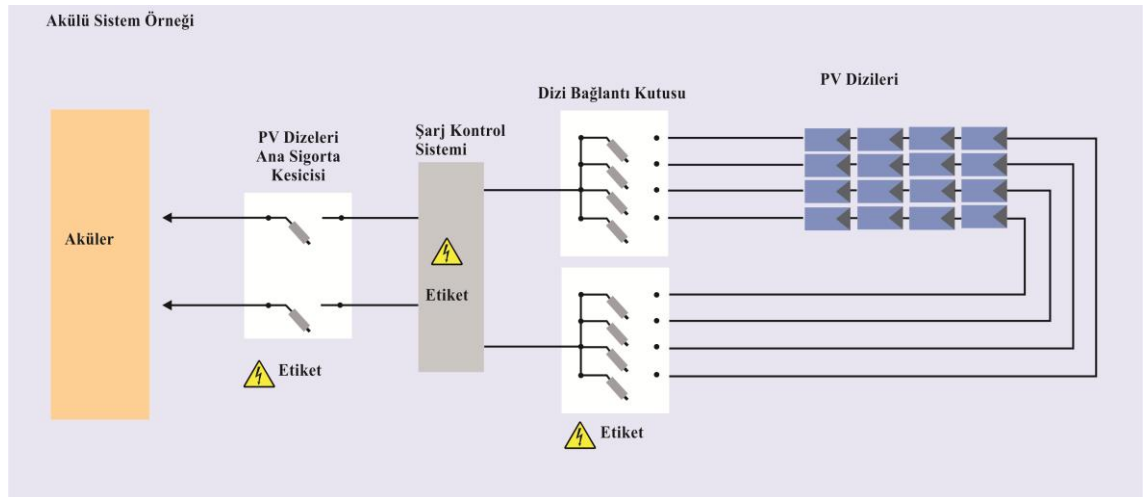
10.1.1 A1- PV Dizi Şarj Regülatörü

Şarj regülatörü bataryanın aşırı yüklenmesine engel olmak için bataryayla PV dizesi arasında düzenleyici bir arayüz sağlar. Bu ünite maksimum güç noktası izleme, gerilim dönüşümü, yük kontrolü ve ölçüm gibi fonksiyonları da sağlayabilir.

- Şarj regülatörü akım ve maksimum gerilim açısından değerlendirilmelidir (bknz. Bölüm 2.1.2. minimum voltaj ve akım ölçümleri)
- Şarj regülatörü Bölüm 2.1.9.'da belirtilen her bir DC bağlama noktası gerekliliklerinde olduğu gibi etiketlenmelidir.
- Şarj regülatörü CE işareti taşımak zorundadır.

Bataryaların uzun ömürlü olması için tamamen şarj etmek önemlidir. Şarj kontrol birimiyle batarya arasındaki küçük ebatlı bir kablo, kontrol sisteminin şarj döngüsünü erkenden durdurmasına sebep olabilir. Bu kablolar, PV dize çıkışının en üst seviyede olduğu noktadaki maksimum gerilim düşümünün %1'den az olduğu duruma göre boyutlandırılmalıdır. Aynı batarya algılama fonksiyonuyla birlikte kontrolörler için koruma ekipmanlarına uygun kablo seçilmelidir.

Örnek Batarya Sistemi



10.1.2 A2- Batarya Aşırı Akım Koruması

Bir batarya önemli derecede enerji depolar ve yüksek hata akımı kapasitesine sahiptir.

Bu sebeple, uygun arıza (hata) ve kaçak koruması sağlanmak zorundadır.

Aşırı akım cihazı batarya ile şarj kontrolörü arasındaki bütün topraklanmamış iletkenlerde kurulmak zorundadır.

Aşırı akım cihazı (hem sigortalı hem de devre kesicili sistemler) aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- Şarj regülatörünün panelinde belirtildiği gibi bir tepki süresi ve ikaz değerine sahip olmalıdır.
- Nominal batarya geriliminin %125'ine kadar işletmede kalmalıdır.
- Batarya kısa devre akımından daha büyük bir kesme değerine sahip olmalıdır.

Aşırı akım cihazıyla batarya istasyonu arasındaki kablonun uzunluğu olabildiğince kısa olmalıdır.

10.1.3 A3- Batarya Bağlantısının Kesilmesi

Elle ayırma (izolasyon), şarj regülatörü ile batarya arasında ayrı bir birim olarak veya aşırı akım cihazıyla birlikte temin edilmelidir. Yalıtkan iki kutuplu olmak zorundadır (DC ve yük ayırıcılı) ve yalıtkanla batarya arasındaki kablonun uzunluğu olabildiğince kısa olmalıdır. Bu cihazın konumlandırılmasında Bölüm A7'deki gereksinimler takip edilmelidir.

Not: Kablo uzunluğunu olabildiğince kısa tutmak ve cihazı batarya gazlarından uzak tutmak için yalıtım cihazları genellikle pil şarj ünitesinin yanında (üzerinde olmak yerine) yer alacaktır.

Yalıtım sistemi tasarlanıp ve sistem kurulduktan sonra, batarya bağlantısının kesilmesi durumunda, PV dizesi akımı direkt olarak besleyemeyecektir.

Kaçak Akım Koruması ve Yalıtımın Birleşimi:

- Batarya aşırı akım koruması için sağlanmış devre kesici eğer yalıtım cihazı olarak değerlendirilmişse yalıtımı sağlamak için de kullanılabilir.
- Kaçak akım koruması için temin edilen sigorta eğer kolayca ayrılabilen sigortalara (örneğin bağlantı kesme mekanizmasına sahip sigorta birimi) sahipse yalıtımı sağlamak için de kullanılabilir.

10.1.4 A4- Batarya Sistem Kabloları

Gereklilikler bu şartnamenin 2.1.4 bölümünde gösterilmiştir. Bütün kabloların akım taşıma kapasitesi bağlı olduğu ilgili aşırı akım cihazından (en yakın sistem çıkış sigortası/devre kesici) daha yüksek akım değeri olmak zorundadır. Kablo akım değerleri, ortam sıcaklığı, kablo döşeme tipi, kabloların birbirine olan etkisi (grup faktörü) ve frekansdan TS HD 60364 standartında belirtilen düzeltme faktörleri kullanılarak ayarlanır.

10.1.5 A5- PV Dizi Kablosu ve Sigorta Değerleri

Bir PV batarya sisteminde, dizi kablosu ve dizi sigortası seçiminde; dizi/dizenin kendisinden veya bataryadan veya her ikisinden kaynaklanabilecek hata akımının dikkate alınması gerekir. Kablo akım değerleri, ortam sıcaklığı, kablo döşeme tipi,

kabloların birbirine olan etkisi (grup faktörü) ve frekansdan TS HD 60364 standartında belirtilen düzeltme faktörleri kullanılarak ayarlanır.

Not: Batarya sisteminde kullanılan PV kablo özellikleri, etiketleme, birleşme noktasındaki kutular, konektörler v.b. elemanlar şartnamenin diğer bölümlerinde ifade edildiği gibi olmalıdır.

10.1.6 A6- Batarya Seçimi ve Boyutlandırma

Batarya seçimi genel olarak bu Şartnamenin konusu dışındadır. Bununla birlikte, bazı önemli hususlar şunlardır;

- Batarya amaca uygun kullanılmalıdır.
- Yeterli depolama kapasitesi ve kullanım süresi olmalıdır.
- Kurulum için kapalı batarya mı yoksa açık batarya mı daha uygun olduğu incelenmelidir.
- Batarya seri hücrelerden mi yoksa paralel hücrelerden mi oluşacağı belirlenmelidir. Genelde dörtten fazla paralel birime sahip olan hücrelerden kaçınılmalıdır.

Batarya ebatları genel olarak bu Şartnamenin konusu dışındadır. Bununla birlikte, PV dizesinin tek şarj regülatörü olduğu yerde etkili bir şarj düzeninin olması için batarya normal olarak ebatlandırılmalıdır.

10.1.7 A7- Batarya Kurulumu/Etiketlendirme

TS EN 50272-1 (2010) “Sekonder bataryalar ve batarya kurulumları için güvenlik gereklilikleri” havalandırma gereksiniminin hesaplanması için genel güvenli bir bilgi kaynağıdır ve bu standarta göre yapılmalıdır.

Batarya şarj üniteleri TS EN 50272-1 (2010) standardına uygun olarak yerleştirilmelidir ve böylece:

- Erişim sadece yetkilendirilmiş personel tarafından yapılmalıdır.
- Kapalı ortama alınmalıdır.
- Uygun sıcaklık kontrolü sağlanmalıdır.
- Batarya istasyonları korunmalı ve böylece insanlarla veya objelerle olabilecek kazara temaslar engellenmelidir.

Kapalı bir yerde batarya kurulumları için odanın veya alanın en alçak noktasından hava girişi ve en yüksek noktasından ise hava çıkışının olduğu bir havalandırma sistemi sağlanmalıdır.

Batarya gazlarından kurtulabilmek için etkili bir havalandırmanın olması gereklidir. Bu durum özellikle havalandırılmış kurşun asitli bataryalar için önemlidir çünkü yüklenme boyunca ortama hidrojen gazı verirler ve ortamda hidrojenin %4’ ten fazla olması durumunda patlama tehlikesi vardır. Aynı zamanda havalandırma sıcaklık sıkışmasını da engeller.

Kurşun asit bataryalar için ideal işletme sıcaklığı yaklaşık olarak 25 °C dir ve sıcaklıkların bu değerin çok altında veya üstünde olması kullanım ömrünün ve kapasitesinin düşmesine neden olur. Aslında, çok düşük sıcaklıklarda boş bataryalar

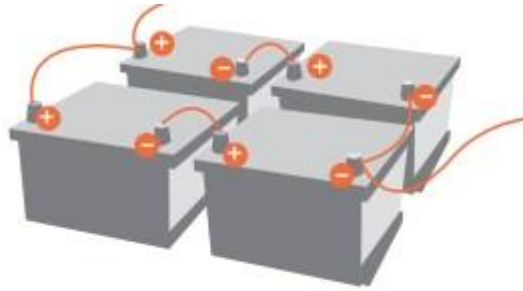
donabilir ve patlayabilir; çok yüksek sıcaklıklarda ise kapalı bataryalarda ısı artışı oluşabilir.

Kıvılcım çıkarabilecek maddeler (sigortalar, röleler vb.) batarya kutusunun içine ya da direkt olarak üstüne yerleştirilmemelidir.

Batarya gazları aşındırıcıdır bu yüzden batarya içerisinde kapalı alanda olan kablolar ve diğer maddeler paslanmaya karşı dirençli olmalıdır. Hassas elektronik cihazlar batarya kutusunun içine ya da üstüne monte edilmemelidir.

Paralel bir şekilde bağlanmış ünitelerden oluşan bataryalarda ünitelerin aynı termal çevreye ve aynı elektrik bağlantı direncine sahip olmaları gerekmektedir.

Daha geniş batarya şarj ünitelerinde her bir üniteyi ayrı ayrı sigortalamak düşünülmelidir



Batarya bulunan alanda aşağıdaki uyarı işaretleri bulunmalıdır:

- “Sigara İçilmez! Kontrolsüz Alev/Yangın Riski”
- “Bataryalar asit içerir. Deriyle ve gözle temastan kaçınınız”
- “Elektrik Çarpılma Riski”

Not: Devre koruması ve yalıtımın bütün noktaları da “Dikkat! DC Gerilim.” ile etiketlenmelidir.

Bütün levhalar ve etiketler açık, kolayca görülebilir, sabitlenmiş ve sistemin ömrü boyunca okunaklı bir durumda olmak zorundadır. Uygun eldiven ve gözlükleri içeren koruma ekipmanları, göz yıkama ve nötralizasyon maddesi ile birlikte batarya odasında bulundurulmalıdır.

10.2 EK-B: PV Sistem Kontrol, Test ve Devreye Alma Dokümanları

Şartnamenin bu bölümü PV sistem tasarım, kurulum ve devreye alınmasından sorumlu olanlar için düzenlenecek dökümanları içermektedir.

Doğrulama ve test işlemlerinin tamamlanmasından sonra bir rapor verilmelidir. Örnek doğrulama raporları bu Şartnamenin 10.2 EK-B bölümünde verilmiştir.

10.2.1 Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol, Test ve Devreye Alma Raporu (IEC 62446 - Ek.A/Sayfa 1)

Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol, Test ve Devreye Alma Raporu (IEC 62446 - Ek.A)	
Rapor No:	
Sayfa 1	
Müşteri (PV sistem Sahibi)	Yüklenici (PV Sistem Kurulumu Yapan)/Test Yapan
İsim/Firma (Şirket) :	İsim/Firma (Şirket) :
Adres :	Adres :
Tesis Adresi :	
Yön/Modül Açısı :	
Çatı Eğimi :	
Devreye Alınma	PV Sistem Üretimi
Devreye Alınma Tarihi :	Tahmini Yıllık Üretim (kWh) :
	Anma (Nominal) Gücü (kWp) :
PV Modüller	
Üretici :	Modül Tipi :
Modül Anma Gücü (STC) (Wp) :	Toplam Modül Sayısı (Adet) :
Kısa Devre Akımı (Isc) (A) :	Akım (A) (MPP) :
Açık Devre Gerilimi (Uoc) (V) :	Gerilim (V) (MPP) :
Evirici(ler)	
Anlık Güç (W) (AC) :	Toplam Evirici Sayısı :
Maksimum Güç (W) (AC) :	Maksimum Güç (Wp) (DC) :
Test İşlemleri	
Test Tarihi :	
Test Edilen Devreler :	
Test Nedeni : <input type="checkbox"/> İlk ölçüm <input type="checkbox"/> Kontrol Ölçümü	
Diğer Kontroller	
Sistem Gözle Kontrol Raporu :	2 ve 3 no'lu sayfalara bakınız.
PV Sistemin Elektriksel Kontrol Raporu (TS EN 62446) :	4 ve 5 no'lu sayfalara bakınız.
PV Sistemin AC Elektriksel kontrol raporuna bakınız. :	5 ve 6 no'lu sayfaya bakınız.
Ölçüm Sonuçları	
Sistemde herhangi bir sorun tespit edilmedi. :	
Eksikler tespit edildi. :	
Tüm sistem elektriksel standartlar dahilindedir. :	
TASARIM, UYGULAMA, KONTROL ve TEST	
Aşağıda imzası bulunan ve tafsilatı yukarıda açıklanan elektrik tesisinin tasarımdan, kurulumdan, teftişinden ve sınanmasından sorumlu kişi(ler) olarak, sorumlusu olduğum(uz) tasarım, kurulum, teftiş ve sınamaları makul beceri ve dikkatle en iyi biçimde ve uygun biçimde gerçekleştirdiğimi(zi) beyan ederim/ederiz.	
İmza(lar) :	Sonraki kontrol için önerilen tarih
İsim(ler) :	YORUMLAR:
Tarih :	
(İmza sahibi mesuliyet kapsamı, yukarıda tanımlanan iş ile sınırlıdır.)	

10.2.2 Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol Raporu (IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 2)

Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol Raporu (IEC 62446 - Ek.B)	
Rapor No:	
Sayfa 2	
Müşteri (PV sistem Sahibi)	Yüklenici (PV Sistem Kurulumu Yapan)/Test Yapan
İsim/Firma (Şirket) :	İsim/Firma (Şirket) :
Adres :	Adres :
Yapılan Ölçümler	
Ölçüm Tarihi :	
Test Edilen Devreler	
Bütün Sistem :	
Yanda belirtilen devreler :	
Tüm sistem TS HD 60364 (IEC 60364-6) standardında gözle kontrol edilmiştir :	
Genel	
Bütün sistem IEC 60364-6 isterlerine göre teftiş edilmiştir ve ekte IEC 60364-6 isterlerine uygun bir rapor verilmiştir.	
PV Modül, Dizi/Dize Tasarım ve Kurulum	
DC sistem genel olarak IEC 60364-6 isterlerine ve özel olarak da IEC 60364-7-712 isterlerine göre tasarlanmış ayrıntılandırılmış ve kurulmuştur.	
DC bileşenler sürekli DC işleme uygun olarak etiketlenmiştir. Sistemde varolan tüm DC bileşenleri DC sistemine uygundur.	
DC bileşen etiket değerleri, en yüksek akım ve gerilim değerlerine uygundur (Voc (STC) değeri, bölgenin sıcaklık aralığına ve modül türüne göre düzeltilmiştir; akım 1,25xIsc (STC) değerindedir – IEC 60364-7-712.433:2002).	
DC tarafta sınıf II yada eşdeğer yalıtım kullanılarak koruma uygulanmıştır evet/hayır (sınıf II tercih edilir IEC 60364-7-712.413.2:2002).	
PV dizi kabloları, PV dize kabloları ve PV DC kabloları, topraklama arızası ve kısa devre risklerini asgariye indirecek biçimde seçilmiş ve monte edilmişlerdir (IEC 60364-7-712.522.8.1:2002).	
Kablolama sistemleri, rüzgâr, buzlanma, sıcaklık ve güneş ışınımı gibi beklenen harici etkenlere dayanacak biçimde seçilmiş ve monte edilmiştir (IEC 60364-7-712.522.8.3:2002). DC ve AC kabloları fiziksel olarak ayrı ayrı çekilmiştir.	
Dizi aşırı akım koruma cihazı içermeyen sistemler için: dizi kabloları, paralel dizilerden gelecek en yüksek toplam hata akımını taşıyacak çaptadır (IEC 60364-7-712.433:2002).	
Dizi aşırı akım koruma cihazlı sistemler için: dizi aşırı akım koruma cihazları – IEC 60364-7-712.433.2:2002 NOT'u uyarınca, yerel yasalara yada PV modül üreticisinin yönergelerine uygun olarak belirlenmiştir.	
Eviricinin DC tarafında DC kesici anahtar bulunmaktadır (IEC 60364-7-712.536.2.2.5:2002).	
Tıkama diyetleri takılmışsa, bunların ters gerilim etiket değerleri, takıldıkları PV dizinin açık devre geriliminin en az iki katıdır 2xVoc (STC) (IEC 60364-7-712.512.1.1:2002).	
DC iletkenlerinden birisi toprağa bağlı ise, AC ve DC taraflar arasında en azından basit ayırma vardır ve toprak bağlantıları korozyondan korunmalı biçimde yapılmıştır (IEC 60364-7-712.312.2:2002).	
PV Sistem - Aşırı Gerilim/Elektrik Çarpma Koruması	
Eğer artık akım rölesi kullanılmışsa ve PV eviricinin AC ve DC tarafları arasında en azından basit ayırma yoksa: artık akım rölesi IEC 60755 uyarınca B tipidir (IEC 60364-7-712.413.1.1.1.2:2002 ve Şekil 712.1).	
DC de kullanılan kablolamalarda yüzey alan mümkün olduğunca dar tutulmuştur. Kablo çevrimi alanları olabildiğince küçük tutulmuştur (IEC 60364-7-712.444.4:2002).	
Tüm PV sistemde potansiyel eşitleme gerçekleştirilmiştir. Dize çerçevesi eşgerilim bağlantısı yapılmıştır (yerel yasalara göre).	
PV Sistem - AC Devre Özel Durumlar	
AC tarafta eviriciyi yalıtım için tedbirler alınmıştır.	
Yalıtım ve anahtarlama cihazları, PV kurulum "yük" tarafına ve şebeke "kaynak" tarafına gelecek biçimde bağlanmıştır (IEC60364-7-712.536.2.2.1:2002).	
Evirici koruma ayarları LÜY yönetmeliğine uygun olarak programlanmıştır.	
Eviricide gerekli olan tüm koruma sistemleri bulunmaktadır.	
PV Sistem - Etiketleme ve Tanımlama	
Bütün devreler, koruma cihazları, anahtarlar ve bağlantı uçları uygun biçimde etiketlenmiştir. AC ana kapatma şalteri üzerinde görülecek şekilde uyarı yazısı asılmıştır.	
Bütün PV bağlantı panoları (PV üreticiler ve PV dizi/dize kutuları), içlerinde aktif aksam olduğunu belirtecek, kutuların PV diziden beslendiğini ve PV eviriciden ve şebekeden yalıtıldıktan sonra bile elektrik taşıyabileceklerini gösterecek biçimde etiketlenmiştir.	
Ana AC yalıtım anahtarları anlaşılır biçimde etiketlenmiştir.	
Kurulum yerinde tek hat bağlantı şeması görünür biçimde bulunmaktadır.	
Ara bağlantı noktasında çift kaynak besleme uyarı etiketleri bulunmaktadır.	
Evirici koruma ayarları ve kurulumcu ayrıntıları mevcuttur. Sistemle ilgili tüm güvenlik bilgileri kullanıcıya verilmiştir.	
Acil durum kapatma işlemleri açık biçimde gösterilmiştir. Sistem giriş bölümünde acil kapatma butonu monte edilmiştir.	
Bütün işaret ve etiketler uygun biçimde tutturulmuş ve dayanıklıdır. Tüm tanımlama ve uyarı yazıları/levhaları iklim faktörlerinde etkilenmeyecek şekilde hazırlanarak uygulanmıştır.	

10.2.3 Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol Raporu (IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 3)

Şebeke Bağlantılı PV Sistem Kontrol Raporu (IEC 62446 - Ek.B)	
Rapor No:	
Sayfa 3	
Müşteri (PV sistem Sahibi)	Yüklenici (PV Sistem Kurulumu Yapan)/Test Yapan
İsim/Firma (Şirket) :	İsim/Firma (Şirket) :
Adres :	Adres :
Yapılan Ölçümler	
Ölçüm Tarihi :	
Test Edilen Devreler	
Bütün Sistem :	
Yanda belirtilen devreler :	
Tüm sistem TS HD 60364 (IEC 60364-6) stndartında gözle kontrol edilmiştir :	
PV sistem – genel kurulum (mekanik)	
PV modüller arka bölümünde modüllerin aşırı ısınmasını engellemek için hava boşlukları bırakılmıştır. Aşırı ısınma/yangın riskini önlemek için dizi/dize arkasında havalandırma sağlanmıştır.	
Dize çerçevesi ve malzemesi korozyona dayanıklıdır.	
Dizi/dize çerçevesi doğru monte edilmiş ve sabittir; çatı bağlantıları su geçirmezdir.	
Kablo girişleri hava koşullarına karşı dayanıklıdır.	
PV modüller kasaları üzerinden çatı üzerine standartlar çerçevesinde yaz/kış aylarında fiziksel değişime uğramıyacak montaj malzemelerinden seçilerek monte edilmiştir.	
İmza(lar) :	Sonraki kontrol için önerilen tarih
	ÖNERİLER: * Sisteme ait yapılan tüm fotoğraf çekimleri (son montaj hali, kullanılan modül/dizi/diz) rapora ek olarak müşteriye teslim edilecektir.
İsim(ler) :	
Tarih :	
(İmza sahibi mesuliyet kapsamı, yukarıda tanımlanan iş ile sınırlıdır.)	

10.2.4 PV Sistem Test Raporu (IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 4)

FV Dize Test Raporu		Başlangıç Doğrulama Periyodik Doğrulama
Tesis Adresi	Numara	
	Tarih	
Test edilen işin tanımı	Müfettiş	
	Test aletleri	

Dizi		1	2	3	4		n
Dize	Modül						
	Adet						
Dize parametreleri (belirtildiği gibi)	V _{oc} (stc)						
	I _{sc} (stc)						
Dizi ağırlık akım koruma cihazı	Tip						
	Değer (A)						
	DC Değer (V)						
	Kapasite (kA)						
Kablolama	Tip						
	Faz (mm ²)						
	Toprak (mm ²)						
Dizi testi	V _{oc} (stc)						
	I _{sc} (stc)						
	Işınım						
Polarite kontrolü							
Dize yalıtım direnci	Test gerilimi (V)						
	Artı – Toprak (MΩ)						
	Artı – Toprak (MΩ)						
Toprak sürekliliği (varsa)							
Anahtarlama tertibatı doğru çalışıyor							
Evirici marka/model							
Evirici seri numarası							
Evirici doğru çalışıyor							
Şebeke kesinti testi							

Yorumlar

10.2.5 Şebeke Bağlantılı PV Sistem AC Bölümün Elektriksel Ölçüm ve Kontrolü
(IEC 62446 - Ek.B/Sayfa 5)

Rapor No:
Sayfa:5

Müşteri (PV Sistem Sahibi)

Adı, Soyadı _____
Adres _____
Posta Kodu _____ İl/İlçe _____
Tel. (ev) _____ (iş) _____
Tel. (cep) _____ Faks _____
E-Posta _____

Tesisin Kurulu Olduğu Adres (yukarıdaki adresten farklı olursa)

Adres _____
Posta Kodu _____ İl/İlçe _____

Yüklenici (PV Sistem Kurulumu Yapan)/Test Yapan

Şirket Adı _____
Adı, Soyadı _____
Adres _____
Posta Kodu _____ İl/İlçe _____
Tel. (santral) _____ (dahili) _____
Tel. (cep) _____ Faks _____
E-Posta _____

Devreye Alanın Bilgileri

Adı _____
Şirket Adı _____

Teknik Tesis Verileri

Generatör Gücü _____ kWp
Modül Tipi (Üretici, Model) _____
Modül Sayısı _____ (_____ x _____) (Paralel x Seri)
Evirici Modeli _____ (Üretici, Model)
Anma Gücü _____ kW Miktarı _____ adet
Maks. Gerilim (DC) _____ V Maks. Akım (DC) _____ A
Aşırı Gerilim Deşarj Ünitesi _____ (Üretici, Model)
DC Anma Gerilimi _____
Dizi Sigortası Amperajı _____ (Üretici, Model)
Gerilim / Akım _____ V _____ A
Doğru Akım Devresi Topraklama: pozitif negatif yok Şebekeden ayrı: evet hayır

Dizi Bağlantı Hattı
(Üretici, Model) _____ Kesit _____ mm²

Doğru Akım Ana Hattı
(Üretici, Model) _____ Kesit _____ mm²

Doğru Akım Ana Şalter
(Üretici, Model) _____ Anma Gerilimi _____ V
 DC22 Şalter Kriterine Uygun Anma Akımı _____ A

Diğer Devre Kesme Düzenekleri
(Üretici, Model, İşlev) _____

Koruyucu Düzenek AC
(Üretici, Model) _____ Anma Akımı _____ A

Artık Akım Koruma Cihazı
(Üretici, Model) _____ Tetikleme Akımı _____ mA

Ölçüm Değerleri

Ölçüm Tarihi _____

Bina Toprak Hattının Topraklı Direnci _____ Ω

PV Generatörünün İzolasyon Direnci _____ MΩ

Test Gerilimi _____ V

Ölçümün Nasıl Yapıldığı kısa devre yapılan jeneratör ile artı-eksi kutup bağlantısıyla

İçinim Ölçüm Değeri (varsa) $E_{PV} =$ _____ W/m²

Bu değere alt $P_{DC} =$ _____ W $P_{AC} =$ _____ W

Dizi gerilimi için beklenen değer, modül gerilimi, modül sayısı, modül sıcaklığı ve sıcaklık katsayısına bağlı olarak belirlenir.

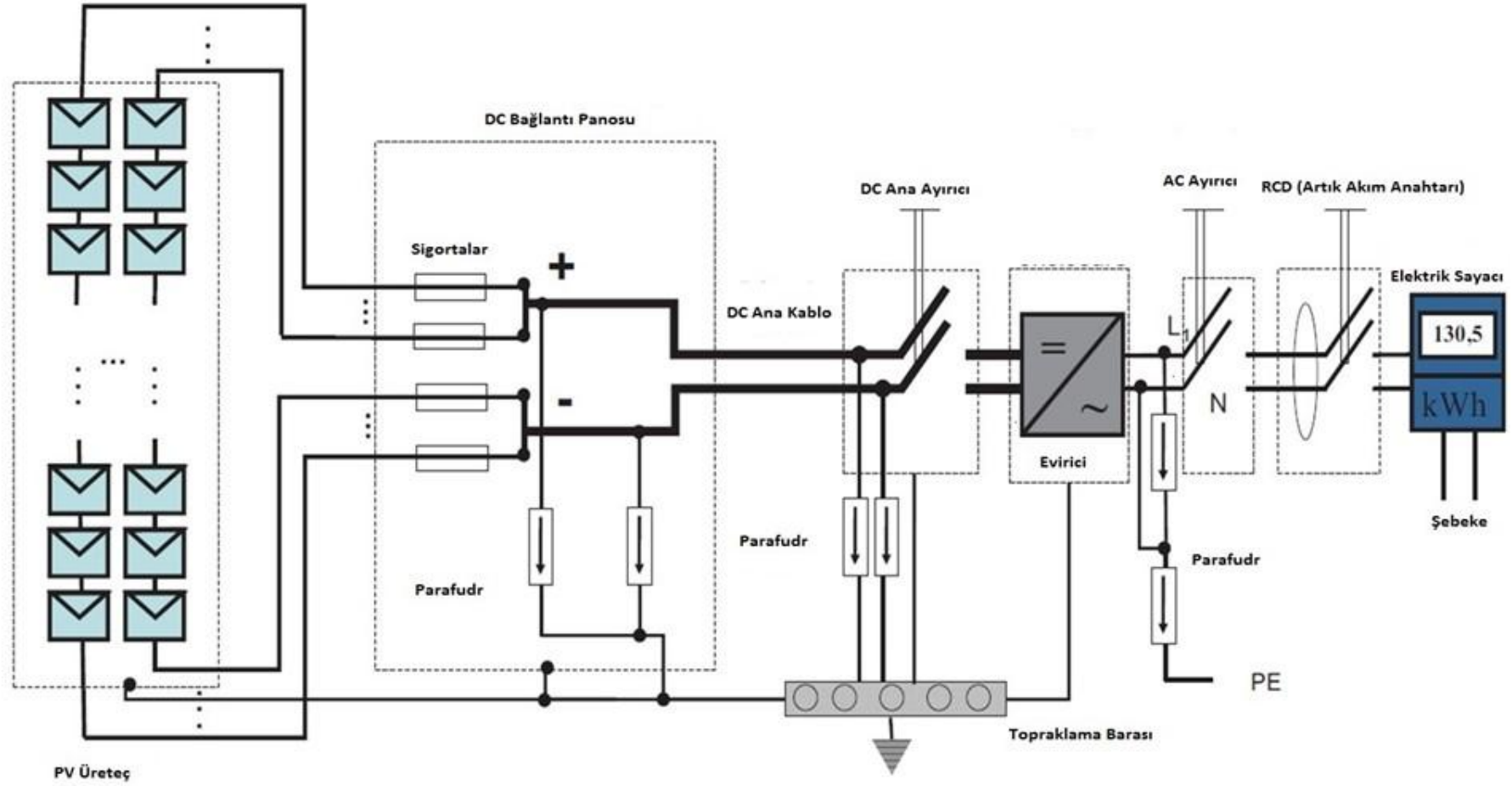
Toplam Tesis	Açık Devre Gerilimi	°C'de Beklenen Değer	Çalışma Gerilimi	°C'de Beklenen Değer	Sıcaklık Katsayısı β
	V	V	V	V	mV/°C
	Açık Devre / Çalışma Gerilimi	Beklenen Değer	Modül Sıcaklığı	Kısa Devre / Çalışma Gerilimi	Sigortada Ölçülen Gerilim
	<input type="checkbox"/> U_{AD} <input type="checkbox"/> U_{MPP}	U_{redat}	t_{Modul}	<input type="checkbox"/> I_k <input type="checkbox"/> I_{MPP}	U_{sig}
Dizi 1	V	V	°C	A	mV
Dizi 2	V	V	°C	A	mV
Dizi 3	V	V	°C	A	mV
Dizi 4	V	V	°C	A	mV
Dizi 5	V	V	°C	A	mV
Dizi 6	V	V	°C	A	mV
Dizi 7	V	V	°C	A	mV
Dizi 8	V	V	°C	A	mV
Dizi 9	V	V	°C	A	mV
Dizi 10	V	V	°C	A	mV

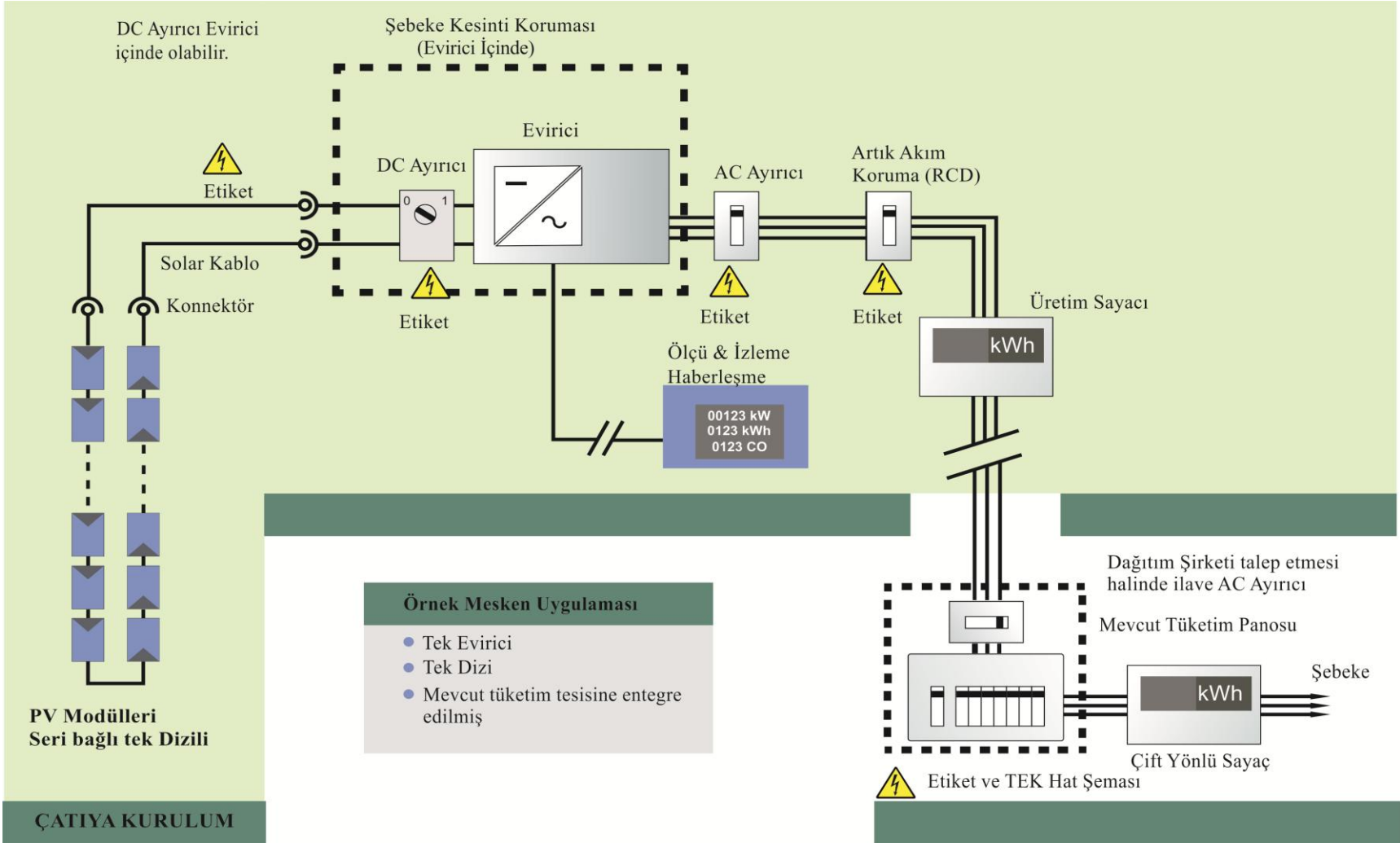
U_{AD} Açık Devre Gerilimi
 I_k Kısa Devre Akımı
 U_{MPP} Çalışma Gerilimi
 I_{MPP} Çalışma Akımı

U_{redat} Modül Sıcaklığından Hesaplanan Gerilim
 t_{Modul} Modül Sıcaklığı (ölçülen ya da tahmin edilen, çevre sıcaklığının yakı. 30°C üzerinde)
 U_{sig} Sigortada Düşen Gerilim Miktarı, Kontaklar dahil (Kısa Devre veya Normal Çalışmada)
 β Açık Devre Gerilimine ait Sıcaklık Katsayısı

Üretim Sayacının Endeksi _____ kWh

10.3 EK-C: Tek Hat Şema Örnekleri





**30 DERECE EĞİMLİ BİR YÜZEYE KURULACAK BİR
C-Sİ PV MODÜLÜNÜN ÜRETEBİLECEĞİ YILLIK ENERJİ MİKTARI**

