

GÜNEŞ PANELİ TAŞIYICI SİSTEMLERİNDE SIK KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

Mert GENÇ

Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı Doktora Programı

İnş. Yük. Müh., Şirket Müdürü, Genser Mühendislik Ltd. Şti,

Anadolu Cd. Tepekule İş Mrk. No: 40 D:903 Bayraklı, İzmir, Türkiye

+90 536 391 65 52 mert@genoser.com

GÜNEŞ PANELİ TAŞIYICI SİSTEMLERİNDE SIK KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

Enerji üretimi amaçlı güneş enerji tesisleri inşaa edilen bölgeye bağılı olarak dış yüklerle maruzdur. Rüzgar, kar, ısı ve deprem yükleri panel taşıyıcı sistemlerinde zorlamalar yaratır. İmar yönetmelikleri açısından güneş tesisi yapının kendisi veya yapının bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle güneş enerji tesislerinin hesabı hali hazırda geçerli inşaat mühendisliği metod ve yapı yönetmeliklerine göre yapılmaktadır.

Çatı üstü güneş paneli kurulumlarında ise, mevcut çatı taşıyıcı sisteminin analizi, binanın tasarımında öngörülen yüklerle ek olarak, güneş paneli ilavesi kaynaklı yüklerin etkisi altında tekrar yapılmak zorundadır.

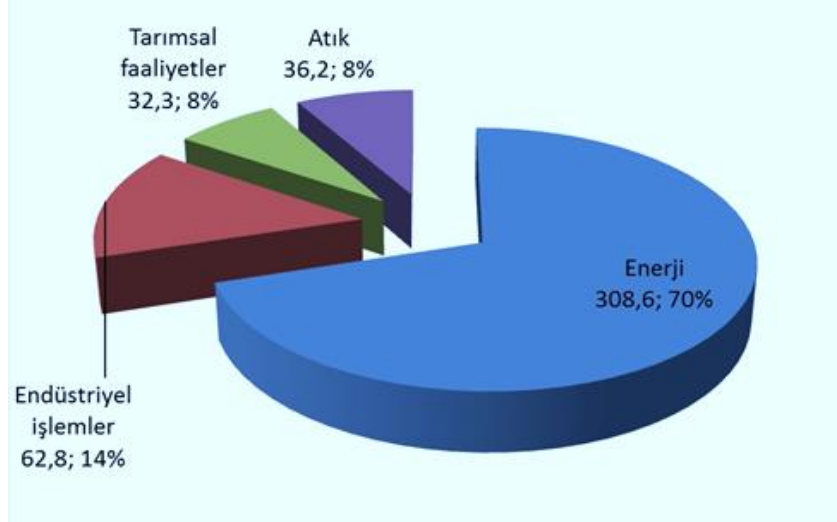
Bu bildiri kapsamında güneş paneli taşıyıcı sistem tipleri ve bunlara etkiyen rüzgar, kar, deprem gibi dış yükler incelenecektir. Ayrıca uygulamalarda sık karşılaşılan problemler ve hatalar sunulacak, fen, sanat kaidelerine ve uygulamaya uygun olarak tesislerin nasıl inşa edilmesi gerektiği kısaca vurgulanacaktır. Sunum spesifik uzmanlık alanı ile sınırlı olmayıp, güneş paneli kurulumu yapmayı planlayan geniş yatırımcı kitlelerine taşıyıcı sistemler hakkında bilgi sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ges taşıyıcı sistemleri, ges statik incelemesi, çatı kapasite tahkikleri, arazi montaj sistemleri

GİRİŞ VE AMAÇ

Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına yatkınlık fosil yakıt kaynaklarının azalması, hızla gelişen sanayileşme ve en önemli faktör olan çevre kirliliğinin artması ile başlamıştır. İklim değişikliğiyle mücadelede ileriye dönük ilk adım Kyoto Protokolü ile atılmıştır. Kyoto protokolünde amaç 2008-2012 yılları arasındaki CO₂ salınımının 1990 yılına göre %5 düşürülmesidir. Tam olarak amacına ulaşamayan Kyoto protokolünün ardından 2015 yılında Paris İklim antlaşması imzalanmıştır. Bu antlaşmada ise amaç yer kürenin sıcaklık artışını 1.5 derecede sınırlandırmaktır. Türkiye de bu antlaşma doğrultusunda 2023 yılına kadar kendisine belirli hedefler belirlemiştir.

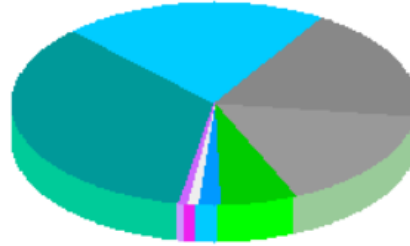
Çevreyi kirleten en büyük faaliyet enerji üretimidir. Enerjinin karbondioksit salınımındaki rolü sektörlere göre CO₂ salınımına bakıldığında (Şekil 1) %70 lik paya sahiptir. Bu orandan da anlaşılacağı üzere enerji üretimi sorunu halledilmeden CO₂ üretiminin önüne geçilmesi mümkün değildir.



Şekil 1. Dünya’da sektörlere göre CO₂ salınımı (2012)

Dünya’da elektrik üretiminin %76.3’ü yenilenebilir olmayan kaynaklardan, %23,7si ise yenilenebilir kaynaklardan sağlanmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinde ise elektrik kaynaklarının %49u fosil yakıt %26sı nükleer enerji , kalan %25 ise yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir. Ülkemizde ise elektrik üretiminin %35’i doğalgazdan sağlanırken, yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında %21 hidroelektrik santrallerden, %6 ise rüzgar enerjisinden sağlanmaktadır (2017, Türkiye Elektrik İletim A.Ş) (Şekil 2). Güneş enerji santrallerinin payı henüz %1’lere ulaşamamıştır. Dünya genelinde güneş enerji santrallerinden enerji üreten ülkelerin başında Çin, ABD ve Almanya gelmektedir.

Doğalgaz	162.912.067	%35.17
Hidrolik	97.525.370	%21.05
İthal Kömür	85.103.541	%18.37
Taş Kömürü ve Linyit	74.395.015	%16.06
Rüzgar	28.621.190	%6.18
Jeotermal	9.214.072	%1.99
Biogaz	3.607.062	%0.78
Diğer Termik	2.377.710	%0.51

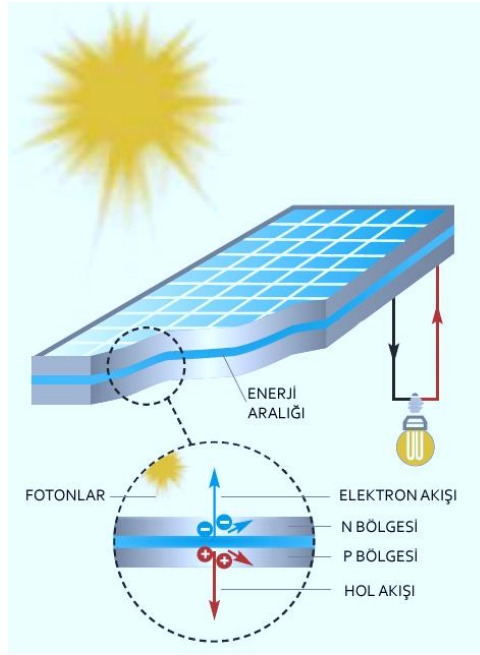


Şekil 2. Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (2017, TEİAŞ)

Ülkemizde bu adımda kritik olan yönetmelik 2013 yılında çıkarılan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’dir. Birçok kez revize edilen yönetmelik, en son Mayıs 2019 da yapılan revizyon ile 5 ayrı yöntem doğrultusunda güneş enerjisi santrali kurulum modeli oluşturmuştur. Amacımız ise yönetmelikler ve firmamızın tecrübeleri doğrultusunda, güneş enerji sektörü paydaşlarına aktarımlarda bulunarak uygulamaların daha doğru, fen ve sanat kaidelerine uygun yapılmasına yardımcı olmaktır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Fotovoltaik sistemler güneş ışınlarında bulunan foton denilen ışık demetleri silisyum madeninden oluşan güneş paneli içindeki elektronlar arasında bir akış yaratır. Bu akış elektrik akımına dönüştürülür. Panele yansıyan güneş ışınları doğru akımı oluşturur ve kablolarla invertöre aktarılır. Çift yönlü sayaçlar sayesinde hem üretim hem tüketim hesaplanır. Fotovoltaik sistemler yaklaşık 25 derecede maksimum verimlerde çalışır.



Şekil 3. Fotovoltaik panellerin çalışma sistemi

Güneş enerjisi kurulumları çatı ve saha kurulumu olarak iki farklı şekilde yapılır. Çatı kurulumları için ise çatının tipine bağlı olarak 4 farklı seçenek bulunmaktadır. Eğilim çatıda paralel bir kurulum, betonarme teras düz bir çatıda panellere eğim vermek için açılı kurulum, güneyi görmeyen eğimli çatıda güneyi görecek şekilde açılı kurulum yapılırken sundurma veya otopark gibi yerlerde güneş santraline dönüştürülebilir. Çatı üzerine monte edilen güneş panelleri genellikle alüminyumdan üretilen raylara monte edilir. Güneş paneli ile kaplama arasına min. 10 cm bir yükseklik konulur ki panellerin ısınması ve verimin düşmesi önlenir. Türkiye’de yapılan kurulumların %90’ı saha kurulumudur. Saha konstrüksiyonlarında avantaj olarak eğim istenilen şekilde ayarlanabilir. Kurulumlarda ağırlıklı olarak çelik ve alüminyum malzemeler kullanılır.

Saha konstrüksiyonlarında zemine sabitleme işlemi 4 farklı yöntemle yapılır (Şekil 4). Bu yöntemlerden ilki ve en sık tercih edileni çakım çelik kazık yöntemidir. Çakım çelik kazık yönteminde sistem sahaya doğrudan çakılarak sabitlenir. Hem hızlı hem de ekonomik bir uygulamadır fakat bu yöntem sadece yumuşak–orta sıkı zeminlerde uygundur. Sert zeminlerde sistemde ciddi deformelere sebep olabilir. İkinci yöntem olan vidalı çelik kazık yönteminde burğu şeklinde vidalı yöntemlerle imal edilen kolonlar zemine yerleştirilir. Düşey

yük taşıma kapasitesi yüksek fakat düşük kesitli boru olduğu için yatay yük kapasitesi düşük elemanlardır. Sıkı zeminler ve ayrılmış kayalar için uygundur. Üçüncü yöntem ön delgili beton dolgu kazık yöntemidir. Bu sistemde karot makinesiyle delik açılıp o delik betonla doldurulur. Bu temel sistemi diğer sistemlere göre maliyetlidir fakat durabilitesi yüksektir. Son yöntem olan betonarme plak temelinde ise kötü veya sulu zeminlerde betonarme prefabrik veya yerinde dökme plaklarla güneş panel sistemi kurulabilir ancak zemindeki en ufak bir deformasyon üst yapıya hemen yansır. Ges sistemlerinde çok kapsamlı zemin etüdüne gerek yoktur. Çünkü yüklerin etki derinliği fazla değildir. Düzgün yapılmış bir araştırma çukuru ve SPT testi sistem için yeterli sonuçları vermektedir.



Şekil 4. Saha konstrüksiyonlarında zemine sabitleme işlemleri

Güneş panellerini konstrüksiyon dahil ağırlığı $12-20 \text{ kg/m}^2$ arasında değişmektedir. Konstrüksiyon hesaplarında dikkate alınması gereken yüklerden ilki kar yüküdür. Kar yükü TS EN 1991-1-3 yönetmeliğine göre yapılmalıdır. Kar yükü çatının şekline, çatı altında oluşan ısı miktarına, komşu binaların yakınlığına, çevre arazisi yapısına ve yerel meteorolojik iklim özelliklerine bağlıdır. Hesaplamalar bu etkiler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. (Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-3: Genel Etkiler-Kar Yükleri (Eurocode 1), Nisan 2007)

Sisteme etki eden diğer yüklerden biri olan rüzgar yükleri için TS EN 1991-1-4 yönetmeliği kullanılmaktadır. Rüzgar yükü hesabında binanın konumu, arazisi, rüzgar basıncı katsayıları gibi bir çok etkili olup hesaplar bu doğrultuda yapılmalıdır. Rüzgar yükü teras ve saha gibi kurulumlarda daha kritiktir. (Yapılar Üzerindeki Etkiler- Bölüm 1-4: Genel Etkiler-Rüzgar Etkileri (Eurocode 3), Aralık 2007)

Sisteme etki eden deprem yükü için saha konstrüksiyonlarının binalardan bir farkı bulunmamaktadır. Çelik çerçeve binası olarak düşünülebilir. Dolayısıyla deprem açısından bir binaya etkileyen yükler aynı yönetmelik dahilinde sisteme etki ettirilmelidir. Üstelik enerji üretim tesisi olduğu için daha büyük deprem etkilerine maruzdur. Binanın yük durumunda çatıya etkileyen güneş paneli deprem etkin kütleimizi arttırdığımız için deprem yükünü de arttırmaktadır. Güneş enerji santrali konstrüksiyonu için bahsedilen bütün durumlar göz önüne alınıp hesaplamalar bu doğrultuda yapılmalıdır. (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği , Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar, Mayıs 2018)

Çatıda veya sahada bulunan güneş paneli taşıyıcı sistemlerinde kurulum aşaması ve faaliyet ömrü boyunca gerek yanlış hesaplamalar gerekse gözden kaçırılan noktalardan dolayı bir çok problem oluşabilir. Sık karşılaşılan bu problemlerden ilki drenaj problemidir. Drenaj problemi suyun arazi yüzeyinde veya altında çok uzun süre boyunca kalması durumunda oluşabilecek sorunlardır. Saha konstrüksiyonlarında sıkça rastlanan drenaj problemi özellikle killi zeminde bozulmalara yol açıp üst konstrüksiyonda deformasyonlara yol açmaktadır.



Şekil 5. Drenaj problemi

En sık karşılaşılan diğer bir problem ise arazinin düzgün olmaması sonucunda dolgu zemin üzerine yapılan konstrüksiyonlarda oluşan deformasyonlardır. Dolgu zemin yapımında sıkıştırma yapılmaması veya su içeriğinin ayarlanamaması gibi durumlarda, dolgu zemin bozularak zemin deformasyonlarına sebep olup üst konstrüksiyonda da deformasyonlara sebep olmaktadır.



Şekil 6. Dolgu zemin üzerine inşaat

Güneş paneli taşıyıcı sistemi konstrüksiyonlarında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise özellikle karlı bölgelerde panel üzerinde oluşabilecek birikmelerdir. Kar yükü hesabında

birikmemiş ve birikmiş kar yükleri de göz önünde bulundurulmalı hesaplamalar oluşabilecek tüm durumlar için yapılmalıdır. Birikme durumu hesaba katılmadığı takdirde eğik kirişlerin biriken bölgelerinde ciddi oranda deformasyonlar görülebilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Kar yükü birikmesi

Güneş paneli taşıyıcı sistemi konstrüksiyonun montajı sırasında projenin birebir uygulanmaması, detay eksikliklerinin bulunması, profillerin yanlış yönde yerleştirilmesi gibi hatalardan kaynaklı sistemin çalışmasını ve statüğünü etkileyen problemlerde bulunmaktadır.

Çatı güneş enerji santrali konstrüksiyonlarında karşılaşılan problemler ise çelik yapılarda genellikle aşıklar ve çatı kirişlerinin yeterli taşıma kapasitesine sahip olmaması, birleşimlerin yetersiz olması, bulunan çelik yapıda kötü kaynak yapılması, deprem stabilite bağlantılarının eksik olması, deprem ötelenmelerinin göz ardı edilmesi gibi problemlerle karşılaşırken betonarme yapılarda kalıp hataları, beton kalitesi ve donatı kalitesi ve yetersizliği gibi bir çok problemle karşılaşmaktadır.



Şekil 8. Yetersiz birleşim

Güneş enerji panelleri çatı yerleşiminde prefabrik yapılara da sıkça rastlanılmaktadır. Prefabrik binalarda güçlendirme yapmaya müsait yapılar değildir. Yapının makasında

düŖey kapasite yetersizliği durumunda yapının alıŖma sistemi deđiŖeceđi için kolon koyulması tercih edilmez yani kolonla güçlendirme yapılması tercih edilmez. AŖıklarda karŖılaŖılan düŖey kapasite yetersizliğinde de takviye etmek oldukça zordur. Prefabrik binalarda mutlaka deprem ötelenme tahkiki yapılmalıdır. Yanal telenme prefabrik yapılarda makas dŖmesine sebep olabilmektedir (Ŗekil 9). Bu yüzden yanal telenmede sınırları aŖan bir ötelenme olması durumunda makasın dŖmesini önleyici her iki taraftan da elik guse takviyesi yapılmalıdır.



Ŗekil 9. Deprem telenmesinden kaynaklı makas dŖmesi

SONUÇ ve ÖNERİLER

GneŖ enerji santrallerinden maksimum verimi elde edebilmek, zamanla sistemde oluŖabilecek deformasyonu minimuma indirmek ve iŖi daha ekonomik bir boyuta taŖımak için bahsedilen problemlerin önüne geçilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Sisteme etki edilen yükler bahsedilen yönetmelikler dahilinde yapılmalı, yüklerin hesaplanması sırasında sahanın/atanın bulunduğu konum, yapının Ŗekli, yapı çevresinde oluŖan ısı miktarı, yapının komŖu binalara yakınlığı, evre arazi yapısı ve yerel meteorolojik iklim özellikleri gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

GneŖ paneli taŖıyıcı sistemlerinin imalatı ve montajı sırasında projeye bütünüyle uyulmalı, montaj sırasında varsa tespit edilen eksik detaylar tamamlanmalıdır.

GneŖ paneli taŖıyıcı sistemleri sahaya yerleŖtirilmeden önce düzgün yapılan araŖtırma çukuru ve SPT testi yapılmalı uygulamaya baŖlamadan önce n-delgi gerektiren bölgeler raporda verilmedi.

Sahaya yerleŖtirilen gneŖ paneli taŖıyıcı sistemleri için varsa sahaya yapılan dolgu zemin kontrol edilmeli, oluŖabilecek deformasyonlar önlenmelidir. Zeminde oluŖabilecek su birikintilerinin önüne geçebilecek drenaj sistemleri kurulmalıdır.

Çelik yapı çatısına yerleştirilen güneş paneli taşıyıcı sistemleri için çatı kiriş ve aşıklarının taşıma kapasitesi, birleşim detayları, malzeme ve kaynak kaliteleri kontrol edilmelidir. Çelik yapının yetersiz kalması sonucunda ise açıklık ortasına kolon koyma, kolonları uzun yönde bağlama, birleşimlerin desteklenmesi, aşık ekleme/değiştirme gibi önlemlerden yapı için en uygun olanı tercih edilip çelik yapı güçlendirilmelidir.

Betonarme yapılara yerleştirilen güneş paneli taşıyıcı sistemleri için ise beton ve donatı kalitesi, yapının taşıma kapasitesi hesaplanmalı ve hesaplamalar sonucunda panel yerleşimi tamamlanmalıdır.

Prefabrik yapılara yerleştirilen güneş paneli taşıyıcı sistemleri için yapının analizi yapılmalı, analiz sonucunda yanal ötelenme sınır değerleri aşıyorsa makasın düşmesini önleyici her iki taraftanda çelik guse takviyesi yapılmalıdır.

Sonuç olarak gerek güneş paneli taşıyıcı sistemi gerekse sistemin üzerine yerleştirildiği çatının veya sahanın gerekli bütün analizleri ve hesaplamaları, hali hazırda geçerli inşaat mühendisliği metod ve yapı yönetmeliklerine uygun yapılmalıdır. Bu hesaplar doğrultusunda yapı için en ideal ve en ekonomik yöntem tercih edilip fen, sanat kaidelerine ve uygulamaya uygun tesisler inşa edilmelidir.