

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ BİLİM DALI

ÇATI VE ARAZİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ
UYGULAMALARINDA KURULUM İLE DEVREYE
ALMA AŞAMALARININ İŞ EMNİYETİ ANALİZİ
YÖNTEMİ İLE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
AÇISINDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burhan TÜRKYILMAZ

İstanbul
Temmuz-2024

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ BİLİM DALI

ÇATI VE ARAZİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ
UYGULAMALARINDA KURULUM İLE DEVREYE
ALMA AŞAMALARININ İŞ EMNİYETİ ANALİZİ
YÖNTEMİ İLE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
AÇISINDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burhan TÜRKYILMAZ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

İstanbul
Temmuz-2024

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

Üye Doç. Dr. Mustafa YILMAZ

Üye Dr. Öğr. Üyesi Üzeyir PALA

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Erhan İÇENER

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Çatı ve Arazi Güneş Enerji Santrali Uygulamalarında Kurulum ve Devreye Alma Aşamalarının İş Emniyeti Analizi Yöntemi ile İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İncelenmesi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Burhan TÜRKYILMAZ

ÖN SÖZ

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında en büyük desteği veren ve her aşamada bana yardımcı olan çok kıymetli büyüğüm ve tez danışmanım Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK 'a, süreç boyunca benden desteklerini esirgemeyen aileme ve İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndaki çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Burhan TÜRKYILMAZ

İstanbul-2024

ÖZET

**ÇATI VE ARAZİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ
UYGULAMALARINDA KURULUM İLE DEVREYE ALMA
AŞAMALARININ İŞ EMNİYETİ ANALİZİ YÖNTEMİ İLE İŞ
SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Burhan TÜRKYILMAZ

Yüksek Lisans, İş Sağlığı ve Güvenliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

Temmuz, 2024- 108 Sayfa

Güneş enerjisi ile elektrik üretiminde ülkemizin potansiyeli coğrafi konumu dolayısı ile oldukça iyidir. Son dönemde güneş enerjisi yatırımları oldukça artmıştır. Bununla birlikte ülkemizde İş sağlığı ve iş güvenliği alanı da gelişime hızla devam etmektedir.

Arazi veya yapı çatılarına kurulan güneş santralleri İş Sağlığı ve Güvenliği göz önüne alındığında çok tehlikeli işler sınıfına girmektedir. Santral kurulumlarına ait her bir proje ister arazi ister çatı uygulaması olsun coğrafi konumu ve bina yapısı farklılıkları sebebi ile kendine özgüdür.

Çalışmamız her ne kadar her bir proje kendine özgü olsa da yapılacak iş adımlarının aynı olmasını referans alarak tüm projelerde uygulanabilecek rehber niteliğinde bir İş Sağlığı ve Güvenliği uygulaması hazırlanması hedefi ile tamamlanmıştır.

İş Sağlığı ve Güvenliği alanında yaygın olarak kullanılan Hata Modu ve Etkileri Analizi Yöntemi daha çok ürün tasarım ve üretim süreçlerinde fayda sağlamakta olup özellikle güneş enerji santrallerinin kurulumu esnasında bir defa tekrarlanacak adımlar için daha iş odaklı olarak detaylandırma gerektiren ve pratik uygulamaya daha uygun olan İş Emniyeti Analizi yönteminin kullanılması uygun görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerji Santrali, İş Emniyeti Analizi, İş Sağlığı ve Güvenliği, Risk

ABSTRACT

EXAMINING THE INSTALLATION AND COMMISSIONING STAGES OF ROOFTOP AND LAND SOLAR POWER PLANT APPLICATIONS WITH JOB SAFETY ANALYSIS METHOD IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Burhan TÜRKYILMAZ

Master, Occupational Health and Safety

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

July-2024, 108 Pages

Our country's potential in electricity production with solar energy is quite good due to its geographical location. Solar energy investments have increased significantly recently. In addition, the field of occupational health and safety continues to develop rapidly in our country.

Solar power plants installed on land or building roofs are classified as very dangerous works when occupational health and safety is taken into consideration. Each project of power plant installations, whether land or roof application, is unique due to its geographical location and building structure differences.

Our study was completed with the aim of preparing an occupational health and safety application as a guide that can be applied in all projects, taking into account that although each project is unique, the work steps to be done are the same.

Failure Mode and Effects Analysis Method, which is widely used in the field of Occupational Health and Safety, is mostly beneficial in product design and production processes, and Occupational Safety Analysis, which requires more business-oriented detailing and is more suitable for practical application, especially for the steps to be repeated once during the installation of solar power plants. It was deemed appropriate to use the method.

Keywords: Solar Power Plant, Job Safety Analysis, Occupational Health and Safety, Risk

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
BİRİNCİ BÖLÜM	
GİRİŞ	1
İKİNCİ BÖLÜM	
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ	3
2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı	3
2.2. Güncel Mevzuatlar.....	4
2.2.1. Kanunlar	4
2.2.1.1. 4857 Sayılı İş Kanunu.....	4
2.2.1.2. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (İSGK).....	5
2.2.1.3. Türk Borçlar Kanunu	5
2.2.1.4. Genel Sağlık Sigortası Kanunu.....	6
2.2.2. Yönetmelikler.....	6
2.3. Güncel İstatistikler.....	8
2.4. Risk Kavramı ve Risk Analiz Metodları	10

2.4.1. Risk ve Risk Analizi Kavramı.....	10
2.4.2. Risk Analiz Metotları	10
2.5. Kişisel Koruyucu Donanımlar	12
2.6. İş Emniyeti Analizi Yöntemi	14

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1. Güneş Enerjisi Sistemleri	16
3.2. Türkiye Güncel Güneş Enerji Santralleri Verileri	17
3.3. Güneş Panelleri.....	19
3.4. Güneş enerji Santrallerinde Kullanılan Malzemeler.....	21
3.4.1. Konstrüksiyon Sistemi	21
3.4.2. Güneş Paneli.....	22
3.4.3. Kablo Kanalları	23
3.4.4. Kablolar.....	24
3.4.5. Topraklama Ekipmanları.....	24
3.4.6. Elektrik Panoları ve Eviriciler.....	25

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SÜREÇLER VE RİSK ANALİZLERİ

4.1. Çatı Tipi Güneş Santralleri	27
4.2. Arazi Tipi Güneş Santralleri	28
4.3. Kurulum ve Devreye Alma Aşamaları	29
4.4. İş Emniyeti Analizleri.....	30
4.4.1. Çatı Tipi Güneş Santrallerinde İş Emniyeti Analizi.....	31

4.4.1.1. Ön Hazırlık Aşaması.....	31
4.4.1.2. Konstrüksiyon Kurulumu	34
4.4.1.3. Güneş Panelleri Kurulumu.....	37
4.4.1.4. Kablo Kanalları Montajı.....	39
4.4.1.5. Kablo Çekim İşleri	42
4.4.1.6. Topraklama İşleri	46
4.4.1.7. Evirici ve Pano Montaj İşleri.....	50
4.4.1.8. Kablo Bağlantı İşleri.....	53
4.4.2. Arazi Tipi Güneş Santrallerinde İş Emniyet Analizi	56
4.4.2.1. Ön Hazırlık Aşaması.....	57
4.4.2.2. Konstrüksiyon Kurulumu.....	60
4.4.2.3 Güneş Panelleri Kurulumu.....	63
4.4.2.4. Kablo Kanalları Montajı	65
4.4.2.5. Kablo Çekim Aşaması	67
4.4.2.6. Topraklama İşleri	71
4.4.2.7. Evirici ve Pano Montaj İşleri	75
4.4.2.8. Elektriksel Bağlantı İşleri	77
4.4.3. Çatı ve Arazi Tipi Güneş Santrallerinde İş Emniyet Analizi	81
4.4.3.1. Test ve Devreye Alma İşleri	81
4.4.3.2. El Aletleri Kullanımı.....	85
4.4.3.3. İş Makineleri Kullanımı	86
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKÇA	93
ÖZ GEÇMİŞ.....	96

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4. 1: Çatı Tipi Güneş Enerji Santrali Örnek Kritik Yol Tablosu	30
Tablo 4. 2: Arazi Tipi Güneş Enerji Santrali Örnek Kritik Yol Tablosu.....	30
Tablo 4. 3: Ön Hazırlık Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	31
Tablo 4. 4: Konstrüksiyon Kurulum Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	34
Tablo 4. 5: Güneş Panelleri Kurulum Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	38
Tablo 4. 6: Kablo Kanalları Montajı Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	40
Tablo 4. 7: Kablo Çekimi Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi.....	43
Tablo 4. 8: Topraklama Montaj İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	47
Tablo 4. 9: Evirici Ve Pano Montajları Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi.....	51
Tablo 4. 10: Kablo Bağlantıları Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi.....	54
Tablo 4. 11: Ön Hazırlık Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	57
Tablo 4. 12: Konstrüksiyon Kurulumu Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	61
Tablo 4. 13: Güneş Panelleri Kurulum Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	63
Tablo 4. 14: Kablo Kanalları Montaj Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	65
Tablo 4. 15: Kablo Çekimleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi.....	67
Tablo 4. 16: Topraklama İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi.....	71
Tablo 4. 17: Evirici Ve Pano Montaj İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	75
Tablo 4. 18: Elektriksel Bağlantı İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	78
Tablo 4. 19: Test Ve Devreye Alma Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi	82
Tablo 4. 20: El Aletleri Kullanımına Ait İş Emniyeti Analizi	85
Tablo 4. 21: İş Makineleri Kullanımına Ait İş Emniyeti Analizi	87

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: 2022 Yılı İnşaat Sektörüne Ait Verilerin Tüm Verilere Oranı Ve Sayısı... 9	
Şekil 2. 2: Çengelli Halat Ve Paraşüt Tipi Emniyet Kemer Uygulaması 13	
Şekil 3. 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası..... 17	
Şekil 3. 2: Türkiye Global Radyasyon Ve Güneşlenme Süreleri..... 18	
Şekil 3. 3: Türkiye Güneş Enerjisi Kurulu Gücü Ve Tüm Üretimler İçindeki Payı.. 18	
Şekil 3. 4: Bir Monokristal Güneş Panelinin Katmanları 20	
Şekil 3. 5: Arazi Tipi Konstrüksiyon Sistemine Bir Örnek 21	
Şekil 3. 6: Çatı Tipi Konstrüksiyon Sistemine Bir Örnek..... 22	
Şekil 3. 7: Güneş Paneli Ve Teknik Özelliklerine Ait Katalog Sayfası..... 23	
Şekil 3. 8: Çeşitli Tiplerde Kablo Kanalları..... 24	
Şekil 3. 9: Çeşitli Topraklama Malzemeleri 25	
Şekil 3. 10: Pano Ve Evirici Saha Uygulama Fotoğrafi..... 26	

KISALTMALAR LİSTESİ

- AC : Alternative Current / Alternatif Akım
- DC : Doğru Akım / Direct Current
- EN : Europa Norm / Avrupa Standardı
- GEPA : Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
- GES : Güneş Enerji Santrali
- ILO : International Labour Organization / Uluslararası Çalışma Örgütü
- İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği
- İSGK : İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu
- KKD : Kişisel Koruyucu Donanım
- kWh : Kilovat saat
- MW : Megavat
- SGK : Sosyal Sigortalar Kurumu
- TS : Türk Standardı
- TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
- WHO : World Health Organization / Dünya Sağlık Örgütü

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz dönemin teknoloji çağı olması dünya üzerinde yaşamını sürdüren her bir bireyin enerjiye olan ihtiyacını günden güne artırmaktadır. Teknoloji ilerledikçe sanayi gelişmekte ; sanayi geliştikçe üretim artmakta ; üretim arttıkça da arz talep dengesinin doğal bir sonucu olarak tüketim artmaktadır. Üretim tarafında enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün biraz daha artarken günümüz insanı da yaşamını sürdürmek için neredeyse enerjiye bağımlı bir hale gelmiştir. Birçok sektörde üretim süreci sonunda sunulan hizmetin veya ortaya çıkarılacak ürünün gerek üretim sürecinde gerekse pazarlama aşamasından son tüketiciye ulaştırılana kadar olan süreçte maliyetinin belirlenmesinde enerji bedeli başrol oynar hale gelmiştir.

1900'lü yılların sonunda yaşanmaya başlayan fosil yakıt krizi toplumu yeni enerji kaynakları arayışına itmiştir, yine bu dönemde yeni yeni hayatımıza girmeye başlayan yenilenebilir enerji söylemi zaman geçtikçe kendine enerji alanında önemli bir yer bulmuş ve ilgililerini yoğun arayışlara ve bu yönde bilimsel çalışmalara itmiştir.

“Yenilenebilir enerji, doğal kaynaklardan elde edilen ve doğada kendi evrimi içerisinde bir sonraki zaman diliminde kendini yenileyebilen enerji türüdür.” (Özbektaş S. &., 2023) Bu kaynaklar hem çıkarması hem işlemesi hem de enerjiye dönüştürmesi çok zahmetli olan kömür ve fosil yakıtların aksine, tüketildiğinden çok daha hızlı şekilde yerine konabilmektedir ve kendini yenilemektedir. Örneğin; güneş ışığı ve rüzgâr, sürekli yenilenen kaynaklardandır.

Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları ; rüzgâr, güneş, jeotermal ve biokütle olarak kabul edilmektedir. Çalışmamız kurulumu ve işletmesi diğer kaynaklara göre daha hızlı ve daha ekonomik olan ve bu sebeplerle de kendine çok fazla uygulama alanı bulan güneş santralleri üzerine olacaktır. Çatı ve arazi olarak iki tür uygulama alanı bulunan bu iş alanı yapı işleri sınıfına girdiğinden çok tehlikeli işler grubunda değerlendirilmektedir. Güneş santralleri uygulamalarında gerek çatı gerekse arazi olsun her bir proje birbirinden projenin konumu, arazi şartları, çatı tipi, panel sayısı gibi parametreler bakımından farklılıklar göstermektedir. Sektörün gelişmesi ve yayılması ile birlikte uygulama teknolojileri de gelişmiş olup kurulum ve devreye alma süreçleri de her geçen gün kısaltılmaya çalışılmaktadır.

Bir güneş enerji santralının kurulmasında her bir projenin kendine has parametreleri olduğu gibi, işin doğası gereği imalatın başlangıcından devreye alma sürecinin tamamlanmasına kadar geçen sürede de birbirinden farklı montaj süreçleri mevcuttur. Çalışmamız bu aşamaları gerek malzeme, gerek kullanılacak el aletleri, gerekse iş güvenliği ekipmanları ve kişisel koruyucu donanım açısından değerlendirecektir. Kendine özgü oldukça fazla süreç içeren bu sektör her adımın detaylıca tarifini ve bu adıma ait risk ve tedbirlerinde tespitini gerektirmektedir. Bu adımlar ve risklerin belirlenmesinin ardından gereken tedbirler 'İş Güvenliği Analizi' yöntemiyle belirlenecek ve literatüre rehber niteliğinde bir eser kazandırılmış olacaktır.



İKİNCİ BÖLÜM

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı

“İş Sağlığı ve Güvenliği bir iş veya bir proje hayata geçirilirken karşılaşılabilecek olumsuzlukların risklerin ve kazaların önlenmesi ve yaşanmaması için alınacak önlemlerin sistemli ve bilimsel yollarla tespit edildiği çalışmalar bütünüdür” (Başbuğ, 2005).

“Diğer bir deyimle iş yapılırken işi yapan çalışanların ruh ve beden sağlığını, çalışma alanında kullanılan ekipmanların ömrünü ve işlevini olumsuz etkileyen tüm engellerin aşılması için yapılan sistematik çalışmalar bütünüdür” (Aydın, 2023).

WHO ve ILO tarafından yapılan ve dünyada iş sağlığının genel kabul gören tanımı; her ne iş yapıyor olurlarsa olsunlar işyerlerinde çalışanlara en iyi sağlık koşullarının sağlandığı, çalışanın sadece bedensel değil psikolojik ve sosyal açılardan da tam bir iyilik halinde olması durumunun sürekliliğinin sağlanması şeklinde açıklanabilir (Öçal, 2016).

“İş sağlığı insanların fiziksel ve biyolojik olarak uygun olduğu işlerde çalıştırılmasını, insan ve işin birbirine uygun olmasını amaçlamaktadır” (Saygun , 2019).

İş Sağlığı ve Güvenliğinin literatürde çok fazla ve farklı tarifine rastlanabilir ve İş Sağlığı ve Güvenliğine ait detaylı verilerin birden fazla yasa ve yönetmelikte yer aldığı görülebilir. İSG'nin temel hedefi işverenler için kaza ve hastalık nedeniyle oluşan iş gücü ve iş kayıplarının engellenmesi, çalışma ve işi yapma ortamının daha verimli hale getirilmesi, imalat üretim ve işe ait verimliliğin gerek ekonomik gerekse kalite anlamında artırılması, ekipmanların, teçhizatların doğru kullanımıyla daha uzun ömürlü ve sorunsuz olmasıdır. Çalışanlar açısından ise sağlıklı ve huzurlu çalışabildikleri güvenilir iş ortamlarının sağlanması amaçtır (Küçük, 2019).

İş Sağlığı ve Güvenliğinin temel amacı, çalışanların fiziksel ve zihinsel sağlığı ile sosyal bütünlüğünü meydana gelebilecek kaza ve hastalıklardan korumak ve aynı zamanda ülke ekonomisinin, üretiminin ve ürün kalitesinin olumsuz etkilenmesini önlemektir.

İş kazalarının bilinegelen imalat, sanayi gibi sektörler dışında inşaat sektöründe de fazlaca yaşandığı ve oldukça kötü sonuçlarla karşılaşıldığı bilinmektedir. Bu sebeple inşaat sektörünün bir dalı kabul edilen güneş enerji santralleri kurulumunda da çok dikkatli olunmalıdır. Bu gerçek, işverenlerin uzmanların hazırladığı sonuçları, tavsiyeleri ve raporları dikkate alması ve uygulaması gerektiğini göstermektedir. Türkiye'de İş Sağlığı ve Güvenliği alanındaki sistematiğe ilerlemeye rağmen iş kazası oranlarının yüksek olması, İş Sağlığı ve Güvenliği alanında daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu açık bir şekilde göstermektedir.

2.2. Güncel Mevzuatlar

İş Sağlığı ve Güvenliği konusunun önemine ve toplumdaki kalıcı olumsuz etkilerine binaen; olası iş kazalarının önlenmesi ve azaltılması konusunda alınması gereken önlemler kanunlar ve yönetmeliklerle desteklenmekte ve denetlenmektedir. Gerek teknolojik gelişme hızı gerekse her geçen gün iyileştirilen mühendislik çalışmaları sayesinde ilgili yasa ve kanunlar güncellenerek gelişimini devam ettirmektedir. Güncel olarak uyulması gereken kanun ve ilgili yönetmelikleri kısaca hatırlatmakta fayda olacaktır.

2.2.1. Kanunlar

2.2.1.1. 4857 Sayılı İş Kanunu

“Bu kanun 1475 sayılı İş Kanunu'nun yürürlükten kaldırılmasıyla 2003 yılında yürürlüğe girmiştir. Amacı işçi ve işverenlerin, çalışılan ortam ve yapılan işlerle ilgili şartları, hakları ve sorumlulukları düzenlemektir” (İş Kanunu, 2003, m. 1). Bu kanun bir önceki kanuna göre İş Sağlığı ve Güvenliği alanında daha detaylı hükümler içermektedir. “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği” kavramı yerine “İş Sağlığı ve İş güvenliği” kavramı ilk olarak bu kanunun yürürlüğe girmesiyle kullanılmaya başlamıştır. Bu yeni İSG kavramı ile tehlikelerin önlenmesi dışında riskin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve ortadan kaldırılması veya en az hasar verecek dereceye indirgenmesi kavramları da İSG alanında kendine yer bulmuştur.

İş Kanunu'nda, İSG'ye ait ayrı bir bölüm vardır. Bu bölümde, işverenlerin İş Sağlığı ve Güvenliğinin sağlanması için önlemler alması gerektiğinden ve işçilerin de alınan kararlara ve kurallara uyması gerektiğinden söz edilmektedir. Ayrıca bu Kanun en düşük çalışma yaşı, iş sözleşmesi, ücretler, mesai saatleri ve izin konularını da düzenlemektedir (ILO, 2016)

2.2.1.2. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (İSGK)

İş Sağlığı ve Güvenliği, 4857 sayılı İş Kanunu kapsamında bulunan bir kavram iken 2012 yılında çıkarılan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun çıkarılması ile birlikte tamamen ayrı bir kanun konusuna dönüşmüştür. Bu kanunlar birlikte kamu ile özel sektör ayrımı kaldırılmış ve işverenleri, işveren vekillerini, çırak ve stajyer ile tüm çalışanları kapsayan bir kanun olmuştur (Öz, 2021).

Türk Silahlı Kuvvetleri, genel kolluk kuvvetleri, Millî İstihbarat Teşkilâtı mensupları, afet ve acil durum birimleri çalışanları ile ev hizmetlerinde bulunanlar, işçi çalıştırmadan kendi adına mal ve hizmet üretenler, hükümlü ve hükümlülere icra hizmetlerinde iyileştirme kapsamında yapılan tutuklular, eğitim, güvenlik ve mesleki eğitim faaliyetlerinde hizmet verenle bu Kanun kapsamı dışında tutulmuştur (Öz, 2021)

İSGK, işyerlerindeki sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili koşulların sağlanması amacıyla işveren ve çalışanlara farklı sorumluluklar ve yükümlülükler vermektedir. Bu Kanun'un temel amacı, iş kazalarının, meslek hastalıklarının iş esnasında ve iş ortamında gelişebilecek herhangi fiziksel ve ruhsal problemlerin önlenmesidir (ILO, 2016).

Kanunun 6. maddesinde iş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi ve diğer sağlık personelinin görevlendirilmesi ve bu görevlilere gerekli yer ve zaman imkanının temini konusunda gerekli hüküm bulunmaktadır.

2.2.1.3. Türk Borçlar Kanunu

“İlk olarak 1926 yılında 818 sayı ile yürürlüğe giren bu kanun 6098 sayı ile 2011 yılında tekrar düzenlenmiştir” (Öz, 2021). Kanunun en önemli kısmı çalışanın muhtemel bir iş kazası sonrasında yaşayacağı maddi mağduriyetlerin ele alınması ve gerek psikolojik gerekse ekonomik sıkıntılarının giderilmesi ve destek olunmasını içeren kısımlardır.

2.2.1.4. Genel Sağlık Sigortası Kanunu

İnsana yakışan bir hayat standardının temini, sürekliliği ve gerekli önlemlerin alınarak kontrolünün sağlanması sosyal hukuk devletinin bir gereğidir. Bu nedenle 1945 yılında 4772 sayılı İş Kazaları ile Meslek Hastalıkları ve Analık Sigortası Kanunu çıkarılmış ve 1964 yılında 506 sayılı Sosyal Sigortalar Kanunu ile birleştirilmiştir. Bu Kanun, 2006 yılında çıkarılan 5510 sayılı Kanun ile son şeklini almıştır (Öz, 2021).

5510 sayılı kanunda özellikle iş kazası ve meslek hastalığı ile ilgili düzenlemelere yer verilmiştir. Kanunun hangi kazaların iş kazası olarak kabul edileceği, meslek hastalığının tanımı, iş kazası ya da meslek hastalığı yaşandığında sigortalıya, ölüm halinde ise hak sahiplerinin alacağı yardımları ile işverenlerin SGK karşısındaki sorumlulukları düzenlenmiştir (Sümer, 2019, s. 86).

2.2.2. Yönetmelikler

İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili kanunlarda işyerlerinde ve çalışma alanlarında uygulanması gereken İSG tedbirlerine ait detaylar bulunmamaktadır. Zira işyeri dediğimiz olgu ülke nüfusunun neredeyse tüm çalışanlarını etkileyen gerek sektör gerek coğrafi konum gerek çalışılan yapının büyüklüğü ve çeşitliliği gerekse iş sonunda çıkacak ürünün farklılığı açısından neredeyse sonsuz çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle ilgili kanundaki birçok maddenin uygulanabilmesi için yönetmelik çıkartılmasının gerekliliği kaçınılmaz olmaktadır. Çıkarılan yönetmelikler sayesinde günün gereklerine, sanayi ve teknoloji alanındaki yeniliklere uyum sağlanması daha da kolaylaşmış olacaktır (Sümer, 2019, s. 134).

“Bu ihtiyaca binaen çıkarılan yönetmelikler aşağıda belirtilmiştir” (ILO, 2016).

Çocuk ve Genç İşçilerin Çalıştırılma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik: Bu yönetmelikte genç işçi ve çocuk işçi tanımları yapılmaktadır. Buna göre 15 yaşından büyük ve 18 yaşından küçük bireyle genç işçi, 14 yaşında ve ilk öğretim aşamasını tamamlamış bireyle ise çocuk işçi olarak tarif edilmiştir. Ayrıca bu yaş grubu bireylerin günlük ve haftalık çalışma saatleri de belirlenmiştir. Böylelikle bu yaş grubu bireylerin fiziki, düşünsel, ahlaki ve sosyal gelişimleri desteklenerek maddi anlamda

sömürülmelerinin engellenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalıştırılacak iş türleri de sınırlandırılmıştır.

Gebe veya Emziren Kadınların Çalıştırılma Şartlarıyla Emzirme Odaları ve Çocuk Bakım Yurtlarına Dair Yönetmelik: Hamile ve yeni çocuk sahibi kadın çalışanların çalıştırılma şartlarını belirleyen bu yönetmelikte hamilelik dönemi ve sonrası emzirme döneminde çalışma süreleri ile vardiya kısıtları ile emzirme döneminde gösterilmesi gereken müsahahalar ve emzirme süreleri belirlenmiştir. Amaç gebelik süresinde bireyin sağlıklı bir dönem geçirmesi ilk analık döneminde ise bebeğine gerekli ilgiyi göstererek topluma fiziki ve duygusal anlamda sağlıklı bir birey kazandırılmasıdır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Kurulları Hakkında Yönetmelik: İşyerinin çalışan sayısı ve hangi tehlike grubunda olduğuna göre İSG açısından nasıl bir kurul oluşturulması gerektiğini detaylandıran bu yönetmeliğe göre elli ve daha fazla çalışanı bulunan işyerleri iş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi, ve işçi temsilcilerinden oluşan bir kurul belirlemek zorundadır. Bu kurulun belli aralıklara gerçekleştirecek olduğu toplantılarda alacağı kararlar hukuka aykırı değilse işveren tarafından uygulanmak zorundadır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği: Tehlike, risk ve ramak kala gibi analiz yönteminin ana unsurlarının tarifini netleştirmeye yarayan bu yönetmelik İSG kurulu tarafından risk değerlendirmesi yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri Yönetmeliği: Bu yönetmelikle İSG hizmetinde bulunan kurumların yetkileri tarif edilmiş ve gerekli şartların sağlanması istenmiştir. Gerekli şartları sağlayamayan kurumlar veya kişilerin yetkileri alınır. Çalışan sayısına göre işyerleri İSG hizmetini ya kendi bünyesine dahil edeceği personeller ile veya dışarıdan bu hizmeti veren yetkili kurumlar ile ifa etmek zorundadır. Yaptırımların sebepleri bu yönetmelikte tarif edilmektedir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetlerinin Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik: İSG ile ilgili maliyetlerin tehlikeli ve çok tehlikeli iş gruplarında bulunan küçük işletmelere ilave getireceği maddi yükün azaltılması ve İSG kültürünün tabana yayılarak yaygınlaşması amacıyla çalışan sayısı on kişinin altında olan işletmelere mali destek verilmesine ilişkin koşullar bu yönetmelikte bulunmaktadır. Bu grup dışında bulunan iş yerlerine verilecek destekler ise bakanlar kurulu tarafından belirlenir.

İşyeri Hekimi ve Diğer Sağlık Personelinin Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik: Bu yönetmelikle ilgili bakanlık tarafından yetkilendirilen çalışanların görev, yetki, mesuliyet ve eğitimleri belirlenmektedir.

İş Güvenliği Uzmanlarının Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik: İSG Uzmanları A, B ve C sınıfı olarak üç farklı yetkinlik seviyesinde tanımlanmıştır. Bu tanımlama bakanlık tarafından belirlenmiş olup ilgili belgelendirme ve eğitim prosedürü yine bakanlık tarafından yürütülmektedir. Bu yönetmelikle bu grupların çalışması gereken tehlike sınıfları ve işyerleri belirlenmektedir.

Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik: İşyerlerine ait tehlike sınıfları az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli olarak belirlenmiş olup hangi grubun nasıl ve ne sıklıkla gerekli eğitimleri alması bu yönetmelikle düzenlenmiştir.

Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Konseyi Yönetmeliği: Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Konseyinin kuruluşu, görevleri ve çalışma esasları bu yönetmelikle belirlenmiştir. Konsey on üç resmi kamu çalışanı 13 sivil toplum çalışanı olmak üzere toplam yirmi altı kişiden oluşmalıdır. Konsey yılda iki kez toplanır. Başkan bakanlık personelidir.

İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik: İş yerlerinde acil durum planlarının hazırlanması, afet senaryolarının belirlenmesi, yangın durumunda alınması gereken tedbirler gibi doğal veya doğal olmayan acil durumlarda yapılması gerekenler bu yönetmelikle belirlenmiştir. Yine bu durumlarda görevlendirilmesi gereken personellerde detaylandırılmıştır. Yönetmelikte ilave olarak acil durum, acil durum planı, güvenli yer ve işveren yükümlülükleri de tanımlanmıştır.

Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği: İş yerlerinde kullanılması gereken işaret ve levhalara ait detaylar bu yönetmeliğin kapsamındadır. Gerekli standartlarda belirlenmiş ve sorumluları atanmıştır.

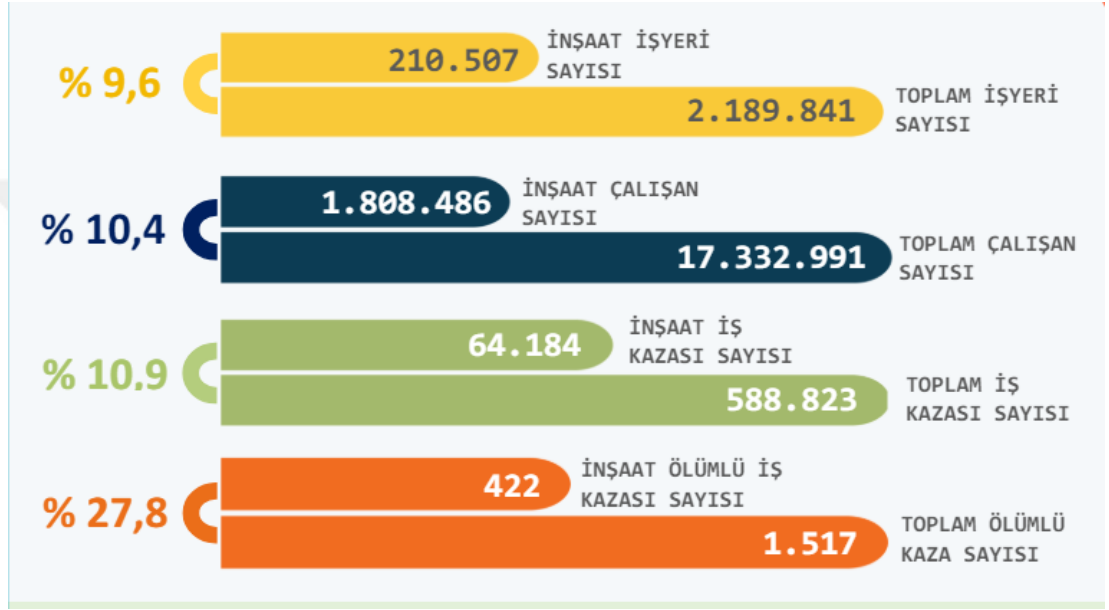
2.3. Güncel İstatistikler

Güneş enerji santralleri kurulumu inşaat sektörünün riskleri ile aynı riskleri taşımaktadır, komple bir yapının inşa aşamasında rol alan; mimar, inşaat mühendisi,

elektrik mühendisi, makine mühendisi ve elektrikçi, mekanikçi ve inşaatçı saha çalışanları bu tesislerde de çalıştırılmak zorundadır.

İş kazası istatistiklerinin en güvenilir kaynağı olan SGK verilerine göre inşaat sektörü ülkemizde maden ve metal sektörleri ile birlikte en çok iş kazası görülen sektörlerdendir. Ölüm oranı olarak incelendiğinde ise ilk sırada bulunmaktadır.

Aşağıda bulunan tablodaki 2022 yılına ait verilerde durum çok net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 2. 1: 2022 Yılı İnşaat Sektörüne Ait Verilerin Tüm Verilere Oranı ve Sayısı

Kaynak: ÇSGB, 2024

Bu verilerden anlaşılacağı üzere İSG alanında alınması gereken tedbirler ve uygulanması gereken eylemler oldukça önem arz etmektedir. Zira sektörde bulunan çalışan sayısı ve yaşanan kazalar ile bunların ölümle sonuçlanma sayıları tedirgin edici düzeydedir.

Türkiye’de çalışanların verileri Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’na bağlı olan Sosyal Güvenlik Kurumu tarafınca toplanıp arşivlenmektedir. Arşivlenen bu veriler Sosyal Güvenlik Kurumu resmî web sitesinde SGK İstatistik Yıllıkları olarak herkese açık şekilde paylaşılmaktadır. SGK’nın sunduğu bu veriler sigortalı çalışanlar üzerinden sağlanan verilerdir (SGK, 2023).

“TÜİK verilerine göre 2022 yılında kayıt dışı istihdam oranı %26,8 olarak hesaplanmıştır. Buradan da görüleceği üzere tüm iş kazaları kayıt altına alınamamaktadır” (TÜİK, 2023).

2.4. Risk Kavramı ve Risk Analiz Metodları

2.4.1. Risk ve Risk Analizi Kavramı

Risk kelimesine ait son zamanlarda önemli çalışmalar yapıyor olmasına rağmen net bir tanım birliği konusunda bir uzlaşma bulunmamaktadır. Bununla birlikte bu belirsizlik risk süreci tanımının da net bir şekilde tarif edilmesini engellemektedir. Bu süreçlerin kusursuz bir şekilde tanımlanarak ortaya gerçek çözümler konulabilmesi için tehlike ve zarar kavramlarının tanımlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunumuz ile İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'ne baktığımızda ise tehlike, işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı ya da işyerini etkileyebilecek zarar ya da hasar verme potansiyeli olarak tarif edilmiştir (Aydos, 2015).

Risk analizi ve değerlendirme yöntemleri 1950'li yıllardan bu yana tüm dünyada sistematik olarak kullanılmaktadır. Yöntemin gelişimi ihtiyaçlara göre gelişmiştir. Risk analizi mühendislikte belirsiz problemleri çözmek için sıklıkla kullanılır.

Risk analizi; çalışma ortamında bulunan ya da meydana gelmesi muhtemel tehlikelerin tanımlanmasını, risklerin belirlenmesini ve bunların önemlilik seviyelerinin belirlenerek etkili bir önlem planının oluşturulmasını sağlamak hedefli bir süreçtir.

2.4.2. Risk Analiz Metotları

Risk analiz metotları nitel ve nicel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Nitel risk analiz yönteminde riski hesaplarken ve ifade ederken sayısal değerler yerine yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı değerler kullanılır. Nicel risk analiz yöntemlerinde risk hesaplanırken sayısal yöntemlere ve teoremlere başvurulur ve tehdidin olma ihtimali ve tehdidin etkisine sayısal değerler verilmektedir. Risk temelde “tehlike” ve “olasılık” olmak üzere iki boyuttan oluşmaktadır (Karadağ, 2018).

Risk = Tehdidin Olasılığı x Tehdidin Etkisi (Şiddeti)

Risk analiz yöntemleri şunlardır:

- a. Başlangıç Tehlike Analizi
- b. İş Güvenlik Analizi
- c. Eğer olursa? Yöntemi
- d. Kontrol Listesi Kullanılarak Birincil Risk Analizi
- e. Birincil Risk Analizi
- f. Risk Değerlendirme Karar Matris Yöntemi
- g. Tehlike ve İşletilebilme Çalışması
- h. Hata Ağacı Analizi
- i. Olası Hata Türleri ve Etki Analizi
- j. Güvenlik Denetimi
- k. Olay Ağacı Analizi
- l. Neden – Sonuç Analizi
- m. Kinney Analizi
- n. Ridley Yöntemi
- o. Risk Puanlama Yöntemi

Görüldüğü gibi bir işe ait risk analizi yapılırken birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak bu yöntem belirlenirken işe ait süreklilik, benzerlik, mekân gibi parametreler dikkate alınmalıdır. Güneş enerji santralleri uygulama alanı bakımından her bir projenin kendine özgü olması sebebi ile her adımın detaylıca tarif edilmesini ve bu adıma ait riskler ile tedbirlerin net şekilde belirtilmesi esasına dayanan iş güvenlik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmelidir (Karadağ, 2018).

2.5. Kişisel Koruyucu Donanımlar

Bir Güneş enerji santrali kurulumu esnasında ister çatı tipi olsun ister arazi tipi olsun çalışanların maruz kalabilecekleri iş kazaları ve meslek hastalıklarından korunmak için kullanmaları gereken kişisel koruyucu donanımları yedi grupta sınıflandırabiliriz.

1. Baş koruyucuları
2. Kulak koruyucuları
3. Göz ve yüz koruyucuları
4. Solunum koruyucuları
5. Yüksekte Çalışma koruyucuları
6. El koruyucuları
7. Ayak koruyucuları

Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliğinde bu malzemeler seçilirken ilgili TS EN standardına uygun olması gerektiği belirtilmektedir.

Baş Koruyucuları: Çalışanın başına bir şey düşmesi veya çalışanın başını bir yere çarpması durumunda gerekli koruma görevini sağlayan baretlerdir. Çalışma alanı ve yapılan işin durumuna göre farklılık gösterebilir. TS EN 397 ilgili standardını belirtmektedir. Baretler genelde kafa darbeleri ve çarpmaları ile baş ve boyun kısmına düşmesi muhtemel olan cisimlere karşı koruyucu olarak bilinse de kafa kısmına gelecek zararlı güneş ışınlarını geçirmemesi ve kötü hava şartlarına karşı dayanımının artması konularında da yardımcı ekipmanlardır.

Baretler kullanım renklerine göre sorumlu kişileri belirtir. Buna göre Beyaz baret yöneticiler, ziyaretçiler ve mimar, mühendis, teknikerler; sarı baret işçiler; mavi baret bakım grubu ve formenler; yeşil baret sağlık personeli; kırmızı baret ise iş güvenliği, yangın, savunma personeli ve kalite kontrol ekipleri içindir.

Kulak Koruyucuları: Kulak koruyucuları, iş göreni çalışma esnasında var olan veya oluşabilecek makul maruziyet seviyesinin üstündeki gürültülerden muhafaza etmek için kullanılmaktadır.. Çalışma alanında gürültü seviyesi 85 desibeli aştığında kullanılması, mevzuata göre zorunludur. Gürültüyü geçirmeyen, iletişimi kolaylaştıran, çalışma ortamı ölçüm sonuçlarına göre uygun kulaklıklar seçilebilir. TS EN 352 ilgili standardını belirtmektedir.

Göz Koruyucuları: Gözleri sıçrayan parçalar, toz, duman, zararlı ışınlar, kimyasal maddeler gibi zararlı etkilere korumak için kullanılan malzemelerdir. TS EN 166, TS EN 169, TS EN 172. TS EN 175 kullanım alanlarına göre ilgili standartlarını belirtmektedir.

Yüz Koruyucular: Kaynak, işlerinde de gözü ve yüzü darbe, zararlı ışık, ergimiş metal sıçramaları vb. tehlikelerden korumak için başa takılarak veya el ile tutularak kullanılan siperliklerdir. TS EN 170, TS EN 171 kullanım alanlarına göre ilgili standartlarını belirtmektedir.

Solunum Koruyucuları: İşyeri havasında bulunan metal tozları, çözücülerin, solventler, maksimum konsantrasyon değerlerini geçmeleri durumunda, kullanılır. TS EN 136, TS EN 140 kullanım alanlarına göre ilgili standartlarını belirtmektedir.

Yüksekte çalışma Koruyucuları: Yapılan işin çeşidine göre yüksekte çalışma koruyucularında özellikle inşaat sektörü için kullanılanlar paraşüt tipi emniyet kemerleri, çengelli halatlar, enerji emici kemerler ve piyasada yoyo olarak isimlendirilen Toplanır- Çekilebilir Tip Düşmeyi Önleme Tertibatlarıdır. TS EN 364 ilgili standardını belirtmektedir.



Şekil 2. 2: Çengelli halat ve Paraşüt Tipi Emniyet Kemer Uygulaması

Kaynak: İş Güvenliği, 2016

El ve Kol Koruyucuları: Çalışma esnasında tehlikeli kimyasalların deri yoluyla vücuda girmesini engelleyen ve aynı zamanda kesilme, sıcak, soğuk, elektrik vb. risklerden elleri ve kolları koruyan ekipmanlardır. Ellerinizi cildiniz yoluyla vücudunuza girebilecek tehlikeli kimyasallar, mekanik, elektrik, sıcak, soğuk ve benzeri tehlikelerden korumak için farklı malzemelerden, belirli standartlara göre yapılmış birçok eldiven bulunmaktadır. TS EN 388 ilgili standardı tanımlar.

Ayak Koruyucuları: Çalışanların ayaklarının çalışırken, su içeren ortamlarda ayağının üzerine düşebilecek parçalardan ve elektrik çarpması riskinden korunması için farklı özelliklerde iş ayakkabısı, bot ve ayakkabılar kullanılmalıdır. TS EN 345 karşılık gelen standardı belirler.

2.6. İş Emniyeti Analizi Yöntemi

İş Emniyeti Analizi, yapılacak işi belirli görevlere bölerek her bir alt görevin tehlike ve risklerini analiz etmemize yardımcı olan bir risk değerlendirme yöntemidir. İş Emniyeti Analizi yönteminde “iş” veya “görev” olarak tanımlanan aksiyonlar belirli durumları açıkça ifade etmelidir. Bu sebeple bir güneş enerji santrali kurulum ve devreye alma aşamaları mümkün olduğunca grup işlere ayrılacak ve tüm adımlar detaylıca değerlendirilecektir. İş Emniyeti Analizi yöntemi geniş şekilde tanımlanmış iş adımları için kullanılamaz. Çalışmamızla alakalı olarak örneğin ‘Kablo Kanalları Montajı’ adımı bu yöntem için yeterli değildir. Bu ve bunun gibi tüm adımlar malzemenin sahaya sevkinden depolanmasına, montaj alanına taşınmasından paketinin açılmasına, gerekli el aletleri kullanımın detaylandırılmasından montajın tamamlanmasına kadar adım adım detaylandırılmalı ve her adıma özgü riskler ve bu risklere karşı alınacak tedbirler ve bu tedbirlerin alınmasında kimlerin sorumlu oldukları belirtilmelidir.

İş Emniyeti Analizi yönteminin en temel faydası, diğer risk değerlendirme yöntemlerinde olduğu gibi tehlike ve risklerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olmasıdır. Ayrıca gözlemsel bir risk değerlendirme yöntemi olduğundan değerlendiricinin bilgi ve tecrübesi önemli değildir. Bu sayede, tehlikelerin ve risklerin en modern çalışma yöntemlerine uygun olarak tanımlanmasına imkân verir. Daha önce tanımlanamayan risklerin belirlenmesinde de etkilidir.

Gözleme dayalı olduğundan çalışanların katılımını sağlar. Risk değerlendirmesi yapılırken iş operatörünün bakış açısının dikkate alınmasını teşvik eder ve bu fonksiyon aracılığıyla İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda katılım kültürünü ve gelişimini teşvik eder.

İş Emniyeti Analizi; faaliyetin belirlenmesi, belirlenen faaliyetin en küçük iş adımlarına kadar ayrılması, bu iş adımlarına ait tehlikelerin belirlenmesi ve bu belirlenen tehlikelere karşı alınacak tedbirlerin tespiti olmak üzere dört ana adımda gerçekleştirilir.

İş güvenliğinin temel ilkesi, yapılan tüm işlerin tehlike ve risk açısından değerlendirilmesidir. Ancak bazı durumlarda İş Emniyeti Analizinin gerçekleştirilmesi için gereken süre ve kişi sayısı ile ilgili bazı sınırlamalarla karşılaşılabilir. Diğer bir durum ise ekipmanın, ham maddenin, prosesin veya çevrenin değişmesi durumlarında iş emniyet analizinin düzeltilmesini gerektirmesidir.

Bu nedenlerden dolayı iş emniyeti analiz yöntemi kullanılarak hangi işlerin analiz edileceğinin belirlenmesi gerekmektedir. Her ne kadar tüm işler analiz için planlanmış olsa da bu adım ilk önce en önemli işlerin gözden geçirilmesini sağlar.

Daha önce de belirttiğimiz gibi güneş santrali kurulum projeleri bir inşaat işi idi ve çok yüksek tehlikeli işler grubuna girmekteydi. İş alanına ait belirleyici risk alanlarını gözden geçirecek olursak; İş kazalarının ve sonuçlarının yüksek risk dediğimiz yaralanma veya ölümlerle sonuçlanma potansiyeline sahip olması, basit bir hatanın bedelinin hem maddi hem manevi olarak kalıcı ve çok yüksek olması, her projenin kendine özgü olmasından dolayı yer ve çalışan ekip değişiminin çok fazla olması, yazılı talimatlarla işlerin yönetilemeyecek kadar karmaşık olması gibi durumlar göz önüne alındığında İş güvenliği analizi yönteminin detaylarına inerek yapılması gerektiği sonucuna ulaşmış oluruz.

Gerek yerel gerek ulusal literatür taramasına göz attığımızda güneş santralleri kurulumuna ait detaylı ve yapılmış bir çalışma olmadığını söyleyebiliriz. Yurtdışında yapılmış çalışmalar ise inşaat işleri ve elektrik işleri kapsamında bir alt alan olarak değerlendirilmiş ve gerekli detaylı iş analizleri eksik kalmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde meydana gelen füzyon reaksiyonu sonucu hidrojen gazının helyuma dönüşmesiyle açığa çıkan çok güçlü bir ışınım enerjisidir. Güneş yaydığı yaklaşık 3.9×10^{17} Tera Watt güç ile temiz ve tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu güç değeri atmosferin dışında 1370 W/m^2 mertebesinde, yeryüzünde ise $0-1100 \text{ W/m}^2$ aralık değerlerinde değişmektedir (Özbektaş, Şenel, & Sungur, 2023).

Sonsuz bir kaynak olarak tanımlanan güneş enerjisinden ısı kaynağı olarak sağlanan fayda dışında çeşitli komponentler kullanılarak elde edilen elektrik enerjisi sayesinde de yaşamımıza ait bir çok alanda da faydalanılabilir. Bilimsel ve teknolojik gelişmeler sayesinde günümüzde hem ekonomik hem de uygulanabilirlik anlamında son derece olumlu gelişmeler kaydedilmiştir. Özellikle fotovoltaik panellerin veriminin ve uygulama kolaylığının artması neticesinde öncelerde özel ve nitelikli alanlarda faydalanılan güneş enerjisi günümüzde neredeyse her alanda uygulanabilir hale gelmiştir. Günümüzde elektrik enerjisine olan talebin hızla artması insanoğlunu yeni arayışlara itmiş ve yenilenebilir enerji türlerinin hayatımıza girmesi konusu ülkeler bazında gündem edilir hale gelmiştir. Geline noktada öncelerde küçük çaplı ve butik olarak tasarlanan güneş enerji santralleri artık gigawatt saat elektrik üretebilen santraller haline dönüşmüştür. Güneşin yaydığı ısı enerjisi görece olarak direkt faydalanılabilen bir enerji türü olmasına karşın güneş ışınlarından elektrik elde etmek için belirli sistemler kullanılması gerekmektedir. En yaygın ürün olarak kullanılan fotovoltaik sistemler sayesinde güneş ışınları elektrik enerjisine dönüştürülür ve hayatımızın her alanında kullanıma hazır hale gelir.

Tüm dünya üzerinde güneş enerjisinden elektrik üretimi için kullanılan yöntem fotovoltaik sistemlerdir. Silikon, gümüş, bor, kadmiyum tellürid, galyum, arsenit, bakır indiyum diselenid ve optik yoğunlaştırıcı hücreler fotovoltaik enerji üretiminde en fazla kullanılan bileşenlerdir (Özbektaş, Şenel, & Sungur, 2023).

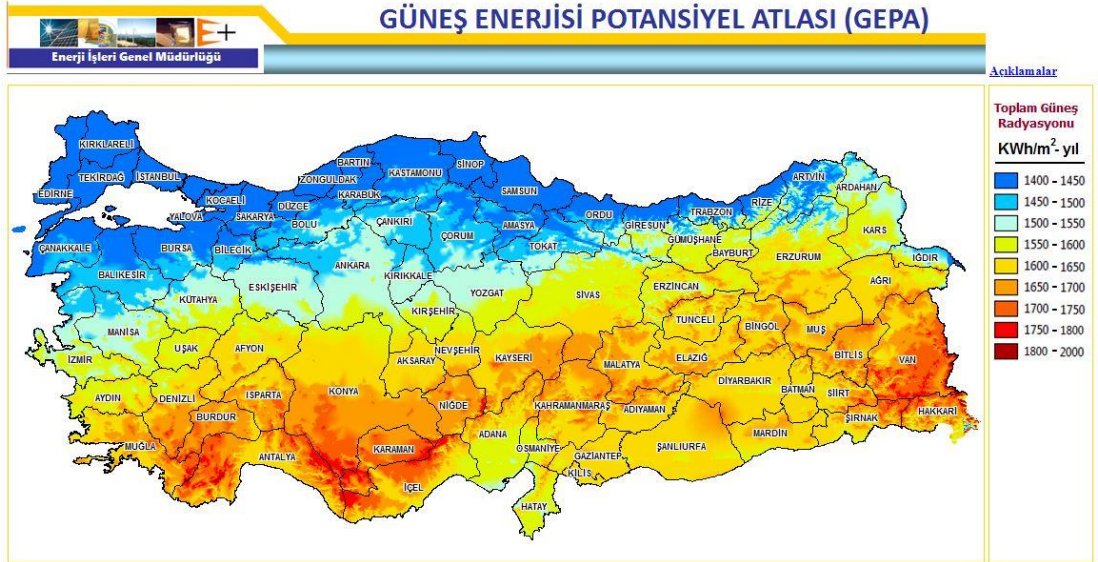
Fotovoltaik teknolojinin keşfi ve gelişmesiyle birlikte sürekli araştırmalar, güneş enerjisinden doğrudan elektrik üretimine imkân vermiştir. Bu teknolojinin

yaygınlaşmasıyla birlikte güneş enerjisi, elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynakları arasında vazgeçilmez bir alternatif olarak yerini almıştır.

3.2. Türkiye Güncel Güneş Enerji Santralleri Verileri

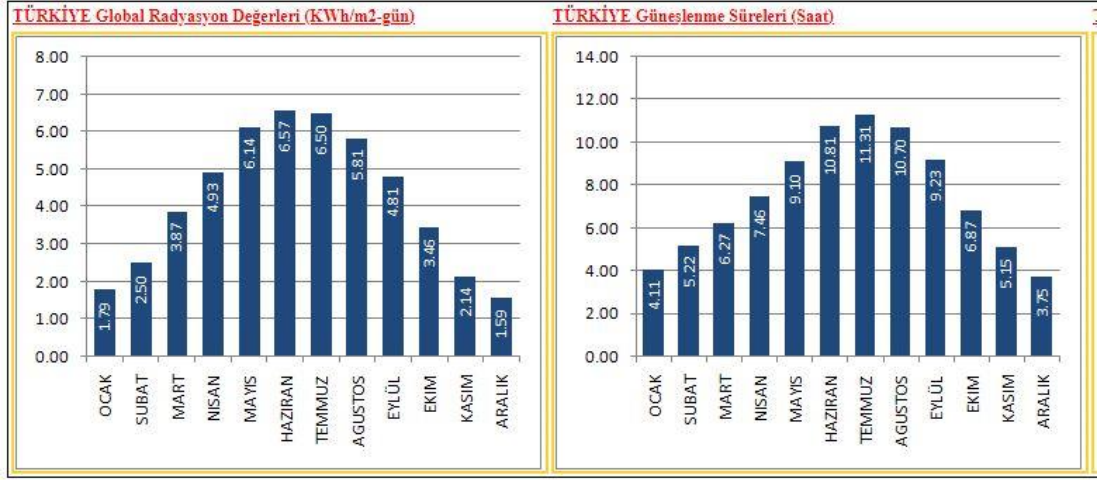
Ülkemiz üzerinde bulunduğu coğrafya itibarı ile güneş enerjisi bakımından oldukça avantajlıdır. Güneş enerjisi kullanımı ülkemizde ilk olarak ısıtma ve sıcak su sağlanması amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojik gelişmelerin fotovoltaik panellere etkisi sayesinde kullanımın yaygınlaşması sağlanmış ve ülkemizde güneş enerjisi santralleri kurulumu oldukça hızlanmıştır. 2000’li yılların başından bu yana devlet desteği ile de büyüyerek toplam enerji üretiminde azımsanmayacak bir paya sahip hale gelmiştir.

Bu bağlamda Enerji Bakanlığı, Şekil 3.1’de görüleceği gibi Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasını (GEPA) oluşturmuştur. Bu atlasla göre Şekil 3.2’den de analiz edileceği gibi yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık gelen toplam güneş enerjisi miktarının 1527 kWh/m².yıl (günlük toplam 4.18 kWh/m²) olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Kaynak: GEPA, 2024



Şekil 3. 2: Türkiye Global Radyasyon ve Güneşlenme Süreleri

Kaynak: GEPA, 2024

Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücü, 2024 yılının Şubat ayı sonu itibarı Şekil 3.3'de görüldüğü gibi ilk kez 12 bin MW'ı aşarak 12 bin 425 MW olmuştur. Elektrik enerjisinin üretiminde yenilenebilir enerjinin payı da Ocak ve Şubat aylarında yüzde 51'in üzerinde gerçekleşmiştir. Ülkemizin 2035 yılı hedefi hükümet yetkililerince her yıl 5000 MW lık kurulu güç ilave artışı olarak belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisi sayesinde hem ülkemizin dışa bağımlılığı azalmakta hem de ülkemizin sıfır karbon ayak izi hedefine ulaşım hızı artmaktadır. Güneş enerjisi santralleri sayesinde 20 yıl öncesinde hidrolik santrallerde sağlanan yenilenebilir enerji artık daha az maliyetli ve daha yüksek verimli şekilde elde edilmektedir.



Şekil 3. 3: Türkiye Güneş enerjisi Kurulu Gücü ve Tüm Üretimler İçindeki Payı

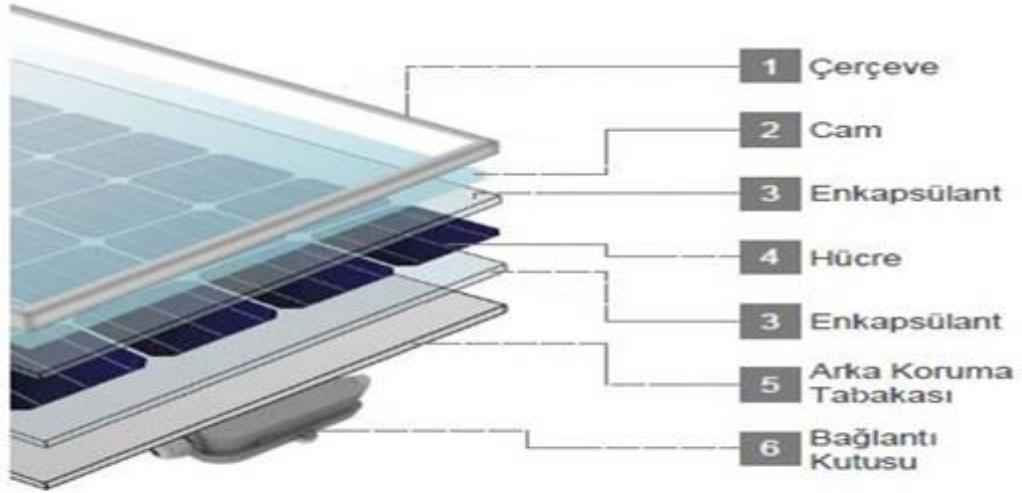
Kaynak: Enerji Dünyası, 2024

3.3. Güneş Panelleri

Bir güneş paneli (veya Güneş Paneli), güneş enerjisini absorbe etmek için kullanılan birçok güneş pili içeren bir güç kaynağıdır. Güneş panelleri dünyaya ulaşan güneş ışığını elektriğe dönüştürür. Güneş ışığından Dünya'ya düşen enerji miktarı, bugün kullandığımız küresel enerji miktarının 10.000 katıdır. Dolayısıyla insanın dünyaya ulaşan güneş ışığının sadece 0,01'ini etkin bir şekilde kullanarak enerji ihtiyacını karşılaması yeterlidir.

Güneş paneli, üzerine düşen güneş ışınlarını absorbe etmeye yarayan güneş pillerinden oluşur. Bir fotovoltaik panelin verimliliği, içinde kullanıldığı hücrenin güneş ışığını elektriğe dönüştürme hızına göre belirlenir.

Bir güneş paneli; Kabaca silikon hücreler, metal çerçeve, cam kapsülleme ünitesi ve panel üzerinden üretilen elektrik akımını iletmek için kullanılan doğrusal akım ve alternatif akım kablolarından oluşur. Silikon, güneş ışığını emmesine ve onu kullanılabilir elektriğe dönüştürmesine olanak tanıyan iletken özelliklere sahip, metal olmayan bir maddedir. Güneş ışığı bir silikon hücreye çarptığında, silikon hücrelerdeki elektronların uyarılmasına neden olur ve elektrik akımı akışı başlar. Bu, "fotovoltaik etkisi" olarak bilinir ve güneş paneli teknolojisinin temel çalışma prensibini açıklar.



- | | |
|---|--|
| <p>1 Çerçeve, panelin yapısal dayanıklılığını sağlamaktadır. Darbelere ve sert hava koşullarına karşı paneli korumaktadır. Panel kurulumunun kolay yapılmasına da olanak sağlamaktadır.</p> | <p>4 Panel içerisinde elektrik üretiminin gerçekleştiği ana merkezlerdir. Bu merkezler metalik iletkenler yardımı ile birbirlerine seri ve paralel bağlanarak panelin toplam gücü elde edilmektedir.</p> |
| <p>2 Güneş paneli camı, panelin dış katmanıdır ve panelin daha iyi performans vermesi için sağlam ve parlak olmalıdır. Güneş hücrelerini sert hava koşullarından, kir ve tozdan korumaktadır.</p> | <p>5 Arka koruma tabakası en arka katmandır ve hem mekanik koruma hem de iç devrelere dış ortam için elektriksel yalıtım sağlamaktadır.</p> |
| <p>3 Enkapsülant, panelin belirli parçalarını bir araya getirerek mekanik bütünlük sağlamaktadır. Aynı zamanda güneş hücrelerinin elektriksel izolasyonunu da gerçekleştirmektedir ve dışarıdan gelen darbelerin etkisini azaltmaktadır.</p> | <p>6 Panelleri birbirine bağlamayı sağlayan bağlantı kutusu, güneş panelinden çıkan tüm elektrik uçlarını bir panel üzerinde toplayarak onları çevreden korumaktadır. Ayrıca, güneş panelinde üretilen doğru akımın (DC) iletildiği aksamdır.</p> |

Şekil 3. 4: Bir Monokristal Güneş Panelinin Katmanları

Kaynak: REWS, 2024

3.4. Güneş enerji Santrallerinde Kullanılan Malzemeler

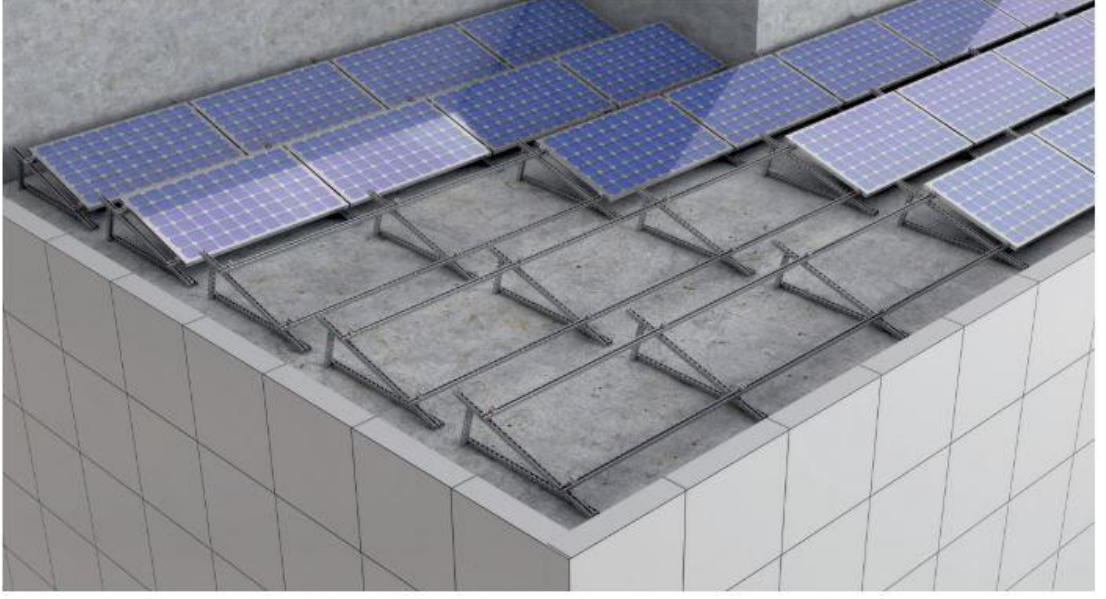
3.4.1. Konstrüksiyon Sistemi

Taşıyıcı sistem olarak adlandırılan sistemler güneş enerji sistemlerinin uygulanacağı yere göre uygun şekilde seçilerek kullanılır, ürünlerin hafif ve modüler olması ve kullanılacak panellerle uyumlu olması önemlidir. Çatı tiplerine ve arazi durumuna göre oldukça değişiklik gösteren panel konstrüksiyon çeşitleri bulunmaktadır. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da arazi ve çatı konstrüksiyon sistemleri için örnekler bulunmaktadır.



Şekil 3. 5: Arazi Tipi Konstrüksiyon Sistemine Bir Örnek

Kaynak: www.eae.com.tr, 2024

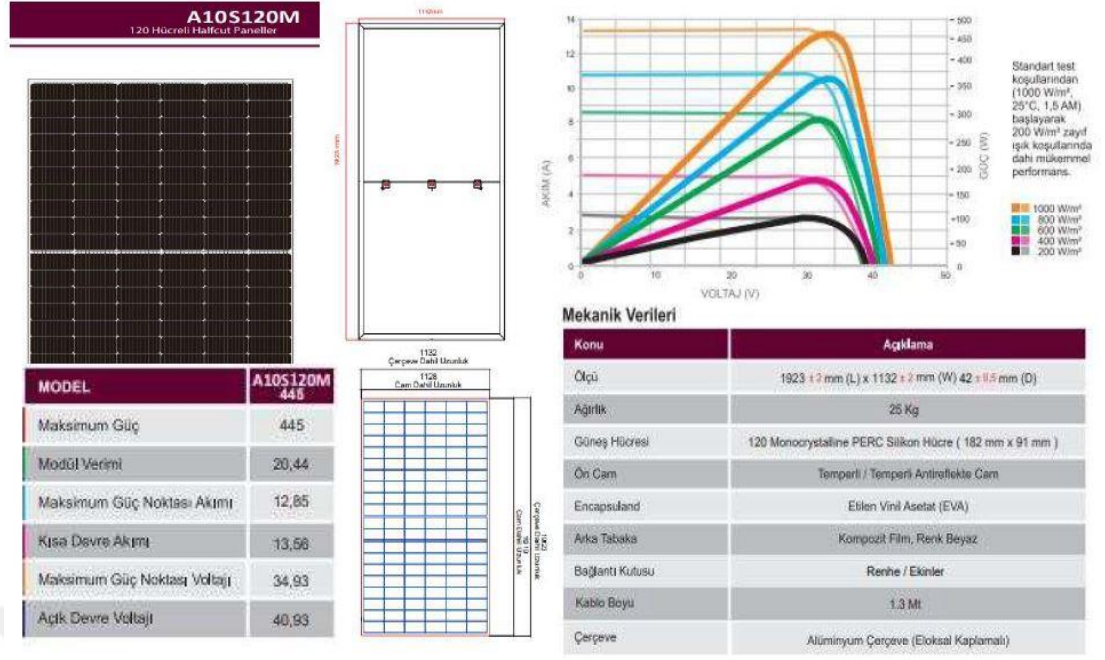


Şekil 3. 6: Çatı Tipi Konstrüksiyon Sistemine Bir Örnek

Kaynak: www.eae.com.tr, 2024

3.4.2. Güneş Paneli

Güneş panelleri yani fotovoltaik paneller her geçen gün gelişimini sürdüren bir malzemedir. Gerek boyut gerek güç gerekse verim olarak sektörel teknolojik iyileştirmeler her geçen gün devam etmektedir. Günümüzde güncel ve yaygın olarak kullanılan panel çeşitleri aşağıda Şekil 3.7’de katalog değerleri ile birlikte gösterilmiştir.

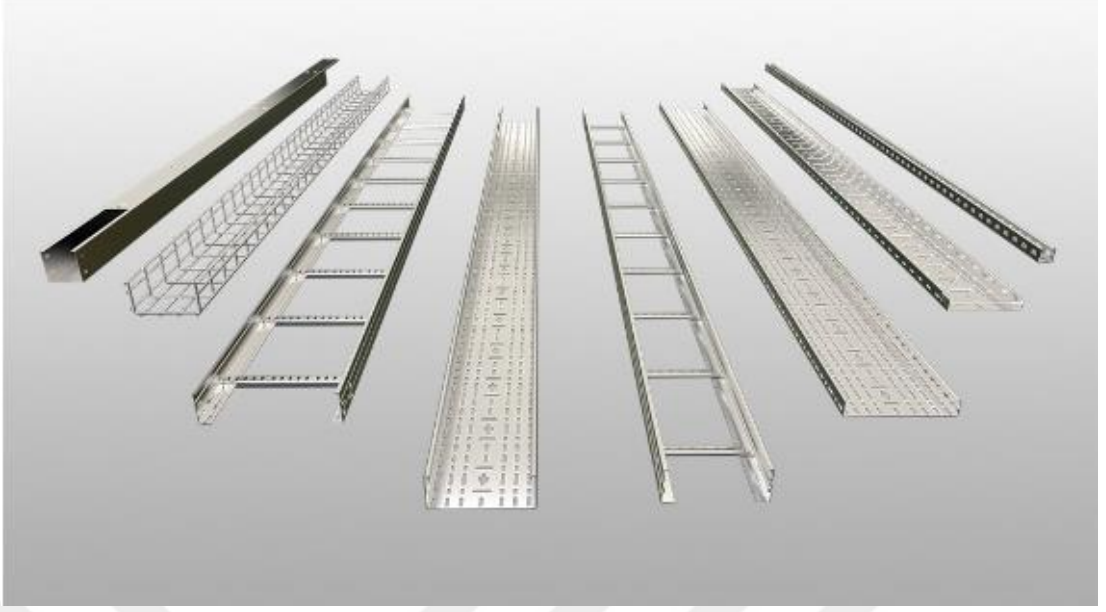


Şekil 3. 7: Güneş Paneli ve Teknik Özelliklerine Ait Katalog Sayfası

Kaynak: Güneş Dükkan, 2024

3.4.3. Kablo Kanalları

Kablo kanalları kurulan santrallerin harici ortamda sürekli güneş ışığına ve atmosferik şartlara maruz kalacağından sıcak daldırma olarak kullanılır, projelendirme aşamasında boyutları belirlenir ve uygulama için temini bu projeye göre yapılır, uygulamada tüm ek ve dönüş elemanlarının orijinal ve modüler olmasına dikkat edilir, tüm kanallar devreye alma sonrası kapakları ile kapatılır, Şekil 3.8’de malzeme örnekleri gösterilmiş olup en fazla kullanılan çeşitleri seçilmiştir.



Şekil 3. 8: Çeşitli Tiplerde Kablo Kanalları

Kaynak: EAE Elektrik, 2024

3.4.4. Kablolar

Güneş enerji santrallerinde kullanılan kablolar alternatif akım ve doğru akım kabloları olarak iki kısma ayrılmaktadır, doğru akım kabloları güneş sistemlerine uygun olarak güneş ışığına maruziyete dayanıklı şekilde üretilmektedir, alternatif akım kabloları ise normal elektrik tesisatlarında kullanılan malzemeler ile aynıdır.

3.4.5. Topraklama Ekipmanları

Güneş santralının üretime başlamasıyla birlikte tesisin ve kullanıcıların güvenliği açısından topraklama sisteminin standartlara uygun olarak imal edilmesi ve devreye alınması çok önemli ve kritik bir aşamadır. Sektör gerek malzeme gerekse uygulama açısından ne yapması gerektiğini nasıl yapması gerektiğini belli standartlar ışığında bilmektedir. Tesisin çalışması için topraklama sisteminin belirlenen eşik değerleri sağlayarak testlerden geçmesi resmî kurumlarca kontrol edilir ve gerekli olurlar alınmazsa tesis devreye alınamaz. Gerek çatı gerekse arazi uygulamasında kullanılan yöntemler ve gerekli malzemeler Şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3. 9: Çeşitli Topraklama Malzemeleri

Kaynak: OSTİM, 2023

3.4.6. Elektrik Panoları ve Eviriciler

Bir güneş santrali tasarlanırken arazi boyutu, güneş açısı, çatı boyutu ve eğimi gibi parametlerle ilgili simülasyon programı kullanılarak projelendirme ve fizibilite çalışmaları yapılır. Çalışma sonunda kullanılacak panel sayısı ve panel yerleşimine göre elektriksel güç ve kapasite ortaya çıkar, bu kapasiteye göre gerekli evirici adeti ve yerleri ile gerekli elektrik panoları ihtiyaçları belirlenir. Her projenin kendine has malzeme seçimi gerekebilir, ancak her ne kadar projenin büyüklüğü ve gücü değişse de temel olarak evirici ve pano ihtiyacı kesinlikle vardır. Proje tipi, büyüklüğü, uygulama yeri ve diğer değişkenler göre ihtiyaç bulunan malzemelere ait veriler Şekil 3.10'da olduğu gibi kullanılır ve uygulanır.



Şekil 3. 10: Pano ve Evirici Saha Uygulama Fotoğrafi

Kaynak: Araştırmacı tarafından çekilmiştir

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SÜREÇLER VE RİSK ANALİZLERİ

4.1. Çatı Tipi Güneş Santralleri

Çatı tipi güneş santralleri son on yıllık dönemde teknolojik gelişmeler ve kullanımın yaygınlaşması sebebi ile oldukça rağbet gören bir yenilenebilir enerji uygulamasıdır. Temel olarak bina veya yapıların çatılarına güneş panellerinin gerekli ve uygun yardımcı komponentler vasıtası ile kurulması ve panellerin yakaladığı güneş ışığını elektrik enerjisine çevirmesi prensibi ile çalışmaktadır. Çatı tipi santraller günümüzde ev, işyeri, fabrikalar, depo binaları, otoparklar, alışveriş merkezleri gibi çeşitli binaların çatılarına kurulabilir.

Bölüm 3.3’de yapısı ve çalışma prensibini tanımladığımız güneş panelleri üzerindeki fotovoltaiik hücreler sayesinde ürettiği DC elektriğın eviriciler sayesinde AC ye çevrilmesi sonucu binanın veya yapının elektrik şebekesine bağlanarak kullanıma hazır hale gelir. Yatırım maliyetinin kısa sürede geri kazanılarak maddi avantaj sağlamasının yanında en büyük avantajları enerji kaynaklarının sürdürülebilir hale getirilmesi ve çevre dostu olmasıdır.

Temizlik ve rutin kontroller dışında ağır bakım gerektirmeyen bu sistemler işletme kolaylığı sayesinde her alanda kullanılmaktadır.

Çatı tipi santrallerin verimli olarak kullanılabilmesi ve maksimum enerji üretebilmesi için projelendirme aşaması oldukça önemlidir. Fizibilite çalışmaları esnasında panel yerleşiminin çatıya en uygun açıda yerleştirilmesi ve gölge faktörlerinin göze alınması gerekir. Bunun yanında montaj sistemi ve çatıya getireceği ilave sistem yükü dikkate alınmalı ve sistem bu prensipler doğrultusunda tasarlanmalıdır.

Çatı planlaması sonrasında enerjinin eviriciler vasıtası ile şebeke enerjisine çevrilmesi ve mevcut sisteme aktarım noktası da planlanmalıdır. Kullanılacak alanlar belirlenmeli yapının sağlıklı kullanım yapısına zarar vermemeli ve sistem elektrifikasyon anlamında mevcut yapı ile entegre olarak çalışmalıdır. Bakım ve arıza durumlarında ulaşılabilir ve tehlikeden uzak alanlar seçilmelidir.

Çatı Tipi Güneş Enerji Santralleri, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayarak doğal kaynakların korunması, temiz hava ve su sağlanması gibi

önemli çevresel faydalara vesile olur. Bu da hem bireysel hem de toplumsal düzeyde daha yaşanabilir bir çevre oluşturulmasına yardımcı olur (Besbey Enerji, 2022).

4.2. Arazi Tipi Güneş Santralleri

Arazi tipi güneş enerji santralleri geniş araziler üzerine kurulan ve güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürerek elektrik üreten sistemlerdir. Belirlenen arazide oluşturulan metal veya beton konstrüksiyon üzerine koyulan güneş panellerinin güneş ışığını emerek elektrik enerjisine çevirmesi prensibi ile çalışır. Büyük ölçekli arazi güneş santralleri proje tasarım aşaması itibarı ile değerlendirilmesi gereken faktörler açısından çatı tiplerine göre bazı farklılıklar göstermektedir. Yatırım maliyetini etkileyen en önemli unsurlardan birisi de mevcut şebeke sistemine yakınlığıdır.

Santralden üretilen enerji mevcut ulusal şebeke sistemine bağlanarak üretim sağlanır. Sistem entegrasyonu santralin büyüklüğü, coğrafi konumu ve ulusal şebekenin durumuna bağlı olarak değişebilir. Sisteme verilen elektrik enerjisinin anlık olarak ulusal şebekeyi beslemesi kurulu güce önemli düzeyde katkı sağlamaktadır.

Güneş santrallerinde üretilen enerji fosil yakıtlara bağımlılığı azaltır ve üretim maliyetlerini düşürür. Bu avantajlar her geçen gün güneş santralleri kurulumunu cazip hale getirmektedir ve yaygınlaşmasına sebep olmaktadır.

Arazi tipi bir güneş santrali kurulurken fizibilite aşaması uzmanlık gerektiren bir çalışmadır. Arazi seçimi ve açısı ile ulusal şebekeye yakınlık dikkate alınmalı ve yerel yönetim teşvikleri değerlendirilmelidir. Santralin üretim kapasitesi kurulacağı alanın büyüklüğü ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Coğrafi konum ve verimlilik parametreleri ise projenin geri dönüşüm süresini ve karlılığını etkileyen faktörlerdir.

Enerji üretimi ve kapasite, bir arazi tipi güneş enerji santralinin ne kadar elektrik üretebileceğini ve enerji ihtiyacını ne kadar karşılayabileceğini belirleyen önemli faktörlerdir. Bölgesel güneşlenme süresi ve yoğunluğu, enerji üretimini etkileyen temel faktördür. Daha fazla güneş ışığı, daha fazla enerji üretimi anlamına gelir. Enerji üretimi, birçok faktörün etkileşimi sonucu belirlenir ve genellikle bir yıl içindeki toplam enerji üretimi olarak ifade edilir. Enerji üretim miktarı, güneşlenme süresi, panellerin verimliliği, konumlandırma ve diğer etkenlere bağlı olarak değişir. Arazi tipi güneş

enerji santralleri genellikle büyük kapasiteli projelerdir ve yüzlerce kilovat ila megavat arasında güç üretebilirler. Enerji üretimi, yerel enerji ihtiyacına ve tesisin büyüklüğüne bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Enerji üretimi ve kapasite, arazi tipi güneş enerji santralının ne kadar verimli ve etkili olduğunu gösterir. Doğru planlama, teknoloji seçimi ve düzenli bakım ile bu santrallerin yüksek düzeyde enerji üretimi sağlaması mümkündür (Besbey Enerji, 2022).

4.3. Kurulum ve Devreye Alma Aşamaları

Kurulacak olan güneş enerji santralının uygulama ve devreye alma aşamalarında oluşabilecek iş güvenliği risklerini İş Emniyeti Analizi yöntemi ile tespit edeceğimize göre adı geçen uygulamanın her bir adımını da tarif etmemiz kaçınılmazdır. Gerek arazi gerekse çatı uygulaması olsun bazı süreçler birbirinin hemen hemen aynısı da olsa bir hem çatı hem de arazi uygulamaları için iş adımlarını ayrı ayrı değerlendireceğiz. Örneğin çatı tipi uygulamalarda iş programına alınmayan ve herhangi bir ihtiyaç bulunmayan kazı işleri arazi tipi uygulamalarda dikkate alınmak zorundadır, yine bunun gibi çatı tipi santraller mevcut bir binaya entegre edildiğinden ilave bir güvenlik düzeneği gerektirmezken arazi tipi uygulamaların çevre çiti ve kamera sistemiyle korunması mecburiyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablo 1’de ve Tablo 2’de proje ve resmi izin süreçleri tamamlanmış kabul edilen çatı ve arazi tipi santrallere ait iş kısımlarını ve ihtiyaç olan T sürelerini belirten imalat programlarına ait iş adımları bir sonraki bölümde her biri alt kısımlarla detaylandırılarak analiz aşamasına geçilecek şekilde belirtilmektedir. Tablo 1 ve Tablo 2 bizlere İş Emniyeti Analizi yapılırken detaylandırılması gereken adımları belirtmektedir.

Tablo 4. 1: Çatı Tipi Güneş Enerji Santrali Örnek Kritik Yol Tablosu

	AÇIKLAMA	ÇATI GES KRİTİK YOL PLANI							
		T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
MONTAJ	KONSTRÜKSİYON								
	PANEL								
	INVERTER								
	KABLO TAVASI								
	DC KABLO								
	GES PANO								
	AC KABLO								
	TOPRAKLAMA								
	ENERJİLENDİRME	ENERJİLENDİRME VE TESTLERİ							
	GEÇİCİ KABUL								

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 4. 2: Arazi Tipi Güneş Enerji Santrali Örnek Kritik Yol Tablosu

	AÇIKLAMA	ARAZİ GES KRİTİK YOL PLANI													
		T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
MONTAJ	TEL ÇİT														
	MOBİLİZASYON														
	KONSTRÜKSİYON														
	PANEL														
	EVİRİCİ VE PANO MONTAJLARI														
	DOĞRU AKIM KABLoları														
	ALTERNATİF AKIM KABLoları (KAZI, KUMLAMA, ŞERİT ÇE														
	TOPRAKLAMA VE YILDIRIMDAN KORUMA														
	GÜVENLİK TEDBİRLERİ														
	TEST VE DEVREYE ALMALAR	ENERJİLENDİRME VE TESTLERİ													
	RESMİ İŞLEMLER KABULLER ONAYLAR														

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4. İş Emniyeti Analizleri

Bir projenin sahada uygulanmasına ilişkin İş Emniyeti Analizi yöntemi ile İSG güvenliğinin sağlanmasıyla ilgili olarak temel prensibin işin her adımını alt adımlara bölmek olduğunu belirtmiştik. Güneş enerji santrallerinde temel iş adımlarını Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de detaylandırmıştık. Geldiğimiz noktada bir güneş santrali kurulurken çatı ve arazi için ayrı ayrı olarak alt iş adımlarını bu işlere ait riskleri ve bu risklere karşı alınacak tedbirleri analiz etmeye başlayacağız. Adı geçen analizleri yaparken temel prensip olarak her bir iş kırılım aşamasının alt kırılımlara her bir montaj aşaması için bölünmesi ve risk ile bu riske ait önlemin belirlenmesi yolu izlenecektir. Gerek çatı gerekse arazi tipi olsun her iki santral tipinde de aynı riskleri taşıyan montaj uygulamaları bulunmaktadır. Bu süreçler ortak olarak değerlendirilecek böylelikle tekrardan kaçınılmış olacaktır.

4.4.1. Çatı Tipi Güneş Santrallerinde İş Emniyeti Analizi

Çatı tipi güneş santralleri kurulum aşamaları ana kırılım olarak yedi adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar her biri kendi içinde detaylandırılarak tablolar oluşturulacak ve tüm adımların sonunda bir santralin ilk adımından son adımına kadar tüm riskler değerlendirilmiş olacaktır. Ana kırılımlara ait adımlar sırasıyla; Ön hazırlık aşaması, konstrüksiyon işleri, panel montajları, kablo kanalları montajları, topraklama uygulamaları, pano ve evirici montajları, elektriksel bağlantılar ile sonlandırma işlemleridir.

4.4.1.1. Ön Hazırlık Aşaması

Bu aşamada artık imalata ve kurulumla başlanacak işe ait malzeme temini, depo alanı ayarlanması, gerekli izinlerin alınması, yükleme ve malzeme indirilirken dikkat edilmesi gereken unsurlar detaylıca incelenecektir. Bu sürecin önemli kısmı sahaya malzeme geldikçe sürecin yeniden kontrol edilmesi gerektiğidir, zira her alt adım başlangıcında malzeme temini ve malzeme indirme yükleme işlemleri tekrarlanacaktır. Tablo 4.3 ilgili tüm iş adımlarını, bu adımlara ait riskleri ve bu risklere karşı alınması gereken önlemleri detaylıca izah etmektedir.

Tablo 4. 3: Ön Hazırlık Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (ÖN HAZIRLIK)				
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Depolama Alanı Şantiye Sahası	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Çalışma Alanına Malzeme Transferi ve Hazırlık	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI		OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Geçici depo alanına malzemenin getirilmesi	1	Trafik kazası	1. Çalışanların görev tanımlarını kayıt altında belirle.
2	Uygun görülen alana malzeme transferi ve indirilmesi	2	Yaya ve araç trafiği	2. Stok alanını proje üzerinde belirle ve işverene onaylat.
3	Stok alanının belirlenmesi ve teslim alınması	3	Görev tanımı belli olmaması	3. Belirlenen alanı boş ve temiz teslim al.
4	Malzemelerin stok alanına tır ile nakliyesi			4. Tır sahaya giriş prosedürünü tamamla.
5	Malzemelerin tır üstünde kontrolü ve teslim alınması			5. Tır girişi için refakatçi gönder

			6. Tırı içeri al ve belirlenen güzergahtan depo alanına getir.
			7. Tırı belirlenen alanda güvenli şekilde konumlandır.
			8. Tırın imdat frenini çek.
			9. Tırın imdat freninin çekildiğini kontrol et.
			10. Tırın hareket etmesini önlemek amacıyla takozla ve kontrol et.
6	Vincin depo alanına alınması	1	Trafik kazası
			1. Vinç için sahaya giriş prosedürünü tamamla.
7	Vincin kurulması	2	Yaya ve araç trafiği
			2. Vinç girişi için refakatçi gönder
		3	Vincin yatması
			3. Vinci içeri al ve belirlenen güzergahtan belirlenmiş depo alanına getir.
			4. Vinci belirlenen alana güvenli şekilde konumlandır
			5. Vinç imdat frenini çek ve kontrol et.
			6. Vincin hareket etmesini önlemek için takozla.
			7. Vincin ayaklarını aç ve takoz üzerine bindir.
			8. Durumu göz ile kontrol et.
			9. Vincin tüm fonksiyonlarının çalıştığını teyidini al.
			10. Etrafı gözlemlen ve ilgisiz kişileri uzaklaştır.
8	Vinç ile malzeme indirilmesi	1	Trafik kazası
			1. Sapanları gözle kontrol et.
9	Zeminde sapanların vinç kancasına bağlanması	2	Yaya ve araç trafiği
			2. Sapanların vinç kancasına tam oturduğunu kontrol et.
10	Sapan bağlantılarının yapılması	3	Malzeme düşmesi veya devrilmesi
			3. Operasyon alanında kimseyi bulundurma ve başka bir operasyon yaptıрма.
11	Malzemelerin uygun alana indirilmesi	4	Etrafta insan bulunması
			4. Vincin denge ayaklarını aç.
12	Malzemelerin uygun istiflenmesi	5	Taşıma kapasitesinin aşılması
			5. İşaretçi ile indirme operasyonu için vinç operatörünün malzemeleri zemine indirmesini yönlendir.
		6	Vinç ayaklarının dengesiz olması
			6. Fabrika içerisinde hız sınırlarına ve trafik kurallarına uy.

		7	Vincin yatması	7. Vinci giriş yapılan güzergahtan dışarı çıkar. 8. Araç kullanırken emniyet kemeri tak. 9. Fabrika içerisinde hız sınırlarına ve trafik kurallarına uy. 10. Vinci giriş yapılan güzergahtan dışarı çıkar.
13	Forklift ile malzeme indirilmesi	1	Malzemenin düşmesi	1.Forkliftin taşıma kapasitesini öğren ve yük ile eşleştir.
14	Malzemelerin uygun alana indirilmesi	2	Malzemenin devrilmesi	2.Paleti düz bir zemine indir.
15	Malzemelerin uygun istiflenmesi	3	Taşıma kapasitesinin aşılması	3.Operasyon alanında kimseyi bulundurma ve başka bir operasyon yaptırma.
16	Malzemelere ulaşımın engellenmemesi	4	Forkliftin periyodik kontrolünün olmaması	4. Forkliftin bıçaklarını paletin deliklerine yerleştir, tam kavrayacak kadar içine girsin ve kaldırıp ilgili alana götür.
17	Öncelik sırasına dikkat edilmesi			5.Malzemenin düzgün istiflenmesine dikkat et. 6.Malzemenin başka bir malzemenin taşınmasına engel olmadığından emin ol. 7.Malzemeler arası yaya yolu bırak. 8.Bozulan yırtılan ambalajların tespitini yap sorumlusuna bildir. 9.İş programına göre dizilim şartlarını kontrol et. 10.Hava şartlarında etkilenecek malzemeler için gerekli tedbirleri al.
18	Paletli malzemelerin belirlenen alanlara dağıtılması	1	Malzeme devrilmesi	1.İş emniyet analizi talimatlarına uyarak taşımayı yap.
19	Makaralı malzemelerin belirlenen alanlara dağıtılması	2	Ergonomi	2.Malzemeleri acil çıkış güzergahlarına koyma
20	El aletleri ve güvenlik cihazlarının çalışma alanına taşınması	3	Uzuv yaralanmaları	3.El aletlerini kontrol et gerekirse uygunluk onayı al.

21	Çalışma alanı elektrik temini ve güç kaynaklarının yerleştirilmesi	4	Takılma veya düşme	4.Belirlenen en yakın enerji kaynağından çıkış yap.
		5	Elektrik tehlikesi	5.Takılma ve düşmeye sebebiyet vermeyecek şekilde iletimini yap.
				6. Her enerji kaynağına üzerinde bulunan priz kadar fiş bağla.
				7.Çogaltma kabloları ile 3 makinaya kadar çalıştır. Harici kablo ile direk bağlantıdan kaçın.
				8.Panolar üzerine uygun uyarı levhalarını yerleştir.
9. Ana işverenden iş izinlerini ve çalışma onayını al. İzin almadan çalışmaya başlama.				
10. Ana işverenden iş izinlerini ve çalışma onayını al. İzin almadan çalışmaya başlama.				

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.1.2. Konstrüksiyon Kurulumu

Konstrüksiyon montaj aşaması çatı tipi güneş santrali montajının ilk aşamasını oluşturmaktadır. Gerekli çalışma izinleri alındıktan sonra proje detaylı incelenerek işaretleme aşaması ile çalışmaya başlanır, işaretleme çalışması tamamlandıktan sonra ilgili elemanlar monte edilmeye başlanır. Montajın her aşaması için karşılaşılabilecek her türlü risk ve alınması gereken tedbirler Tablo 4.4'te belirtilmiştir. Montaj bittikten sonra artan malzemelerin tekrar malzeme stok alanına sevki için ise Ön hazırlık aşaması bölümündeki malzeme indirme prosedürü uygulanır.

Tablo 4. 4: Konstrüksiyon Kurulum Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (KONSTRÜKSİYON)			
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Çatı Alanı
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Çalışma Alanına Konstrüksiyon Montajı
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Çatıda konstrüksiyon montajı için metre, kalem ve çalışma uygulama noktası belirleme	1 Yüksekten düşme	1. Hava şartlarının uygunluğunu kontrol et.

2	Proje üzerinden alınan verilerle saha üzerinde şeritmetreyle ölçü alınması	2	Kimyasal teması	2. Yukarıya çıkarken ve inerken dikkatli ol, bina merdiven platformunun korkuluklarından tutun.
3	Çatıda en az 2 personel ile şerit metreyle ölçü alınması	3	Ergonomi	3. Parapet kenarlarına gidileceği durumlarda yaşam hattına bağlı emniyet kemeri kullan.
4	Alınan ölçüler neticesinde çatı üzerinde işaretleme yapılması	4	Uzuv yaralanmaları	4. Uzun süre aynı pozisyonda çalışma ve doğrulma esnasında ani hareketlerden kaçın.
5	Asetatlı kalem veya spreyci boya ile işaretleme yapılması	5	Göze kimyasal kaçması	5. Spreyci boyaya ait güvenlik bilgi formu konusunda çalışanlarını bilgilendir.
		6	Güvenlik bilgi formunun olmaması	6. Spreyci boya ile yapılacak çalışmalarda iş gözlüğü ve iş eldiveni kullan.
		7	Alanda yangın tüpünün olmaması	7. Spreyci boya kutuları boşaldığında bertaraf kuralına uygun atık noktasına bırak.
				8. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
				9. EN 166/EN 170 gözlük kullan
				10. Yangın tüpü veya battaniyesi bulundur. (TSE sertifikalı yanmaz)
6	Çatıya alınan konstrüksiyon paketlerinin açılması	1	Ergonomi	1. Malzemenin arkasını destekle
7	Çatıya alınan konstrüksiyon malzemesinin paketini insan gücüyle aç	2	Takılma veya düşme tehlikesi	2. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
8	Çatıya alınan konstrüksiyon malzemesini maket bıçağı ile aç	3	3. Uzuv yaralanması	3. Çalışma sahasında döner kısımlara kapılacak saat kolye vb. kullanma
9	Çatıya alınan malzemelerin insan gücüyle taşınarak ilgili alanlara dağıtılması			4. EN 166/EN 170 gözlük kullan
10	Malzemeleri insan gücüyle taşı			5. Acele etmeden malzemeleri taşı ve 25 kg'dan fazla yük taşıma. (Tavaları tek tek taşı)
				6. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
				7. Kolları sarkık kıyafetler bol elbiseler giyme

11	Çatıya alınan malzemeleri el arabası ile ilgili alanlara dağıtılması	1	Uzuv yaralanması	1. Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
12	Malzemeleri insan gücüyle el arabasına aktar.	2	Eğilerek işin yapılması	2. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
13	Malzemeleri lastik tekerli el arabası ve insan gücü ile ilgili alana taşı	3	Malzeme düşmesi veya devrilmesi	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
14	Malzemelerin daha önceden işaretlenmiş alanlara ser	4	Ergonomi	4. Dizlik kullan
15	Serilen malzemeleri personeller ile montaja uygun alanlara yerleştir.	5	Elektrikli el aletleri kullanılması	5. El aletleri ve elektrikli el aletleri konusunda çalışmaya başlamadan önce personele eğitim ver
16	Konstrüksiyon montajının yapılması	1	Uzuv yaralanması	1.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
17	Malzeme montajı öncesi ip, misine, derz çubuğu, bant, metre, vb. ekipmanlarla dengeye alma (hizalama) işleminin yapılması.	2	Eğilerek işin yapılması	2.EN 166/EN 170 gözlük kullan
18	Alt rayı daha önceden hazırlanmış profil üzerine yerleştir şarjlı matkap ve İngiliz anahtarıyla somon civatayı sık montajı tamamla	3	Malzeme düşmesi veya devrilmesi	3.Taşıma işi esnasında 25 kg'dan fazla yük taşıma.
19	Ön kısa ayağı daha önceden hazırlanmış profil üzerine yerleştir şarjlı matkap ve İngiliz anahtarıyla somon civatayı sık montajı tamamla	4	Takılma veya düşme tehlikesi	4. Dizlik kullan
20	Arka uzun ayağı daha önceden hazırlanmış profil üzerine yerleştir şarjlı matkap ve İngiliz anahtarıyla somon civatayı sık montajı tamamla	5	Yerin belli olmaması nedeniyle malzemelerin çalışma alanını kısıtlaması	5. İş eldiveni kullan.
21	Üst aşığı daha önceden hazırlanmış profil üzerine yerleştir şarjlı matkap ve İngiliz anahtarıyla somon civatayı sık montajı tamamla	6	Torkmetre sıkma değerlerine uyulmaması	
22	Tamamlanan montajın kontrolünü torkmetre ve el ile yap			

23	Montaj sonunda genel temizliğin yapılması	1	Malzeme düşmesi veya devrilmesi	1.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
24	Açılan paketlerin kartonlarını topla ve düzgünce bağlayarak uygun bir alana istifle	2	Takılma veya düşme tehlikesi	2.EN 166/EN 170 gözlük kullan
25	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvala doldur ve uygun alana istifle	3	Yerin belli olmaması nedeniyle malzemelerin çalışma alanını kısıtlaması	3.Taşıma işi esnasında 25 kg'dan fazla yük taşıma.
26	Saha üzerinde artan malzemeleri insan gücüyle topla ve uygun alana istifle			4. Dizlik kullan
27	Sahada bulunan montaj esnasında oluşmuş çöpleri çuvallara topla ve uygun bir alana istifle			5. İş eldiveni kullan.
28	Artan panelleri palet üzerine diz uygun şekilde bağla ve uygun bir alanda istifle			

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.1.3. Güneş Panelleri Kurulumu

Konstrüksiyon montajının tamamlanmasının ardından süreç güneş panellerinin yapılan konstrüksiyon üzerine montajı ile ilerlemektedir. Güneş panelleri bir güneş santralinin en önemli malzemesidir. Konstrüksiyon sisteminin detaylarına göre kullanılacak güneş paneline ait yardımcı malzemelerin adet ve tipi kontrol edilmeli ve üretici firmadan uygunluk onayı alınmalıdır. Panel montajı tamamen ürünün kullanım ve montaj talimatına uygun şekilde yapılmalı gerekirse işin başlangıcında üretici firmadan destek alınmalıdır. Panel montajı esnasında ve sonrasında İSG açısından karşılaşılabilecek riskler ve bu risklere ait tedbirler Tablo 4.5'te detaylandırılmıştır.

Tablo 4. 5: Güneş Panelleri Kurulum Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (GÜNEŞ PANELİ MONTAJ)				
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Projenin Uygulanacağı Yapının Çatı Alanı	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Güneş Panellerinin Montajı	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER		ALINACAK ÖNLEMLER
1	Çatıya alınan panel paketlerinin maket bıçağı veya kesici aletle açılması	1	Panelin devrilmesi	1. Panelin arkasının destekle
2	Açılan her bir panelin 2 kişi ile taşınması	2	Uzuv sıkışması	2. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
3	Açılan panellerin palet yardımıyla konstrüksiyona yerleştirilip sabitlenmesi	3	Uzuv yaralanması	3. Korumalı maket bıçağı veya korumalı kesici alet kullan.
4	Montajı yapılacak panellerin sabitleme elemanı ve somun civata ile konstrüksiyon üzerine sabitlenmesi	4	Hatalı montaj	4. Kesici aletlerle çalışmalarda ve elle taşımalarda ekibin eğitilmiş olduğundan emin ol
5	Montaj sonunda el ile montaj sağlamlığının kontrol edilmesi.	5	Malzeme düşmesi	5.Panelleri teker teker taşı ve tek kişi 25 kg'dan fazla yük taşıma
		6	Ergonomi	6.Paneli iki kişi tutarak dengele
		7	Takılma veya düşme	7.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
				8.Proje uygunluğunu her 10 panelde bir kontrol et.
				9.Ani hareketlerden kaçın.
6	Yerleştirilen panellerin kablo bağlantılarının yapılması	1	Uzuv sıkışması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.

7	Kabloların projede belirtilmiş şekilde dizi bağlantılarının yapılması	2	Panelin zarar görmesi	2. Dizlik kullan
8	Panelden açılan kablo uçlarında ki artı ve eksi uçlu konektörleri bir diğer panelin artı ucu ile eksi ucunu birleştirerek seri bağlantının sürdürülmesi	3	Eğilerek çalışma sonucu ergonomik problem	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
9	Dizisi tamamlanmış panellerden çıkan artı ve eksi uçların yağmurdan izole edilmesi	4	Kabloların oksitlenmesi	4.Kablo uçlarını özel aparatı ile izole et.
10	Ambalaj atıklarının toplanması ve bir alana istiflenmesi	1	Uzuv yaralanması	1. EN 166/EN 170 gözlük kullan
11	Geri dönüşüm için uygun malzemelerin ayrılması	2	Eğilerek çalışma sonucu ergonomik problem	2. Taşıma işi esnasında 25 kg'dan fazla yük taşıma.
		3	Malzeme düşmesi	3. Dizlik kullan
		4	Takılma veya düşme	4. İş eldiveni kullan.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.1.4. Kablo Kanalları Montajı

Çatı alanında konstrüksiyon ve panel montajlarının tamamlanmasının ardından sıra projeye ait kabloların çekilebilmesi ve evirici ile pano montajlarının yapılabilmesi için kablo kanalları montajına gelmektedir. Kablo kanallarının bundan önceki iş kalemlerine göre en temel farkı hem çatıda hem de bina yüzeyinde ve belirlenen pano alanında yapılacak olmasıdır. Dolayısı ile risk ve önlemler daha fazladır ve detaylandırılması gerekir. Çatı alanında yapılacak kablolanmanın ilgili evirici ve panolara ulaştırılabilmesi için gerekli olan bu iş kalemi zayıf akım kablolanması ve kuvvetli akım kablolanması için gereklidir ve çatı alanından eviricilere kadar olan kablolanma işlemine doğru akım (DC) kablolanması, evirici çıkışından panoya kadar olan kısım ise Alternatif akım (AC) kablolanması adı verilir. Kablo kanalı montajında

emek yükü konstrüksiyon ve panel montajına nazaran daha fazladır. Projenin bu adımına ait risk analizi ve gerekli tedbirler Tablo 4.6’da detaylı olarak belirtilmiştir.

Tablo 4. 6: Kablo Kanalları Montajı Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (KABLO KANALLARI)			
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Çatı ve Pano Alanı
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Çatı ve Pano Alanı Kablo Kanalları Montajı
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Çatıya alınan malzemelerin paketinin maket bıçağı veya kesici aletle açılması	1 Malzeme düşmesi devrilmesi	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
2	Açılan malzemenin taşınarak ilgili alanlara dağıtılması	2 Takılma ve düşme	2. Sprey kullanımında rüzgârı arkana al, solunum koruyucu kullan.
3	Açılan malzemenin daha önceden işaretlenmiş alanlara serilmesi	3 Uzun yaralanması	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
4	Kablo kanallarının somun civatalar ile birleştirilmesi	4 Göze çapak kaçması	4. Ani hareketlerden kaçın
5	Malzemenin yardımcı elemanlarla birleştirilmesi	5 Yangın çıkması	5. Yangın söndürme tüpü bulundur.
6	Genişlik ve yön değişimlerinde belirlenen alanda el aleti ile kesme işlemi yapılması	6 Teknik uygunsuzluk	6. Zeminin düz ve sağlam olduğunu kontrol et.
7	Kesme işlemi sonrasında malzemenin kesilen alanına galvaniz boya ile boyama işlemi yapılması	7 Projeye uygunluk	7. Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.

8	Kablo kanalının sabitlenmesi			8.Elli adet montajdan sonra projeyi kontrol et.
9	Sabitlenen malzemenin el ve göz ile kontrolünün yapılması			9.Kestiğin malzemeye boya sürdüğünden emin ol.
				10.Koruyuculu iş aleti kullan
10	Kanalların iniş noktalarında altından konsol ile duvara şarjlı matkap ve dübelle sabitlenmesi.	1	Malzeme düşmesi devrilmesi	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
11	Duvara konsolun yerleştirilmesi, deliklerine dübelin çakılarak ya da matkapla sabitlenmesi.	2	Takılma ve düşme	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
12	Kanalların evirici sehplarına şarjlı matkap kullanılarak vida ile sabitlenmesi.	3	Uzuv yaralanması	3.Ani hareketlerden kaçın
13	Kanalların yatay ve düşeyde konsol üzerine sabitlenmesi	4	Teknik uygunsuzluk	4.Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
14	Konsol malzemesinin deliklerinden vidanın geçirilerek şarjlı matkap ile sabitlenmesi.	5	Projeye uygunluk	5.Koruyuculu iş aleti kullan
15	Tavanda kablo kanalı montajı yapılması	1	Yüksekten düşme	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
16	Tavanda işaretleme yapılması	2	Etrafta bulunan insanlara zarar gelmesi	2.Malzemeyi iki kişi tutarak dengele
17	Deliklerin delinmesi	3	Taşıma kapasitesinin aşılması	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
18	Dübel ve askı takımlarının montajı	4	Uzuv yaralanması	4.Merdiveni düz yüzeye sabitle, Merdiveni gözle kontrol et
19	Merdiven kullanılması	5	Boyun rahatsızlığı ve tutulma	5.Kullanımı onaylanmamış merdiven kullanma

20	Montaj esnasında anahtar ve matkap kullanılması	6	Teknik uygunsuzluk	6.Merdiven ile çalışırken aşağıda merdiveni tutacak personel bulundur.
21	Kablo kanallarının mevcut konsollara montajı	7	Projeye uygunluk	7.EN 361 Paraşüt tipi emniyet kemeri kullan, Kendini uygun ankraja sabitle
22	Sabitlenme ve kontrollerin yapılması			8.Şarjlı el takımı kullan
23	Kablo çekimi tamamlandıktan sonra kanal kapaklarının kapatılması	1	Yüksekten düşme	1. Taşıma işi esnasında 25 kg'dan fazla yük taşıma.
24	Kapak kelepçelerinin kanal kenarlarına montajı	2	Etrafta bulunan insanlara zarar gelmesi	2. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
25	İşlem sonunda artan kanal malzemelerinin ayrıştırılarak istiflenmesi	3	Taşıma kapasitesinin aşılması	3. Dizlik kullan
26	Geri dönüşüm alanına taşınması	4	Uzuv yaralanması	4. İş eldiveni kullan.
27	Kullanılan el aletlerinin ve merdivenin toplanması	5	Takılma ve düşme	5.Gün sonunda iş ve depo alanını gözle kontrol et kayıt altına al

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.1.5. Kablo Çekim İşleri

Kablo kanal montajlarının tamamlanmasıyla birlikte süreç artık kablo çekimlerinin başlatılması aşamasına gelmiştir. Kablo kanalları bölümünde kısaca bahsettiğimiz gibi bu aşama doğru akım veya zayıf akım kablolanması (DC) ve kuvvetli akım kablolanması (AC) olarak iki ana iş kaleminden oluşmaktadır. Panellerin ürettiği enerji eviricilere kadar doğru akım kablolanması ile taşınır, eviricide alternatif akıma çevrilen enerji bu aşamadan sonra evirici çıkışından itibaren alternatif akım olarak önce GES panosuna oradan da sisteme iletilir. Çatı alanında panellerden üretilen enerjiyi toplamak için kullanılan kablolanma aşaması dikkat gerektiren bir aşamadır. Bu aşamada hem tüm kablolanmalar projesine uygun yapılmalı hem de kanal içi düzen teknik standartlara uygun olmalı ve etiketleme hatasız yapılmalıdır. Evirici çıkışından

itibaren ise kuvvetli akım kablo çekim montaj işleri yine onaylı projesine ve teknik standartlara uygun şekilde yapılmalıdır. Bu aşamada yapılacak herhangi bir hata projenin devreye alınması ve enerji üretilmesi aşamasında ciddi sorunlar ortaya çıkaracağından imalatlar belli periyotlarla proje referanslı olarak kontrol edilmelidir. Teknik olarak üst düzey dikkat gerektiren bu aşamada İş Sağlığı ve Güvenliği açısından karşılaşılabilecek riskler ve bunlara ait alınması gereken önlemler Tablo 4.7’de her iş adımı için ayrı ayrı olmak üzere belirtilmiştir.

Tablo 4. 7: Kablo Çekimi Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (KABLO ÇEKİMİ)			
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Çatı ve Evirici ile Pano Alanları
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Gerekli Doğru Akım ve Alternatif Akım Kablolarının Çekilmesi
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Çatı doğru akım kablolarının çekilmesi	1 Makaranın yuvarlanması düşmesi	1. Makarayı takozla destekle
2	Çatıya alınan kablo paletlerinin el gücüyle açılması	2 İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	2. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
3	Kablo çekimlerinin insan gücüyle kanal güzergahlarında yapılması	3 Uzun yaralanmaları	3. Korunmalı maket bıçağı veya korunmalı kesici alet kullan.
4	Çekilen kabloların kesici alet ile kesilmesi	4 Yük taşıma kapasitesinin aşılması	4. Kesici aletlerle çalışmalarda ve elle taşımalarda ekibin eğitimlerini tamamla
5	Çekilen kabloların her iki ucuna da gerekli dizi numarasını silinmez asetat kalemle yazılması		5. Zeminin düz ve sağlam olduğunu kontrol et

6	Çekilen kabloları etiketlerin yapıştırılması.			6. Güzergâh köşe başlarında ve iniş noktalarında personel bulundur
7	Kabloların tavada nizami düzenlenmesi ve aynı bölgede olacak kabloların ayrılması			7. Kablo çekimi esnasında yüzünü çektiğin istikamete dön, çekim güzergahında malzeme olmadığını kontrol et
8	Kabloların reglaj amaçlı klipslenmesi			8. Malzemeyi dengeli çek. Ani hareketten kaçın.
9	Takılan klipslerin fazlalıklarının kesici alet ile kesilmesi			9. Makarayı döndüren ve diğer kablo çekenlerle iletişimde kal
10	Çekilen DC kabloların 2 ucuna da konnektör çakma işlemi yapılması	1	Uzuv yaralanması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
11	Kablo başını yankeski ya da kablo soyma makinesi ile soyulması			2. Korumalı kesici alet kullan.
12	Soyulan kablonun iletken ucunun konnektör yüzüğüne yerleştirilmesi			3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
13	Yüzüğün konnektör çakma makinesine yerleştirilmesi ve sıkıştırılması			
14	Konnektörün yüzükten geçirilmesi			
15	Konnektörün alt rakoru ile döndürülerek sıkılması			
16	Evirici ve pano alanı kuvvetli akım kablolarının çekilmesi	1	Makaranın yuvarlanması düşmesi	1. Makaranın nakli sırasında nakil güzergahında çalışan ve malzeme olmadığını kontrol et
17	Kablo makarasından kablonun insan gücüyle boşaltılması	2	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	2. Zeminin düz ve sağlam olduğunu kontrol et.

18	Kablo çekimlerinin insan gücüyle kanal güzergahlarında yapılması	3	Uzuv yaralanmaları	3.Makaranın devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
19	Çekilen kabloların kablo kesme makası ile kesilmesi	4	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	4. Kesici aletlerle çalışmalarda ve elle taşımalarda ekibin eğitimlerini tamamla
20	Çekilen kablunun her iki ucuna da asetat kalem ile proje kodu yazılması	5	Gerekli güvenlik önlemlerinin alınmaması	5.El takımlarının güvenlik şartlarını sağla ve çalışmalarını test et
21	Çekilen kabloları etiketlerin yapıştırılması.			6. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
22	Kabloların tavada nizami düzenlenmesi ve aynı bölgede olacak kabloların ayrılması			7. Korumalı kesici alet kullan.
23	Kabloların reglaj amaçlı klipslenmesi			8. EN 166/EN 170 gözlük kullan
24	Takılan klipslerin fazlalıklarının kesici alet ile kesilmesi			
25	Kablo başlarını kablo kesme pensesi veya yankeskiyle soyumu			
26	Kablunun ucunun hidrolik pense ile pabuçlanarak sıkılması			
27	Kablo çekimi işlemleri sonunda genel temizliğin yapılması	1	İşyeri tertip ve düzen aksaklıkları	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.
28	Açılan paketlerin artıkları çuvallara topla ve uygun bir alana istifle	2	İş sağlığı uygunsuzlukları	2. TS EN 12083 standartlı toz maskesi kullan
29	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvalla uygun bir alana istifle	3	Ergonomi	3. TS EN 166/ TS EN 170 gözlük kullan

30	Artan malzemeleri insan gücüyle topla palet üzerine diz	4	Uzuv yaralanmaları	4. İş eldiveni kullan.
31	Geri dönüşüme gidecekleri uygun alanlara dağıt	5	Diğer işlere engel olunması	5. İstif yapılmış malzeme alınacak yeri izin alınarak belirle.
				6.Çevrede çalışan ve malzeme olmaması için gerekli tedbirleri al.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.1.6. Topraklama İşleri

Çatı tipi güneş santralleri gerek üretim tarafında gerek şebekeye iletim ve tüketim tarafında tamamen elektrik yükü altında olduğundan topraklama montaj işleri ve uygulamaları çok büyük önem taşımaktadır. Panellerin düzgün şekilde topraklanması ilerde oluşabilecek herhangi bir teknik arızada sistem ve insan güvenliği için son derece önemlidir. Çatı alanında panellerin topraklanmasıyla başlayan bu süreç evirici ve GES panosunun topraklanmasıyla devam ederek entegre olunacak şebekeye ait sisteme bağlanmasıyla son bulur. Bu süreçte tüm metal aksam topraklama iletkenleriyle irtibatlandırılarak güvenli hale getirilir. Tüm montaj işlemleri ilgili standartlara uygun yapıldıktan sonra sistem testleri ve ölçüm değerleri alınarak sistem enerji üretmeye başlamadan önce kontrol edilir. Eğer ölçüm değerleri istenen teknik değerlerin altında ise sistem komple gözden geçirilerek uygun değerlere ulaşıncaya kadar çalışma devam eder. İşte bu denli hassas bir süreçte imalatlar devam ederken İSG açısından karşılaşılabilecek riskler ve bunlara ait alınması gereken önlemler Tablo 4.8’de her iş adımı için detaylandırılmıştır.

Tablo 4. 8: Topraklama Montaj İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (TOPRAKLAMA)				
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Tüm Proje Alanı	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Çatı ve Pano Alanları Topraklama	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER		ALINACAK ÖNLEMLER
1	Monotel iletken topraklama malzemesinin montajı	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
2	Çatıya alınan malzemenin paketlerinin açılması	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
3	Zeminde topraklama elemanlarının paketlerinin açılması	3	İmalatın diğer iş kalemelerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
4	Çatıya alınan malzemelerin insan gücüyle taşınarak ilgili alanlara dağıtılması			4. Korumalı kesici alet kullan.
5	Malzemeleri insan gücüyle taşınması			
6	Malzemelerin daha önceden işaretlenmiş alanlara serilmesi			
7	Serilen malzemelerin montaja uygun alanlara yerleştirilmesi			
8	Topraklama şeridi makarasının makara açma yöntemiyle açılması			
9	Açılan makaranın serilerek montaja uygun hale getirilmesi			
10	Montaja uygun hale gelen monotel malzemenin			

	sistemlerin yanına konumlandırılması			
11	Tesbit kroşelerinin kendi vidası ile el, şarjlı matkap ve İngiliz anahtarı ile sabitlenmesi	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
12	Kroşe malzemelerinin için emonotel montajının yapılması	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
13	Monotel malzemenin mevcut sisteme bağlantılarının yapılması	3	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
14	Monotel malzemenin başlığının sıkılması ve galvaniz şeride sabitlenmesi			4. Korumalı kesici alet kullan.
15	Monotel malzemenin ek aparatı ile faraday kafesine sabitlenmesi			
16	Monotel malzemenin klemens başlarının vida ve şarjlı matkapla sıkılması			
17	Galveniz şerit malzemenin montajının yapılması	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
18	Konstrüksiyon ve panel üzerine galvaniz şerit malzemesinin şarjlı matkap ve vida ile sabitlenmesi	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
19	Faraday kafesinin masa aralarından geçmesi	3	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
20	Galvaniz şerit malzemesinin masa aralarında makara açma yöntemiyle açılması			4. Korumalı kesici alet kullan.
21	Galvaniz şerit malzemesinin toprak dolu plastik aparatlar			

	üzerinde klemens bağlantısını yapılması			
22	Çatı ve pano alanlarında tüm galvaniz şeritlerin birbiriyle bağlantılandırılması			
23	Bağlantıları yapılmış topraklama elemanının evirici bölgesine alınması			
24	Sistemin panolara ve eviricilere entegre edilmesi	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
25	Şeritin GES panosu topraklama barasına sabitlenmesi	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
26	Evirici ve pano alanına getirilen monotel malzemenin pabuçlanması	3	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
27	Evirici ve pano alanına getirilen monotel malzemenin eş potansiyel baraya sabitlenmesi			4. Korumalı kesici alet kullan.
28	Sarı yeşil topraklama kablosunun kesilmesi ve iki ucunun pabuçlanması			5. Dizlik kullan
29	Hazırlanan topraklama kablosunun eş potansiyel baraya montajı			6. El gücü ile bağlantı sağlamlıklarını kontrol et
30	Hazırlanan topraklama kablosunun GES panosu topraklama barasına sabitlenmesi			7. İzolasyon eksiklerini gözle kontrol et
31	Eviricilerin topraklama klemenslerine sarı yeşil kablonun sabitlenmesi			

32	Sarı yeşil topraklama kablosunun kesilmesi ve iki ucunun pabuçlanması			
33	Montaj işlemleri sonunda genel temizliğin yapılması	1	İşyeri tertip ve düzen aksaklıkları	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.
34	Açılan paketlerin atıklarını çuvallara topla ve uygun bir alana istifle	2	İş sağlığı uygunsuzlukları	2. TS EN 12083 standardı toz maskesi kullan
35	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvalla uygun bir alana istifle	3	Ergonomi	3. TS EN 166/ TS EN 170 gözlük kullan
36	Artan malzemeleri insan gücüyle topla palet üzerine diz	4	Uzuv yaralanmaları	4. İş eldiveni kullan.
37	Geri dönüşüme gidecekleri uygun alanlara dağıt	5	Diğer işlere engel olunması	5. İstif yapılmış malzeme alınacak yeri izin alınarak belirle.
				6.Çevrede çalışan ve malzeme olmaması için gerekli tedbirleri al.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.1.7. Evirici ve Pano Montaj İşleri

Güneş enerji santrallerinde en temel iki teknik üründen biri güneş paneli diğeri ise eviricidir, eviriciler panelde üretilen enerjiyi kullandığımız enerji formuna stabil şekilde çeviren cihazlardır. Montajları yapılırken tüm detaylar üreticisi olan firmanın ürünle birlikte gönderdiği kılavuzunda mevcuttur. Marka değişikliklerine göre montaj edileceği yerlerdeki konsol hazırlıkları az da olsa farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle montaj kılavuzu dikkatlice incelenerek montaj altyapısı hazırlanmalı ve üreticinin göndermiş olduğu yardımcı montaj elemanlar ile montaj tamamlanmalıdır. Panellerde üretilen ve eviricilerde kullanıma hazır hale getirilen enerjinin hem kontrol edilebilmesi hem de teknik olarak korunabilmesi için mevcut sisteme bir GES panosu üzerinden verilmesi gerekir. Adı geçen bu pano bilindik elektrik sistemlerinde kullanılan elektrik panolarından farklı değildir. Asli görevi panellerde üretilen enerji ile mevcut sistemde kullanılan enerjinin hem irtibatını sağlamak hem de kontrolünü

yapmaktır. Özellikleri ve standartları bölge dağıtım şirketinin şartnamelerinde belirlenmiş ve bu standartlara uymayan panoların enerji yüklenmesine izin verilmeyeceği net bir şekilde belirtilmiştir. Santral devreye alınırken bölge dağıtım şirketi yetkililerince detaylıca incelenerek herhangi bir uygunsuzluğu rastlanmaması durumunda enerjilendirilmesine müsaade edilmektedir. Bu aşamaya ait imalatlar yapılırken İSG açısından oluşabilecek riskler ve alınması gereken tedbirler Tablo 4.9'da detaylandırılmıştır.

Tablo 4. 9: Evirici ve Pano Montajları Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (EVİRİCİ VE GES PANO MONTAJI)			
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Evirici ve GES Pano Alanı
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Evirici ve GES Pano Montajı ve Bağlantılar
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Eviricilerin karkaslarının hazırlanması	1 Uzun yaralanması	1.Çalışma sahasında döner kısımlara kapılacak saat kolye ve benzeri aparatlar kullanma
2	Karkasın duvara ve zemine çekiç ve şarjlı matkap ile sabitlenmesi	2 Matkabın döner aksamına kapılma	2.Kolları sarkık kıyafetler bol elbiseler giyme
3	Dübelleme yapılması ve sağlamlaştırma işleminin yapılması	3 Elektrik tehlikesi	3.Etrafta insan bulunmadığından emin ol.
4	Evirici paketlerinin açılması ve taşınması	4 Bel incinmesi ergonomik rahatsızlık	4.Çalışma alanını bariyerle
5	Eviricilerin asılması	5 Taşıma kapasitesinin aşılması	5.EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
6	Asılan eviricilerin sabitlenmesi	6 Malzeme düşmesi devrilmesi	6.EN 166/EN 170 gözlük kullan
			7.Ani hareketlerden kaçınm.

				8.Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
				9.Malzemeleri taşırken 25 kg dan fazla yük taşıma çoklu taşıma yap
				10.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
7	GES Panolarının alana taşınması ve paketlerinin açılması	1	Uzuv yaralanması	1.Çalışma sahasında döner kısımlara kapılacak saat kolye ve benzeri aparatlar kullanma
8	GES Panolarına ait sehpalarm montajları	2	Matkabın döner aksamına kapılma	2.Kolları sarkık kıyafetler bol elbiseler giyme
9	Sehpaların zemine çekiç ve şarjlı matkap ile sabitlenmesi	3	Elektrik tehlikesi	3.Etrafta insan bulunmadığından emin ol.
12	Dübelleme yapılması ve sağlamlaştırma işleminin yapılması	4	Bel incinmesi ergonomik rahatsızlık	4.Çalışma alanını bariyerle
11	Panoların sehpalarm üzerine kaldırılması	5	Taşıma kapasitesinin aşılması	5.EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
12	Panoların sehpaye sabitlenmesi	6	Malzeme düşmesi devrilmesi	6.EN 166/EN 170 gözlük kullan
13	Kablo kanalı sonlandırma işlemlerinin yapılması			7.Ani hareketlerden kaçınm.
				8.Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
				9.Malzemeleri taşırken 25 kg dan fazla yük taşıma çoklu taşıma yap
				10.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
14	Montaj işlemleri sonunda genel temizliğin yapılması	1	İşyeri tertip ve düzen aksaklıkları	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.

15	Açılan paketlerin artıklarını çuvallara topla ve uygun bir alana istifle	2	İş sağlığı uygunsuzlukları	2. TS EN 12083 standartlı toz maskesi kullan
16	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvalla uygun bir alana istifle	3	Ergonomi	3. TS EN 166/ TS EN 170 gözlük kullan
17	Artan malzemeleri insan gücüyle topla palet üzerine diz	4	Uzuv yaralanmaları	4. İş eldiveni kullan.
18	Geri dönüşüme gidecekleri uygun alanlara dağıt	5	Diğer işlere engel olunması	5. İstif yapılmış malzeme alınacak yeri izin alınarak belirle.
				6.Çevrede çalışan ve malzeme olmaması için gerekli tedbirleri al.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.1.8. Kablo Bağlantı İşleri

Bir güneş enerji santraline ait panellerde üretilen enerji öncelikle DC kablolarla toplanarak eviriciye, evirici çıkışından AC kablolar ile GES panosuna, oradan da yine kablolar vasıtası ile mevcut sisteme entegre edilir. Kablolama ve kablo bağlantı işleminin elektriksel anlamda işçilik açısından herhangi bir elektrik imalatından farkı yoktur. Standartlarda ve uygulamada tüm elektrik sistemlerinde kullanılan yöntemler kullanılır. Her projede olduğu gibi projeye uygunluk, düzgün etiketleme, standartlara uygun malzeme kullanımı ve düzgün işçilik bu aşamanın temel prensipleridir. Bu prensiplerle çekildiği onaylanan kablolar gerek eviricide gerekse ilgili AC panosunda projesine uygun şekilde ilgili kablo girişlerine bağlanarak test ve devreye alma aşamasına hazır hale getirilir. Tüm bu aşamalardan geçen kablonun herhangi bir dış etkiye maruz kalarak zarar görmüş olma riskine karşı yapılan test adımları ve bağlantı esnasında ortaya çıkabilecek İSG ile ilgili riskler Tablo 4.10'da tedbirleri ile birlikte açıklanmıştır.

Tablo 4. 10: Kablo Bağlantıları Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (ELEKTRİKSEL BAĞLANTILAR)			
PROJE ADI		:	Çatı Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Evirici ve Panolar
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Evirici ve Pano Alanları
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Doğru akım (DC) kablo bağlantısı yapılması	1 Uzuv yaralanması	1. İzolasyon Megeri ve Voltmetre aletleriyle çalışmalarda iş güvenliği işbaşı eğitimi verildiğinden emin ol
2	Eviriciye DC kablonun bağlanması	2 Yanlış test sonucu	2. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
3	Kablolarla etiketleme yapılması	3 Malzeme düşmesi	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
4	Kabloların evirici tarafına konektör montajı yapılması	4 Kablonun sıkışması	4. El ölçüm aletleri kullanımında ani hareketlerden kaçın.
5	Çekilen DC kabloların konektör çakım işlemi için yan keski ve konektör sıkma aleti kullanılması	5 Elektrik çarpması	5.Korumalı kesici alet kullan
6	Bağlanan konektörlerin evirici tarafında bağlanması		
7	Kablonun izolasyon testinin yapılması		
8	Kablonun kısa devre testinin yapılması		
9	Kablo kanalı dışında kalan ilgili kabloların spiral boru içinden geçirilmesi.		
10	Alternatif akım (AC) kablo bağlantısı yapılması	1 Uzuv yaralanması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.

11	Kablo uçlarının sıkma pensesi ile pabuçlanması	2	Yanlış test sonucu	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
12	Kabloların etiketlenmesi	3	Malzeme düşmesi	3. Pabuç sıkma makinası ve korumalı maket bıçağı ile güvenli çalışma eğitimi ver.
13	Kablo başlarının kablo kesme makasıyla kesilmesi	4	Kablonun sıkışması	4. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
14	Kabloların kesici alet ile soyulması	5	Elektrik çarpması	5. El ölçüm aletleri kullanımında ani hareketlerden kaçın.
15	Kablonun izolasyon testinin yapılması			6.Korumalı kesici alet kullan
16	Kablonun kısa devre testinin yapılması			7.Çalışma alanını uyarı levhaları ile korumaya al
17	Pabucun üstüne makaronun yerleştirilmesi ve pürmüz ile kabloya yapıştırılması.			
18	Şalter ayağındaki bakır bayrakların sağlamlık kontrolü			
19	Kabloların baralara cıvata somun ile tutturulması			
20	Tutturulan kabloların anahtarla sıkılması ve tork kontrolü			
21	Mevcut sistem entegrasyon bağlantılarının yapılması	1	Uzuv yaralanması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
22	Enerjinin kesilmesi ve izolasyon kontrolü	2	Yanlış test sonucu	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
23	Çalışılacak panolarda elektrik olmadığından emin olunması ve gerekli önlemler	3	Malzeme düşmesi	3. Pabuç sıkma makinası ve korumalı maket bıçağı ile güvenli çalışma eğitimi ver.
24	Hazır olan kablonun mevcut şalterin ayaklarındaki deliklere geçirilmesi	4	Kablonun sıkışması	4. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.

25	Kablonun cıvata somun yardımıyla şalter ayağına sabitlenmesi	5	Elektrik çarpması	5. El ölçüm aletleri kullanımında ani hareketlerden kaçın.
26	Kısa devre kontrollerinin yapılması	6	Kafa çarpması	6.Korumalı kesici alet kullan
27	Tüm bağlantıların kontrol edilmesi			7.Çalışma alanını uyarı levhaları ile korumaya al
28	Tekrar enerjilendirme için iletişiminin sağlanması			8.Enerji kesme prosedürlerini uygula
29	Enerjinin verilmesi ve şalter pozisyonlarının kontrolü			9.Enerjilendirme prosedürlerini uygula
30	Nötr ve toprak bağlantılarının kontrolü			10.Şalter konumlarını sırası ile selektif kapalı konumlarına getir
31	Montaj ve bağlantı sonrası artan malzemelerin toplanması	1	Trafik kazası	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.
32	Malzemelerin ayrıştırılması	2	Yaya ve araç trafiği	2. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
33	Geri dönüşüm alanına transfer edilmesi	3	Malzeme düşmesi veya devrilmesi	3. Dizlik kullan
34	Bariyerlerin ve uyarı levhalarının kaldırılması	4	Etrafta insan bulunması	4. İş eldiveni kullan.
35	El aletlerinin çantalarına koyularak tekrar kullanım için depolanması	5	Taşıma kapasitesinin aşılması	
		6	Malzemeye el aletlerine zarar gelmesi	

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2. Arazi Tipi Güneş Santrallerinde İş Emniyet Analizi

Arazi tipi güneş santralleri kurulum aşamaları ana kırılım olarak tıpkı çatı tipi santrallerde olduğu gibi yedi adımdan oluşmaktadır. İşlev olarak her ne kadar arazi tipi santraller de çatı tipi santraller de hemen hemen aynı komponentlerden oluşsa da

uygulamada coğrafi koşullar gereği farklılıklar oluşmaktadır. Tıpkı çatı tipi santrallerde olduğu gibi arazi tipi santraller için de imalat adımları her biri kendi içinde detaylandırılarak tablolar oluşturulacak ve tüm adımların sonunda arazi tipi bir santralin ilk adımından son adımına kadar tüm riskler değerlendirilmiş olacaktır. Ana kırılımlara ait adımlar sırasıyla bu alanda da Ön hazırlık aşaması, konstrüksiyon işleri, panel montajları, kablo kanalları montajları, topraklama uygulamaları, pano ve evirici montajları, elektriksel bağlantılar ile sonlandırma işlemleridir.

4.4.2.1. Ön Hazırlık Aşaması

Bu aşamada artık tıpkı çatı tipi santralde olduğu gibi imalata ve kurulumu başlanacak işe ait malzeme temini, depo alanı ayarlanması, gerekli izinlerin alınması, yükleme ve malzeme indirilirken dikkat edilmesi gereken unsurlar detaylıca incelenecektir. Bu sürecin önemli kısmı sahaya malzeme geldikçe sürecin yeniden kontrol edilmesi gerektiğidir, zira her alt adım başlangıcında malzeme temini ve malzeme indirme yükleme işlemleri tekrarlanacaktır. Tablo 4.11 ilgili tüm iş adımlarını, bu adımlara ait riskleri ve bu risklere karşı alınması gereken önlemleri detaylıca izah etmektedir.

Tablo 4. 11: Ön Hazırlık Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (ÖN HAZIRLIK)			
PROJE ADI		:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Depolama Alanı Şantiye Sahası
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Çalışma Alanına Malzeme Transferi ve Hazırlık
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Geçici depo alanına malzemenin getirilmesi	1 Trafik kazası	1. Çalışanların görev tanımlarını kayıt altında belirle.
2	Uygun görülen alana malzeme transferi ve indirilmesi	2 Yaya ve araç trafiği	2. Stok alanını proje üzerinde belirle ve işverene onaylat.
3	Stok alanının belirlenmesi ve teslim alınması	3 Görev tanımı belli olmaması	3. Belirlenen alanı boş ve temiz teslim al.
4	Malzemelerin stok alanına tır ile nakliyesi		4. Tır sahaya giriş prosedürünü tamamla.
5	Malzemelerin tır üstünde kontrolü ve teslim alınması		5. Tır girişi için refakatçi gönder
			6. Tır içeri al ve belirlenen güzergahtan depo alanına getir.

				7. Tırn belirlenen alanda güvenli şekilde konumlandır.
				8. Tırn imdat frenini çek.
				9. Tırn imdat freninin çekildiğini kontrol et.
				10. Tırn hareket etmesini önlemek amacıyla takozla ve kontrol et.
6	Vincin depo alanına alınması	1	Trafik kazası	1. Vinç için sahaya giriş prosedürünü tamamla.
7	Vincin kurulması	2	Yaya ve araç Trafığı	2. Vinç girişi için refakatçi gönder
		3	Vincin yatması	3. Vinci içeri al ve belirlenen güzergâhtan belirlenmiş depo alanına getir.
				4. Vinci belirlenen alana güvenli şekilde konumlandır
				5. Vinç imdat frenini çek ve kontrol et.
				6. Vincin hareket etmesini önlemek için takozla.
				7. Vincin ayaklarını aç ve takoz üzerine bindir.
				8. Durumu göz ile kontrol et.
				9. Vincin tüm fonksiyonlarının çalıştığını teyidini al.
				10. Etrafı gözlemler ve ilgisiz kişileri uzaklaştır.
8	Vinç ile malzeme indirilmesi	1	Trafik kazası	1. Sapanları gözle kontrol et.
9	Zeminde sapanların vinç kancasına bağlanması	2	Yaya ve araç trafiği	2. Sapanların vinç kancasına tam oturduğunu kontrol et.
10	Sapan bağlantılarının yapılması	3	Malzeme düşmesi veya devrilmesi	3. Operasyon alanında kimseyi bulundurma ve başka bir operasyon yaptırma.
11	Malzemelerin uygun alana indirilmesi	4	Etrafta insan bulunması	4. Vincin denge ayaklarını aç.
12	Malzemelerin uygun istiflenmesi	5	Taşıma kapasitesinin aşılması	5. İşaretçi ile İndirme operasyonu için vinç operatörünün malzemeleri zemine indirmesini yönlendir.
		6	Vinç ayaklarının dengesiz olması	6. Fabrika içerisinde hız sınırlarına ve trafik kurallarına uy.
		7	Vincin yatması	7. Vinci girişi yapılan güzergahtan dışarı çıkar.

				8. Araç kullanırken emniyet kemeri tak.
				9. Fabrika içerisinde hız sınırlarına ve trafik kurallarına uy.
				10. Vinci giriş yapılan güzergahtan dışarı çıkar.
13	Forklift ile malzeme indirilmesi	1	Malzemenin düşmesi	1.Forkliftin taşıma kapasitesini öğren ve yük ile eşleştir.
14	Malzemelerin uygun alana indirilmesi	2	Malzemenin devrilmesi	2.Paleti düz bir zemine indir.
15	Malzemelerin uygun istiflenmesi	3	Taşıma kapasitesinin aşılması	3.Operasyon alanında kimseyi bulundurma ve başka bir operasyon yaptırma.
16	Malzemelere ulaşımın engellenmemesi	4	Forkliftin periyodik kontrolünün olmaması	4. Forkliftin bıçaklarını paletin deliklerine yerleştir, tam kavrayacak kadar içine girsin ve kaldırıp ilgili alana götür.
17	Öncelik sırasına dikkat edilmesi			5.Malzemenin düzgün istiflenmesine dikkat et.
				6.Malzemenin başka bir malzemenin taşınmasına engel olmadığından emin ol.
				7.Malzemeler arası yaya yolu bırak.
				8.Bozulan yırtılan ambalajların tespitini yap sorumlusuna bildir.
				9.İş programına göre dizilim şartlarını kontrol et.
				10.Hava şartlarında etkilenecek malzemeler için gerekli tedbirleri al.
18	Paletli malzemelerin belirlenen alanlara dağıtılması	1	Malzeme devrilmesi	1.İş Emniyeti Analizi talimatlarına uyarak taşımayı yap.
19	Makaralı malzemelerin belirlenen alanlara dağıtılması	2	Ergonomi	2.Malzemeleri acil çıkış güzergahlarına koyma
20	El aletleri ve güvenlik cihazlarının çalışma alanına taşınması	3	Uzuv yaralanmaları	3.El aletlerini kontrol et gerekirse uygunluk onayı al.
21	Çalışma alanı elektrik temini ve güç kaynaklarının yerleştirilmesi	4	Takılma veya düşme	4.Belirlenen en yakın enerji kaynağından çıkış yap.

	5	Elektrik tehlikesi	5.Takılma ve düşmeye sebebiyet vermeyecek şekilde iletimini yap.
			6. Her enerji kaynağına üzerinde bulunan priz kadar fiş bağla.
			7.Çogaltma kabloları ile 3 makinaya kadar çalıştır. Harici kablo ile direk bağlantıdan kaçın.
			8.Panolar üzerine uygun uyarı levhalarını yerleştir.
			9. Ana işverenden iş izinlerini ve çalışma onayını al. İzin almadan çalışmaya başlama.
			10. Ana işverenden iş izinlerini ve çalışma onayını al. İzin almadan çalışmaya başlama.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2.2. Konstrüksiyon Kurulumu

Arazi tipi güneş santrallerinde konstrüksiyon kurulumu çatıdan farklı olarak demontaj montaj yapılmasına imkân vermediğinden daha detaylıca incelenmesi gereken bir aşamadır. Projenin hazırlanmaya başlandığı tarihten itibaren santralin kurulacağı arazinin zemin etüdü ve gerekli panel taşıyıcı konsolların teknik detayları detaylıca incelenir. İlgili fizibilite ve elektriksel verimlilik hesapları bu sisteme göre geliştirilir. Çatıya nazaran arazi tipi santrallerde konstrüksiyon bir inşaat iş kaleminden farksızdır. Paneli taşıyan ayakların temelleri ve bu temellere kurulacak sistemler mühendisler tarafından hesaplanarak ve akabinde projelendirilerek kurulum kararı verilir. Gerekli çalışma izinleri alındıktan sonra proje detaylı incelenerek işaretleme aşaması ile çalışmaya başlanır. İşaretleme çalışması arazinin yapısına göre değişiklik göstereceğinden ilgili mühendis gözetiminde özel aletlerle yapılır. İşaretleme tamamlandıktan sonra ilgili elemanlar monte edilmeye başlanır. Montajın her aşaması için karşılaşılabilecek her türlü risk ve alınması gereken tedbirler Tablo 4.12’de belirtilmiştir.

Tablo 4. 12: Konstrüksiyon Kurulumu Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (KONSTRÜKSİYON)				
PROJE ADI		:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Proje Alanı	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Proje Alanında Konstrüksiyon Sistemi Kurulması	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI		OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Proje verilerini analiz için yetkili mühendisin işaretleme yapması	1	Yüksekten düşme	1. Hava şartlarının uygunluğunu kontrol et.
2	Özel cihazla masa yerlerinin belirlenmesi ve işaretleme	2	Kimyasal teması	2. Çalışma sahasında döner kısımlara kapılacak saat kolye vb kullanma
3	Beyaz boya ile işaretleme yapılması	3	Ergonomi	3. Kolları sarkık kıyafetler bol elbiseler giyme
4	Çubuk çakarak işaretleme yapılması	4	Uzuv yaralanmaları	4. Uzun süre aynı pozisyonda çalışma ve doğrulma esnasında ani hareketlerden kaçın.
5	İp çekerek yer tespitinin yapılması	5	Göze kimyasal kaçması	5.Sprey boya güvenlik madde bilgileri konusunda çalışanlarını bilgilendir.
		6	Güvenlik bilgi formunun olmaması	6. Sprey boya ile yapılacak çalışmalarda iş gözlüğü ve iş eldiveni kullan.
		7	Alanda yangın tüpünün olmaması	7. Sprey boya kutuları boşaldığında bertaraf kuralına uygun atık noktasına bırak.
				8. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
				9. EN 166/EN 170 gözlük kullan
				10. Yangın tüpü/battaniyesi bulundur.(TSE sertifikalı yanmaz)

6	Arazi depo alanında bulunan konstrüksiyon ve panel malzemesinin ilgili alanlara dağıtılması	1	Malzeme düşmesi devrilmesi	1. Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
7	Forklift yardımıyla malzemeyi ilgili masa aralarına dağıt	2	Taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
8	Konstrüksiyon malzemesinin montajı	3	Trafik kazası	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
9	Konstrüksiyon malzemesini çakma metoduyla yere sabitle	4	Yaya ve araç trafiği	4. Dizlik kullan
10	Sabitleme işlemini tüm kolonlar için yap	5	Uzuv yaralanması	5. El aletleri ve elektrikli el aletleri konusunda çalışmaya başlamadan önce işbaşı eğitimi ver
11	Dikey kolonlara yatay kirişlerin montajı	6	İş kaybı	6. Sabitleme işlemini torkmetre ile katalog değerine uygun şekilde yap
12	Cıvata ve somun kullanarak el aletleri ile sabitlemeyi gerçekleştir			
13	Tüm sistemi kurmaya ölçümlerle devam et			
14	Montaj işlemleri sonunda genel temizliğin yapılması	1	İşyeri tertip ve düzen aksaklıkları	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.
15	Açılan paketlerin artıklarını çuvallara topla ve uygun bir alana istifle	2	İş sağlığı uygunsuzlukları	2. TS EN 12083 standartlı toz maskesi kullan
16	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvalla uygun bir alana istifle	3	Ergonomi	3. TS EN 166/ TS EN 170 gözlük kullan
17	Artan malzemeleri insan gücüyle topla palet üzerine diz	4	Uzuv yaralanmaları	4. İş eldiveni kullan.
18	Geri dönüşüme gidecekleri uygun alanlara dağıt	5	Diğer işlere engel olunması	5. İstif yapılmış malzeme alınacak yeri izin alınarak belirle.

		6.Çevrede çalışan ve malzeme olmaması için gerekli tedbirleri al.
--	--	---

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2.3. Güneş Panelleri Kurulumu

Konstrüksiyon montajının tamamlanmasının ardından süreç güneş panellerinin yapılan konstrüksiyon üzerine montajı ile ilerlemektedir. Güneş panelleri bir güneş santralının en önemli malzemesidir. Konstrüksiyon sisteminin detaylarına göre kullanılacak güneş paneline ait yardımcı malzemelerin adet ve tipi kontrol edilmeli ve üretici firmadan uygunluk onayı alınmalıdır. Panel montajı tamamen ürünün kullanım ve montaj talimatına uygun şekilde yapılmalı gerekirse işin başlangıcında üretici firmadan destek alınmalıdır. Panel montajı esnasında ve sonrasında İSG açısından karşılaşılabilecek riskler ve bu risklere ait tedbirler Tablo 4.13'te detaylandırılmıştır. Çatı ve arazi tipi panel montaj sürecinde riskler açısından herhangi bir farklılık bulunmamaktadır.

Tablo 4. 13: Güneş Panelleri Kurulum Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (ARAZİ GÜNEŞ PANELİ MONTAJ)				
PROJE ADI		:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Proje Uygulama Alanı	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Güneş Panellerinin Montajı	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER		ALINACAK ÖNLEMLER
1	Konstrüksiyon aralarına taşınan panel paketlerinin maket bıçağı veya kesici aletle açılması	1	Panelin devrilmesi	1. Panelin arkasının destekle
2	Açılan her bir panelin 2 kişi ile taşınması	2	Uzuv sıkışması	2. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
3	Açılan panellerin palet yardımıyla konstrüksiyona yerleştirilip sabitlenmesi	3	Uzuv yaranması	3. Korumalı maket bıçağı veya korumalı kesici alet kullan.

4	Montajı yapılacak panellerin sabitleme elemanı ve somun civata ile konstrüksiyon üzerine sabitlenmesi	4	Hatalı montaj	4. Kesici aletlerle çalışmalarda ve elle taşımalarda ekibin eğitilmiş olduğundan emin ol
5	Montaj sonunda el ile montaj sağlamlığının kontrol edilmesi.	5	Malzeme düşmesi	5.Panelleri teker teker taşı ve tek kişi 25 kg. den fazla yük taşıma
		6	Ergonomi	6.Paneli iki kişi tutarak dengele
		7	Takılma veya düşme	7.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
				8.Proje uygunluğunu her 10 panelde bir kontrol et.
				9.Ani hareketlerden kaçın.
6	Yerleştirilen panellerin kablo bağlantılarının yapılması	1	Uzuv sıkışması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
7	Kabloların projede belirtilmiş şekilde dizi bağlantılarının yapılması	2	Panelin zarar görmesi	2. Dizlik kullan
8	Panelden açılan kablo uçlarında ki artı ve eksi uçlu konektörleri bir diğer panelin artı ucu ile eksi ucunu birleştirerek seri bağlantının sürdürülmesi	3	Eğilerek çalışma sonucu ergonomik problem	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
9	Dizisi tamamlanmış panellerden çıkan artı ve eksi uçların yağmurdan izole edilmesi	4	Kabloların oksitlenmesi	4.Kablo uçlarını özel aparatı ile izole et.
10	Ambalaj atıklarının toplanması ve bir alana istiflenmesi	1	Uzuv yaranması	1 .EN 166/EN 170 gözlük kullan
11	Geri dönüşüm için uygun malzemelerin ayrılması	2	Eğilerek çalışma sonucu ergonomik problem	2. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.

	3	Malzeme düşmesi	3. Dizlik kullan
	4	Takılma veya düşme	4. İş eldiveni kullan.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2.4. Kablo Kanalları Montajı

Arazi tipi güneş santralleri konstrüksiyon yapısı itibarı ile çatı tipi güneş santralleri gibi çok fazla kablo kanalı ihtiyacı duymaz. Sahada masa olarak adlandırılan panel konstrüksiyonlarının demir kısmı kabloların ilerletilmesi için kullanılmaktadır. Ancak dönüş ve birleşim noktalarında az da olsa kablo kanalı ihtiyacı zorunlu hale gelir. Genel proje içinde az da olsa bir imalat adımı olan bu sürece ilişkin İSG açısından oluşabilecek riskler ve alınması gereken önlemler Tablo 4.14’de belirtilmiştir.

Tablo 4. 14: Kablo Kanalları Montaj Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (ARAZİ KABLO KANALLARI)			
PROJE ADI		:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Konstrüksiyon Üzerine Kablo Kanalı Montajı
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Proje Alanında hazırlanan Konstrüksiyon Üzerine Kablo Kanalı Montajı
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	Sahaya getirilen malzemelerin paketinin maket bıçağı veya kesici aletle açılması	1 Malzeme düşmesi devrilmesi	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
2	Açılan malzemenin taşınarak ilgili alanlara dağıtılması	2 Takılma ve düşme	2. Sprey kullanımında rüzgarı arkana al, solunum koruyucu kullan.
3	Açılan malzemenin daha önceden işaretlenmiş alanlara serilmesi	3 Uzun yaralanması	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
4	Kablo kanallarının somun civatalar ile birleştirilmesi	4 Göze çapak kaşması	4. Ani hareketlerden kaçın

5	Malzemenin yardımcı elemanlarla birleştirilmesi	5	Yangın çıkması	5.Yangın söndürme tüpü bulundur.
6	Genişlik ve yön değişimlerinde belirlenen alanda el aleti ile kesme işlemi yapılması	6	Teknik uygunsuzluk	6.Zeminin düz ve sağlam olduğunu kontrol et.
7	Kesme işlemi sonrasında malzemenin kesilen alanına galvaniz boya ile boyama işlemi yapılması	7	Projeye uygunluk	7.Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
8	Kablo kanalının sabitlenmesi			8.Elli adet montajdan sonra projeyi kontrol et.
9	Sabitlenen malzemenin el ve göz ile kontrolünün yapılması			9.Kestiğin malzemeye boya sürdüğünden emin ol.
				10.Koruyuculu iş aleti kullan
10	Kanalların iniş noktalarında altından konsol ile duvara şarjlı matkap ve dübelle sabitlenmesi.	1	Malzeme düşmesi devrilmesi	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
11	Duvara konsolun yerleştirilmesi, deliklerine dübelin çakılarak ya da matkapla sabitlenmesi.	2	Takılma ve düşme	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
12	Kanalların evirici sehplarına şarjlı matkap kullanılarak vida ile sabitlenmesi.	3	Uzuv yaralanması	3.Ani hareketlerden kaçın
13	Kanalların yatay ve düşeyde konsol üzerine sabitlenmesi	4	Teknik uygunsuzluk	4.Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
14	Konsol malzemesinin deliklerinden vidanın geçirilerek şarjlı matkap ile sabitlenmesi.	5	Projeye uygunluk	5.Koruyuculu iş aleti kullan
15	Kablo çekimi tamamlandıktan sonra kanal kapaklarının kapatılması	1	Etrafta bulunan insanlara zarar gelmesi	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.

16	Kapak kelepçelerinin kanal kenarlarına montajı	2	Taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
17	İşlem sonunda artan kanal malzemelerinin ayrıştırılarak istiflenmesi	3	Uzuv yaranması	3. Dizlik kullan
18	Geri dönüşüm alanına taşınması	4	Takılma ve düşme	4. İş eldiveni kullan.
19	Kullanılan el aletlerinin ve merdivenin toplanması			5. Gün sonunda iş ve depo alanını gözle kontrol et kayıt altına al

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2.5. Kablo Çekim Aşaması

Arazi tipi güneş santrallerinde kablo çekim süreci bilindik elektrik işleri kablo çekim sürecinden farklıdır. Çatı tipi santrallere nazaran arazi tipinde DC kablolar için panellerin monte edildiği masa denem konstrüksiyon sisteminin alt yani taşıyıcı sistemi kullanılır, panellerden çıkan kablolar konnektörlerle birleştirilerek sıra başlarına getirilir ve oradan kablo kanalı ile zemine ulaştırılır. Zemine ulaştıktan sonra evirici alanına devam ettirilerek DC kablo çekim süreci tamamlanır. AC kablolamada ise çatı tipi santrallerle arasındaki en temel fark kabloların bir kısmının toprak altında açılan kanallardan iletilmesidir. Tüm bu süreçte İSG açısından karşılaşılabilecek riskler ve alınması gereken tedbirler Tablo 4.15’de belirtilmektedir.

Tablo 4. 15: Kablo Çekimleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (KABLO ÇEKİMİ)			
PROJE ADI	:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI	:	Panel Sıraları ve Evirici ile Pano Alanları	
YAPILACAK İŞİN TANIMI	:	Gerekli Doğru Akım ve Alternatif Akım Kablolarının Çekilmesi	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER

1	Arazi doğru akım kablolarının çekilmesi	1	Makaranın yuvarlanması düşmesi	1. Makarayı takozla destekle
2	Sahaya getirilen kablo paletlerinin el gücüyle açılması	2	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	2. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
3	Kablo çekimlerinin insan gücüyle kanal güzergahlarında yapılması	3	Uzuv yaranmaları	3. Korumalı maket bıçağı veya korumalı kesici alet kullan.
4	Çekilen kabloların kesici alet ile kesilmesi	4	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	4. Kesici aletlerle çalışmalarda ve elle taşımalarda ekibin eğitimlerini tamamla
5	Çekilen kablonun her iki ucuna da gerekli dizi numarasını silinmez asetat kalemiyle yazılması			5. Zeminin düz ve sağlam olduğunu kontrol et
6	Çekilen kabloları etiketlerin yapıştırılması.			6. Güzergah köşe başlarında ve iniş noktalarında personel bulundur
7	Kabloların tavada nizami düzenlenmesi ve aynı bölgede olacak kabloların ayrılması			7. Kablo çekimi esnasında yüzünü çektiğin istikamete dön, çekim güzergahında malzeme olmadığını kontrol et
8	Kabloların reglaj amaçlı klipslenmesi			8. Malzemeyi dengeli çek. Ani hareketten kaçın.
9	Takılan klipslerin fazlalıklarının kesici alet ile kesilmesi			9. Makarayı döndüren ve diğer kablo çekenlerle iletişimde kal
10	Çekilen DC kabloların 2 ucuna da konnektör çakma işlemi yapılması	1	Uzuv yaranması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
11	Kablo başını yan keski ya da kablo soyma makinesi ile soyulması			2. Korumalı kesici alet kullan.
12	Soyulan kablonun iletken ucunun konnektör yüzüğüne yerleştirilmesi			3. EN 166/EN 170 gözlük kullan

13	Yüzüğün konektör çakma makinesine yerleştirilmesi ve sıkıştırılması			
14	Konektörün yükten geçirilmesi			
15	Konektörün alt rakoru ile döndürülerek sıkılması			
16	Evirici ve pano alanı kuvvetli akım kablolarının çekilmesi	1	Makaranın yuvarlanması düşmesi	1. Makaranın nakli sırasında nakil güzergahında çalışan ve malzeme olmadığını kontrol et
17	Kablo makarasından kablunun insan gücüyle boşaltılması	2	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	2. Zeminin düz ve sağlam olduğunu kontrol et.
18	Kablo çekimlerinin insan gücüyle kanal güzergahlarında yapılması	3	Uzuv yaralanmaları	3.Makaranın devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
19	Çekilen kabloların kablo kesme makası ile kesilmesi	4	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	4. Kesici aletlerle çalışmalarda ve elle taşımalarda ekibin eğitimlerini tamamla
20	Çekilen kablunun her iki ucuna da asetat kalem ile proje kodu yazılması	5	Gerekli güvenlik önlemlerinin alınmaması	5.El takımlarının güvenlik şartlarını sağla ve çalışmalarını test et
21	Çekilen kabloları etiketlerin yapıştırılması.			6. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
22	Kabloların tavada nizami düzenlenmesi ve aynı bölgede olacak kabloların ayrılması			7. Korunmalı kesici alet kullan.
23	Kabloların reglaj amaçlı klipslenmesi			8. EN 166/EN 170 gözlük kullan
24	Takılan klipslerin fazlalıklarının kesici alet ile kesilmesi			

25	Kablo başlarını kablo kesme pensesi veya yan keskiyle soyumu			
26	Kablonun ucunun hidrolik pense ile pabuçlanarak sıkılması			
27	Toprak kanal içinde kablo çekilmesi	1	Yaya trafiği	1. Makaranın nakli sırasında nakil güzergahında çalışan ve malzeme olmadığını kontrol et
28	Kazı alanında personel bulunması	2	Araç trafiği trafik kazası	2. Zeminin düz ve sağlam olduğunu kontrol et.
29	Kablo çekiminin insan gücüyle projede belirlenmiş alanlara yapılması	3	Makaranın yuvarlanması düşmesi	3.Makaranın devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et.
30	Kamyon ile kum naklinin yapılması	4	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	4. Kesici aletlerle çalışmalarda ve elle taşımalarda ekibin eğitimlerini tamamla
21	Kamyonun damperinin açılarak kum dökülmesi	5	Uzuv yaralanmaları	5.El takımlarının güvenlik şartlarını sağla ve çalışmalarını test et
32	Kumun kürek ile güzergaha serilmesi	6	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	6. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
33	Ön kapatma yapılması	7	Gerekli güvenlik önlemlerinin alınmaması	7. Korumalı kesici alet kullan.
34	Şerit çekilmesi			8. EN 166/EN 170 gözlük kullan
35	Tekrar kürek ile kumlama yapılması			9.Araç trafiğini kontrol et ve insan girişini engelle
36	Kazının kapatılması			10.Kamyona rehberlik et hız sınırını aşma
37	Kablo çekimi işlemleri sonunda genel temizliğin yapılması	1	İşyeri tertip ve düzen aksaklıkları	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.

38	Açılan paketlerin artıklarını çuvallara topla ve uygun bir alana istifle	2	İş sağlığı uygunsuzlukları	2. TS EN 12083 standartlı toz maskesi kullan
39	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvalla uygun bir alana istifle	3	Ergonomi	3. TS EN 166/ TS EN 170 gözlük kullan
40	Artan malzemeleri insan gücüyle topla palet üzerine diz	4	Uzuv yaralanmaları	4. İş eldiveni kullan.
41	Geri dönüşüme gidecekleri uygun alanlara dağıt	5	Diğer işlere engel olunması	5. İstif yapılmış malzeme alınacak yeri izin alınarak belirle.
				6.Çevrede çalışan ve malzeme olmaması için gerekli tedbirleri al.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2.6. Topraklama İşleri

Topraklama işlemlerinde her elektrik sisteminde olduğu gibi arazi tipi güneş santrallerinde de ana prensip tüm metal aksamların topraklama iletkeni ile irtibatlandırılarak toprağa ulaştırılmasıdır. Panel ve masa sistemi ile başlayan topraklama iletkeni irtibatlandırma çalışması daha sonra evirici ve pano alanına getirilerek şebekeye bağlanılacak noktaya ulaştırılmasıyla son bulur. Bu süreçte ilgili montaj imalatlarının yapılması esnasında karşılaşılabilecek İSG riskleri ve gerekli tedbirler Tablo 4.16’da detaylı şekilde sıralanmıştır.

Tablo 4. 16: Topraklama İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (TOPRAKLAMA)			
PROJE ADI		:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Tüm Proje Alanı
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Panel ve Pano Alanları Topraklama
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER

1	Monotel iletken topraklama malzemesinin montajı	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
2	Çalışma alanına getirilen malzemenin paketlerinin açılması	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
3	Zeminde topraklama elemanlarının paketlerinin açılması	3	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
4	Malzemelerin sahaya insan gücüyle taşınarak ilgili alanlara dağıtılması			4. Korumalı kesici alet kullan.
5	Malzemeleri insan gücüyle taşınması			
6	Malzemelerin daha önceden işaretlenmiş alanlara serilmesi			
7	Serilen malzemelerin montaja uygun alanlara yerleştirilmesi			
8	Topraklama şeridi makarasının makara açma yöntemiyle açılması			
9	Açılan makaranın serilerek montaja uygun hale getirilmesi			
10	Montaja uygun hale gelen monotel malzemenin sistemlerin yanına konumlandırılması			
11	Tespit kroşelerinin kendi vidası ile el, şarjlı matkap ve İngiliz anahtarı ile sabitlenmesi	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
12	Kroşe malzemelerinin için monotel montajının yapılması	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan

13	Monotel malzemenin mevcut sisteme bağlantılarının yapılması	3	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
14	Monotel malzemenin başlığının sıkılması ve galvaniz şeride sabitlenmesi			4. Korumalı kesici alet kullan.
15	Monotel malzemenin ek aparatı ile faraday kafesine sabitlenmesi			
16	Monotel malzemenin klemens başlarının vida ve şarjlı matkapla sıkılması			
17	Galvaniz şerit malzemenin montajının yapılması	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
18	Konstrüksiyon üzerine galvaniz şerit malzemesinin şarjlı matkap ile sabitlenmesi	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
19	Tüm masa aralarından geçen iletkenin birleştirilmesi	3	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
20	Galvaniz şerit malzemesinin masa aralarında makara açma yöntemiyle açılması			4. Korumalı kesici alet kullan.
21	Galvaniz şerit malzemesinin kazı kablo hattı ile birleştirilmesi			
22	Panel evirici ve pano alanlarında tüm galvaniz şeritlerin birbiriyle bağlantılandırılması			
23	Bağlantıları yapılmış topraklama elemanının evirici bölgesine alınması			

24	Sistemin panolara ve eviricilere entegre edilmesi	1	Uzuv yaralanmaları	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
25	Şeritin GES panosu topraklama barasına sabitlenmesi	2	Yük taşıma kapasitesinin aşılması	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
26	Evirici ve pano alanına getirilen monotel malzemenin pabuçlanması	3	İmalatın diğer iş kalemlerini engellemesi	3. Ani hareketlerden kaçın.
27	Evirici ve pano alanına getirilen monotel malzemenin eş potansiyel baraya sabitlenmesi			4. Korumalı kesici alet kullan.
28	Sarı yeşil topraklama kablosunun kesilmesi ve iki ucunun pabuçlanması			5. Dizlik kullan
29	Hazırlanan topraklama kablosunun eş potansiyel baraya montajı			6. El gücü ile bağlantı sağlamlıklarını kontrol et
30	Hazırlanan topraklama kablosunun GES panosu topraklama barasına sabitlenmesi			7. İzolasyon eksiklerini gözle kontrol et
31	Eviricilerin topraklama klemenslerine sarı yeşil kablunun sabitlenmesi			
32	Sarı yeşil topraklama kablosunun kesilmesi ve iki ucunun pabuçlanması			
33	Montaj işlemleri sonunda genel temizliğin yapılması	1	İşyeri tertip ve düzen aksaklıkları	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.
34	Açılan paketlerin artıklarını çuvallara topla ve uygun bir alana istifle	2	İş sağlığı uygunsuzlukları	2. TS EN 12083 standartlı toz maskesi kullan

35	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvalla uygun bir alana istifle	3	Ergonomi	3. TS EN 166/ TS EN 170 gözlük kullan
36	Artan malzemeleri insan gücüyle topla palet üzerine diz	4	Uzuv yaralanmaları	4. İş eldiveni kullan.
37	Geri dönüşüme gidecekleri uygun alanlara dağıt	5	Diğer işlere engel olunması	5. İstif yapılmış malzeme alınacak yeri izin alınarak belirle.
				6.Çevrede çalışan ve malzeme olmaması için gerekli tedbirleri al.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2.7. Evirici ve Pano Montaj İşleri

Arazi tipi santrallerde evirici alanları genelde arazinin uygun bölgelerinde ve kablo çekim mesafesinin en optimum noktasında konumlandırılır. Evirici alanında bulunan evirici sayısına bağlı olarak GES panoları da uygun noktalarda en optimum şartları sağlayacak şekilde konumlandırılırlar. Bu alanlar dış ortam şartlarına maruz kaldığından projenin coğrafi şartlarına göre değişkenlik gösterebilecek olmasıyla birlikte genelde üstü kapalı ve çevresi çit ile çevrilmiş alanlar şeklinde imal edilir. Yerler belirlenip alanlar yapısal olarak hazırlandıktan sonra evirici ve GES pano montajları gerçekleştirilir. Bu aşamanın çatı tipi santrallerde yapılan uygulamadan herhangi bir farkı bulunmamaktadır. Süreçteki olası İSG riskleri ve gerekli önlemler Tablo 4.17’de detaylandırılmıştır.

Tablo 4. 17: Evirici ve Pano Montaj İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (EVİRİCİ VE GES PANO MONTAJI)			
PROJE ADI		:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Evirici ve GES Pano Alanı
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Evirici ve GES Pano Montajı ve Bağlantılar
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER

1	Eviricilerin karkaslarının hazırlanması	1	Uzuv yaralanması	1.Çalışma sahasında döner kısımlara kapılacak saat kolye ve benzeri aparatlar kullanma
2	Karkasın duvara ve zemine çekiç ve şarjlı matkap ile sabitlenmesi	2	Matkabın döner aksamına kapılma	2.Kolları sarkık kıyafetler bol elbiseler giyme
3	Dübelleme yapılması ve sağlamlaştırma işleminin yapılması	3	Elektrik tehlikesi	3.Etrafta insan bulunmadığından emin ol.
4	Evirici paketlerinin açılması ve taşınması	4	Bel incinmesi ergonomik rahatsızlık	4.Çalışma alanını bariyerle
5	Eviricilerin asılması	5	Taşıma kapasitesinin aşılması	5.EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
6	Asılan eviricilerin sabitlenmesi	6	Malzeme düşmesi devrilmesi	6.EN 166/EN 170 gözlük kullan
				7.Ani hareketlerden kaçının. 8.Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et. 9.Malzemeleri taşırken 25 kg dan fazla yük taşıma çoklu taşıma yap 10.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
7	GES Panolarının alana taşınması ve paketlerinin açılması	1	Uzuv yaralanması	1.Çalışma sahasında döner kısımlara kapılacak saat kolye ve benzeri aparatlar kullanma
8	GES Panolarına ait sehpalarmontajları	2	Matkabın döner aksamına kapılma	2.Kolları sarkık kıyafetler bol elbiseler giyme
9	Sehpalarmontajları zemine çekiç ve şarjlı matkap ile sabitlenmesi	3	Elektrik tehlikesi	3.Etrafta insan bulunmadığından emin ol.
12	Dübelleme yapılması ve sağlamlaştırma işleminin yapılması	4	Bel incinmesi ergonomik rahatsızlık	4.Çalışma alanını bariyerle

11	Pnaoların sehparların üzerine kaldırılması	5	Taşıma kapasitesinin aşılması	5.EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
12	Panoların sehpayaya sabitlenmesi	6	Malzeme düşmesi devrilmesi	6.EN 166/EN 170 gözlük kullan
13	Kablo kanalı sonlandırma işlemlerinin yapılması			7.Ani hareketlerden kaçının. 8.Malzemelerin devrilme riskine karşı malzemeleri gözle kontrol et. 9.Malzemeleri taşırken 25 kg dan fazla yük taşıma çoklu taşıma yap 10.EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
14	Montaj işlemleri sonunda genel temizliğin yapılması	1	İşyeri tertip ve düzen aksaklıkları	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.
15	Açılan paketlerin artıklarını çuvallara topla ve uygun bir alana istifle	2	İş sağlığı uygunsuzlukları	2. TS EN 12083 standartlı toz maskesi kullan
16	Proje esnasında artan sarf malzemeleri çuvalla uygun bir alana istifle	3	Ergonomi	3. TS EN 166/ TS EN 170 gözlük kullan
17	Artan malzemeleri insan gücüyle topla palet üzerine diz	4	Uzuv yaralanmaları	4. İş eldiveni kullan.
18	Geri dönüşüme gidecekleri uygun alanlara dağıt	5	Diğer işlere engel olunması	5. İstif yapılmış malzeme alınacak yeri izin alınarak belirle.
				6.Çevrede çalışan ve malzeme olmaması için gerekli tedbirleri al.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.2.8. Elektriksel Bağlantı İşleri

Elektriksel bağlantı aşaması bir santralin imalat ve montaj anlamında son aşamasıdır. Bu aşamaya kadar getirilen santral bu işlemlerin de tamamlanmasının ardından artık test ve devreye alma aşamasına hazır hale gelecektir. Çatı tipi bir santralde yapılan

adımlardan ve montaj işlemlerinden farklı bir imalat kalemi bulundurmeyen bu süreç esasında elektrikle ilgili tüm projelerde aynıdır. Her ne kadar bu süreçler hemen hemen her projede aynı iş adımlarını içeriyor olsa da İSG açısından değerlendirildiğinde karşılaşılabilecek riskler ve ilgili tedbirleri Tablo 4.18’de belirtilmiştir.

Tablo 4. 18: Elektriksel Bağlantı İşleri Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (ELEKTRİKSEL BAĞLANTILAR)				
PROJE ADI		:	Arazi Tipi Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Evirici ve Panolar	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Evirici ve Pano Alanları	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER		ALINACAK ÖNLEMLER
1	Doğru akım (DC) kablo bağlantısı yapılması	1	Uzuv yaralanması	1. İzolasyon Megeri ve Voltmetre aletleriyle çalışmalarda iş güvenliği işbaşı eğitimi verildiğinden emin ol
2	Eviriciye DC kablunun bağlanması	2	Yanlış test sonucu	2. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
3	Kablolarla etiketleme yapılması	3	Malzeme düşmesi	3. EN 166/EN 170 gözlük kullan
4	Kabloların evirici tarafına konnektör montajı yapılması	4	Kablunun sıkışması	4. El ölçüm aletleri kullanımında ani hareketlerden kaçın.
5	Çekilen DC kabloların konnektör çakım işlemi için yan keski ve konnektör sıkma aleti kullanılması	5	Elektrik çarpması	5.Korumalı kesici alet kullan
6	Bağlanan konnektörlerin evirici tarafında bağlanması			
7	Kablunun izolasyon testinin yapılması			

8	Kablonun kısa devre tetinin yapılması			
9	Kablo kanalı dışında kalan ilgili kabloların spiral boru içinden geçirilmesi.			
10	Alternatif akım (AC) kablo bağlantısı yapılması	1	Uzuv yaranması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
11	Kablo uçlarının sıkma pensesi ile pabuçlanması	2	Yanlış test sonucu	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
12	Kabloların etiketlenmesi	3	Malzeme düşmesi	3. Pabuç sıkma makinası ve korumalı maket bıçağı ile güvenli çalışma eğitimi ver.
13	Kablo başlarının kablo kesme makasıyla kesilmesi	4	Kablonun sıkışması	4. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
14	Kabloların kesici alet ile soyulması	5	Elektrik çarpması	5. El ölçüm aletleri kullanımında ani hareketlerden kaçın.
15	Kablonun izolasyon tetinin yapılması			6.Korumalı kesici alet kullan
16	Kablonun kısa devre tetinin yapılması			7.Çalışma alanını uyarı levhaları ile korumaya al
17	Pabucun üstüne makaronun yerleştirilmesi ve pürmüz ile kabloya yapıştırılması.			
18	Şalter ayağındaki bakır bayrakların sağlamlık kontrolü			
19	Kabloların baralara cıvata somun ile tutturulması			
20	Tutturulan kabloların anahtarla sıkılması ve tork kontrolü			

21	Mevcut sistem entegrasyon bağlantılarının yapılması	1	Uzuv yaralanması	1. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
22	Enerjinin kesilmesi ve izolasyon kontrolü	2	Yanlış test sonucu	2. EN 166/EN 170 gözlük kullan
23	Çalışılacak panolarda elektrik olmadığından emin olunması ve gerekli önlemler	3	Malzeme düşmesi	3. Pabuç sıkma makinası ve korumalı maket bıçağı ile güvenli çalışma eğitimi ver.
24	Hazır olan kablonun mevcut şalterin ayaklarındaki deliklere geçirilmesi	4	Kablonun sıkışması	4. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
25	Kablonun cıvata somun yardımıyla şalter ayağına sabitlenmesi	5	Elektrik çarpması	5. El ölçüm aletleri kullanımında ani hareketlerden kaçın.
26	Kısa devre kontrollerinin yapılması	6	Kafa çarpması	6.Korumalı kesici alet kullan
27	Tüm bağlantıların kontrol edilmesi			7.Çalışma alanını uyarı levhaları ile korumaya al
28	Tekrar enerjilendirme için iletişimin sağlanması			8.Enerji kesme prosedürlerini uygula
29	Enerjinin verilmesi ve şalter pozisyonlarının kontrolü			9.Enerjilendirme prosedürlerini uygula
30	Nötr ve toprak bağlantılarının kontrolü			10.Şalter konumlarını sırası ile selektif kapalı konumlarına getir
31	Montaj ve bağlantı sonrası artan malzemelerin toplanması	1	Trafik kazası	1. Taşıma işi esnasında 25 kg dan fazla yük taşıma.
32	Malzemelerin ayrıştırılması	2	Yaya ve araç trafiği	2. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
33	Geri dönüşüm alanına transfer edilmesi	3	Malzeme düşmesi veya devrilmesi	3. Dizlik kullan
34	Bariyerlerin ve uyarı levhalarının kaldırılması	4	Etrafta insan bulunması	4. İş eldiveni kullan.

35	El aletlerinin çantalarına koyularak tekrar kullanım için depolanması	5	Taşıma kapasitesinin aşılması	
		6	Malzemeye el aletlerine zarar gelmesi	

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.3. Çatı ve Arazi Tipi Güneş Santrallerinde İş Emniyet Analizi

Güneş enerji santralleri fizibilite, projelendirme, uygulama ve devreye alma süreçleri ile birlikte tümünden ele alındığında bir yapım işi olarak sınıflandırılmaktadır. Uygulama süreci boyunca hem inşaat hem elektrik hem de mekanik imalatları bünyesinde barındırır. Tamamlanmaya yönelik her bir iş adımı yapım işlerinin alt kollarının uzmanlıkları ile ilerleyen bu sektörde ortak birçok uygulama bulunmaktadır. Bu durum ortak uygulamaların çokluğu dolayısı ile iş yapım esnasında oluşabilecek ortak riskleri ve bu risklere yönelik ortak tedbirleri beraberinde getirir. Bu bölümde hem çatı hem de arazi güneş santralleri için aynı iş adımlarını içeren çalışmalara ait riskler beraber değerlendirilecektir. Test ve devreye alma aşamaları süreci projenin boyutu ve tipinden bağımsız olarak her aşaması aynı ancak projenin büyüklüğüne göre tekrar sayısı değişen bir aşamadır. Yine hemen hemen tüm yapım projelerinde kullanılan el aletlerine ait riskler ve tedbirleri işin nerede yapıldığına göre değişmez ve ortak değerlendirilebilir. Bunlara ilave olarak malzeme indirme ve yüklemeye kullanılan vinçler personel yükselticiler ve ortaya çıkabilecek risklerle tedbirleri ortak değerlendirilecektir.

4.4.3.1. Test ve Devreye Alma İşleri

Test ve devreye alma süreçlerinin başlaması bir projede sona yaklaşıldığının habercisidir. Bir güneş santrali kurulumunda test aşamasına gelmiş olmak kendinden önceki iş adımlarının tamamlanmış olması anlamına gelmektedir. Bu süreçte öncelikle teknik şartnamelerin gerektirdiği testler ile ilgili dağıtım şirketinin istediği testler sırasıyla hemen hemen kullanıma hazır hale gelen santralde uygulanır. Bu aşamada yapılan testler kadar kullanılan test cihazları da önemlidir. Bu aşamaya geçmeden önce gerekli test cihazları temin edilmeli bakımları yaptırılmalıdır. Test aşamasının

tamamlanmasıyla birlikte devreye alma süreci başlar ve gerekli prosedürler uygulanarak devreye alınan sistem işletilmeye başlanır. Bu süreçte ortaya çıkması muhtemel İSG riskleri ve bu risklerin ortadan kaldırılması için gerekli tedbirler Tablo 4.19’da belirtilmiştir.

Tablo 4. 19: Test ve Devreye Alma Aşamasına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (TEST VE DEVREYE ALMA)			
PROJE ADI		:	Güneş Santrali Kurulumu
ÇALIŞMA ALANI		:	Tüm Prosesler
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	Sistemin Test ve Devreye Alma İşlemlerinin Yapılması
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER	ALINACAK ÖNLEMLER
1	DC Kabloların test edilmesi	1 Çalışanların yetkinliklerinin olmaması	1.Tüm çalışanların yetkinlik belgelerini kontrol et
2	Kabloların izolasyon testinin meger ile yapılması	2 Çalışanların ilgili belgelere sahip olmaması	2.Çalışma alanını sınırlandır, gereksiz kişilerin girmesini engelle
3	Kabloların kısa devre testinin avometre ile yapılması	3 Elektrik çarpması	3.Çalışma alanında yangın tüpü bulundur
4	Etiketlemelerin proje uygunluğunun kontrol edilmesi	4 Yangın riski	4.Çalışma alanında yangın battaniyesi bulundur
5	Kablo klemens bağlantılarının fiziki kontrolü	5 Uzuv yaralanması	5. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
		6 Yanlış ölçüm alınması	6. EN 166/EN 170 gözlük kullan
			7. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
			8.Ekipte ilk yardım eğitimi almış çalışan bulundur

				9.Acil durumlar hakkında bilgilendirme yap
				10.Cihazların bakım ve kalibrasyonlarının periyodik olarak yaptırıldığından emin ol
6	AC Kabloların test edilmesi	1	Çalışanların yetkinliklerinin olmaması	1.Tüm çalışanların yetkinlik belgelerini kontrol et
7	Kabloların izolasyon testinin meger ile yapılması	2	Çalışanların ilgili belgelere sahip olmaması	2.Çalışma alanını sınırlandır, gereksiz kişilerin girmesini engelle
8	Kabloların kısa devre testinin avometre ile yapılması	3	Elektrik çarpması	3.Çalışma alanında yangın tüpü bulundur
9	Etiketlemelerin proje uygunluğunun kontrol edilmesi	4	Yangın riski	4.Çalışma alanında yangın battaniyesi bulundur
10	Kablo klemens bağlantılarının fiziki kontrolü	5	Uzuv yaralanması	5. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
11	Şalter pozisyonlarının kontrolü	6	Yanlış ölçüm alınması	6. EN 166/EN 170 gözlük kullan
12	Enerjinin kesildiğinden emin ol			7. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan.
13	Tork değerlerinin kontrol edilmesi			8.Ekipte ilk yardım eğitimi almış çalışan bulundur
14	Karkasların ve baraların gözle kontrolü			9.Acil durumlar hakkında bilgilendirme yap
15	Temizlik kontrolü			10.Cihazların bakım ve kalibrasyonlarının periyodik olarak yaptırıldığından emin ol
16	Topraklama ölçüm ve testleri	1	Çalışanların yetkinliklerinin olmaması	1.Tüm çalışanların yetkinlik belgelerini kontrol et

17	Megeri kullanım kılavuzuna uygun kurarak ölçme	2	Çalışanların ilgili belgelere sahip olmaması	2.Çalışma alanını sınırlandır, gereksiz kişilerin girmesini engelle
18	Geçiş dirençlerinin ölçülmesi	3	Uzuv yaralanması	3. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
19	Bara sabitleme kontrollerinin yapılması	4	Yanlış ölçüm alınması	4. EN 166/EN 170 gözlük kullan
20	Kopukluk testlerinin yapılması			5. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan. 6.Cihazların bakım ve kalibrasyonlarının periyodik olarak yaptırıldığından emin ol
21	Devreye alma aşaması	1	Çalışanların yetkinliklerinin olmaması	1.Tüm çalışanların yetkinlik belgelerini kontrol et
22	Tüm bağlantıların el ile kontrol edilmesi	2	Çalışanların ilgili belgelere sahip olmaması	2.Çalışma alanını sınırlandır, gereksiz kişilerin girmesini engelle
23	Pano içlerinde malzeme kalmaması	3	Elektrik çarpması	3.Çalışma alanında yangın tüpü bulundur
24	Şalter ayarlarının kontrol edilmesi	4	Yangın riski	4.Çalışma alanında yangın battaniyesi bulundur
25	Gerekli izinlerin alınması	5	Uzuv yaralanması	5. EN 388 (F) standartlarına sahip mekanik dirençli iş eldiveni kullan.
26	Enerjilendirme	6	Hatalı bağlantı sonucu açmalar	6. EN 166/EN 170 gözlük kullan
		7	Kısa devre arkları	7. EN 345 standartlarına sahip S3 iş ayakkabısı kullan. 8.Ekipte ilk yardım eğitimi almış çalışan bulundur 9.Acil durumlar hakkında bilgilendirme yap

		10.Cihazların bakım ve kalibrasyonlarının periyodik olarak yaptırıldığından emin ol
--	--	---

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.3.2. El Aletleri Kullanımı

Güneş santrallerinin her bir elemanının montajı bağlantıları testleri ve devreye alma aşamalarında birçok el aleti kullanılması zaruridir. Hepimizin bildiği pense, yan keski, tornavida gibi aletlerin yanında yine hepimizin bildiği elektrikli matkap gibi aletler çokça kullanılırken bazı aşamaların kendine özgü el aleti bulunmaktadır. Örneğin bir AC kablonun çekilme işlemi tamamlandıktan sonra pabuçlanması için hidrolik pabuç sıkma penseni kullanılır. Bu ve bunun gibi birçok alet kullanılırken birçok İSG riski ile de karşılaşmaktadır. Bu aletlere ait riskler ve alınabilecek tedbirler Tablo 4.20’de gösterilmektedir.

Tablo 4. 20: El Aletleri Kullanımına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (EL ALETLERİ KULLANIMI)				
PROJE ADI		:	Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Tüm Proje Aşamaları	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	El Aletleri Kullanımı	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER		ALINACAK ÖNLEMLER
1	El aletleri ile yapılan işlemler	1	Parça fırlaması	1.Kullanılan bütün el aletleri standartlara uygun ve hasarsız olduğunu kontrol et
2	Cıvata somun sıkma	2	Görme kaybı	2.Hasarlı aletleri kullanma
3	Metal kesme	3	Uzuv yaralanması	3.El aletlerini amacı dışında kullanma
4	Delme çakma işlemleri	4	Elin sıkışması	4.El aletlerini düzgün muhafaza et ve çalışma alanında bırakma

5	Birleştirme işlemleri	sıkıştırma	5	Takılma düşme	5.Elektrik kabloları kişilerin takılıp düşmesine engel olacak şekilde izole et .
			6	Elektrik çarpması	6.Yerde bulunan kabloların görünmesi için ikaz işaretleri koy
			7	Yangın riski	7.Elektrik kabloları kapı geçişlerinde sıkışmaya karşı izole et
			8	Kısa devre riski	8.Elektrik makaraları tamamen açarak kullan.
					9.Elektrik kablolarını molalarda fişten çıkart.
					10.Seyyar kablo ve elektrikli araçların kontrol tarihlerine bak uygun olmayanları ile çalışma yapma
					11.Elektrik ihtiyacı kaçak akım rölesinden sağla. Kullanım öncesi test butonu ile test et
					12.Elektrikli ekipmanları korumaları ile birlikte kullan

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

4.4.3.3. İş Makineleri Kullanımı

Bir santral kurulumu için çeşitli ebat ve ağırlıklarda birbirinden farklı birçok malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu malzemeler proje devam ederken belirli süreler içinde proje sahasına oradan da çalışma alanına getirilmek zorundadır. Bu transferleri yaparken çeşitli iş makinelerini kullanmak zorunludur. Güneş enerji santrallerinde yoğunlukla kullanılan vinç ve personel yükseltici platform kullanımları esnasında karşılaşılabilecek İSG riskleri ve tedbirleri Tablo 4.21’de değerlendirilmiştir.

Tablo 4. 21: İş Makineleri Kullanımına Ait İş Emniyeti Analizi

İŞ EMNİYETİ ANALİZİ FORMU (İŞ MAKİNELERİ KULLANIMI)				
PROJE ADI		:	Güneş Santrali Kurulumu	
ÇALIŞMA ALANI		:	Tüm Proje Aşamaları	
YAPILACAK İŞİN TANIMI		:	İş Makineleri Kullanımı	
SIRA NO	YAPILACAK İŞİN ADIMLARI	OLASI RİSKLER		ALINACAK ÖNLEMLER
1	Personel yükseltici cihaz kullanımı	1	Devrilme sonucu yaralanma ve ölüm	1.Cihaz sadece yetkilendirilmiş personel tarafından kullandır.
2	Tavanda montaj işlemleri yapılması	2	Emniyet kemeri kullanılmaması sonucu yaralanma	2.Tam vücut tipi emniyet kemerini, sepetin içindeki ankraj noktasına bağla
3	Yüksek alanlarda montaj işlemleri yapılması	3	Uzuv yaralanmaları	3.Geçişlerde çift halatın birini geçilecek noktaya, diğerini ise sepete bağla
		4	Yüksekten düşme	4.Günlük kullanıcı olarak Personel taşıyıcıyı kontrol et.
		5	Maddi hasar	5.Her üç ayda bir yetkin kurumlarca kontrolünün yapıldığına ait onay belgesini kontrol et
		6	Parça düşmesi sonucu yaralanma veya ölüm	6.Kullanım sırasında şarja bağlama.
		7	Askıda kalma riski ergonomik problemler	7.Cihaz yukarıdayken hareket ettirme.
				8.Cihaz çalışırken maksimum yüksekliği kadar alanı izole et insan girişini engelle
				9.Cihazın altında çalışma.
				10.Cihazdan sarkma. cihazın koruma bariyerine basarak çalışma yapma.

				11.200 kilodan fazla yük ile kaldırma
				12. Baret , iş Ayakkabısı, iş eldiveni ve reflektif yelek kullan.
4	Vinç kullanarak malzeme indirilmesi	1	Malzemenin düşmesi	1. Vinç için sahaya giriş prosedürünü tamamla.
5	Çalışma alanının bariyer ile çevrilmesi	2	Malzemenin çarpması	2. Vinç girişi için refakatçi gönder.
6	Vincin kurulması	3	Yüksekten düşme	3. Vinci içeri al ve belirlenen güzergâhtan belirlenmiş stok alanına getir.
7	Sapan bağlantılarının yapılması	4	Uzuv yaralanmaları	4. Vinci operasyon için belirlenen alanda güvenli şekilde konumlandır.
8	Malzemenin indirilmesi veya yüklenmesi	5	Maddi hasar	5. Vinç imdat frenini çek.
9	Vincin toplanması	6	Parça düşmesi sonucu yaralanma veya ölüm	6. Vincin imdat freninin çekildiğini kontrol et.
10	Malzemelerin toplanması			7. Vincin hareket etmesini önlemek amacıyla takozla.
				8. Vincin ayaklarını aç.
				9. Vincin ayaklarını takoz üzerine bindir.
				10. Ayaklarının tam açıldığını ve takozlandığını kontrol et.
				11. Vincin tüm fonksiyonlarının çalıştığını kontrol et.
11	Vincin gönderilmesi	1	Malzemenin çarpması	1. Hava şartlarının kaldırma/indirme operasyonu için uygunluğunu kontrol et.
		2	Trafik kazası	2. Operasyon alanında kimseyi bulundurma ve başka bir operasyon yaptırma.

		3	Yaya ve araç trafiği	3. Vincin bomunu kapalı hale getir.
				4. Vincin ayaklarını kapat.
				5. Takozlarını aldığını kontrol et.
				6. Araç kullanırken emniyet kemeri tak.
				7. Çalışma sahasında hız sınırlarına ve trafik kurallarına uy.
				8. Vinci giriş yapılan güzergahtan dışarı çıkar.
12	Uyulması gereken genel kurallar	1	İş kazası	1. Personel çalışma alanında içeceği suyu yanında taşıyabilir.
		2	Acil durum ihlali	2. Personel sadece belirlenmiş olan noktalarda sigara içebilir.
				3. Personel çalışma alanı uyarı anonslarına uymak zorundadır.
				4. Personel yürüyüş yollarını kullanarak gideceği yerlere gidebilir.
				5. Personel çalışma alanında kişisel donanımını giymek zorundadır.
				6. Personel yapacağı iş doğrultusunda ekstra giyeceği güvenlik donanımlarını çalışma esnasında giymek zorundadır.
				7. Personel yetkisi olmadığı yere giremez.
				8. Olası tehlike durumlarda personel gösterilen toplanma alanlarına gitmelidir.
				9. Personel çalışma sahasında araç kullanırken hız limitlerine uymak zorundadır.

		10. Personel günlük saha riski yapmak zorundadır.
		11. Personel çatıda uçma riski olan malzemeleri sabitlemek zorundadır.
		12. Çöpler evsel plastik kağıt ve tehlikeli olmak üzere ayrıştırılmalıdır.
		13. Çalışanlar yalnızca kullanımına onay verilmiş kesici aletler kullanılmalıdır.
		14. Çalışanlar çalışma alanında sarkık ve bol elbiseler giyilmemeli, önlük, kravat, yüzük, kolye, künye takmamalıdır.

Kaynak: Araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

SONUÇ

Güneş enerji santralleri kurulum kolaylığı, yatırımın makul sürede geri dönüyor olması, karbon ayak izinin azalmasına olan ciddi katkısı ve en önemlisi her gün artan enerji ihtiyacına sınırsız bir kaynaktan katkı yapması nedenleri ile günden güne hayatımızda daha fazla yer edinmektedir.

Çatı tiplerinde kurulduğu binanın elektrik sistemine, arazi tipinde ise yasal mevzuatlara uygun şekilde ulusal elektrik şebekesine entegre olarak elektrik üretimine katkı sağlayan bu sistemler projenin kurulu gücü, panel sayısı, çatı veya arazi alanı, coğrafi konumu gibi parametrelere bağlı olarak üç ile altı ay arası sürelerde tamamlanarak devreye alınmaktadır.

Çalışmamız bir güneş enerji santralinin kurulum ve devreye alma aşamalarını İSG açısından değerlendirirken öncelikle işin türünden bağımsız olarak İş Sağlığı ve Güvenliği kavramının tanımı ve detaylarını, uygulama kısmındaki yasal düzenlemeleri iki kavramın birbirini etkilemesi muhtemel alanları ile detaylandırmıştır. Sonrasında güneş enerjisi kavramı ve ülkemizin güneşten enerji üretimindeki durumu araştırılarak çalışmamıza eklenmiştir.

Bir güneş enerjisi santrali kurulurken kullanılması gereken malzemeler, bu malzemeleri kullanıma hazır hale getirmek için gereken montaj süreçlerinde kullanılan el aletleri ve kişisel koruyucu donanımlar ve bunlara ait yerel ve uluslararası standartlar tarif edilmiştir.

İş Emniyeti Analizinin temel prensibi olan işi olabildiğince alt adımlara bölme süreci bir santralin iş zaman tablosu hazırlanarak ana kalemlerinin belirlenmesiyle başlatılmıştır. Sonrasında işin yapım sürecinde belirtilen her bir ana iş kalemi detayları ile tarif edilmiş ve o ana iş kalemi sürecine ait tüm aşamalar bir alt iş adımına bölünerek her bir adıma ait olası İSG riskleri ve önlemleri iş emniyet analizi standardında tablo haline getirilmiştir. Bu çalışma santral kurulumu sürecinin başlaması ile birlikte ön hazırlık aşamasında çatı ve arazi için 21 alt iş adımına; konstrüksiyon montaj süreci için çatı tipinde 18, arazi tipinde 28 alt iş adımına; Panel montaj süreci için çatı ve arazi tipinde 11 alt iş adımına; kablo kanalları montaj süreci için çatı tipinde 19 arazi tipinde 27 alt iş adımına; kablo çekim işlerinde çatı tipinde 41, arazi tipinde 31 alt iş adımına; topraklama işleri montaj sürecinde çatı ve arazi için 37 alt iş adımına; evirici ve pano montajları aşamasında çatı tipi için 16, arazi tipi için

18 alt iş adımına; bağlantı ve devreye alma süreçleri için 35 iş adımına ayrılmıştır. İki santral tipinde de aynı riskleri taşıyan test ve devreye alma aşaması 26 alt iş adımına, el aletleri kullanımı 5 alt iş adımına, gerekli iş makineleri kullanımı 12 alt iş adımına ayrılmak üzere toplam süreç 449 adıma indirgenmiştir.

Genelde mühendislik proje ve üretim süreçlerinde kullanılan Hata Modu ve Etkileri Analizi yöntemi sürekli aynı olarak devam eden iş adımlarını detaylandırdığından ölçme ve derecelendirme imkânı tanımaktadır. Ancak güneş santralleri kurulumunda her bir iş adımı her bir projede bir defa gerçekleştirildiğinden işler pratik anlamda daha fazla detaylandırılmalı ve gerekli risk ve önlemlerde uygulamaya yönelik olarak hazırlanmalıdır.

Yapılan araştırmada güneş santralleri kurulumu ile ilgili böylesine detaylı bir çalışmaya rastlanılmamış olup genelde İş Emniyeti Analizi yöntemi tarif edilmiş ve ana iş kalemlerine ait genel geçer riskler belirtilmiştir. Oysa ki bir ana iş sürecinin imalatı ve yapımı esnasında gerçekleştirilen her adıma ait eylemler farklıdır ve bu her eylem farklı bir İSG riski taşımaktadır.

Çalışmamızın bundan sonraki süreçte kurulacak güneş santrallerinin iş güvenliği sürecinde bir rehber niteliği taşıması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Aydın, C. (2023). İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Kültür Yeterliliği : Konya İli Örneği. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Konya.
- Aydos, M. R. (2015). Üst Yapı İnşaatlarında Ön Tehlike Analizi (PHA) İle Risk Değerlendirmesi. 63. Ankara: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Başbuğ, A. (2005). *İş Hukuku*. Ankara: Birlik Matbaası.
- Besbey Enerji. (2022). www.besbeyenerji.com: <https://besbeyenerji.com/cati-tipi-gunes-enerji-santralleri/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 17 Şubat 2024)
- ÇSGB. (2024). 04 18, 2024 tarihinde www.guvenlisler.csgb.gov.tr adresinden alındı
- EAE Elektrik. (2024). www.eae.com.tr: <https://www.eae.com.tr/kablo-kanallari-genel-bilgi> adresinden alındı (Erişim tarihi: 17 Nisan 2024)
- Enerji Dünyası. (2024). www.enerji-dunyasi.com: https://www.enerji-dunyasi.com/yayin/324/turkiye-nin-gunes-enerjisi-kurulu-gucu-ilk-kez-12-bin-mw-i-asti_33650.html adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Mart 2024)
- GEPA. (2024). www.enerji.gov.tr: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Güneş Dükkan. (2024). www.gunesdukkkan.com: <https://www.gunesdukkkan.com/alfa-solar-455-watt-gunes-paneli-monokristal> adresinden alındı (Erişim tarihi: 10 Nisan 2024)
- ILO. (2016). *İş Sağlığı ve Güvenliği Türkiye* (1 b.). Ankara: ILO Türkiye Ofisi.
- İş Güvenliği. (2016). www.isguvenligi.net: <https://www.ismont.com.tr/baret-nedir-teknik-ve-tasarim-ozellikleri> adresinden alındı (Erişim tarihi: 03 Mayıs 2024)
- Karadağ, E. (2018). Muğla Bölgesindeki Güneş Enerjisi Santrallerinin İş Sağlığı ve GüvenliğiYönünden L Tipi Matrisle Değerlendirilmesi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Muğla: T.C. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Küçük, İ. (2019). Konut Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği : Çalışanların Risk Farkındalığı Üzerine Bir Uygulama. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Esenyurt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- OSTİM. (2023). [www.ostim.org.tr: https://www.ostim.org.tr/ankatek-elektrik-san-ve-tic-ltd-sti/topraklama-malzemeleri](https://www.ostim.org.tr/ankatek-elektrik-san-ve-tic-ltd-sti/topraklama-malzemeleri) adresinden alındı (Erişim tarihi: 11 Mart 2024)
- Öçal, Ö. Ç. (2016). Dünyada ve Türkiyede İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi . *HAK İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 109-111.
- Öz, S. M. (2021). İş Sağlığı ve Güvenliğinin Performans Yönetimi Üzerindeki Etkisi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Tekirdağ: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özbektaş, S. &. (2023). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Durumu ve Kurulum Maliyetleri. *Mühendis ve Makina Dergisi, Engineer and Machinery*, 64, 711, 317-351.
- Özbektaş, S., Şenel, M. C., & Sungur, B. (2023). Dünyada ve Türkiyede Yenilenebilir Enerji Durumu ve Kurulum Maliyetleri . *Mühendis ve Makina*, 333-337.
- REWS. (2024). [www.rews.com: www.rews.com/dunyada-ve-turkiyede-gunes-enerjisi-sektoru-mart-2024](http://www.rews.com) adresinden alındı (Erişim tarihi: 06 Mart 2024)
- Saygun , M. (2019). Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi İş ve Meslek Hastalıkları Seminer Programı. İş Sağlığı Güvenliği ve Meslek Hastalıkları Konularında Uluslararası Yaklaşımlar Bildirisi, 12-18.
- SGK. (2023). www.sgk.gov.tr. adresinden alındı (Erişim tarihi: 16 Nisan 2024)
- Sümer, H. H. (2019). *İş Sağlığı ve Güvenliği Hukuku* . Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- TÜİK. (2023). TÜİK: www.tuik.gov.tr adresinden alındı (Erişim tarihi: 02 Nisan 2024)

ÖZ GEÇMİŞ

Burhan TÜRKYILMAZ

A. EĞİTİM

Lise: İstanbul İmam Hatip Lisesi (1988-1995)

Üniversite (Lisans): İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği, (1996-2002)

Üniversite (Yüksek Lisans): İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği, (2015-Devam ediyor.)

B. MESLEKİ DENEYİM

2014-Devam ediyor. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Elektrik Mühendisi.

- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Merkezi Derslik Binası 12.732 Metrekare Kapalı Alanlı**, Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi. Yapı Tamamlanma Yılı 2023
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Teknopark İdare Binası 23.000 Metrekare Kapalı Alanlı**, Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi Yapı Tamamlanma Yılı 2021
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Yemekhane Binası Yapım İş / 3814 Metrekare Kapalı Alanlı**, Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi Yapı Tamamlanma Yılı 2018
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Kütüphane Binası / 10.426 Metrekare Kapalı Alanlı**, Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi, Tamamlanma Yılı 2018
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Stadyum ve Tribün Binaları Yapımı İş / Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi Yapı Tamamlanma Yılı 2018**

- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Cami Yapısı** / 3654 Metrekare Kapalı Alanlı Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi / Tamamlanma Yılı 2018
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Yabancı Diller Yüksek Okulu Yapısı / 10.055 Metrekare Kapalı Alanlı** Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi / Tamamlanma Yılı 2016
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Uluslararası İslam Ekonomisi Finansı ve Araştırma Merkezi Binası Yapım İşi / 4772 Metrekare Kapalı Alanlı** Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi / Tamamlanma Yılı 2016
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **Misafirhane Binaları Yapım İşi / 1940 Metre Kare Kapalı Alanlı 2 Blok Konut Binası** Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi / Tamamlanma Yılı 2015
- İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi **1. Etap Eğitim Fakültesi, Kız ve Erkek Öğrenci Yurtları Yapım İşi/ Toplam 28.500 Metrekare Kapalı alanlı 2 Adet Yurt ve 1 Adet Fakülte Binası** Komple Kuvvetli ve Zayıf Akım Sistemleri Projelendirme, İhale, Yapım, Kontrol ve İşletimi / Tamamlanma Yılı 2015

02/2013-02/2014. Prizma Endüstriyel Enerji Ltd. Şti. Koordinatör

- Teklif hazırlama süreçlerinin takibi, yeni müşteri arayışlarına ve yeni sektörlere verilmesi muhtemel teknik hizmet arayışlarına destek, firma vizyonunun genişletilmesi.
- **Bomonti Hilton Otel** Dış Cephe, Peyzaj ve İç Nitelikli alanlar Aydınlatma Montaj İşleri.
- Sektörde öncü aydınlatma firmalarına montaj desteği sağlanması ve bu anlamda yeni bir iş kolu oluşturulmasına yönelik önemli çalışmalar.

04/2003-02/2013. Omega Elektrik Mühendislik Ltd. Şti. Proje Yöneticisi

- Teklif hazırlama, müşteri taleplerine göre yerinde keşif, projelendirme ve tekliflendirme çalışmaları, ihalelere hazırlık, alınan işlerin şartnamelere uygun malzeme siparişleri, ekip ayarlanması, koordinasyon toplantıları ve işin teknik şartlara uygun şekilde ilerletilerek zaman yönetimi, hakediş hazırlanması, geçici kabul, kesin hesap, asbuilt proje teslimleri, kesin kabul işlemlerinin tamamlanması.
- **Omsan Lojistik Şekerpınar Tesisleri,**
- **Siemens Gebze Yerleşkesi Elektrik Montaj İşleri,**
- **Çorlu Polyplex Line 6 Elektrik İşleri,**
- **Doğuş Holding, Ayazağa Yönetim Binası Elektrik İşleri,**
- **Atasu Hendek Tesisleri,**
- **Trakya Döküm Ek Bina Elektrik İşleri Projelendirme, Keşif Teklif Yapım ve Teslimat,**
- **Atatürk Havalimanında 25 parça revizyon işleri**