



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE METAL AKSAMLARIN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT KARAKÖSE

NİSAN

**GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE METAL AKSAMLARIN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

Murat KARAKÖSE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ve UYGULAMALARI ANA BİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Ünal KURT

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİSAN 2019

Murat KARAKÖSE tarafından hazırlanan GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE METAL AKSAMLARIN İYİLEŞTİRİLMESİ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Amasya Üniversitesi Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ünal KURT

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Okan ÖZGÖNENEL

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Doç. Dr. Ünal KURT

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Doç. Dr. Arif GÖK

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi:

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Meryem EVECEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

(İmza)

Murat KARAKÖSE

(Tarih)

GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE METAL AKSAMLARIN İYİLEŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Murat KARAKÖSE

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2019

ÖZET

Günümüzde artan enerji tüketimi göz önüne alındığında çözüme kavuşturulması gereken en önemli sorunların başında enerji gelmektedir. Artan nüfus, şehirleşme ve sanayileşme yıllardır karşılanan fosil yakıtlarla enerji gereksinimini daha da fazlaştırmaktadır. Petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarının tükenecek olması ve fiyat istikrarsızlıklarının devamlı olmasının yanında çevreye verdikleri zararlar ve insan sağlığına etkileri alternatif ve yenilenebilir çözümlerin ortaya çıkmasını zorunlu kılmaktadır. Gelişmekteki ülkelerde ve Türkiye’de enerji ve elektrik enerjisi talebi hızla artmaktadır. Fosil yakıtların zamanla tükenecek olması ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini ortaya çıkarmadaki amaç, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi araştırmaktır. Yaşamın varoluşundan günümüze kadar hemen her dönemde enerji, iş yapabilmek için bir ihtiyaç olmuştur. Bugünkü gelinen noktada güneş, faydaları bakımından en elverişli ve doğaya en az zarar veren enerji türü olarak görünmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın verilerine göre yakın gelecekte enerji alanına yatırım yapılması zorunlu bir hale gelmiştir. Bu çalışmada Amasya iklim şartlarına göre fotovoltaik panellerin taşıyıcı sistemlerinin en iyilemesi incelenmiştir. Fotovoltaik panellerin taşıyıcı sistemleri coğrafi konum ve iklim koşulları göz önüne alındığında Amasya ikliminde ne şekilde çalıştığı üzerinde yoğunlaşmıştır. Araştırma ve inceleme sonucu sistem tasarımı yapılırken dış ortam faktörleri dikkate alınarak seçilen boya ile koruma yönteminin malzeme ve sistem üzerindeki etkisinin deneylerle incelemesi yapılarak pozitif değerde iyileştirme yaptığı anlaşılmıştır.

Sayfa Adedi : 82
Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir Enerji, Taşıyıcı Konstrüksiyon, Fotovoltaik, Optimizasyon
Danışman : Doç. Dr. Ünal KURT


THE IMPROVEMENT OF METAL PARTS IN SOLAR ENERGY SYSTEMS
(M.Sc. Thesis)

Murat KARAKÖSE

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2019

ABSTRACT



Considering the increasing energy consumption, energy is the most important problem to be solved. Increasing population, urbanization and industrialization have increased the energy requirement of fossil fuels which have been met for years. In addition to the depletion of fossil energy sources such as oil, coal and natural gas and the continuity of price instabilities as well as the damage to the environment and their effects on human health necessitate the emergence of alternative and renewable solutions. In developing countries, such as in Turkey, the demand for energy and electricity is increasing rapidly. The fact that fossil fuels will run out over time will lead countries to alternative energy sources. The aim of revealing the potential of renewable energy sources is to investigate the relationship between economic growth and renewable energy. There has been a need for energy and work in almost every period from the existence of life until today. Today, the sun appears to be the most favorable and least damaging type of energy in terms of its advantages. According to the data of the International Energy Agency, investment in the energy field will become obligatory in the near future.

In this study, the optimization of the carrier systems of photovoltaic panels based on the climate conditions of Amasya is investigated. Considering the geographical location and climatic conditions of photovoltaic panels, it is focused on how it works in Amasya climate. As a result of research and examination system design, it is understood that the effect of the protection method on the material and system is examined with experiments and considering the external environment factors, it has been found that it improves the positive value.

Page Number : 82
Key Words : Renewable Energy, Support Construction, Photovoltaic, Optimization
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ünal KURT

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca bilgi ve görüşleriyle yardımlarını benden esirgemeyen değerli hocam ve danıőmanım Doç. Dr. Ünal KURT' a, Yüksek Lisans Eęitimim süresince emeiği geçen Doç. Dr. Arif GÖK' e, Dr. Öğr. Üyesi Ergün ŐİMŐEK' e, Dr. Öğr. Üyesi Merve ŞEN KURT' a, arkadaőım Aydın OKUR' a, niőanlım Arő. Gör. Dilara aycı' ya ve ilgili herkese teşekkür ederim.

Yaőantım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen tüm aile bireylerime sonsuz sevgi ve teőekkürlerimi sunarım.

Bu tez 'Kamu-Üniversite-Sanayi işbirliği kapsamında' endüstride karőılaőılan problemlerin çözümüne yönelik hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
HARİTALAR DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ 1	
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	4
2.1.1. Yenilenebilir enerjinin gerekliliği	4
2.1.2. Yenilenebilir enerjinin tanımı ve kapsamı	5
2.1.3. Yenilenebilir enerji türleri.....	6
2.2. Güneş Enerjisi	6
2.2.1. Dünyada güneş enerjisi potansiyeli.....	8
2.2.2. Türkiye’de güneş enerjisi	9
2.2.3. Güneş enerjisinin kullanım alanları	11
2.2.4. Güneş enerjisi ısı teknolojileri ve uygulamaları.....	11
2.2.5. Güneş enerjisi kullanımının çevresel etkileri	14
2.3. Güneş Pilleri.....	15
2.3.2. Güneş pillerinin yapısı ve çalışması.....	17
2.3.3. Güneş pillerinin yapımında kullanılan malzemeler	19
2.3.4. PV güneş sistemlerinin avantaj ve dezavantajları	22
2.4. PV Modüllerin Yapılarda Metal Aksam Uygulamaları	23
2.4.1. Cephe bileşeni olarak kullanımı.....	24

	Sayfa
2.4.2. Giydirme cephe elemanı olarak kullanımı	24
2.4.3. Güneş kırıcı olarak kullanım	28
2.4.4. Yağmur perdesi olarak kullanımı	29
2.5. Çatı Bileşeni Olarak Kullanım	29
2.5.1. Çatı sistemine monte edilerek kullanım	29
2.5.2. Çatı sistemine entegre kullanımı	30
2.6. PV Modüllerin Yapıda Cephe veya Çatı Bileşeni Olarak Kullanılmasının Faydaları.....	32
3. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN MARUZ KALDIĞI PASLI ORTAMLAR	35
3.1. Korozyona Etki Eden Faktörler	35
3.1.1. Coğrafi yerleşim.....	36
3.1.2. Sıcaklık.....	36
3.1.3. Malzeme seçimi	39
3.1.4. Parça boyutu.....	40
3.1.5. PV modülü sistem tasarımı	40
3.2. Paslı Ortamlar.....	42
3.2.1. Atmosferik ortamlar	42
3.2.2. Tabii sular ve denizler	43
3.2.3. Kimyasal çözeltiler.....	43
3.2.4. Toprak altı ortamlar.....	44
3.3.1. Katodik koruma.....	44
3.3.2. Anodik koruma	45
3.3.3. İnhibitör ile koruma.....	45
3.3.4. Boya ile koruma	45
3.3.5. Metalik kaplama ile koruma.....	46
4. ARAŞTIRMA YAPILAN BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ ve BÖLGEDEKİ PASLANMA ETKENLERİ	47
4.1. Coğrafi Yapısı	47
4.2. İklim Özellikleri	48

	Sayfa
4.2.1. Sıcaklık.....	49
4.2.3. Bağıl nem	50
4.2.4. Bulutluluk.....	51
4.2.5. Rüzgar	52
4.3. Güneş Panellerinin Taşıyıcı Sistemlerindeki Statik Hesaplar.....	53
4.3.1. Genel bilgiler.....	53
5. MATERYAL VE YÖNTEM	56
6. BULGULAR	58
7. SONUÇ ve ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Yenilenebilir enerji kaynakları	5
Şekil 2. 2. Güneş enerji sisteminin çatı örtüsü olarak kullanılması	7
Şekil 2. 3. Güneş paneli tarlaları	8
Şekil 2. 4. Düzlemsel güneş kolektörleri	12
Şekil 2. 5. Parabolik güneş panelleri.....	13
Şekil 2. 6. Ürün kurutma ve seralar	13
Şekil 2. 7. Güneş kulesi.....	14
Şekil 2. 8. Güneş enerjisi kullanımının çevresel etkileri	15
Şekil 2. 9. Fotovoltaik gruplar	16
Şekil 2. 10. Güneş pilinin şematik gösterimi	17
Şekil 2. 11. Güneş pili şeması.....	18
Şekil 2. 12. Güneş enerji sisteminin şematik gösterimi	19
Şekil 2. 13. Fotovoltaik sistem elemanlarının toplam maliyetteki payının değişimi (URL 2, 2014)	19
Şekil 2. 14. Kristal silisyum güneş pili	20
Şekil 2. 15. Galyum Arsenik Güneş Pili.....	21
Şekil 2. 16. Optik yoğunlaştırıcı hücreler	22
Şekil 2. 17. Yatayda kırıklı perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)	26
Şekil 2. 18. Akordeon perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)	26
Şekil 2. 19. Eğimli düzlemsel perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)	27
Şekil 2. 20. Eğimli kırıklı perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011).....	27
Şekil 2. 21. Taşıyıcı cam cephe olarak pv modülü kullanımı (Sayın, 2011)	28
Şekil 2. 22. Güneş kırıcı olarak pv modül kullanımı (Sayın, 2011)	28

(devam) Şekiller Dizini

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 23. Düz çatılarda bağımsız pv modül kullanımı (Sayın, 2011)	30
Şekil 2. 24. Geleneksel çatı sistemi üzerinde pv modül kullanımı (Sayın, 2011).....	31
Şekil 2. 25. Atriumlu mekanlarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011).....	32
Şekil 3. 1. Korozyon hızı üzerine sıcaklığın etkisi	36
Şekil 3. 2. Korozyon hızına sıcaklığın etkisi	37
Şekil 3. 3. Havalandırma ve oksitleyicilerin korozyon hızı üzerine etkisi	38
Şekil 3. 4. Korozyon hızına oksijenin etkisi	39
Şekil 3. 5. Korozyon hızına pH etkisi	39
Şekil 3. 6. Korozyon korumasında tasarımın önemi.....	41
Şekil 3. 7. Katodik koruma	44
Şekil 4. 1. Araştırma alanı.....	47
Şekil 4. 2. Amasya meteoroloji istasyonu iklim diyagramı	48
Şekil 4. 3. Amasya'nın aylık ortalama sıcaklık eğrisi (Amasya Meteoroloji Müd.).....	49
Şekil 4. 4. Amasya'nın aylık ortalama yağış grafiği (Amasya Meteoroloji Müd.)	50
Şekil 4. 6. Amasya'nın aylık ortalama bulutluluk eğrisi (Amasya Meteoroloji Müd.)..	52
Şekil 6. 1. Boyasız kare profillerin eğme testi eğrileri	58
Şekil 6. 2. Boyasız numunenin test edilişi	59
Şekil 6. 3. Boyalı kare profillerin eğme testi eğrileri.....	60
Şekil 6. 4. Boyalı Numunenin Test Edilişi	61
Şekil 6. 5. Test Sonrası Numunelerin Görünümü	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4. 1. Amasya' nın aylık ortalama sıcaklık değerleri (Amasya Mete. Müd.).....	49
Çizelge 4. 2. Amasya'nın ortalama aylık yağış miktarı (Amasya Mete. Müd.)	50
Çizelge 4. 3. Amasya'nın aylık ortalama nispi nem oranları (Amasya Mete. Müd.)	51
Çizelge 4. 4. Amasya'nın aylık ortalama bulutluluk değerleri (Amasya Mete. Müd.)...	52
Çizelge 4. 5. Amasya'nın Aylık Ort. Rüzgâr Hızı Değerleri (Amasya Mete. Müd.)	53
Çizelge 6. 1. Boyasız kare profil kuvvet-uzama sonuçları	58
Çizelge 6. 2. Boyasız kare profil kuvvet-uzama ortalama sonuçları	58
Çizelge 6. 3. Boyalı kare profil kuvvet-uzama sonuçları.....	60
Çizelge 6. 4. Boyalı kare profil kuvvet-uzama ortalama sonuçları.....	60

HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Harita 2. 1. Dünyada güneş enerjisi	9
Harita 2. 2. Yenilenebilir güneş enerjisi potansiyeli (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü)	10
Harita 2. 3. Türkiye’de güneş enerjisi (EİE Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi).....	10



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
CH	Hidrokarbonlar
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
GW	Giga watt
GWh	Giga watt-saat
kt	Kiloton
kWh	Kilo watt-saat
kWh/m²	Kilo watt saat/metre kare
m³	Metre küp
mg/lt	Miligram/litre
MTEP	Milyon ton petrol eşdeğeri
MW	Mega watt
MWt	Mega waat ısı
SO₂	Kükürtdioksit
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TWh	Tera watt saat
v/g	Varil/gün
W/m²	Watt/metre kare

Kısaltmalar	Açıklama
BYKP	Beş Yıllık Kalkınma Planı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETBK	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Kısaltmalar

Açıklama

GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
KDV	Katma Değer Vergisi
LM	Breusch-Godfrey (B-G) Testi
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PP	Phillips-Peron
REN21	21. Yüzyılın Yenilenebilir Enerji Politikası Ağı
SC	Schwarz Information Criterion
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TP	Türkiye Petrolleri
TÜREB	Türkiye Rüzgâr Enerji Birliği
YEK	Yenilenebilir Enerji Kanunu
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
WWEA	Dünya Rüzgâr Enerjisi Ajansı

1. GİRİŞ

Geçmiş dönemlerde, karanlık çağın yaşandığı zamanlarda, ateşin bulunması insanlık için ciddi gelişmeleri de beraberinde getirmiştir. Böylece ısınma, barınma, yeme ve aydınlanma işlerini yapabilmişlerdir. Bununla beraber eşyaları işleyebilme, ateşin ısı ve ışık enerjisini kullanabilme yetisine kavuşulmuştur (Aitken, 2003).

Günümüzden yıllar önce 18. Yüzyılda sanayileşmenin buhar makinesinin keşfiyle başlamasıyla beraber insan gücünün yerini makineler almaya başlamıştır. Bu gücü elde etmek için suyun buharlaştırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bunu da sağlamak için o zaman ki bilinen fosil yakıt olarak kömür kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede daha fazla iş yapılamaya başlanmıştır. Artan nüfus ve işlerin artmasıyla beraber enerji ihtiyaçları da ortaya çıkmaya başlamıştır. 19. yüzyıla gelindiğinde kömür gibi fosil yakıt olan petrolün bulunmasıyla buhar kazanları yerini içten yanmalı motorlarla çalışan makinelere bırakmaya başlamıştır. Bu gelişmeyle beraber doğada statik halde bulunduğu için kullanılmayan elektrik, makinelerle elde edilmeye başlanmıştır. Bununla beraber buhar gücü yerini elektrik gücüne bırakmıştır. Üretilen makineler petrolün yanı sıra elektrik tüketmeye de başlamıştır. Hem evlerde hem de sanayide kullanılan makinelerin elektrik tüketiyor olması elektriğe olan bağımlılığı ortaya çıkarmıştır. Elektriğin kullanımının artması üretiminin artırılmasını gerektirmiştir. Bunu sağlamak için doğadaki fosil yakıtlar kullanılmaya devam edilmiş fakat tükenir düzeye gelmesi yeni kaynak arayışlarını hep aramaya sevk etmiştir (Donald, 2000).

Gelişmiş topluluklar bugün ki düzeylerine maliyeti düşük ve çokça bulunan enerjiyi kullanarak gelmişlerdir. Çağımızda sanayi devrimiyle beraber enerji tüketimi had safhaya ulaşmış ve yükselen bir eğri çizmiştir. Kullanılan enerji kaynakları arasında fosil kökenli olanlar çokça tüketilmektedir. Milyonlarca yıl yeraltında yüksek basınç ve sıcaklığa maruz kalan fosil yakıtlar yenilenemeyen enerji kaynakları olup hızla tükenmektedir.

Ülkelerdeki hızlı nüfus artışı, sanayi ve teknolojinin gelişmesi bununla beraber enerji tüketiminin artması insanoğlunu yeni kaynaklar aramaya sevk etmiştir. Mevcuttaki kaynakların sınırlı ve tükenir olması enerji alanındaki endişeleri daha da artırmaktadır. Bu yüzden tükenmeyen ve yenilenebilen enerji kaynakları aramalarına hız verilmiştir. Bu

sayede mevcuttaki kaynaklar hem daha uzun süre kullanılabilir hem de verimli bir şekilde faydalanılabilecektir (Aitken, 2003).

Enerji, sosyoekonomik açıdan ülkelerin gelişme sürecinde ciddi potansiyele sahiptir. Bundan dolayı bilhassa ileri düzeydeki ülkelerin sosyoekonomik politikalarında önem arz eden bir konudur. Gelişme açısından ileri seviyede olan ülkelerin enerji bağılıkları konusunda olumlu bir yönde ilerleme birçok çalışmanın gündemi haline gelmiştir. Ülkeler geliştikçe ve büyüdükçe, enerji tüketimi ve ihtiyacı da artış göstermektedir. Ancak ileri düzeydeki ülkelerin enerji gereksinimini karşılayacak kaynak yetmediği takdirde başka ülkelerden ithalatı da artmaktadır. Gelişmişlik olarak ileri düzeydeki ülkeler enerjiye olan bağılıkları nedeniyle hem verimli hem de ekonomik şekilde kullanacakları sistemleri iyileştirmek ve ilerletmek için yoğun çaba harcamaktadırlar.

Gelişmekte olan ülkeler ise mevcut durumlarını daha da geliştirmek için çevreye zarar veren ve tükenen potansiyele sahip kaynakları kullanmaya ağırlık verirler. Bu da kaynak yetersizliği sebebiyle başka ülkelerden ithal edecekleri kaynakların miktarını artırmaktadır. Bu ülkelerde, mevcut ekonomileri nezdinde döviz girdisi fazla olmadığı için iç hesapta cari açığa yol açmaktadır. Bu sebeple Türkiye’de kaynak arayışı ve maliyetin düşürülmesi için rekabete dayalı piyasa oluşturma çabası içindedir. Ülke gündeminde son yıllarda tüketilebilir kaynakların yerine yenilenebilir kaynakları kullanmak adına yeni hizmet alanlarının açılmasına özen gösterilmektedir. Ekonomik açıdan büyüebilmek, enerji sektöründe bu alanda sürdürülen siyasetle doğru orantılıdır.

Enerji kaynaklarını düzgün yöneten ve kullanan, bu yönde kalıcı yatırımlar ve çalışmalar yapan ülkeler, daha hızlı gelişmekte ve refaha ulaşmaktadır. Enerji, ülkenin sanayi ve hizmet alımı doğrultusunda ülkenin ilerleyebilmesi için çok önemli bir konuma sahiptir. Ülkelerin sanayi bazında büyüme göstermesi her alanda kalkınması ve gelişmesi enerjiyle mümkündür.

Kaynakça’da Güneş Enerji Sistemlerinin mekanik ve metal aksamına etki eden faktörlerle ilgili geçmiş zamanlarda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ortamda bulunan sıcaklık, bağıl nem, rüzgar gibi faktörlerin yapıya ne tür etkileri olduğunu anlamak amacıyla yapılmış çalışmalardır. Mathiazhagan (G.H. Sedahmed, H.A. Farag, M.A. Hassan, I. Hassan, 2010) yapmış olduğu çalışmada, metallerdeki katodik koruma tasarımı ve

programlamasını incelemiştir. Deniz suyundaki çeliğin katodik koruması için en uygun yöntem, tercih edilen bir dış kaynaktan yeterli sayıdaki elektronların korunacak olan metal yüzeye uygulanmasıdır. Bu yüzden dış kaynaktan yer alan elektronların katodik tepkime sonucu deniz suyunda oksijen azalması veya hidrojen artışı meydana gelmektedir. Bu çalışma, yeni nesil deniz yapılarının başarılı şekilde çalışabilmesi, hâlihazırda vuku bulan deniz korozyonunun önlenmesi sonucu sağlanabilecek ve bunun için uygulamada da katodik korumaya yönelik yeni kavramlar geliştirilmektedir. Guedes Soares ve arkadaşlarının (C. Guedes Soares, Y. Garbatov, A. Zayed, G. Wang, 2009) yapmış oldukları çalışmada; çelik yapıların deniz atmosferine maruz kaldıklarında göreceli nemin, klorürün ve sıcaklığın korozyon davranışı üzerindeki etkilerini modellemişlerdir. Bu çalışmada önerilen model; var olan modeller genişletilip üç değişken (göreceli nem, klorür, sıcaklık) ilave edilmesiyle deniz atmosferinde beklenen korozyon hızları ile alakalı göreceli durumu yansıtmaktadır. Modele bu değişkenlerin eklenmesi sonucu, korozyon seviyeleri ve dolayısıyla metal yapının ömrü boyunca korozyon denetimlerinin daha iyi bir planlaması beklenmekte ve daha doğru tahminler sağlanmış olacaktır. Deniz atmosferinde korozyon, esas olarak nemden etkilenmektedir ve sodyum klorür gibi kirleticilerin de dikkate alınarak üzerinde durulması gerektiğini göstermişlerdir. Neme maruz kalma süresi kritik bir değişkendir. Su filminin kimyasal bileşimi ve yüzey sıcaklığı da önemli bir etmendir. Yüzey sıcaklığı arttığı zaman, elektrolit buharlaşması gerçekleşir ve korozyon hızı hızlı bir şekilde artacaktır. Göreceli nemin seviyesi, klorür ve sıcaklığa bağlıdır ve bu değişkenler korozyon oranını deniz atmosferinde anlamlı bir şekilde etkilemektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yaşam alanımızda ve çevremizde sınırsız kaynak olarak yer alan ve tekrar tekrar kullanılarak bitmeyen enerji oluşturan yenilenebilir kaynaklar, fosil yakıtların tükenme sorununa karşılık çağımızda gözde enerji kaynağı olarak görülmektedir.

2.1.1. Yenilenebilir enerjinin gerekliliği

Bugünkü şartlarda tükenebilir enerji sistemlerinden yenilenebilir enerji sistemlerine hızlı bir geçiş görülmektedir. Tüklenen yatak ve stokların doğada belli bir miktarda oluşu ve tükenecek olması farklı kaynak arayışını da beraberinde getirmiştir. Tüklenen kaynakların doğaya vermiş olduğu zararlar göz önüne alınınca yenilenebilir kaynak arayışının ne kadar önemli olduğu da anlaşılmaktadır. Tüklenen kaynakların kullanılması sonucu artan karbon salınımının meydana getirdiği çevresel felaketlerin başında küresel ısınma gelmektedir. Bunun sonucu olarak ta iklim değişiklikleri baş göstermektedir. IEA' ya göre önümüzdeki beş yıl içerisinde karbondioksit seviyesinin %5-7 arasında artacağı, artışın önüne geçilmesi için ciddi yatırımların bir an önce yapılması gerekmektedir.

Türkiye jeolojik konumu itibariyle stratejik öneme sahip bir yerde bulunmaktadır. Doğuda Asya batıda Avrupa olmak üzere iki kıtayı birleştiren bir köprü niteliğindedir. Yeraltı kaynakları bakımından çeşitliliğe sahip olmasına karşın kendi ihtiyacını karşılayabilecek yeterliliğe sahip değildir. Türkiye'de doğalgaz, kömür, petrol yatakları bulunmasına karşın yeterli miktar ve kalitede olmaması sebebiyle ithalata bağlı ihtiyaçlarını karşılamak zorunda kalmaktadır. Bunun için her yıl milyon dolarlar ödemektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yapılan araştırma ve çalışmaların hız kazanması fosil yakıtlara olan ihtiyacı azaltmaya ve sonu olan bir kaynak potansiyelinin kullanımını ortadan kaldırmaya olanak sağlamaktadır. Ayrıca fosil yakıtlar hem çevreye hem de doğaya çok fazla zarar vermekte ve tahrip etmektedir. Türkiye'de bu alanda kullanılan yenilenebilir kaynakların baş sıralarında su ve güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerji sistemlerinin birçok faydası söz konusudur. Güneş olduğu sürece üretim gerçekleştirilir.

Gürültü kirliliği yoktur. Çevreye karşı zarar vermez. Kaynak tükenme sıkıntısı yoktur. Tüm bunlar göz önüne alındığında tercih edilmesi gereken bir sistem olmaktadır (Sağlam, 2000).

2.1.2. Yenilenebilir enerjinin tanımı ve kapsamı

Tükenmeyen ve tükenebilir kaynaklar arasındaki en önemli fark, tükenebilir kaynakların tek kullanımdan sonra tükenir olmasıdır. Diğer taraftan tükenmeyen enerji kaynakları ki bunlar güneş, rüzgar vs. tekrar tekrar kullanılacak sınırsız miktardadır ve birbirine çevrilebilir. Soluduğumuz havanın sıcaklık sebebiyle oluşan potansiyel farktan dolayı meydana gelen rüzgar ve sonucunda elde edilen rüzgar enerjisi, akarsular ve derelerin önleri kesilerek suyun birikmesi ile oluşan potansiyel enerji, yerin km'lerce altında bulunan sıcak su artezyenleri tükenmeyen enerji çeşitlerindedir. Uzayda sistemimizin merkezini oluşturan ve yeryüzünü aydınlatıp ısıtan güneşten sağlanan enerji, nebati, sanayi ve hanelerde kullanılan atıklardan dönüşümü sağlanarak elde edilen biokütle ve doğada çokça bulunan ve en hafif element olan Hidrojenden sağlanan enerjilerin tamamı tükenmeyen enerji kaynaklarıdır.

Tükenmeyen enerji kaynaklarının yaygın olarak kullanılmamasının temel nedeni maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Şekil 2. 1.'de Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 2. 1. Yenilenebilir enerji kaynakları

2.1.3. Yenilenebilir enerji türleri

Çağımızda kullanılan tükenmeyen enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biokütle, yer altı sularından elde edilen jeotermal enerji, hidrolik enerji ve hidrojeninden elde edilen enerjidir. Maliyeti çok daha yüksek olup, verimi oldukça düşük olan başka enerji türleri de mevcuttur. Bu yenilenebilir enerji türlerinden güneş enerjisi çalışmamın konusu olduğundan dolayı bu enerji kaynağı üzerinde yoğunlaşmıştır.

2.2. Güneş Enerjisi

Dünyamızın tek ısı ve ışık kaynağı olan güneş, yeryüzündeki diğer enerji türlerinin oluşumunda görev yapar. Çapı yaklaşık 1,4 milyon kilometre olup, içerisinde ve dış yüzeyinde çok yoğun gaz bulutları içerir. Dünya'ya yaklaşık 151 105 milyon km mesafededir. Radyoaktif tepkimeyle elde edilen enerji hariç diğer tüm enerjilerin baş kaynağıdır. İçerisinde sürekli olarak hidrojen helyuma kütle kaybı prensibiyle dönüşmekte ve oluşan ısı ve ışık, uzay boşluğuna dağılmaktadır. Merkez kısmı radyoaktif tepkimeler için çok uygundur. Güneşte oldukça büyük bir enerji meydana gelmekte ve bunun çok az bir kısmı dünyaya ulaşmaktadır. Yerkürenin atmosfer tabakasının dış kısmına ulaşan ışık 173 104 kW değerindeyken, toprağa ulaştığında ise 1,395 kW' a düşmektedir. Dünyayı saran atmosfer tabakasının dışındaki enerji miktarı ile toprağa ulaşan enerji arasındaki bu farkın nedeni kat ettiği yol boyunca havada bulunan gazlar vasıtasıyla emilmesi, bir bölümünün geri uzaya yansması, bir bölümünün yeryüzü tarafından soğurulması gibi sebepler gösterilebilir. Dış yüzey sıcaklığı 6,000 °K olarak bilinen güneşin ışınlarının dünyaya ulaşan miktarı %70 kadardır. Kayıplar olmadan önce, dış kabuktaki ışınım değeri 1,367 W/m²' dir ve bu değer güneş sabitidir. Uygulamada dünyaya ulaşan güneş ışınım değeri 1,000 W/m² olarak kabul görmektedir (Karamanav, 2007).

Eski çağlarda insanlar, güneş enerjisini kullanılarak birçok ihtiyaçlarını karşılamayı başarmışlardır. Gün ışığından faydalanarak kıyafetlerini ve hatta tarımsal ürünlerini açık havada sererek kurutmuşlardır. Antik Yunan döneminde gün ışığını kullanarak evlerini ısıtmış hatta serinletmek için dahi kullanmışlardır. Evlerini yapmak için kardıkları çamur

saman karışımı harçlarını dahi güneşte kurutarak evlerini inşa etmişlerdir (Neil Schlager ve Weisblatt, 2006).

1850' lerin sonlarına gelindiğinde ise bakır ve çinko gibi elementleri yüksek sıcaklıklarda eriterek kullanmak için güneş kuleleri inşa edilmiştir. 1860' ların sonlarında ise güneşten elde edilen ısı ile deniz suyu damıtılarak içme suyu elde edilmeye başlanmıştır (Ural, 2006). Şekil 2. 2.' de güneş enerji sisteminin çatı örtüsü olarak kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 2. 2. Güneş enerji sisteminin çatı örtüsü olarak kullanılması

Güneş enerji sistemlerinde, güneş ışınım değeri çok fazla önem taşımaktadır. Bu enerjinin çoğunlukla kullanıldığı yerler ısıtma, sıcak su ve soğutma alanlarıdır. En sık ve yaygın kullanım şekli sıcak sudur. Yaygın kullanılmaya çalışılan diğer alan bina ısıtmasıdır. Bu sistem için uyarlama yapılarak ve ısıyı depolama yöntemlerini geliştirerek çalışılmaktadır. Soğutmayı ise ışınımın bol olduğu ve mevsim itibariyle serinliğe ihtiyaç duyulan yaz aylarında uygulamak verim açısından oldukça iyidir. Güneş sistemlerinden faydalanmak için tasarlanan sistem ve uygulamalar düşük, orta ve yüksek ısı uygulamaları olarak sınıflandırılır. Düşük sıcaklık uygulamaları toplayıcı sistem de denilen ev içi kullanım suyu ısıtması, daire içi ısıtma ve sera alanlarının ısıtılması için kullanılır. Orta sıcaklık uygulamaları daha çok endüstri alanında yüksek sıcaklıklı su veya kızgın buhar üretimi için kullanılır. Bu işlemi gerçekleştirmek için parabolik odaklı toplayıcı sistemler kullanılır. Verimi artırmak ve devamlılığı sağlama açısından hareket algılayıcılı olarak ta

imal edilebilirler. Yüksek sıcaklık uygulamaları ise 300 °C sıcaklık üzerinde ısıya ihtiyaç duyulan yüksek sıcaklıkta çalışan ağır metal sanayinde kullanılır. Sistem, geniş alana yayılı güneşi yansıtan ayna-mercekleri merkezlerinde bulunan kulede güneş ışığını bir noktaya odaklayarak çalışır. Şekil 2. 3.' te güneş paneli tarlaları gösterilmiştir.



Şekil 2. 3. Güneş paneli tarlaları

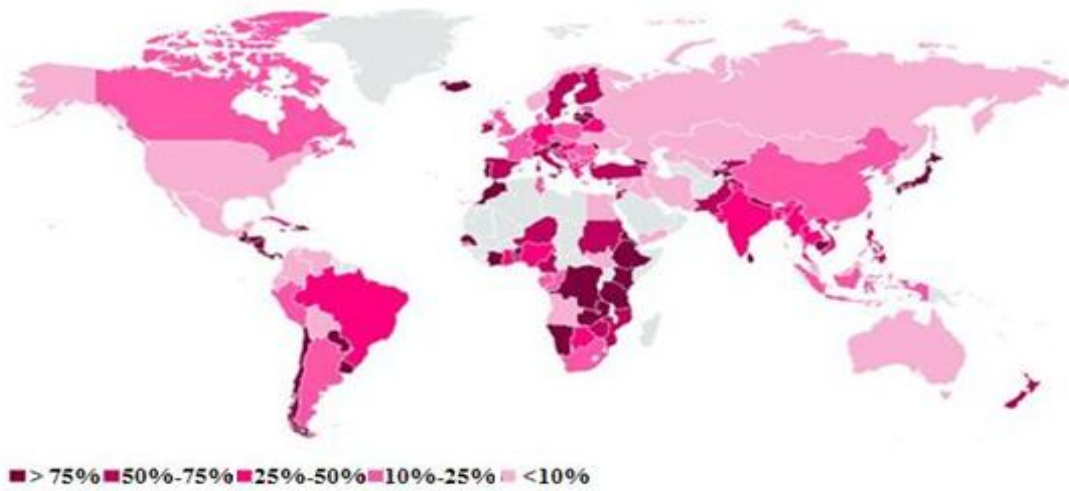
Güneş kullanılarak çalıştırılabilen diğer uygulama ise güneş gözeleri ile çalışan fotovoltaik sistemlerdir. Güneş gözeleri yüzeyine düşen gün ışığının doğrudan emilerek elektrik enerjisi elde etme yöntemidir. Kimyasal pillerle hemen hemen aynı özelliklere sahiptirler. Ürettikleri akım doğru akımdır. Seri ve paralel bağlantılar yapılarak akım ile gerilim değerleri ayarlanabilir. Üretimi yapılan enerjiyi depolamak için aküye ihtiyaç duyulur. Güneş gözeleri, uzaya gönderilen füzelerin elektrik ihtiyacını karşılamak için kullanılmaya başlanmışsa da sonradan ulaşılması zor, mesafe olarak uzakta kalan bölgelerde de kullanılmaya başlanmıştır (Şüyun, 2009).

2.2.1. Dünyada güneş enerjisi potansiyeli

Uzayda sistemimizin merkezini oluşturan Güneş, Dünya'ya olan mesafesi 150 milyon km ve sıcaklığı 6,000 °K' dir. Bünyesinde bulunan Hidrojeni radyoaktif ederek Helyuma dönüştür. Bu işlem sırasında kütledeki azalma, ısıya dönüşerek çevreye yayılır. Uzay boşluğuna yayılan ışınların küçük bir bölümü de Dünyaya ulaşır. Güneşte meydana gelen

reaksiyonlarda saniyede 4,2 milyon ton kütle kayba uğrayarak $3,8 \times 1,026 \text{ J}$ enerjiye dönüşür. Dünyada bulunan canlılar için oldukça zararlı olan gün ışığı atmosfer tabakası sayesinde emilerek en az zararlı hale getirilir.

Dünyaya ulaşan ışınların yaklaşık %31' i atmosfer tarafından uzay boşluğuna geri yansıtılırken, yaklaşık %49' luk kısmı yer yüzeyi ve sular tarafından soğurulur. %19' luk kısmı buharlaşma ve yağışa giderken %1' lik kısmı da bitkiler tarafından fotosentez yapmak koşulu ile oksijen ve besin üretimine kullanılmaktadır (Url-1, 2017). Harita 2. 1.' de dünya üzerindeki güneş enerjisinin ışınımsal dağılımı gösterilmiştir.



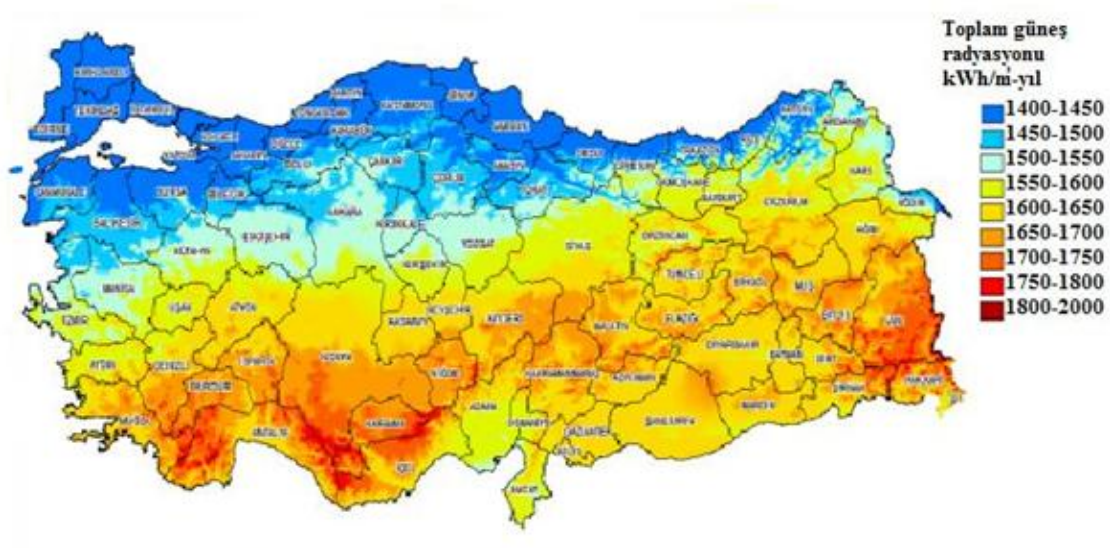
Harita 2. 1. Dünyada güneş enerjisi

2.2.2. Türkiye'de güneş enerjisi

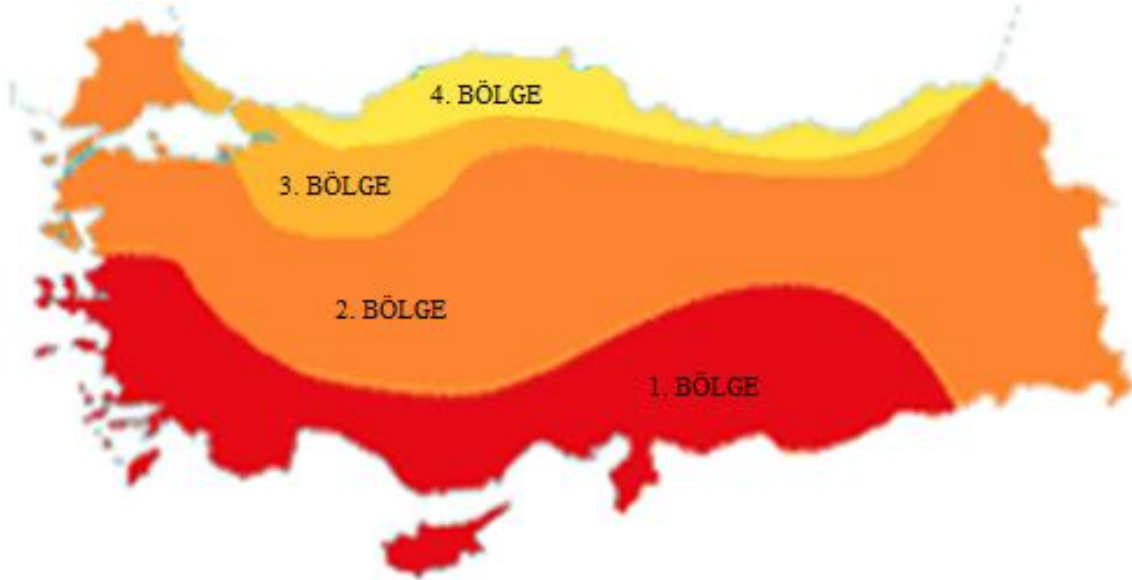
Elektrik üretiminin yaklaşık %0,3' lük kısmının fueloil ve motorin tüketilerek sağlandığı Türkiye'de, bu kapasite küçük ölçekli üretimlerle mümkün olmaktadır. Bu üretim şekliyle çalışan küçük sığalı santraller 1 MW güçlerle toplamda 294 MW' a kadar enerji üretimi sağlayabilmektedir. Türkiye'nin engebeli bir arazi yapısına sahip olması ve yerleşim yerlerinin birbirinden uzak olması elektrik hatlarının çekilmesinde güçlükler sebeptir. Bu durum aynı zamanda maliyetleri de artırmaktadır.

Üretimi gerçekleştirilen enerjinin ciddi denecek bir bölümünün hatların uzun olması sebebiyle taşıma esnasında kaybolması da tasarrufluğu ortadan kaldırmaktadır. Bu durum elektrik üretimini geleneksel yapıdan ziyade günümüzdeki gelişmiş teknolojilerle kurulan

güneş enerji santralleriyle yapılmasını gerektirmektedir (EMO, 2018). Harita 2. 2.' de Türkiye güneş enerjisi potansiyeli gösterilmiştir. Harita 2. 3.' te Türkiye' de güneş enerjisinin ışınımsal dağılımı gösterilmiştir. Şekil 2. 4.' te Türkiye' de aylar içerisindeki bir günlük toplam güneş radyasyonu ve toplam güneşlenme süresi gösterilmiştir.



Harita 2. 2. Yenilenebilir güneş enerjisi potansiyeli (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü)



Harita 2. 3. Türkiye'de güneş enerjisi (EİE Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi)

2.2.3. Güneş enerjisinin kullanım alanları

Güneşin ısı ve ışık enerjisinden aktif ve pasif olarak iki şekilde yararlanmak mümkündür. Her evin çatılarında olan ve su ısıtmak için kullanılan kolektörlü sistemler pasif sistemlerdir. Yüksek bir yerde zemine veya çatıya yerleştirilen güneş panelleri içlerinde muhafaza ettikleri suyu ısıtarak depoya potansiyel fark sebebiyle ulaştırırlar. Böylelikle dairelerde ihtiyaç duyulan sıcak su kullanılmaya hazır bekler.

Pasif sistemin bir başka kullanım alanı ise uygun dış cephe mimarisine sahip binalarda, binayı ısıtmak için dış cepheye giydirme yoluyla monte edilen güneş panelleridir. Bu sayede güneşten direkt olarak gelen ışığı, ısıya dönüştürebilmektedirler.

Diğer sistem olan aktif sistemde ise son zamanlarda aşırı derecede ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi üretimi sağlanmaktadır. Bu sistemde güneş gözeleri yerine, odaklayıcı aynalar kullanılmaktadır. Bu aynalar gün ışığını tek bir noktaya odaklayarak, odak noktasında bulunan kolektörlerdeki suyu yüksek sıcaklıklara çıkarır. Elde edilen kızgın buhar, jeneratöre bağlı çarklardan geçirilerek tribünün dönmesi sağlanır. Bu sayede jeneratör çalışır ve elektrik üretimi gerçekleşir. Bu şekilde elektrik üretimi ilk olarak 1954 yılında Bell laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Küpeli, 2005). Şimdilerde ise gün ışığını yansıtan aynalar yerine güneş gözeleri kullanılmaya başlanmıştır. Yapısı itibariyle güneş hücreleri gün ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirebilmektedir.

2.2.4. Güneş enerjisi ısı teknolojileri ve uygulamaları

Güneşten gelen ışınları kolektörler vasıtasıyla toplayarak ısı olarak hapseden ve bu ısıyı sıvı veya buhar halinde akışkan olarak direkt veya in direkt olarak depolayan ve ihtiyaç halinde kullanımını sağlayan mekanik veya dijital sistemlerin veya her ikisini de içinde barındıran sistemlerin hepsine birden güneş enerjili ısıtma sistemleri denilmektedir. İki başlıkta toplanmıştır.

- Güneş enerjili su ısıtma sistemleri
- Güneş enerjili hava ısıtma sistemleri

Elde edilecek ısının seviyesine göre güneş enerjili ısıtma sistemleri 3 başlıkta incelenir (Sakınç, 2006).

Düz toplayıcılar

Bu düzenekler, odaklayıcı mercek sisteminden ibarettir. Gün ışığını soğurarak pasif halden aktif hale dönüştürürler. Üretilen ve hapsedilen sıcaklık değeri ise yaklaşık 100 °C' dir. Şekil 2. 4.' te düzlemsel güneş kolektörlerine örnek sistem gösterilmiştir. Daire ısıtması, sıcak su sağlanması sera ısıtması ve ürünlerin kurutulabilmesi (Şekil 2. 6.) için bu sıcaklık değeri çok önemli değere sahiptir.



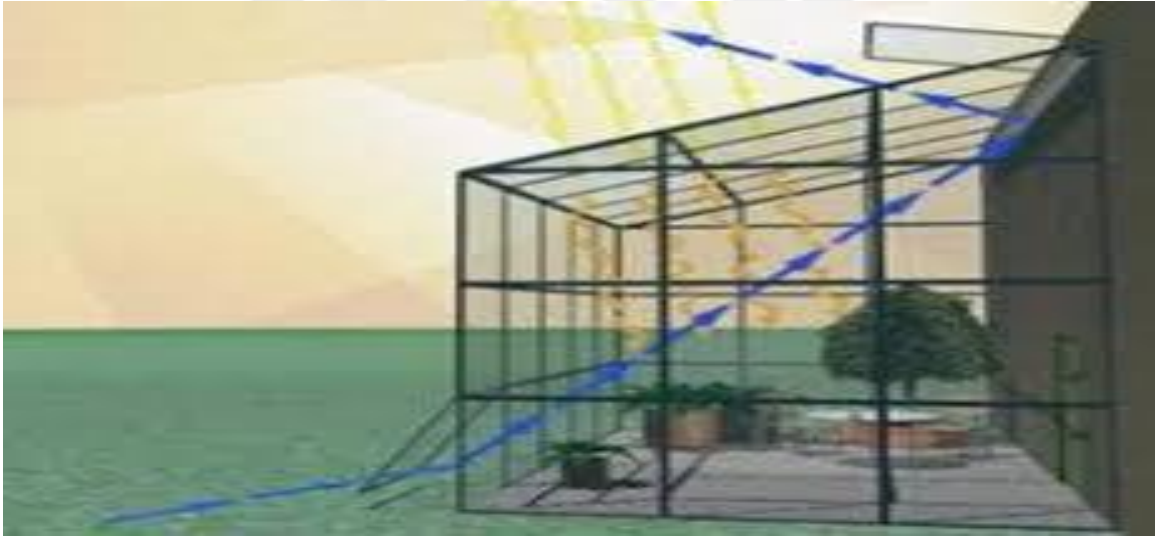
Şekil 2. 4. Düzlemsel güneş kolektörleri

Odaklı toplayıcılar

Bunlar, gün ışığını belli bir açıyla bir noktaya odaklayan ayna sistemidir. Düz alana belli bir ölçüde monte edilmiş çok sayıda aynanın gün ışığını bir noktada toplaması ile çalışan bir sistemdir (Şekil 2. 5.). Işın gereğine göre istenilen sıcaklık değeri belirlendikten sonra ayna sayısı düzenlenerek istenen sıcaklıklar elde edilebilmektedir. Bu tip sistemlerde açığa çıkan enerji ile elde edilen sıcaklık 100 ila 350 °C arasındadır.



Şekil 2. 5. Parabolik güneş panelleri



Şekil 2. 6. Ürün kurutma ve seralar

Büyük güneş fırınları

Bunlar, yüksek kule şeklinde dizayn edilen bu sistemler devasa alanlara kurulan ve binlerce ayna-mercek gerektiren sistemlerdir. Üretilen sıcaklık değerleri alışılmışın çok dışında ve yaklaşık 4,000 °C civarındadır. Gün ışığını daha verimli kullanmak ve sistemin verimini artırmak için hareket algılayıcıları da sisteme monte edilebilmektedir. Şekil 2. 7.' de güneş kulesi gösterilmiştir.



Şekil 2. 7. Güneş kulesi

Yapılan düzeneklerde elde edilen enerji, sistemde bulunan suyu kızgın buhara dönüştürerek büyük tesislerde elektrik üretimini sağlar. Ayrıca bu enerjinin, metalürjik alanda tüketilmesi de mümkün gözükmektedir (Coşkun ve Doğanay, 2017).

2.2.5. Güneş enerjisi kullanımının çevresel etkileri

Diğer enerji türlerine kıyasla daha fazla potansiyele sahip güneş enerjisinden elektrik elde edebilmek için verimi yükseltmek için odaklı toplayıcılara ihtiyaç vardır. Bu sistemlerin kurulumu için düz ve geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılayabilecek alanların başında çöller gelmektedir. Baraj inşa edip 1 MW elektrik üretmek için yaklaşık olarak 1 km alanı işgal etmek gerekirken, güneş enerjisi ile aynı güçte elektrik üretmek için 0,025 km alana ihtiyaç duyulur. Bu kıyas yine güneş enerjisinin daha faydalı bir enerji türü olduğunu gösterir. Ayrıca çöllere santral kurulması doğal yapıya herhangi bir zarar vermemektedir (Yerebakan, 2008).

Başka bir örnek vermek gerekirse, fosil yakıtları yakma sonucunda zararlı gazlar oluşur ve sera etkisine neden olur. Güneş enerji sistemlerinin böyle bir zararlı tarafı yoktur ve karbondioksit salınımını sıfıra indirebilecek bir sistemdir. Kimyasal atık veya solunuma

zarar verecek partiküller oluşturmaz. Gürültü kirliliğine yol açmaz (Schlager ve Weisblatt, 2006).

Gelişmiş ülkelerde sanayinin gelişmesi ile artan enerji ihtiyacı ham madde arayışının yanı sıra yeni enerji kaynaklarının da arayışına başlanmasına neden olmuştur. Bu bağlamda yürütülen çalışmalar yeni teknolojilerin hayata geçirilmesiyle daha karmaşık hale dönmüştür. Yeni teknolojilerin gelişmesi ve artan enerji ihtiyacını karşılamak beraberinde çevreye verilen zararları da getirmiştir (Şekil 2. 8.). Bunu önlemek için daha detaylı çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır (Cebeci ve Gençoğlu, 2000).



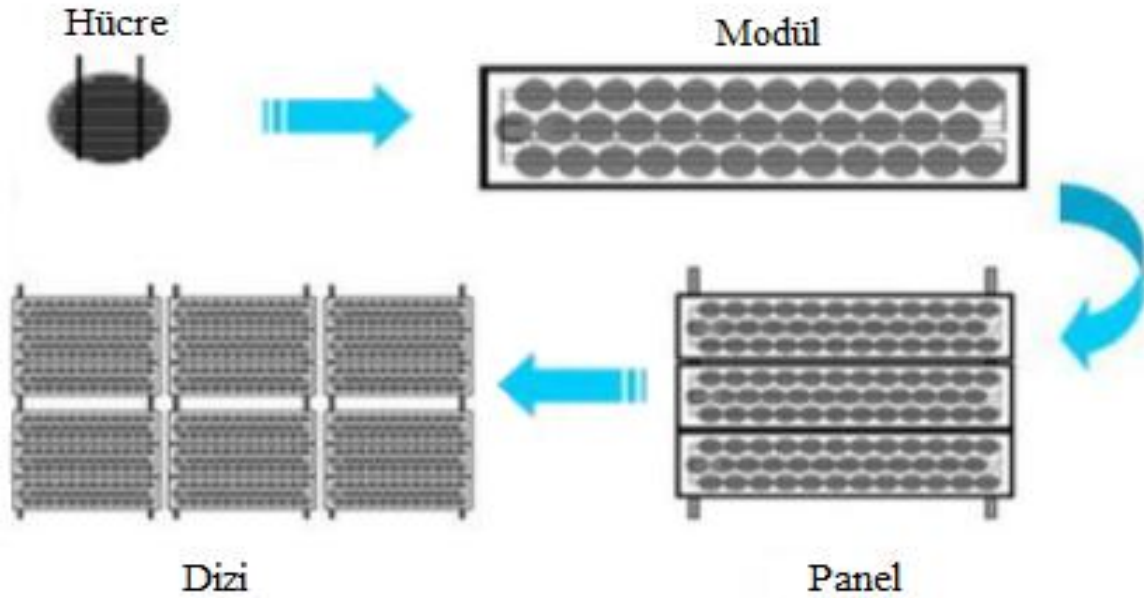
Şekil 2. 8. Güneş enerjisi kullanımının çevresel etkileri

2.3. Güneş Pilleri

Güneş hücreleri de denilen bu yapılar üzerlerine gelen gün ışığını emerek elektrik enerjisine çevirirler. Değişik formlarda olabilirler. Bu sistemlerin en iyi tarafı şehir şebekesinin ulaşamadığı veya maliyetli olduğu yerlerde inşa edilerek çevreye zarar vermeden temiz bir şekilde elektrik üretimine olanak sağlamasıdır. İhtiyacın fazla olduğu sistemlerde güneş hücrelerini seri veya paralel bağlayarak gücü artırıp azaltmak mümkündür (Çetinkaya, 2001).

2.3.1. Güneş pillerinin tarihçesi

Geçtiğimiz yüzyılda yaşamış olan ünlü bilim insanı Becquerel' in 1839 senesinde yaptığı çalışma ile ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada sıvıya batırılmış elektrotların aralarındaki gerilimin, üzerlerine ayrı ayrı düşen ışığın şiddetine bağlı olduğunu fark etmesi olmuştur. Böylelikle fotovoltaiik sistemin temellerini atmış olmuştur. Aynı deneyin farklı malzemeler üzerinde denenmesini ise 1876 yılında G.W Adams ve R.E. Day yapmışlardır. Bu çalışmalardan sonra fotoğraf makinesinin bulunmasıyla birlikte ve bakır oksit ile selenyuma dayalı fotovoltaiik diyotların, fotoğrafçılıkta kullanılması yaygınlaşmıştır. İlk zamanlarda bu sistemlerini verimleri yok denecek kadar olsa da zamanla %1 seviyelerinden %6 seviyelerine çıkarılabilmektedir. Bu seviyeye 1954 yıllarında yapılan çalışmalar sonucu bulunan silikon kristalleri keşfedildikten sonra ulaşılmıştır. Daha sonraları bu sistemler uzay çalışmalarında kullanılmaya ve geliştirilmeye başlanmıştır. 1960' lı yılların başlarından itibaren günümüze kadar halen devam etmektedir. Şekil 2. 9.' da PV modülünü oluşturan yapılar grup olarak gösterilmiştir.



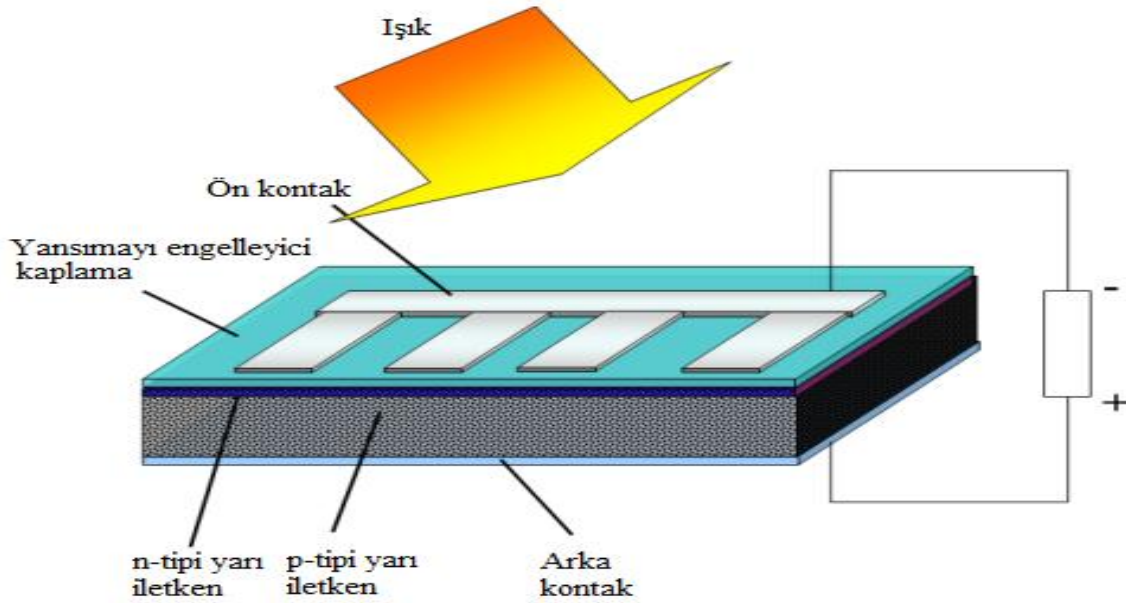
Şekil 2. 9. Fotovoltaiik gruplar

1973 senesinde baş gösteren 1. petrol krizi ile beraber tüm çalışmalar bu alanda yoğunlaştırılmıştır. Kamuoyunda o tarihlerde tam manasıyla ilgi görmese de son yıllarda artan enerji ihtiyacı ve çevreye karşı artan hassasiyetle beraber bu alanın daha çabuk

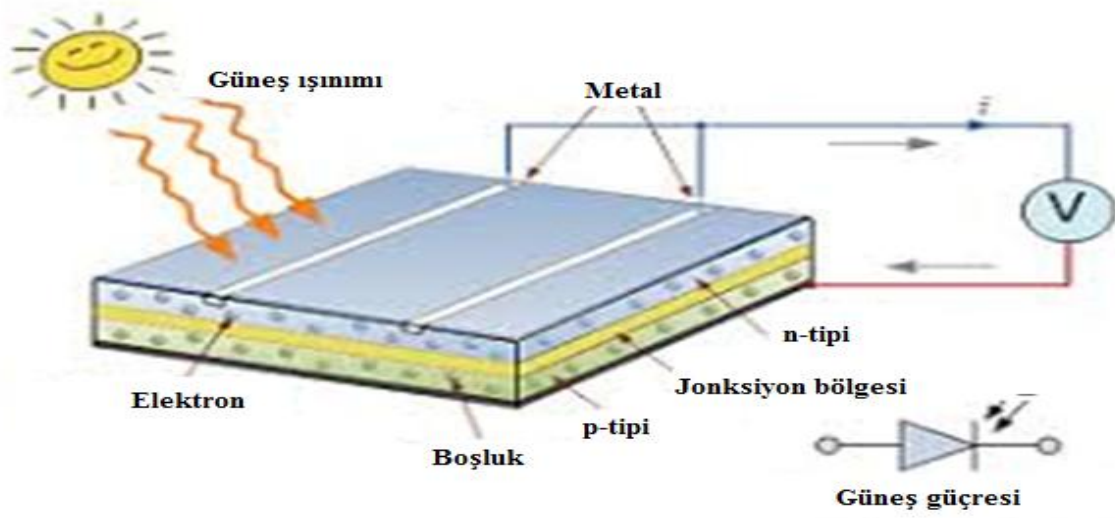
tanınmasına ve yayılmasına olanak sağlamıştır. Bu sistem üzerine artan talep büyük yatırımcıların dikkatini bu alana çekmiş ve üretim aşamasında kullanılan teknolojilerin artmasına dolayısıyla hem üretimin artmasına hem de maliyetlerin düşmesine kolaylık sağlamıştır. Her ne kadar toplumda laboratuvarlarda kalan bir teknoloji olarak bilinse de hayatımızın her alanında hızla yaygınlaşmaya devam etmekte ve kullanımı yaygınlaşmakta olan sistemlerdir (Karamanav, 2007).

2.3.2. Güneş pillerinin yapısı ve çalışması

Güneş gözeleri de denilen bu yapılar üzerlerine gelen gün ışığını emerek elektrik enerjisine çevirirler. Değişik formlarda olabilirler. Dikdörtgen formu en çok tercih edilen olanıdır. Kare ve dairesel formları da mevcuttur. Genel olarak 100 cm^2 alan ve 0,15-0,45 mm kalınlığında üretilirler. Çalışma prensipleri fotovoltajik etki üzerinedir. Yani üzerine gelen ışığı emer ve elektrik enerjisine dönüştürür. Ürettiği elektriğin kaynağı güneştir. Başka herhangi bir yardımcı malzemeye ihtiyaç duyulmaz. Devrenin ihtiyacı olan elektriği üretmek için belirlenen ve hesaplanan sayıda göze kullanmak mümkündür. Şekil 2. 10.' da güneş pilinin şematik görünümü gösterilmiştir. Şekil 2. 11.' de ise güneş pilinin çalışma şeması verilmiştir.

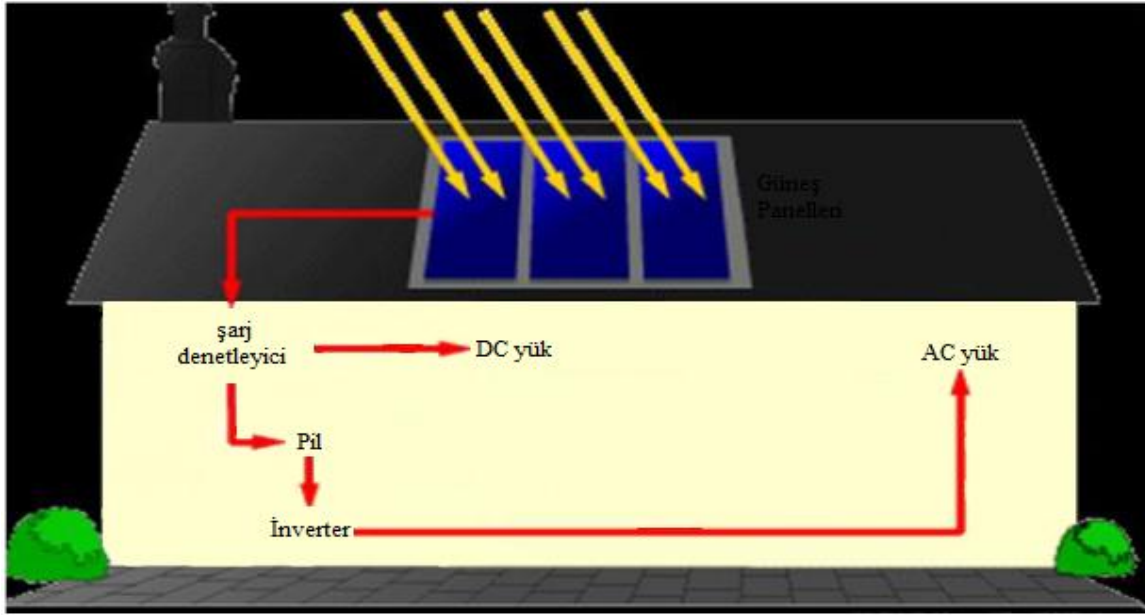


Şekil 2. 10. Güneş pilinin şematik gösterimi

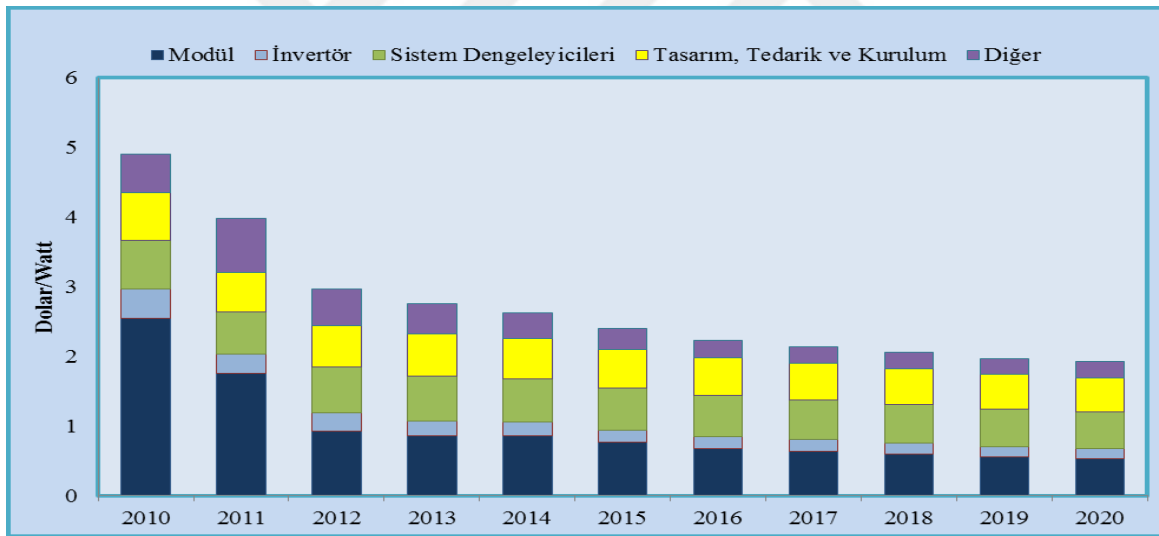


Şekil 2. 11. Güneş pili şeması

Güneş gözelerinin yüzeyine düşen gün ışığıyla beraber gözenin her iki yüzünde de elektronlar toplanmaya başlar. Yüze düşen gün ışığının yoğunluğuna orantılı bir şekilde ışığın düştüğü yüzeyde elektrik akımı meydana gelir. Güneş gözelerinin 1 desimetre çapında fotopilden havanın açık ve güneşli olduğu bir günde 1 W elektrik elde edilebilir. Bu değer güneş gözesinin yapıldığı malzemeye göre değişiklik gösterir. Güneş gözeleri silikon kristallerinin bulunmasıyla beraber günümüzde çok kristalli veya amorf(biçimsiz) silisyumdan yapılır. Verimi daha yüksek olan malzeme çok kristalli silisyumdur. Verimi yaklaşık olarak %10 ila %14 civarındadır. Diğer malzeme grubu olan amorf silisyum ise verim olarak %7 seviyelerindedir. Verimi düşük olmasına karşın birkaç katmandan bir araya geldiği için maliyeti daha düşüktür. Güneş gözeleri galyum arsenik, kadmiyum tellür gibi daha farklı malzemelerden de üretilebilmektedirler. Güneş gözeleri çevreye etkileri bakımından hem sessiz hem de çevreyi kirletmeyen yapısıyla en temiz enerji kaynağı çeşididir (Sungur, 2009). Şekil 2. 12.' de güneş enerji sisteminin şematik gösterimi verilmiştir. Şekil 2. 13.' te ise fotovoltaiik sistem elemanlarının toplam maliyetteki payının değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2. 12. Güneş enerji sisteminin şematik gösterimi



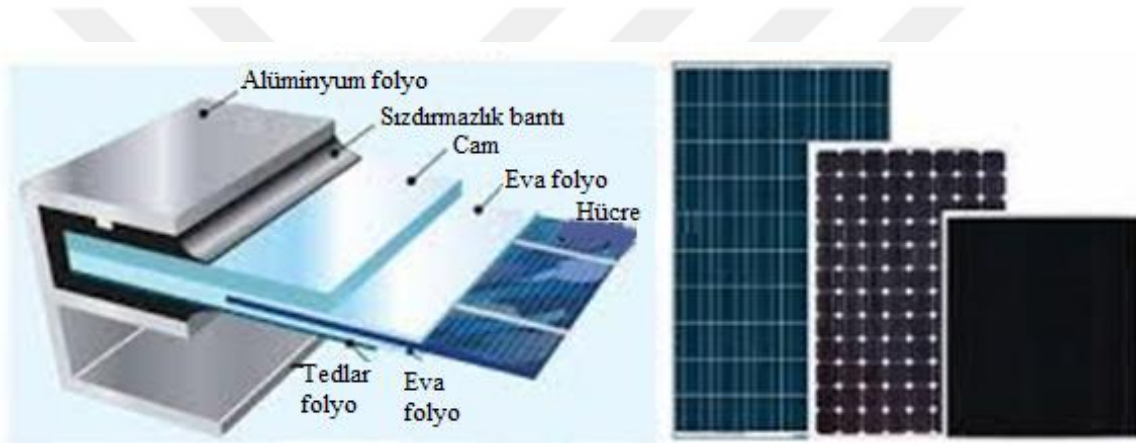
Şekil 2. 13. Fotovoltaik sistem elemanlarının toplam maliyetteki payının değişimi (URL 2, 2014)

2.3.3. Güneş pillerinin yapımında kullanılan malzemeler

Güneş gözelerinin üretiminde yukarıda da bahsedildiği gibi birçok malzeme söz konusudur. En sık kullanılan malzemeler şunlardır;

Kristal Silisyum:

Üretiminde 190 ila 210 mikron aralığında dilimlenerek elde edilen bir malzemedir. Uygun koşullar sağlandığı takdirde verimi oldukça yüksektir. Laboratuvar ortamında %22 ila %26 arasında verime sahipken, ticari kullanımlarda dış hava şartlarının da etkisinden dolayı verimi %13 ila %17 arasında değişmektedir. Döküm halinde üretilen silisyum bloklar giyotin bıçaktan geçirilerek ince filmler halinde elde edilen silisyum gözeleri ise maliyet olarak daha ucuz fakat verim olarak ta daha düşüktür. Laboratuvar ortamının verimi %15 ila %19 arasında iken ticari kullanımda iklim şartlarından dolayı %12 ila %15 arasındadır. Şekil 2. 14.' te kristal silisyum güneş pili gösterilmiştir.



Şekil 2. 14. Kristal silisyum güneş pili

Galyum Arsenik (GaAs):

Kullanım alanı veriminden dolayı yüksek güç gerektiren yerlerdir. Verimi %24 ila %29 arasında değişmektedir. Veriminin yüksekliği sebebiyle optik yoğunlaştırılmalı sistemlerde tercih edilir. Ayrıca uzay uygulamalarında kullanılmaktadır. Başka yarıiletkenlerle üretildiğinde verimi %30' ları geçmektedir. Şekil 2. 15.' te galyum arsenik güneş pili gösterilmiştir.



Şekil 2. 15. Galyum arsenik güneş pili

Amorf Silisyum:

Adından da anlaşılacağı gibi düzenli bir kristal yapıya sahip değildir. Biçimsiz bir kristal yapısı vardır. Daha çok elektronik cihazlarda kimyasal pille destek olarak kullanılır. Verimi düşüktür. Laboratuvar ortamında %11 civarında iken ticari kullanımda %4 ila %6 arasında değişiklik göstermektedir. İleriki zamanlarda apartmanların dış yüzey kaplamalarında yarı saydam cam filmi olarak ısıtma amaçlı kullanılabileceği düşünülmektedir.

Kadmiyum Tellürid (CdTe):

Yapısı itibariyle çok yapalı sınıfa giren kristal yapılu kadmiyum tellürid alternatif malzeme olduğu için maliyetleri düşürebileceği düşünülmektedir. Laboratuvar şartlarında verimi oldukça iyi olan bu malzeme ticari kullanımlarda oldukça düşük bir grafik çizmektedir.

Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂):

Yarı iletken sınıfından olan bu malzeme diğer ürünlere benzerliği bakımından dikkat çekmektedir. Laboratuvar ortamında % 18' lere varan verim elde edilmiştir. Ticari kullanım da ise yaklaşık %10 civarında verime sahiptir.

Optik Yoğunlaştırıcı Hücreler:

Gün ışığını aynalarla odaklama yoluyla 500 kata kadar yoğunlaştırabilen bu hücreler %30' lara varan bir verime sahiptirler. Maliyetleri çok yüksek olup üretim azlığı sebebiyle pek tercih edilmezler. Yüksek ısı ve enerjiye sahip yüksek maliyetli işler için tercih edilmektedirler(Sungur, 2009). Şekil 2. 16.' da optik yoğunlaştırıcı hücreler gösterilmiştir.



Şekil 2. 16. Optik yoğunlaştırıcı hücreler

2.3.4. PV güneş sistemlerinin avantaj ve dezavantajları

Elektrik üretmek için geliştirilmiş çok çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunların doğal olarak kendi aralarında üstünlükleri ve geri planda kalan yanları vardır. PV güneş yapılarının avantaj ve dezavantajlarını inceleyelim.

PV güneş sistemlerinin avantajları

- Dışarıdan enerji girdisine ihtiyaç duymadan kendi malzemesiyle gün ışığını kullanarak elektrik üretebilir.
- Mekanik anlamda dinamik olarak çalışan herhangi bir parçası olmadığı için hem uzun ömürlü hem de daha az bakıma ihtiyaç duyar.

- Doğada sınırsız oranda girdisi bulunduğu için her yerde kullanılabilir. Yedeklemeye ya da yer değiştirmeye ihtiyaç yoktur.
- Doğal afetler karşısında dayanıklıdır. Birkaç koruma önlemi alınması yeterlidir.
- Kurulu olduğu yer ile ürettiği enerjiyi transfer ettiği hat arası mesafe az olduğu için kayıp-kaçak oranı minimum seviyelerdedir.
- Grup olarak birleştirilme yoluyla güç ayarlaması yapılabildiği için her yerde bağlantı elemanları artırılıp azaltılarak ihtiyaca uygun optimum çalışma sağlanabilir.
- Mevcut elektrik dağıtım şebekesinden bağımsız çalışabileceği gibi bir takım dönüştürücü elektronik ara ekipmanlar kullanılarak beraber şekilde çalıştırılabilirler.
- Temiz enerji ürettikleri için çevreye zarar vermeden çalışırlar (Nakir, 2007).

PV güneş sistemlerinin dezavantajları

- Devasa boyutlarda enerji üretebilmesi için geniş alanlara gereksinim vardır.
- Gün ışığı alamadığı zaman enerji üretimi durur. Dışarıdan takviye alması gerekir. Kullanım için ürettiği elektriği depolaması gerekir.
- Hassas yapıları sebebiyle taşıma, montaj ve sonrası için dayanıklı yapılarla desteklenmeleri gerekmektedir.
- Üretim aşamaları zor ve ileri teknoloji gerektirdiğinden güneş gözelerinin maliyetleri oldukça yüksektir (Nakir, 2007).

2.4. PV Modüllerin Yapılarda Metal Aksam Uygulamaları

PV modüllerden elektrik üretimi, katodik korumada, küçük elektronik aletlerin çalıştırılmasındaki gibi değişik alanlarda yararlanıldığı gibi yapılarla entegre olarak hibrid şekilde de yararlanılabilmektedir. Mimari yapılarda dış cephe kaplamasında kullanılabilen PV modülleri dış kabuğa estetik bir görünüm de kazandırmaktadır. Bu durum tasarımcıların bu alana daha çok eğilim göstermesini sağlamaktadır.

2.4.1. Cephe bileşeni olarak kullanımı

Cepheler dışarıdan bakıldığında yapıyı göz önüne seren ve göze ilk çarpan kısımlardır. Bu sebeple dış cephenin görüntüsü çatı kaplamasının görüntüsüne oranla tasarımcılar için öncelikli bir durumdur (Yıldız, 2003).

Dış cephe yüzeyine entegre edilecek olan PV modüllerinin uygulama aşamasında bir takım karmaşık durumlar ortaya çıkabilir. Modüllerin tasarımı, yapıyla bağlantı durumu gibi faktörleri en aza indirmek veya ortadan kaldırmak için aşağıdaki şartlara uymak gerekir.

- PV modüllerin boyutlarının durumu ve yapıya yükleyeceği yük miktarı tasarım aşamasında hesaplanmalıdır.
- PV modüllerin ışığı daha verimli ve bol miktarda kullanabilmesi gerektiğinden tasarım cephesi ve temizliğinin nasıl yapılacağına hesaba katılması gerekir.
- Dış hava ile doğrudan temas halinde olacağı için hava şartlarına dayanıklı olmalı ve su geçirmeyecek şekilde ısı verimini düşürmeden yalıtım yapılabilir olmalıdır.
- PV modülün dış cephede kullanımı aşamasında gölgelenmeye maruz kalacağı için bu durumun ortaya çıkmayacak şekilde cepheye tutturulmasına dikkat edilmelidir.
- Yapının çalışmasına uygun olarak esnek veya havalandırılması kolay olabilecek şekilde malzeme tercihi yapılmalıdır. Örneğin esnek bir yapı gerektiğinde ince film kaplamalı veya havalandırma işlemi zor olan bir cepheye amorf silisyum hücreler tercih edilmelidir.
- Dış cephenin görüntüsü yapıyı ön plana çıkaracağı için kullanılan modeller estetik ve bütün halinde olmalıdır (Watt, 1999).

PV modüller yapının dış cephesinin dikey olarak kapladığı gibi (giydirmeye cephe), mevcuttaki bir cephe üzerine de (yağmur perdeleme, güneş kırıcı) tutturularak kullanılmaktadır (Oluklulu, 2001).

2.4.2. Gydirmeye cephe elemanı olarak kullanımı

PV modüllerin dış cepheyi oluşturduğu kullanım şeklidir. Tasarımcının tercihine uygun olarak değişik tiplerde (düzlemler, eğimli, kırıklı vb.) cepheler oluşturulabilir. Bu tür

tasarımlarda dış cephe giydirmesi metal ayaklar üzerine tutturularak yapılmaktadır. Dış cephe giydirme işlemi yapılmadan önce metal ayakların yapıya getireceği yük hesaplanmalıdır. Ayrıca cephe giydirme işlemi sonrasında meydana gelecek sızdırmazlık-geçirimsizlik gibi durumlar da öncesinde dikkate alınmalıdır (Çelebi, 2002). Temelden inşa edilecek olan yapılarda metal ayaklar kullanmadan dış duvara doğrudan tutturulmak suretiyle de montaj yapılabilir.

Düzlemsel perde duvar modeli

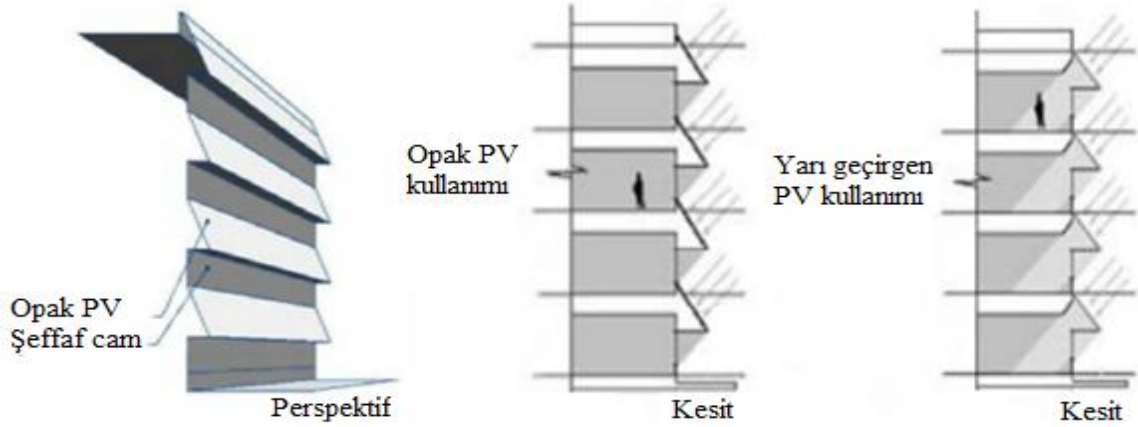
İş merkezi olarak kullanılan büyük yapılarda cam giydirme cephelerle aynı görünümde. PV modüllerin bağlantıları metal ayaklara yapılmakta ve statik yük yapıya aktarılmaktadır (Çelebi, 2002). Opak, yarı geçirgen ve saydam çeşitleriyle yapı içerisine giren gün ışığını kontrol edebilme olanağı sağlamaktadır.

Düşeyde kırıklı perde duvarı

Dış cephenin kırıklı oluşu ilave metal konstrüksiyona sebep olmaktadır. Bu da yapının inşasına ilave maliyet demektir. PV modüllerin uygun açıyla yerleştirilmesi gün ışığını etkin kullanıp daha verimli çalışmasını sağlar. Tasarım aşamasında panellerin açılabilir şekilde kullanımı sağlanır ise tutturulma sonrasında temizliği de yapılabilir (Oluklulu, 2001).

Yatayda kırıklı perde duvarı

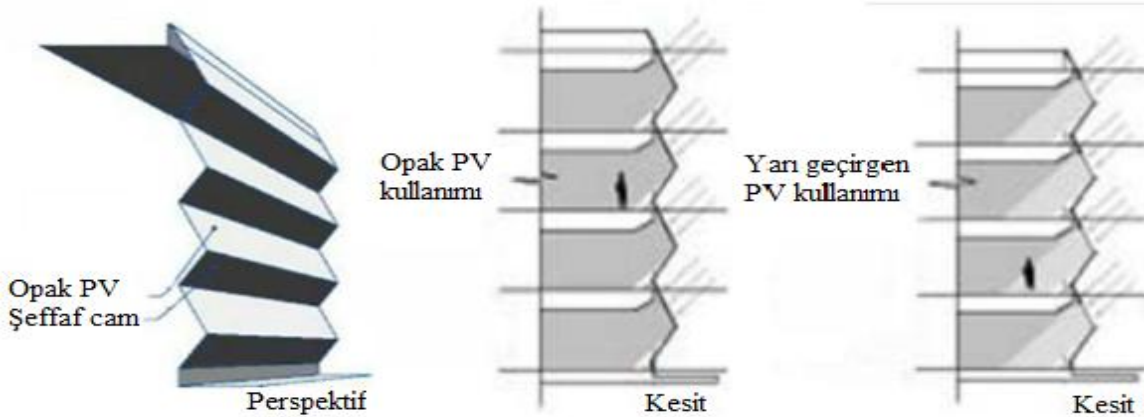
PV modülün alacağı kırıklı yatay formu oluşturmak için ilave konstrüksiyona ihtiyaç vardır. Bu da ilave maliyet gerektirir. Modüllerin konumu itibariyle açısı güneşe hem dik hem de geniş alan sağladığı için başarıyı düşeye göre daha yüksektir. Modüllerin yatay olması gölgelenme etkenini de ön plana çıkarmaktadır. Bu sayede ortama giren gün ışığının denetimi sağlanabilmektedir. PV modüllerin yatay olması temizlik sorununu beraberinde getirmektedir (Çelebi, 2002). Şekil 2. 17.' de görülmektedir.



Şekil 2. 17. Yatayda kırıklı perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

Akordeon perde duvarı

Diğer modüllere kıyasla karmaşık bir yapıya sahip bu form katlanmış panel-katlanmış panel şeklinde monte edilmektedir. Uygulama açısından oldukça fazla metal kullanımı demektir. Bu durum ek maliyetin yanı sıra temizlik sorununu da beraberinde getirmektedir (Cathcart, 1993; Çelebi, 2002). Şekil 2. 18.' de görülmektedir.

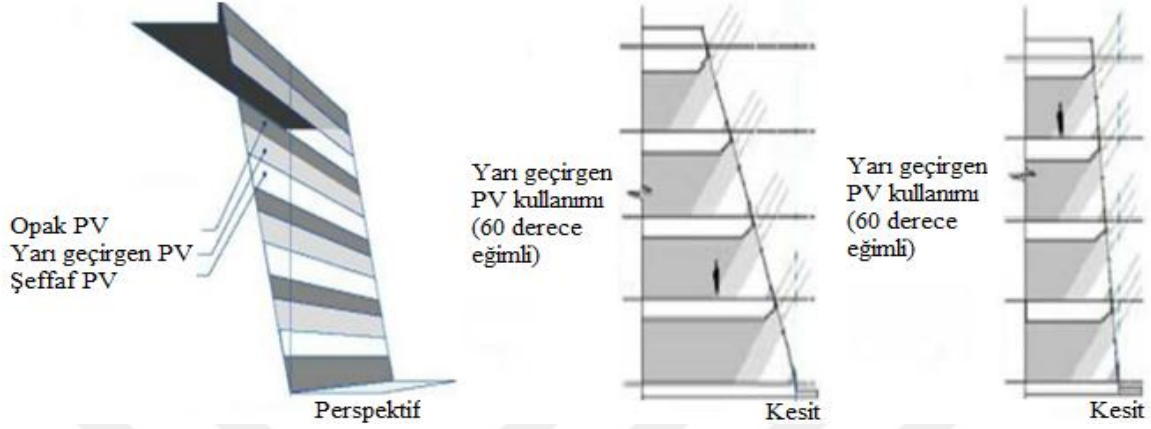


Şekil 2. 18. Akordeon perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

Eğimli düzlemsel perde duvarı

Başarım açısından diğer PV modül tiplerine göre daha verimlidir. En uygun çalışma açısı 60°'dir. Opak, yarı geçirgen ve şeffaf camlarla kullanımı mümkündür. Metal yapı ve

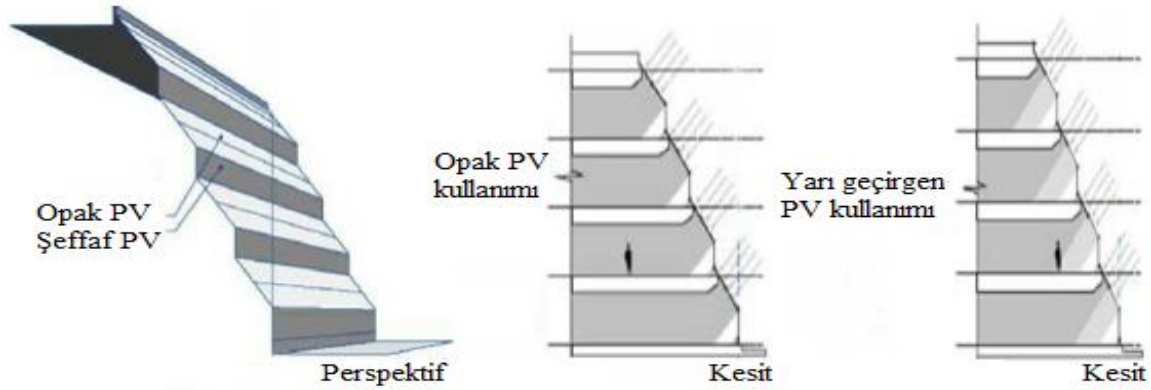
konstrüksiyon bakımından ilave maliyet getirmese de temizliği sorun teşkil etmektedir (Cathcart, 1993; Çelebi, 2002). Şekil 2. 19.' da gösterilmiştir.



Şekil 2. 19. Eğimli düzlemsel perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

Eğimli kırıklı perde duvarı

Dış duvarın kırıklı olması nedeniyle ek metal aksama ihtiyaç vardır ve maliyetin artmasına sebep olur. Başarım olarak eğimli düzlemsel perde duvar PV modül ile aynı verimde kabul edilir (Çelebi, 2002). Şekil 2. 20.' de gösterilmektedir.

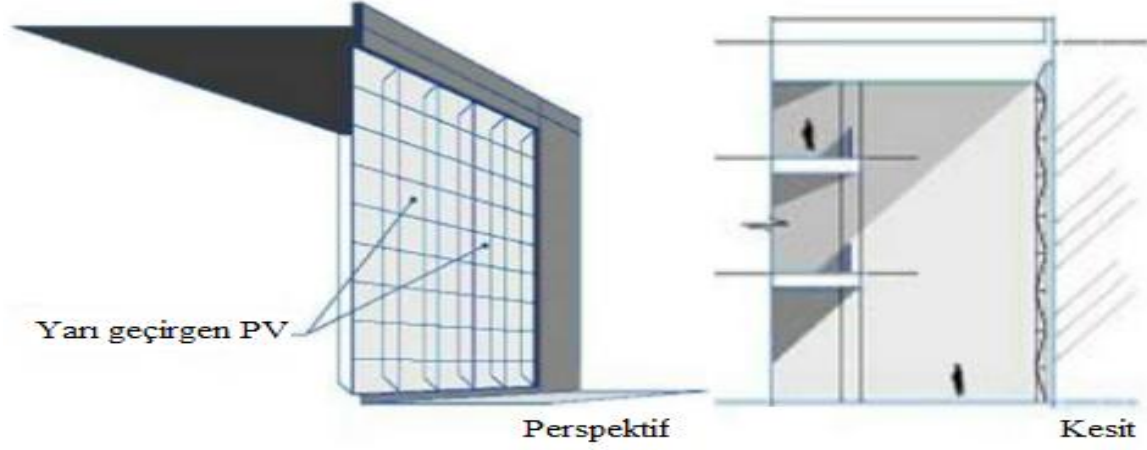


Şekil 2. 20. Eğimli kırıklı perde duvarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

Taşıyıcı cam cepheler

Taşıyıcı cam cephenin önceden kullanılan taşıyıcı sistemi mevcuttur. Ekleniecek PV modüller yapı üzerinde bulunan cam aralarına eklenir. Cam taşıyıcı cepheler ile aynı

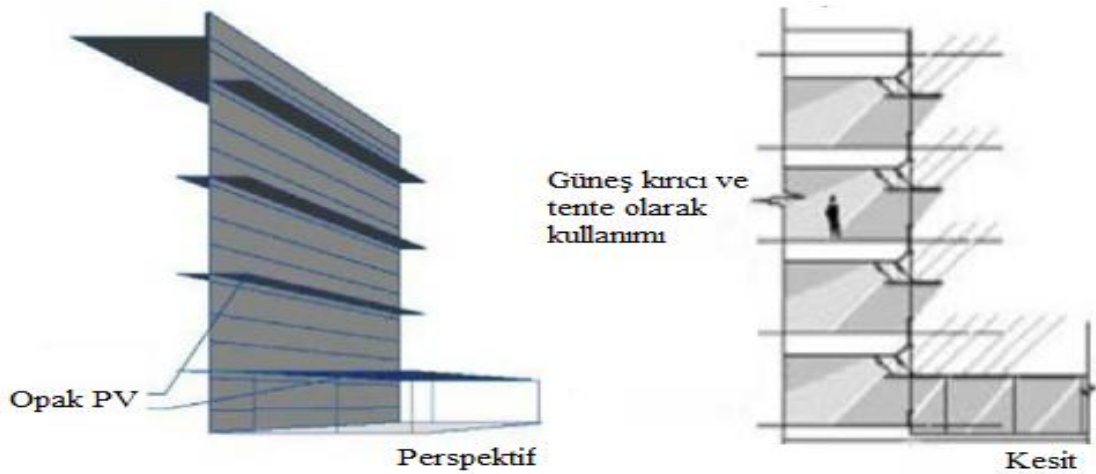
mantıkta çalışır. Yarı saydam PV modül ile cam yüzey bir arada kullanılarak oluşturulur (Yıldız, 2003). Şekil 2. 21.' de gösterilmektedir.



Şekil 2. 21. Taşıyıcı cam cephe olarak pv modülü kullanımı (Sayın, 2011)

2.4.3. Güneş kırıcı olarak kullanım

Yapıda kullanım amacı güneş ışınlarını toplama ve güneş ışığını kontrol altına almak. Bu işlemleri yapması amacıyla kullanılan PV modüller montaj anında ek metal aksama ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden maliyeti artırırlar. Montaj yapılırken dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da su yalıtımıdır. Bina yüzeyiyle entegre çalışabilmesi için yalıtımının iyi yapılması gerekir (Oluklulu, 2001). Şekil 2. 22.' de gösterimi verilmiştir.



Şekil 2. 22. Güneş kırıcı olarak pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

2.4.4. Yağmur perdesi olarak kullanımı

Alışılmış cam kaplı dış cephelere uygulanan perdeleme yapıyı atmosferik dış etkilerden korumaktadır. Aynı zamanda gün ışığını kullanarak elektrik üretimi sağlamaktadır. Montaj sırasında yapının dış duvarı ile PV modül arasında boşluk bırakılmaktadır. Bu boşluk hem elektrik kablolarını saklamakta hem de PV modüllerinin havalanmasını sağlayarak verimlerini yüksek tutmaktadır (Thomas, 1999).

2.5. Çatı Bileşeni Olarak Kullanım

Bu tip sistemlerde PV modülü direk ve indirekt şekilde kullanılabilir. Mevcut bir yapı varsa ortada indirekt olarak çatının üzerine kurulabilirken, sıfırdan inşa edilen bir yapıysa PV modülü çatı malzemesi olarak direkt kullanılabilir.

2.5.1. Çatı sistemine monte edilerek kullanım

Bu tip sistemler mevcutta bulunan çatıya entegre edilerek kullanımı sağlanmaktadır. Çatının üst kısmına veya uç kısımlarına monte edilerek kullanılabilir.

Çatı kaplaması olarak kullanım

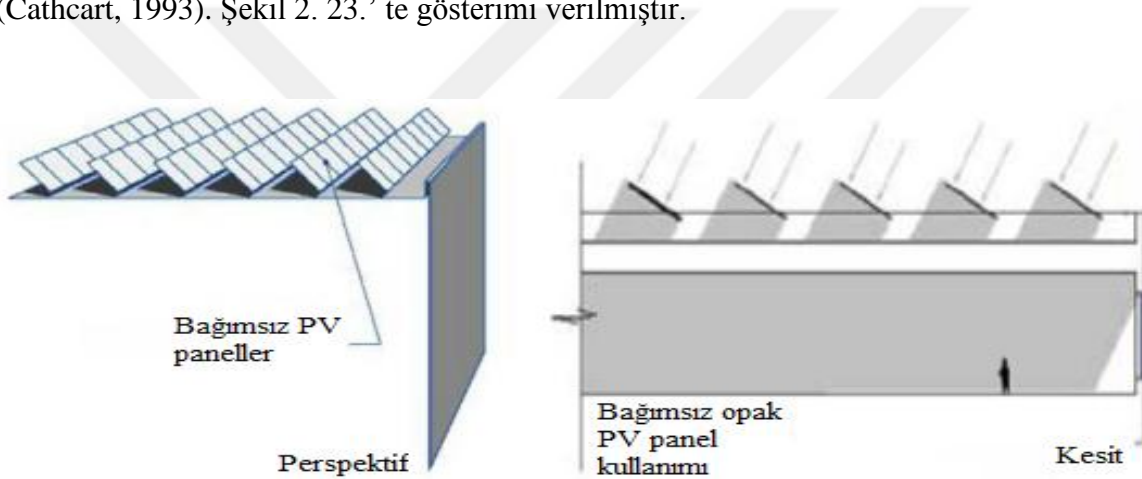
Mevcut çatı üzerine monte edilirken su ve ısı yalıtımına dikkat edilmelidir. Ayrıca çatının eğimi kullanılacak PV modülünün verimini etkileyeceği için montaj esnasında uyulması ve dikkat edilmesi gereken durumlar aşağıda ifade edilmektedir.

- Çatının uygulama yapılırken monte edilen PV modüllerinin uç kısımlara denk gelmesi için modüllerin boyutları önceden ölçü alınarak seçilmelidir.
- PV modüllerinin verimli çalışması için ve Türkiye'nin konum olarak kuzey yarım kürede bulunması sebebiyle çatının Güneye bakan kısmı kullanılacağı için diğer tarafta kalan ve muhtelif çatı malzemesiyle kaplanan kısımların birleşim yerlerinin su sızdırmazlığını sağlamak için uygun malzemeler kullanılmalıdır.
- Mevcuttaki çatıların kiremitleri çatı ile bağımsız çalışırken, PV modülleri hafif olmaları sebebiyle çatıya bağlantı elemanları ile bağlanmaları gerekir.

- PV modülleri sıcak havalarda çalışırken ısınacağından dolayı soğumalarını sağlamak amacıyla çatı malzemesi ile aralarında boşluk bırakılması gerekir (Watt , 1999).

Düz çatılarda kullanımı

Çatıdan bağımsız oldukları için istenilen açılarda ayarlanarak montajlanabilirler. Kurulum ve demontajları kolaydır. Kurulum aşamasında istenilen açıya olanak sağladıkları için verimleri yüksektir. Çatı üzerinde veya etrafında gün ışığının miktarını etkileyecek gölgeleme faktörü oluşturulması sistemi olumsuz etkileyeceği için dikkat edilmelidir (Cathcart, 1993). Şekil 2. 23.' te gösterimi verilmiştir.



Şekil 2. 23. Düz çatılarda bağımsız pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

2.5.2. Çatı sistemine entegre kullanımı

Bu tip PV modül sistemlerinde mevcut çatı malzemelerinin bitiş kısmına uygulanarak çatı ışıklıkları olarak kullanılabilirler.

Düz çatı ışıklıkları

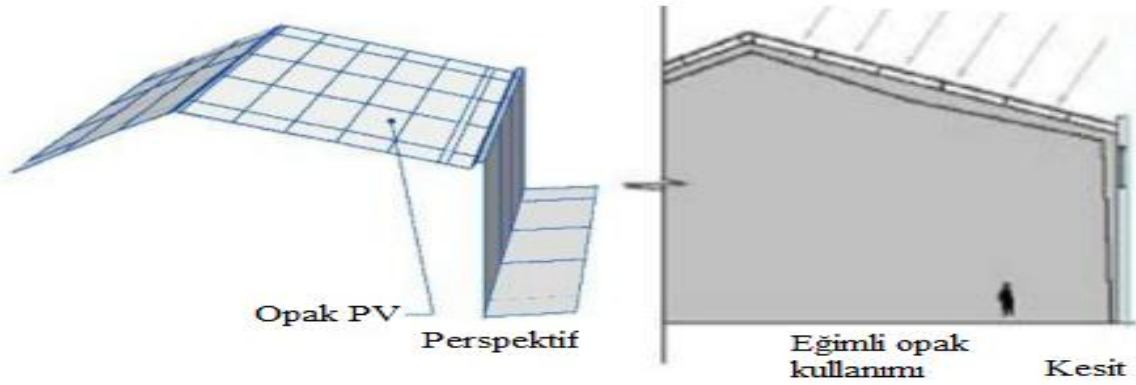
Bu tip uygulamalarda PV modülü aydınlatma aracı olarak kullanılmak üzere çatıya monte edilir. Eğer iç mekan aydınlatması istenirse bu modüllerden yarı geçirgen olması gerekmektedir. İstenildiği takdirde gün ışığını daha iyi alabilmesi için eğimli olarak ta montajı yapılabilir fakat kar yükünün hesaba katılması gerekmektedir(Yıldız, 2003).

Yatay kırıklı çatı ışıklıkları

Bu tip sistemler tercihen büyük yapıları mekanlarda kullanılmaktadır. Montaj safhasında verimi artırmak için en uygun açı hesaplanır. Opak modül ve şeffaf cam kullanımına uygundur (Cathcart, 1993).

Eğimli çatılarda kullanımı

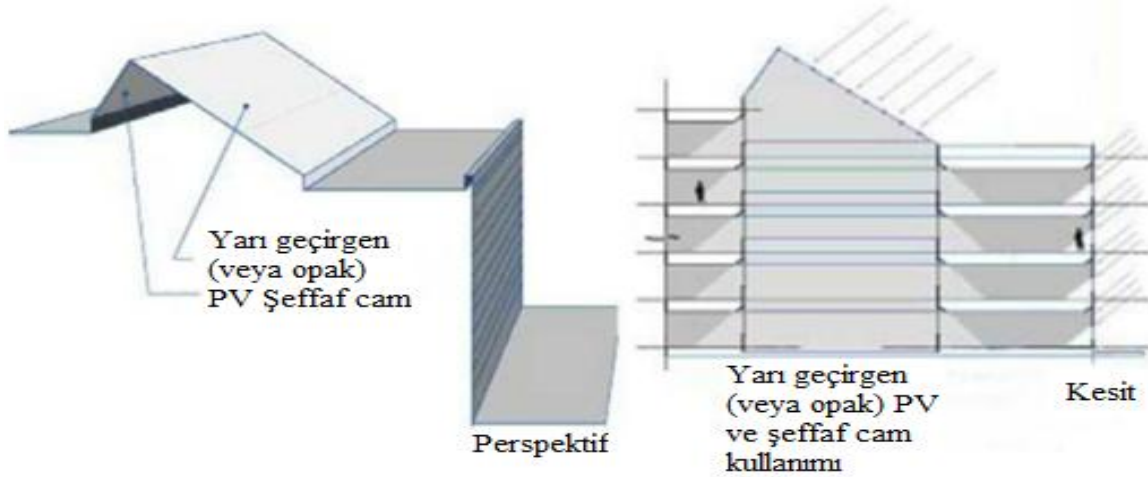
PV modüllerin çatıya entegre edildiği bu sistemlerde çatının eğimli olması sistemin verimini artırmaktadır. Dikkat edilmesi gereken hususlar su yalıtımının iyi yapılması ve soğuk bölgelerde kullanımı için montaj safhasında kar yükünün hesaplanmasıdır (Sick, F. ve Erge, 1996). Şekil 2. 24.' te gösterilmiştir.



Şekil 2. 24. Geleneksel çatı sistemi üzerinde pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

Atriumlu mekanlar

Bu tip sistemler AVM veya büyük yapıları otellerde girişi aydınlatmak için kullanılan atriumlu yapılarda uygulanmaktadır. Çatı iskeleti metal konstrüksiyon olduğu için kar yükü hesaplamaya katılmalıdır. Su yalıtımının iyi yapılması gerekir. Elektrik üretimi sağlandığı gibi yarı geçirgen modül kullanılarak güneş ışığının kontrolü de sağlanabilmektedir. Şekil 2. 25.' te gösterimi verilmiştir.



Şekil 2. 25. Atriumlu mekanlarda pv modül kullanımı (Sayın, 2011)

2.6. PV Modüllerin Yapıda Cephe veya Çatı Bileşeni Olarak Kullanılmasının

Faydaları

- Yapının dış cephesinin alışıldık işlevi dışında, elektrik üretebilen bir biçime dönüşmesi tasarımlarda farklı bir bakış açısı sunmaktadır.
- PV modüllerin farklı boyut ve ebatları üretilebildiği için değişik biçimlere kolayca uygulanabilmektedir.
- Modüllerin uygulama aşamasında yapıya entegre edilmesi sırasında ilave alan veya sisteme gereksinim duyulmamaktadır.
- PV modüller imal edilirken saydam veya yarı saydam olarak üretilebildikleri için kullanım sırasında yapı içerisinde gün ışığını denetleyerek edilgen aydınlatmaya da olanak sağlamaktadır.
- Dahil edildikleri yapının elektrik ihtiyacına göre hesaplanıp tasarlandıkları için üretilen elektriğin depolanması için aküye de ihtiyaç duyulmaz (Sayın, 2006).

2.7. PV Modüllerin Taşıyıcı Sistemlerinde Kullanılan Metal Malzemelerin Yapısal

Özellikleri

Taşıyıcı sistemlerde alüminyum, çelik gibi malzemeler farklı ebat ve boyutlarda kullanılmaktadır. Bu malzemelerin dışında paslanmaz çelik, bakır, bronz gibi metaller de farklı kullanım alanlarında tercih edilmektedir (Quirouette, 1999).

Profiller kullanılarak oluşturulan taşıyıcı sistemlerde bağlantı noktaları görünür veya görünmez şekillerde tasarlanabilmektedir. Hava koşulları sebebiyle metaller üzerinde ısı genleşmelere bağlı olarak sürtünmeler meydana gelmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için profiller arasına plastik pul konulmaktadır. Taşıyıcı sistemin ihtiyacı olan mesnet sayısı taşıyacağı yüklerle beraber dış ortamdan gelecek olan rüzgar, kar gibi ilave yüklerle bağlıdır. Kullanılan metalin türüne göre farklı ve değişik bağlantı çeşitleri uygulanabilir; noktasal bağlantılar (bulon, vida, klips gibi) ve düzlemsel metal bağlantılar (kaynak lehim ve presle yapıştırma gibi). Tasarlanan taşıyıcı sistemin sağlamlığı ve ekonomikliği uzun vadede korozyona karşı direnciyle orantılıdır. Çelik alaşımlı malzemeler, özellikle bu açıdan önem arz etmektedir. Korozyon oluşumunu önlemek için metalik veya metalik olmayan kaplamalarla dayanım ömrü uzatılabilir. Çinko, paslanmaz çelik, kalay, titanyum, bakır ve alüminyum normal hava şartlarında korozyona karşı dirençlidir. Korozyona dayanımı düşük olan metalleri korumak için elektrokimyasal metal koruması veya yüzey kaplama yöntemleri uygulanabilir (Eşsiz, 2004). Metal profil ve yapılarda kullanılan malzemelerin yapısal özellikleri aşağıdaki gibidir.

Çelik

İçerisinde barındırdığı fosfor, sülfür ve karbon sebebiyle demirden farklı yapıdadır. Bünyesindeki karbon oranı arttıkça mukavemeti doğru orantılı, üzerine gelen yükü sönmüleme ve kaynak kabiliyeti ters orantılı şekilde değişiklik göstermektedir. Malzemenin enerji absorbe etme kabiliyetine tokluk denir. Çeliklerde, içerisinde ihtiva eden karbon oranı arttıkça gevreklik artar ve tokluk azalır. Malzeme kırılma başlar.

Paslanmaz çelik

İçerisinde en az %10-11 oranında krom ve magnezyum ihtiva eder. Molibden, magnez, bakır, nikel veya krom korozyon direncini artırır. Yapısında bulunan nikel ve kromdan dolayı çeliğe göre maliyeti daha yüksektir (Schafer, 2003).

Alüminyum

2000°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda elde edildiği için maliyeti yüksek fakat uzun vadeli kullanımlarda ekonomiklik sağlamaktadır. Yüzeyi boya tutmaya elverişli olduğundan korozyona karşı boya korumasına imkan sağlar (Schafer, 2003).

Çinko

Alüminyum, çelik, bakır ve çinkodan sonra miktar olarak en fazla tüketilen metaldir. Diğer metallerle kolay alaşım yapması ve kimyasal reaksiyonlarda aktif rol alması sebebiyle çinko, sanayide üretim alanında sıkça kullanılmaktadır. Kimyasal tepkimelerde aktif rol alması özellikle demir ve çelik ürünlerinde korozyona karşı korunmalarını sağlamaktadır.

Titanyum

Aynı mukavemete sahip çeliğe oranla %42 daha hafiftir. Korozyon direnci oldukça fazladır. Uzay teknolojisi alanında kullanılır.

Bakır

Ağır olmasına karşılık oldukça yumuşak bir malzemedir. Isı ve elektrik iletkenliği yüksektir. Kullanım alanı oldukça yaygın olmakla beraber üretim maliyeti yüksek bir malzemedir. Oksijen ile reaksiyonu sonucu yüzeyinde oluşan doğal film tabaka sayesinde kapladığı malzemeyi korozyona karşı korur (Schafer, 2003).

3. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNİN MARUZ KALDIĞI PASLI ORTAMLAR

Gelişen teknolojiyle beraber üretimde kullanılan malzeme ve tekniklerin de çağ atlaması kaliteyi artırmasının yanında bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Güneş enerji sistemlerini oluşturan yapıları bir arada ve uzun süre tutmasını sağlayacak olan metal aksamlar her ne kadar aşırı ve dinamik bir yüke maruz kalmasa da uzun ömürlü olmaları açısından bir takım koruma teknikleriyle muhafaza altına alınmaları gerekmektedir.

Parça imalatından montajına kadar geçen sürede üretim ve tasarımın her aşamasında dikkat edilmesi gereken bazı noktalar olmaktadır. Bu noktalara tasarım aşamasında dikkat edilmesi hem zaman açısından hem de maliyet açısından önemli bir rol oynamaktadır. Gelişmiş teknolojilerin kullanıldığı güneş enerji sistemlerinde malzemenin kalitesi ve uygun nitelikte kullanılması sistemin ömrünü uzatacağı için ekonomik ömürlü bir sistemin kurulmasını da sağlayacaktır (Çakır, 1990).

3.1. Korozyona Etki Eden Faktörler

Farklı çevre ve şartlarda çalışmak zorunda kalan metallerin bulunduğu ortamın durumuna göre maruz kaldıkları dış etkenler korozyona neden olmaktadır. Korozyon değişik ortam ve etkenlerden dolayı etki süresi ve dayanım gücüne bağlı olarak farklı çeşitlerde meydana gelebilir.

Metaller üretilip kullanılmaya başlandıkları andan itibaren çok değişik ortamlarda çalışabilirler. Bu ortamlar deniz olabilir, atmosfere açık alan olabilir, zeminde olabilir, beton altında ve hatta toprak altında da olabilir. Tüm bu ortamlarda uzun süreli dayanım göstermesi istenir. Bu sebeple metallerin buldukları ortamlarda gösterecekleri direncin üst seviyede olması istenir.

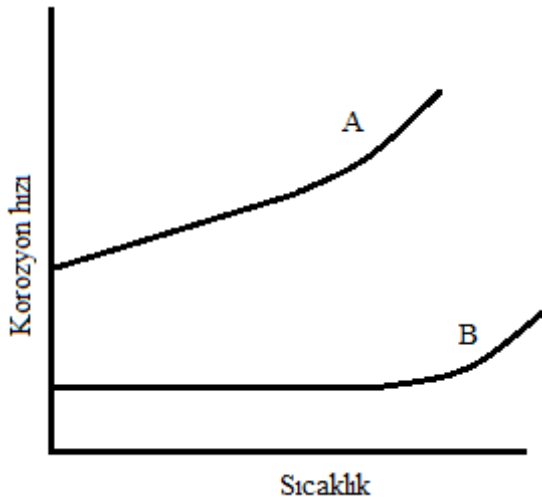
3.1.1. Coğrafi yerleşim

Sistemlerin kurulacağı yerlerin iklim koşulları çok önemlidir. Sistemin kurulacağı konumlarda iklim şartlarına bağlı olarak korozyonun şiddeti de değişim gösterebilir. Tropik deniz veya okyanus üzerinde yükselen sıcak hava denizden yükselen tuzlu hava ile karşılaştığı zaman kısa sürede metaller üzerinde pas etkisi yapar.

Bölgenin sıcaklık ve nem durumu pas etkisi açısından çok önemlidir. Korozyonu tetikleyen en önemli etkenlerden ikisi sıcaklık ve nemdir. Bu iki etken bir araya gelerek korozyon sürecini başlatan etkiyi oluşturmaktadır. Korozyonun nispeten az olduğu hatta hiç olmadığı ortamlar genelde nemin olmadığı ortamlardır. Bu nedenle güneş sistemlerinin kurulumu açısından bu özelliklere sahip yerler önem arz etmektedir. Buzullar ve çöller nemin olmadığı iki bölge olarak Dünyamızda bulunmaktadır. Fakat ışık gücü baz alındığı zaman buzullarda kurulacak bir güneş enerji sisteminin yapısal olarak tahribatı olmasa bile verim açısından ısıtma ve enerji elde etmede bir değeri olmayacaktır. Diğer bir alan olan çöller ise hem ışık açısından hem de nemsiz ortam olması sebebiyle güneş enerji sistemlerinin kurulumu için oldukça ideal alanlardır (Doğan, 2006).

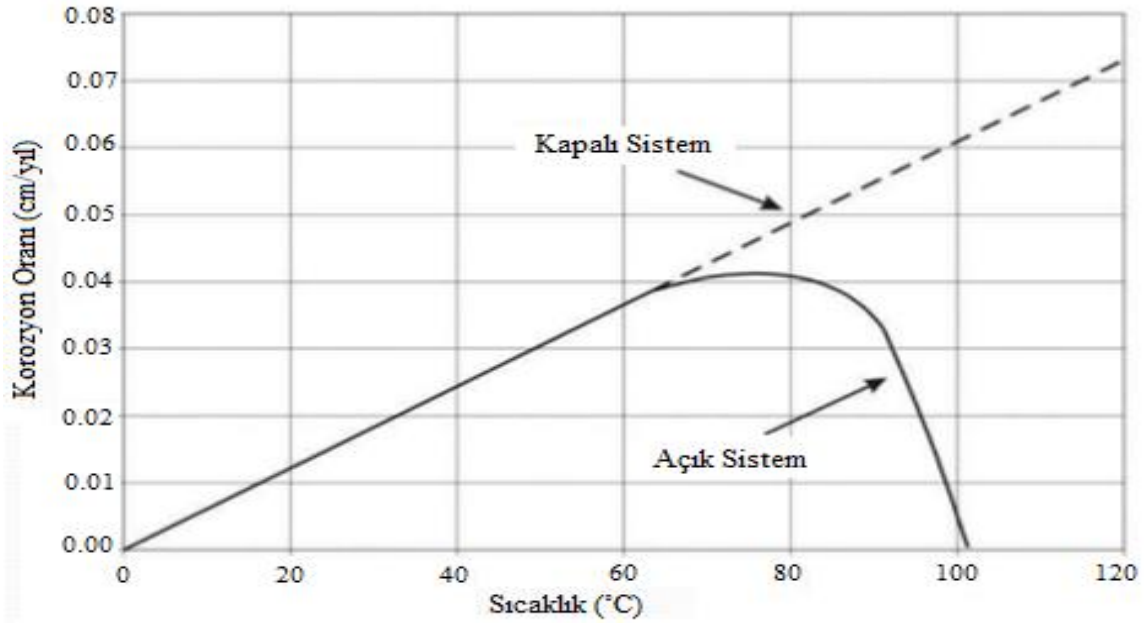
3.1.2. Sıcaklık

Kurulu yapılar veya sistemler üzerinde sıcaklığın bilinen en temel etkisi malzemenin maruz kaldığı korozyonun hızını artırmaktır. Malzemenin cinsine bağlı olarak bu iki şekilde gerçekleşir. Şekil 3. 1.' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3. 1. Korozyon hızı üzerine sıcaklığın etkisi

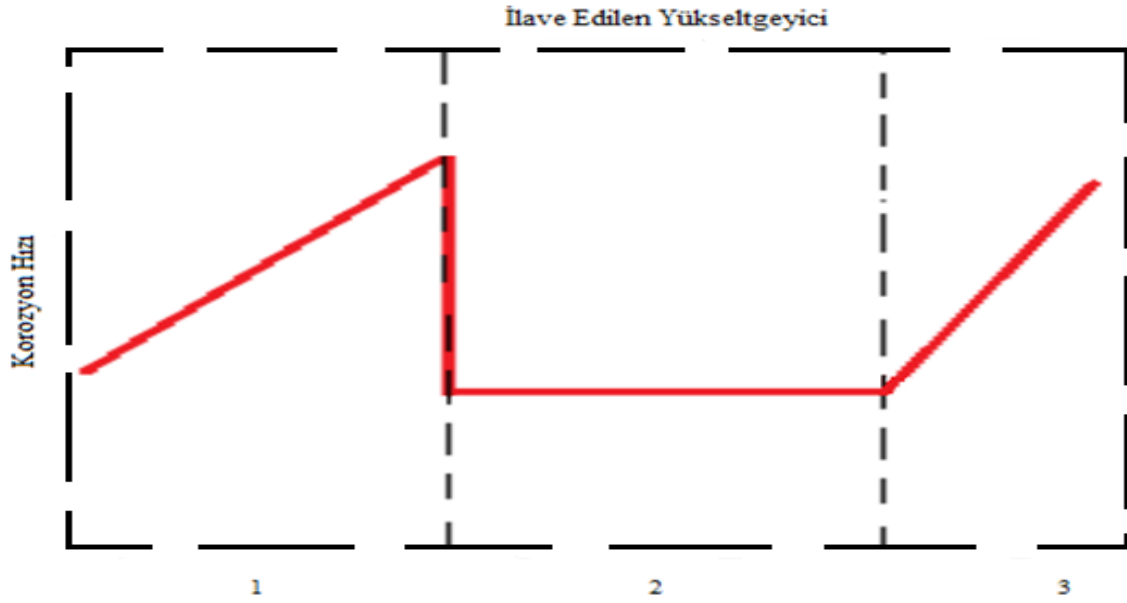
Şekil 3. 1.' de görüldüğü gibi düşük sıcaklıklarda dahi korozyona maruz kalan malzemeyi gösteren A eğrisi, artan sıcaklıkla beraber malzemeye etki eden korozyonun hızının doğrusallık dışında bir etki gösterdiğini göstermektedir. Daha çok demir yapıdaki malzemelerde görülen bir durumdur. B eğrisi ise güneş sistemlerinde konstrüksiyonu oluşturan malzemelerin içerik olarak Cr ve Ni içermediği veya az miktarda bulunduğu için pek rastlanan durum değildir. Nitrat asidine maruz kalan Cr ve Ni içeren metaller asidin yükseltgenmesine neden olur. Bunun sonucu olarak ta pasif bölgeye geçen metalin korozyon hızında artışa sebep olur. Bazı durumlarda da bunun tersi gözlenebilmektedir. Şekil 3. 2.' de gösterildiği gibi artan sıcaklıkla beraber korozyon hızında düşme görülebilir. Demir ihtiva eden metaller düşük sıcaklıklarda korozyona maruz kalırlar fakat sıcaklığın yükselmesiyle sıcak su veya deniz suyu içerisinde bulunan demir yapılarda korozyon hızı düşmektedir. Bunun sebebi artan sıcaklıkla beraber su içerisinde bulunun oksijen miktarının düşme göstermesidir (Doruk, 1982).



Şekil 3. 2. Korozyon hızına sıcaklığın etkisi

Havada bol miktarda bulunan oksijenin metaller üzerine etkisi Şekil 3. 3.' te gösterilmiştir. Bu şekil üzerinden oksitleyici özelliğe sahip oksijenin metaller üzerinde ne gibi etkisi olduğu incelenmiştir.

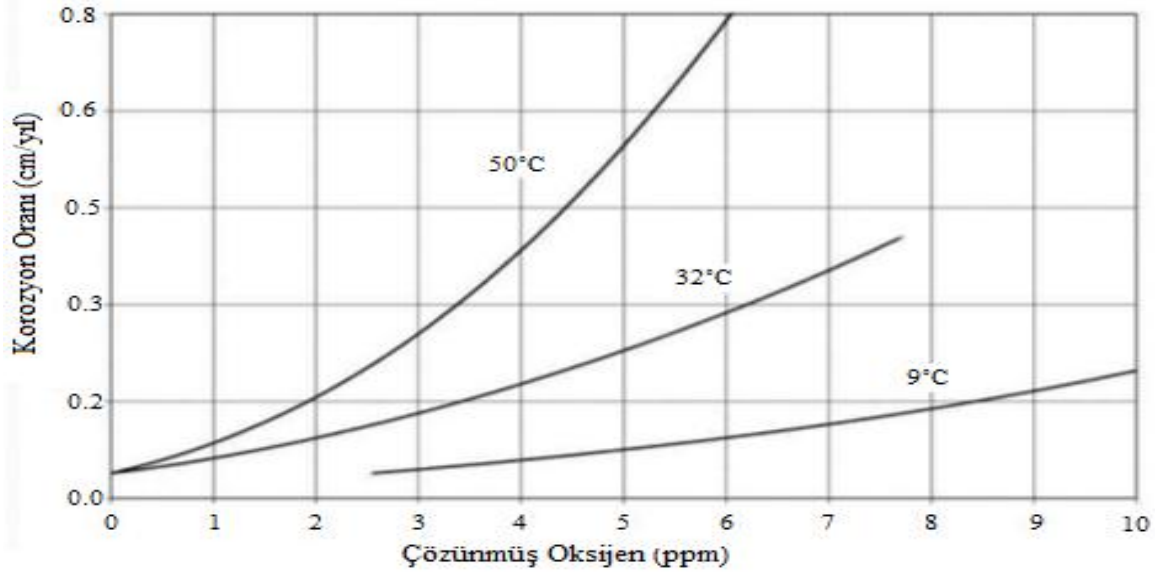
Oksijen yapısı itibariyle soy gazlar hariç her elementle bileşik kurabilme özelliği vardır. Doğada elementten ziyade molekül olarak bulunur. Canlıların enerji üretmesi için vücutlarında gerçekleştirdikleri yanma tepkimelerinin tamamlayıcı unsurudur. Nasıl ki canlı vücutunda reaksiyonların başlamasını sağlıyorsa aynı şekilde metallerin sahip olduğu yapılarda da reaksiyon başlatma yetisine sahiptir. Aslında bir anlamda oksijene ihtiyaç duyulmaktadır.



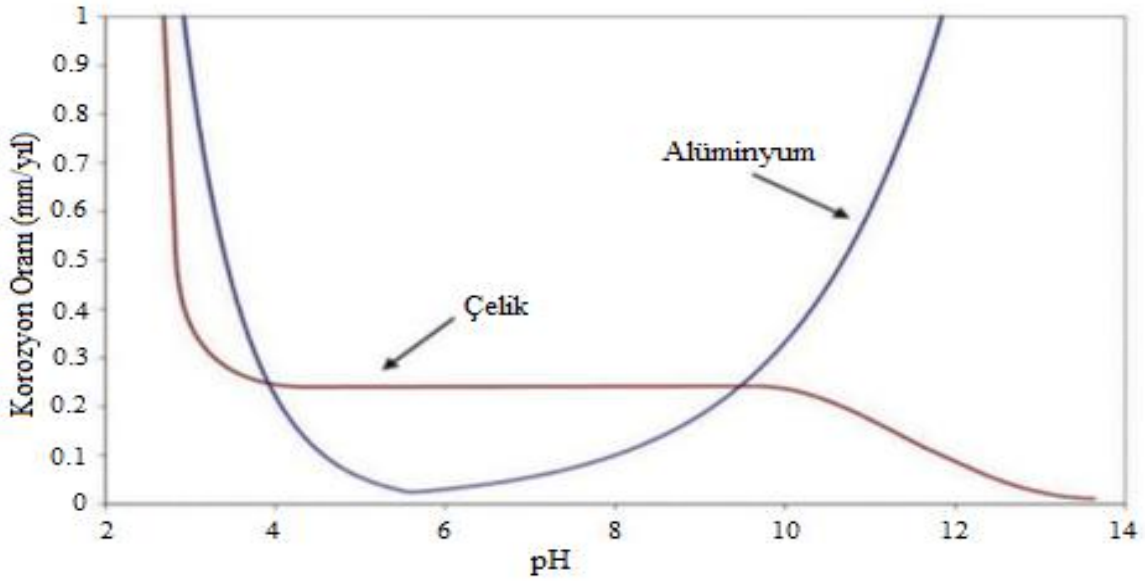
Şekil 3. 3. Havalandırma ve oksitleyicilerin korozyon hızı üzerine etkisi

Şekil 3. 3.' ün 1. Bölümü ortamda yükseltgenmesini sağlayacak maddenin normal seviyelerde bulunması halinde ortaya çıkan orantısal bir eğridir. Ortamdaki yükseltgenin artırılması ile pasif hale geçen metal oksitleyici miktarının artırılmasından ziyade daha da güçlü bir oksitleyici ilavesi ile etkinleştirilebilir. 2. Kısımındaki ani düşmenin nedeni eklenen oksitleyicinin yeteri kadar etkinleşmediği içindir. 3. bölümde ise oksitleyicinin gücünün artırılması ile aktive olan metal hızı artan bir korozyona maruz kalmaktadır.

Görüldüğü üzere ortamın etkisinin yanında ortama eklenen korozyona neden olan maddenin miktarından çok etki gücünün yüksek olması oluşacak korozyonun hızını etkilemektedir (Doğan, 2006). Şekil 3. 4. ve Şekil 3. 5.'te de oksijen ve ph'ın korozyona etkisi gösterilmektedir.



Şekil 3. 4. Korozyon hızına oksijenin etkisi



Şekil 3. 5. Korozyon hızına pH etkisi

3.1.3. Malzeme seçimi

Korozyon etkisini ortadan kaldırmak için kullanılan malzemelerin birbiriyle uyumuna dikkat edilmelidir. Teknik olarak ifade edilirse birbiriyle temas edecek olan malzemelerin aralarında potansiyel fark bulunmamalıdır. Örneğin, çelik malzemelerin birleştirilmesi için paslanmaz çelikten civata kullanılması halinde aralarına plastik ya da kauçuk conta

konulmalıdır. Aksi halde aralarındaki potansiyel farktan dolayı galvanik korozyon meydana gelir. Güneş enerji sistemlerinde bu sebeple aynı cins malzemeler kullanılarak metal aksamın kurulmasına dikkat edilmelidir.

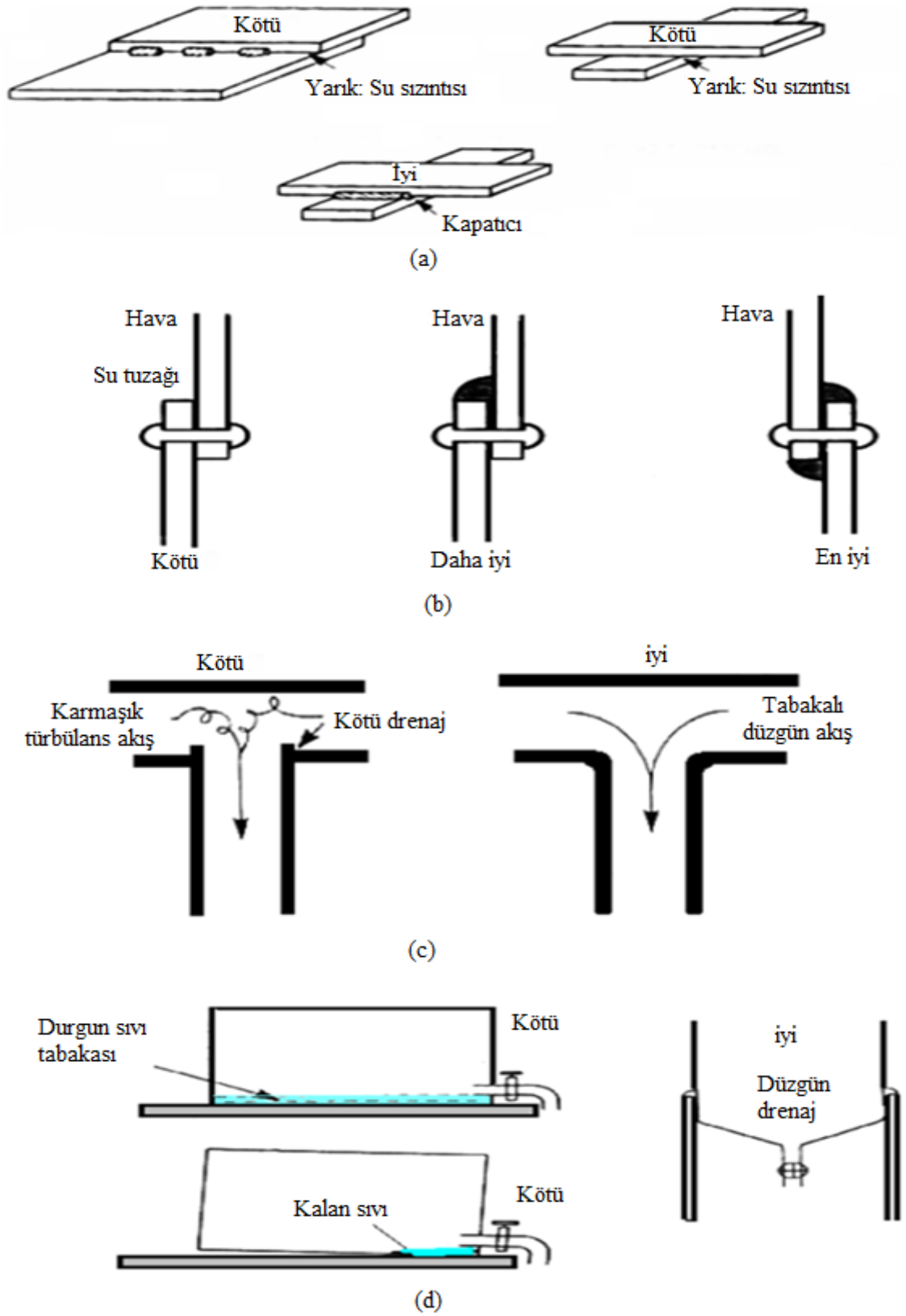
3.1.4. Parça boyutu

Üretim safhasında et kalınlığı fazla olan metal ısıtılardan geçirilerek işlenirse kullanım aşamasında korozyona uğrayacaktır. Bu durumu ortadan kaldırmak için et kalınlığı düşürülmesi gerekir. Kullanılacağı yere göre mukavemet gerektiriyorsa kalın olarak üretimi yapılır. Farklı özellikte bir malzeme ile birleşimi yapılacaksa aralarında korozyon kaçınılmaz olacaktır. Eğer aktif olan ince metal ise korozyon hızlı bir şekilde gerçekleşir. Eğer aktif olan kalın metal ise korozyon yavaş bir şekilde gerçekleşir. Aralarında oluşacak korozyonu önlemek için aralarına yalıtkan bir malzeme konulmalıdır. Aksi halde anot durumundaki metal kullanılamaz hale gelir (Doğan, 2006).

3.1.5. PV modülü sistem tasarımı

Sistem tasarımı yapılırken kullanılan malzemeler ve birbirleriyle olan ilişkileri baz alınmalıdır. Sistem tasarlanırken, kullanılan malzeme ve korozyonu önleyecek tedbirler üretim aşamasında tasarlanmalıdır. Aynı şekilde boruların üretimi ve tasarımında da dikkat edilmelidir. Güneş enerji sistemlerinde kolektörlü sistemlerde akışkan olarak su bulunduğu için tasarımlarında bu etken göz önüne alınmalıdır. Gerek depo kısmında gerekse boru ve metal aksam kısmında malzeme seçimi dikkatli yapılmalıdır. Depolarda üretim aşamasında malzeme olarak suya dayanıklılık gösterenin seçilmesine dikkat edilirken tasarımında da depo tabanında tamamen boşaltıldığı zamanlarda su birikintisinin olmaması için gider ağız bırakılmalıdır.

Metal taşıyıcı kısım inşa edilirken de aynı etkenlere dikkat edilmeli havanın oksitleme direnci ve malzemenin birbiri ile teması sonucu oluşacak korozyonlara yönelik tedbirler alınmalıdır. Aynı cinsten aralarında potansiyel fark bulunan malzemeler doğrudan cıvata ile bağlanmak yerine kaynak veya lehim tercih edilmelidir. Cıvata sistemi kullanılmak zorunda kalınan birleşimlerde metal malzemelerin birbiriyle etkileşimini önleyecek şekilde yalıtkan malzemeler araya konulmalıdır. Şekil 3. 6.' da bağlantı şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 3. 6. Korozyon korumasında tasarımın önemi

a) Birbiri üzerine yatay binen iki metal levhanın korunması b) Birbiri ile dikey kesişen iki metal levhanın korunması c) Borularda koruma d) Tanklarda koruma

3.2. Pashlı Ortamlar

Yapı olarak hangi ortamda bulunursa bulunsun metaller her zaman korozyona karşı mücadele etmek zorundadırlar. Korozyon her ortamda meydana gelmekle beraber etkisi de aynı derecededir. Malzemenin cinsi ve ortamdaki korozyona sebebiyet veren maddenin tesir gücüne bağılı olarak sadece hızı ve etki süresi değışebilir.

Yapılar yeryüzünde her yerde olabilirler. Deniz içinde, deniz kenarında, tatlı su içinde, tatlı su kenarında, atmosfere açık alanda, zeminde, altında ve hatta beton içerisinde.

Korozyona karşı tedbirler alındığı sürece sistemin ömrü ve maliyetine göre ekonomiklik ömrü uzatılabilir. Yalnız çok büyük bir alanda korozyon meydana geliyorsa (açık atmosfer, deniz gibi) bu tip ortamlarda korozyona karşı alınan tedbirlerde ortam özellikleri değıştirilerek alınamaz (Şen, 2017).

3.2.1. Atmosferik ortamlar

Açık alanda bulunan her türlü metal ve betonarme yapılar korozyona uğrarlar. Açık alanlarda korozyona etki eden faktörler şunlardır;

- Havadaki nemin etkisi
- Soluduğumuz havada ihtiva eden kükürt dioksit
- Denize yakın veya kıyı bölgelerde havada bulunan klorürler
- Havada bulunan katı formdaki mikro düzeyde bulunan parçacıklar
- Sıcaklık

Soluduğumuz havanın içerisinde bulunan oksijen, su buharı ve katı parçacıklar temas ettikleri yüzeylerde korozyona sebep olurlar. Bu işlem için hava içerisinde bulunmalarının yanı sıra ortam sıcaklığının da yükselmesi gerekir. Havanın sahip olduğu bağılı nemden dolayı yüzeylerde ince film tabakası halinde nem her daim bulunur. Kalınlığı mikron seviyelerdedir.

Metal yüzeylerde oluşan bu su filmi, havanın sahip olduğu bağılı nem neticesinde adsorbsiyon, suyun kohezyonu, kapiller tesir gibi nedenlerle meydana gelebilir. Atmosfer

içerisinde bulunan gazların yanı sıra sahip olduğu bağıl nem ile korozyona ortam hazırlar. Havanın içerisinde bulunan bağıl nemin korozyona etkisi sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir. Korozyon hızı sıcaklığın artmasıyla orantılı olarak artmaktadır.

Atmosferde serbest halde bulunan toz ve katı parçacıkların etkisiyle ortama etkimesi sonucu meydana gelen korozyon söz konusu olabilir. Havada bulunan özellikle kükürt gazları bununla beraber katı yakıtların yanmış gazları korozyonu artırıcı etki göstermektedirler. Demir-çelik alaşımı malzemeler üzerinde etkileri çok fazladır. Metal yüzeyine biriken kükürt dioksit havanın nemini üzerine çekerek asidik göstererek korozyona neden olmaktadır. Atmosferde bulunan korozyona neden olan bir diğer etken de amonyak ve klorürlerdir. Amonyak, elektriksel ve ısı iletkenliği yüksek olan bakır ve alaşımları üzerinde etkilidir. Klorürler ise doğada bulunan tüm metaller üzerinde etkilidir.

3.2.2. Tabii sular ve denizler

Metal yapıların inşa edildiği tatlı sularda bünyesinde barındırdığı oksijen miktarı korozyon etkisini artırmaktadır. Suyun akış hızı metal yapı üzerinde dinamik hareketinden dolayı mekanik zarara uğratarak kavitasyona neden olabilir.

Deniz suyunun içermiş olduğu tuz miktarının seviyesine bağlı olarak metal üzerinde meydana getirdiği korozyonun hızı değişkenlik göstermektedir. Deniz ortamında yaşayan canlıların biyolojik etkenliği de önemlidir. Metal yüzeye tutunarak bıraktıkları atıkların asidik özellikte olması korozyona neden olabilecek etmenlerdir.

3.2.3. Kimyasal çözeltiler

Malzeme türü seçilirken kimyasal maddenin meydana getireceği paslı etki göz önüne alınır. Kimyasal ortamlar seçilirken o ortama uygun metal veya alaşımlar tercih edilmelidir. Normalde korozyonun ortadan kaldırılması için ortam değişimi yapılır. Fakat kimyasal etkileşimlerde malzeme seçimi yapılarak oluşabilecek korozyon ortadan kaldırılır.

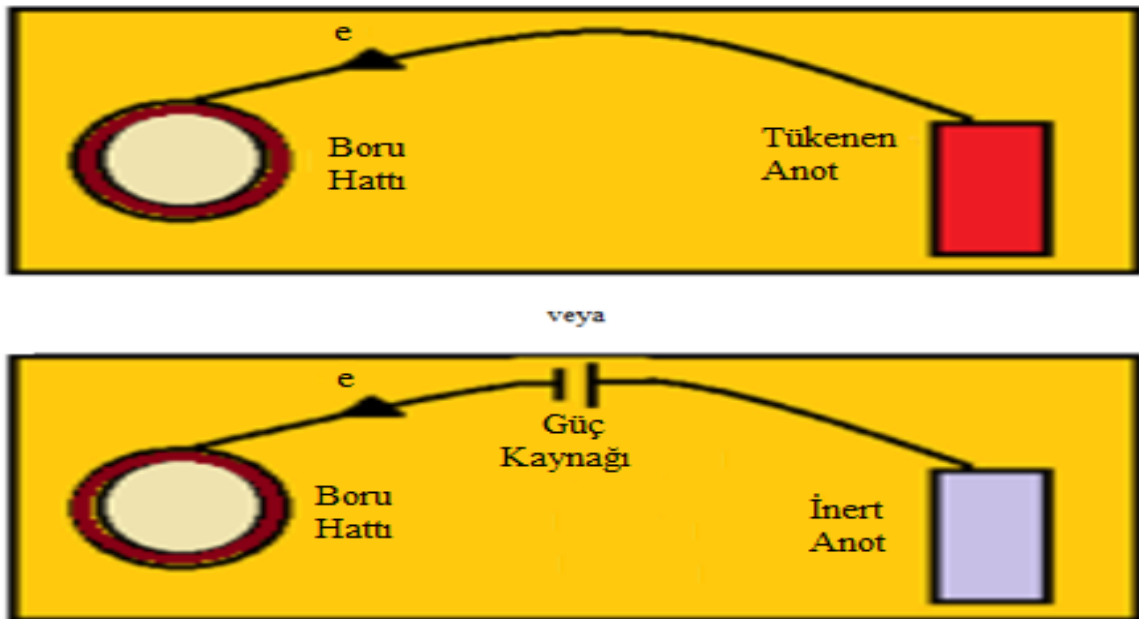
3.2.4. Toprak altı ortamlar

Bu korozyon şekli tamamen toprağın yapısı ve cinsiyle alakalıdır. Toprak altında kalan metal yüzeylerin üzerinde bulunan ince film tabaka halindeki su, topraktaki iyon ve oksijenlerle birleşerek korozyona neden olurlar. Bu oluşan korozyonda toprağın içeriği, tane yapısı ve tane boyutu çok önemlidir (Şen, 2017).

3.3. Korozyondan Korunma Yöntemleri

3.3.1. Katodik koruma

Yeraltında bulunan yapılarda tercih edilir. Temeli elektrokimyasal etkiye dayanır. Bu koruma şeklinde ya bir aktif metal kurban edilir ya da dış bir kaynaktan akım uygulanmak suretiyle metal üzerinde etki oluşturulur. Şekil 3. 7.' de gösterilmiştir.



Şekil 3. 7. Katodik koruma

Galvanik anot kullanılarak sağlanan korumalarda belirli zaman aralıklarında aktif metal kontrol edilmelidir. Kendini aktive ettiği için yapısal olarak çözünerek bitme durumu söz konusudur. Bu durumda yenisiyle değiştirilir. Bir kaynaktan akım alarak koruma

sağlayanlarda böyle bir durum söz konusu değildir. Bu şekilde korumalarda çözünme daha yavaş seyreder. Ekonomiklik açısından malzeme cinsi olarak iletkenliği yüksek malzemeler olan magnezyum, alüminyum ve çinko tercih edilir.

3.3.2. Anodik koruma

Metallerin korozyona uğramasındaki en önemli etkenlerden biri de aktif olarak çalışmaları. Anodik koruma yönteminde esas olan aktif haldeki metali korozyondan uzak tutmak için pasifleştirmektir. Bu işlem yapılırken dışarıdan metale bağlanan pil vazifesi gören anodik malzeme bağlanır. Böylece aktif durumdaki metal pasifleştirilerek korozyondan korunmuş olunur (Gürü ve Yalçın, 2002).

3.3.3. İnhibitör ile koruma

Metal malzemenin bulunduğu ortama ilave edilmesiyle korozyona karşı direnç gösteren maddeler korozyon inhibitörü denir. Korozyona uğrayan malzemenin değerinin pahalı olması durumunda yapım maliyetlerini düşürmek için tercih edilen bir koruma yöntemidir.

İnhibitörler iki şekilde korozyonu yavaşlatır veya önler. Biri korozyona uğrayan metal yüzeyde ince bir kaplama oluşturur. Böylece korozyonu tetikleyen madde ile korozyona uğrayan metal arasında set kurarak korozyonu önleyemese de hızını yavaşlatır. Diğerinde ise korozyona sebebiyet veren ortamdaki oksijeni yapısına alarak etkisini azaltma yönünde etki gösterir (Gürü ve Yalçın, 2002).

3.3.4. Boya ile koruma

Korozyon önlemede boyaların kullanımı en yaygın olanıdır. Boyalar yapıları itibariyle hem fiziksel hem de kimyasal olarak birbirlerinden farklılık gösterebilirler. Metal yüzeyin korozyona uğramasını önlemek için onu dışından tabaka şeklinde sarar ve ortamdaki nem ve havadan izole ederek korur. İçeriğinde inhibitör ve korozyondan koruyucu parçacıklar da bulunduran türleri mevcuttur.

Metali korozyondan üç farklı şekilde korurlar.

- Metal yüzeyi tamamen sararak tabaka oluşturur. Bu sayede metali ortamdan tecrit ederek korozyona uğramasını önler.
- Boyaların içerisinde üretici tarafından inhibitör karıştırılır. Boyaların içerisindeki inhibitörler metali pasifleştirerek korozyona uğramasını engeller.
- Kimi üretilen boyaların içeriğinde de çinko tozu bulunur. Böylelikle çinko tozu metal üzerinde katodik etki oluşturarak korozyondan korunmasını sağlar (Gürü ve Yalçın, 2002).

Korozyona uğrayan yapıların buldukları ortam direnci baz alınarak boya ile koruma sağlanabilir. Çelikle inşa edilmiş olan yapıda ortamdan dolayı korozyon meydana gelmesi halinde oksitlenme veya paslanma yavaş şekilde ilerler. Böyle bir durumda paslanmayı veya korozyonu önlemek için yüzeyin boyanması yeterli olacaktır (Doruk, 1982).

3.3.5. Metalik kaplama ile koruma

Korozyona uğrayan metal yüzeyleri bu şekilde korumak için kullanılan iki çeşit yöntem vardır. İlkinde metal yüzeyi korozyona kaplandığı metalden daha dayanıklı malzeme ile kaplanır. Böylece korozyona neden olan madde dirençli malzeme ile temas edeceği için korozyon etkisini gösteremez. İkincisinde ise aktif olan metalin dış yüzeyi kendinden daha aktif olan malzeme ile kaplanarak korozyona sebebiyet veren madde ile teması sonucu öncelikli olarak onun kaybolması şeklinde olur. İlk olaya örnek olarak bakır gibi metalin üzerine altın, gümüş gibi soy metallerin kaplanması veya çeliğin üzerine kurşun, kalay veya krom gibi maddelerin kaplanması verilebilir. İkinci olaya örnek olarak çeliğin dış yüzeyine kadmiyum, alüminyum veya çinko kaplama verilebilir (Doğan, 2006).

4. ARAŞTIRMA YAPILAN BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ ve BÖLGEDEKİ PASLANMA ETKENLERİ

4.1. Coğrafi Yapısı

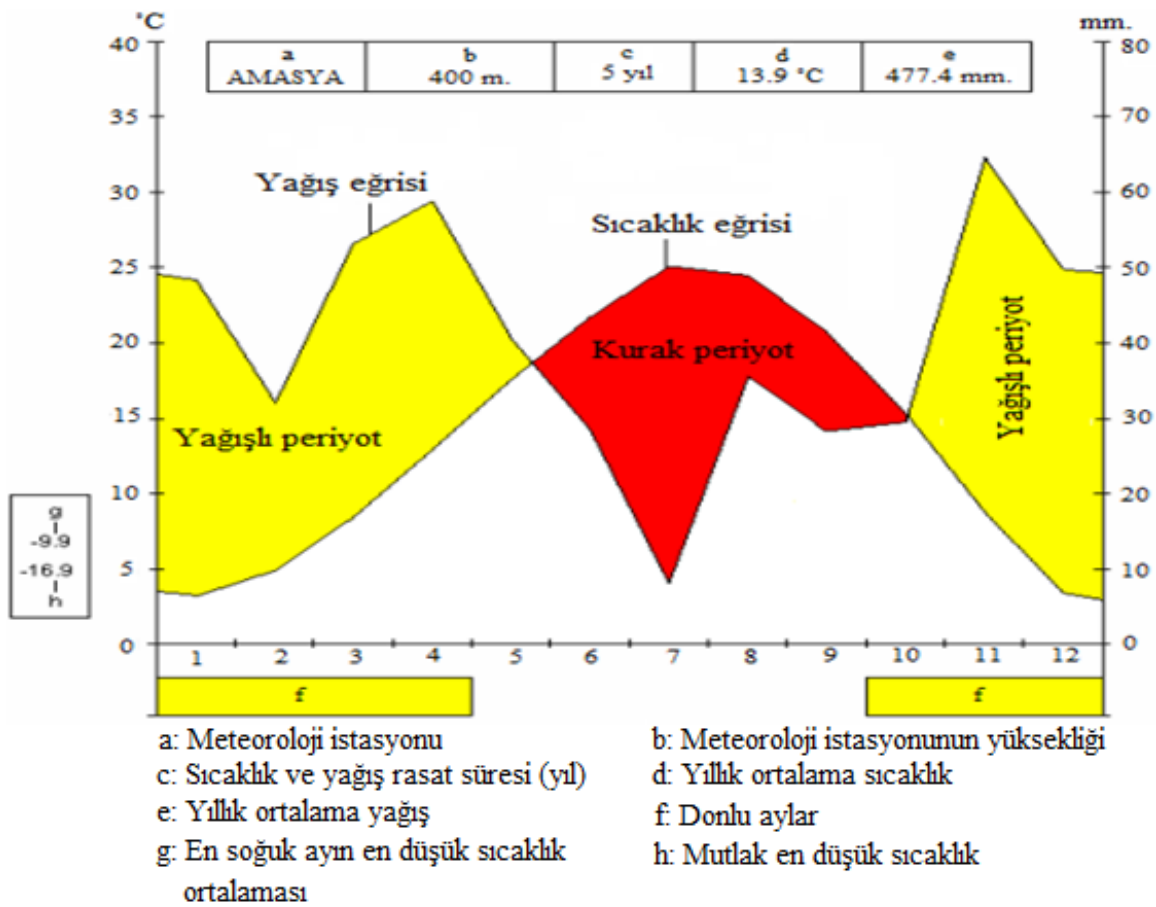
Amasya ili Türkiye'nin kuzeyinde yer alıp Orta Karadeniz Bölgesinde bulunur. Yüzölçümü yaklaşık 5450 km²'dir. Türkiye'nin yüzölçümü göz önüne alındığında %0.7' sine denk gelmektedir. Merkez ilçesinin yüzölçümü ise yaklaşık 1720 km²' dir. 35° 03' ve 36° 02' doğu boylam aralığı ile 39° 50' ve 40° 02' kuzey enlemi aralıkları arasında yer alır. Kuzeyinde Samsun ili, Batısında Çorum ili, Güneydoğusunda Tokat ili, Güneybatısında Yozgat ili bulunur (Şekil 4. 1.).



Şekil 4. 1. Araştırma alanı

4.2. İklim Özellikleri

Amasya ili, coğrafik olarak iklim yönünden sınıflandırılırsa yarı kurak, kış ayları serin, yaz ayları sıcak, denize kıyısı olmasa da tesiri altında kalan bir iklime sahiptir. Yıl içerisinde değişim gösteren sıcaklık değerleri ve yağış miktarları ile doğal bitki örtüsünü baz alan Köppe' ye göre ise Amasya ili orta iklimler sınıfında yer almaktadır. Kuzeyinde yer alan ve denize paralel uzanan dağ sıraları Karadeniz'in kıyı ikliminin etkisini Amasya üzerinde azaltmaktadır. Meteoroloji istasyonundan alınan verilerden yararlanılarak Gausseu metodu kullanılarak Amasya ili merkez ilçesi için aşağıdaki şekil elde edilmiştir (Şekil 4. 2.).



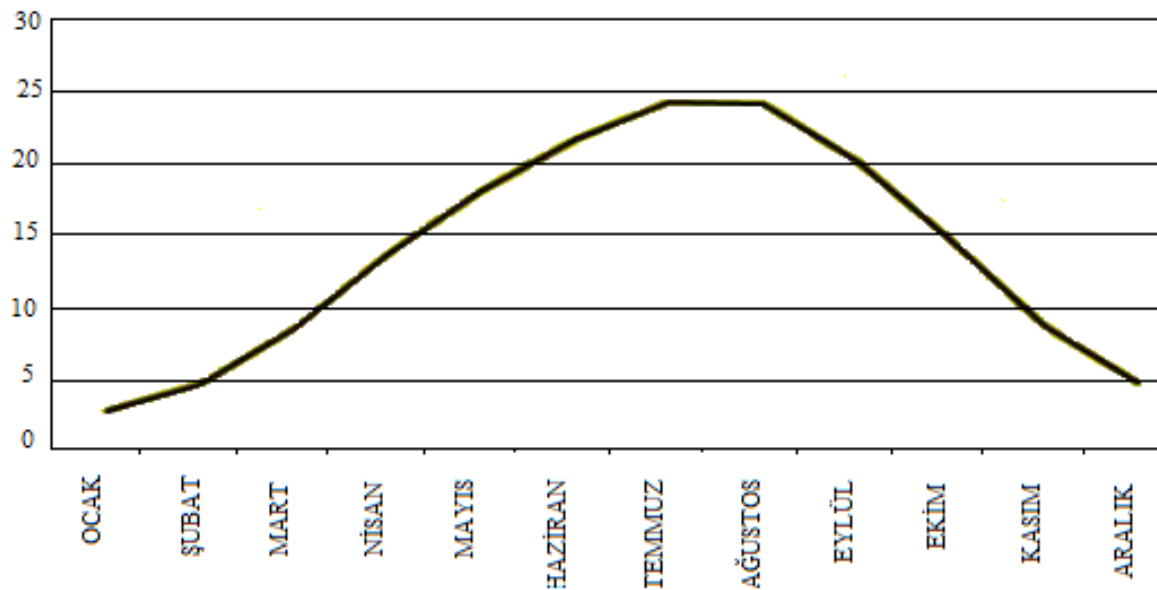
Şekil 4. 2. Amasya meteoroloji istasyonu iklim diyagramı

4.2.1. Sıcaklık

Sahip olduğu iklim itibariyle kışın çoğunlukla serin olan araştırma sahasında yazları sıcak hava mevcuttur. Çizelge 4. 1.' de görüldüğü üzere Yıllık Ortalama Sıcaklık yaklaşık 14 °C, sıcaklığın en düşük olduğu ay olan Ocak ayı (2,7 °C) en soğuk ay, sıcaklığın en fazla olduğu ay ise Temmuz ayıdır (24,1 °C). En yüksek sıcaklık ortalamalarına göre, en sıcak ay Ağustos ayı (31,3 °C), en soğuk ay ise Ocak ayıdır (6,9 °C). En düşük sıcaklık ortalamalarına göre en sıcak ay Temmuz ayı (16,6 °C), en soğuk ay ise Ocak ayıdır (-0,9 °C). Sıcaklığın ortalamasının üstünde olduğu Mart ve Kasım ayları arası ısı verim açısından iyi olsa da nemin fazla olduğu kış aylarında sıcaklığın metal üzerinde korozyonu artırıcı etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Şekil 4. 3.' te 1975-2016 yılları arası Amasya'nın aylık ortalama sıcaklık eğrisi gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1. Amasya'nın aylık ortalama sıcaklık değerleri (1975-2016 yılları arası)
(Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

AYLAR	Oc	Şbt	Mart	Nis	May	Hız	Tem	Ağ	Eyl	Ek	Ksm	Arık	YILLIK
Ortalama Sıcaklık	2,7	4,5	8,4	13,6	17,9	21,6	24,1	24,0	20,0	14,6	8,6	4,7	13,7
En Yüksek Sıcaklık	6,9	9,5	14,4	20,2	24,9	28,6	31,0	31,3	27,6	21,7	14,4	8,7	19,9
En Düşük Sıcaklık	-0,9	0,1	3,0	7,2	11,0	14,3	16,6	16,5	12,7	8,5	3,8	1,2	7,2



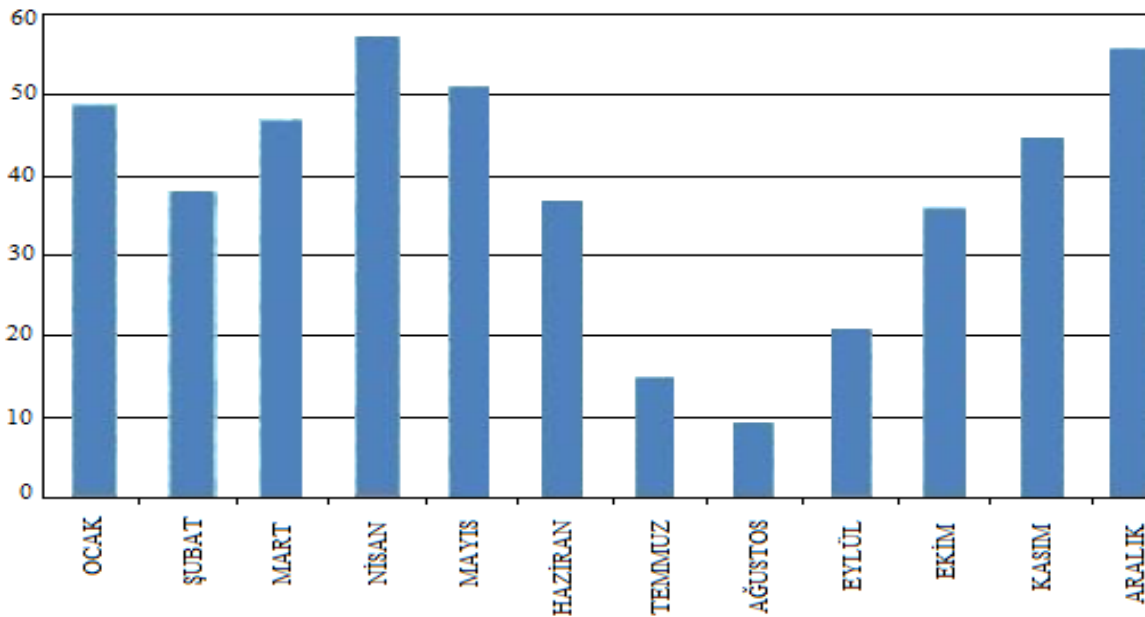
Şekil 4. 3. Amasya'nın aylık ortalama sıcaklık eğrisi (1975-2016 yılları arası) (Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

4.2.2. Yağış

Coğrafi konumu ve iklimi gereği en fazla yağış alan dönemi ilkbahardır. Çizelge 4. 2.' de görüldüğü üzere yıllık toplam yağış miktarı 459 mm' dir. Yağışların en çok olduğu ay Nisan ayı olup 56,8 mm ve en az olduğu ay ise 9,1 mm ile Ağustos'tur. Yağışların arttığı kış aylarında, havanın soğuk olması ve nemim artması havada ihtiva eden Oksijen miktarını artırdığı için korozyon olma riskini artırmaktadır. Şekil 4. 4.' te 1975-2016 yılları arası Amasya'nın aylık ortalama yağış grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4. 2. Amasya'nın ortalama aylık yağış miktarı (1975-2016 yılları arası) (Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

AYLAR	Oc	Şbt	Mart	Nis	May	Hrz	Tem	Ağ	Eyl	Ek	Ksm	Aralk	YILLIK
YAĞIŞ	48,4	38,0	46,6	56,8	51,4	36,9	14,9	9,1	20,6	35,7	45,2	55,4	45,9



Şekil 4. 4. Amasya'nın aylık ortalama yağış grafiği (1975 – 2016 yılları arası) (Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

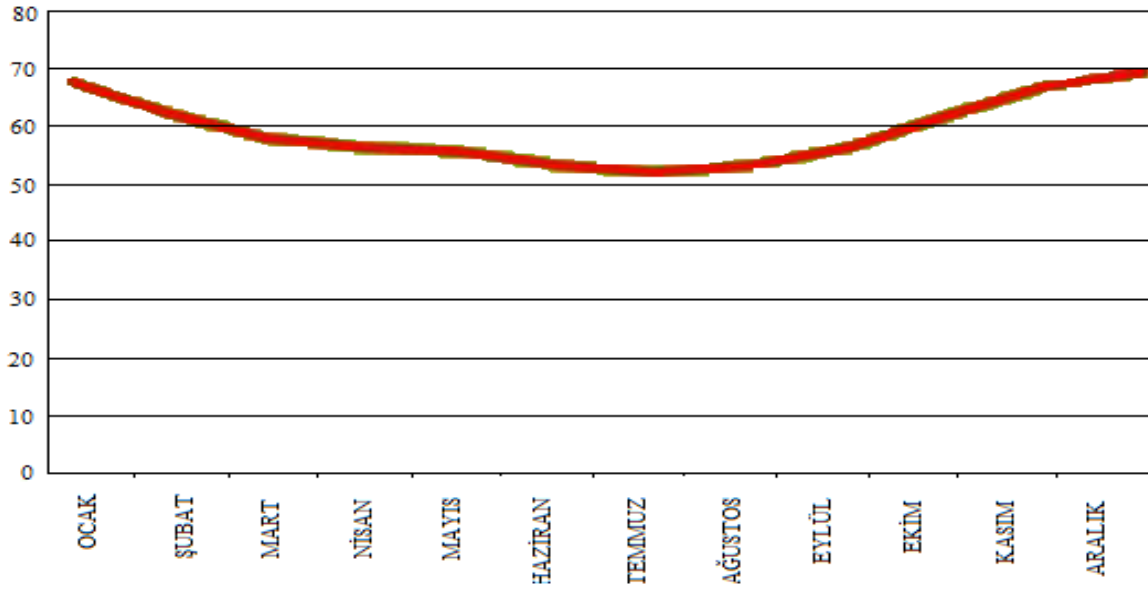
4.2.3. Bağıl nem

Çizelge 4. 3.' e göre Amasya ilinde yıllık ortalama nispi nem miktarı %59,6' dır. Nispi nem oranının en fazla olduğu ay Aralık ayı (%69,5), en az olduğu ay ise Temmuz ayıdır (%52,3). Nem oranının kış aylarında ortalamanın üzerinde seyrettiği Çizelge 4. 3.' ten anlaşılmaktadır. Bu durum kışın nem oranının yüksek olması sebebiyle Güneş'in etkisini

gösterdiği günlerde, nemden dolayı havada ihtiva eden ve çözünmüş miktarı artan Oksijenin sıcaklığın etkisi ile korozyon hızını artıracak yönde etki etmektedir. Şekil 4. 5.’ te 1975-2016 yılları arası Amasya’nın aylık ortalama nispi nem dağılış eğrisi verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Amasya’nın aylık ortalama nispi nem oranları (1975 – 2016 yılları arası)
(Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

AYLAR	Oc	Şbt	Mart	Nis	May	HZR	Tem	Ağ	Eyl	Ek	Ksm	Aralk	YILLIK
Nispi Nem (%)	67,9	62,6	58,3	56,6	56,0	53,4	52,3	53,6	56,5	62,1	67,0	69,5	59,6



Şekil 4. 5. Amasya’nın aylık ortalama nispi nem dağılış eğrisi (1975 – 2016 yılları arası)
(Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

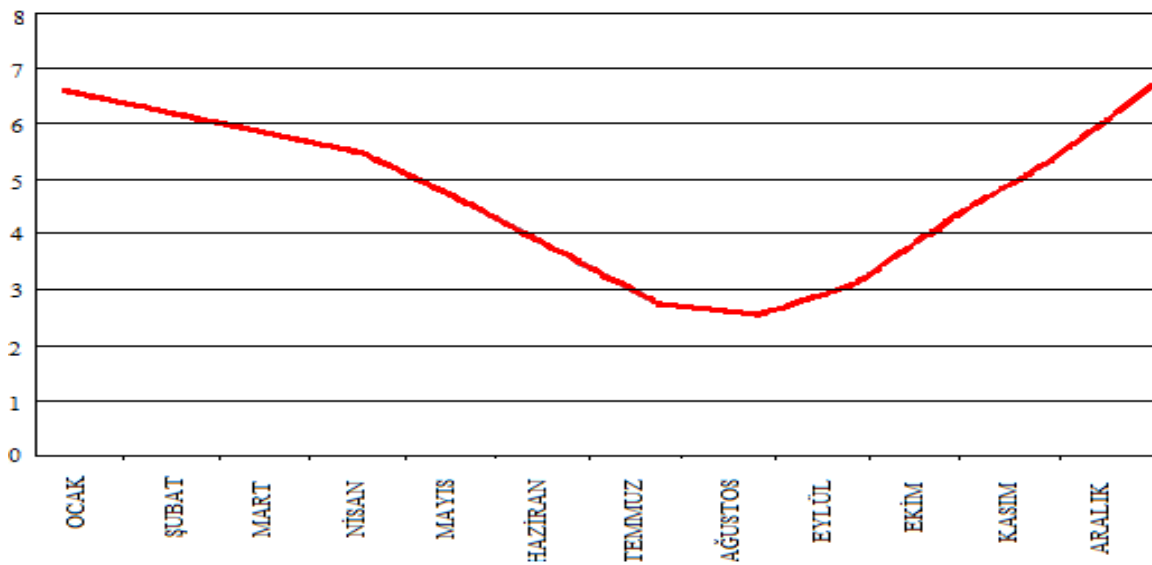
4.2.4. Bulutluluk

Adından da anlaşılacağı üzere gökyüzünü kaplayan bulut miktarıdır. Nefometre ile ölçülür. 8 ila 10 eşit mm kareye bölünmüş pencerelere sahip bir cihaz olan nefometre, yere paralel olacak şekilde ufuk çizgisine doğru tutularak bulutların kapladığı mm karenin toplam pencere sayısına oranı ile bulunur. Çizelge 4. 4.’ e göre Amasya’nın yıllık bulutluluk değeri 4,7’ dir. En fazla oran 6,7 ile Aralık ayı olup en az olan ay ise 2,3 ile Ağustos’ tur. Bulutluluk oranı havanın kapalı olması durumunu gösterir. Kış aylarında hava soğuk olsa da güneşin etkisi olmadığı için havada ihtivan eden oksijenin artan yönde aktif olmaması

korozyon etkisinin kapalı havalarda düşük seyrettiğini göstermektedir. Şekil 4. 6.' da 1975-2016 yılları arası Amasya' nın aylık ortalama bulutluluk eğrisi gösterilmektedir.

Çizelge 4. 4. Amasya'nın aylık ortalama bulutluluk değerleri (1975-2016 yılları arası)
(Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

AYLAR	Oc	Şbt	Mart	Nis	May	HZR	Tem	Ağ	Eyl	Ek	Ksm	Aralk	YILLIK
Bulutluluk	6,6	6,2	5,8	5,4	4,5	3,5	2,5	2,3	2,9	4,2	5,3	6,7	4,7



Şekil 4. 6. Amasya'nın aylık ortalama bulutluluk eğrisi (1975 – 2016 yılları arası) (Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

4.2.5. Rüzgar

Dünya, sahip olduğu yapısı sebebiyle kuzey ve güney yarım kürelere sahiptir. Kuzey Kutbu, Türkiye'ye Güney Kutbuna göre daha yakın olması nedeniyle bu yönden gelen rüzgarlar serinletici, Güney Yarım Küreden gelen rüzgarlar ise çöllerin de etkisiyle sıcaklığı yükseltici etkidedir. Amasya ili de coğrafi yapısı ve dağ dizilimi sebebiyle çeşitli yönlerinden rüzgar almaktadır. Çizelge 4. 5.' e göre çalışma alanında ortalama rüzgar hızı 1,7 m/sn olup, rüzgar hızının en fazla olduğu aylar Nisan, Temmuz ve Ağustos ayları (1,9 m/sn), en düşük olduğu aylar ise Ekim ve Kasım aylarıdır (1,3 m/sn). Kuzeyden esen rüzgarlar oldukça serin, güneyden esen rüzgarlar ise sıcaktır. Kuzey yönünden esen rüzgarların soğuk ve nemli havayı taşıması iç kesimlere geldiğinde sıcakla buluşması sebebiyle havadaki nem oranının artması korozyon hızını artırır derecede etki etmektedir.

Güneyden gelen sıcak havanın ise ortamda bulunan nemi dağıtması ve havada ihtiva eden oksijen değerini düşürmesi korozyon hızında düşüşe neden olmaktadır.

Çizelge 4. 5. Amasya'nın Aylık Ortalama Rüzgâr Hızı Değerleri (1975- 2016 yılları arası)
(Amasya Meteoroloji Müdürlüğü)

AYLAR	Oc	Şbt	Mart	Nis	May	HZR	Tem	Ağ	Eyl	Ek	Ksm	Aralk	YILLIK
Rüzgar Hızı (m/sn)	1,5	1,7	1,8	1,9	1,7	1,8	1,9	1,9	1,7	1,3	1,3	1,4	1,7

4.3. Güneş Panellerinin Taşıyıcı Sistemlerindeki Statik Hesaplar

4.3.1. Genel bilgiler

Yapı sistemlerinin tasarımında esas alınan karakteristik yük değerleri, TS 498' e uygun olarak belirlenir. Kar yükleri için TS EN 1991 – 1 – 3' te ve rüzgar yükleri için TS EN 1991 – 1 – 4' te verilen koşullar göz önüne alınmalıdır. Tasarım yapılırken hesap kısmında yapıyı oluşturan çelik malzemenin geometrik şekli hesap yönteminin seçiminde etkili olmaktadır. Genel olarak güneş enerji sistemlerinin metal yapısını oluşturan çelik malzemenin kare veya dikdörtgen kutu kesitli olmaları sebebiyle yapı üzerine etki edecek olan dış kuvvetlerin gerilim ve moment hesapları aşağıda ifade edilen formüller yardımıyla yapılmaktadır (Lecce, Packer ve Sherman, 2012).

Akma Sınır Durumu

Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n , Eşitlik (4.1) ile belirlenecektir.

$$M_n = M_p = F_y W_p \quad (4.1)$$

$M_n = M_p$: Karakteristik eğilme momenti dayanımı.

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.

W_p : Eğilme eksenini etrafında plastik mukavemet momenti.

Başlığın Yerel Burkulma Sınır Durumu

- Başlık parçalarının *kompakt* olma koşulunu sağlaması durumunda, bu sınır durum göz önüne alınmayacaktır.
- Başlık parçaları *kompakt olmayan* kesitler için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n , Eşitlik (4.2) ile belirlenecektir.

$$M_n = M_p - (M_p - F_y W_e) \left(3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (4.2)$$

$M_n = M_p$: Karakteristik eğilme momenti dayanımı.

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.

W_e : Eğilme eksenini etrafında elastik mukavemet momenti.

E : Yapısal çelik elastisite modülü.

b : Başlık genişliği.

t_f : Başlık kalınlığı.

- Başlık parçaları narin kesitler için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n , Eşitlik (4.3) ile hesaplanacaktır.

$$M_n = F_y W_{e.ef} \quad (4.3)$$

$M_n = M_p$: Karakteristik eğilme momenti dayanımı.

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.

$W_{e.ef}$: Etkin elastik mukavemet momenti.

- Eşitlik (4.3)' te etkin elastik mukavemet momenti $W_{e.ef}$, basınç başlığının etkin genişliği ile hesaplanacaktır. Etkin genişlik, b_e , hadde kutu kesitler için Eşitlik (4.4a) ve yapma kutu kesitler için Eşitlik (4.4b) ile verilmektedir.

$$b_e = 1,92 t_f \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[1 - \frac{0,38}{(b/t_f)} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b \quad (4.4a)$$

$$b_e = 1,92 t_f \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[1 - \frac{0,34}{(b/t_f)} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b \quad (4.4b)$$

- F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.
 E : Yapısal çelik elastisite modülü.
 b : Başlık genişliği.
 t_f : Başlık kalınlığı.
 b_e : Etkin genişlik.

Gövdenin Yerel Burkulma Sınır Durumu

- Gövde parçalarının *kompakt* olma koşulunu sağlaması durumunda, bu sınır durum göz önüne alınmayacaktır.
- Gövde parçaları *kompakt olmayan* kesitler için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n , Eşitlik (4.5) ile belirlenecektir (Lecce, Packer ve Sherman, 2012).

$$M_n = M_p - (M_p - F_y W_e) \left(0,305 \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0,738 \right) \leq M_p \quad (4.5)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

- F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.
 E : Yapısal çelik elastisite modülü.
 W_p : Eğilme eksenini etrafında plastik mukavemet momenti.
 W_e : Eğilme eksenini etrafında elastik mukavemet momenti.
 $W_{e,ef}$: Basınç başlığının etkin genişliği ile hesaplanan, eğilme eksenini etrafındaki elastik mukavemet momenti.
 b : Başlık genişliği.
 t_f : Başlık kalınlığı.
 h : Gövde yüksekliği.
 t_w : Gövde kalınlığı.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Güneş enerji sistemlerinin, çalışma ortamlarının atmosfere açık alanlar olması nedeniyle dış ortamda maruz kaldıkları olumsuz hava şartları altında dayanımlarının uzun ömürlü olması, hem sistemin çalışma verimliliği hem de yatırım maliyetleri açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada güneş enerji sistemlerinin dayanımlarının uzun ömürlü olmasına yönelik olarak dış ortamda maruz kaldıkları rüzgar, nem, havanın ihtiva ettiği oksijen ve kükürt gibi elementlerin metal yapı üzerinde oluşturacakları olumsuz etkiler incelenerek sistemin yapısal ömrünün uzatılması amaçlanmıştır.

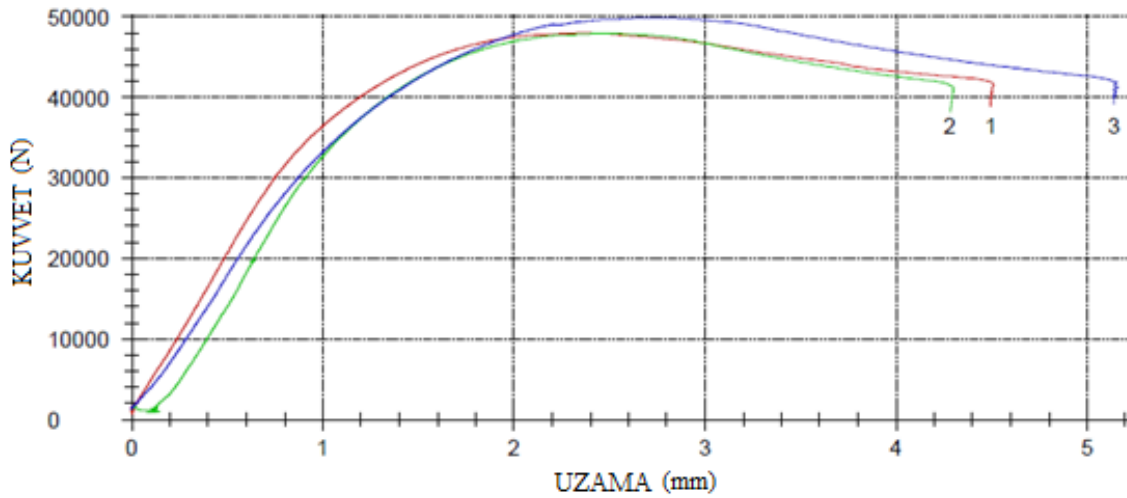
Günümüzde güneş enerji sistemlerinin açık ortamlarda işletilmesinden dolayı sıklıkla korozyon etkisi ile karşılaşılmaktadır. Daha önceki yapılan çalışmalarda güneş enerji sistemlerinin metal aksamının korozyondan korunmasına yönelik farklı yöntemler önerilmiştir. Metalleri oksitlerinden ayırma işlemi zorlu bir süreç olup büyük miktarda hammadde, enerji ve insan gücü kullanımına ihtiyaç duyulur.

Metali birkaç değişik metot uygulayarak korozyondan korumamız mümkündür. Bu koruma yöntemleri katodik koruma, anodik koruma, inhibitör ile koruma, boya ile koruma, metal kaplama ile koruma şeklinde sıralanabilir. Bu koruma yöntemlerini inceleyecek olursak; katodik ve anodik koruma yöntemleri, metali dışarıdan pil vasıtasıyla koruma sağlayacağı için pilin bitmesi durumunda koruma da ortadan kalkacaktır. Bu sebeple pilin sürekli olarak takip edilmesi ve değiştirilmesi gerekeceğinden hem maliyetli hem de uzun vadede sistemde koruma aksaklıklarına yol açması söz konusudur. İnhibitör ile koruma yöntemi, metal yüzeyi ince film tabakası şeklinde sararak koruma sağladığı için film tabakasının deforme olması ve korozyonu önlemekten ziyade pas oluşumunu azaltma gibi etkisi olması nedeniyle uzun vadede sistemde koruma aksaklıklarına yol açması söz konusudur. Metal kaplama ile koruma yöntemi, metalin dış yüzeyinin farklı malzemeler ile kaplanması durumudur. Böyle bir kaplama yöntemi tercih edilmesi durumunda uzun vadede metal yüzeyinde meydana gelecek olan deformasyon sonucu mevcut yüzeyin tekrar kaplanması gereği ortaya çıkacaktır. Bu durum hem zaman kaybına hem de işletme maliyetlerinin artmasına yol açacaktır. Bahsedilen korozyon koruma yöntemleri içerisinde boya ile koruma ise yüksek başarımlı göstermesi, estetik olması, düşük maliyetli olması ve kolay ulaşılabilir olmasından ötürü ön plana çıkmaktadır. Boya korumanın bahsedilen üstün özelliklerinden ötürü bu tez çalışmasında, örnek bir güneş enerji sisteminin metal aksamının korozyona karşı boya koruma ile korunması yöntemi önerilmiştir. Bu çalışmada

boyasız metal ile boya ile koruma sağlanan metal arasındaki mukavemet ve buna bağlı olarak da ömür testleri karşılaştırması yapılarak boya ile korumanın yapı üzerinde etkisi ortaya konmuştur. Deney düzeneği için güneş enerji sistemlerinde çoğunlukla kullanılan 80x80x3mm ebatlarında kare profil, 55 cm uzunluğunda 6 adet olarak hazırlanmış ve bunlardan 3 tanesine boyama ya da farklı bir koruma yöntemi uygulanmazken; kalan 3 tanesi METOX AC 6390 cinsi solventli epoksi boya ile 1 mm kalınlığında boyanarak toplamda 6 adet numune elde edilmiştir. Yapılan çalışmada daha hassas sonuçlar ortaya koymak amacıyla boyalı ve boyasız numunelerin her birinden 3' er adet hazırlanmıştır. Ve seçilen bir ölçüm için, aynı özellikteki 3' er adet numunelerin ortalaması alınarak nihai sonuca ulaşılmıştır. Korozyona karşı boya koruma yönteminin, metalin üst yüzeyine yakın bölgesine etkisini ortaya koymak amacıyla eğme testleri yapılmıştır. Toplamda 6 adet numunenin her biri için, kuvvet aralığı 200 N-50000 N olan Zwick-Roell marka test cihazı kullanılarak eğme testi yapılmıştır. Eğme testi, malzeme üzerine üç noktadan kuvvet uygulamak şartıyla yapılan testtir. Bu noktalardan birinde malzemeye kuvvet uygulanarak bir kısmında basma geri kalan kısmında çekme gerilmesi meydana getirilir. Eğme testinde kuvvete maruz kalan malzemenin iç yüzey yakın bölgelerde basma gerilmesi, dış yüzeye yakın bölgelerde ise çekme gerilmesi oluşur. Çekme testine kıyasla ölçülecek değerler, çekme testindeki uzunluk değişiminden yaklaşık dört kat daha büyüktür.

6. BULGULAR

Bu çalışmada ele alınan güneş enerji sisteminin boya korumasız durumdaki modelini analiz etmek amacıyla 3' er adet boyasız numuneler sırasıyla eğme testine tabi tutulmuştur. Şekil 6. 1.' de gösterilen eğriler, numunelerin dayanabildikleri en yüksek kuvvete karşı sergilemiş oldukları uzama miktarları değişimini ifade etmektedir. İlgili şekilde görülen 3 adet numunenin ortalama değeri alınarak nihai sonuca ulaşılmıştır.



Şekil 6. 1. Boyasız kare profillerin eğme testi eğrileri

Çizelge 6. 1. Boyasız kare profil kuvvet-uzama sonuçları

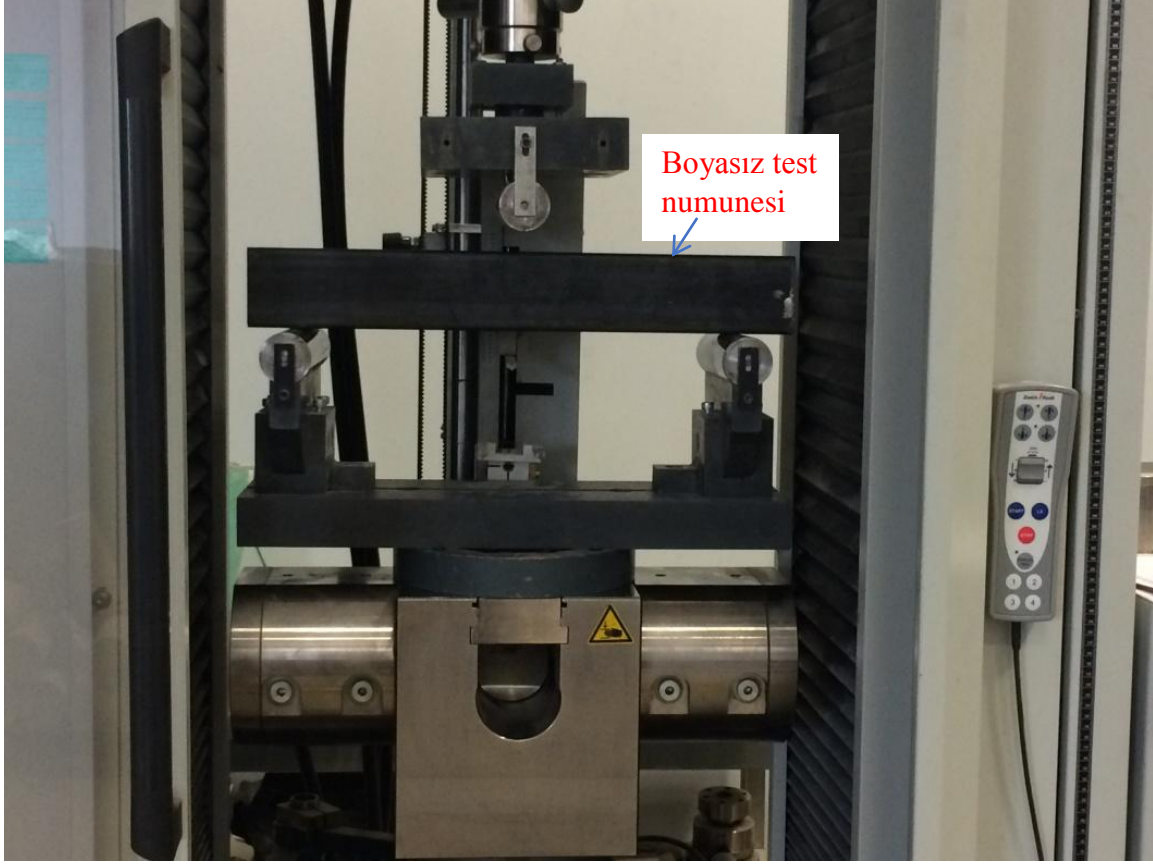
Numuneler	Fmax N/mm ²	F (Fmax) N	W to Fmax J	dL at Fmax mm	S mm ²
1	42,2	48001,63	79,9288	2,3445	6400
2	42,2	47958,56	78,9505	2,4724	6400
3	43,9	49898,63	95,4805	2,7327	6400

Çizelge 6. 2. Boyasız kare profil kuvvet-uzama ortalama sonuçları

Ortalama n=3	Fmax N/mm ²	F (Fmax) N	W to Fmax J	dL at Fmax mm	S mm ²
x	42,7	48619,61	84,7866	2,5165	6400

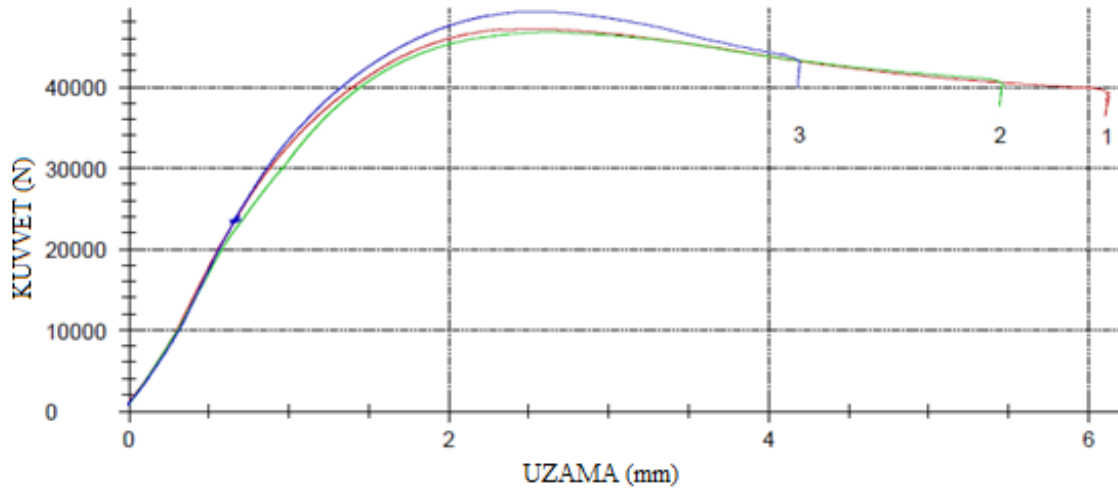
Yapılan deney sonucunda 3 adet numunenin ortalama sonuçları Çizelge 6. 2.' de görülmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre 48 619,61 N' luk bir kuvvet altında yaklaşık

2,5165 mm uzama görülmüştür. Şekil 6. 2.' de boyasız numunelerden birinin test edilme anı gösterilmiştir.



Şekil 6. 2. Boyasız numunenin test edilişi

Metal aksamın boya ile koruması yapıldıktan sonra elde edilen numunelerin boyasız numunelerle farkını ortaya koymak amacıyla 3 adet numunenin eğme testi yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 6. 3.).



Şekil 6. 3. Boyalı kare profillerin eğme testi eğrileri

Çizelge 6. 3. Boyalı kare profil kuvvet-uzama sonuçları

Numuneler	Fmax N/mm ²	F (Fmax) N	W to Fmax J	dL at Fmax mm	S mm ²
1	41,4	47130,59	82,9101	2,5312	6400
2	41,1	46799,49	86,0316	2,6422	6400
3	43,3	49292,57	82,2199	2,4752	6400

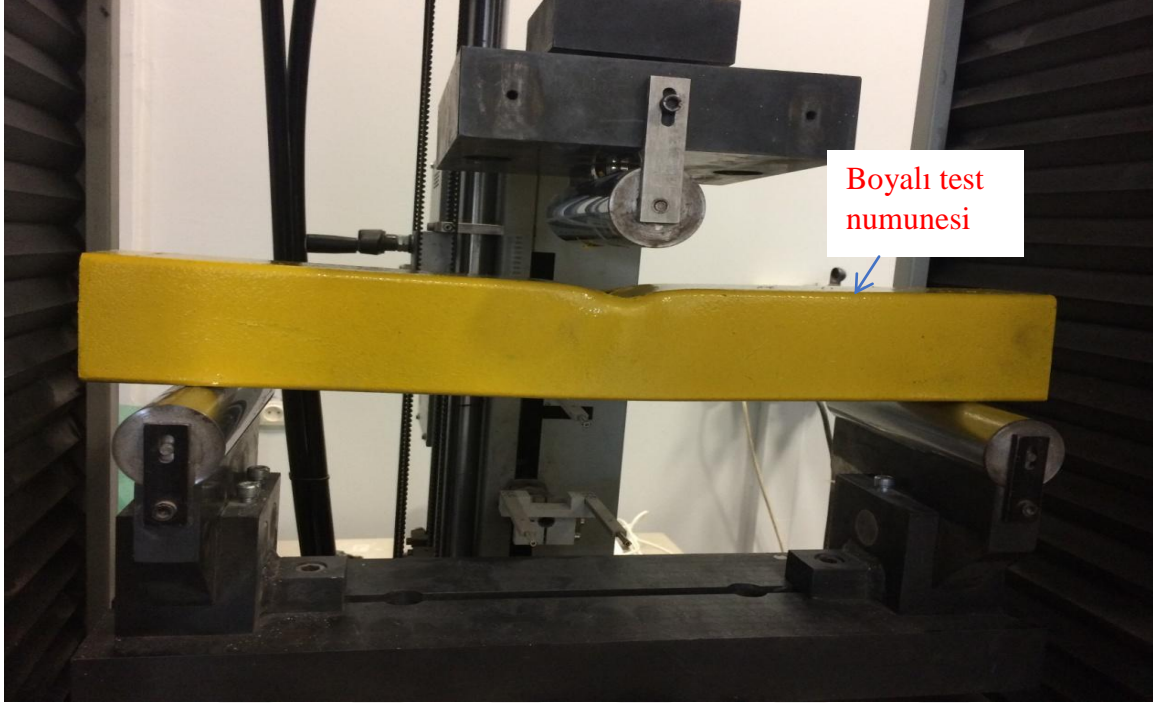
Çizelge 6. 4. Boyalı kare profil kuvvet-uzama ortalama sonuçları

Ortalama n=3	Fmax N/mm ²	F (Fmax) N	W to Fmax J	dL at Fmax mm	S mm ²
x	42,0	47740,88	83,7205	2,5495	6400

Yapılan deney sonucunda 3 adet boyalı numunenin ortalama sonuçları Çizelge 6. 4.' te görülmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre 47740,88 N' luk kuvvet altında yaklaşık 2,5495 mm uzama görülmüştür.

Deney sonrası uygulanan kuvvetlerden yola çıkılarak yorulma ömürlerine bakılacağından dolayı, boyalı ve boyasız numuneler arasında 0.033 mm uzama farkı eğme testi sonucunda da ömür olarak boyalı numunenin daha uzun ömürlü olacağı görülmektedir. Boyalı ve boyasız kare profillerin eğme testi yapılarak maksimum uzama noktaları ve bu noktadaki gerilimler tespit edilmiştir. Boyalı numuneler sabit yük altında 2,5495 mm uzama ile boyasız numuneye nazaran 0.033 mm fark oluşturmuştur. Bu fark ile güneş panellerinde metal aksam üzerine uygulanan boya koruma yönteminin yapının ömrünü uzattığı görülmüştür. Aynı zamanda pas etkisini ortadan kaldırma açısından daha

elverişlidir. Boya ile koruma yöntemi uygulanan yüzeylerde pas etkisinden dolayı ortaya çıkan kütle kaybının, hissedilir derecede azalacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 6. 4. Boyalı numunenin test edilişi



Şekil 6. 5. Test sonrası numunelerin görünümü

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde güneş enerji sistemlerinin açık ortamlarda işletilmesinden dolayı sıklıkla korozyon etkisi ile karşılaşmaktadır. Daha önceki yapılan çalışmalarda güneş enerji sistemlerinin metal aksamının korozyondan korunmasına yönelik farklı yöntemler önerilmiştir. Metalleri oksitlerinden ayırma işlemi zorlu bir süreç olup büyük miktarda hammadde, enerji ve insan gücü kullanımına ihtiyaç duyulur.

Metali birkaç değişik metot uygulayarak korozyondan korumamız mümkündür. Bu koruma yöntemleri katodik koruma, anodik koruma, inhibitör ile koruma, boya ile koruma, metal kaplama ile koruma şeklinde sıralanabilir. Bu koruma yöntemlerini inceleyecek olursak; katodik ve anodik koruma yöntemleri, metali dışarıdan pil vasıtasıyla koruma sağlayacağı için pilin bitmesi durumunda koruma da ortadan kalkacaktır. Bu sebeple pilin sürekli olarak takip edilmesi ve değiştirilmesi gerekeceğinden hem maliyetli hem de uzun vadede sistemde koruma aksaklıklarına yol açması söz konusudur. İnhibitör ile koruma yöntemi, metal yüzeyi ince film tabakası şeklinde sararak koruma sağladığı için film tabakasının deforme olması ve korozyonu önlemekten ziyade pas oluşumunu azaltma gibi etkisi olması nedeniyle uzun vadede sistemde koruma aksaklıklarına yol açması söz konusudur. Metal kaplama ile koruma yöntemi, metalin dış yüzeyinin farklı malzemeler ile kaplanması durumudur. Böyle bir kaplama yöntemi tercih edilmesi durumunda uzun vadede metal yüzeyinde meydana gelecek olan deformasyon sonucu mevcut yüzeyin tekrar kaplanması gereği ortaya çıkacaktır. Bu durum hem zaman kaybına hem de işletme maliyetlerinin artmasına yol açacaktır. Bahsedilen korozyon koruma yöntemleri içerisinde boya ile koruma ise yüksek performans göstermesi, estetik olması, düşük maliyetli olması ve kolay ulaşılabilir olmasından ötürü ön plana çıkmaktadır. Boya korumanın bahsedilen üstün özelliklerinden ötürü bu tez çalışmasında, güneş enerji sisteminin metal aksamının korozyona karşı boya koruma ile korunması yöntemi önerilmiştir. Bu çalışmada boyasız metal ile boya ile koruma sağlanan metal arasındaki mukavemet ve buna bağlı olarak da ömür testleri karşılaştırması yapılarak boya ile korumanın yapı üzerinde etkisi ortaya konmuştur. Boyalı numuneler sabit yük altında 2,5495 mm uzama ile boyasız numuneye nazaran 0,033 mm fark oluşturmuştur. Bu fark ile güneş panellerinde metal aksam üzerine uygulanan boya koruma yönteminin yapının ömrünü uzattığı görülmüştür. Boya korumalı metalin, boyasız metale nispeten dayanımının fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Aitken, D. (2003). *Energy For Keeps: Electricity From Renewable Energy (second edition)*, USA, CA: The California Study: Inc., Tiburon.
- Amasya Meteoroloji Müdürlüğü. (2017). *İklim verileri ve yağışın etkileri*. Amasya: Amasya Meteoroloji Müdürlüğü.
- Cathcart, K., Anders, A. (1993). *Building-Integrated Photovoltaics*, NREL,Colorado, 234-236.
- Çakır, A. F. (1990). *Metalik Korozyon İlkeleri ve Kontrolü*. Ankara: Makine Mühendisleri Odası Yayını, 34(1), 364.
- Çelebi, G. (2002), “*Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri*”, Gazi Üniversitesi Müh-Mim Fakültesi Dergisi, 17(3), 17-33.
- Çetinkaya, H.B. (2001). “*Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Edilmesi*”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2-10.
- Doğan, G. (2006). *Atmosferik Korozyonun Metal Yapı Malzemelerine Etkisi Üzerine Deneysel Bir Çalışma ve Yapay Sinir Ağı ile Korozyon Hızı Tahmini*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Doğanay, H.,Coşkun, O. (2017). “*İktisadi Coğrafya: Enerji Kaynakları ders kitabı*” (İkinci Baskı), Türkiye: Pegem Akademi Yayınları, 263.
- Donald, R.W. (2000). *A. Modern History of Energy Conservation*. Electronic Green Journal, 20(5), 13.
- Doruk, H.R. (1996). *Korozyonun Temel İlkeleri Üzerine*. Korozyon Sempozyumu Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Doruk, M. (1982). *Korozyon ve Önlenmesi Üzerine*. Korozyon Sempozyumu, Ankara: ODTÜ Mühendislik Fakültesi Yayını, 23(2), 134.
- Dündar, R. (2008). *Standart Düz Kollektörün Güneşli Su Isıtma Sistemleri ile Vakum Tüplü Güneşli Su Isıtma Sisteminin Verim ve Performansların Karabük ili Şartlarında Deneysel Olarak Karşılaştırılarak İncelenmesi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi, (1998). *Ulusal Enerji Tasarrufu merkezi*, Ankara: Pegem A. Yayınları, 12(4), 35-36.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi, (2006). www.eie.gov.tr. Erişim Tarihi: 10.07.2018
- Elektrik Mühendisleri Odası, (2018). *Elektrik enerjisi kurulu gücü ve üretiminin kaynaklara dağılımı ile puant grafikleri*, www.emo.gov.tr. Erişim Tarihi: 09.11.2018
- Eşsiz, A. (2004). *Metal Cephe Kaplamaları*, Arredamento Dekorasyon, 4(7), 23.
- Gençoğlu, M., T. (2000). “*Türkiye'nin Enerji Kaynakları Arasında Güneş Enerjisinin Yeri ve Önemi*”, Elektrik Dergisi, Eylül, 25(12), 110.

- Gençoğlu, M., T. (2002). “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi”, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2), 57-64.
- İnternet: Gepa, URL 1: <http://www.gepaek.com>. Son Erişim Tarihi: 10.06.2018.
- İnternet: IEA/IREA, *Joint Policies and Measures Database for Global Renewable Energy*, URL 2: <http://www.iea.org/policiesndmeasures/renewableenergy>. Son Erişim Tarihi: 12.03.2018.
- İnternet: Quirouette, R. (1999). *Glass and Metal Curtain Wall Systems*, URL 3: http://wolf.cisti.nrc.ca/itc/bsi/82-3_E.html. Son Erişim Tarihi: 13.07.2018.
- Kalogirou, A. (2004). *Solar thermal collectors and applications*. Progress In Energy And Combustion Science, February 10, 32(21), 43-48.
- Karamanav, M. (2007). *Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya. 45-46.
- Karim, M., A., Hawlader, M.N.A. (2004). *Development of solar air collectors for drying applications*. Energy Convers. Manage. 124-126.
- Oktik, Ş. (2001). *Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri*, Ankara: Temiz Enerji Vakfı Yayınları, 8(12), 78.
- Kırbaş, İ. (2006). “*Havalı Güneş Kollektörünün Performansının deneysel olarak İncelenmesi*”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Küpeli, Ö. (2005). *Güneş pilleri ve verimleri*. Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 146.
- Makine Mühendisleri Odası, (2018). *Türkiye’ de ve Dünya’ da Güneş Enerjisi Uygulamalarına Yönelik Ar-Ge Çalışmaları*, www.mmo.org.tr. Erişim Tarihi : 12.12.2018
- Nakir, İ. (2007). *Fotovoltaik Güneş Panellerinde GTS Ve MGTS Kullanarak Verimliliğin Artırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 124-126.
- Oluklulu, Ç. (2001). *Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 143-146.
- Packer, J., Sherman, D. ve Lecce, (2012). *Hollow Structural Section Connections, Steel Design Guide Series*, Chicago, USA, 24.
- Sağlam, Ş. (2000). “*Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli’nin ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi*” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, 3-28.

- Sakınç, E. (2006). *Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Bir Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım*, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 56-58.
- Sayın, S. (2006). *Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. 85-86.
- Sayın, S. (2011). *Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Müh.–Mim. Fakültesi, Konya, 77-79.
- Schlager, N. and Weisblatt (2006), *Alternative Energy Volume Two, Library of Congress Cataloging in Publication Data*, Thomson Gale, 220.
- Sedahmed, G., H., Farag, H., A., Hassan, M., A., Hassan, I. (2010). *Effect of The Relative Velocity Between Ship Hull and Seawater on The Performance of Sacrificial Cathodic Protection*, *Anti-Corrosion Methods and Materials*.
- Sick, F., Erge, T. (1996). *Photovoltaics in Buildings: A Design Handbook for Architects and Engineers*, James & James Ltd, London, 25(12), 123.
- Soares, C. G., Garbatov, Y., Zayed, A., Wang, G. (2009). *Influence of environmental factors on corrosion of ship structures in marine atmosphere*, *Corrosion Science*.
- Sungur, C. (2009). *Multi-Axes Sun-Tracking System With PLC Control For Photovoltaic Panels In Turkey*, *Renewable Energy*, 1119-1125.
- Şen, Ş. (2017). *Korozyon ve Korozyondan Korunma Ders Notları*, Sakarya Üniversitesi. 343-346.
- Şahin, T. (2010). *Düzlemsel ve Bükülmüş Kollektörlerin Deneysel İncelenmesi*, *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 67-70.
- Ural, E. (2006). *Türkiye 'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Ankara: Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Aralık, 40.
- Watt, M., Kaye, J., Travers, D., Macgill, L. (1999). *Opportunities for the Use of Building Integrated Photovoltaics*, Photovoltaics Special Research Centre, University of NSW, www.pv.unsw.edu.au/miscpapers/BIPV/Chap2.pdf. Erişim Tarihi: 07.06.2018
- Yalçın, H., Gürü, M., (2002). *Su Teknolojisi kitabı (ikimci Baskı)*, İstanbul: Palme yayıncılık, 124.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir>, Erişim Tarihi: 20.12.2017, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.
- Yerebakan, M. (2008). *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul: İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, 201.
- Yıldız, A. (2003). *Fotovoltaik Modüllerin Binalarda Kullanımı ve PVSYST 3.21 Yazılımı ile Bir Binanın Simülasyonu*, *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Murat KARAKÖSE

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

Doğum Yeri ve Tarihi : Antakya - 12/08/1988

Medeni Hali : Bekar

E-Posta : muratkarakose@msn.com

Telefon : 05058015105

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
------------------------	---------------------	-----------------------

Lisans	Mustafa Kemal Üniversitesi	2009
--------	----------------------------	------

İş Deneyimi/Yıl	Çalıştığı Yer	Görevi
------------------------	----------------------	---------------

2012-	Karaköse Mühendislik	Makine Mühendisi
-------	----------------------	------------------

Yabancı Dil

İngilizce

Bilimsel Faaliyetler(Yayımlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

Karaköse, M. ve Kurt, Ü. (2018). Güneş Enerji Sistemlerinin Mekanik Konstrüksiyonuna Etki Eden Faktörler, *3th International Congress on Engineering Architecture and Design*, Kocaeli, Turkey.