

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adem KAYA

**GÜNEŞ ENERJİSİ PANELİ KURULUM VE MONTAJ
RİSKLERİ**

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI

ADANA-2020

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GÜNEŞ ENERJİSİ PANELİ KURULUM VE MONTAJ RİSKLERİ

Adem KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 03/11/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof..Dr.Emel YILDIZ

.....
Doç..Dr.Fusun DOBA

.....
Doç..Dr.Başak DOĞRU

KADEM

MERT

DANIŞMAN

ÜYE

ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ PANELİ KURULUM VE MONTAJ RİSKLERİ

Adem KAYA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Emel YILDIZ
Yıl : 2020, Sayfa: 46
Jüri : Doç.Dr. Füsun DOBA KADEM
: Doç.Dr. Başak DOĞRU MERT

Dünya nüfusunun her geçen gün artmasıyla birlikte fosil yakıtların yetersizliği, araştırmacıları yeni enerji kaynakları arayışına sürüklemektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi son zamanlarda en gözde yenilenebilir enerji olarak değerlendirilmektedir. Güneşin sürdürülebilir, temiz, tükenmeyen bir enerji türü olması avantajını artırmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte kullanılan ürünlerin verimlerinin artıp, fiyatlarının düşmesi nedeniyle güneş enerji santrali projelerine yönelik çalışmalar hız kazanmakta ve ülkeler gelecekteki enerji politikalarını bu doğrultuda oluşturmaktadır.

Enerji fiyatlandırılmasındaki artışlar Güneş enerji santralleri yatırımlarını hızla büyötmektedir. Özellikle endüstriyel yapıların, özel binaların çatı katları ve arazi uygulamaları ile güneş enerjisinden elektrik üreterek ekonomik açıdan önemli tasarruflar sağlanmaya başlanılmıştır. Bu santrallerin iş sağlığı ve güvenliği açısından kontrol edilmesi ve risk değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, güneş enerji santrallerinin risk analiz tabloları incelenmiş ve alınması gereken iş sağlığı güvenliği önlemleri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Güneş Enerji Santrali, Risk Değerlendirme Yenilenebilir Enerji Kaynakları.

ABSTRACT

MSc THESIS

THE CONFIGURATION OF SOLAR PANEL AND MOUNTING RISKS

Adem KAYA

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
THE INSTITUTE OF SCIENCE,
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH DEPARTMENT**

Supervisor : Prof. Dr. Emel YILDIZ
Year : 2020, Sayfa: 46
Jury : Assoc.Prof. Füsün DOBA KADEM
: Assoc.Prof. Başak DOĞRU MERT

In addition with the increase of world population day by day,insufficiency of fossil fuels drives researchers to look for new energy sources.Solar and wind energy has been considered as the most popular renewable energy recently. Being a sustainable, clean and inexhaustible type of energy increases the advantage of the Sun. Thanks to developing technology ,the rise of efficiency of the products that are used and the decrease of their prices are accelerating the studies on the projects of solar power plant ,so the countries form their future energy policies accordingly.

The raises in pricing out energy expand investments in solar power plants rapidly. The economically important savings have been achieved by producing power from solar energy, especially with industrial buildings, penthouses of private buildings and land implementation. These power plants should be controlled in terms of occupational health and safety and risk assessment should be made. In this study, the risk analysis tables of solar power plants were examined and the occupational health and safety measures to be taken were presented.

Key Words: Occupational Health and Safety, Solar Power Plant, Risk Assessment, Renewable Energy Resources.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bugün enerji üretiminde güneş, rüzgâr ve su gibi kolay depolanabilir, düşük maliyetli, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem mevcut enerji kaynaklarına alternatif olması hem de doğanın korunması hususunda artan toplumsal bilinç sayesinde önem kazanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğaya herhangi bir tahribat vermeden diğer enerji türlerinin üretilmesi için kullanılır. Bu kaynakların içinde güneş enerjisi tamamen sınırsız olması sebebiyle diğer doğal enerji kaynaklarından bir adım önde yer alır. Güneşten enerji üretimi, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması, çevre dostu olması sebebiyle dünyada son yıllarda tercih edilmeye başlanmıştır. Özellikle ülkemiz, güneş ışıınımı ve güneşlenme süreleri bakımından bu enerjinin etkin olarak kullanılabileceği bir coğrafyaya sahiptir. Günümüzde güneş enerjisi üretim tesislerinin birçok uygulaması bulunmakta olup, sayıları her geçen gün artmaya devam etmektedir.

Güneş panelleri, üzerindeki birçok güneş hücresi sayesinde güneş ışığını soğurarak depolar. Bu paneller fotovoltaiik ilkeye dayalı olarak çalışan elemanlardır; güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirirler. Güneş panelleri, kurulacağı bölgenin, topografik ve coğrafi koşulları, eğimi, sürekli rüzgârların yönü, güneş ışınlarının bu bölgeye geliş açısı ve yoğunluğuna bağlı olarak bina çatıları, bina cephele-ri ya da açık arazilerde kullanılabilir. Bir güneş paneli sistemi fotovoltaiik panel ve panel taşıyıcı sisteminden (temeller ve montaj elemanları) oluşmaktadır. Taşıyıcı sistemin tasarımında ve malzeme seçiminde maliyet ve zeminin özellikleri faktör-leri değişkenlik gösterebilir, arazi eğiminin değişkenliği, sahaya uygun donanım seçilmesi göz önüne alınır. Dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanları galvanizli çelik, ahşap, alüminyum gibi malzemelerden üretilmektedir.

Güneş paneli sistemlerine etki eden yapısal yükler diğer yapılara kıyasla çok küçük olsa da bu yüklerin zemine aktarılması ve uygun temel tasarımı hususu-

nun geoteknik mühendisliği açısından incelenmesi önemlidir. Bu amaçla, farklı saha koşulları için geliştirilmiş birçok türde temel uygulaması bulunmaktadır: pre-fabrik beton, yerinde dökme beton, çakma kazık ya da helisel kazık gibi. Ayrıca, bu sistemler küçük çap ve uzunlukta fazla sayıda kazığa sahiptir. Ekonomik malzeme kullanımı ve gömme derinliği açısından kazık optimizasyonu önemlidir.

İyi tasarlanmış güneş paneli temeli güvenilirlikten ödün vermemelidir. Doğru geoteknik veriler, güvenilir ve uygun maliyetli bir temel tasarımınnın anahtarıdır. Yeterli ve doğru geoteknik bilgi yoksa güvenli tarafta kalınarak temel tasarımı yapılmalıdır. Güvenli tarafta kalınarak yapılan temel tasarımı da fazla maliyete neden olabilmektedir. Projenin başlangıcındaki doğru yapılan geoteknik analiz, tasarım maliyetinin güvenli tarafta ve optimum yapılmasını sağlamıştır.

Bu çalışmanın amacı güneş enerjisi santralleri kurulumu ve montajı sırasında muhtemel risk değerlendirmesini yapmaktır. Bu alışma kapsamında kurulum ve montajın nasıl bir teknik aşamalardan geçtiği anlatılmış ve yurt dışı kurumlarının ve şirketlerin risk değerlendirmelerinden yararlanılarak kontrol listesi ve risk tablosu hazırlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca deneyim ve bilgilerinden yararlandığım danışmanım Sayın Prof. Dr. Emel YILDIZ' a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, her koşulda yardımını esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR	X
1. GİRİŞ	1
1.1. İş Güvenliğinin Amacı.....	2
1.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi.....	2
1.3. Güneş Enerjisi	3
1.3.1. Güneşten Enerji Üretimi	4
1.3.2. Günümüzde Güneş Enerjisi Sistemlerinin Kullanımı	6
1.3.3. Dünya’da Güneş Enerjisi Santralleri.....	9
1.3.4. Türkiye’de Güneş Enerjisi Santralleri.....	10
1.3.5. Güneş Enerjisi Sistemleri.....	11
1.3.6. Fotovoltaik (PV) Santraller.....	11
1.3.7. Güneş Panellerinin Kurulumu.....	14
1.3.8. Güneş Panellerinde Kullanılan Temel Türleri	17

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	19
2.1 Risk Değerlendirme Metotları	19
2.1.1 L Tipi Matris Metodu.....	19
2.1.2. Fine-Kinney Metodu	20
3. MATERYAL VE METOD.....	21
3.1. Materyal	21
3.2. Metod	21
3.2.1. Tanımlar	21
3.2.2. Risk Değerlendirme Çalışmasının Adımları	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	25
4.1. Risk Değerlendirmesi ve Güneş Enerji Sistemleri.....	25
4.1.1. Güneş Enerji Santrallerinde Yangın Riskinin İncelenmesi.....	29
4.1.2. Risk Tablosu	32
4.1.3. Risk Değerlendirme Tablosunun Uygulanması	36
5. TARTIŞMA.....	41
6. SONUÇ	42
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ.....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Risk Tablosu Özeti	33
Çizelge 4.2. Risk Tablosu Özeti	36



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Dünya’ya Ulaşan Güneş Işığı Dağılımı (NASA, 2017).....	3
Şekil 3.2. a) Tarihteki İlk Güneş Kolektörü b) Mouchot’un parabolik güneş kolektörü	5
Şekil 3.3. Dünya Radyasyon Haritası (NASA, 2008).....	6
Şekil 3.4. Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası.....	8
Şekil 3.5. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA, 2018).....	8
Şekil 3.6. Kızören Güneş Enerjisi Santrali	10
Şekil 3.7. PV Sistemi Oluşturulan Elamanlar (Altaş, 1998).....	12
Şekil 3.8. P-N Birleşimli İyot (Altaş, 1998)	13
Şekil 3.9. Londra’da Elektrik Üreten Güneş Panellerine Sahip Blackfriars Köprüsü.....	15
Şekil 3.10. Eğimli Bir Çatıya Kurulmuş Güneş Panel Sistemi	16
Şekil 3.11. Güneş Paneli Sistemlerin Kuruldukları Yerlere Örnekler	16
Şekil 3.12. Alçak ve Yüksek Montaj Sistemlerine Örnekler	17
Şekil 4.1. Güneş Enerji Santralleri Risk Değerlendirme Analizi.....	25
Şekil 4.2. Güneş Enerji Santralleri Kontrol Listesi.....	27
Şekil 4.3. Risk Analizi Kontrol Listesi	28
Şekil 4.4. Güneş Enerji Santralleri Kurulum Riskleri.....	29

SİMGELER VE KISALTMALAR

DC	: Doğrusal Akım
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGÜM	: İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi
İSGK	: İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu
m	: Metre
m ²	: Metrekare
N	: Negatif
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
PV	: Fotovoltaik
P	: Pozitif
WHO	: World Health Organisation (Dünya Sağlık Örgütü)
yy	:Yüzyıl

1. GİRİŞ

Ülkelerin ihtiyaç duyduğu enerji son zamanlarda giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgâr, hidrolik, güneş, jeotermal, biokütle, dalga enerjisi gösterilirken, yenilenemez enerji kaynakları da doğal gaz kömür, petrol ve nükleer enerjidir. Fosil enerji yakıtlarının çevreye ve doğaya vermiş olduğu zararlar göz önünde bulunduğunda daha az zararlı enerji kaynakları kullanmaya ihtiyacımız vardır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesinin maliyeti nükleer enerjisinin maliyetinden daha azdır. Almanya, ABD, İtalya ve gelişmiş diğer Avrupa ülkeleri elektrik enerjisi üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Ülkemizde ise bu konuya ilgi gittikçe artmış ancak enerjide dışa bağımlılıktan kurtulmak için daha çok üzerinde çalışılması ve teşvik edilmesi gereken konulardan biri olmuştur. Güneş enerji santralleri ülkelerin enerji ihtiyaçlarını karşılarken, çevreye zarar vermemektedir. Bu sistemler on-grid ve off-grid olarak kurulmaktadır. On-grid sistemler şebekeye bağlı olup üretilen enerjinin fazlası şebekeye satılabilir ya da enerji yetersizliği durumunda şebekeden enerji satın alınabilir. Off-grid sistemler ise üretilen enerjinin fazlası depo edilir (Akü) ve ihtiyaç durumunda kullanılır.

İş Sağlığı ve Güvenliği, üretim yöntemlerini, verimliliği, üretim süreçlerini, ergonomiyi, çalışanların sağlığını yakından ilgilendirir.

Türkiye iş kazalarında dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. AB ülkelerindeyse ölümle sonuçlanan iş kazalarında birinci sırada yer almaktadır. ILO verilerinden yola çıkılarak; dünyada her yıl 270 milyondan fazla iş kazası meydana gelmektedir. İş sağlığı ve güvenliğinin amacı, işçiyi ve ailesini, işyerini ve işverenleri meydana gelebilecek zararların azaltılması ve buna bağlı olarak, ülke ekonomisine verdiği zararları önlemektir.

Bu çalışmada ise güneş enerji santrallerinde iş sağlığı güvenliği ve risk analizi üzerindeki akademik çalışmalar taranmış ve risk analizi tablosu oluşturulmuştur.

1.1. İş Güvenliğinin Amacı

İş güvenliğinin amacı işçilere sağlıklı ve güvenli ortam şartlarını sunmak, iş koşullarından kaynaklanan olumsuz etkilerden işçileri muhafaza etmek, iş ve çalışan arasındaki uyumu yakalamayı, ortamdaki riskleri bertaraf etmeyi ve olumsuz etkileri minimuma indirebilmek, ortaya çıkacak maddi ve manevi zararları yok etmek, iş verimini artırmaktır (MEB, 2014).

1.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi

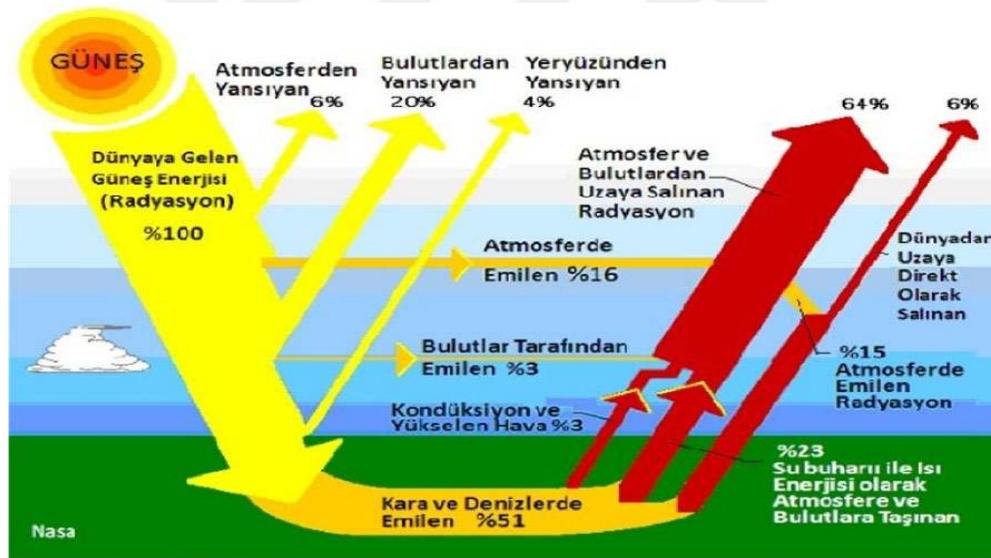
İş sağlığı ve iş güvenliğine gereken önemin verilmemesi durumunda çalışanlar iş kazası geçirebilmekte ve bunun sonucunda günlük yevmiyelerinden başka bir geliri olmayan çalışanlar ve aileleri ekonomik açıdan sıkıntıya düşebilmekte, çalışanlar ayrıca tekrar sağlıklı günlerine kavuşamayacak olmanın psikolojik bunalımını da hayatları süresince hissedebilmektedirler. İş kazaları sonucu ölüm ise çalışanların ve ailelerinin yaşayabileceği en kötü durumdur. Bu yüzden iş güvenliği tedbirleri çalışanlar ve ailesine kazalar sebebiyle ortaya çıkabilecek maddi problemleri önlemektedir (Hatipoğlu, 2006).

İşyerindeki işçilerden birisinin kaza geçirmesi işçi açısından zararlı olduğu gibi işveren için de büyük bir problemdir. İş kazalarının yaşanması üretimde iş akışını durdurmakta üretim hızını yavaşlatmakta, üretim miktarında ve verimliliğinde kayba sebep olmaktadır. Ortamdaki çalışma şartlarının iyileştirilerek daha güvenli bir ortamın oluşturulması, iş akışına etki eden insan, malzeme, makine, ürün ve zaman kaybolmasına sebep oluşturan şartların bertaraf edilmesini ya da azalmasını sağlayacak, verimlilikte artış sağlayacaktır. İş güvenliği için yapılan faaliyetler üretimde artışı da beraberinde getirecektir (Çakıroğlu, 2007).

1.3. Güneş Enerjisi

Güneş, Dünya'nın içinde bulunduğu güneş sisteminin tek yıldızıdır. Bu küresel yıldızın çapı $1,39 \times 10^9$ m ve kütlesi 2×10^{30} kg'dır. Gezegenimize ulaşan güneş ışınları sayesinde iklimsel değişiklikler, yağmur döngüleri ve dünyada yaşamın devamlılığı için hayati olan fotosentez reaksiyonları ile gerçekleşir.

Güneş'in yüzey sıcaklığı yaklaşık olarak 5760 K'dir. Güneş kütlesinin yaklaşık %74'ünü hidrojen atomları, %25'ini Helyum gazı ve geri kalan kısmını da ağır gazlar oluşturur (Kalogirou, 2013). Güneş'te sürekli olarak yüksek enerji çıkışına neden olan füzyon tepkimeleri meydana gelir. Hidrojen atomlarının bir araya gelerek Helyum atomu oluşturmaya dayanan bu nükleer kaynaşma faaliyeti esnasında $3,86 \times 10^{26}$ J gibi muazzam bir enerji açığa çıkar (Varınca ve Gönüllü, 2006).



Şekil 3.1. Dünya'ya Ulaşan Güneş Işığı Dağılımı (NASA, 2017).

Güneş'ten çıkan bu enerji, ışın formunda tüm doğrultularda yayılır. Isıl radyasyon boşluk ortamında ışık hızıyla hareket ettiği için (3×10^8 m/s), güneş enerjisi

Dünya'ya 8 dakika 20 saniyede ulaşacaktır (McVeigh, 2013); fakat güneş ışınlarının tamamı Dünya yüzeyine ulaşmaz. Bu ışınların bir kısmı atmosfer tarafından soğurulur, diğer kısmı ise bulutlardan geri yansır.

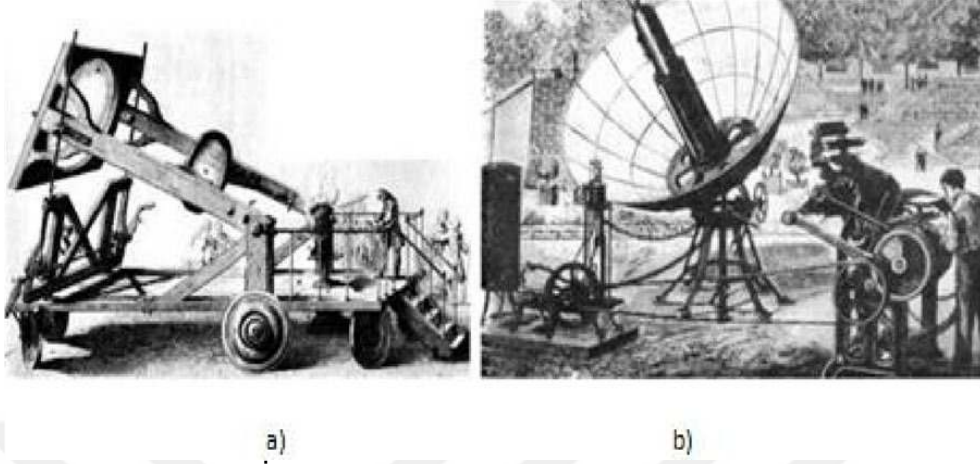
Yenilenebilir enerji kaynakların içinde güneş enerjisi tamamen sınırsız bir kaynak olması sebebiyle diğer doğal enerji kaynaklarından bir adım öndedir. Güneşten enerji üretimi kurulum, işletme maliyetlerinin düşük olması ve çevre dostu olması sebebiyle dünyada tercih edilmeye başlanmıştır. Özellikle ülkemiz, coğrafi konumu sayesinde güneş ısınımı ve güneşlenme süreleri bakımından bu enerjinin etkin olarak kullanılabileceği ülkelerden birisidir.

Günümüzde güneş enerjisi üretim tesislerinin birçok uygulaması bulunmakta olup, sayıları her geçen gün artmaya devam etmektedir.

1.3.1. Güneşten Enerji Üretimi

Güneş'ten çıkan enerjinin çok az bir kısmı Dünya'ya yüzeyine ulaşmaktadır; fakat bu duruma rağmen 84 dakikalık ısı radyasyonunun dünyanın 1 yıllık enerji ihtiyacını karşılayacağı tahmin edilmektedir (Kalogirou, 2013). Bir diğer ifadeyle 13 milyar taş kömürünün sağladığı enerjiyi, Güneş yeryüzüne bir saatte göndermektedir. Ancak, zaman zaman ısı radyasyonunun düşük yoğunluğa sahip olması, mevsimsel koşullara bağlı olarak kesintiye uğrayabilmesi ve mekanik sorunlar sebebiyle güneş enerjisinin yeterli oranda kullanıma sunulamadığı söylenebilir (Girgin, 2011).

Güneş'ten enerji üretimi tarihteki kullanılan ilk enerji üretim yöntemidir. Tarihte güneş enerjisinin bilinen en geniş ölçekli kullanımı Yunan matematikçi ve filozof Archimed'in (M.Ö. 287-212) aynadan yansıttığı güneş ışınlarıyla Sirakuz'a'yı kuşatan Roma gemilerini yakmasıdır (Kalogirou, 2013). O tarihten



Şekil 3.2. a) Tarihteki İlk Güneş Kolektörü b) Mouchot'un parabolik güneş kolektörü

Bugüne bilim insanları güneşten enerji üretebilmek için çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. İlk güneş enerjisi uygulamaları enerjiyi toplamada kullanılan, güneş ışınlarının geldiği yöne doğru hareket ettirilebilen kolektörlerdi. Bu cihazlar kullanılarak 18. yüzyılda demir ve bakır gibi metallerin eritildiği bilinmektedir. Fransız kimyacı Lavoisier 1774 yılında, devasa lensler içeren ve güneş ışığını toplayan bir cihaz geliştirmiştir. Bu cihazın güneşten soğurduğu ısının 1750°C olduğu kaydedilmiştir.

19. Yüzyıl boyunca güneş enerjisini farklı enerji türlerine dönüştürmek için birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan ilki August Mouchot tarafından gerçekleştirilmiştir. Mouchot tasarladığı parabolik aynalarla çalışan buhar makinası icat etmiştir.

Şekil 3.2'de 1878 yılında Paris Sergisinde yer alan Mouchot'un parabolik kolektörü verilmiştir.

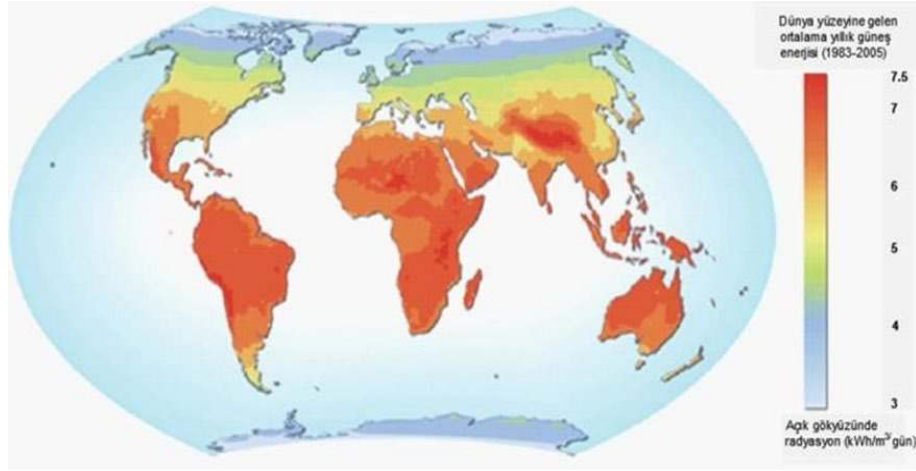
1868 yılında Amerikalı mühendis Jhon Ericsson güneş enerjisiyle çalışan buhar makinesini geliştirmiştir. 1912 yılında, Frank Shuman, C.V. Boys iş birliği ile Nil nehrinden 5 saatlik periyotlarla su çeken 37-45 kW'lık pompayı parabolik

aynalardan oluşturdıkları güneş enerjisi sistemiyle çalıştırmışlardır (Kalogirou, 2013).

Bugün, dünya genelinde birçok büyük ölçekli güneş enerjisi santrali elektrik ve ısı enerjisi üretmektedir. Şekil 3.2’de görüldüğü üzere tarihte bilinen ilk ticari amaçlı güneş enerji santrali 1979 yılında ABD’nin New Mexico eyaletinin Albuquerque şehrinde kurulmuştur. Dünya’nın ikinci en eski güneş paneli tarlası Barstow, California’da 1985 yılında inşa edilmiştir. Bu tesisin güneş ışığı olmadığı zamanlarda dahi 7 MW enerji ürettiği bilinmektedir (Kalogirou, 2013).

1.3.2. Günümüzde Güneş Enerjisi Sistemlerinin Kullanımı

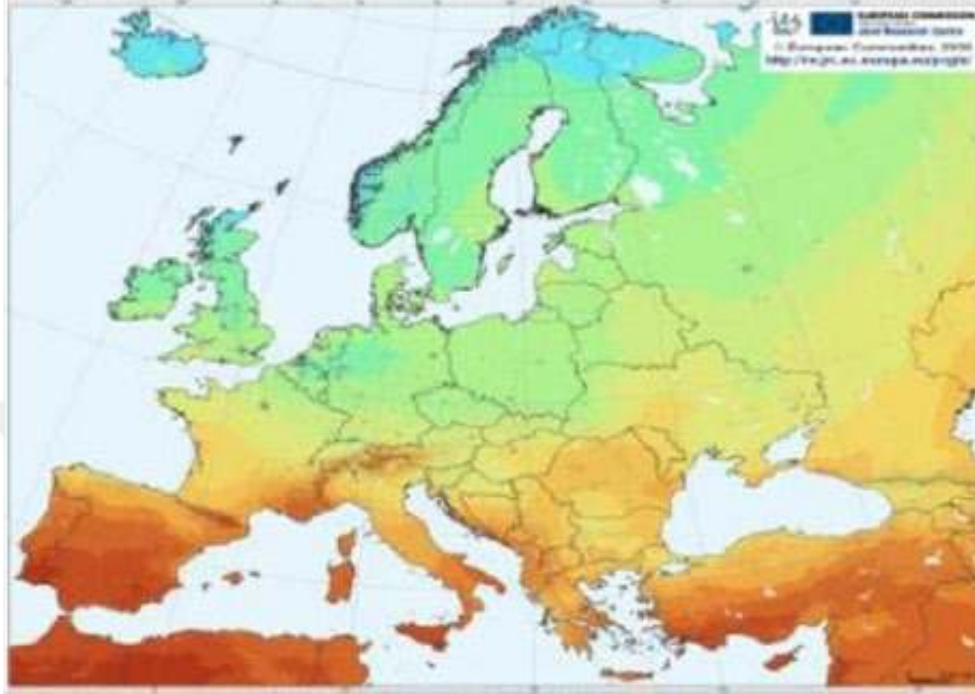
Dünya yüzeyine ulaşan güneş enerjisinin çok küçük bir kısmı dahi günümüz insanın günlük enerji ihtiyacından kat kat fazladır. Şekil 3.3’de Dünyaya ulaşan ısı radyasyon haritası verilmiştir.



Şekil 3.3. Dünya Radyasyon Haritası (NASA, 2008).

Güneş enerjisinden güneş pilleri, güneş santralleri ve güneş kolektörleri (fotovoltaik piller) vasıtasıyla faydalanılır. IEA (2013), raporuna göre dünya çapında geçtiğimiz on yıl içerisinde fotovoltaik güneş santrallerinden elektrik üretimi %50 oranında artmıştır. 2012 yılında fotovoltaik güneş enerjisi santrallerinin kapasitesi dünya genelinde %43 artarak 29,4 GW'a ulaşmıştır. Almanya bu tesislerin kurulması ve işletilmesi hususunda sağladığı geniş çaplı teşvik sayesinde 7,6 GW'lık artışla toplam kapasitesinin yaklaşık dörtte üçlük kısmını sağlamaktadır. 2012 yılında fotovoltaik enerji kapasitesindeki artış bakımından ülkeler İtalya (3,6 GW), Çin Halk Cumhuriyeti (3,5 GW), Amerika Birleşik Devletleri (3,3 GW), Japonya (2,0 GW) ve Hindistan (1,1 GW) yer almaktadır (IEA, 2013).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanmış Türkiye güneş enerjisi potansiyeli Atlası (GEPA) Şekil 3.5'de verilmiştir. Ülkenin yıllık ortalama güneşlenme süresi 2737 saat ve ülke yüzeyine gelen yıllık toplam güneş enerjisi 1527 kWh/m².yıl'dır. Ayrıca Türkiye yılda 110 gün yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve güneş ışığından enerji üretilmesi hususunda gerekli yatırım yapıldığı takdirde yılda ortalama 1100 kWh/m² enerji üretilecektir (Varınca ve Gönüllü, 2006).



Şekil 3.4. Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası



Şekil 3.5. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA, 2018)

Ülkemizde güneş enerjisi ölçümleri Devlet Meteoroloji işleri tarafından yapılmaktadır. Türkiye'nin en fazla güneş alan bölgeleri Şekil 3.5'de verilen Türkiye ısıtım haritasına göre Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgesidir.

Türkiye'de güneş kolektörleri vasıtasıyla sıcak su üretimi yaygın olarak kullanılmakta olup (2010 yılında ülke genelinde yaklaşık 12×10^6 m² düzlemsel güneş kolektörü mevcuttur) bu kolektörlerin çoğu Akdeniz ve Ege bölgesinde bulunmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi ise elektrik şebekesinin bulunmadığı, yerleşim yerlerinden uzak yerlerde, Telekom istasyonlarında, Orman Genel Müdürlüğü yangın gözeteme istasyonlarında, deniz fenerlerinde ve otoyol aydınlatmalarında yaklaşık 300kW kurulu güçle yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi ise yeni yeni uygulanmaya başlasa da devlet tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırılması hususunda verilen teşvikler sayesinde gelişme sürecindedir.

1.3.3. Dünya'da Güneş Enerjisi Santralleri

Geçtiğimiz son on yıl içinde fotovoltaik sistemler vasıtasıyla elektrik üretimi dünya genelinde yaklaşık olarak %50 oranında artmıştır. International Energy Agency raporlarına göre 2012 yılında bu sistemlerden elde edilen elektrik enerjisinin 100TWh olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca aynı yıl içerisinde kurulan güneş enerjisi santrallerinin kapasitesi %43 (29,4 GW) oranında artmıştır ki bu oran küresel enerji üretiminin yaklaşık olarak %15'ine denk gelmektedir (IEA, 2013).

Güneş tarlaları büyük alanlar kapladıkları ve modüler sistemler oldukları için dünyadaki çoğu güneş enerjisi santralının kurulu gücü 1-10 MW arasında değişmektedir (Çıkkılı, 2017). Fakat günümüzde inşası süren ve tamamlanmış daha büyük kapasiteli santraller de mevcuttur.

1.3.4. Türkiye’de Güneş Enerjisi Santralleri

Ülkemizde 2012 yılında toplamda kurulan güneş enerjisi tarlası alanı yaklaşık olarak 18.640.000 m² hesaplanmıştır. Türkiye’de en büyük güneş enerjisi santrali, yıllık 30.730.000 kWh enerji üreten Kızören Güneş Enerjisi Santrali’dir. Bu santral Konya ilimizde toplamda 430.000 m²’lik alana kurulmuştur ve santralin mevcut kurulu gücü 18.500 kWp’dır.

Cihanbeyli Güneş Enerjisi Santrali, Konya ilimizde kurulumu tamamlanmış 12.000 kWp kapasiteli ve yıllık olarak toplam 19.944.000 kWh elektrik üretimi gerçekleştiren 200.000 m²’lik alana kurulmuş büyük ölçekli santrallerimizden birisidir.

Ülkemizde inşa edilmiş diğer tipik bir arazi montajlı güneş paneli uygulamasına Gaziantep’te 10.000 m² alana TAD Piliç için kurulan güneş enerjisi tarlası örnek verilebilir. Bu santral 250 kWp güce sahip toplamda 2000 adet güneş paneli içermektedir. Santralin yılda 800.000 kWh elektrik enerjisi üreteceği tahmin edilmektedir.



Şekil 3.6. Kızören Güneş Enerjisi Santrali

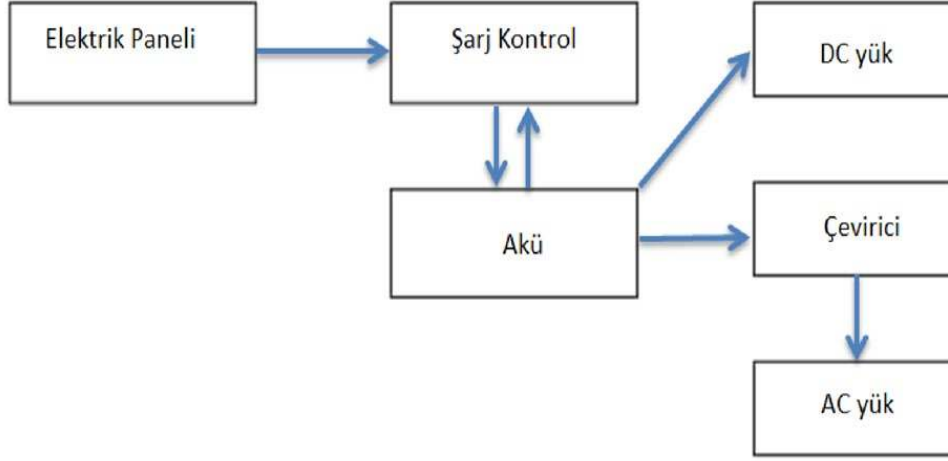
1.3.5. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi sistemleri vasıtasıyla ısıtma, soğutma ve elektrik üretimi işlemleri gerçekleştirilir. Soğutma işlemleri için güneş enerjisi kullanımı günümüzde maliyetli bir teknoloji olduğu için sıklıkla tercih edilmese de güneş enerjisi ile sıcak su ve elektrik üretimi gün geçtikçe gelişmektedir.

Güneş enerjisinden elektrik üretimi dolaylı ve doğrudan olmak üzere iki ayrı yolla gerçekleştirilir. Doğrudan elektrik üretimi kapsamında fotovoltanik, termoelektrik ve iyonik çeviriciler yer almaktadır. Dolaylı yöntemde ise güneş enerjisi kullanarak elde edilen buhar gücü ile gene güneş enerjisi kullanılarak elde hidrojenin kullanıldığı termik elektrik üreticilerle yakıt pilleri yer alır (Girgin, 2011).

1.3.6. Fotovoltaik (PV) Santraller

Fotovoltaik sözcüğü, Latince’de “ışık enerjisi taşıyan kuantum birimi” anlamına gelen foton (photon) kelimesiyle voltaj üreten anlamına gelen voltaik kelimelerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Fotovoltaik sistemler (PV) soğurulan güneş ışığının doğrudan elektrik enerjisine çevrilmesi prensibine dayanır. Bu sistemler basitçe elektrik üretiminin gerçekleştiği güneş panelleri, elektrik enerjisini depolayan solar aküler, sistemdeki voltaj değişimini dengeleyen şarj kontrol cihazları ve çeviricilerden meydana gelir.



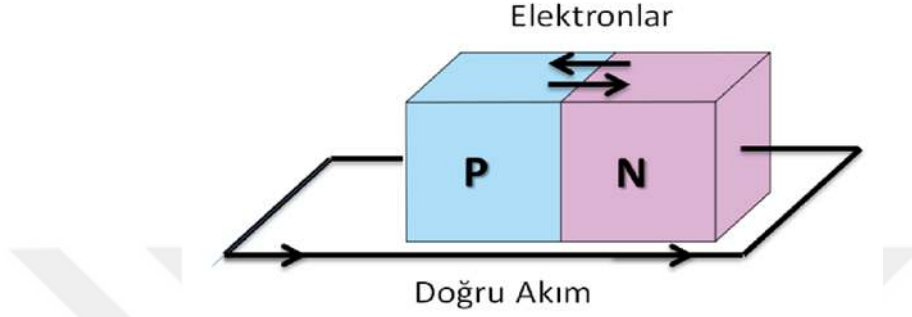
Şekil 3.7. PV Sistemi Oluşturulan Elamanlar (Altaş, 1998)

PV sistemlerde güneş ışığını elektrik enerjisine çevirme işlemi fotoelektrik olay prensibiyle çalışan güneş pilleri vasıtasıyla gerçekleştirilir. Fotovoltaik güneş hücrelerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen ya da daire şeklinde olabilir. Boyutları genellikle 125×125 mm veya 156×156 mm olabilirken kalınlıkları 0,15-0,20 mm arasında değişmektedir. Fotovoltaik ilke gereği bu sistemlerin üzerine ışık düştüğünde elektrik gerilimi oluşmaktadır (Girgin, 2011).

Güneş hücreleri birbirlerine paralel ve seri olarak bağlanarak ürettikleri güç miktarı arttırılabilir. Bu sistemlerde algı yaptıkları foton enerjisinden eşit sayıda pozitif ve negatif yükler üretilir. Bu yükler fotovoltaj ve fotoakım üretilmek üzere ayrıştırılır. Güneş pili imalatında, bahsi geçen ayrıştırma işlemini gerçekleştirmek için yarı iletken özelliğe sahip Silikon, Bakır Kadmium Sülfat, Galyum-Arsenit, Kadmium Tellür gibi anorganik malzemeler kullanılır. Bu pillerinin çalışma prensibi pozitif-negatif bileşimli bir diyodun çalışmasına prensibiyle aynıdır (Altaş, 1998).

Elektron geçişi, yarı-iletken malzemelerin üzerine güneş ışığı geldiği takdirde başlar; fakat bu geçişin gerçekleşmesi için güneş pillerinin N ya da P tipi (nega-

tif ve pozitif) olarak katkılanması gerekir. N katmanından çıkan elektronlar bir dış devre üzerinden P katmanına geri döner.



Şekil 3.8. P-N Birleşimli İyot (Altaş, 1998)

Şekil 3.8’de görülebileceği gibi yarı-iletkenin diyot P ve N tipi iki yarı-iletkenin birleştirilmesiyle oluşturulur. Yarı iletkenin hangi tip (P ya da N) olacağı saf yarı-iletken eriyik içine kontrollü olarak eklenen katkı maddesine bağlıdır. Örneğin, güneş panellerinde en sık kullanılan yarı-iletken olan silisyumdan bir P tipi taşıyıcı elde etmek için silisyum erişine belirli miktarda Boron eklenir. Aynı şekilde N tipi bir yarı iletken elde etmek için saf silikon erişine bir miktar Fosfor eklenir. Bu işlemler tamamlandıktan sonra Fosfor eklenen silikon parçasında serbest elektronlar oluşurken, Boron eklenen parça da ise boşluklar (delikler) oluşur. Bu iki tabaka bir araya getirilmeden önce doğal yüklü durumdadır (her parça kendi doğal atom ve elektron sayılarına sahiptir); fakat birleştirildikten sonra N tipindeki elektronlar P tipine doğru akmaya başlarken, P tipindeki boşluklar N tipi parçaya akmaya başlar. Bu akışın meydana getirdiği dengesizlik N tipi malzemede valans elektron kaybına ve dolayısıyla net bir pozitif yük oluşmasına neden olur. P tipi malzemede de elektron sayısı arttığı için negatif yüklenme söz konusudur. Bu durum birleşme noktalarında sınır potansiyeli denilen fazla elektronun N’den P’ye

geçişini engelleyen küçük bir gerilim oluşmasını sağlar. Bu tabaka sayesinde bu bölgedeki tüm serbest elektron ve delikler bu bölgenin dışına itilir (Altaş, 1998).

Bir P-N diyotundan enerji üretilmesi için bir miktar ışık ya da foton Silikon güneş pili üzerine düşmelidir. Bu durum pilin valans bandında bir elektron oluşturacak ve bu elektron termik enerji harcayarak yukarı doğru hareket edecektir. Dış devre metal bağlantılarla kapatıldığı takdirde, eğer bir elektrik tüketici sisteme bağlandıysa doğru akım (DC) meydana gelecektir.

1.3.7. Güneş Panellerinin Kurulumu

Güneş panelleri, açık araziler, binalar, otoparklarda ve aydınlatma sistemleri ve hatta köprülere dahi kurulmaktadır (Şekil 3.9). Örneğin, Londra'da Thames Nehri üzerinde bulunan Victoria dönemine ait Blackfriars Köprüsü, üzerinde bulunan 4400 tane güneş paneli 2014 yılından beri elektrik üretimine hizmet vermektedir.

Panellerin tasarımında, taşıyıcı sistemler için monte edilecekleri yere bağlı olarak özel tasarlanmış yapı elemanları kullanılır. Bölgenin coğrafi, iklimsel koşulları ile yapının servis ömrü boyunca maruz kalacağı yükler taşıyıcı sisteminin tasarımında ve seçiminde önemli kriterlerdir. Güneş panellerin yerleşeceği bölgenin eğimi, topografik özellikleri ve güneş ışığından en uzun sürede faydalanabileceği doğrultunun belirlenmesi önemlidir. Çünkü panellerin güneş enerjisini en etkili şekilde absorbe etmesini sağlamak en önemli amaçtır (Çıkılı, 2017).



Şekil 3.9. Londra’da Elektrik Üreten Güneş Panellerine Sahip Blackfriars Köprüsü

Güneş panelleri güneş ışığının doğrultusuna bağlı olarak binaların çatı ve cephelerine monte edilebilir. Örneğin eğimli çatılarda, çatı örtü malzemesi ya da çatı örtüsüne ek olarak, teras çatılarda ise yine teras çatı örtüsü ya da testere dişi olarak kurulabilirler (Şekil 3.10). Bina cephelerine ise kaplama malzemesi olarak ya da ek strüktürler ile monte edilebilir.



Şekil 3.10. Eğimli Bir Çatıya Kurulmuş Güneş Panel Sistemi



Şekil 3.11. Güneş Paneli Sistemlerin Kuruldukları Yerlere Örnekler

1.3.8. Güneş Panellerinde Kullanılan Temel Türleri

Günümüzde açık arazilere inşa edilen güneş paneli sistemleri, çatılara kurulan güneş paneli sistemlerine alternatif olarak tercih edilmektedir. Güneş enerjisi tarlaları iki farklı şekilde inşa edilmektedir:

- Alçak montaj sistemleri,
- Yüksek montaj sistemleri.

Alçak sistemlerde paneller zemine mümkün oldukça yakın yerleştirilir. Yüksek montaj sistemlerde ise panellerin alt bölgesinin tarım ve hayvancılık faaliyetleri açısından aktif olarak kullanılabilmesi için panellerin oturacağı kolonların söz konusu aktivitelere uygun olarak tasarlanması sağlanır (Lutenegger, 2016).



Şekil 3.12. Alçak ve Yüksek Montaj Sistemlerine Örnekler

Güneş panellerinin temel sistemlerinin dizaynında birçok tasarımcının göz önünde bulundurduğu ilk kıstas ve eğilme davranışıdır; fakat açık arazilere kurulmuş ve diğer yapılara kıyasla nispeten çok daha hafif malzemeler kullanılarak inşa edilen güneş panelleri için rüzgâr yükünün kaldırma etkisi tasarımda ele alınması

gereken en önemli kriter olmalıdır (Lutenegger, 2012). Dolayısıyla güneş panellerinin geoteknik tasarımı yapılırken rüzgâr kaldırma kuvvetine direnebilecek gerilme kapasitesi olan temel sistemlerini oluşturmak önemlidir. Küçük ölçekli güneş paneli sistemlerinin gelişimi bu sistemleri destekleyecek ekonomik ve dayanıklı temel sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Yapısal yüklerin zemine aktarılması amacıyla kullanılan temeller, yapısal yükleri desteklemeli ve montajın yapılacağı saha koşullarına (zemin özellikleri, yer altı suyu, donma ve çözülme, vb.) uygun olmalıdır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önemi giderek artan İş Sağlığı ve İş Güvenliği kavramı işletmeler için yönetim, süreklilik, güvenilirlik, verimlilik, rekabet gibi kavramlarla birlikte anılmaya başlamıştır. Bu sayede İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili yapılmakta olan araştırmalarda artmaya başlamıştır. Yapılan bu çalışmalara yer verilecek olan bu bölüm, genel İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmaları, güneş enerji santrallerinde İSG ve risk değerlendirme üzerine yapılan çalışmalar olarak incelenmiştir.

6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu tüm iş yerlerini kapsayan koruma ve önleme anlayışı üzerine odaklanan ve iş kazaları ve meslek hastalıklarını oluşmadan önlenmesini sağlayan bir yasadır. Bu yasa ile belli tanımlar yapılmış, işçilerin ve işverenin sorumlulukları detaylı bir şekilde düzenlenmiştir (Tetik, 2013). yaptıkları çalışmada bu yeni yasayı tüm boyutları ile ele alarak getirilerini ve karşılaşılan sorunları ele almışlardır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde iyimser bir tablo elde edilse de 7 yıldır yürürlükte olan kanuna uyumun %100 sağlanmamış olduğu görülmüştür. Bu çalışma diğer bölgelerdeki inşaat şantiyeleri ile kıyaslandığında bu uyum seviyesinin daha düşük olduğu düşünülmektedir.

2.1 Risk Değerlendirme Metotları

Risk değerlendirme metodları L tipi matris metodu ve Fine-Kinney metodu olarak ele alınmıştır.

2.1.1 L Tipi Matris Metodu

5 x 5 Matris diyagramı (L Tipi Matris) özellikle sebep-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu metod basit olması ve tek başına risk analizi yapmak zorunda olan analistler için idealdir, ancak karmaşık ve daha büyük projeler içeren veya birbirinden çok farklı akım şemasına sahip işler için tek başına yeterli değildir ve analistin birikimine göre metodun başarı oranı değişir. Bu tür risk anali-

zi acil olan işler için idealdir. Bu metot ile öncelikle bir olayın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi takdirinde sonucunun derecelendirilmesi ve ölçümü yapılır (Özkılıç, 2005). Bir proses aşaması olmayan sürekli değişken yapıya sahip inşaat sektöründe sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. yöntem bilgisi giriş bölümünün alt başlıkları olarak verilmeli burada literatürle bağlantılı sonuçlarını vermelisin.

Risk skoru, olasılık ve zararın derecesinin çarpılması ile elde edilir.

Risk Skoru = İhtimal x Zarar Derecesi

Tanımlanmış olan bütün riskler değerlendirildikten sonra uygulanması gereken tedbirler, uygulanma zaman ve sürelerine karar verilir.

2.1.2. Fine-Kinney Metodu

Fine-Kinney olası risklerin sonuçları derecelendirilir. Tehlikenin gerçekleşmesi halinde insan, işyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı zarar ya da hasarın şiddeti değerlendirilir. Bu risk analizi kolay olup ve yaygın olarak kullanılan bir metottur. Risk değeri yüksekliğine göre alınacak önlemlerin önem seviyesi belirlenir ve risk düzeyine göre önem sıralaması yapılır. İşyeri bilgilerinin (istatistik vb.) kullanımına da imkân sağlar. Risk değerlendirme skoru aşağıdaki formül ile hesaplanır.

Risk Skoru = Olasılık x Şiddet x Frekans

Olasılık: Zarar ya da hasarın zaman içinde gerçekleşme olabilirliğidir.

Frekans: Tehlikeye maruz kalma sıklığı.

Şiddet: Tehlikenin gerçekleşmesi halinde insan, işyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı zarar ya da hasarın şiddeti.

Risk skoruna göre alınacak önlemler belirtilir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Risk Analizi; Uluslararası kuruluşlar tarafından hazırlanan risk değerlendirme analizidir. Risk Değerlendirmek için rehberlerin önceden risklerden oluşabilecek tehlikeleri belirleyip, gerekli önlemlerin alınmasını içermektedir.

3.2. Metod

Güneş panellerinin kurulumunun ve montajının yapıldığı alanda Risk değerlendirilmesi yapılacaktır. Ön çalışmalar sayesinde risklerden oluşabilecek tehlikeler tanımlanacak ve riskleri minimize etmek için önlemler sunulacaktır. Alınan önlemlerin yeterli olup olmadıkları, eşik değer göz alınarak değerlendirilecektir.

3.2.1. Tanımlar

Gündelik hayatımızda, tehlike ve risk kavramları birbirinin yerine kullanılmaktadır ve genellikle karıştırılmaktadır. Risk değerlendirmesi kavramı; 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinde “İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar” olarak tanımlanmıştır. Risk değerlendirmesi yapılması hukuki olarak iş yerleri için bir zorunludur. Bu zorunluluğun dayanakları iş kanunu ve iş güvenliği yönetmeliğidir. 4857 sayılı İş Kanunu Madde 77’ye göre; işverenler işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması için gerekli her türlü önlemi almak, araç ve gereçleri noksansız bulundurmak zorundadır. İşçiler de iş sağlığı ve güvenliği konusunda alınan her türlü önleme uymakla yükümlüdürler.

İki temel risk analizi yöntemi vardır Bunlar, kantitatif (quantitative) ve kalitatif (qualitative) yöntemlerdir. Kantitatif risk analizi, riski hesaplarken sayısal yöntemlere başvurur.

Kalitativ risk analizinde tehditin olma ihtimali, tehditin etkisi gibi değerlere sayısal değerler verilir ve bu değerler matematiksel ve mantıksal metotlar ile proses edilip risk değeri bulunur.

$\text{Risk} = \text{Tehditin Olma İhtimali (likelihood)} * \text{Tehditin Etkisi (impact)}$ formülü kalitatif risk analizinin temel formülüdür.

Diğer temel risk analizi yöntemi ise kalitatif risk analizidir. Kalitatif risk analizi riski hesaplarken ve ifade ederken numerik değerler yerine yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı değerler kullanır.

Risk analizi metodolojileri, risk analizi sürecinin matematiksel işlemler ve yorumlarının yapıldığı çekirdek kısmıdır. Aşağıdaki belli başlı risk metodolojileri incelenecektir.

- Risk Haritası
- Başlangıç Tehlike Analizi – (Preliminary Hazard Analysis – PHA)
- İş Güvenlik Analizi – JSA (Job Safety Analysis)
- What if.? :
- Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi -(Preliminary Risk Analysis (PRA) Using Checklists)
- Birincil Risk Analizi -(Preliminary Risk Analysis (PRA))
- Risk Değerlendirme Karar Matris Metodolojisi(Risk Assessment Decision Matrix)

a) L Tipi Matris b) Çok Değişkenli X Tipi Matris Diyagramı

- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Metodolojisi (Hazard and Operability Studies- HAZOP) :
- Tehlike Derecelendirme İndeksi (DOW index, MOND index, NFPA index)

- Hızlı Derecelendirme Metodu (Rapid Ranking, Material Factor)
- Hata Ağacı Analizi Metodolojisi – HAA (Fault Tree Analysis-FTA)
- Olası Hata Türleri ve Etki Analizi Metodolojisi – HTEA/OHTEA (Failure Mode and
- Effects Analysis- Failure Mode and Critically Effects Analysis-FMEA/FMECA)
- Güvenlik Denetimi (Safety Audit)
- Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis - ETA)
- Neden – Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis)

Bu yöntemlerin birbirinden farklı olmasının ana sebebi risk değerini bulmak için kullandıkları yöntemlerin kendilerine özgü metotlardır. Bu çalışma kapsamında Kinney Modeli ve L tipi matris yöntemleri kullanılacaktır.

3.2.2. Risk Değerlendirme Çalışmasının Adımları

Risk değerlendirmesinin amacı, risk kaynaklarını bulmak, bu riskleri değerlendirmek, önlemleri belirlemek ve en ekonomik yöntemi seçerek önlemlerin gerçekleşmesini sağlamaktır. Risk belirleme ve değerlendirme sürecinde atılması gereken adımlar sırasıyla verilmiştir.

Tehlikenin tanınması: İş yerinde iş akışına uygun olarak her nokta gözden geçirilerek çalışanlara, ürünlere veya donanımına zarar verebilecek tehlikeler tespit edilir ve iş ile ilgili çalışanlarında konuyla ilgili görüşleri alınarak bir liste oluşturulur.

Risklerin değerlendirilmesi: İşe uygun olarak seçilen risk değerlendirme yöntemi ile risk seviyesi belirlenir.

Kontrol tedbirlerini belirleme: Risklerin kabul edilebilir seviyeye indirilmesi için gerekli kontrol tedbirlerine karar verilir. Her zaman hedef tehlikenin tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Ancak; bu durum mümkün değilse aşağıdaki yöntem ya da yöntemler kullanılarak riskle karşılaşılma durumu kabul edilebilir düzeye indirilir.

Kontrol tedbirlerinin tamamlanması: Bu aşamada çalışma yöntemleri geliştirilir, çalışanlara alınan tedbirler aktarılır, gerekli eğitimler verilerek uygulama kontrol edilir.

İzleme ve tekrar edilmesi: Belirlenen tedbirlerin planlandığı gibi uygulanıp uygulanmadığı, yerinde tedbirleri olup olmadığı, riski ortadan kaldırdığı yada yeterince azalttığı gibi yapılan çalışmanın amaca uygun sonuçlanıp sonuçlanmadığının değerlendirilmesi yapılır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Risk Değerlendirmesi ve Güneş Enerji Sistemleri

Risk değerlendirmesinin ana amacı kurulum aşamasında oluşabilecek risklerden doğacak olumsuzlukların önceden belirlenmesi olayıdır. Belirtilen riskler sayesinde projenin maliyeti belirlenmiş düzeyde tutulması sağlanır.

Risk Değerlendirme Analizinin güvenilirliği, projenin zamanında bitirilmesi ve çalışanların sağlıklı bir şekilde çalışmalarını sürdürmelerini sağlar.

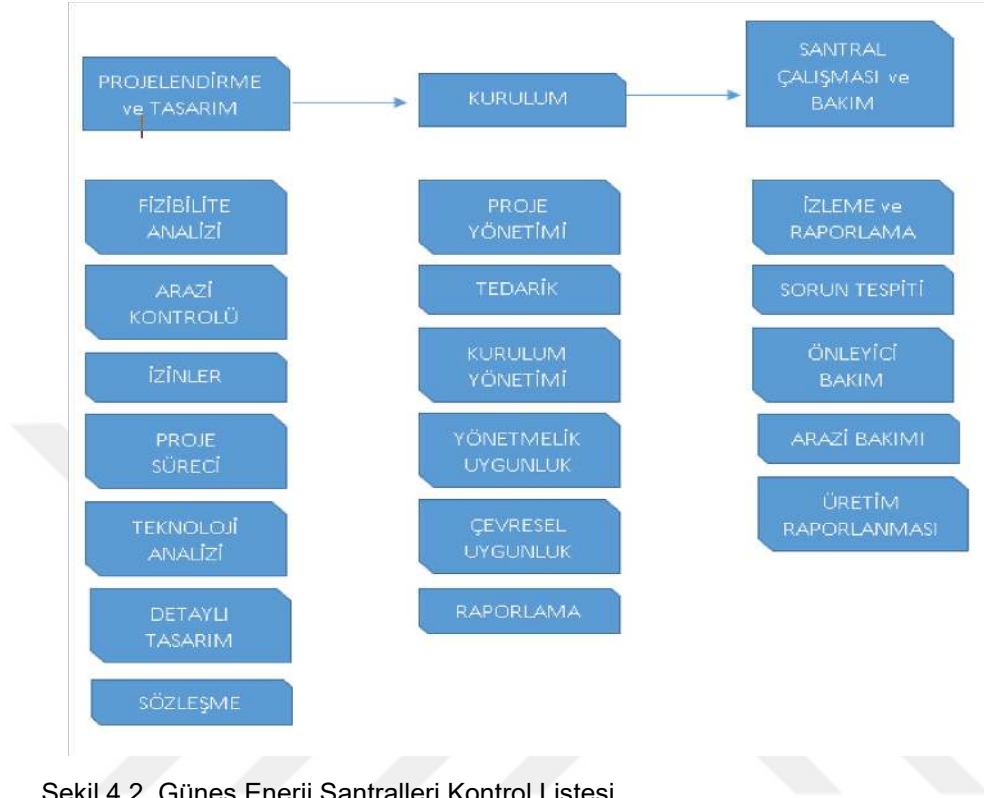


Şekil 4.1. Güneş Enerji Santralleri Risk Değerlendirme Analizi

Şekil 4.1'e göre Güneş enerji santrallerinde risk değerlendirme analizi 4 aşamadan oluşur; planlama, kurulum, devreye alma, santral gibi çalışmalardır. Planlamada Güneş Enerji Santralinde doğru hesaplama yapmak için uygun güneş paneli ve invertör seçilmelidir. Güneş paneli ile invertörlerin uyumlu olması halinde yüksek gerilimden dolayı santralin çalışması esnasında yüksek gerilim ve akım üretilse dahi yasal mercilerden izin alınmayabilir. Kurulumun yapılacağı arazi, hava koşulları dikkatte alınarak seçilmelidir. Kullanılacak kablo kesitleri, boyutları ve sigortaların özelliklerine bakılarak santral projelendirme işlemi yapılmalıdır. Mevcut koşullar sağlandıktan sonra yetkili mercilerden izin alınmalıdır. Kurulum sırasında kurulum için olması gereken bilgiler planlama aşamasında belirtilmiş olmalıdır. Bu bilgiler içerisinde kullanılması gereken güneş paneli ve evirici çeşidi, bağlantı kabloları, topraklama çubukları, yıldırım koruma tasarımı vb. oluşmaktadır. Kurulum aşamasında Risk Değerlendirilmesi yapılmalı ve buna göre çalışmalıdır.

Montaj işleminin ardından güneş panellerinin aktifleştirilmesiyle, enerji üretimine başlanılır. Santralin aktif hale alınmaması ve şebekeye bağlı olmamasından kaynaklı üretilen elektrik enerjisi çalışma alanında bulunmaktadır. Bundan dolayı şantiye çalışma alanında çalışanlar elektrik akımı ve voltaja maruz kalırlar. Santral devreye alınmadan önce topraklama, kaçak akım rölesi ve paratonerlerin testleri yapılmalıdır. 300 mA'den fazla akım ve 1000V'a yakın olan gerilim insan vücudu için ölümcüldür. Bu tür bir kazanın ölümle sonuçlanması kaçınılmazdır (Yaman, 2013).

Güneş Enerji Santralleri ülkemiz ve dünyada montajlanmasından dolayı, Kontrol Listeleri ve Risk Değerlendirme Tabloları bulundurulmaktadır. Montajı yapan kişinin listeyi gözlemleyip, ihtiyaç durumunda geliştirmesi anlaşılır olmalıdır. Risk Değerlendirme Tabloları, tehlikelerden oluşabilecek risklerin sayısal verileridir. Risklerin sayısal değerlerinin yüksek olması durumunda, bu değerler düşürülmeli ve gerekli önlemler alınması için çalışma başlatılmalıdır.



Şekil 4.2. Güneş Enerji Santralleri Kontrol Listesi

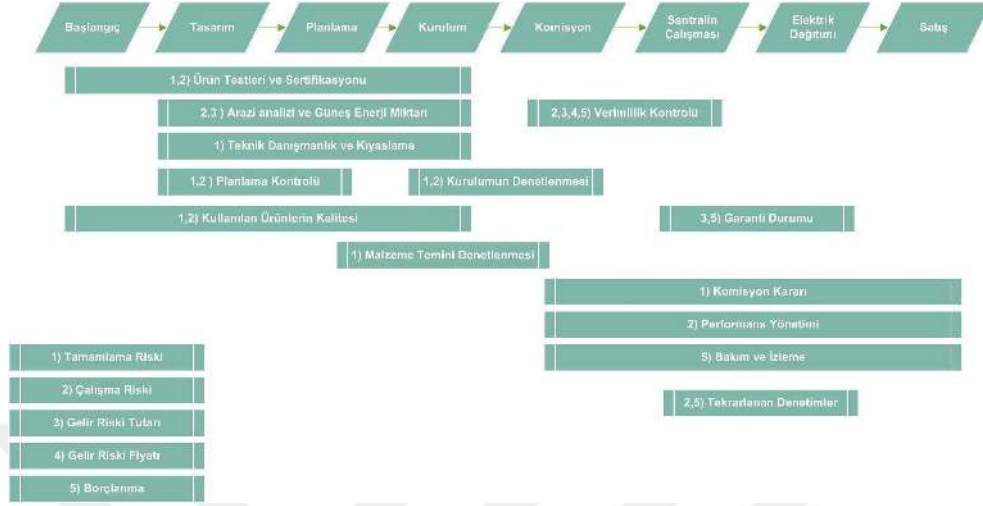
Kontrol Listesi; projelendirme-tasarım, kurulum, santral çalışması ve bakım olarak 3'e ayrılır. Projelendirme ve tasarım aşamasında, ilk yapılacak işlem gerekli mercilerden izin alınmalıdır. Fizibilite analizi santralin konumuna göre yıllık güneşlenme, sıcaklık, yağış, kar, sismik, nem, toz bulutu, vb. gibi görünen hava koşulları kontrol edilerek santralin kurulumu için uygun ön çalışmadır.

Kurulum esnasında uyulması gerekenler, İş Sağlığı ve Güvenliği önlemleri dikkate alınarak hazırlanmakta, bunun sonucunda santralin kurulumu sırasında iş kazaları ve meslek hastalıkları önlenmesi sağlanmaktadır. Santralin kurulum aşamasından önce proje yönetimi seçilir, yönetimde çalışanların görevleri önceden belirlenir, kurulumda uygulanır. Böylece belirtilen görevler sayesinde iş kazası ve

meslek hastalıkları minimuma indirilir. Montaj esnasında yapılan işler raporlanmalıdır. Raporlamada iş kazası, meslek hastalığı, tehlikeler vb gibi durumlar raporlanmalıdır. Son olarak santralin çalışması ve bakımınıdır. Santralin kurulumundan sonra, teknik personel tarafından uzaktan izlenmeli, saatlik günlük ve aylık elektrik üretimi miktarlarını takip etmesi, santraldeki arıza durumlarında ikaz vermesi ve acil müdahale etmesi için imkan tanınmalıdır. Uzaktan izlenerek sorun tespiti, santralin üretim kapasitesi ve alınan önlemlerin yeterliliği, belirtilen risklere karşı alınan önlemlerin güvenilirliği kontrol edilir. İş Sağlığı ve İş Güvenliği'nde kurulum sürecinde planlama, çalışanların görev dağılımı ve çevresel etkenler yer alır.

Kriterler	1	2	3	4	5
Güvenlik	İlk Yardım yaralanmaları veya Hastalıklar	Tıbbi yaralanma veya hastalık	Yaralanmada kayıp zaman veya sakatlık	Kalıcı Engel	Ölümcül
Finansal	< \$ 500.000	\$ 500.000 – 1 Milyon	\$ 1 – 5 Milyon	\$ 5 – 10 Milyon	> \$ 10 Milyon
Güvenirlilik	<250.000 müşteri- saat başı 1'i kayıp < 2 GWh enerji hizmeti ve ya teslimat kaybı	250.000 – 1 Milyon müşteriden saat başı 1'i kayıp 2 – 7 GWh enerji hizmeti ve ya teslimat kaybı	1 - 3 Milyon müşteri- saat başı 1'i kayıp 7 – 20 GWh enerji hizmeti ve ya teslimat kayıp	3 – 7 Milyon müşteri- saat başı 1'i kayıp 20 – 50 GWh enerji hizmeti ve ya teslimat kayıp	> 7 Milyon müşteri- saat başı 1'i kayıp > 50 GWh enerji hizmeti ve ya teslimat kaybı
İlişkiler	Kısa vadeli gecikmeler ve ya planlarda küçük değişiklikler dış etkilerden	İş planının uygulanması için koşullar kısıtlıdır veya maddi değişiklikler için planlar gerekli	Sonuçlanan inceleme payı artışı ya da çalışma alanına erişim kısıtlı	Mahkeme ya da devlet müdahalesi	Lisans kaybı ya da kuruma yasal olarak dayatmalar
Organizasyon ve Personel	Hizmet sunumu ve kişiler önemsiz	Hizmet sunumunun etkilenmesi	Beklenmedik koşullar yüzünden hizmet sunumunun azalması	Kurumsal hedeflere ulaşılamaması ve hizmet sunumunda maliyet artışı	Beklenmedik koşullar yüzünden personel kaybı ve hizmet sunumunun kritik seviyede artması
Çevre	Rapor edilmeyen çevresel olaylar	Kısa dönemli çevresel olaylar raporu 1 yıldan az	Uzun dönemli çevresel olayların raporu 1 yıldan fazla	Çevresel olay raporlarının tutulmamasından para cezası ve düzenleme	Çevresel olay raporlarına göre savcılık soruşturması
Güvenlik	İlk Yardım yaralanmaları veya Hastalıklar	Tıbbi yaralanma veya hastalık	Yaralanmada kayıp zaman veya sakatlık	Kalıcı Engel	Ölümcül

Şekil 4.3. Risk Analizi Kontrol Listesi



Şekil 4.4. Güneş Enerji Santralleri Kurulum Riskleri

Güneş Enerji Santralleri kurulumundan itibaren birçok risk yer alır. Bu risklerin bazıları şunlardır; kurulumu yapılacak yer analizi, güneşleme miktarı, sertifikasyon, testler, projelendirme kontrolü, montajın denetlenmesi, verim kontrolü, başarı yetkinlik yönetimi, belirli aralıklarla yapılan denetimlerdir. Araziden kaynaklı seller, yıldırım düşmesi vb. riskler mevcut olup gerekli önlemler alınmalıdır.

4.1.1. Güneş Enerji Santrallerinde Yangın Riskinin İncelenmesi

Güneş panellerinde oluşabilecek bir yangın sırasında yangın yerine gelen itfaiyenin öncelikli olarak sistemin yardımcı ekipmanlarla bağlantısını durdurması sağlanmalıdır. Ancak Güneş panelleri sistemlerinde eviriciler solar panellere güneş ışığı altında bulunduğu süre zarfında akşamları dahi parlak ışık altında da elektrik enerjisi üretmeye devam ederler. Bu yüzden yangına müdahale sırasında itfaiye ekipleri elektrik akımına kapılmaması için dikkatli davranmaları gerekmektedir. Ayrıca itfaiye ekiplerinin dikkat etmeleri gereken hususlar şunlardır;

- Kurulumun olduğu bölgede yangına etkin bir şekilde müdahale edebilmeleri için uygun alan olması gerekmektedir.

- Güneş Panelleri sistemlerinin mevcut ağırlığı, bina çatısına fazladan yük oluşturacağından çatıda yaşanabilecek hasar miktarında yükselişe neden olabilir.
- Güneş Panellerinde oluşan çözölmüş zehirli toksik buharlara karşı dikkat edilmelidir.
- Çatıdan düşebilecek malzemelere karşı tedbirli olunmalı

Güneş panellerinin içinde sınırlı bir şekilde plastik olmasına rağmen, sistem kabloları ve kutu gibi ekipmanlarda sıklıkla yanıcı etkiye sahip plastik malzemelerin kullanılması tercih edilmelidir. Bundan dolayı uluslararası standartlarda belirtilen yangına karşı güvenli malzemeler tercih edilmelidir.

Sonuç olarak kurulum ve işletme de tamamen yanmayan malzeme kullanmak mümkün olmasa bile seçilmesi gereken ürünler Uluslararası standartlara uygun olmalı ve riski en aza indirilen tercih edilmelidir.

Güneş Panelleri sistemlerinde en öncelikli yangın nedeni elektriksel sorunlardır. Bunların başında kısa devre, topraklama hatası, ters akım, arklar meydana gelmektedir. Elektriksel kabloların uygun olmayan izolasyon maddeleriyle kaplanması, elektrik kablo çatlamaları, ya da yanlış bağlantılar yanıcı malzemelerin tutuşmasına sebep olmaktadır. Bazen DC ve AC invertörler de yangına neden olmaktadır.

Örnek vermek gerekirse, ark nedeniyle 2009 yılında Almanya'nın, Bürstadt şehrinde meydana gelen PV yangın hasarı gösterilebilir

Elektrik işletmelerinde yüksek akım ve yüksek voltaj önemli bir risk olarak karşımıza çıkmakta olup dikkate alınması gerekir.

3 çeşit ark olabilir. Bunlar;

Seri Arklar: Sistem akım üretirken konnektör hatası ya da bağlantı kopması sonucu meydana gelen arklardır. Bu sebeple PV sistemlerde yangın izolasyonu yapılması sağlanmalıdır.

Paralel Arklar: İzolasyonda karşılaşılan bozulmalar sebebiyle meydana gelir. İki kondaktördeki farklı kutuplarda DC devrelerin birbirine çok yakın olmasın-

dan dolayı arka neden olabilir. İki kablo arasındaki izolasyon malzemesi, hayvan kemirmesi, UV hasarı, gevşeme, çatlama, nem, hava girişi ya da donma nedeniyle hasar oluşabilir.

Topraklama Arkı: Topraklamadaki ark, izolasyon sistemindeki hata nedeniyle oluşur.

Yukarda belirtilen sistem hatalarının oluşmasını önlemek için, tercih edilen malzemeler Uluslararası standartlarda olmalıdır. Bundan dolayıdır ki, 80 V üzerinde elektrik üretimi yapan PV sistemlerinde DC kapalı devre sistemlerinin NFPA 70'le uyumlu olması, öngörülen olası hasarların en aza indirilmesini sağlayacaktır.

PV sistemleri sigorta sektörü için yeni bir risktir.

Sistem kurulumunda dikkate alınması gereken ilgili konular;

Panellerde:

- PV modüllerde IEC 61730 ve/veya ANSI/UL 1703 gibi uluslararası standartlara uyumlu sistemler kullanılmalı.
- Kullanılacak modüller TÜV Rhineland testlerinden geçmiş veya FM onayında olmalıdır.
- Modül iskeleti ve bağlantı elemanlarının yanmaz malzemeden olması sağlanmalıdır.
- Yangın sırasında itfaiye ekiplerinin yangına müdahalesini en uygun hale getirmek için sistemin kurulduğu çatılarda yeterli oranda boş alan, uluslararası standartlarda olmalıdır.

Kablolar:

- Hava koşullarına ve UV ışınlarına uygun kablolar seçmek gerekmektedir. UL 4703 standartlarında ve yangına karşı dayanıklılığı yüksek kablolar kullanılması gerekmektedir.
- Kablolar yıpranma ve hava koşullarına karşı korunaklı uygun yalıtkan ya da metal korumalar içinden geçirilmesi tavsiye edilmektedir.

- Elektrik kablolarının çatı üzerinde yangın çıkma ihtimaline karşı binaya zarar gelmeyecek şekilde yerleştirilmesi sağlanmalıdır. İhtiyaç halinde yangın duvarları yapılmalıdır.
- Elektrik kabloları ve kolektörlerin çatı üzerinde bulunan membran malzeme ile doğrudan kontakta olmaması sağlanmalıdır. Kablolar yanmaz uygun malzeme içinde geçirilmelidir.
- Çatıya gelebilecek ekstra yükler nedeniyle malzemelerin hafif olması sağlanmalıdır. Invertöre giden ana DC kabloların bina içinden geçmesine özen gösterilmelidir. Bina içinden geçmesi bir zorundalık ise uygun önlemler alınmalıdır.

Invertör:

- İnvertörlerin hava koşullarından etkilenmesini engellemek için uygun bir yer seçilmelidir. Yapılabiliniyor ise invertörün yangın algılama sistemiyle korunan yangına karşı güvenli bir yerde bulundurulması gerekmektedir.
- İnvertörler yangın çıkarma ihtimali yüksek olan malzemeler (Poliüretan sandviç panel veya ahşap vb.) üzerine montajı yapılmamalıdır.
- PV jeneröter ile invertör arasında DC bağlantı kesici siviçlerin kullanılması önerilir.

4.1.2. Risk Tablosu

Risk Değerlendirmesi Tablosu çizelge 4.1 'e göre çalışma alanında olma ihtimali olan risklerin başlangıçta sayısal verileri belirtilerek risk değeri seçilir. Düzenlenen Risk Tablosu, Güneş Enerji Santrallerinde olması gereken kurulum, testler ve devreye alma, santralin çalışması ve bakımındır. Risk Tablosunun içinde, Kontrol Listesinden farklı olarak İş Sağlığı ve İş Güvenliği açısından teknik olmayan riskler değerlendirilmiştir. Risk Tablosunda öncelikli olarak risklerden meydana gelebilecek tehlikeler tespit edilir. Riskin değer olarak bulunabilmesi için olası-

lık ve şiddet değerleri ortaya konulup, çarpımı sonucunda risk değeri belirlenir. Risk değeri, eşik değerin aşağısında ise alınan önlemler yerindedir, eşik değerin yukarısında ise alınan önlemlerin yükseltilmesi sağlanmalıdır.

Çizelge 4.1. Risk Tablosu

No	Proje Aşama-ları	Tehlike	Risk	Etki / Zarar So-nuç	Risk Değeri			Eşik de-ğeri	Tedbir alınması Gereki-yor mu?
					O L A S I L I K	Ş i D D E T	R i S K		
1	Kurulum	Arazinin Kurulum İçin Uygun Hale	Kurulum Yapıla-mama	Uygunsuz Kuru-lum Koşulundan Dolayı İş Kazası Yaşanması	3	4	12	10	EVET
2	Kurulum	Getiril-memesi Arazi Dre-naj nın Uygun Olmaması	Sel Olu-şumu	Santral Alanının Zarar Görmesi Çalışanların Yaralanması, Ölmesi	3	5	15	13	EVET
3	Kurulum	Panellerin Elle Ta-şınması	Panelle-rin Düşmesi	Çalışanların Hafif Yaralan-ması Rahatsız-lanması	5	3	15	12	EVET
4	Kurulum	Tehlike Seviyesi Yüksek Olan Böl-gede Eti-ketleme Yapılma-ması	Etiket-leme	Çalışanların Yaralanması, Ölmesi	4	5	20	10	EVET

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Adem KAYA

5	Kurulum	Trafo Binâsından Sonra Ayırıcı Kullanılmaması	Yüksek Akım Oluşumu	Şebeke Hattı Üzerinde Yüksek Akım Oluşması	3	4	12	10	EVET
6	Testler ve Devre	Konstrüksiyonların Uygun Olmaması	Konstrüksiyon	Konstrüksiyonların Zamanla Zarar Görmesi	2	3	6	10	HAYIR
7	Testler ve Devre	Topraklaşmasının Yönetmeliklere göre uygun olmaması	Topraklama Sisteminin	Santralin Sistem Parçalarının Zarar Görmesi	3	4	12	10	EVET
8	Testler ve Devre	Yıldırım Koruması Yönetmeliklere Uygun	Yıldırım Koruma Sisteminin	Santralin Sistem Parçalarının Zarar Görmesi	4	5	20	15	EVET
9	Testleri ve Devreyi aktive Alma	Akım ve Voltajının DC Kablo İçin Uygun Olmaması	Devre Kontrolü	Kabloların Zarar Görerek Hasara Yol Açması	2	4	8	6	EVET
10	Testler ve Devreyi aktive Alma	Akım ve Voltajının DC Kablo İçin Uygun Olmaması	DC Toplama Panosu Kontrolü	Kabloların Zarar Görerek Hasara Yol Açması	2	5	10	6	EVET

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Adem KAYA

11	Santralin Çalışması ve	Topraklama ve kaçak akım rölesinin olmaması	Panellerde Kaçak Akım	Panellerde çalışırken elektrik çarpması	3	5	15	10	EVET
12	Santralin Çalışması ve Bakım	İzleme Kontrol Sisteminin Haber Verme-mesi	İzleme Kontrol Sistemi Bozul-ması	Santralde Arıza Durumunda Haberleşmenin Sağlanamaması	2	4	8	6	EVET
13	Santralin Çalışması ve Bakım	Topraklama yada kaçak akım rölesinin uygun olmaması	Evracilerde Kaçak Akım	Evicilerde elektrik çarpması	3	5	15	12	EVET
14	Santralin Çalışması ve Bakım	Acil Eylem planının olmaması	Acil Eylem Planı	Projede olası kaza olması durumunda müdahale edilememesi	2	4	8	6	EVET
15	Santralin Çalışması ve Bakım	Topraklama veya Kaçak Akım Sisteminin Sorun Çıkarması	Panellerde Kaçak Akım olması	Panellerde geçen akımın çalışanı çarpması	3	5	15	12	EVET
16	Santralin Çalışması ve Bakım	Panellerin Rüzgar ve Sarsıntı Sunucu Konumu-nu	Panellerin Düşmesi	Saha Kontrol Sırasında Çalışanların Üstüne Düşmesi	2	4	8	6	EVET

4.1.3. Risk Değerlendirme Tablosunun Uygulanması

Risk Değerlendirme Tablosu Çizelge 4.2'e göre, Güneş Enerji Santrallerinin kurulum esnasında uygulanması gerekmektedir. Belirtilen risklerden oluşabilecek tehlikeler belirlenir ve önlemler alınır. Tehlikenin risk değeri, eşik değerinin üstünde olması halinde alınması gereken önlemlerin yetersiz olması demektir. Bu her zaman yeterli olmayabilir. Tavsiye edilen ön çalışmaların ışığında yeterli sayıda önlem alınmasına rağmen Risk değeri, eşik değerinin üstünde olabilir. Zira yeterince teknolojik gelişmeler sağlanamadığından dolayı veya teknolojinin aktif olmadığı durumlarda kabul edilebilir olmaktadır.

Tehlikelerin önceden belirlenip, olasılık ve şiddet çarpımıyla risk değeri bulunur. Risk değeri, eşik değerinin üstündeyse önlem alınır. Alınması gereken önlemlerden sonra olasılık ve şiddet çarpımıyla yeni bir risk değeri ortaya çıkar. Bu risk değeri eşik değerinin altında olması ise alınması gereken önlem İş Sağlığı ve İş Güvenliği açısından yeterli kabul edilir.

Çizelge 4.2. Risk Tablosu Özeti

R E F	Proje Aşama- ları	Tehlike	Risk	Etki / Zarar / Sonuç	Risk de- ğeri			Eşi k de- ğeri	Ted- bir alın- ması ge- reki- yor mu?
					O L A S I L I K	Ş İ D D E T	R İ S K		
1	Kurulum	Arazinin Kurulum İçin Uygun Hale Getirilmesi	Kurulum yapılmama	Uygunsuz kurulum koşulundan dolayı iş kazası yaşanması	3	4	12	10	Evet

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Adem KAYA

2	Kurulum	Arazi Drenajının Uygun Olmaması	Sel oluşumu	Santral alanının zarar görmesi, çalışanların yaralanması, ölmesi	3	5	15	13	Evet
3	Kurulum	Panellerin Elle Taşınması	Panel-lerin düşmesi	Çalışanların hafif yaralanması, rahatsızlanması	5	3	15	12	Evet
4	Kurulum	Eviricilerin elle taşınması	Eviricilerin düşmesi	Çalışanlarda kalıcı rahatsızlıklara sebep olması	3	3	9	6	Evet
5	Kurulum	Konstrüksiyonların uygun yerleştirilmesi	Panel-lerin düşmesi	Çalışanların yaralanması, ölüm	4	4	16	12	Evet
6	Kurulum	Panel ve eviricilerin bağlantı hatası	Eviricilerin patlaması	Santral alanına zarar vermesi, çalışanların yaralanması, ölmesi	5	5	25	13	Evet
7	Kurulum	Paneller	Panel-	Çalışanla-	4	5	20	15	Evet

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Adem KAYA

		arası kablo bağlantı hatası	lerin patlaması	rın yaralanması, ölüm ve elektrik çarpması					
8	Kurulum	Panellerin montajlama hatası	Panel-lerin düşmesi	Panellerde mikro kırıklar oluşması, panel verimliliği düşmesi	4	4	16	12	Evet
9	Kurulum	Eviriciler ve trafo arasındaki bağlantı hatası	Evirici ve trafo bozulması	Evirici ve trafoların patlaması, çalışanların yaralanması, ölüm	4	5	20	16	Evet
10	Kurulum	Kablo kanalı derinliğinin uygun olmaması	Elektrik çarpılması	Çalışanların elektrik çarpması	4	4	16	10	Evet
11	Kurulum	Kişisel koruyucu donanım ekipmanı kullanılmaması	Parça sıçrama	Konstrüksiyon veya panel montajı sırasında yaralanma	3	4	12	8	Evet
12	Kurulum	Panellerin topraklanmaması	Yüksek akım oluşumu	Çalışanların yaralanması, ölüm	4	5	20	15	Evet
13	Kurulum	Eviricilerin	Yüksek	Çalışanla-	4	5	20	15	Evet

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Adem KAYA

		topraklan- maması	akım oluşu- mu	rın yara- lanması, ölüm					
14	Kurulum	Trafo bina- sının top- raklanma- ması	Yüksek akım oluşu- mu	Trafo bina- sının pat- laması, çalışanların yaralanma- sı, ölüm	4	5	20	15	Evet
15	Kurulum	Santral alanının topraklan- maması	Yüksek akım oluşu- mu	Sistem parçaları- nın zarar görmesi, çalışanların yaralanma- sı, ölmesi	4	5	20	15	Evet
16	Kurulum	Sıcakta çalışma esnasında soğuk yanması oluşması	Sıcaklık	Çalışanla- rın dikkat kaybının artması	3	4	12	9	Evet
17	Kurulum	Soğukta çalışma esnasında soğuk yanması oluşması	Sıcaklık	Çalışanla- rın yara- lanması, donması	4	4	16	15	Evet
18	Kurulum	Yetkisiz	Yetkisiz	Yetkisiz	5	5	25	15	Evet

		kişilerin santral alanında olması	kişiler	kişilerin yaralanması, ölmesi					
19	Kurulum	Ses seviyesinin yüksek olması	Gürültü	Çalışanların geçici sağırlığa yada sağır olması	3	4	12	10	Evet
20	Kurulum	Tehlike seviyesi yüksek olan bölgede etiketlenme yapılmaması	Etiketleme	Çalışanların yaralanması, ölmesi	4	5	20	10	Evet
21	Kurulum	Panellerden sonra ayırıcı kullanılmaması	Yüksek akım oluşumu	Eviricilerin üzerinde yüksek akım oluşması	3	4	12	10	Evet
22	Kurulum	Trafo binasından sonra ayırıcı kullanılmaması	Yüksek akım oluşumu	Şebeke hattı üzerinde yüksek akım oluşması	3	4	12	10	Evet

5. TARTIŞMA

Bu proje çalışması kapsamında öncelikle Türkiye’de Güneş Enerjisinin durumu, GES santralleri hakkında literatür taraması yapılarak bilgiler verilmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen Güneş Enerji Santrali kurulum şantiyesinde, iş güvenliği uzmanı, kısım şantiye şefi (elektrik, mekanik) usta ve çalışanlardan oluşan ekip ile birlikte çalışma alanındaki tehlikeler, literatür taraması, daha önce meydana gelen kazalar ve yaralanma bilgileri ışığında tespit edilmiştir. L Matris yöntemi ile yapılan risk değerlendirmesi sonucunda 7 adet yüksek seviye risk (kabul edilemez risk), 9 adet orta seviyeli risk (dikkate değer risk), 5 adette düşük seviye risk (kabul edilebilir risk) tespit edilmiştir.

Daha sonra alınması gereken önleyici faaliyetler ve bu tedbirlerin uygulanması için gerekli süre ve sorumlular belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda uygulanan tedbirler tekrar değerlendirilerek risk skoru belirlemiş ve iyileştirme sonuçları değerlendirilmiştir.

6. SONUÇ

Sonuç olarak bu çalışmada son yıllarda ortaya konulan enerji politikaları, enerji üretimine ilişkin ihtiyacın ve bu doğrultuda yatırımların giderek büyüdüğü açıkça görülmektedir. Pek çok kaynak hızla tüketiliyor ve özellikle enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde azalması birçok sorunu da beraberinde getiriyor. Tamda bu noktada yenilenebilir enerji kullanımı ve bunun yaygınlaşması çok önemli bir hale geldi. Bu kapsamda yenilenebilir enerjinin en hızlı gelişen alanı güneş enerjisidir. Sınırsız ve ücretsiz bir enerji kaynağı olması, sürdürülebilirlik ve talep edilmesi açısından son derecede önemlidir.

Güneş Enerjisi ve Güneş enerjisindeki gelişmeler, iş güvenliği ile ilgili birçok soruyu da beraberinde getiriyor. Bu durum mevcut mevzuat, donanım, araç ve gereç, standartlar gibi konuların gözden geçirilmesini, yapılması gereken değişikliklerin ve yenilerinin ortaya konmasını zorunlu kılıyor. Üstelik, istenmeyen olayların gerçekleşmeden önce önlenmesi ya da bunların sayısının azaltılması için, yangın güvenliği alanındaki mühendislik çalışmalarına da önemli bir görev düşüyor. Çünkü bu çalışmalar aynı zamanda güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesine yol gösterecek ve katkıda bulunacaktır.

Güneş Enerji Santralleri kurulumundan itibaren birçok risk yer alır. Günümüz Türkiye’inde ve Dünya’da Güneş Enerji Santrallerinde fotovoltaiik panellerin montajı ve iş güvenliği açısından riskler mevcut olup gerekli önlemler alınmalıdır. Risklerin ilerleyen yıllarda kontrol edilebileceği planlanmaktadır. Planlama kontrolü ve kurulumun denetlenmesi kısmında, santral kurulumu sırasında yapılması gereken süreçlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Zira Güneş enerjisi santrali kurulum şantiyesinde yapılan risk değerlendirmesi iş sağlığı ve güvenliği kontrol ve önlemleri ile azaltılabileceği ortadadır.

Ülkemizde henüz güneş enerji santrallerinde, oluşmuş ciddi bir yangın olayı bilgisi duyulmadı. Dileriz bundan sonra da duymayız.

KAYNAKLAR

- Altaş, İ. H., 1998, Fotovoltaj Güneş Pilleri: Yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, 47, 66–71.
- Çakıroğlu N., 2007, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Kapsamında Risk Analizi, Denetim ve Bir Firmaya Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Çetindağ Ş., 2010, İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi ve Mevzuattaki Güncel Durum, <http://www.datalink.com.tr/toprakisveren/2010-86-serifcetindag.pdf>, (Erişim Tarihi: 11 Nisan 2017).
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2017, Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Politika Belgesi II, https://www.csgb.gov.tr/media/3897/degerlendirme_raporu_2009_2013.pdf, (Erişim Tarihi: 4.4.2017).
- Çıkılı E. B., 2017, Güneş Panellerinin Temel Tasarımında Mevcut Yöntemlerin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Durmuşoğlu Özgün, P., 2008, Türkiye ve Avrupa Birliğinin İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Ertem M., 2012, İş Sağlığı Tanım ve İlkeleri, http://www.ihsm.gov.tr/indir/calisansagligi/issag_ligitanim.ppt, (Erişim Tarihi: 11 Nisan 2017).

Girgin M. H., 2011, Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 Mw'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü.

Hatipoğlu Ö., 2006, İş Sağlığı ve Güvenliğinin Mevcut Durumu ve Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi.

İstanbul Üniversitesi, 2015, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, İsg Kavram ve Kurallarının Gelişimi, <http://teknikbilimlermyo.istanbul.edu.tr/basimyayin/wp-content/uploads/2015/03/06-ISG-Kavram-ve-Kurallar%C4%B1n%C4%B1n-Geli%C5%9Fimi.pdf>, (Erişim Tarihi: 11 Nisan 2017).

Kalogirou S. A., 2013, Solar Energy Engineering: Processes And Systems, Academic P. Ed.

Lloyd J., Mitchinson J., 2008, Qi: Advanced banter: Faber ve Faber.

Lutenegger A. J., 2016, Foundation Alternatives For Ground Mount Solar Panel Installations, Geotechnical And Structural Engineering Congress, 1873–1885.

McVeigh J. C., 2013, Sun Power: An Introduction To The Applications Of Solar Energy, 2. Ed, Elsevier.

Milli Eğitim Bakanlığı, 2014, Mesleki Gelişim İş Sağlığı ve Güvenliği, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/%C4%B0%C5%9F%20G%C3%BCvenli%C4%9Fi%20ve%20%C4%B0%C5%9F%C3%A7i%20Sa%C4%9Fl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf, (Erişim Tarihi: 11 Nisan 2017).

- Makine Mühendisleri Odası, 2015, İş Sağlığı ve İş Güvenliği, http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/0352ce4f77227b3_ek.pdf, (Erişim Tarihi: 11 Nisan 2017).
- NASA, 2008, Global Solar Energy Distribution.
- NASA, 2017, Global Energy Budget, <https://mydasdata.larc.nasa.gov/what-is-the-earths-radiation-budget/>, (Erişim Tarihi: 4.20.18).
- Özkılıç Ö., 2005, İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Türk-İş Yayını.
- Varınca K. B., Gönüllü M. T., 2006, Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi Ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 270–275.

ÖZGEÇMİŞ

1985 Yılında Batman’da dünyaya geldim. 1993 yılında Adana’ya taşınıp İlköğretim ve liseyi burada okudum. 2007 yılında Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde okuyup 2012 yılında mezun oldum. Aynı yıl Final Dershanesinde Fizik Öğretmeni olarak çalışmaya başladım. 2014 Yılında evlendim. Şu an iki çocuk babasıyım. 2017 Yılında Anadolu Üniversitesi Adalet Bölümünde ve 2019 Yılında Ç.Ü. Adana Meslek Yüksek Okulu’nda Elektrik Bölümünden mezun oldum. 2014 yılından beri özel bir firmada B sınıfı İş Güvenliği Uzmanı olarak çalışmaktayım.