T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

YAPILARDA ENERJİ KAZANIM STRATEJİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

MUHARREM SÜZ

Yüksek Lisans Tezi

YAPILARDA ENERJİ KAZANIM STRATEJİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

MUHARREM SÜZ

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPILARDA ENERJİ KAZANIM STRATEJİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Muharrem SÜZ
0009-0008-1198-5307

Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

BURSA – 2025
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPILARDA ENERJİ KAZANIM STRATEJİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Muharrem SÜZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER

Bu araştırmada yapılarda enerji kazanım stratejileri olarak aktif ve pasif sistemler detaylı olarak incelenmiş, seçilen örnek yapılar üzerinden sistemlerin avantaj ve dezavantajları anlatılmıştır. Çalışmanın amacı; pasif ve aktif enerji kazanım stratejilerini kullanan yapıların ne kadar enerji kazancı sağladıkları, sistemlerin avantaj ve dezavantajları, uygulama kolaylığı ve maliyeti noktasında bilgilere erişerek sistemleri tanımak ve literatüre katkı sağlamaktır. Birinci bölüm olan giriş bölümünde amaç, kapsam ve yöntem anlatılmıştır. Kuramsal temellerin anlatıldığı ikinci bölümde enerji kavramı, Dünya'da ve Türkiye'de kullanılan enerji kaynakları, pasif ve aktif enerji kazanım stratejileri detaylı olarak açıklanmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda binalarda yenilenebilir enerji kazanım stratejilerinden pasif ve aktif sistemler Dünya'dan seçilen örnek binalar üzerinden incelenmiştir. Üçüncü bölüm olan materyal ve yöntemde pasif ve/veya aktif enerji kazanım stratejilerine sahip uluslararası yapı örnekleri üzerinden, açıklanan kavramların enerji verimliliğine katlıkları aktarılmıştır. Ayrıca bu bölümde Bursa İli İnegöl İlçesinde bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Çatısında güneş enerji paneli bulunan üç ayrı endüstriyel yapı örnek olarak seçilmiş ve bu yapılarda kullanılan PV panellerin yapıya sağladıkları katkı ortaya konmaya çalışılmıştır. Dördüncü bölüm sonuç bölümüdür. Bu bölümde elde edilen bilgiler derlenerek aktif ve pasif sistemlerin enerji verimliliği açısından avantaj ve dezavantajları özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pasif sistemler, Aktif sistemler, Sürdürülebilirlik, Enerji korunum, Enerji kazanım stratejileri

2025, xvii + 180 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

RESEARCH OF ENERGY CONSERVATION STRATEGIES IN BUILDINGS

Muharrem SÜZ,

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture

Supervisor: Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER

In this study, active and passive systems as energy recovery strategies in buildings were examined in detail, and the advantages and disadvantages of the systems were explained through selected sample structures. The aim of the study is to access information on how much energy is gained by structures using passive and active energy recovery strategies, the advantages and disadvantages of the systems, ease of application and cost, and to get to know the systems and contribute to the literature. The first section, which is the introduction, explains the purpose, scope and method. In the second section, where the theoretical foundations are explained, the concept of energy, energy sources used in the World and Turkey, passive and active energy recovery strategies are explained in detail. In line with the information obtained, passive and active systems from renewable energy recovery strategies in buildings were examined through sample buildings selected from the World. In the third section, which is the material and method, the contributions of the explained concepts to energy efficiency were conveyed through international building examples with passive and/or active energy recovery strategies. In addition, a field study was carried out in İnegöl District of Bursa Province in this section. Three separate industrial buildings with solar energy panels on their roofs were selected as examples and the contribution of PV panels used in these structures to the structure was tried to be revealed. The fourth section is the conclusion section. In this section, the information obtained is compiled and the advantages and disadvantages of active and passive systems in terms of energy efficiency are summarized.

Keywords: Passive systems, Active systems, Sustainability, Energy conservation, Energy recovery strategies

2025, xvii + 180 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Öncelikle tezin her aşamasında tüm tecrübesiyle yardımcı ve destekleyici olan değerli danışmanım Prof. Dr. Filiz ŞENKAL SEZER'e tüm katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma sürecim ve tüm eğitim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Muharrem SÜZ

02/07/2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ xvi
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER 4
2.1 Enerji Kavramı 4
2.2 Dünya'da ve Türkiye'de Kullanılan Enerji Kaynakları 5
2.3 Yapılarda Pasif Sistemlerle Enerji Kazanım Stratejileri 12
2.3.1 Güneş enerjisi 18
2.3.2 Rüzgâr enerjisi 25
2.4 Yapılarda Aktif Sistemlerle Enerji Kazanım Stratejileri 29
2.4.1 Güneş enerjisi 29
2.4.2 Rüzgâr enerjisi 37
2.4.3 Jeotermal enerji 39
2.4.4 Hidrojen enerjisi 42
2.4.5 Biyokütle enerjisi 44
3. MATERYAL VE YÖNTEM 47
3.1 Pasif ve/veya Aktif Enerji Kazanım Stratejilerine Sahip Uluslararası Yapı Örneklerinin İncelenmesi 47
3.1.1 Westwood Hills Doğa Merkezi (Westwood Hills Nature Center) 49
3.1.2 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi 55
3.1.3 Treurenberg Binası 61
3.1.4 Frick Çevre Merkezi (Frick Environmental Center) 68
3.1.5 Lucia Binası (Lucia Building) 75
3.1.6 Gaziantep Ekolojik Bina 82
3.1.7 The Walkie-Talkie Binası (The Fenchurch Yapısı) 87
3.1.8 Pixel Binası (Pixel Building) 96
3.2 Aktif Güneş Enerjisi Kazanım Sistemlerinden PV Panellere Ait Yapı Örneklerinin İncelenmesi; Alan Çalışması Bursa İnegöl Örneği 104
3.2.1 Yapı örneği 1: A Firması 112
3.2.2 Yapı örneği 2: B Firması 125
3.2.3 Yapı örneği 3: C Firması 136
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 149
4.1 Alan Çalışmasının Sonuçları 149
4.2 Pasif ve Aktif Enerji Kazanım Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları 152
5. SONUÇ 158
KAYNAKLAR 161
EKLER 174
ÖZGEÇMİŞ 181

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
%	Yüzde işareti
~	Yaklaşık değer işareti
€	Euro
₺	Türk Lirası
°C	Santigrat Derece
CH_4	Metan
cm	Santimetre, uzunluk birimi
CO_2	Karbondioksit
h	Saat, Zaman birimi
H_2	Hidrojen
H_2O	Su
kW	Kilowatt, Enerji birimi
kWh	Kilowatt saat, Enerji birimi
kWp	Kilowatt peak, Enerji birimi
m	Metre, Uzunluk birimi
m^2	Metrekare, Alan birimi
mm	Milimetre, Uzunluk birimi
MWh	Megawatt saat, Enerji birimi
O_2	Oksijen
TWh	Terawatt saat, Enerji birimi
U	Isı geçirgenlik katsayısı
W	Watt, güç birimi

Kısaltmalar	**Açıklama**
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AC	Alternatif akım
BREAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method, İngiltere merkezli yapı enerji sertifikası
DC	Doğru akım
GES	Güneş Enerji Santrali
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design, ABD merkezli yapı enerji sertifikası
PV	Fotovoltaik
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition, Elektrik dağıtım şirketi takip cihazı
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tüm Dünya'da yıllara göre enerji kaynaklarının kullanım miktarı (IEA, 2022a) 6
Şekil 2.2. Dünya'da enerji kullanımlarının farklı enerji kaynaklarına oranları (IEA, 2022a) 7
Şekil 2.3. Yıllar bazında Dünya'da Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin yüzde olarak dağılımı (IEA, 2022a) 8
Şekil 2.4. 2022 yılı Dünya sektörel enerji tüketimi oranları (IEA, 2022b) 9
Şekil 2.5. Türkiye'de yıllar bazında toplam enerji tüketimi miktarı (IEA, 2025) 10
Şekil 2.6. Türkiye'de yıllar bazında enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (ETKB, 2024) 10
Şekil 2.7. Türkiye'de gelecekte enerji kullanımlarının farklı enerji kaynaklarına oranları hedefleri (ETKB, 2022) 11
Şekil 2.8. Türkiye'de 2023 yılı sektörel bazda enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (ETKB, 2024) 11
Şekil 2.9. Yükseltiyi gösteren bir harita (Tosunoğlu, 2021) 13
Şekil 2.10. İklim değişikliği (Işık, 2022) 14
Şekil 2.11. Yoğun şehir yerleşimi (Whiteley, 2022) 14
Şekil 2.12. Yapının arazi içerisinde güneşe göre konumu (Anonim, 2024a) 15
Şekil 2.13. Binanın formunun güneş alımına etkisi A) Yapının cephe tasarımının güneş alımına etkisi (Çelebi ve ark., 2008) B) Yapıdaki form değişikliğinin enerji kaybına etkisi (Gratia ve Herde, 2003) 16
Şekil 2.14. Bina kabuğu fotoğrafları A) Yapının cephe şeması (Anonim, 2024b) B) Giydirme cephe fotoğrafı (Anonim, 2025a) 17
Şekil 2.15. Güneş alımı ve yapı organizasyonu şemaları A) Pencereden güneş alım açısı (Anonim, 2024c) B) Güneş alımına göre konumlandırılmış mekanlar (Anonim, 2025b) 17
Şekil 2.16. Direkt güneş enerjisi kazanç sistemi A) Gündüz güneş ışığının iç mekân yüzeylerinde emilimi B) Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988) 18
Şekil 2.17. Yapıda güneş kırıcı uygulaması (Wilson, 2014) 19
Şekil 2.18. Güneş tüneli A) Güneş tüneli şeması (Anonim, 2025c) B) Güneş tüneli uygulanmış bir yapı (Anonim, 2025ç) 19
Şekil 2.19. Trombe duvar sistemi A) Gündüz güneş ışığının trombe duvarda emilimi B) Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988) 21
Şekil 2.20. Trombe duvar prototipleri A) Uygulanmış alternatif trombe duvar tasarımı B) Alernatif trombe duvarın kesiti C)

Alternatif trombe duvarının üç boyutlu yazıcı ile üretilmesi (Tenpierik ve Turrin, 2018) 21
Şekil 2.21. Bidon duvar sistemi A) Gündüz güneş ışığının bidon duvarda emilimi B) Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988) 22
Şekil 2.22. Çatı havuzu sistemi A) Gündüz güneş ışığının çatı havuzunda emilimi B) Gece emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988) 23
Şekil 2.23 Sera sistemi şeması A) Gündüz güneş ışığının serada emilimi B) Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (Özdemir, 2005) 24
Şekil 2.24. Termosifon sistemi ile Güneş ışığının emilimi ve sonrasında mekân içerisinde devir daimî (Özdemir, 2005) 25
Şekil 2.25. Isı farkıyla çalışan rüzgâr bacası A) Gündüz dışarıdaki sıcak havanın bacayı ısıtarak yukarı yönlü hava akışı sağlaması B) Gece soğuk havanın bacadan aşağı yönlü hareketi (Ali ve Özer, 2011) 26
Şekil 2.26. Atrium kesitinde havanın hareketleri (Anonim, 2025f'den değiştirilerek alınmıştır) 27
Şekil 2.27. Basınç farkı ile çalışan rüzgâr bacası (Ali ve Özer, 2011) 27
Şekil 2.28. BedZED konutlarında bulunan rüzgar kepçesi sistemi A) Rüzgâr kepçesi çalışma şeması (Anonim, 2025g'den değiştirilerek alınmıştır) B) Rüzgâr kepçesi (Rex, 2012) 28
Şekil 2.29. Çapraz havalandırma A) Çapraz havalandırma şeması (Anonim, 2025h) B) Çapraz havalandırma için farklı tasarımlar (Roaf ve ark., 2003) 29
Şekil 2.30. Hava dolaşımı ile çalışan güneş kollektörü A) Güneş kollektörü şema (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) B) Güneş kollektörü fotoğrafı (Bulut ve Durmaz, 2006) 30
Şekil 2.31. Sıvı dolaşımı ile çalışan güneş kolektörü A) Güneş kolektörü şema (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) B) Güneş kollektörü Fotoğrafı (Anonim, 2025ı) 31
Şekil 2.32. Güneş kollektörü dolaşım sistemleri A) Tabi dolaşımlı (Blazek, 2007'den değiştirilerek alınmıştır) B) Pompa dolaşımlı sistem (Anonim, 2025e'den değiştirilerek alınmıştır) 31
Şekil 2.33. PV panel hücre şeması (Çelebi, 2002) 32
Şekil 2.34. Güneş paneli çalışma şeması (Sainthiya ve Beniwal, 2017'den değiştirilerek alınmıştır) 33
Şekil 2.35. Fotovoltaik panel çalışma şeması (Anonim, 2025i'den değiştirilerek alınmıştır) 33
Şekil 2.36. Farklı PV panel kullanımları A) Şeffaf fotovoltaik panel ile güneş kırıcı eleman (Penick, 2013) B) Cephe PV panelleri (Anonim, 2025k) 34
Şekil 2.37. Monokristal PV panel (Yılmaz ve ark., 2015) 35
Şekil 2.38. Polikristal PV panel (Yılmaz ve ark., 2015) 35

Şekil 2.39. İnce film PV paneli A) İnce film PV paneli fotoğrafı B) İnce film PV panel kullanımı (Anonim, 2025l)....36
Şekil 2.40. Çok ve tek yüzlü PV paneller (Wolf, 2019) 36
Şekil 2.41. Bodrum Havalimanı PV panelleri (Çelikcan, 2020)....37
Şekil 2.42. Binadan bağımsız rüzgar türbini (Erkinay, 2012) 37
Şekil 2.43. Bina monte rüzgar türbini A) Farklı bina monte rüzgar türbini tasarımları (Günel ve ark., 2007) B) Expo 2000 Hollanda Pavyonu (Richters, 2025) 38
Şekil 2.44. Strata SE1 Kulesi rüzgâr türbinleri A) Rüzgar türbinlerinin şeması B) Rüzgar türbinlerinin fotoğrafı (Begeç, 2022) 38
Şekil 2.45. Dikey eksenli rüzgar türbini (Ali, 2012)....39
Şekil 2.46. Yatay eksenli rüzgâr türbini (Anonim, 2025m)....39
Şekil 2.47. Isı eşanjörü şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 40
Şekil 2.48. Jeotermal ısıtma sistemi şeması (Anonim, 2025n'den değiştirilerek alınmıştır)....41
Şekil 2.49. Jeotermal kaynaklarla elektrik üretim sistemi şeması (Demirel, 1998)....41
Şekil 2.50. PV panellerden hidrojen üretim şeması (Atakan, 2022)....42
Şekil 2.51. Yakıt pili sistemi şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)....43
Şekil 2.52. Farklı yakıtlara sahip yakıt hücreleri A) Metanol yakıt hücresi sistemi B) Metan yakıt hücresi sistemi (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 43
Şekil 2.53. Gazifikasyon yöntemi ile çalışan biyokütle enerji santrali şeması (Ermehan, 2020) 45
Şekil 2.54. Anaerobik sindirim yöntemi kullanan Jühnde Biyoenerji Köyünde kullanılan biyoenerji santralin şeması (Bioenergy, I. E. A., 2009'dan değiştirilerek alınmıştır)....46
Şekil 3.1. Westwood Hills Doğa merkezi uydu görüntüleri A) Ülke ölçeğinde konum B) Eyalet ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025a) 49
Şekil 3.2. Westwood Hills Doğa Merkezi fotoğrafları A) Yapının girişi B) Yapının çevresi ile genel fotoğrafı C) Yapının güney cephesi D) Yapının genel fotoğrafı E) Kuzey cephesi önündeki yürüyüş yolu F) İç mekan fotoğrafı (Çok amaçlı salon) G) İç mekan fotoğrafı (Çok amaçlı salon) H) Termal kütle sağlayan siyah duvarlar (Sieger, 2020; Hoekstra, 2021) 50
Şekil 3.3. Westwood Hills Doğa Merkezi (Anonim, 2025o'den değiştirilerek alınmıştır)....51
Şekil 3.4. Westwood Hills Doğa Merkezi Zemin kat planı (Anonim, 2025o'den değiştirilerek alınmıştır) 52
Şekil 3.5. Westwood Hills Doğa Merkezi termal kütle özelliğinde güney cephesine bakan duvarlar (Hoekstra, 2021'den değiştirilerek alınmıştır)....52

Şekil 3.6. Westwood Hills Doğa Merkezi Sera Sistemi ve Pasif Rüzgar Enerjisi Kazanım Diyagramı (Anonim, 2025ö'den değiştirilerek alınmıştır)....53
Şekil 3.7. Westwood Hills Doğa Merkezi Isı pompası temsili şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)....53
Şekil 3.8. Westwood Hills Doğa Merkezi PV Panelleri....54
Şekil 3.9. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi uygu görüntüleri A) Kıta ölçeğinde konum B) Ülke ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025b)....55
Şekil 3.10 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi fotoğrafları A) Yapının girişi B) Yapının çevresi ile genel fotoğrafı C) Yapının kuzeydoğu cephesi D) Ortak bahçe ve iç mekan E) Ortak bahçe F) Konferans salonu G) Ortak bahçe (Özbunar 2020a; Karakaya, 2020)....56
Şekil 3.11 Zemin kat planı (Abdel, 2020)....57
Şekil 3.12 Vaziyet planı (Abdel, 2020)....57
Şekil 3.13 A-A Kesiti (Abdel, 2020)....58
Şekil 3.14 B-B Kesiti (Abdel, 2020)....58
Şekil 3.15 Güneş kırıcı giydirme cephe elemanı fotoğrafları ve detayı A) Sistem kesiti B) Dış mekândan fotoğraf C) İç mekandan fotoğraf (Özbunar, 2020a; Özbunar, 2020b)....59
Şekil 3.16 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi çatısındaki PV panel yerleşimi (Yağlıca, 2022)....60
Şekil 3.17. Treurenberg binası uygu görüntüleri A) Ülke ölçeğinde konum B) Eyalet ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025c)....61
Şekil 3.18. Treurenberg Binası fotoğrafları A) Yapı cephesi B) PV panel kaplı siyah cephe C) Yapı terası D) Çatıdaki PV paneller E) Ortak bahçe ve iç mekan F) Ortak bahçe ve çatıdan ışık alım (Setesco, t.y.; Assar, t.y.)....62
Şekil 3.19. Treurenberg binası Zemin kat planı (Assar, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)....63
Şekil 3.20. Treurenberg Binası cephesi beşinci kat planı (Decrop, 2022'den değiştirilerek alınmıştır)....64
Şekil 3.21. Treurenberg Binası kesitleri A) Hava sirkülasyonunu gösteren kesit B) Güneş alımını gösteren kesit (Assar, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)....64
Şekil 3.22. Treurenberg Binası PV panellerinin konumları A) Çatı, Güney ve doğu cephelerindeki PV paneller B) Çatı, batı yönündeki PV paneller ve PV panel kaplı olmayan kuzey cephesi (Decrop, 2022'den değiştirilerek alınmıştır)....65
Şekil 3.23. Cephe PV panellerin verimini arttırmak amacıyla yerleştirilmiş Albarino P camının şemaları A) Camın modeli B) Camın yakından görüntüsü C) Işığın piramidal yüzeyden kırılma şeması (Nositschka, 2008)....66

Şekil 3.24. Frick Çevre Merkezi uygu görüntüleri A) Ülke ölçeğinde konum B) Eyalet ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025ç) 68
Şekil 3.25. Frik Çevre Merkezi fotoğrafları A) Yapının girişindeki rampa B) Yapının çevresi ile genel fotoğrafı C) Yürüyüş yolundan yapının görünüşü D) Yapının dış mekan görüntüsü E) Yapı genel fotoğrafı F) Yapının batı cephesi G)Manzaraya bakan cephe (güney) (Denmarsh, 2016; Lehoux, 2016; Massery, 2016) 69
Şekil 3.26. Frick Çevre Merkezi Vaziyet Planı (Gravina, 2015'den değiştirilerek alınmıştır) 70
Şekil 3.27. Frick Çevre Merkezi Zemin Kat Planı (Gravina, 2015'den değiştirilerek alınmıştır) 71
Şekil 3.28. Frick çevre merkezi enerji şeması (Anonim, 2025p'den değiştirilerek alınmıştır) 71
Şekil 3.29. Frick Çevre Merkezi (Google, 2025a) 72
Şekil 3.30. Frick Çevre Merkezi 2019 yılına ait aylara göre enerji üretimini gösteren tablo (Building Technologies Office, 2022'den değiştirilerek alınmıştır) 72
Şekil 3.31. Frick Çevre Merkezi kesiti ve rüzgar bacasının konumu (Building Technologies Office, 2022'den değiştirilerek alınmıştır) 73
Şekil 3.32. Frick Çevre Merkezi pasif hava sirkülasyon şeması (Building Technologies Office, 2022) 73
Şekil 3.33. Frick Çevre Merkezi Kuzey görünüşü (Anonim, 2025p'den değiştirilerek alınmıştır) 74
Şekil 3.34. Frick Çevre Merkezi Güney görünüşü (Anonim, 2025p'den değiştirilerek alınmıştır) 74
Şekil 3.35. Lucia binası uygu görüntüleri A) Ülke ölçeğinde konum B) Eyalet ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025d) 75
Şekil 3.36. Lucia Binası fotoğraflar A) Yapının güneybatı yönünden fotoğrafı B) Yapının genel fotoğrafı C) Yapının güneydoğu cephesi D) İç mekandan yarı şeffaf PV paneller E) Yapı genel fotoğrafı F) İç mekandan görseller G) Labratuvar alanları H) Labratuvar alanları (Diaz, 2016; Anonim, 2025r; Anonim, 2025s) 76
Şekil 3.37. Lucia Binası zemin kat planı (Anonim, 2025ş'den değiştirilerek alınmıştır) 77
Şekil 3.38. Lucia Binası cephe tasarımı ve plan şeması A) Yapının cephe fotoğrafı B) Yaz ayı C) Kış ayı (Valbuena ve Diaz, 2014; Diaz, 2016) 77
Şekil 3.39. Lucia Binası Derslik birimlerini gösteren kesitler ve güneş bacası A) Yaz ayı B) Kış ayı C) İç mekana doğal ışık ulaşması amacıyla çatıya yerleştirilmiş güneş bacaları (Diaz, 2016'dan değiştirilerek alınmıştır) 78

Şekil 3.40. Lucia Binası Derslik birimlerini gösteren kesitler ve güneş bacası A) Yarı şeffaf cephe PV panelleri B) Yarı şeffaf cephe PV panelleri iç mekandan fotoğraf C) Çatı penceresi yarı şeffaf PV panelleri (Valbuena ve Diaz, 2014). 79
Şekil 3.41. Lucia Binası enerji üretim sistemlerinin konumunu gösteren şema (Valbuena ve Diaz, 2014'den değiştirilerek alınmıştır) 79
Şekil 3.42. Lucia Binası Enerji üretim sistemleri şeması (Rey-Hernández ve ark., 2018'den değiştirilerek alınmıştır)..... 80
Şekil 3.43. Lucia Binası Biyogaz enerji sistemleri şemaları A) Biyogaz elde etme sistemi şeması (Rey-Hernández ve ark., 2018'den değiştirilerek alınmıştır) B) Gazlaştırma reaktörü şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 80
Şekil 3.44. Lucia Binası jeotermal ısı pompası sistemi A) Isı pompasının dışarıdan görüntüsü B) Isı pompası inşa fotoğrafları (Valbuena ve Diaz, 2014). 81
Şekil 3.45. Gaziantep Ekolojik Bina uydu görüntüleri A) Kıta ölçeğinde konum B) Ülke ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025e)..... 82
Şekil 3.46. Gaziantep Ekolojik Bina fotoğrafları A) Yapının genel fotoğrafı B) Yapının Girişi C) Yapının çevresi ile genel fotoğrafı D) Yapının maketi E) İç mekan fotoğrafı (çalışma alanı ve fuaye) F) İç mekan fotoğrafı (Konferans salonu) (Özpınar, 2021)..... 83
Şekil 3.47. Gaziantep Ekolojik Bina plan şeması (Güleç, 2017)..... 84
Şekil 3.48. Gaziantep Ekolojik Bina PV panelleri (Güleç, 2015; Güleç, 2017)..... 85
Şekil 3.49. Gaziantep Ekolojik Bina Hava dolaşımlı ısı pompası sistemi (Güleç, 2015; Güleç, 2017) 86
Şekil 3.50. Gaziantep Ekolojik Bina Hava dolaşımlı ısı pompası sistemi (Güleç, 2015) 86
Şekil 3.51. The Walkie Talkie Binası uygu görüntüleri A) Ülke ölçeğinde konum B) Eyalet ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025f) 87
Şekil 3.52. The Walkie Talkie Binası fotoğrafları A) Yapının genel görünüşü B) Yapının şehir içinden görüntüsü C) Çatı kattaki ortak alan D) Girişteki resepsyon E) Yapının caddeden fotoğrafı F) Ofis katlarından bir tanesi (Architizer, t.y;.Olmos, 2015; Sumner, 2015; Wolmuth, 2015) 88
Şekil 3.53. The Walkie Talkie Binası vaziyet planı (Anonim, 2025t)..... 89
Şekil 3.54. The Walkie Talkie Binası zemin kat planı (Kuanyshevıch, 2023)..... 89
Şekil 3.55. The Walkie Talkie Binası kat planları A) Yapının on sekizinci kat planı B) Yapının yirmi sekizinci kat planı (Kuanyshevıch, 2023)..... 90
Şekil 3.56. The Walkie Talkie Binası kesitler A) Yapının kesitleri B) Yapının zemin kat planı (Anonim, 2025t; Kuanyshevıch, 2023'den değiştirilerek alınmıştır) 90

Şekil 3.57. The Walkie Talkie Binası çatı bahçesi şemaları A) Çatı bahçesi kesiti B) Çatı bahçesi üç boyutlu modeli (Anonim, 2025u; Anonim, 2025t'den değiştirilerek alınmıştır) 91
Şekil 3.58. The Walkie Talkie Binası çatıya monte PV panelleri A) The Walkie Talkie Binası çatısı B) Çatıya monte PV paneller (Sunfixings, 2015) 91
Şekil 3.59. The Walkie Talkie Binası enerji üretim sistemlerinin şemaları A) Yapının tesisat şeması B) Düşük ve sıfır karbon teknolojileri olarak belirtilen sistemlerin görüntüleri (Vinoly, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 92
Şekil 3.60. The Walkie Talkie Binası yakıt hücresi enerji üretim sistemi şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 92
Şekil 3.61. Isı eşanjörü şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 93
Şekil 3.62. The Walkie Talkie Binası absorbisyonlu soğutucu şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 93
Şekil 3.63. The Walkie Talkie Binası güney cephesi güneş toplama şeması (Duell ve Webb, 2013'den değiştirilerek alınmıştır) 94
Şekil 3.64. The Walkie Talkie Binası Görselleri A) Binanın erittiği aracın plastik aksam B) 2013 yılında yapının Cephesine serilen geçici siyah tente C) 2014 yılında uygulanan kalıcı güneş kırıcıları D) Cepheye yerleştirilen güneş kırıcılar (Mullin, 2014) 95
Şekil 3.65. Pixel binası uygu görüntüleri A) Ülke ölçeğinde konum B) Eyalet ölçeğinde konum C) Şehir ölçeğinde konum D) Bina ölçeğinde konum (Google, 2025g) 96
Şekil 3.66. Pixel Binası fotoğrafları A) Yapı cephesi B) İç mekandan güneş kırıcı elemanlar C) Güneş kırıcı cephe elemanları D) Rüzgar türbini E) Güneş kırıcı cephe elemanları F) İç mekan G) Çatı bahçesi, PV paneller ve rüzgar türbinleri H) İç mekan I) cephedeki güneş kırıcılar İ) Cephenin farklı bir açıdan görüntüsü (Gollings, 2011; Hosking, 2011) 97
Şekil 3.67. Pixel Binası zemin kat planı (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 98
Şekil 3.68. Pixel Binası kat planları A) 1-3. Kat planı B) Çatı kat planı (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 98
Şekil 3.69. Pixel Binası hareket eden PV panel ve rüzgâr türbinleri (Gollings, 2011) 99
Şekil 3.70. Pixel Binası mimari kesitler A) A-A Kesiti B) B-B Kesiti (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 99
Şekil 3.71. Pixel Binası mimari görünüşler A) Kuzey cephesi B) Batı cephesi (Archdaily, t.y.) 100
Şekil 3.72. Pixel Binası soğutma sistemi şeması (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 101
Şekil 3.73. Pixel Binası ısıtma sistemi şeması (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 102
Şekil 3.74. Cephede tasarlanan kabuğun güneş açısına göre durumu (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 102

Şekil 3.75. Pixel Binası biyogaz eldesi ve su sistemleri diyagramı (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır) 103
Şekil 3.76. 2020 yılı İnegöl'de imalat yapan işyerlerinin sektörel dağılımı (STB, 2022) 105
Şekil 3.77. Enerji firması uydu görüntüleri ve sokak görüntüsü A) İnegöl ilçesi ölçeğinde konum B) Bina ölçeğinde konum C) Sokak görüntüsü (Google, 2025h'den değiştirilerek alınmıştır) 106
Şekil 3.78. Depolama ünitesi bulunan bir PV panel sisteminin enerji üretim sistemleri şeması (Yazar tarafından oluşturuldu) 108
Şekil 3.79. Yapı örneği 1: A Firması fotoğrafları A) Binanın Fotoğrafı (Kişisel arşiv) B) Harita görüntüsü (Google, 2025ı) 112
Şekil 3.80. Yapıdaki fabrika üretim alanları (Kişisel arşiv) 112
Şekil 3.81. Yapının mimari çizimleri A) Vaziyet planı, B) A-A Kesiti, C) Güneybatı görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur) 113
Şekil 3.82. Farklı çatı eğimleri A) Mevcut çatı eğimi B) Güneş açısına göre yerleştirilmiş PV paneller C) Dikleştirilmiş çatı eğimi 114
Şekil 3.83. Yapının 2024 yılı enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 115
Şekil 3.84. Yapının yıllık enerji istatistiği grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 115
Şekil 3.85. Yapının PV panel enerji üretim şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 116
Şekil 3.86. Yapının çatısına yerleştirilmiş PV panellere giden merdiven (Kişisel arşiv) 117
Şekil 3.87. Çatıdaki PV paneller (Kişisel arşiv) 117
Şekil 3.88. Yapının çatısına yerleştirilmiş Pv panellerin fotoğrafları A) PV panellerden çıkan kablolar B) PV panellerin çatıya monte aparatı C) DC kablo kanalı D) PV panellerin çatıya monte aparatı (Kişisel arşiv) 118
Şekil 3.89. Çatıda yer alan PV panel temizlik aparatları ve biraz kirlenmiş PV panel yüzeyi (Kişisel arşiv) 119
Şekil 3.90. Yapının kontrol odası şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 119
Şekil 3.91. Yapıdaki PV panel kontrol odasının fotoğrafları A) PV panel kontrol odası B) Topraklama bağlantısı C) Kontrol odası fotoğrafı (Kişisel arşiv) 120
Şekil 3.92. Yapıdaki PV panel kontrol odası A) Yalıtım özellikli kauçuk halı ve ucu açık AC kablo B) Karbondioksit içerikli yangın tüpleri C) PV panel kontrol odası elektrik kablosu köprüleri (Kişisel arşiv) 121
Şekil 3.93. Yapıdaki PV panel kontrol odası İnvertör cihazları (Kişisel arşiv) 122
Şekil 3.94. Yapıdaki enerji firması takip cihazı (Kişisel arşiv) 122
Şekil 3.95. Yapıdaki GES panosu (Kişisel arşiv) 123
Şekil 3.96. Yapıdaki GES panosu şarteli (Kişisel arşiv) 123
Şekil 3.97. Yapıdaki elektrik panosu ve ekranı (Kişisel arşiv) 124

Şekil 3.98. Yapıdaki dağıtım şirketi takip (SCADA) panosu (Kişisel arşiv) 124
Şekil 3.99. Yapı örneği 2: B Firması fotoğrafları A) Binanın Fotoğrafı (Kişisel arşiv) B) Harita görüntüsü (Google, 2025i) 125
Şekil 3.100. Yapıdaki fabrika üretim alanları (Kişisel arşiv) 125
Şekil 3.101. Yapının mimari çizimleri A) Vaziyet planı, B) Doğu görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)..... 126
Şekil 3.102. Farklı çatı eğimleri A) Mevcut çatı eğimi C) Dikleştirilmiş çatı eğimi 127
Şekil 3.103. Yapının 2024 yılı enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 128
Şekil 3.104. Yapının 2024 yılı enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 128
Şekil 3.105. Yapının PV panel enerji üretim şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 129
Şekil 3.106. Yapının çatısına yerleştirilmiş Pv panellerin fotoğrafları (Pika Enerji, 2024)..... 130
Şekil 3.107. Yapının PV panel kontrol odası şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 131
Şekil 3.108. Yapının PV panel kontrol odası fotoğrafları (Kişisel arşiv) 131
Şekil 3.109. Yapıdaki PV panel kontrol odası fotoğrafları A) PV panel kontrol odası elektrik kablosu köprüleri B) Karbondioksit içerikli yangın tüpleri C) Yalıtkan halı kullanılmamıştır D) Cihazların topraklama bağlantısı (Kişisel arşiv)..... 132
Şekil 3.110. Yapıdaki PV panel kontrol odası İnvertör cihazları (Kişisel arşiv) 133
Şekil 3.111. Yapıdaki enerji firması takip cihazı (Kişisel arşiv) 133
Şekil 3.112. Yapıdaki GES panosu (Kişisel arşiv) 134
Şekil 3.113. Yapıdaki harmonik filtre cihazı (Kişisel arşiv) 134
Şekil 3.114. Yapıdaki dağıtım şirketi takip panosu (Kişisel arşiv)..... 135
Şekil 3.115. Yapı örneği 3: C Firması fotoğrafları A) Binanın Fotoğrafı (Kişisel arşiv) B) Harita görüntüsü (Google, 2025j) 136
Şekil 3.116. Yapıdaki fabrika üretim alanları (Kişisel arşiv) 136
Şekil 3.117. Yapının mimari çizimleri A) Vaziyet planı, B) A-A Kesiti, C) Güneybatı görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur) 137
Şekil 3.118. Yapının enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 139
Şekil 3.119. Yapının 2024 yılı enerji istatistiği grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 140
Şekil 3.120. Yapının PV panel enerji üretim şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)..... 140
Şekil 3.121. Yapının çatısına yerleştirilmiş Pv panellere giden merdiven A) Çatıya çıkan merdiven B) Çatıya çıkan merdivenin sonundaki kapı C) Merdivenin girişindeki güvenlik tabelaları D) Her katta bulunan yangın tüpleri (Kişisel arşiv)..... 141

Şekil 3.122. Yapının çatısına yerleştirilmiş PV paneller A) Üst kottaki PV paneller B) Farklı kotlardaki PV paneller C) Alt kottaki PV paneller D) Alt kottaki PV paneller (Kişisel arşiv) 142
Şekil 3.123. PV panellerin kablolaması A) PV panellerden çıkan DC kablolar B) Kablo toplama kanalları ve uyarı levhaları (Kişisel arşiv) 142
Şekil 3.124. PV panellerin genel fotoğrafları A) Yüzeyi hafif kirlenen bir PV panel B) PV panellerin topraklama kablosu (Kişisel arşiv) 143
Şekil 3.125. Yapının kontrol odası şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 143
Şekil 3.126. Yapının kontrol odası fotoğrafları A) Kontrol odası giriş merdiveni B) Kontrol odası içi C) GES panosu D) Kontrol odası giriş kapısı (Kişisel arşiv) 144
Şekil 3.127. PV panel kontrol odası güvenlik önlemleri A) Kontrol odası girişindeki yangın tüpü B) Kapının topraklaması C) Kontrol odası giriş kapısı üzerindeki uyarı levhaları D) Alternatif ve doğru akım kablo kanalları (Kişisel arşiv) 145
Şekil 3.128. İnvertör cihazı fotoğrafları A) İnvertör cihazı B) İnvertör cihazı ve kablolaması C) Elektrik firması takip cihazı D) İnvertör cihazı kabloları (Kişisel arşiv) 146
Şekil 3.129. GES panosu fotoğrafları A) Kapalı GES panosu B) Açık GES panosu C) Takip ekranı D) GES panosu içerisindeki şartel ve elektrik sayacı (Kişisel arşiv) 147
Şekil 3.130. Yapı dışında bulunan trafo fotoğrafları 148
Şekil 3.131. Trafo elektrik şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) 148

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Kaya, 2015) 4
Çizelge 3.1. Seçilen yapı örneklerinin içerdikleri pasif ve aktif sistemler tablosu 47
Çizelge 3.2. Seçilen örnek yapıların künye özetleri 48
Çizelge 3.3. Westwood Hills Doğa Merkezi künyesi 49
Çizelge 3.4. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Künyesi 55
Çizelge 3.5. Treurenberg Binası künyesi 61
Çizelge 3.6. Treurenberg binası kullanılan PV panellerin teknik verileri (Decrop, 2022) 67
Çizelge 3.7. Frick Çevre Merkezi künyesi 68
Çizelge 3.8. Lucia Binası Künyesi 75
Çizelge 3.9. Gaziantep Ekolojik Bina künyesi 82
Çizelge 3.10. The Walkie Talkie Binası künyesi 87
Çizelge 3.11. Pixel binası künyesi 96
Çizelge 3.12. Alan çalışması için bilgi alınan enerji firmasının künyesi 106
Çizelge 3.13. Seçilen örnek yapıların künye özetleri (Kişisel arşiv) 111
Çizelge 3.14. Yapı örneği 1: A Firması çatı eğimleri ve PV panellerin verim değerleri 113
Çizelge 3.15. Yapı örneği 1: A Firması'nın künyesi 114
Çizelge 3.16. Yapı örneği 2: B Firması çatı eğimleri ve PV panellerin verim değerleri 126
Çizelge 3.17. Yapı örneği 2: B Firması'nın künyesi 127
Çizelge 3.18. Yapı örneği 3: C Firması çatı eğimleri ve PV panellerin verim değerleri 137
Çizelge 3.19. Yapı örneği 3: C Firması'nın künyesi 138
Çizelge 4.1. "Yapıda PV panel uygulaması yapılmasının sebepleri nelerdir?" sorusuna verilen yanıtlar 149
Çizelge 4.2. "Yapıda PV panel uygulamasından başka bir elektrik üretim sistemi tercih edilmemesinin sebebi nedir?" sorusuna verilen yanıtlar 150
Çizelge 4.3. "Yapıda mevcut PV panel cinsinin tercih edilme sebebi nedir?" sorusuna verilen yanıtlar 150
Çizelge 4.4. "Yapıda PV panel sisteminden üretilen elektriği depolayacak bir birim tercih edilmemesinin sebebi nedir? " sorusuna verilen yanıtlar 151
Çizelge 4.5. "Yapı için herhangi bir enerji sertifikasına başvuru yapılmamasının sebebi nedir?" sorusuna verilen yanıtlar 151
Çizelge 4.6. Genel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları 152
Çizelge 4.7. Güneş enerji kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları 153
Çizelge 4.8. Rüzgar enerjisi kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları 154

Çizelge 4.9. Jeotermal enerji kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları 155
Çizelge 4.10. Hidrojen enerjisi kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları (Kain, 2023; Mazloomi ve Gomes, 2012; Midilli ve ark., 2005'den değiştirilerek alınmıştır) 156
Çizelge 4.11. Biyokütle enerji kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları (Lumley, 2024; Vassiley ve Vassileva,2015'den değiştirilerek alınmıştır) 157

1. GİRİŞ

Günümüzde enerjiye olan ihtiyaç, teknolojik gelişmeler, artan konfor beklentileri ve dünya nüfusundaki sürekli artış gibi faktörler nedeniyle sürekli olarak yükselmektedir. Enerji üretiminin büyük ölçüde fosil yakıtlara dayandığı mevcut durumda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik ilgi giderek artmaktadır.

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar göz ardı edilemeyecek bir seviyededir. Öyle ki atmosferi doldurarak sera etkisine ve güneş enerjisinin gereğinden fazla birikmesiyle küresel ısınmaya sebep olan metan ve azot gazları atmosferde tarihte hiç olmadığı kadar yüksek seviyelere ulaşmıştır (ÇEDBİK, 2021). Bu duruma bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ya da altyapı oluşturulması daha da cazip hale gelmektedir. British Petrol'ün 2020 yılında yayınladığı raporda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının son on senedir sürekli artış içerisinde olduğu kaydedilmiştir.

Enerjinin yenilenebilir kaynaklar aracılığıyla pasif ve aktif sistemler üzerinden sağlanması; çevresel etkilerin en aza indirilmesi, uzun vadede yapım maliyetlerinin karşılanarak ekonomik kazanç elde edilmesi ve daha konforlu yaşam alanlarının oluşturulması açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Pasif sistemler, yapının mimari tasarım sürecinde alınan kararları içermekte olup; binanın yerleşimi, pencere boyutu ve konumu, ısıyı emen mimari ögeler ile doğal havalandırmayı destekleyen tasarımlar gibi unsurları kapsamaktadır. Buna karşılık, aktif sistemler; yapıya sonradan entegre edilen, mühendislik ürünü teknolojik cihazlar ile çalışmak için dışarıdan enerjiye ihtiyaç duyan sistemleri ifade etmektedir. Her iki sistemin ortak amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yaşam alanına aktarılmasını sağlamaktır.

Çalışmanın amacı; yapılarda sürdürülebilirlik ve enerji etkinlik kavramının git gide önem kazandığı günümüzde enerjiyi yenilenebilir kaynaklardan elde etmek için kullanılan pasif ve aktif sistemlerin tanıtılması ve bu sistemleri kullanan güncel yapı örneklerinin incelenerek bir değerlendirmenin yapılmasıdır. Yapıların bu sistemlerle ne kadar enerji kazancı sağladıkları, sistemlerin avantaj ve dezavantajları, sonradan uygulanabilirliği ve uygulama kolaylığı, maliyeti gibi sonuçların elde edileceği bu çalışmanın literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Çalışmanın kapsamı; Literatür taramasında kapsam pasif ve aktif yenilenebilir enerji kazanım stratejileri ile sınırlandırılmıştır. Dünya'dan bu sistemleri kullanan yapı örnekleri; planları, sisteme dayalı detayları, fotoğrafları ve gerekli diğer bilgileri ile tanıtılmıştır. Seçilen yapı örneklerinin LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) gibi sertifika sistemlerine sahip yapı örnekleri arasından seçilmiştir. Alan çalışmasındaki kapsam ise güneş enerji panelleri ile kendi elektriğini üreten fabrika yapılarıdır.

Çalışmanın Yöntemi; makale, tez, kitap, dergi ve diğer akademik çalışmaların incelenmesi ile konu tespit edilmiş, anahtar kelimeler belirlenerek çeşitli veri tabanlarından kaynak taraması yapılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda binalarda yenilenebilir enerji kazanım stratejilerinden pasif ve aktif sistemler açıklanmıştır. Uygulama örnekleri üzerinden incelenmiştir.

Çalışma akış planı sırasıyla aşağıdaki gibidir:

- Literatür taraması ve kavramların aktarılması
- Örnekler üzerinden pasif ve aktif enerji kazanım stratejilerinin incelenmesi
- Alan çalışması
- Enerji kazanım sistemlerinin avantaj ve dezavantajlarının tablolanması
- Sonuç

Çalışmanın mevcut çalışmalar içerisindeki önemi; bu çalışma literatüre, sürdürülebilir enerji kazanım yöntemlerini kullanan ve olabildiğince güncel, sertifikalı, enerjisinin önemli bir kısmını üzerindeki sistemlerle üretebilen örneklerin toplandığı bir çalışmadır. Bu sistemlerin ne kadar etkili olduğunun araştırılması, teorik olarak anlatılan sistemlerin somut yapı örnekleri ile incelenmesi ile hem sürdürülebilirlik bilincini arttırmak hem de çalışmanın sonraki çalışmalar için bir kaynak niteliğinde olması hedeflenmiştir.

Çalışmada, benzer konudaki yapılan diğer tez çalışmalarından farklı olarak Bursa ili içerisinden seçilen ve enerjisinin tamamını güneş enerji santrallerinden karşılayan üç adet sanayi yapısı yerinde incelenmiştir. Bu sayede en güncel veriler ile güneş enerji santrali özelinde bir inceleme yapılarak enerji üretim, tüketim değerleri, maliyet ve geri ödeme süreleri gibi değerlerin tablolanması sağlanmıştır. Ayrıca incelenen yapılarda yetkili kişilere PV (fotovoltaik) panel sistemi hakkında sorular sorularak bu konu hakkında alınan kararların neye göre şekillendiği araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

Tezin bu bölümünde enerji kavramının, kaynaklarının tanıtımı yapılarak konuya ön bilgi olması hedeflenmiştir. Bu bölümde sırasıyla enerji kavramı, Dünya'da ve Türkiye'de kullanılan enerji kaynakları, yapılarda pasif sistemlerle enerji kazanım stratejileri ve yapılarda aktif sistemlerle enerji kazanım stratejileri aktarılmıştır.

2.1 Enerji Kavramı

Enerji belli bir işi veya üretimi yapabilmek için harcanan girdidir. Mekanik, elektrik, ısı, kimyasal ve nükleer gibi farklı türleri vardır. Türler arası dönüşüme uğrayabilmektedir. Kullanılışlarına ve dönüştürülebilirliklerine göre iki ana başlığa ayrılır. Tez kapsamında anlatılan pasif ve aktif enerji kazanım sistemleri; enerji kaynaklarının kullanılışlarına göre başlığı altındaki, yenilenebilir alt başlığında yer alan enerji kaynaklarının elde ediliş yöntemlerini içermektedir.

Çizelge 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Kaya, 2015)

Kullanılışlarına Göre Enerji Kaynakları	**Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Kaynakları**
Yenilenemez **a) Fosil Kaynaklı** -Kömür -Petrol -Doğal gaz **b) Çekirdek kaynaklı** -Uranyum -Toryum	**Birincil** -Kömür -Petrol -Doğalgaz -Nükleer -Biyokütle -Hidrolik -Güneş -Rüzgâr -Dalga ve gelgit enerjisi
Yenilenebilir -Güneş -Biyokütle -Rüzgâr -Jeotermal -Dalga ve gelgit enerjisi -Hidrojen -Hidrolik	**İkincil** -Elektrik -Benzin, mazot, motorin, petrol koku sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) -İkincil kömür, kok kömürü, hava gazı

Kullanılışlarına göre enerji kaynakları; kullanıldıktan sonra tükenip tükenmemelerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre enerji kaynakları yenilenemez ve yenilenebilir olarak ikiye ayrılır. Yenilenemez kaynaklar içerisinde fosil ve nükleer enerji kaynakları yer alırken yenilenebilir enerji kaynaklarında; rüzgâr, güneş, biyokütle, hidrolik gibi enerji kaynakları yer almaktadır (Uyar, 2007). Fosil yakıtlar doğada tekrar oluşması çok uzun zaman alan, hidrokarbon ve karbon içeren maddelerdir. Ölen canlıların uzun zamanda çözünmesi ile oluşur. Yenilenebilir enerji kaynakları; doğada kendiliğinden bulunan ve kullanıldığında kendini belirli bir süre içerisinde yenileyebilen kaynaklardır (Ellabban ve ark., 2014).

Dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları ise; enerjinin bir türden başka bir türe dönüşüp dönüşmediğine göre ikiye ayrılır. Herhangi bir dönüşüme uğramadan elde edilen enerji kaynaklarına birincil, birincil enerji kaynaklarından dönüştürülüp türetilen enerjiye ise ikincil enerji kaynağı denmektedir. Birincil enerji kaynakları arasında; kömür, petrol, doğalgaz, biyokütle, güneş gibi kaynaklar yer almaktadır. İkincil enerji kaynakları ise; benzin, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), motorin gibi petrol kaynaklı; ikincil kömür, kok kömürü, hava gazı gibi kömür kaynaklı fosil yakıtları veya elektrik gibi enerji kaynaklarını içermektedir (Koç ve Kaya, 2015).

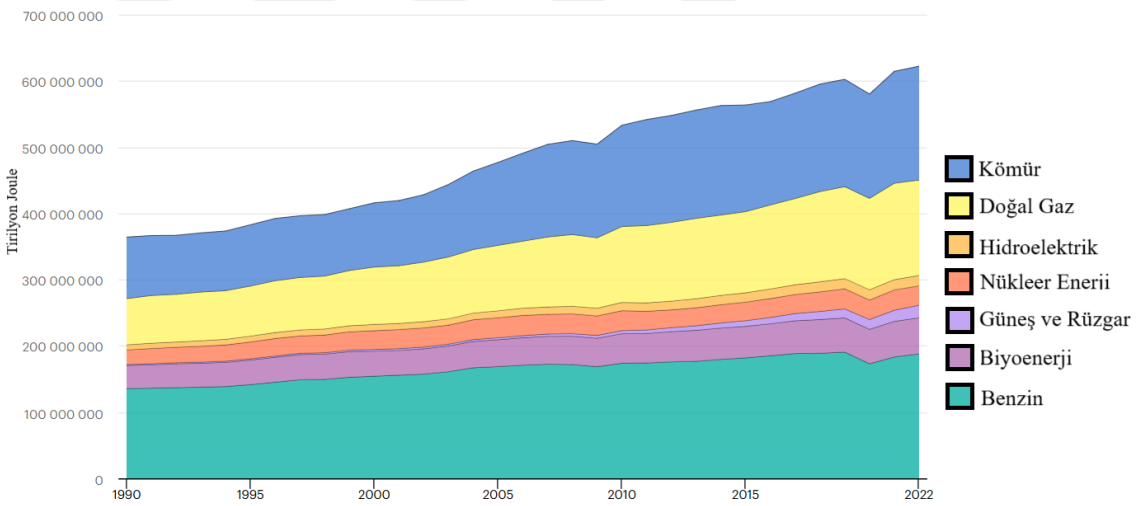
2.2 Dünya'da ve Türkiye'de Kullanılan Enerji Kaynakları

Dünya'da enerji ihtiyacının büyük bir oranda fosil yakıtlardan karşılandığı bilinirken, günden güne artan enerji ihtiyacı, fosil yakıtların tükeniyor olması ve çevreye verdiği zararlar yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmaktadır.

Endüstri devrimi ve sonrasındaki gelişmeler ile Dünya'da ülkeler arası fosil yakıt kökenli bir ekonomik düzen kurulmuştur. Devamında yaşanan çeşitli politik ve siyasi olaylar sonucu petrol üreten ülkelerin petrol fiyatlarını aşırı yükseltmesi, petrol tedariğini kesmesi ya da azaltması gibi çeşitli olaylar yaşanmıştır. Bunun sonucunda 1973 yılında Dünya petrol krizi yaşanmıştır. Bu olay Dünya çapında ülkelerin ekonomik düzenine zarar vermiştir. İşsizlik ve enflasyonun artmasına sebep olmuştur. Bu olayların sonucunda

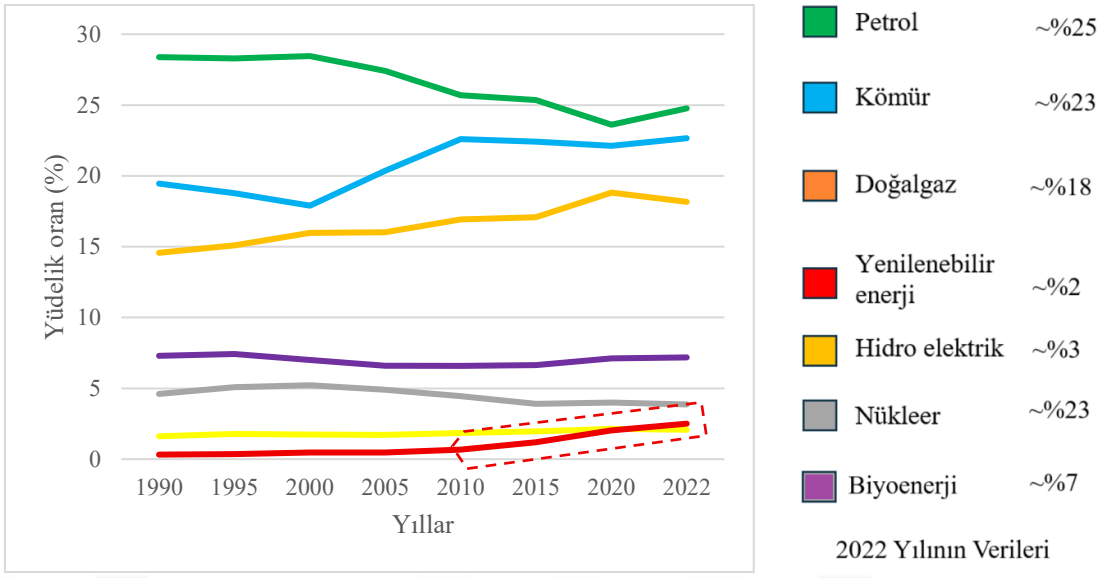
Dünya çapında ülkeler enerji kullanımlarını yeniden gözden geçirmek ve enerjiyi elde etme politikalarında çeşitli değişikliklere gitmeye karar vermiştir (Koçhan, 1997). Bu değişiklikler; mümkün olduğunca ulusal enerji kaynaklarının kullanılması ile dışa bağımlılığı azaltılmak, mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak ve enerji tasarrufu yapmaktır (Yetkin, 2014).

Geçmişte durum böyle iken günümüzde Dünya'da kullanılan enerji kaynaklarına bakıldığında büyük bir oranda fosil kaynaklardan yararlanıldığı görülmektedir. Türkiye'de de bu durum çok da farklı değildir. Bu yüksek kullanım oranına rağmen enerji kaynağı tüketim grafiklerinde; Dünya'da ve Türkiye'de fosil yakıtların kullanım oranının yıllar geçtikçe azaldığı yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının ise gittikçe arttığı görülmektedir.



Şekil 2.1. Tüm Dünya'da yıllara göre enerji kaynaklarının kullanım miktarı (IEA, 2022a)

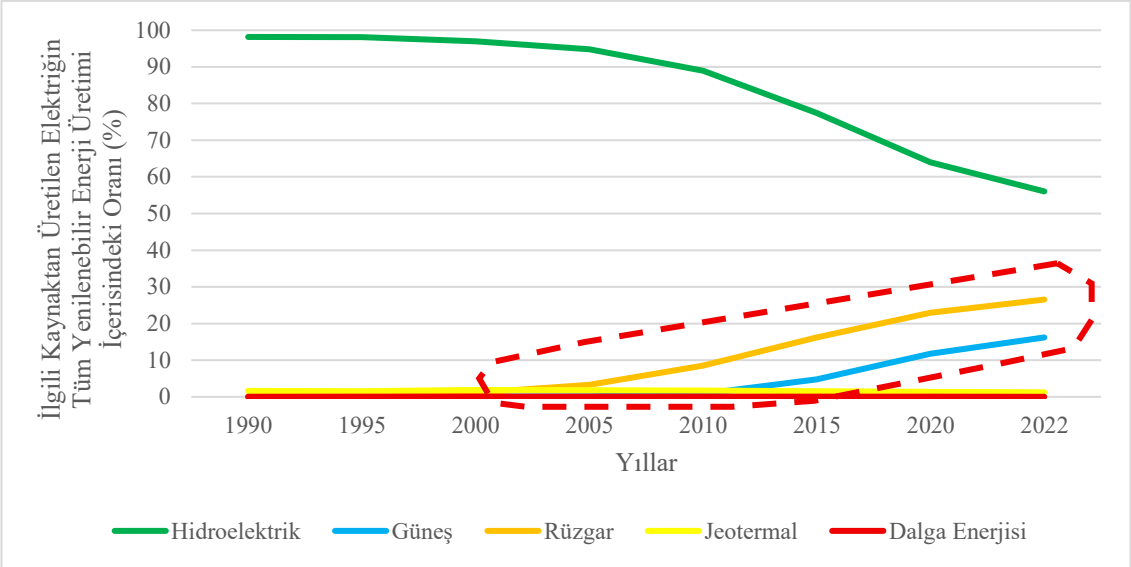
Yukarıdaki şekilde tüm Dünya'da yıllara göre farklı enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin TJ (Tirilyon Joule) cinsinden değeri gösterilmektedir. Dünya'da toplam enerji ihtiyacı yıllar geçtikçe artmaktadır. Tablonun tamamında en yüksek miktarda kullanılan enerji kaynakları; doğalgaz, kömür ve benzindir. 2000'li yıllardan sonra hidroelektrik hariç diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım miktarları bir artış içerisine girmiştir.



Şekil 2.2. Dünya'da enerji kullanımlarının farklı enerji kaynaklarına oranları (IEA, 2022a)

Yukarıdaki grafiğe bakıldığında geçmişten günümüze fosil enerji kaynakları kullanım oranında genel olarak bir azalma meydana gelirken; kırmızı noktalı çizgi ile işaretlenen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranında bir artış gerçekleştiği görülmektedir. Kullanımında artış görülen diğer bir yakıt ise doğalgazdır ancak aynı yıllar arasında yaklaşık bir buçuk kat artış göstermiştir. Bu yönüyle Dünya'da incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşma hızının diğer enerji kaynaklarına kıyasla yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

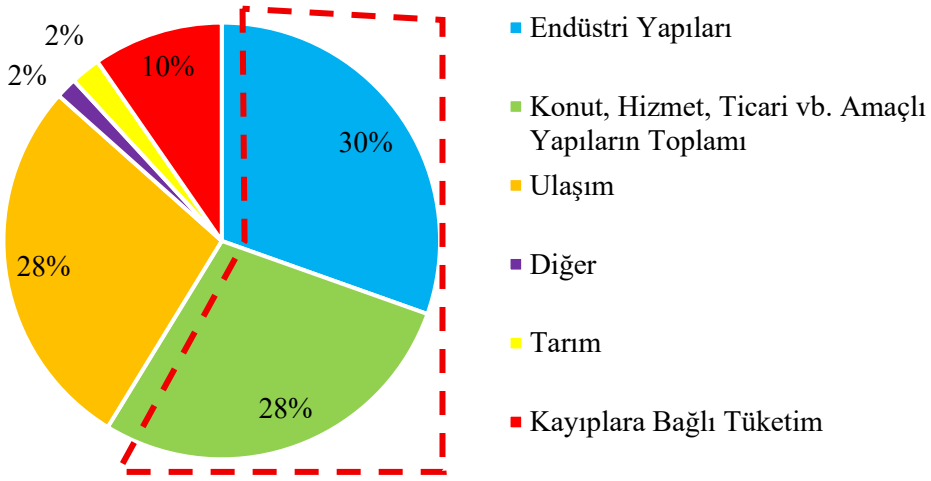
Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının sürekli bir artış içerisinde olmasının sebepleri arasında bu sistemlerin; maliyetinin ve satış fiyatlarının düşmesi, teknolojik gelişmeye bağlı olarak daha verimli ve dayanıklı ürünlerin satılmaya başlanmış olması ve insanların yenilenebilir enerji kazanım sistemlerine olan önyargılarının kırılmaya başlamış olması yer almaktadır (Marteka ve ark., 2018).



Şekil 2.3. Yıllar bazında Dünya'da Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin yüzde olarak dağılımı (IEA, 2022a)

Tüm yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgâr enerjisi sistemlerinden kazanılan enerjinin oranı 1990 yılında %0,17 değerindedir ve 2022'de %26,53'e çıkmıştır. Benzer şekilde güneş enerjisi sistemlerinin kazanım oranı da 1990 yılında %0,004 değerinden 2022'de %16,2'ye yükselmiştir. Bu değişim yukarıdaki grafikte kırmızı şekil içerisinde işaretlenmiştir. Hidroelektrik enerji kaynağından enerji elde etme oranının azaldığı görülürken diğer yenilenebilir enerji kaynağı olarak belirtilen sistemlerin enerji üretim oranlarında diğerleri kadar belirgin bir değişme olmadığı görülmektedir.

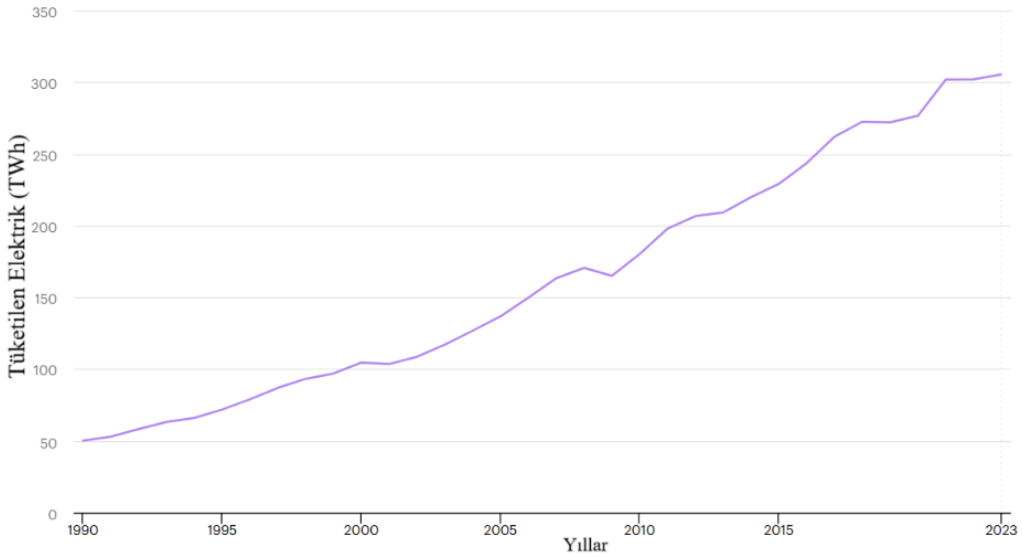
Yıllar bazında yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en fazla büyümeyi göstererek öne çıkan sistemler rüzgâr ve güneş enerjisi kazanım sistemleridir. Bunun en önemli sebepleri arasında ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması, uygulanması ve devamında kullanımı sırasında bakım maliyetlerinin diğer sistemlere kıyasla düşük olması yer almaktadır (Jamieson, 2024).



Şekil 2.4. 2022 yılı Dünya sektörel enerji tüketimi oranları (IEA, 2022b)

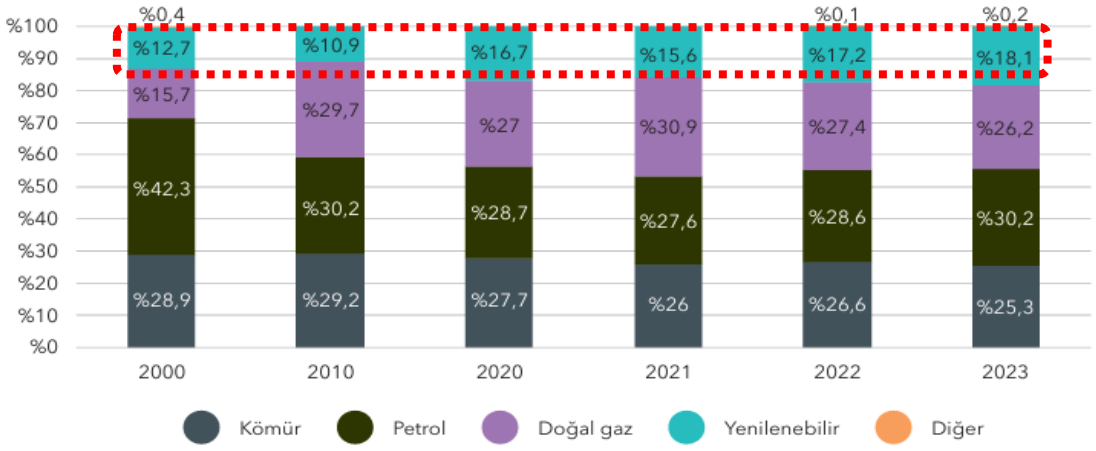
Yapılar, enerji tüketiminin yaklaşık %58'i ile büyük bir oranını oluştururlar. Bu sebepten enerji tüketiminde bu alanda önlem alınması yüksek miktarlarda enerjinin kontrol edilmesi anlamına gelmektedir. 2022 yılı Dünya sektörel enerji tüketim oranı tablosunda da bu durum görülebilmektedir. %58'lik büyük dilim içerisindeki enerjinin %30'u endüstri yapılarında; %28'i konut, ticari, hizmet yapıları gibi yapılarda kullanılmaktadır. Bu iki sektör Dünya'da üretilen enerjinin yarısından fazlasını tüketmektedir (IEA, 2025). Geriye kalan %42'lik dilim; tarım, kayıplara bağlı tüketim ve ulaşım değerlerinden oluşmaktadır.

Türkiye'de de Dünya'dakine benzer şekilde talep elektrik miktarı yıllar geçtikçe artış göstermektedir. 1990 yılından 2023 yılına kadar olan süreçte enerji ihtiyacı yaklaşık altı katına çıkmıştır.



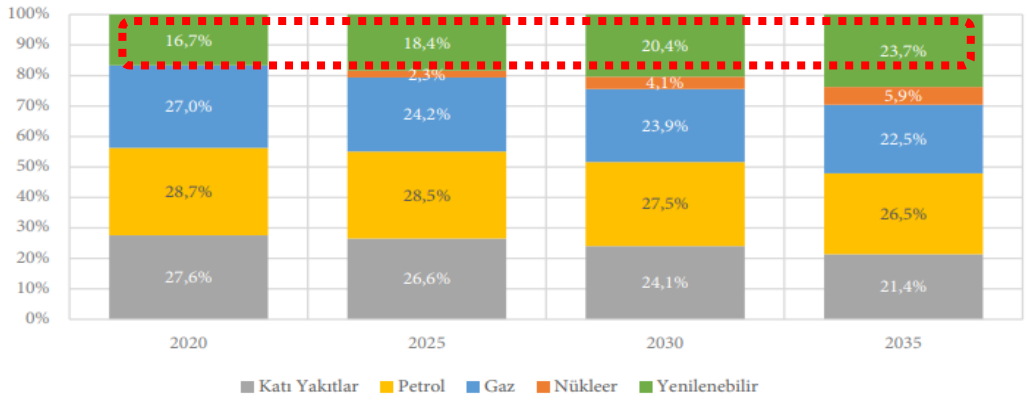
Şekil 2.5. Türkiye'de yıllar bazında toplam enerji tüketimi miktarı (IEA, 2025)

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranları yıllar geçtikçe artmaktadır. Aşağıdaki grafik, Türkiye'de yıllar bazında hangi enerji kaynaklarının tüketildiğini göstermektedir.



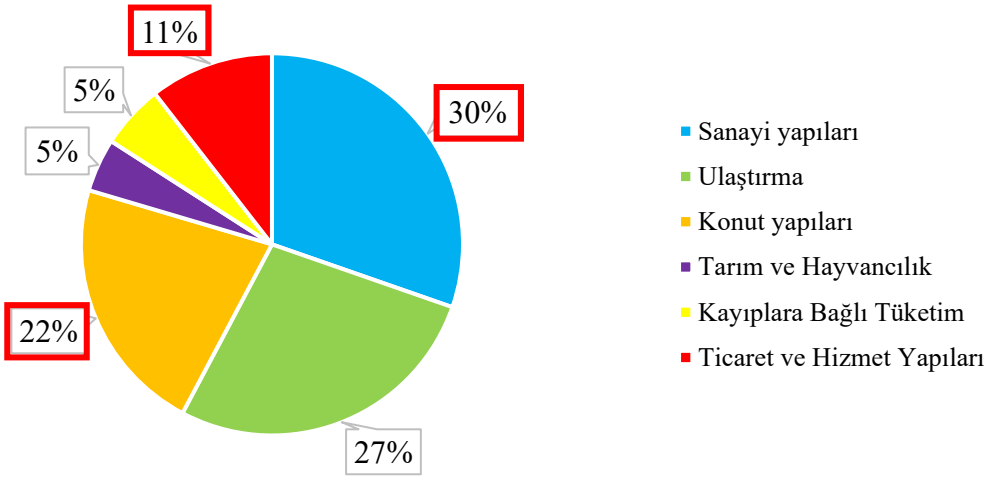
Şekil 2.6. Türkiye'de yıllar bazında enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (ETKB, 2024)

Yukarıdaki tabloda kırmızı dikdörtgen içerisine alınan alanda yenilenebilir enerji kaynağı oranları yer almaktadır. Türkiye'de yıllar ilerledikçe yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının arttığı görülmektedir. 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı olarak belirtilen %18,1'lik oranın; %3,5'ini hidroelektrik, %3,6'sını rüzgâr ve güneş, %11'ini ise jeotermal ve biyoenerji kaynakları oluşturmaktadır.



Şekil 2.7. Türkiye'de gelecekte enerji kullanımlarının farklı enerji kaynaklarına oranları hedefleri (ETKB, 2022)

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı internet sitesi üzerinden erişilen 2022 yılında hazırlanmış enerji kaynaklarının kullanım oranlarını gösteren tabloda; Türkiye'nin 2020 yılı kullanılan enerji kaynakları ve gelecek hedefleri gösterilmiştir. Grafikte beşer yıl arayla Türkiye'nin enerji kaynaklarının kullanım oranı yer almaktadır. Grafikten, önümüzdeki 20 yıl içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının her beş yılda yaklaşık yüzde üç oranında bir artış ile ilerlemesi hedeflendiği görülmektedir.



Şekil 2.8. Türkiye'de 2023 yılı sektörel bazda enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (ETKB, 2024)

Sektörel bazda bakıldığında 2023 yılı içerisinde Türkiye'de yapılar içerisinde tüketilen enerji %63'tür. Bu oran konut, sanayi ve ticaret yapılarının enerji tüketim oranlarının

toplamıdır. Bu sonuç Türkiye'de tüketilen enerjinin yarıdan fazlasının yapılarda tüketildiğini göstermektedir.

Dünya'da ve Türkiye'de üretilen enerjinin büyük bir kısmının binalarda tüketildiği göz önünde bulundurulduğunda, yapılarda enerjinin verimli kullanılması ve israf olmasını engellemek amacıyla Dünya çapında düzenlenmiş LEED, BREEAM gibi yeşil bina sertifika sistemleri önem kazanmaktadır. Bu sertifika sistemlerinin amacı enerji verimli ve sürdürülebilir binalar ortaya çıkmasını sağlamaktır. Bu sayede iklim ve çevreye olan olumsuz etkilerin azaltılması hedeflenmektedir (Anbarcı ve ark., 2012). Bu yönleriyle yapılardaki enerji sertifikaları binanın çevresel etkilerini ölçmeye yarayan bir referans aracıdır.

Dünya'da yapıların harcadığı enerjinin oranı ve Dünya'da enerji etkin yapı tasarımı üzerinde yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda yapı bazında enerji etkinliğini artıran pasif ve aktif enerji kazanım stratejileri de önem kazanmaktadır. Çalışmanın devam eden bölümünde yapılarda yenilenebilir enerji kazanım yöntemlerinden olan pasif ve aktif enerji kazanım sistemleri tanıtılmıştır.

2.3 Yapılarda Pasif Sistemlerle Enerji Kazanım Stratejileri

Yapılarda enerji kazanım yöntemlerinden biri olan pasif sistemler genel olarak binanın mimarisinden gelen kazanım stratejileridir. Enerji kazanımında pasif veya aktif sistemlerin kullanılması planlanıyor ise birincil öncelik olarak pasif sistemlere önem verilmelidir. Pasif sistemlerin yetersiz kaldığı noktalarda aktif sistemler kullanılmalıdır. Bu durumun sebebi aktif sistemlerin bakım ve onarım gibi eylemlere daha çok ihtiyaç duymasıdır.

Tasarım aşamasında pasif ve aktif sistemler düşünülerek tasarlanan bir yapının verimliliği daha yüksek olmaktadır. Çünkü yapının tasarımına sonradan eklenen sistemlerin verimliliği olması gerekenden düşük olabilmektedir. Bunun sebepleri arasında

sistemlerin; binanın yönü, konumu, diğer yapılar ile arasındaki mesafesi veya benzeri etmenlere dikkat edilmeden eklenmiş olma olasılığı gösterilebilir (Dikmen, 2011).

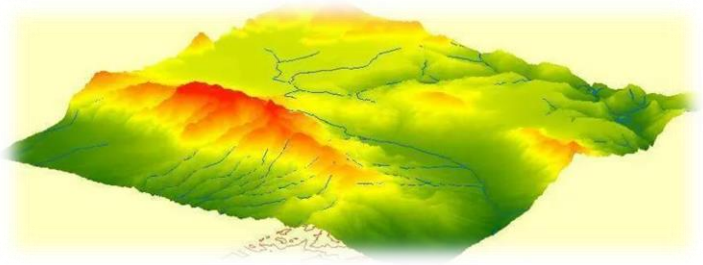
Yapı tasarımının pasif sistemlerin verimliliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Buna literatürde enerji etkin yapı tasarım parametreleri denmektedir. Yapının tasarım aşamasında verilen kararlardır. Enerji etkin yapı parametreleri yerleşim kriterleri ve yapısal değişkenler olarak ikiye ayrılır. Bu kavramlar alt başlıkları ile aşağıda açıklanmıştır.

a) Enerji etkin yapı parametrelerinden yerleşim kriterleri:

Yapının topografyaya yerleşimi ve yapının yapıldığı coğrafyanın iklimsel verileri enerji etkin yapı tasarımının doğal çevreyle olan ilişkisi sebebiyle etkilidir (Ok, 2008). Yapının araziden taşınamaz olmasından ötürü topografya ile ilişkisi de önem kazanır. Yeşil doku, topografyanın şekli, iklim verileri ve varsa yakın çevrede yer alan yoğun yapılaşma; yapıda kullanılacak enerji miktarını ve enerji verimliliği için yapılması gereken adımlar konusunda ipucu niteliği taşımaktadır.

- Topografya ve yeşil doku:

Arazinin yönelimi ve eğiminin güneş ve rüzgâr alımı noktasında etkisi olmaktadır (Yasan, 2011). Arazinin güneş ve rüzgâr alımını etkileyecek bir yapısı varsa bu durum tasarımda dikkat edilecek veya önlem alınacak bir nokta olabilir. Benzer şekilde yeşil dokunun bulunması veya bulunmaması da tasarımı etkileyecek bir girdi niteliği oluşturmaktadır. Yeşil dokunun korunması; iklim dengesi, gürültüyü engellemesi, gölge alanlar oluşturmasını sağlar (Ovalı, 2009).



Şekil 2.9. Yükseltiyi gösteren bir harita (Tosunoğlu, 2021)

- İklim:

Farklı iklimlerde araziye etki eden sıcaklık, güneşe maruz kalma süresi, yağış, rüzgâr gibi etkiler değişkenlik göstermektedir (Ovalı, 2009). Bu değerler yalıtım, kullanılacak yapı malzemesi, yapının biçimi, farklı yönlere bakan mekanların kullanım amacı gibi birçok tasarım parametresinin şekillenmesini sağlar.



Şekil 2.10. İklim değişikliği (Işık, 2022)

- Yakın çevredeki yapılaşma:

Yakın çevrede yüksek yapılar sebebiyle güneş alamama veya yansıtıcı yüzeylerden güneşin yağının içerisine fazla girmesi gibi sorunlar oluşabilir (Yasan, 2011). Yoğun bir şehir yerleşimi ile kırsal bir alandaki sıcaklık, rüzgâr, güneş alımı gibi değerlerin değişkenlik göstermesi ile örneklenebilir.



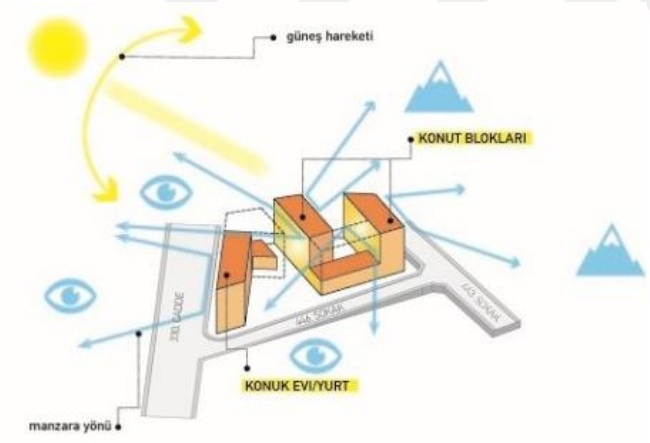
Şekil 2.11. Yoğun şehir yerleşimi (Whiteley, 2022)

b) Enerji etkin yapı parametrelerinden yapısal değişkenler:

Topografya, hâkim rüzgâr yönü gibi çevresel değişkenlerden farklı olarak yapısal değişkenler, binanın sahip olduğu tasarım özellikleridir. Yönlenme, arazi içindeki konum, yapının biçimi, bina kabuğunun biçimi gibi özellikler yapının enerji kazanımında pasif veya aktif sistemlerin verimliliğini etkilemektedir.

- Yönlenme ve konum

Yapının yerleşeceği alanın belirlenmesi, çevresinin analiz edilmesi, yönünün belirlenmesi gibi işlemler yapılır. Amaçlardan bir diğeri de güneşten yararlanırken iç mekâna fazla güneş girmesine bağlı olarak oluşabilecek parlama, fazla sıcaklama gibi olumsuz etkilerden korunmaktır (Alparslan ve ark., 2009). Yönlenme mümkün olduğunca güneye dönük yapılmalıdır. Günümüzde bilgisayar analiz programları ile de yönlenme açısı hesaplanabilmektedir.

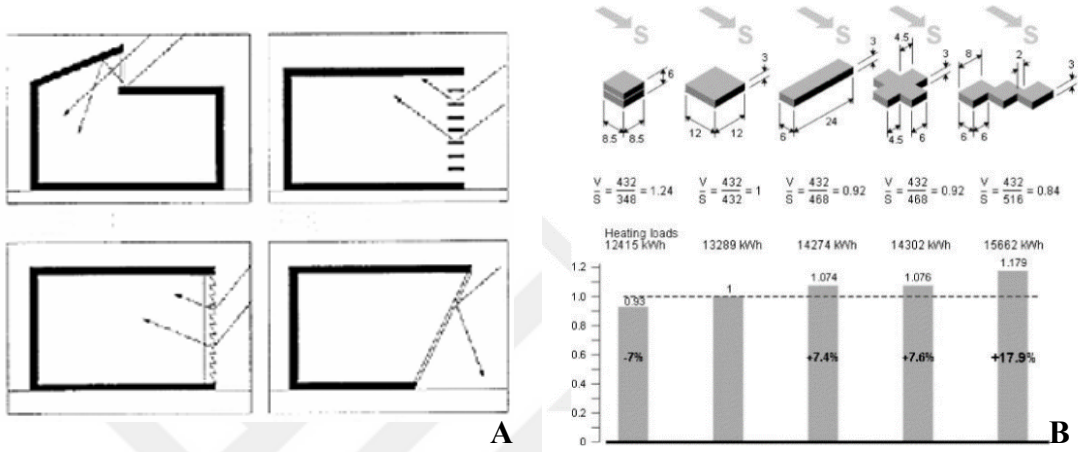


Şekil 2.12. Yapının arazi içerisinde güneşe göre konumu (Anonim, 2024a)

- Form;

Güneş ışığı ve enerjisinden yararlanmak ilk öncelik olmakla birlikte, havalandırma, akustik gibi etmenler de formun oluşturulmasında dikkate alınmalıdır. Pasif sistemlerde form iklim koşullarını kontrol etmek, iç mekânda konfor koşullarının sağlanmasını amaçlayarak tasarlanmalıdır (Thomas, 2006). Form enerji kaybının artmasına sebep olabilmektedir. Bir yapının alanın hacme oranı ne kadar yüksek ise yüzey alanı

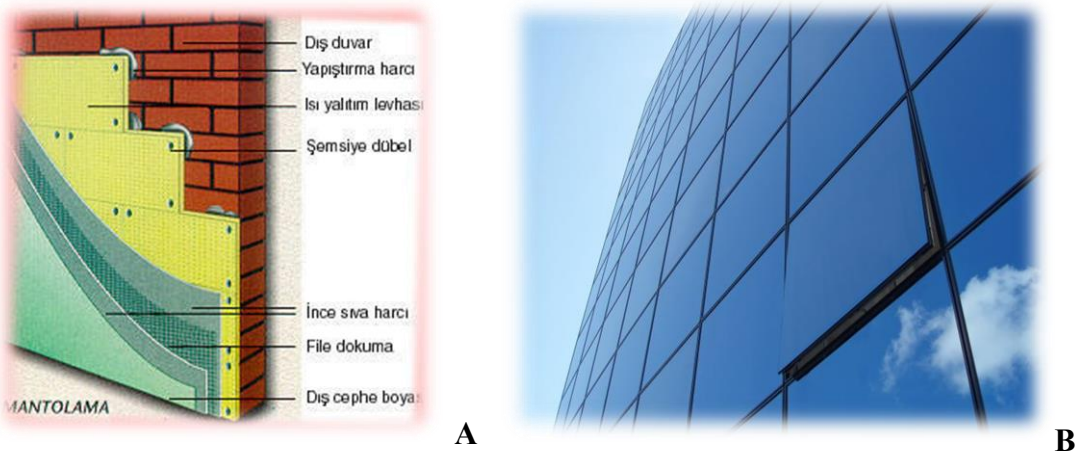
azalacağından bununla orantılı olarak yüzeyden enerji kayıpları daha aza iner. Bununla birlikte güneş alımı da dikkate alınmalıdır. Yalnızca binanın kompakt olması güneş alımının azalmasına sebep olabileceğinden yapıda pasif enerjili sistemlerin tasarımında tek başına yeterli olmamaktadır (Gratia ve Herde, 2003).



Şekil 2.13. Binanın formunun güneş alımına etkisi **A)** Yapının cephe tasarımının güneş alımına etkisi (Çelebi ve ark., 2008) **B)** Yapıdaki form değişikliğinin enerji kaybına etkisi (Gratia ve Herde, 2003)

- Bina kabuğu

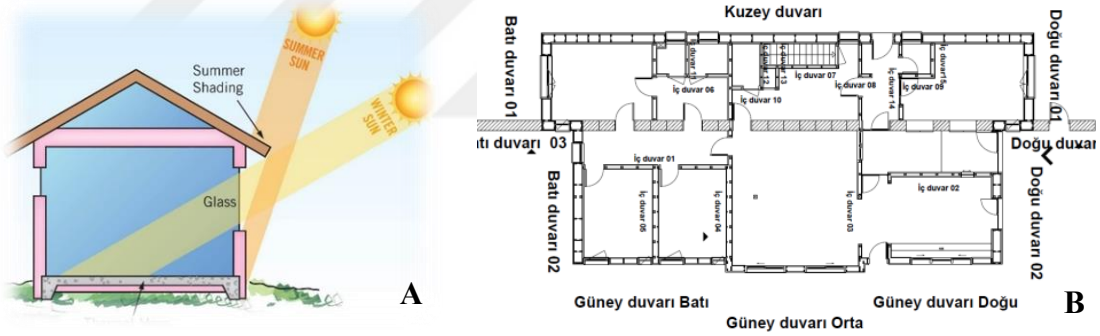
Yapının doğrudan iklim koşullarına maruz kalan yüzeyleridir. Enerjinin korunumunda önemli bir yere sahiptir. Bina kabuğu saydam ve opak olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Duvarlar opak, pencere gibi şeffaf elemanlar ise saydam kısımlardır. Bina kabuğu bu elemanların birleşiminden oluştuğundan ısısal performans ikisinin değerlerine bağlı olarak hesaplanır. Opak ve saydam yüzeylerin; ısı geçirgenlik katsayısı ($U=W/m^2$), alanlarının oranı, güneş ışınını yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları ısısal performansı etkilemektedir (Tiryaki, 2022).



Şekil 2.14. Bina kabuğu fotoğrafları A) Yapının cephe şeması (Anonim, 2024b) B) Giydirme cephe fotoğrafı (Anonim, 2025a)

- Yapı organizasyonu

Daha fazla ısınmaya ihtiyaç duyan mekanlar güney yönünde, banyo garaj gibi daha az ısıtmaya ihtiyaç duyan mekanlar kuzey yönünde yerleştirilmelidir (Yasan, 2011).



Şekil 2.15. Güneş alımı ve yapı organizasyonu şemaları **A)** Pencereden güneş alım açısı (Anonim, 2024c) **B)** Güneş alımına göre konumlandırılmış mekanlar (Anonim, 2025b)

Enerji etkin yapı tasarım parametreleri pasif ve aktif enerji kazanım stratejilerinin doğrudan alt başlığı değildir. Ancak pasif ve aktif enerji kazanım sistemlerinin tasarımında etkileyici rol oynar ve yapının enerji kazanımında etkilidir.

Yapıda pasif sistemlerle enerji kazanımı sağlanabilecek enerji türleri güneş ve rüzgâr enerjisidir. Bu enerji yapıda ısıtma ve soğutma ve aydınlatmada kullanılabilir.

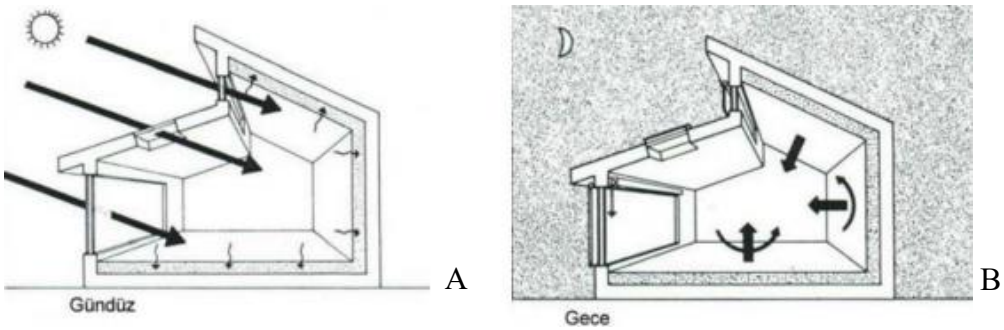
2.3.1 Güneş enerjisi

Pasif güneş enerjisi kazanım sistemleri; yapıda güneş enerjisinin toplanmasını, depolanmasını, kontrol edilmesini ve dağıtılmasını sağlayan sistemlerdir (Demircan ve Gültekin, 2017). Pasif güneş kazanım sistemleri gün ışığını gereken saatlerde içeriye alarak enerji kazancı sağlamayı amaçlar.

Güneş enerjisi pasif sistemler başlığı altında direkt ve dolaylı sistemler üzerinden elde edilebilir. Direkt kazanç sistemleri, güneş enerjisinin yapı içine alındığı sistemlerdir. Dolaylı kazanç sistemleri ise güneş enerjisini depolayan ayrıca bir birimin tasarıma dahil edildiği sistemlerdir. Direkt sistemlerde enerji hemen mekân içerisine aktarılır ancak dolaylı sistemlerde enerji tasarlanmış bir birim içerisinden yaşam alanına ulaşılarak kullanılmaktadır.

a) Direkt kazanç stratejileri

Güneşin geldiği yönde şeffaf yüzeylerle direkt yapının içine alan, enerjinin yapının iç yüzeylerinde emilerek depolanması ile ısı enerjisi elde edilmesini sağlayan sistemdir (H. Yürekli ve F. Yürekli, 1983). Gündüz depolanan bu enerji akşam saatlerinde kullanılır. Bu yöntemi hemen hemen bütün yapılar kullanmaktadır. En basit ve eski güneş kazanım stratejisidir (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988). Aşağıdaki şemada güneş enerjisinin gündüz alınıp akşam salındığı gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Direkt güneş enerjisi kazanç sistemi **A)** Gündüz güneş ışığının iç mekân yüzeylerinde emilimi **B)** Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988)

Türkiye kuzey yarım kürede yer alır. Bunun sonucu olarak güneş; güney, doğu ve batı yönlerinden yapılara ulaşmaktadır. Yapılarda da mekân organizasyonu buna göre yapılmalıdır. Enerji kayıplarını azaltmak amacıyla kap ve pencere gibi hava sızdırabilecek boşluklar mümkün olduğunca kuzey cephesine verilmemelidir. Bu açıklıklar mümkünse güney, değilse doğu ve batıya yerleştirilmelidir (Özdemir, 2005).



Şekil 2.17. Yapıda güneş kırıcı uygulaması (Wilson, 2014)

Güneşi yapı içerisine almak enerji kazancını artırsa da kontrolsüz alınan güneş rahatsız edici sıcaklık artışına sebep olabilir. Bu gibi bir durumda güneş kontrolünü sağlamak için pencerelere güneş kırıcılar yerleştirilebilir. Güneş kırıcıların amacı iç mekâna giren güneş ışınlarını filtrelemek veya kontrol etmektir (Güney ve Tulum, 2022). Güneş güney cephesine daha dik geldiğinden yatay, doğu ve batı cephesine ise dikey güneş kırıcıları kullanılabilir (Ofluoğlu, 2018).



A



B

Şekil 2.18. Güneş tüneli **A)** Güneş tüneli şeması (Anonim, 2025c) **B)** Güneş tüneli uygulanmış bir yapı (Anonim, 2025ç)

Güneşin pencere ile mekanla alınamaması durumunda güneş tüneli gibi sistemler kullanılabilir. Bu sistemlerde yansıtma özelliği olan aynadan faydalanılır. Çatı penceresinin yansıtıcı bir boru ile birleştirildiği sistemdir. Pencere açılamayan veya pencere açılsa da mekânın derinliği sebebiyle doğal ışık alımı az olan mekanlara bu ihtiyacın ulaştırılması amacıyla kullanılırlar. Farklı şekillerde, farklı derinliklerde olabilirler. Güneşten ışık ve ısı kazanımı için kullanılırlar.

Direkt kazanım sistemlerinin maliyeti düşüktür. Bu sistemleri oluştururken yapılması gereken mimari tasarımın güneşi yapı içerisine alacak şekilde yapılmasıdır. Bu tasarım yapıldıktan sonra diğer sistemlere kıyasla fazla harcama yapılmadan yapı yüzeylerinin güneş enerjisini emmesi sağlanır ve yine hiçbir ek sistem kurulumuna ihtiyaç duymadan bu enerji akşam saatlerinde kendiliğinden kullanım alanını ısıtır.

b) Dolaylı kazanç stratejileri

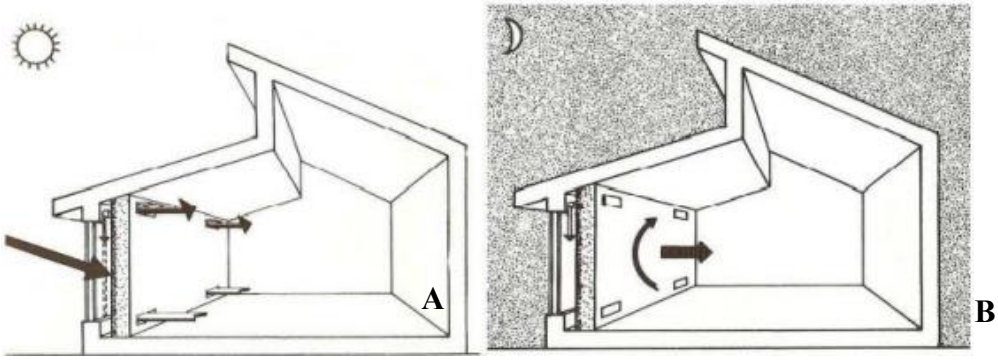
Dolaylı güneş enerjisi kazanç stratejilerinde amaç güneşi direkt olarak mekân içerisine almak değil, güneş enerjisini depolayan ayrıca bir kütle oluşturmak ve depolanan enerjinin yaşam alanına ulaşmasını sağlamaktır. Bu sistemler trombe duvarlar, bidon duvarlar çatı havuzu sistemleri dolaylı kazanç sistemleridir.

- Trombe duvar;

Trombe duvarı yapılırken yapının en çok güneş alan cephesine en dışa cam, devamında 2-5 cm hava boşluğu, bu katmandan da sonra ısıl kütle sıralaması ile oluşturulur. Isıl kütlede; koyu renkli beton, tuğla, toprak gibi ısı emilimi yüksek bir malzeme seçilmelidir (Torcellini ve Pless, 2004).

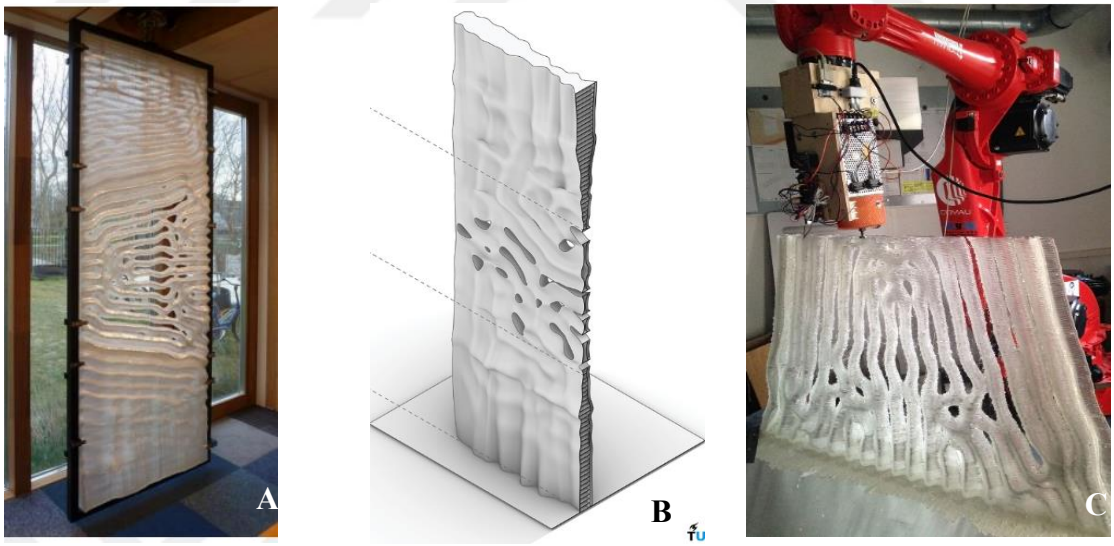
Sistem cepheye vuran güneş ısısını camdan geçirerek koyu renkli yüzeye çarptırır ve emer. Isınan hava yükselir prensibine göre tavandan açılan menfezler ile sıcak hava içeri alınır. Yapı içerisindeki soğuk hava aşağı çökeceğinden yukarı hareket eden havanın emiş kuvveti ile soğuk hava trombe duvarın içine çekilir ve soğuk sıcak hava akışı sağlanmış olur. Akşam ise bu menfezler kapatılmalıdır. Akşam ısıl kütlenin emdiği enerji kullanım

alanına yayılır. Bu sistemin en verimli çalışabileceği iklimler; güneşli ancak soğuk kışların görüldüğü iklimlerdir (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988).



Şekil 2.19. Trombe duvar sistemi **A)** Gündüz güneş ışığının trombe duvarda emilimi **B)** Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988)

20 santim kalınlığındaki bir trombe duvarının depoladığı enerjiyi bina içerisine vermesi 8-10 saati bulabilmektedir. Bu da günün en güneşli anındaki güneş enerjisinden 8-10 saat sonra faydalanabileceği anlamına gelmektedir (Torcellini ve Pless, 2004).

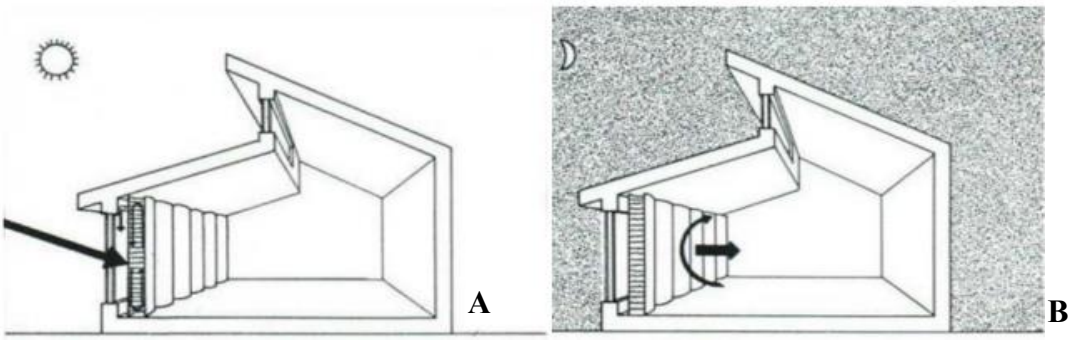


Şekil 2.20. Trombe duvar prototipleri **A)** Uygulanmış alternatif trombe duvar tasarımı **B)** Alernatif trombe duvarın kesiti **C)** Alternatif trombe duvarının üç boyutlu yazıcı ile üretilmesi (Tenpierik ve Turrin, 2018)

Günümüzde gelişen teknoloji ile farklı yöntemler ile trombe duvarları tasarlamak mümkündür. İçeriye ışık almayı engelleyen tasarıma alternatif olarak bazı sistemler geliştirilmiştir. Trombe duvarlar faz değiştiren madde (gün ışığına bağlı olarak katı, sıvı, gaz halleri arasında geçiş yapan madde) ile tasarlanarak daha fazla enerjiyi daha küçük hacimde depolayabilmektedir. Bu sayede hem verimleri artmakta hem de içeriye ışık alamama problemi ortadan kalkmaktadır (Köse, 2013). İçlerindeki faz değiştiren malzemenin (aerojel) pahalı olması, henüz seri üretim aşamasında olmaması gibi sebepler üretim maliyetlerini artırır ve birincil olarak tercih edilmemektedirler.

- Bidon duvarlar

Trombe duvarın çalışma prensibine benzeyen bir sistem kullanmaktadır. Cam, hava boşluğu ve ısıl kütle şeklinde sıralanmış elemanlardan oluşur. Trombe duvardan farkı ısıl kütlede katı bir enerji emici malzeme kullanmak yerine sıvı dolu bidonlar kullanmaktır. Bidonların güneşi gören yüzü koyu renkli boyanarak ısı emilimi artırılır. Bidonların içerisindeki sıvının hareket ederek ısı emilimini artırması amaçlanır (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988).



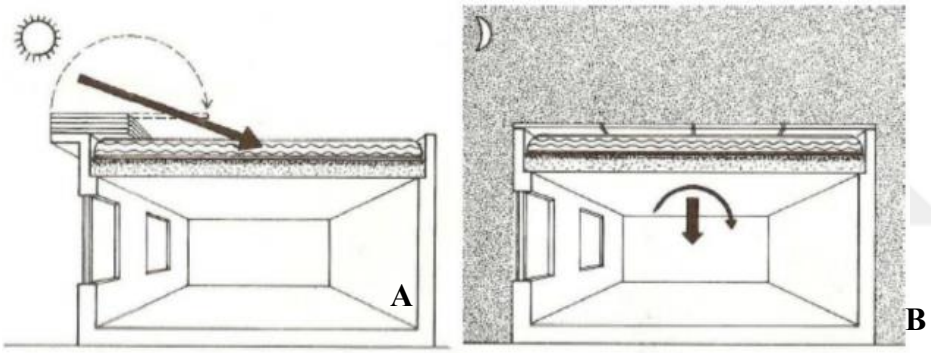
Şekil 2.21. Bidon duvar sistemi **A)** Gündüz güneş ışığının bidon duvarda emilimi **B)** Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988)

Bidon duvarlarda trombe duvarlara benzer şekilde gündüz enerjiyi depolayıp akşam iç mekâna aktarma olayı yaşanmaktadır. Ancak bidon duvarda trombe duvardan farklı olarak hava geçişini sağlayan menfezler kullanılmaz. Bunun yerine bidonların yüzeyinden yayılan ısı mekânı ısıtır. Bidon duvarlardan elde edilen enerjinin yazın rahatsız edici sıcaklara sebep olmaması için güneş kontrol elemanları kullanılmalıdır. Dış

duvarda cam malzeme kullanımı ısı kayıplarını artırabilir. Bunun azaltılması için dış mekânda kullanılan camın ısıl cam olması, ısı yalıtımına önem verilmesi gerekir.

- Çatı havuzları

Yoğun güneş ışınlarına maruz kaldığı için çatıya kurulan, çatıdaki ısıl kütlenin enerjiyi toplaması sonrasında iç mekâna aktaran bir sistemdir (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988). Isıl kütle olarak su kullanılmakta ve iç mekânı ısıtma ve soğutma için kullanılabilmektedir. Çatı havuzunun üstünde açılıp kapatılabilen bir üst örtü bulunur. Bu üst örtü sayesinde ısıl kütlenin gereksiz bir şekilde ısınması engellenir. Yaz aylarında akşam soğuyan çatı havuzu, sabah saatlerinde tavandan soğutma etkisi sağlar. Sabah gereksiz ısınmayı önlemek amacıyla üst örtü kapatılır. Kışın ise sabah vakti üst örtü açılır ve ısıl kütlenin ısınması sağlanır. Bu ısı akşam vakti iç mekânın ısınmasını sağlar. (Tiryaki, 2022).



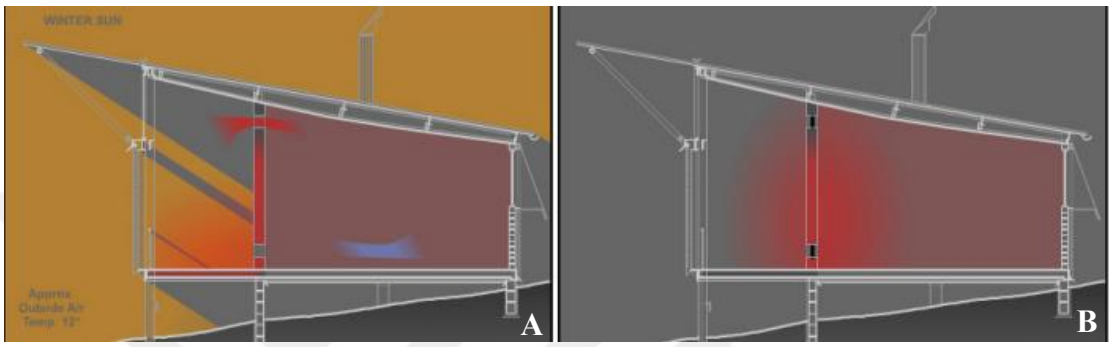
Şekil 2.22. Çatı havuzu sistemi **A)** Gündüz güneş ışığının çatı havuzunda emilimi **B)** Gece emilen ısının mekân içerisine aktarılması (M. Wachberger ve H. Wachberger, 1988)

Çatı havuzları çatıya ağırlık bindirdiğinden taşıyıcı sistemde buna dikkat edilmelidir. Aynı zamanda istendiğinde suyun boşaltılabileceği bir sistem, suyun yapı içerisine sızmasını engellemek için yalıtım sistemleri gibi ek önlemler de bu sistem ile birlikte alınmalıdır.

- Seralar

Soğutma veya ısıtma ile enerji kazancı elde etmek için kurulan binanın içerisinde trombe duvar sistemindekine benzer şekilde zeminde ve tavanda menfezleri bulunan sıcak soğuk hava devir daimî mantığı ile çalışan sistemlerdir. Trombe duvardan farkı ise trombe

duvarda sistem dış yüzeye yapışık iken sera sisteminde iç mekandadır. Isı önce dış yüzeydeki camdan içeri girer ve iç yüzeydeki ısıl kütleye çarparak emilir. Trombe duvardaki mantıkla benzer şekilde sıcak hava yükselir ve aşağıdaki soğuk havayı menfezlerden içeri emer. Bu sayede sıcak soğuk hava devir daimî sağlanmış olunur. Gündüz saatlerinde termal kütle ısınarak enerji depolar akşam saatlerinde ise enerji mekânı ısıtmak için kullanılır (Özdemir, 2005).

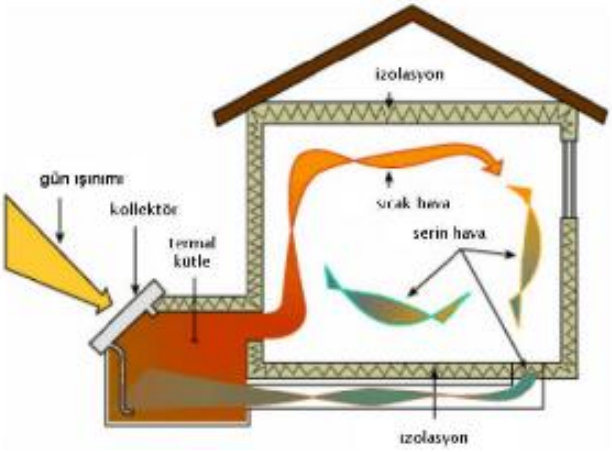


Şekil 2.23 Sera sistemi şeması **A)** Gündüz güneş ışığının serada emilimi **B)** Gece önceden emilen ısının mekân içerisine aktarılması (Özdemir, 2005)

Yazın fazla güneş, perdelerle veya güneş kırıcılarla kontrol edilebilir. İklimi sıcak bölgelerde seralar kuzey yönüne ve ısıyı kolay ileten cam gibi bir malzemeden yapılarak soğuk hava kaynakları yapılabilir. Bunun için yapının en soğuk bölümü olan kuzey yönündeki odalarından giren soğuk hava seranın altındaki menfezden güney cephesindeki odalara verilir. Bunu yapabilmek için tavandaki sıcak hava menfezinin kapatılmış olması gerekir.

- Termosifon kolektörleri

  Cepheden ayrı olarak zeminde soğuk havanın içine girdiği ve sıcak havanın çıktığı menfezleri olan sistemdir. Trombe duvardakine benzer bir sistemle ısınan havanın yükselmesi ile soğuk havanın mekân içerisinden çekilmesi prensibine göre çalışır. Kolektör içerisindeki hava ısınarak yukarı çıkar. Soğuk hava zeminden alınarak kolektörün içerisine girer ve böylece devir daim sağlanmış olunur. Termosifon sistemin yapının en çok güneş alan yönünde konumlandırılması gerekir. Soğuk havanın çekileceği menfezler yapının kuzeyinde yer almalıdır (Özdemir, 2005).



Şekil 2.24. Termosifon sistemi ile Güneş ışığının emilimi ve sonrasında mekân içerisinde devir daimî (Özdemir, 2005)

2.3.2 Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr, eşit ısıda olmayan havanın gerçekleştirdiği hareketlerdir. Bu hareketlerin taşıdığı enerji pasif veya aktif sistemler ile yapılarda kullanılabilir. Rüzgâr enerjisinin pasif sistemlerle kullanımı yapılarda doğal havalandırma yapılması ve havalandırma ile ısıtma soğutma işlevinin gerçekleştirilmesidir.

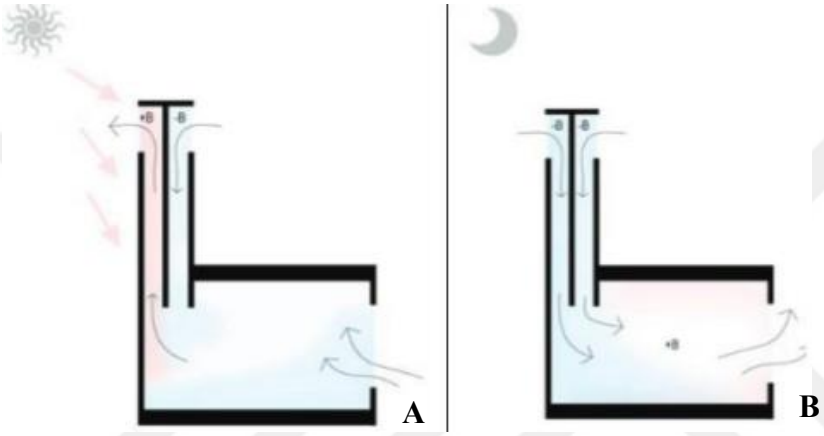
Pasif rüzgâr enerjisi sistemlerinin çalışma prensibi; ısı farkı ya da basınç farkı ile olmaktadır. Isı farkı sistemlerinde ısınan havanın yükselmesi ve alçaktaki havayı yukarı çekmesi prensibine göre çalışırken, basınç sistemlerinde rüzgârın bir yüzeye ya da boru benzeri bir yapı içerisinden geçirilerek yapı içerisine taze havanın alınması prensibine göre çalışır. Pasif sistemler ile rüzgâr enerjisinden yararlanma stratejilerinde yapının doğal olarak havalandırması, ısıtma ve soğutmanın da bu havalandırma sistemlerinden elde edilen enerji ile sağlanması amaçlanır. Doğal havalandırma sistemlerinde hâkim rüzgâr yönüne dikkat edilerek tasarlanan çeşitli sistemler ile bina içerisine temiz hava girişi sağlanabilir (Aşıkoğlu, 2014).

Pasif sistemler ile rüzgâr enerjisinin; temiz havanın içeri alınması, iç mekânda kullanıcı konforunun artırılması, iklimlendirme veya mekanik havalandırma sistemlerinin yerine doğal havalandırmanın kullanılması gibi avantajları vardır (Sev, 2009). Doğal hava akışını sağlamak için bina tasarımında farklı pasif rüzgâr enerjisi kazanım stratejileri

uygulanabilir. Kullanılan pasif rüzgâr enerjisi kazanım sistemlerinden bazıları; rüzgâr bacaları, rüzgâr kepçesi, atrium ve galeri boşlukları, çapraz havalandırma teknikleridir.

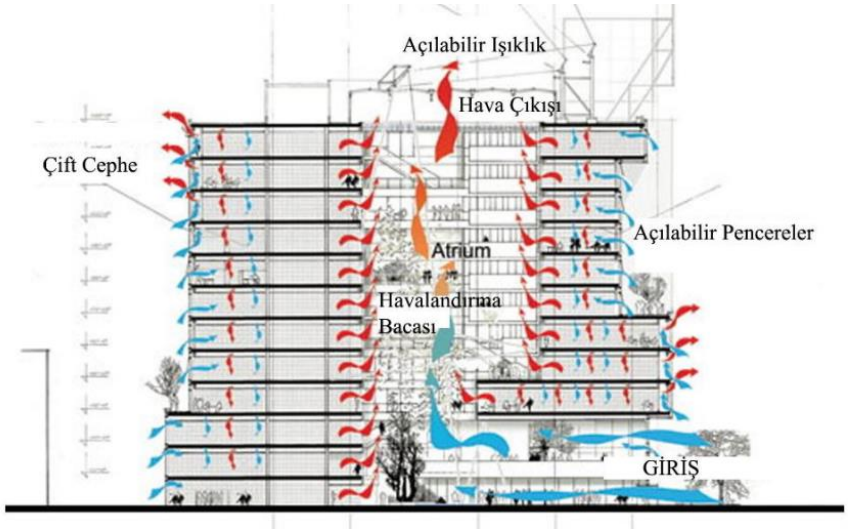
- Rüzgâr bacaları

İç ve dış mekân arasındaki, ısı farkından veya düşük-yüksek basınç farkından dolayı oluşan hava dolaşımını kullanarak çalışan sistemlerdir (Ali ve Özer, 2011). Bina dışındaki soğuk hava ile binayı serinletmek amacıyla kurulurlar.



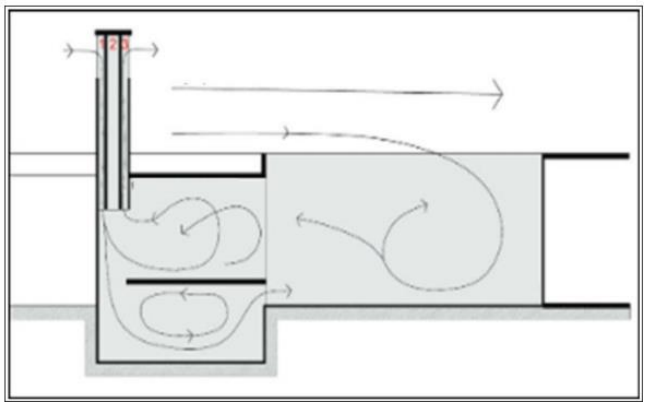
Şekil 2.25. Isı farkıyla çalışan rüzgâr bacası **A)** Gündüz dışarıdaki sıcak havanın bacayı ısıtarak yukarı yönlü hava akışı sağlaması **B)** Gece soğuk havanın bacadan aşağı yönlü hareketi (Ali ve Özer, 2011)

Isı farkıyla çalışan sistem ısınan havanın yükselmesi ve soğuk havanın alçalması prensibine göre çalışır. Bu sistemler bazı kaynaklarda güneş bacası olarak da adlandırılmaktadır. Çalışma mantığından ötürü en çok güneş enerjisi alacak olan cepheye kurulması önemlidir. Kuzey yarımkürede olduğu varsayılan bir yapı özelinde, gündüz yapının güney cephesine gelen ısının yukarı yönlü hareketi ile sıcak hava dışarı atılırken kuzey cephesinden açılan pencerelerden gelen soğuk hava ile iç mekânda serinleme sağlanır. Galeri ve atriumlar da tavanda cam kullanıldığında güneş bacası etkisi yapmaktadır. Güneşin vurmasıyla ısınan hava cam tavana doğru ilerler ve eğer tavanda açılabilir bir boşluk tasarlanmış ise buradan dışarı atılır (Aşıkoğlu, 2014).



Şekil 2.26. Atrium kesitinde havanın hareketleri (Anonim, 2025f'den değiştirilerek alınmıştır)

Bir diğer rüzgâr bacası çalışma prensibi ise basınç farkı ile çalışan sistemdir. Bu sistem yüksek basınçtan alçak basınca hareket eden havanın hareketi ile havalandırma sağlamayı amaçlar. Dış mekânın sıcaklığından bağımsız olarak rüzgârın esip bacanın içerisine üflemesi mantığı ile çalışmaktadır.

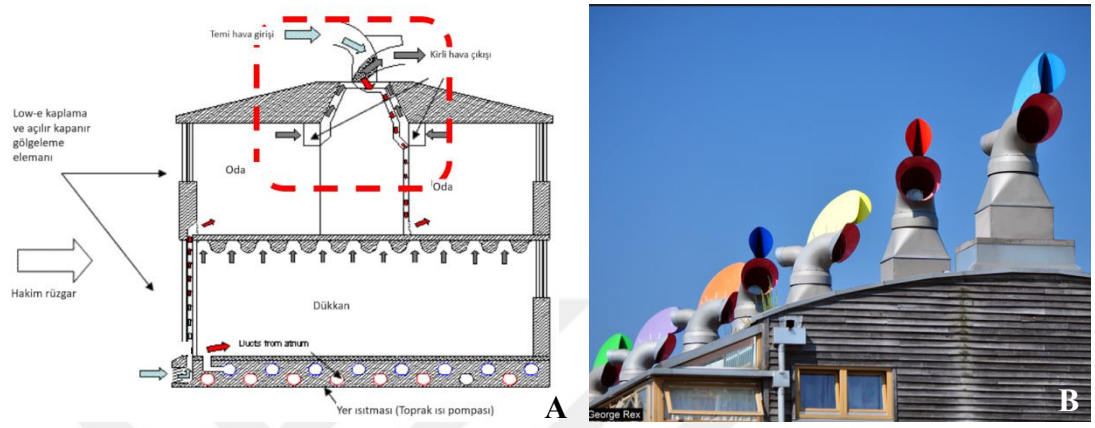


Şekil 2.27. Basınç farkı ile çalışan rüzgâr bacası (Ali ve Özer, 2011)

Basınç farkına göre çalışan pasif rüzgâr kazanım sistemleri, rüzgârın etkisiyle havanın binanın içerisine sirküle ettirilmesi mantığıyla çalışmaktadır.

- Rüzgâr kepçesi

Rüzgâr bacalarına benzer bir mantıkla çalışırlar. Rüzgâr kepçeleri (wind cowls) bacanın rüzgârı her yönden alması için özel tasarlanarak bacanın çatı kısmına yerleştirilen yapı elemanlardır.

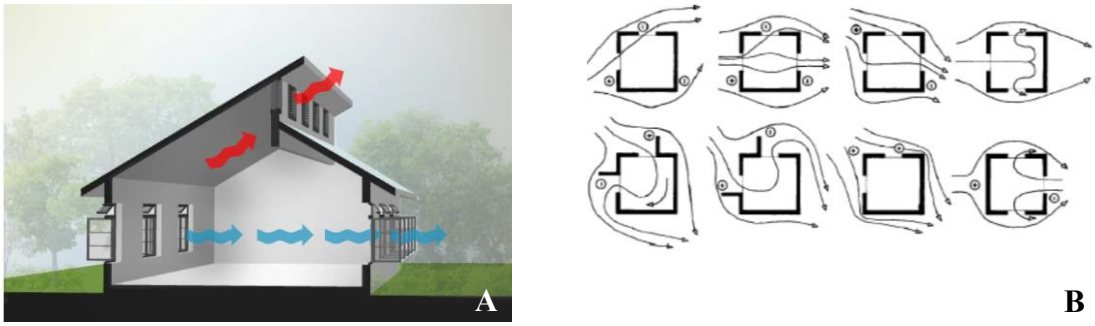


Şekil 2.28. BedZED konutlarında bulunan rüzgar kepçesi sistemi **A)** Rüzgâr kepçesi çalışma şeması (Anonim, 2025g'den değiştirilerek alınmıştır) **B)** Rüzgâr kepçesi (Rex, 2012)

Rüzgâr kepçeleri ne yönden veya ne şiddette olduğu fark etmeksizin temiz havayı bina içerisine almak amacıyla tasarlanmıştır. Rüzgârı alması için tasarlanan bu yapı elemanı kendi etrafında 360 derece dönebilen bir sistemin üzerine oturtulmuştur. Bunun dışında hazır olarak satın alınabilecek ve her bacaya uygulanabilecek farklı tasarımlar da mevcuttur (Engin, 2012).

- Çapraz havalandırma

Rüzgârı binanın havalandırmasında kullanmaktır (Yüksek ve Esin, 2011). Hâkim rüzgâr yönüne yerleştirilen rüzgârın girmesi ve çıkması için açılan açıklıklar binanın içerisindeki havayı devir daim etmesini sağlar.



Şekil 2.29. Çapraz havalandırma **A)** Çapraz havalandırma şeması (Anonim, 2025h) **B)** Çapraz havalandırma için farklı tasarımlar (Roaf ve ark., 2003)

Çapraz havalandırma sistemi havanın bir açıklıktan girip diğerinden çıkması için yapılan tasarımlardır. Bunun için hâkim rüzgâr direkt yapı içerisine alınabilir veya havayı binanın kütlesi ile yönlendirilerek dolaylı yoldan daha hafif bir rüzgârın yapının içerisinde sirküle etmesi sağlanabilir.

2.4 Yapılarda Aktif Sistemlerle Enerji Kazanım Stratejileri

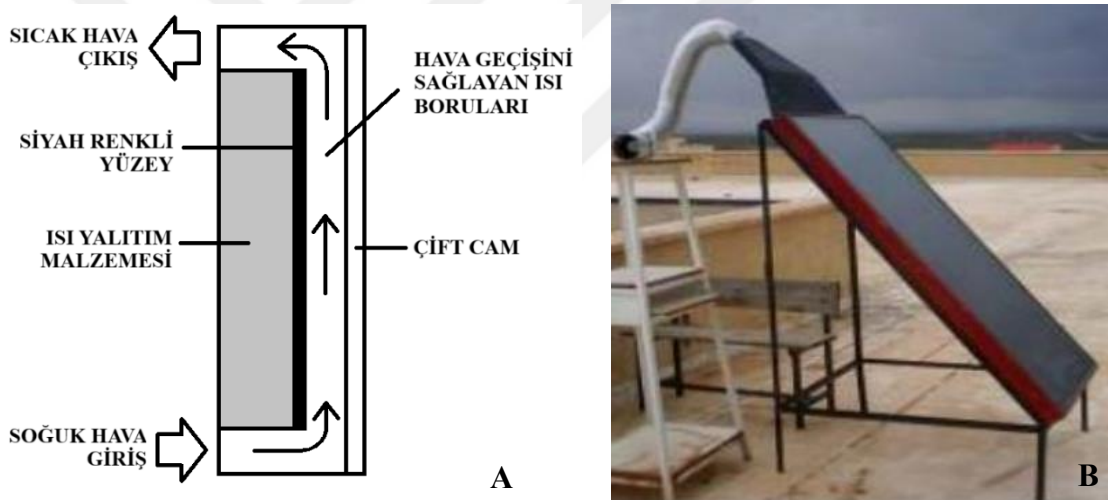
Aktif sistemler, pasif sistemlerden sonra gerektiğinde başvurulabilecek enerji kazanım stratejilerindendir. Teknolojik altyapı gerektirmesi ve veya çalışmak için enerjiye ihtiyaç duymasıyla pasif sistemlerden ayrılır (Babacan, 2022). Aktif sistemler ile ısı ve elektrik enerjisi üretmek mümkündür. Isı üretmek için güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren kolektörler, topraktan ısı alan sistemler kullanılabilirken elektrik enerjisi üretmek için yapı örneklerinde güneş ve rüzgâr ön planda olmakla birlikte, jeotermal, hidrojen ve biyoenerji kaynakları ile enerji üretilebilmektedir.

2.4.1 Güneş enerjisi

Yapılara çeşitli teknolojik malzemelerin entegre edilmesiyle güneş enerjisini ısı veya elektrik enerjisine çeviren, depolayan ve bina içerisinde dağıtan sistemlerdir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren PV paneller dolaylı güneş enerjisi kazanım sistemleri, güneş enerjisini ısıya dönüştüren güneş kolektörleri doğrudan güneş enerjisi kazanım sistemleri olarak adlandırılır (Varınca ve Varank, 2005).

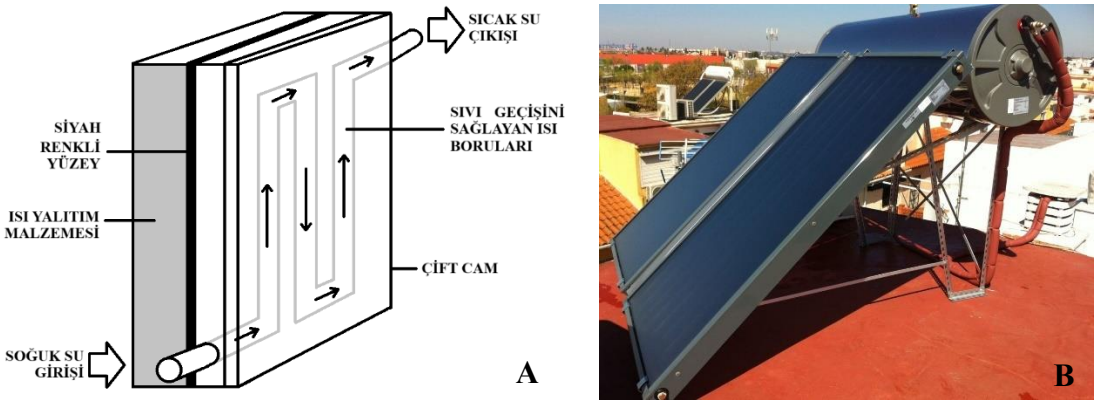
- Isı üreten sistemler (Güneş kolektörleri)

Güneş enerjisini ısıya dönüştüren sistemlerdir. Bunun için paneller güneşi alacak en iyi açı ve konuma kurulur. Isı üreten sistemlerde verimi artırmak için kolektör ve depo arasındaki mesafenin kısa tutulması, ısıyı taşıyan boruların iyi yalıtılması ve bina içerisinden dolaştırılmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca yazın sistemin aşırı sıcaklama durumunun göz önünde bulundurulması gereklidir (Sakınç ve Sözen, 2013). Kolektörler sıvı veya hava dolaşımlı olabilir. Hava dolaşımlı kolektörler iç mekân ısısını artırmaya yönelik kullanılırlar. Sıvı dolaşımlı kolektörler hem hava ısıtma hem de su ısıtmada kullanılırlar (Öksüz ve Köse, 2019). Hava dolaşımlı ısı kolektörleri don olaylarından etkilenmezler ve yapım maliyetleri sıvı dolaşımlı sistemlerin fiyatından pompa maliyeti, ısı aktarım cihazı gibi sistemlerin olmayışı sebebiyle daha düşüktür. Bunun yanında olumsuz olarak sıvı dolaşımlı sistemlere kıyasla daha güçsüzdürler.



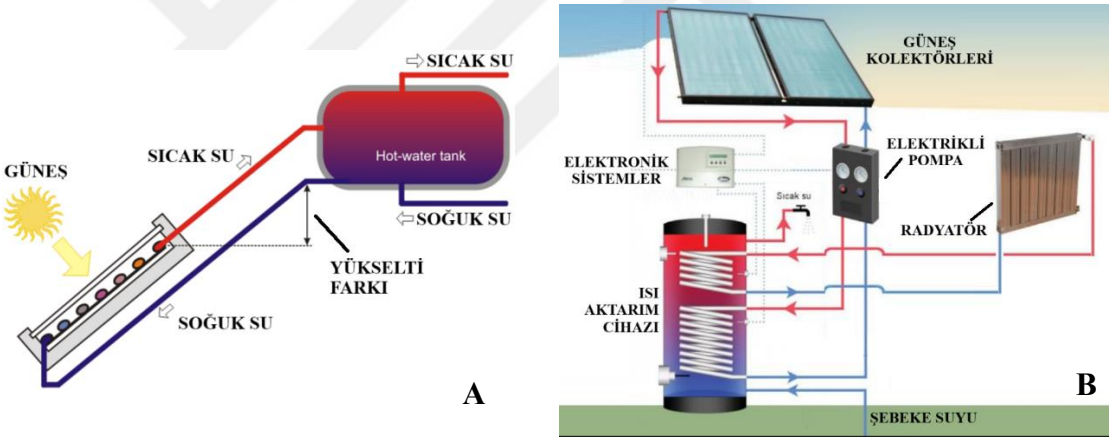
Şekil 2.30. Hava dolaşımı ile çalışan güneş kollektörü **A)** Güneş kollektörü şema (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) **B)** Güneş kollektörü fotoğrafı (Bulut ve Durmaz, 2006).

Hava dolaşımı olan güneş kolektörlerinde güneş enerjisini toplayan modülün içerisinde dolaştırılan hava ısıyı emer ve iç mekânda ısıtma için kullanılır.



Şekil 2.31. Sıvı dolaşımı ile çalışan güneş kolektörü **A)** Güneş kolektörü şema (Yazar tarafından görselleştirilmiştir) **B)** Güneş kollektörü Fotoğrafı (Anonim, 2025ı)

Sıvı dolaştırılan sistemlerde sistemin içeresindeki sıvı ısındıktan sonra binada çeşmelerde kullanmak veya radyatörlerde dolaştırarak mekânı ısıtmak için kullanılır (Öksüz ve Köse, 2019).



Şekil 2.32. Güneş kollektörü dolaşım sistemleri **A)** Tabi dolaşımlı (Blazek, 2007'den değiştirilerek alınmıştır) **B)** Pompa dolaşımlı sistem (Anonim, 2025e'den değiştirilerek alınmıştır)

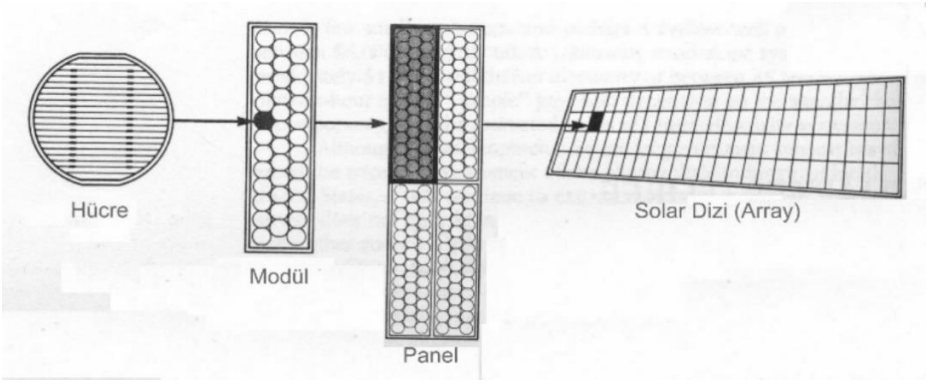
Güneş kolektörü sisteminin içerisindeki ısıyı ileten akışkanın kendiliğinden veya motor sistemi ile dolaşmasına göre tabii dolaşımlı sistem ve pompalı sistem olmak üzere ikiye ayrılır. Tabii dolaşımlı sistem; sistem içerisindeki sıcak akışkanın yoğunluğunun azalıp yukarı çıkması prensibine göre çalışır. Kolektör aşağıda depo yukarıda olacak şekilde yerleştirilir ve soğuk su kolektörde ısınarak depoya gün boyunca dolar. Az miktarda suyu ısıtmak için bu yöntem kullanılabilir. Pompalı sistem daha büyük su akışının sağlanacağı

sistemlerde kullanılabilir. Büyük deponun yüksekte tutulmasının güçlüğü ve tabii akış kuvvetinin yetersiz kalması gibi sebeplerden dolayı tercih edilebilir (Özdemir, 2005).

Güneş kolektörü sistemleri aynı zamanda içeride devir daim yapan suyun kullanımına göre açık ve kapalı sistemler olarak ikiye ayrılır. Açık sistemler; içerisinde dolaşan ve ısınan suyun aynı zamanda kullanıcılar tarafından kullanıldığı sistemdir. Kurulumu daha ucuzdur, verimi kapalı sistemlere göre daha fazladır. Ancak kullanımı için daha uygun olarak kireçsiz su ve donma problemi olmayan bir iklim gereklidir. Kapalı sistemler; kullanım suyu ve ısıtma sistemi içerisinde dolaşan suyun bağımsız olduğu sistemdir. Bu sistemler kullanım suyunun sistem içerisinde dolaşmasının uygun olmadığı bölgelerde kullanılmalıdır. Sıcaklığı ileten akışkan, eşanjör ismindeki bir cihazın içerisine girerek ısısını kullanım suyuna aktarır. Kapalı sistemlerin maliyeti açık sistemlere kıyasla yüksektir ve verimliliği ısı kaynağı ve kullanım suyu arasına ek cihazlar girmesinden ötürü daha düşüktür (Özdemir, 2005).

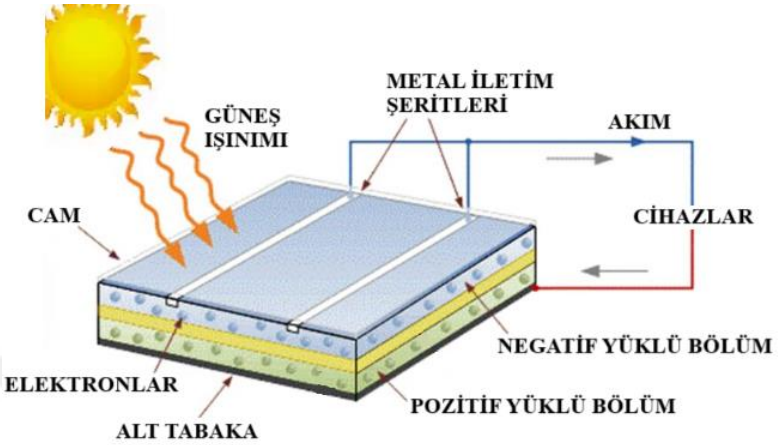
- Elektrik üreten sistemler (Fotovoltaik paneller)

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için kullanılan bir sistemdir. Elektriği üzerindeki hücre adı verilen parçaların bir araya geldiği bir sistem sayesinde üretir. Sokak aydınlatması, küçük elektronik cihazlar, binalar gibi alanlarda uygulanabilir. İlk olarak yapılara entegrasyonu 1981'li yıllarda çatılara yerleştirilmesi ile başlamıştır (Çelebi, 2002).



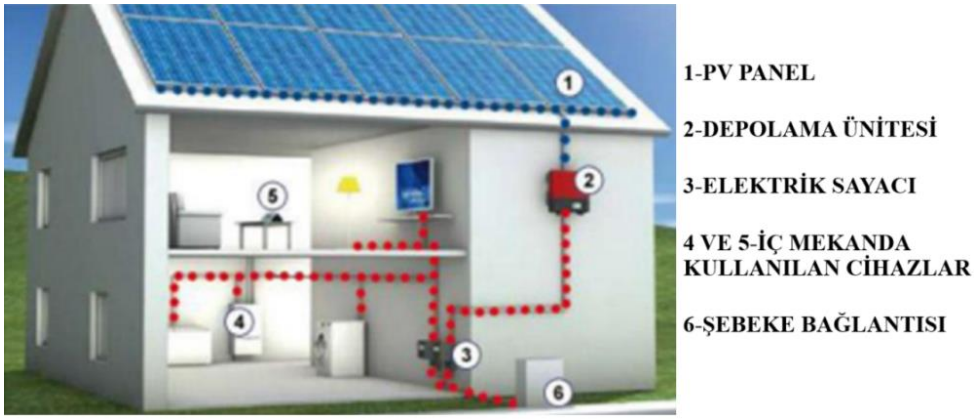
Şekil 2.33. PV panel hücre şeması (Çelebi, 2002)

Paneller elektriği fotovoltaik hücrelerden üretir. Hücreler birbirine bağlanarak modülleri, modüller de PV paneli oluşturur. Birden fazla PV panelin birleşimi ise solar dizi olarak adlandırılır.



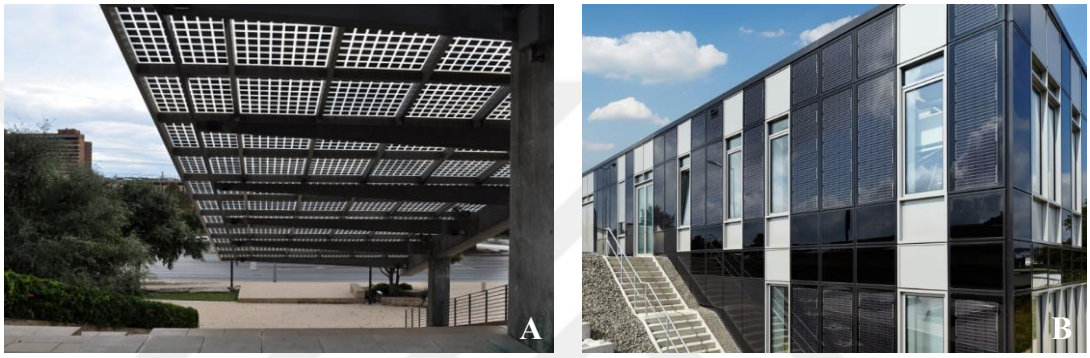
Şekil 2.34. Güneş paneli çalışma şeması (Sainthiya ve Beniwal, 2017'den değiştirilerek alınmıştır)

PV panelin elektrik üretmesini sağlayan hücre, gelen güneş ışınlarının enerjisini kullanarak negatif yüklü bölümün elektronu vermesini sağlar. Verilen elektronlar metal şeritler ile çekilerek panelden uzaklaştırılır ve gerekli cihazlara bağlanır. Cihazlardan gelen kablo PV panelin diğer ucuna bağlanır. PV paneller bu yolla doğru akım üretirler (Sainthiya ve Beniwal, 2017).



Şekil 2.35. Fotovoltaik panel çalışma şeması (Anonim, 2025i'den değiştirilerek alınmıştır)

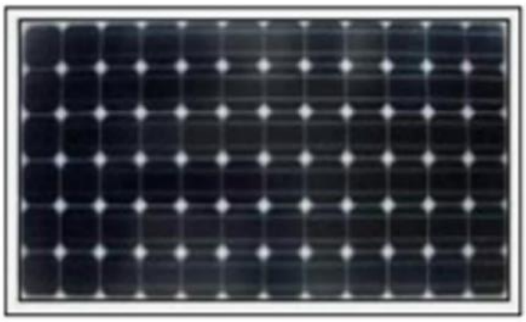
Güneş enerjisi elektrik üretim sistemi; PV panel, invertör (doğru akımdan alternatif akıma dönüştürücü), isteğe bağlı enerji depolama ünitesi ve şebeke bağlantısı elemanlarından oluşur. Fotovoltaik panel sisteminden en yüksek verimi alabilmek için güneşi en iyi şekilde alan konumun ve yönün bulunarak buraya kurulum gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır (Çelebi, 2002). PV paneller yerleştirildikten sonra üretilen elektrik inverter cihazına giderek doğru akımdan alternatif akıma dönüştürülmesi sağlanır. Alternatif akıma dönüşen elektrik takip için elektrik sayacına yönlendirilir. Sayaçtan geçerek kayıt altına alınan elektrik bina içerisindeki cihazlarda kullanılabilir veya şebekeye satılabilir.



Şekil 2.36. Farklı PV panel kullanımları **A)** Şeffaf fotovoltaik panel ile güneş kırıcı eleman (Penick, 2013) **B)** Cephe PV panelleri (Anonim, 2025k)

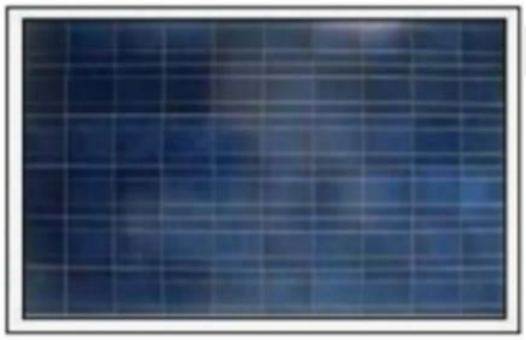
Fotovoltaik sistemler yapının farklı elemanlarına entegre veya bağımsız şekilde konumlandırılabilirler. Bazı örneklerde fotovoltaik paneller şeffaf olacak şekilde çatıda kullanılarak hem elektrik üretme hem de güneş kırıcı rol üstlenmektedir. (Jelle ve ark., 2012). Bazı örneklerde ise cephe elemanı PV paneller ile kaplanabilmektedir. Çatı alanının PV panel yerleştirmeye yetmediği durumlar için kullanılabilir.

PV panel sistemleri yapılarına göre monokristal, polikristal ve ince film güneş paneli olmak üzere üçe ayrılır.



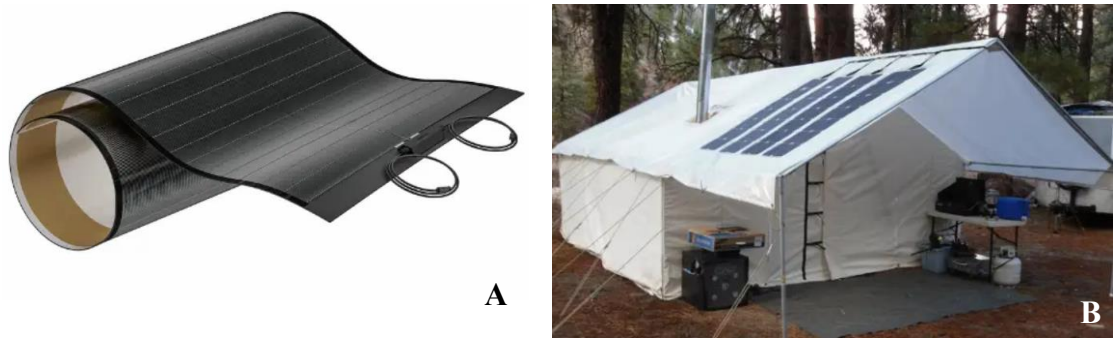
Şekil 2.37. Monokristal PV panel (Yılmaz ve ark., 2015)

Monokristal panelleri diğer PV panel tiplerine kıyasla daha verimlidir ancak daha pahalıdır. Panellerin verimi diğer PV panel tiplerine kıyasla yüksek olduğundan düşük alanda daha fazla elektrik üretimi gerçekleştirilebilir. Elektrik üreten hücrelerin yapılması için silikon tek parça halinde silindirik bir kabın içerisine dökülür ve lazerle kesilerek daha yüksek verimli olan parçaları PV panelde kullanılır. Bu durum üretim sırasında atık maddelerin oluşmasına sebep olur (Saga, 2010).



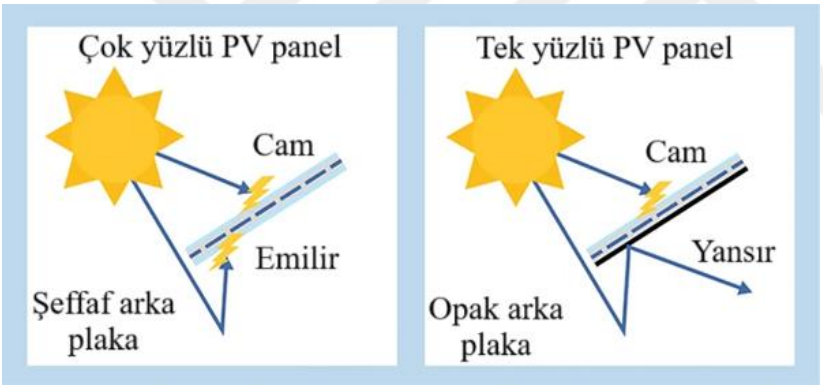
Şekil 2.38. Polikristal PV panel (Yılmaz ve ark., 2015)

Polikristal paneller monokristal panellere kıyasla daha ucuzdur ancak verimleri daha düşüktür. Enerji üreten hücrelerin yapımı monokristalden farklı olarak farklı silikon parçacıklarının eritilmesi ve kalıplara dökülerek şekillendirilmesi ile oluşturulur. Bu sayede üretim sırasında oluşan atık azaltılmış olunur (Kranz ve ark., 2015). Monokristal PV panellere kıyasla daha verimsiz olduğundan aynı miktar elektriği üretebilmek için daha fazla alan gerektirir.



Şekil 2.39. İnce film PV paneli **A)** İnce film PV paneli fotoğrafı **B)** İnce film PV panel kullanımı (Anonim, 2025l)

İnce film güneş panelleri ise diğer PV panel tiplerine göre daha verimsizdir ancak daha ucuzdur. İnce tabakalar halinde bulunan farklı malzemelerin birleşiminden olduğu için bu adı alır. En üstte güneş enerjisini soğuran katman, altında iletken alüminyum katman bulunur. Bu katmanlar ince olduğundan koruyucu bir katman ile çevrelenirler.



Şekil 2.40. Çok ve tek yüzlü PV paneller (Wolf, 2019)

PV paneller arka yüzeylerinin şeffaf olup olmamasına göre tek ve çok yüzeyli olarak ikiye ayrılır. Tek yüzeyli PV panellerin ön yüzeyi cam arka yüzeyi opakken, çok yüzlü PV panellerin arka yüzeyi de şeffaftır. İki yüzeyi de şeffaf olan PV paneller yerden yansıyarak dolaylı yoldan panele gelen güneş ışınımlarını da toplayabilirler. PV panellerin yerden yüksekliği ve yansıtıcı yüzeyin malzemesi yansıyan güneş ışınlarının miktarını etkiler. Yere çok yakın olmamalı ancak yansımanın etkisini azaltacak kadar da uzakta olmamalıdır (Wolf, 2019).



Şekil 2.41. Bodrum Havalimanı PV panelleri (Çelikcan, 2020)

Örnek uygulama olarak Bodrum Havalimanı'nda bulunan araç otoparkı üzerindeki PV paneller çift yüzeylidir ve tek yüzlü PV panellere göre en az %9 daha fazla elektrik üretimi yapabilmektedir (Çelikcan, 2020).

2.4.2 Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr türbinlerinin çalışma mantığı rüzgâr enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek ve içerisindeki jeneratörle mekanik enerjiyi elektrik enerjisi üretmek için kullanmaktır (Güleryüz, 2019). Rüzgâr türbinleri uygulanış bağlamında yapıdan bağımsız, monte veya entegre olmak üzere üçe ayrılır.

- Binadan bağımsız rüzgâr türbinleri

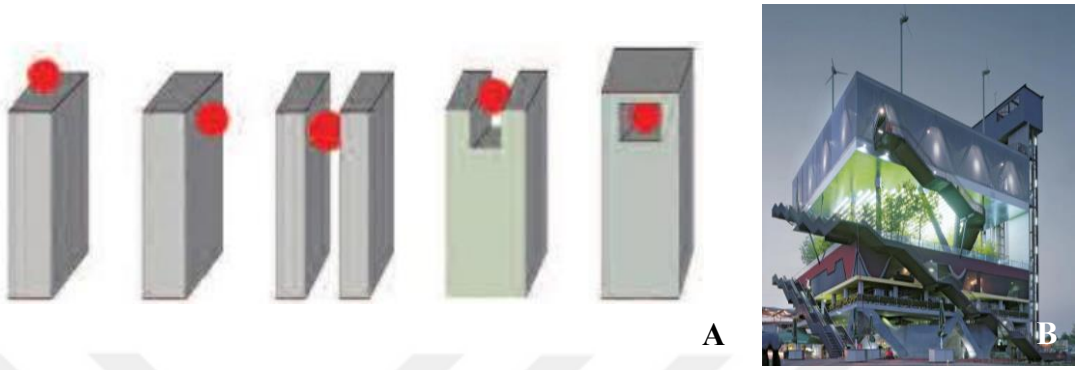


Şekil 2.42. Binadan bağımsız rüzgar türbini (Erkinay, 2012)

Hem mimari hem de strüktürel olarak bağımsız türbinlerdir. Yapının tasarımı ile alakası olmayan, kendi taşıyıcısı olan ve çevresindeki yapılar sebebiyle rüzgârın yönünün etkilemesi gibi durumlarla ilgisi olmayan sistemlerdir (Günel ve ark., 2007).

- Binaya monte rüzgâr türbinleri

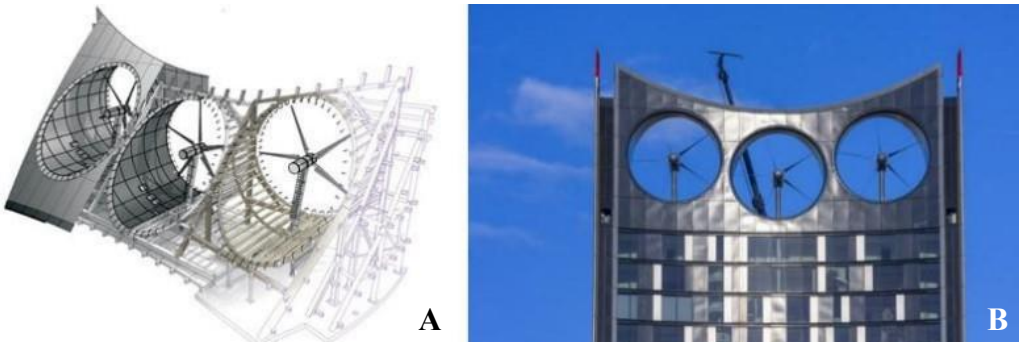
Bina ile taşıyıcı olarak bütün olan ancak yapının fiziksel tasarımının türbinin verimine olumlu etki sağlaması düşünülmeden yerleştirilen türbinlerdir.



Şekil 2.43. Bina monte rüzgar türbini **A)** Farklı bina monte rüzgar türbini tasarımları (Günel ve ark., 2007) **B)** Expo 2000 Hollanda Pavyonu (Richters, 2025)

- Bina entegre rüzgâr türbini

Hem mimari form olarak hem de strüktür olarak yapıya bağlı olan rüzgâr türbinleridir. Yapı tasarlanırken rüzgâr türbinin yerine önem verilir. Bu sayede rüzgârın yönü, hızı, rüzgâr türbinin büyüklüğü gibi unsurlar tasarıma dahil edilir. Genel olarak yapılan strateji; türbinin yerleştirileceği konumun belirlendikten sonra rüzgârın şiddeti, yönü gibi değerlerle yapılan hesaplamalar, yapının formunun genel hatlarıyla oluşturulmasını sağlar. Bu işlemlerin sonunda yapı, rüzgâr türbinlerine havayı yönlendiren veya rüzgâr türbinlerinin çalışma verimini arttıran bir tasarıma sahip olur (Bussel ve ark., 2005).



Şekil 2.44. Strata SE1 Kulesi rüzgâr türbinleri **A)** Rüzgar türbinlerinin şeması **B)** Rüzgar türbinlerinin fotoğrafı (Begeç, 2022)

Rüzgâr türbinleri dönme eksenleri özelinde yatay ve dikey eksenli olarak ikiye ayrılır.



Şekil 2.45. Dikey eksenli rüzgar türbini (Ali, 2012)

Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin dönme eksenleri rüzgâr yönüne paralel, dönen kanatlar ise rüzgâr yönüne diktir. Hava akışının tek yönlü olduğu alanlarda en verimli şekilde çalışırlar (Elibüyük ve Üçgül, 2014).



Şekil 2.46. Yatay eksenli rüzgâr türbini (Anonim, 2025m)

Dikey eksenli rüzgâr türbinleri dönme eksenleri rüzgâr yönüne dik olan rüzgâr türbinleridir. Verimleri yatay eksenli türbinlere kıyasla daha düşüktür. Çalışmaları için gelen rüzgârın yönü önemsizdir. Farklı yönlerden gelen rüzgâr ile dönmeye devam edebilirler (Elibüyük ve Üçgül, 2014).

2.4.3 Jeotermal enerji

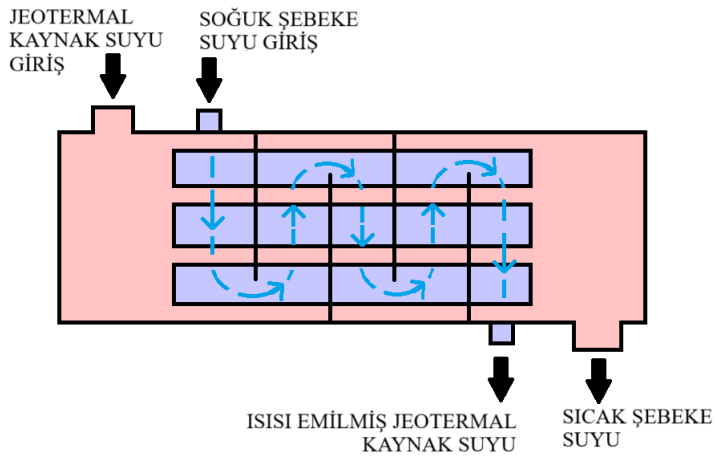
Yer altında yer alan ve yerkabuğuna kıyasla sıcak olan su, gaz, buhar kaynaklarına jeotermal kaynak denmektedir (Öztürk, 2011). Ayrıca herhangi bir yeraltı kaynağı

olmaksızın, yalnızca toprağın ısıdan faydalanılması da jeotermal enerji olarak tanımlanmaktadır.

Jeotermal enerji kaynakları yapıda elektrik üretmek veya ısıtma soğutma için kullanılabilir. Isı üreten sistemlerde yer altındaki ısı borularla yapıya taşınır. Elektrik üreten sistemlerde ise su buharından yararlanılarak elektrik eldesi sağlanır.

- Isı üreten jeotermal sistemler

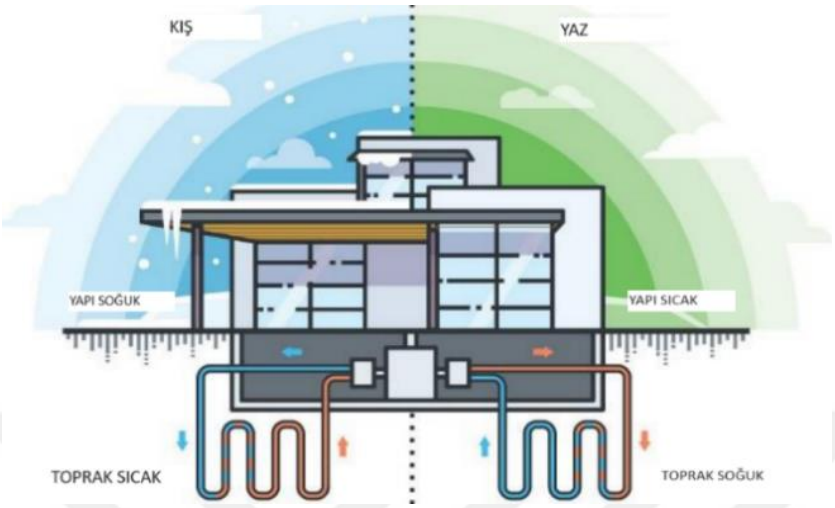
Yeraltındaki jeotermal kaynaklar kullanılarak sıcak su elde edilebilir veya yapı ısıtmasında kullanılabilir. Eğer su içerisinde çeşitli zararlı kimyasal maddeler varsa ısı eşanjörü adında bir cihaz ile jeotermal enerji kaynağının ısısı temiz suya transfer edilmelidir. Sağlığa zararlı maddelere; bor, çeşitli tuzlar, silis, karbonat, çeşitli gazlar örnek gösterilebilir. Doğru filtreleme yapılmazsa ve sisteme bakımlar ihmal edilirse bu maddeler kullanılan suya, çıkan gazlar havalandırmaya ve doğaya karışabilir (Kılıç, 2008).



Şekil 2.47. Isı eşanjörü şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Jeotermal enerji ile ısı üretimi yeraltındaki kaynaklarından elde edilebileceği gibi, sadece toprağın ısısı ile de oluşturulabilir. Zeminden aşağı doğru inildikçe sıcaklık artışı olmakta ve zeminin belli bir metre altından sonra toprak dış hava koşullarından etkilenmeden sabit bir sıcaklıkta kalmaktadır. Dünya'nın farklı noktalarında değişkenlik göstermekle birlikte Yerin yaklaşık 10 ila 15 metre altında sıcaklık değerleri yıl boyu çok değişmeyen bir seyir

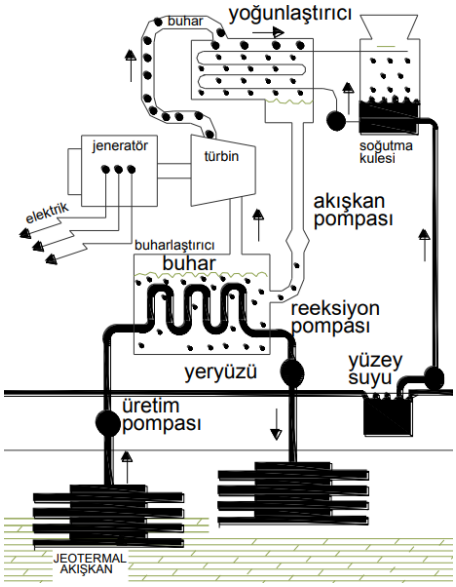
izlemektedir. Bu sıcaklık 7-23 ºC aralığındadır. Ayrıca ortalama 33 metre aşağı inildiğinde 1ºC artış gözlemlenir (Yüksek ve Esin, 2009).



Şekil 2.48. Jeotermal ısıtma sistemi şeması (Anonim, 2025n'den değiştirilerek alınmıştır)

Topraktaki bu sıcaklığı yapı içerisine ısı pompası sistemi ile almak mümkündür. Toprağa giren ısı taşıyıcı borularda hava veya su taşınması yoluyla ısı yapı içerisine aktarılır. Hava ve sıvı dolaşımlı ısı pompası aynı mantıkla çalışmaktadır.

- Elektrik üreten jeotermal sistemler

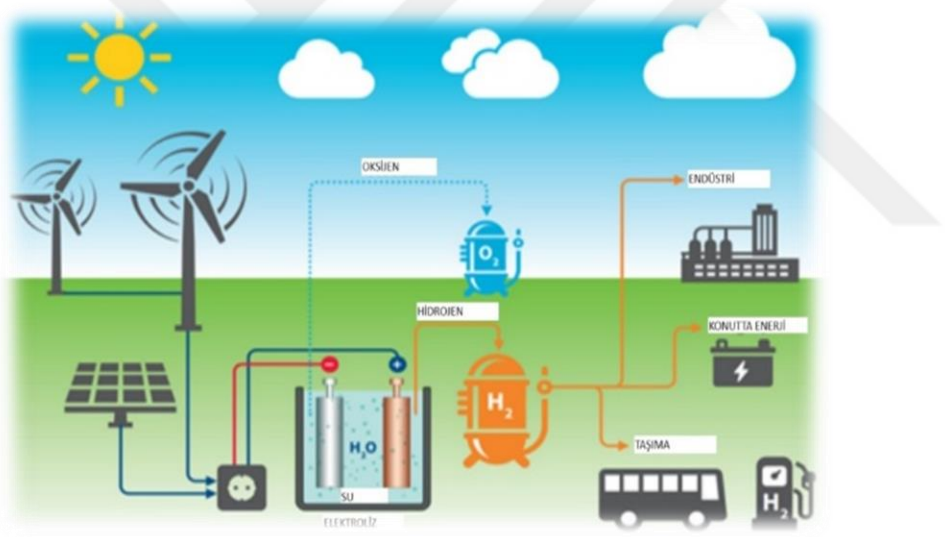


Şekil 2.49. Jeotermal kaynaklarla elektrik üretim sistemi şeması (Demirel, 1998)

Yeraltı sıcaklığı en az 60 ºC'ye kadar olan jeotermal kaynaklarda elektrik üretimi gerçekleştirilir. Çalışma mantığı yer altındaki sıcak kaynaktan gelen enerjiyle suyu kaynatarak buhar çıkartmak ve bu buharın basıncıyla türbinleri döndürerek jeneratörle enerji elde etmektir (Demirel, 1998).

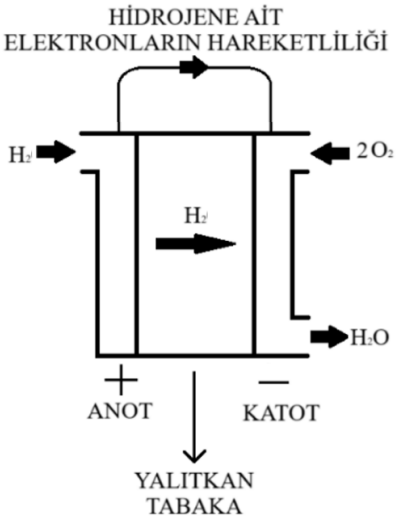
2.4.4 Hidrojen enerjisi

Hidrojen doğada en çok bulunan atomlardan biridir. Zehirsiz, kokusuz, ısı, elektrik ve mekanik enerjiye dönüşebilen, karbon içermeyen, ekonomik ve hafif bir yakıttır. Hidrojen doğada tek başına değil su molekülü gibi bileşikler halinde bulunur (Erkinay, 2012). Hidrojen içerikli bileşikler işleme tabii tutularak saf halde hidrojen elde edilebilir veya yakıt hücresi adı verilen cihazlarla elektrik enerjisi elde edilebilir.



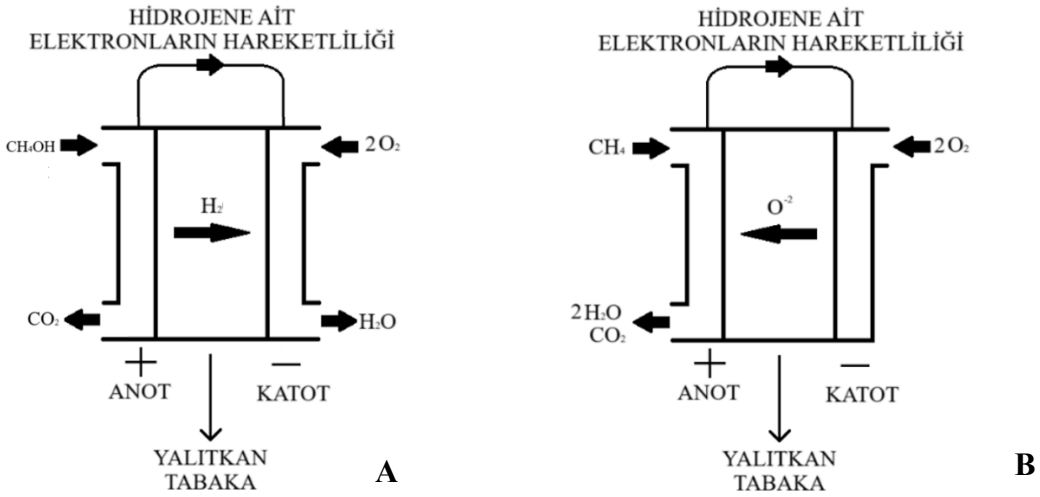
Şekil 2.50. PV panellerden hidrojen üretim şeması (Atakan, 2022)

Hidrojeni saf halde elde etmek için en sık başvurulan yöntemlerden biri hidroliz işlemidir. Bu işlem için belli bir miktar elektrik enerjisi gereklidir. Bu elektrik fosil yakıtların enerjisi kullanılarak üretilebilir ancak bu hareket sürdürülebilir olmayacağından ötürü güneş, rüzgâr, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılabilir (Erkinay, 2012). Hidrojenin üretmek için en sık beraber kullanılan teknik güneş panelleri ile elektrik üreterek hidroliz işlemi yapmaktır (Yüksek ve Esin, 2011). Saf haldeki hidrojen elektrik üretimi veya yapı ısıtmasında kullanılabilir.



Şekil 2.51. Yakıt pili sistemi şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Hidrojen ile elektrik üretmenin bir diğer yöntemi yakıt pili adında elektrik üretim sistemleri kullanmaktır. Bu sistemde bir uçtan giren hidrojen ısı ve basınç altında elektron verir. Verilen bu elektron bir kablo üzerinden geçmeye zorlanır. Hidrojenin çekirdeği ise yalıtkan tabaka üzerinden geçerek oksijen ile bağ kurar. Bu bağ sonucunda elektron veren taraf pozitif, elektron alan taraf ise negatif yüklenir. Kablo üzerinde hareket eden elektronlar doğru akım oluştururlar (Kavas, 2008). Sistemin devamında doğru akım invertör cihazları ile alternatif akıma dönüştürülür. Alternatif akım daha sonrasında yapıdaki cihazlar tarafından kullanılabilir.



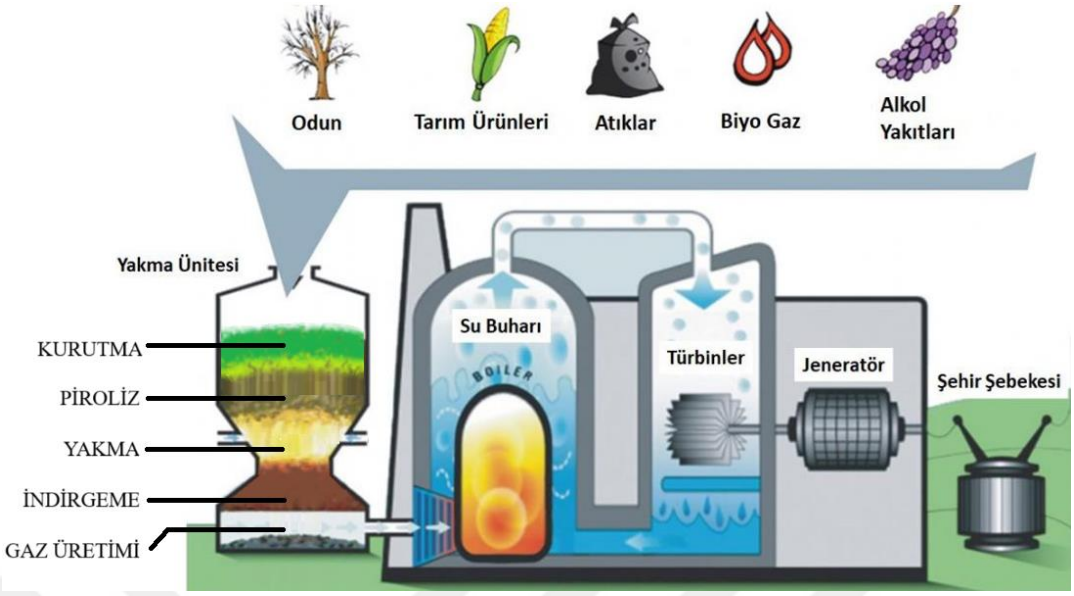
Şekil 2.52. Farklı yakıtlara sahip yakıt hücreleri **A)** Metanol yakıt hücresi sistemi **B)** Metan yakıt hücresi sistemi (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Hidrojen ile kullanılan yakıt hücresi sistemi, metanol ve metan gibi diğer gazlar ile birlikte de kullanılabilir. Bu farklılık sisteme giren gazların cinsini değiştirse de elektrik üretme mantığı aynıdır (İnce ve ark., 2019). Yine hidrojenin içerisindeki elektronların hareketi sonucunda elektrik üretilir (Yılmaz ve ark., 2017).

2.4.5 Biyokütle enerjisi

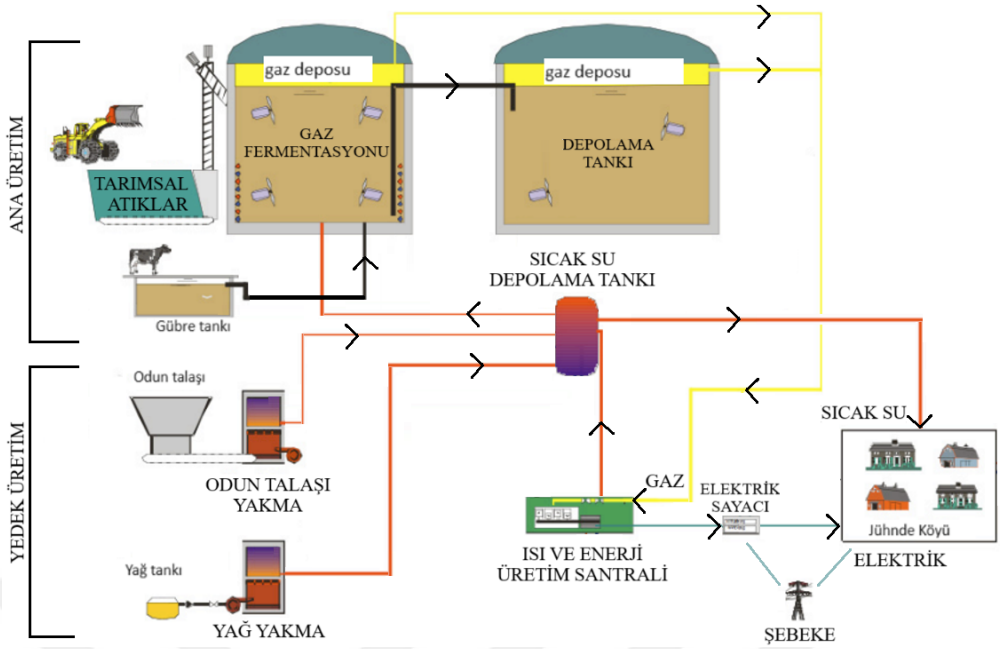
Biyoenerjinin çıkış noktası güneş enerjisini dönüştürerek depolayabilen canlılardır. Örneğin bitkiler fotosentez ile güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek depolar. Bu enerji yakma işlemi ile açığa çıkartılabilir ve biyoenerji olarak adlandırılır (Kılıç, 2011).

Biyokütle enerjisi doğada bulunduğu haliyle direkt yakılarak veya çeşitli işleme yöntemleriyle yakıta dönüştürüldükten sonra tüketilebilir. Doğada bulunan yakacak kaynakları; odun, çeşitli bitkiler ve tezek direkt olarak yakılarak enerji kazanılabilir (Tekbıyık, 2018). Bununla birlikte biyokütle hammaddeleri işlenerek biyoyakıt veya biyogaz üretilebilir. Bu tipteki yakıtlar ana olarak iki yöntemle üretilir. Bunlar, atıkların yakılarak biyogaz elde edildiği gazifikasyon yöntemi ve atıkların fermentasyon işleminden geçirilerek biyogaz elde edildiği anaerobik sindirim işlemidir. Gazifikasyon yöntemi daha kuru olan yakıt tipleri için uygundur. Ayrıca gazifikasyon yönteminde anaerobik sindirim yöntemine kıyasla organik olmayan atıklar da dahil olmak üzere daha fazla çeşitte hammadde yakıt olarak kullanılabilir. Anaerobik sindirim işlemi gazifikasyona göre daha düşük sıcaklıkta ve yüksek su içeriğine sahip hammaddelerin mikroorganizmalar ile parçalanarak yakıt elde edilmesi işlemleridir.



Şekil 2.53. Gazifikasyon yöntemi ile çalışan biyokütle enerji santrali şeması (Ermehan, 2020)

Biyogaz üretimi için toplanan atıklar yakma ünitesi adı verilen bir cihazın içerisine konur. Burada uygulanan işlemin adı gazlaştırmadır. Amacı, yakıt olarak seçilen maddelerin içerdikleri enerjiyi yoğunlaştırarak verimin artmasıdır (Abboud ve ark., 2010). Gazlaştırma işlemi sırasıyla; kurutma, piroliz, yakma ve indirgeme aşamalarından oluşur. Kurutma aşamasında hammaddelerin içerisindeki nem uzaklaştırılır. Piroliz aşamasında kuru hammaddeye ısı verilir ve köz haline gelmesi sağlanır ancak yakılmaz. Yakma işleminde maddenin yanması sağlanır ve son olarak indirgeme aşamasında yanan madde soğutularak gaz çıkışı sağlanır. Kullanılan hammaddeye bağlı olarak değişmekle birlikte CO (karbon monoksit) H2O (su buharı), H2 (hidrojen) gibi gazlar çıkar. Çıkan gaz bir boruyla tahliye edilir. Bu gaz yakılarak ısı ve elektrik üreten sistemlerde kullanılabilir (Danışmaz, 2024).



Şekil 2.54. Anaerobik sindirim yöntemi kullanan Jühnde Biyoenerji Köyünde kullanılan biyoenerji santralin şeması (Bioenergy, I. E. A., 2009'dan değiştirilerek alınmıştır)

Anaerobik sindirim yöntemi kullanan biyoenerji santraline örnek olarak Almanya'da yer alan ve enerjisinin tamamını biyoenerjiden sağlayan Jühnde biyoenerji köyü örnek gösterilebilir. Bu köydeki biyoenerji santralinde mısır atıkları, buğdayın atıkları, çimen ve gübre fermente edilir. Yaklaşık 42 ºC derecede gerçekleşen işlem sonucunda yaklaşık %50 oranında metan gazı içerikli bir gaz elde edilir. Bu gaz ısı ve elektrik üretim sisteminde yakılır. Yedek ısı kaynağı olarak odun talaşı ve yağ yakma sistemleri ile kışın artan ısınma ihtiyacını karşılamak hedeflenmektedir (Bioenergy, I. E. A., 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, kuramsal temeller bölümünde tanımları, türleri ve genel anlamda çalışma mantıkları anlatılan pasif ve aktif enerji kazanım stratejileri örnek yapılar üzerinden aktarılmıştır. Bu bölüm iki alt başlıktan oluşmaktadır. İlk alt başlıkta Dünya'dan seçilen altı adet yapı örneğinin içerdikleri sistemler anlatılmıştır. Bunun için yapının genel anlamda tanımı, yapının yapım yılı, amacı, konumu gibi bilgilerle künyesi yapılmış ve kullanılan pasif ve aktif sistemler aktarılmıştır. İkinci alt başlıkta ise Bursa İnegöl İlçesi içerisinden seçilen ve enerjisini PV panellerden karşılayan üç adet mobilya yapısı yerinde incelenerek enerji üretim sistemleri incelenmiştir.

3.1 Pasif ve/veya Aktif Enerji Kazanım Stratejilerine Sahip Uluslararası Yapı Örneklerinin İncelenmesi

Bu bölümde kuramsal temeller başlığı altında anlatılmış olan pasif ve aktif enerji kazanım stratejileri, Dünya'dan seçilen yapı örnekleri üzerinden aktarılmıştır. Bu yapıların ne türde sistemlere sahip oldukları ve bu sistemlerin çalışma mantıkları anlatılmıştır.

Çizelge 3.1. Seçilen yapı örneklerinin içerdikleri pasif ve aktif sistemler tablosu

		Westwood Hills Doğa Merkezi	FNN Sürdürülebilirlik Merkezi	Treurenberg Binası	Frik Çevre Merkezi	Lucia Binası	Gaziantep ekolojik yapı	The Walkie-Talkie Binası	Pixel Binası
Pasif	Güneş Enerjisi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rüzgâr Enerjisi	✓	✓	✓	✓				
Aktif sistemler	Güneş Enerjisi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rüzgâr Enerjisi								✓
	Jeotermal Enerji	✓			✓	✓	✓		✓
	Hidrojen Enerjisi							✓	
	Biyokütle Enerjisi					✓			✓

Yapılar aşağıdaki kriterlere göre seçilmiştir;

- Pasif ve aktif sistemleri (olabildiğince) birlikte kullanan yapı örnekleri seçilmiştir.
- Farklı sistemleri kullanan yapı örneklerine yer verilmeye çalışılmıştır.
- En az bir enerji sertifikasına sahip yapılar seçilmiştir.
- Harcadığı enerjinin yüzde olarak en fazlasını üreten yapıların seçimine çalışılmıştır.
- Mümkün olduğunca yeni örnekler seçilmeye çalışılmıştır.
- Enerji üretim tesisi gibi yapılma amacı enerji üretmek ve satışını yapmak olan yapılar incelemeye dahil edilmemiştir.

Çizelge 3.2. Seçilen örnek yapıların künye özetleri

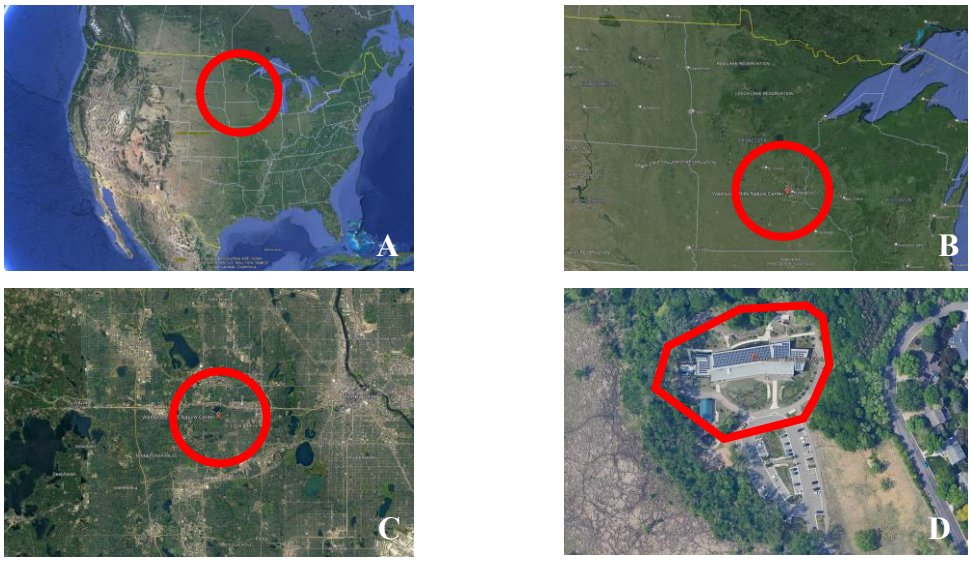
İncelenen Yapılar:	İsim	Yıl	Ülke	Sertifika	Enerji üretimi
	Westwood Hills Doğa Merkezi (Westwood Hills Nature Center)	2020	ABD Minnesota	*Zero Energy Certification	%100
	FNN Sürdürülebilirlik Merkezi	2020	Türkiye/ Adana	*LEED Platinum	%45
	Treurenberg binası	2017	Belçika Brussels	*BREEAM Excellent	%100
	Frik Çevre Merkezi (Frick Environmental Center)	2016	ABD Pittsburgh	*LEED Platinum *Living Building Challenge	%122
	Lucia Binası (Lucia Building)	2015	İspanya Valladolid	*LEED Platinum	%100
	Gaziantep Ekolojik Bina	2014	Türkiye Gaziantep	*LEED Platinum *Passive House	%174
	The Walkie-Talkie Binası	2014	İngiltere Londra	*BREEAM Excellent	%63,9
	Pixel yapısı	2010	Avustralya Melbourne	*LEED Platinum *Green Star	%100

3.1.1 Westwood Hills Doğa Merkezi (Westwood Hills Nature Center)

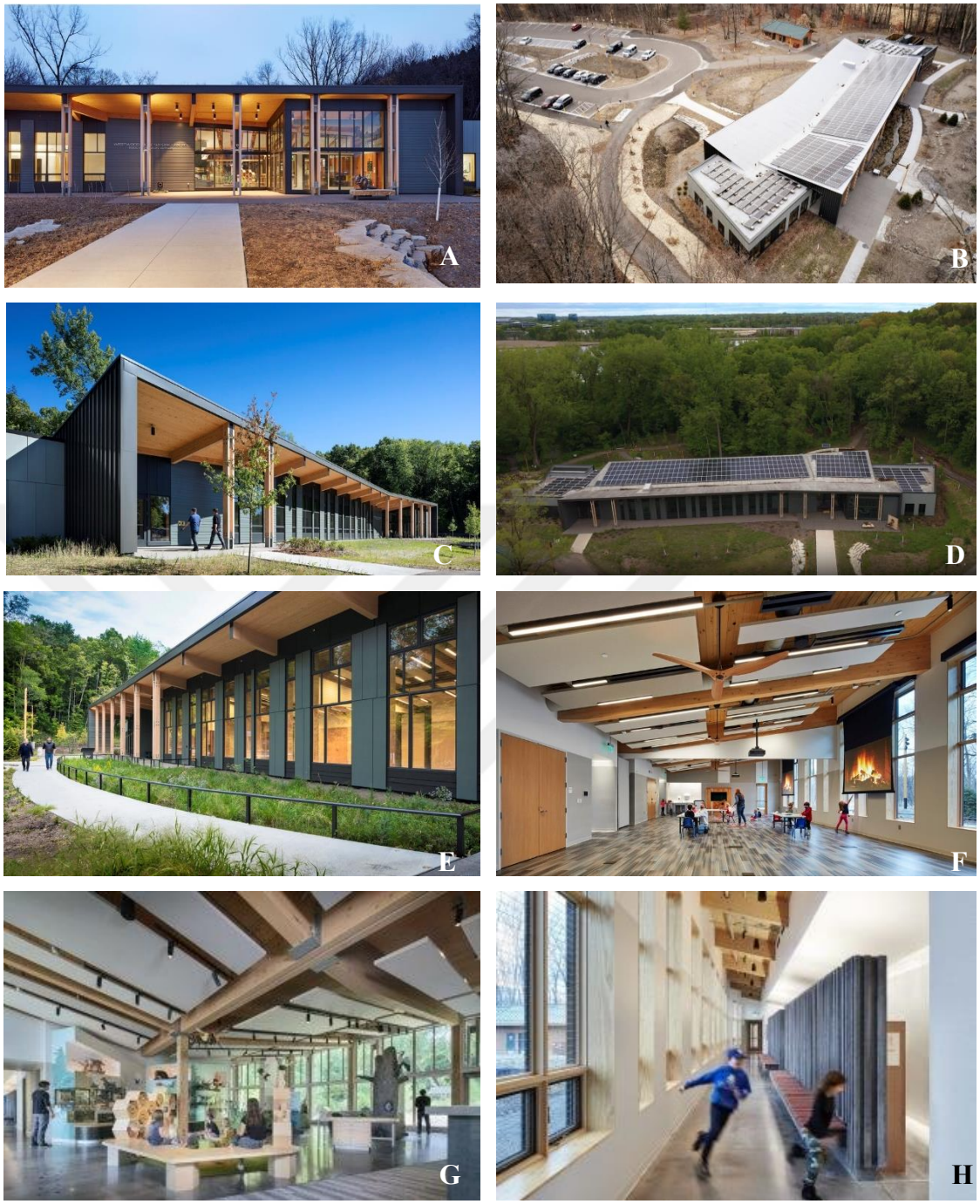
Yapının 2020 yılında inşa edilmiş olan enerji sertifikalı bir eğitim merkezidir. Pasif sistemlerden sera sistemi, güneş alımını artırıcı tasarım, çapraz havalandırma sistemi kullanılmıştır. Enerjisinin tamamını PV paneller ve jeotermal ısı pompası sistemi ile üretebilmektedir.

Çizelge 3.3. Westwood Hills Doğa Merkezi künyesi

Binanın konumu	: ABD / Minnesota
Kullanım amacı	: Eğitim, toplantı ve rekreasyon merkezi
Yıllık elektrik enerjisi üretimi	: 150 kW (ihtiyacın %100'ü üretilmektedir)
Kullanılan pasif sistemler	: Yapının yönelimi, yapı kabuğu ile güneş kontrolü, güneşi yapı içerisine alan tasarım, termal kütle ile sera sistemi, doğal havalandırma
Kullanılan aktif sistemler	: Fotovoltaik paneller (150 kW), Jeotermal ısı pompası
Yapım şirketi	: HGA Architects and Engineers
Açılış yılı	: 2020
Yapı zemin alanı	: 1 260 m^2
Enerji Sertifikası	: Zero Energy Certification - Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü (ILFI) tarafından

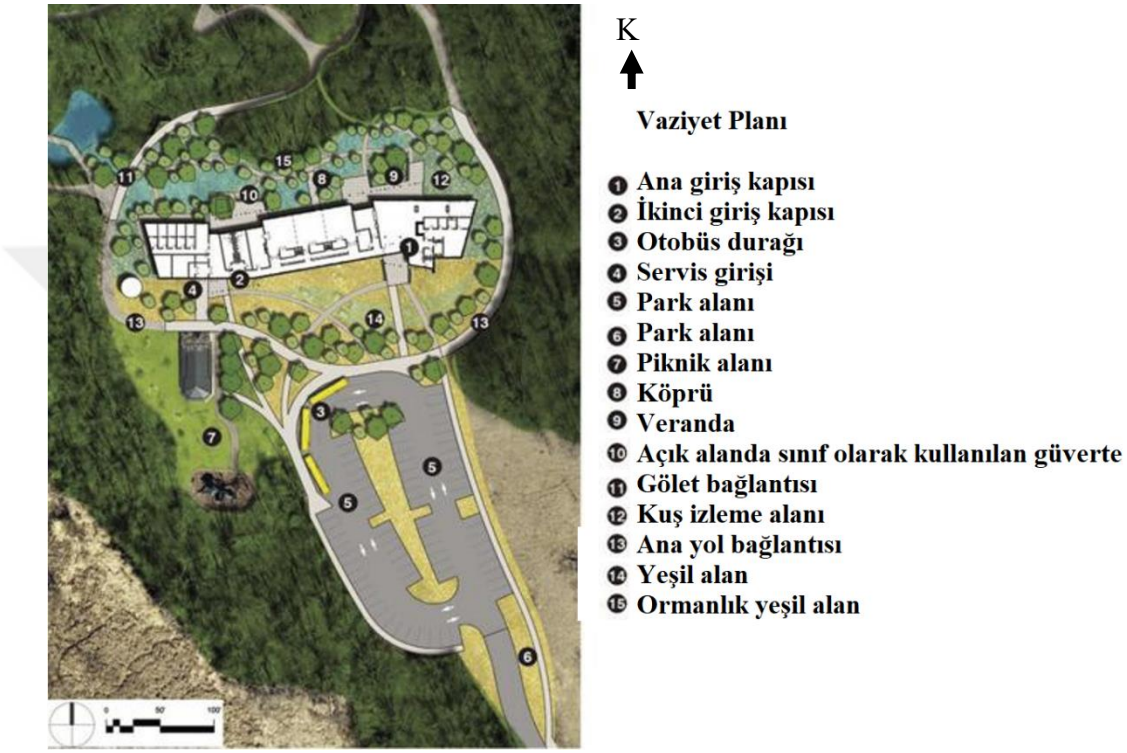


Şekil 3.1. Westwood Hills Doğa merkezi uydu görüntüleri **A)** Ülke ölçeğinde konum **B)** Eyalet ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025a)



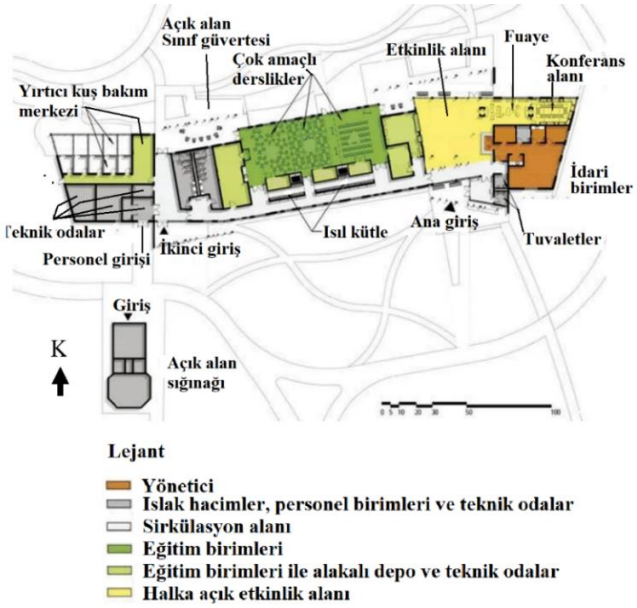
Şekil 3.2. Westwood Hills Doğa Merkezi fotoğrafları **A)** Yapının girişi **B)** Yapının çevresi ile genel fotoğrafı **C)** Yapının güney cephesi **D)** Yapının genel fotoğrafı **E)** Kuzey cephesi önündeki yürüyüş yolu **F)** İç mekan fotoğrafı (Çok amaçlı salon) **G)** İç mekan fotoğrafı (Çok amaçlı salon) **H)** Termal kütle sağlayan siyah duvarlar (Sieger, 2020; Hoekstra, 2021)

Yapı hem bir gezi parkı işlevi görmek hem de insanlara sürdürülebilirlik bilincini oluşturabilmek amacıyla tasarlanmıştır. Bunun için bahçedeki piknik alanlarında, arkasında bulunan gölete bağlantılı iskelede, kuş izleme alanlarında ve yapı içerisindeki dersliklerde sürdürülebilirlik ile ilgili aktiviteler yapılmaktadır. Sergiler düzenlenmektedir.



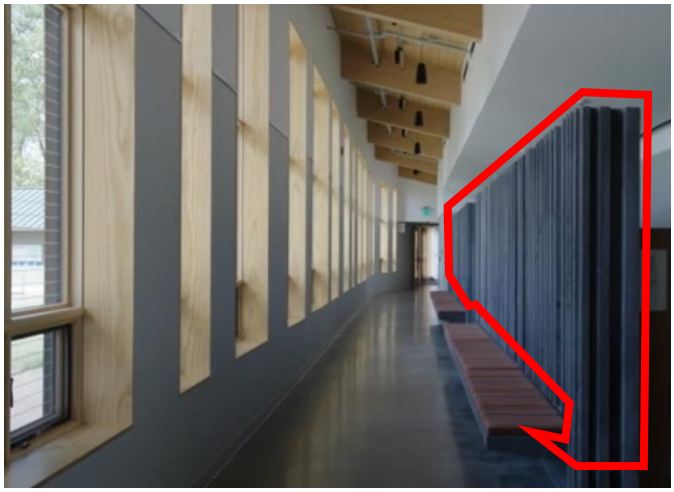
Şekil 3.3. Westwood Hills Doğa Merkezi (Anonim, 2025o'den değiştirilerek alınmıştır)

Vaziyet planında görülebileceği üzere yapı açık alanları genel olarak yapının kuzeyindedir. Dersliklerde işlenen uygulamalar bazen açık alanlarda yapılabilmektedir. Sergiler açık veya kapalı sergi alanlarında düzenlenebilmektedir. Etkinlik olmadığında kütüphane, sosyalleşme mekanları, açık alanları ile hizmet vermektedir.



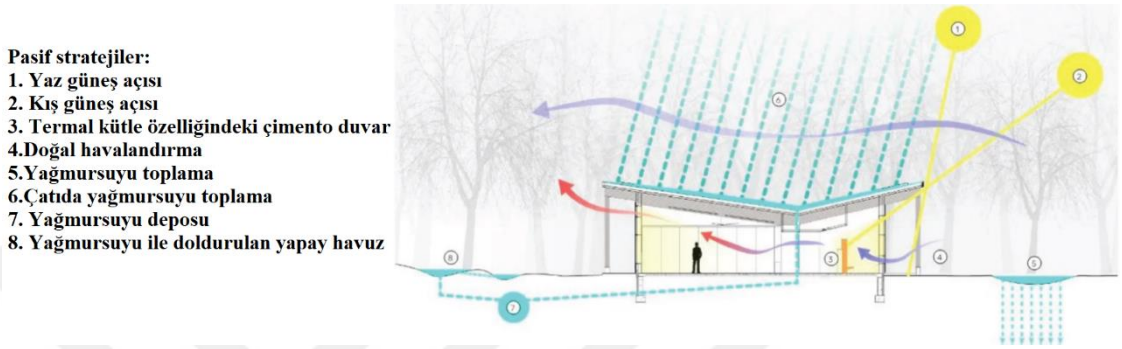
Şekil 3.4. Westwood Hills Doğa Merkezi Zemin kat planı (Anonim, 2025o'den değiştirilerek alınmıştır)

Zemin katta en doğuda yönetici birimleri bulurken batıya doğru sırayla toplantı salonu, çok amaçlı salonlar, depo ve ıslak hacimler yer almaktadır. Güneş alan cephede termal kütle konarak bir sera sistemi oluşurulmuştur. Aynı zamanda pasif havalandırmanın kullanılmı ile çok amaçlı salonlar içerisinde hava ve sistemden kazanılan ısının sirkülasyonuna katkı sağlanmıştır. Aşağıdaki şekilde kırmızı ile işaretlenen termal duvarlar çimento malzemesinden yapılıp dışı siyaha boyanmıştır.



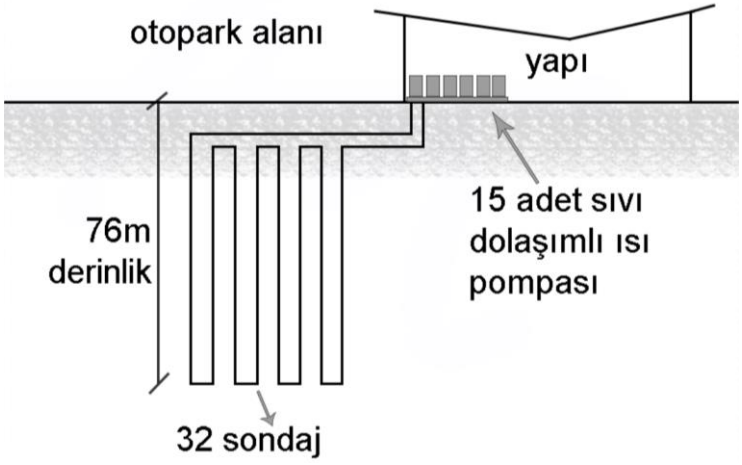
Şekil 3.5. Westwood Hills Doğa Merkezi termal kütle özelliğinde güney cephesine bakan duvarlar (Hoekstra, 2021'den değiştirilerek alınmıştır)

Güney cephesine yerleştirilen sera sistemi yaz aylarında güneşin açısının dikleşmesi sebebiyle çatı tarafından engellenir. Kış aylarında ise güneş güneyde daha yatay bir açıda cepheye geldiğinden çatı tarafından engellenmez ve termal kütleye çarparak enerji kazanımı sağlar. Isınan havanın yükselmesi mantığı kullanılarak pasif şekilde mekânın içerisinde hava sirkülasyonu sağlanır.



Şekil 3.6. Westwood Hills Doğa Merkezi Sera Sistemi ve Pasif Rüzgar Enerjisi Kazanım Diyagramı (Anonim, 2025ö'den değiştirilerek alınmıştır)

Hâkim rüzgâr yönünün güneyden kuzeye olması da çapraz havalandırma oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Çatının şekli güneş ışığı alımını ve manzaranın görülebilirliğini artırmaktadır. Bu sayede doğal güneş ışığı kullanımını artırmak hedeflenmiştir.



Şekil 3.7. Westwood Hills Doğa Merkezi Isı pompası temsili şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Isı pompasının araç otoparkının altına yerleştirildiği belirtilmektedir. Kapalı devre sıvı dolaşımlı bir sistemdir. Yani toprak altına gömülü boruların içerisinden kimyasal içeriği ayarlanmış bir sıvı dolaşır (%30 propilen glikol içeren saf su) ve bu sıvı sistem içerisinde devir daim eder. Isı pompası 46,5 m^2'lik alanda yer almaktadır. Otuz iki adet sondaj, yerin 76,2 metre altına kadar uzanmaktadır. Toplamda 5,6 kilometre boru içerisinden 9 400 litre sıvı dolaşmaktadır. Tüm sistem on beş adet sıvı dolaşımlı ısı pompasını içerir. (Geothermal Technologies Office, 2025).



Şekil 3.8. Westwood Hills Doğa Merkezi PV Panelleri

Yapının çatısına yerleştirilmiş güneş panelleri 150 kW elektrik üretebilen fotovoltaik panellerdir (International Living Future Institute, 2020)

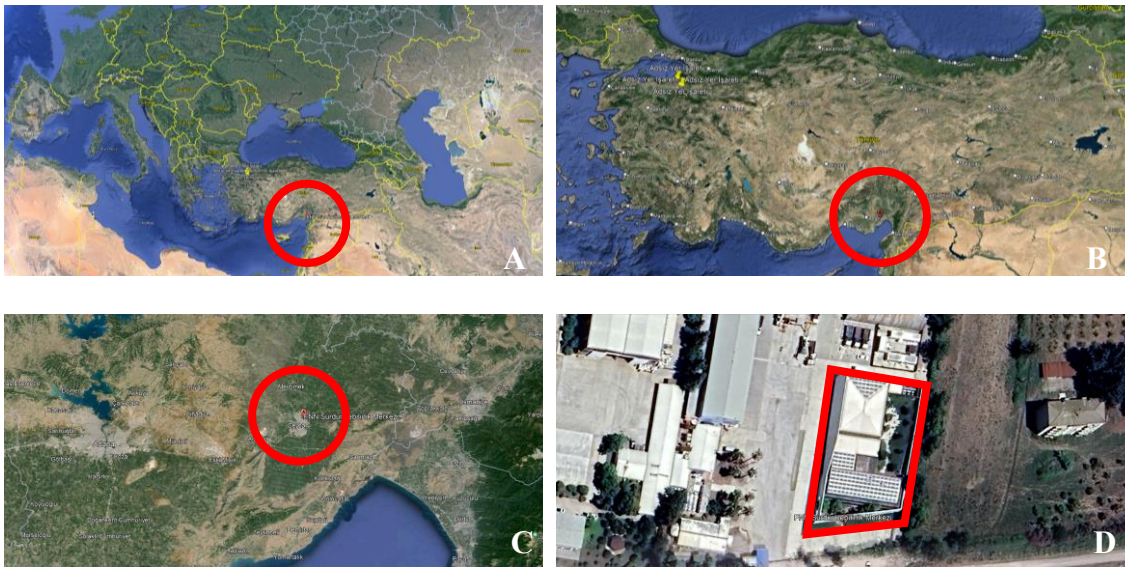
Sonuç olarak yapının güneşin geliş açısı hesap edilerek yerleştirilen sera sistemi; kış aylarında ortamı ısıtan, yaz aylarında ise ortamı soğutan bir işlevselliğe sahiptir. Isı pompası sistemi ile üretilen ısı enerjisi ortam ısısını dengelemek amacıyla kullanılır. Diğer pasif enerji kazanım stratejilerinden üretilen enerji ile birlikte enerji ihtiyacının tamamı yenilenebilir sistemler ile karşılayan bir yapı elde edilmiştir.

3.1.2 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi

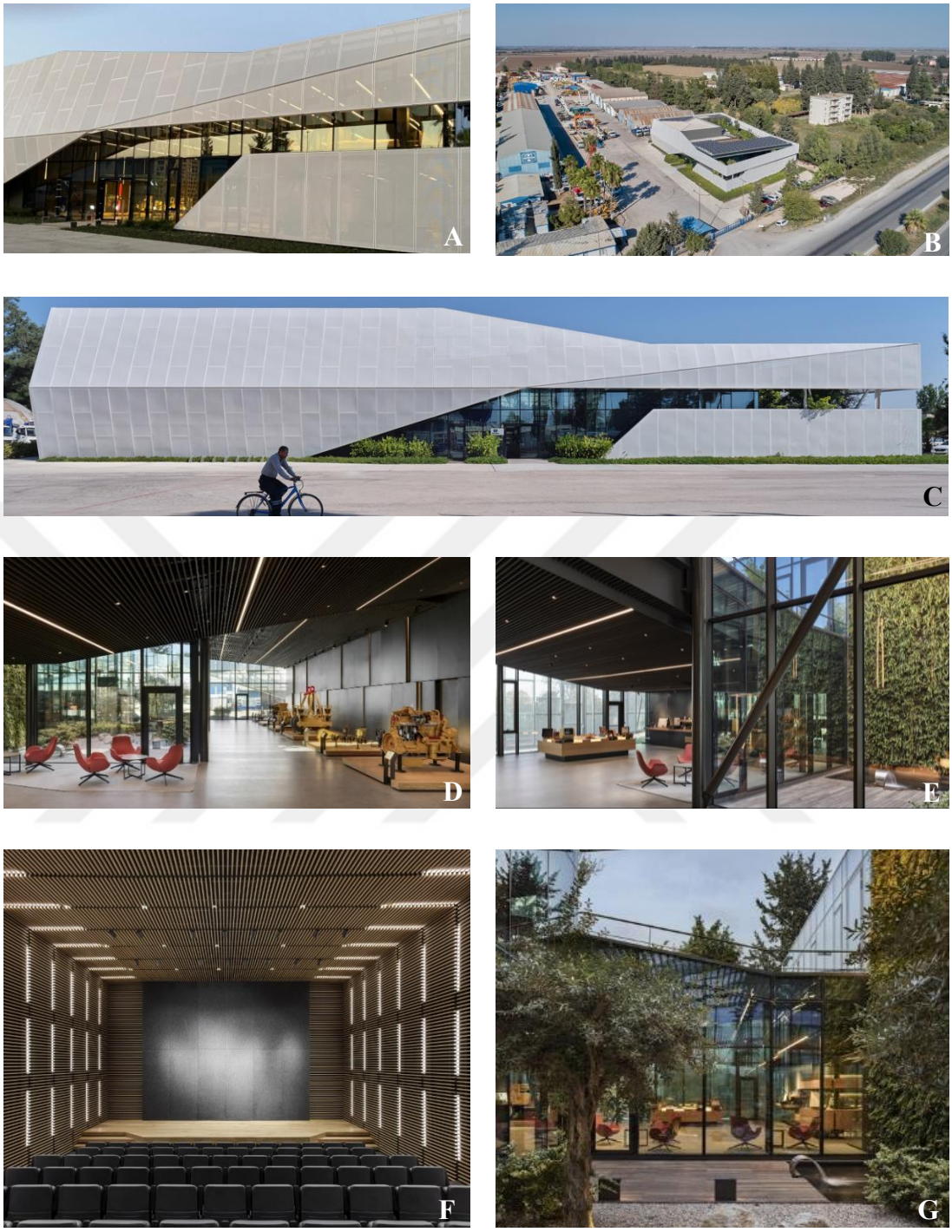
Türkiye'de bulunan yapı kullandığı elektriğin %45'ini geri kazanmaktadır. LEED platin sertifikasına sahiptir. Aktif ve pasif sistemleri birlikte bulundurmaktadır. Doğal havalandırma ve aydınlatmayı artıran iç avlu tasarımı, PV paneller ile elektrik üretmesi ve cephesinde güneş kırıcı tasarım sayesinde enerji kazanımı sağlamaktadır.

Çizelge 3.4. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Künyesi

Binanın konumu	: Türkiye / Adana
Kullanım amacı	: Müze, ofis ve konferans merkezi
Yıllık enerji üretimi	: 77.606 kWh (Yapının ihtiyacının %45'i)
Kullanılan pasif sistemler	: -Yapı kabuğu ile güneş kontrolü, -Doğal havalandırma için iç avlulu tasarım -Güneşi yapı içerisine alan tasarım
Kullanılan aktif sistemler	: -Fotovoltaik paneller (450m^2, ihtiyacının %45'i)
Yapım şirketi	: Yoo Mimarlık
Açılış yılı	: 2020
Yapı zemin alanı	: 1,871 m^2
Enerji Sertifikası	: LEED Platinum

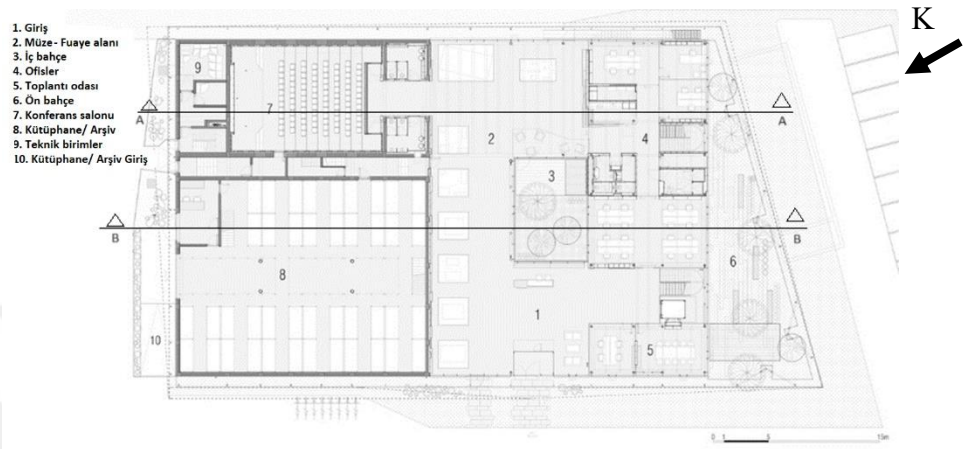


Şekil 3.9. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi uygu görüntüleri **A)** Kıta ölçeğinde konum **B)** Ülke ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025b)



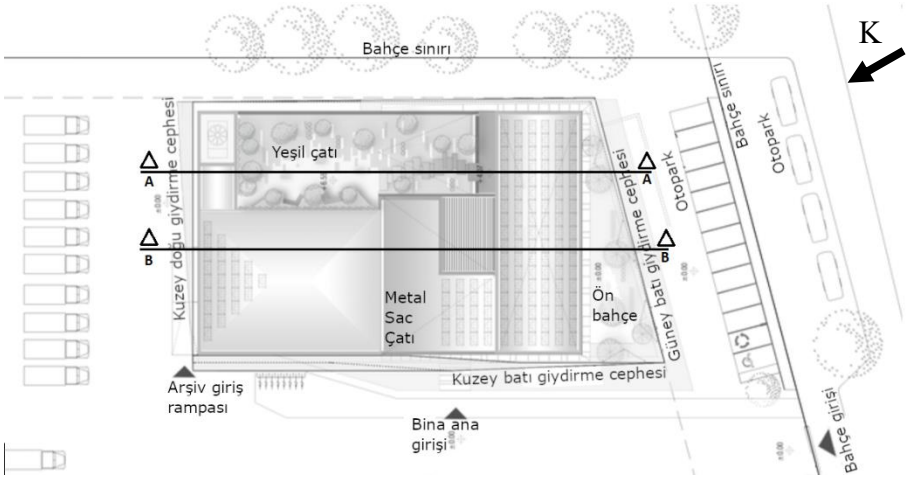
Şekil 3.10 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi fotoğrafları **A)** Yapının girişi **B)** Yapının çevresi ile genel fotoğrafı **C)** Yapının kuzeydoğu cephesi **D)** Ortak bahçe ve iç mekan **E)** Ortak bahçe **F)** Konferans salonu **G)** Ortak bahçe (Özbunar 2020a; Karakaya, 2020)

Yapının dış kabuğu güneşi kırması amacıyla tasarlanmıştır. Aynı zamanda kabuk ile yapı çeperleri arasında bir yeşil alan oluşturulması hedeflenmiştir. Ofis, sergi alanı ve arşivin bulunduğu kapalı alana gün ışığı almak ve temiz hava sirkülasyonu sağlamak amacıyla yapı içerisine bir iç bahçe yerleştirilmiştir.



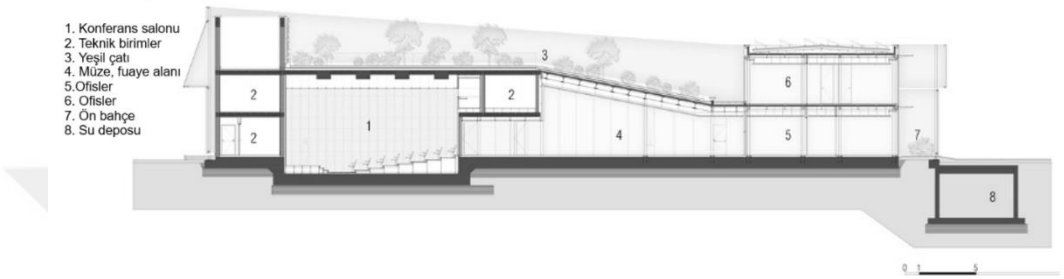
Şekil 3.11 Zemin kat planı (Abdel, 2020)

Yapının kat planlarına bakıldığında güney cephesindeki giydirme cephe yapı yüzeyinden ayrılarak ışık girme oranı artırmak amaçlanmıştır. Bu alana güneş kırıcı olması amacıyla ağaçlar yerleştirilmiştir. Ofisler ve toplantı odası güney yönündeki açıklığa bakmaktadır. Giriş holü ve müze alanının bina ortasındaki açık alana bakması ile ışık alımı iyileştirilmiştir.



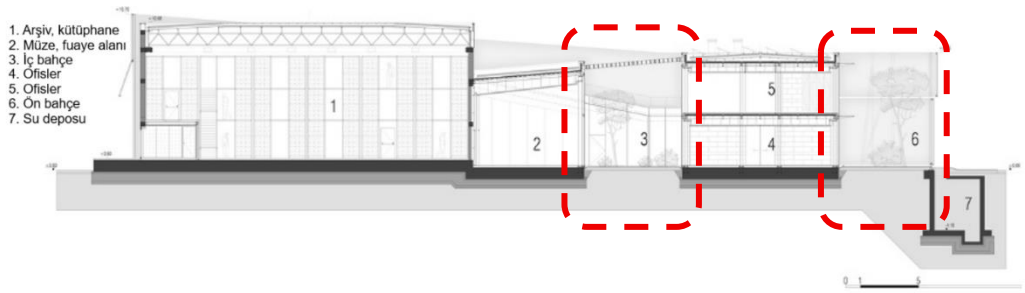
Şekil 3.12 Vaziyet planı (Abdel, 2020)

Vaziyet planına bakıldığında binanın çatısındaki güneş panelleri ve yeşil çatısı görülebilmektedir. Yeşil çatıya yapının ofis bölümlerinin balkonundan ulaşılmaktadır ve bir tenefüs alanı olması amacıyla tasarlanmıştır. Yürüyüş için bir yol vardır ve oturma elemanları ile birlikte tasarlanmıştır. Aynı zamanda vaziyet planında ön bahçe ve binanın ortasında tasarlanmış olan iç bahçe görülmektedir. Güney cephesinde mekanların güneş alımına dikkat edildiği dikkat çekmektedir.



Şekil 3.13 A-A Kesiti (Abdel, 2020)

Yapının kesitlerine bakıldığında A-A kesitinde 7 numaralı alanda yapının ön bahçesindeki giydirme cephe strüktürü ile bina arasında yer alan güneş kırıcı özelliğindeki ağaçlar görülebilmektedir. Aynı zamanda 3 numarada yapının yeşil çatısı ofislerin balkonundan ulaşılan ve gezilebilen bir çatıdır.



Şekil 3.14 B-B Kesiti (Abdel, 2020)

B-B kesitinde 3 numaralı alan iç bahçedir ve müze alanıyla ilişkisi görülmektedir. 6 numarada ön bahçe görülmektedir. Ofis birimleri ön bahçe ve iç bahçe arasına konumlandırılmıştır. Arşiv olarak kullanılan 1 numaralı alan fuaye ve müze alanı olarak kullanılan 2 numaralı alan ile ilişkilidir.



Şekil 3.15 Güneş kırıcı giydirme cephe elemanı fotoğrafları ve detayı **A)** Sistem kesiti **B)** Dış mekândan fotoğraf **C)** İç mekandan fotoğraf (Özbunar, 2020a; Özbunar, 2020b)

Yapı cephesinde bulunan giydirme cephe beyaz renkli alüminyum delikli sac profiller ile kaplanmıştır. Güneş geçirgenliği %46 olan bir maddedir. Giydirme cephe topraktan bir miktar yüksekte bırakılarak korozyona uğraması engellemiştir. +3.72 ve +7.33 kotunda güneş kırıcı olması amacıyla cepheye yatay delikli bir parça daha eklenmişidir. Bu parça şekil 3.8'deki iç mekândan çekilen cephe fotoğrafında da görülmektedir. Cephedeki alüminyum sac profilleri çelik boru profilleri ile sabitlenmiştir. Çatıda PV paneller görülmektedir. Bazı cephelerde bina ile çelik kabuğun arasına yeşil doku eklenerek iç mekânda güneş kontrolü sağlanmıştır. Güney batı cephesinde cepheyle kabuk arasına ayrıca süs havuzu da yapılmıştır.

Yapının işletimi için aktif Güneş enerjisi kazanım sistemlerinden PV paneller yerleştirilmiştir. Bu panellerin kapasitesi 50 kwh'dir. Adana'nın Türkiye'nin güneyinde yer alan bir il olması, güneşlenme miktarının fazla olması sağlamaktadır ve PV panel sisteminin kurulması için bir avantajdır.



Şekil 3.16 FNN Sürdürülebilirlik Merkezi çatısındaki PV panel yerleşimi (Yağlıca, 2022)

Sürdürülebilirlik merkezinin çatısında 147 adet PV panel bulunmaktadır. Bu paneller 2 adet invertör cihazı ile alternatif akıma dönüştürülerek şebeke ile bağlantı kurmaktadır. Yılda 77 606 kWh elektrik üretebilen PV paneller 1 649 kWh/kWp en yüksek üretim gücüne sahiptir. Sistem %81 verim ile çalışmaktadır. Sistemin verimini artırmak için PV paneller güney yönüne bakacak şekilde yerleştirilmiştir (Yağlıca, 2022).

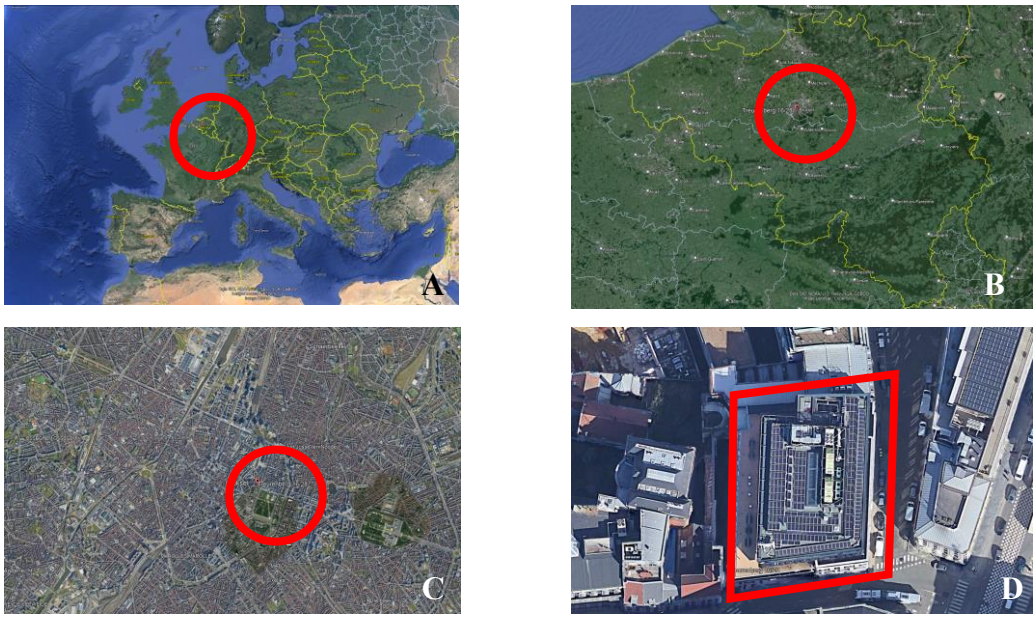
Sonuç olarak FNN Sürdürülebilirlik Merkezi aktif sistemlerden fotovoltaik paneller ile harcadığı enerjin en az %45'ini geri kazanmaktadır. Aynı zamanda güneş ışığını yapı içerisine alımını sağlamak ve yapı kabuğuyla güneş kontrolü sağlamak gibi hamlelerle pasif şekilde enerji kazanımı sağlamaktadır. Bununla birlikte iç avlunun havalandırmaya olan katkısı sayesinde yapay havalandırma sistemleri ile harcanacak maliyet ve elektrik harcamasının önüne geçilmiştir. Havalandırma konusunda standartlarda belirtilen havalandırma değerinden %30 daha yüksek bir değerde havalandırma sağlanmıştır. Bu sistemlerin toplamı ile enerji tasarrufu ve üretimi sağlanarak sürdürülebilirliğe katkı sağlayan bir yapı elde edilmiştir.

3.1.3 Treurenberg Binası

Treurenberg Binası Belçika'da bulunan bir ofis yapısıdır. Yapı yedi normal, üç bodrum kattan oluşur ve katlar boyunca uzanan bir atriyum etrafında şekillenir. Bununla birlikte yapıda siyah rengi ile öne çıkan beşinci katın bir kısmı, altıncı ve yedinci katların tamamının cephesi ve çatısında PV paneller kullanılmıştır. Tüm elektrik ihtiyacını karşılayan bir yapıdır.

Çizelge 3.5. Treurenberg Binası künyesi

Binanın konumu	: Belçika / Brüksel
Kullanım amacı	: Ofis
Yıllık enerji üretimi	: 142 MWh (ihtiyacın tamamı)
Kullanılan pasif sistemler	: Rüzgâr bacası ve güneş alıcı etkiyi artırıcı işlevde atriyum
Kullanılan aktif sistemler	: Fotovoltaik paneller (cephede ve çatıda)
Yapım şirketi	: ASSAR Mimarlık
Açılış yılı	: 2017
Yapı zemin alanı	: 12 130 m^2
Enerji Sertifikası	: BREEAM Excellent

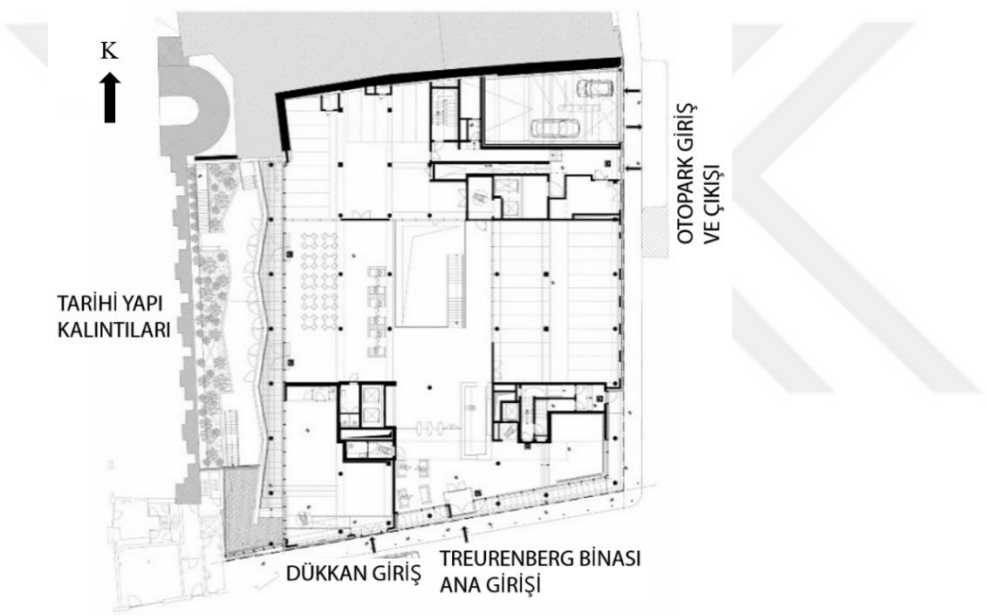


Şekil 3.17. Treurenberg binası uygu görüntüleri **A)** Ülke ölçeğinde konum **B)** Eyalet ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025c)



Şekil 3.18. Treurenberg Binası fotoğrafları **A)** Yapı cephesi **B)** PV panel kaplı siyah cephe **C)** Yapı terası **D)** Çatıdaki PV paneller **E)** Ortak bahçe ve iç mekan **F)** Ortak bahçe ve çatıdan ışık alım (Setesco, t.y.; Assar, t.y.)

Yapı içerisinde bulunan atriyum ile doğal ışık alımını artırmak ve yapay aydınlatmadan kaynaklı enerji kayıplarını azaltmak hedeflenmiştir. Atriyum aynı zamanda doğal havalandırmaya da olumlu katkı yapmaktadır. Pasif rüzgâr bacası olarak işlev alan atriyum, eksi iki ve eksi üç olmak üzere iki adet bodrum katı hariç diğer tüm katlara hizmet etmektedir. Ayrıca yapıda bulunan 1 134 m^2 alanındaki PV paneller, yapının yıllık olarak harcadığı enerjinin tamamını üretebilmektedir. Yapı yılda 44,74 kWh/m^2 elektrik harcamakta ve buna ek olarak yıllık 7,5 kWh/m^2 elektriği de ısınma için harcamaktadır. Yapıda bulunan PV panel sistemi ile yıllık toplam 142 MWh elektrik üretilmekte ve bu tüketim karşılanmaktadır (Assar, t.y.).



Şekil 3.19. Treurenberg binası Zemin kat planı (Assar, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

Zemin kat planına bakıldığında girişin güney cephesinden yapıldığı görülmektedir. Doğu cephesinde otopark giriş ve çıkışı vardır. Yapıda bulunan atriyum eksi birinci katta daha dar, zemin kat ve üzeri katlarda daha geniştir. Beşinci kat itibari ile atriyum daha da genişlemektedir. Beşinci kattaki bu genişleme ile açık teras alanı oluşturulmuş ayrıca oluşturulan kapalı alanda ofis kullanıcıları için sosyalleşme mekanları oluşturulmuştur.



Şekil 3.20. Treurenberg Binası cephesi beşinci kat planı (Decrop, 2022'den değiştirilerek alınmıştır)

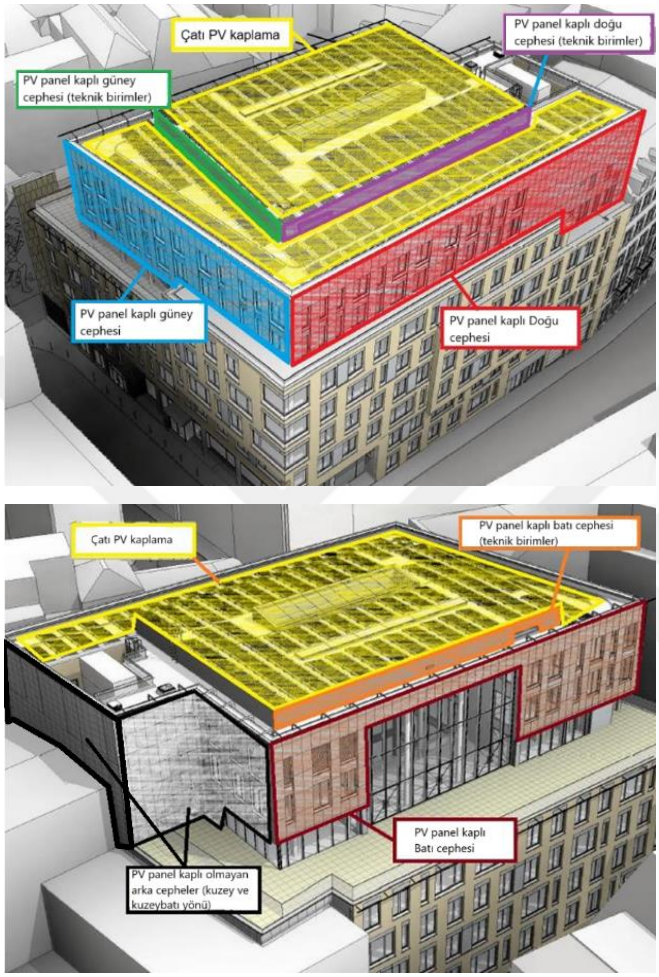
Beşinci kat planına bakıldığında planda yeşil ile renklendirilen alanlar kapalı teras alanlarıdır. Bu alanlar üç kat yüksekliğindedir. Kattaki ve binanın tamamındaki ofis birimleri tarafından kullanılabilirler. Beş adet ofis biriminin dış cepheye açılan bir penceresinin olmadığı görülmektedir. Atriyum, iç mekânda kalan bu ofis birimlerine ışık ulaşması ve hava sirkülasyonun sağlanması anlamında önemlidir.



Şekil 3.21. Treurenberg Binası kesitleri **A)** Hava sirkülasyonunu gösteren kesit **B)** Güneş alımını gösteren kesit (Assar, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

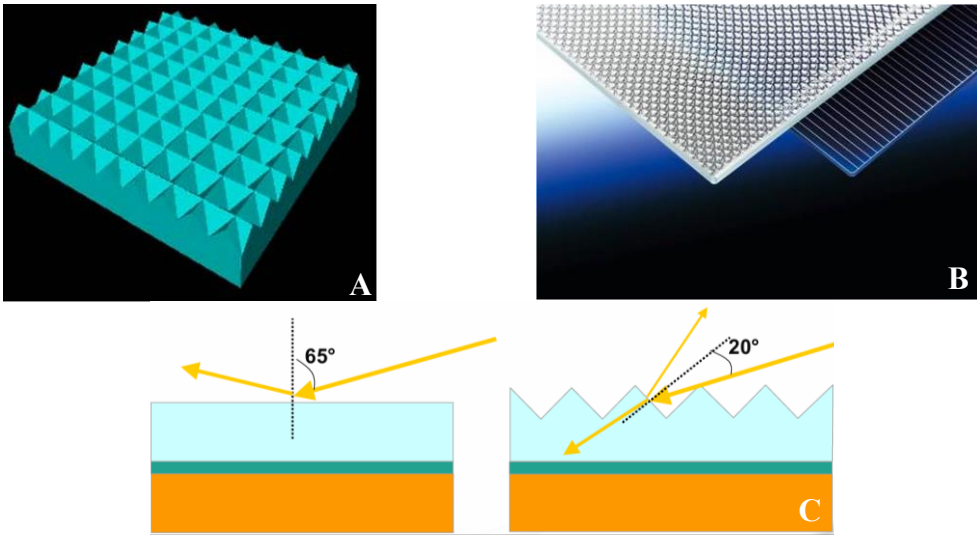
Kesite bakıldığında atriyumun bina içerisindeki konumu ve alt katlarda küçük şekilde başlayıp üst katlara doğru genişlemesi görülebilmektedir. Çatıda konumlandırılmış bir pencere ile ışık girişi artırılmıştır. Bu durum perspektif kesitte görülebilmektedir.

Cephe PV panelleri binanın beş ve sekizinci kat cepheleri boyunca yerleştirilmiştir. Bunun sebebi çevre yapılardan gelen gölgelemeyi en aza indirmektir. Ayrıca çatıda da PV paneller bulunmaktadır.



Şekil 3.22. Treurenberg Binası PV panellerinin konumları **A)** Çatı, Güney ve doğu cephelerindeki PV paneller **B)** Çatı, batı yönündeki PV paneller ve PV panel kaplı olmayan kuzey cephesi (Decrop, 2022'den değiştirilerek alınmıştır)

Yukarıdaki şemaya bakıldığında beşinci katın bir kısmının, altı ve yedinci katların bir kısmı hariç tamamının PV panel kaplı olduğu görülmektedir. Teknik birim olrak belirtilen alan yarım kat yüksekliğinde olup yan yüzeyi ve çatısı PV panel kaplıdır. Yapıda kuzey cephesi hariç tüm cephelerde PV panel kullanıldığı görülmektedir. Yapıda kullanılmış olan PV paneller monokristal yani tek parça silikon katmanıyla üretilmiş verimi yüksek PV panellerdir (Decrop, 2022).



Şekil 3.23. Cephe PV panellerin verimini arttırmak amacıyla yerleştirilmiş Albarino P camının şemaları **A)** Camın modeli **B)** Camın yakından görüntüsü **C)** Işığın piramidal yüzeyden kırılma şeması (Nositschka, 2008)

Yapının yapıldığı konumda PV paneller optimum olarak güney yönünde 38 derece açıyla yerleştirilmesi gerekmektedir.yapıda hiçbir panel bu şarta uymamaktadır. Ancak verimi artırmak için cepheye yerleştirilmiş PV paneller özel bir camın arkasına yerleştirilmiştir. Albarino markasının P modeli olan bu cam, güneş alımını artırmak amacıyla güneş ışınlarını kırarak PV panellere dik açıyla gelmesini sağlar. Bu sistemin verimliliğe etkisi güneşin PV panele geliş açısına göre değişmektedir. Cepheye monte PV panellerde genel olarak %10'a varan bir verimlilik artışı sağlamaktadır. Bu tabakanın kalınlığı 4mm'dir. Çatıdaki PV panellerde kullanılmamıştır (Nositschka, 2008).

Cepheye 163 m'ye 80 cm uzunluğunda 170 Wp gücünde monokristal özellikli paneller yerleştirilmiştir. Çatıda ise 163 cm'e 98 cm uzunluğunda monokristal PV panel modülleri kullanılmıştır. Bu paneller düz çatı ile arasında 5° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Çatıda kullanılan paneller çok yüzlü, cephede kullanılanlar tek yüzlüdür. Tek yüzlü paneller güneşi yalnızca bir yönden alırken çok yüzlü PV paneller zeminden yansıyan ışığı da kullanabildiğinden tek yüzlü panellere kıyasla daha verimlidirler. PV panellerden gelen DC akımı AC ye çevirmek için sisteme 8 adet invertör cihazı bağlanmışır. İnvertör cihazları PV panellerden gelen DC elektriği AC elektriğe çevirerek makinaların kullanımı ve şebekeyle bağlantıya hazır hale getirir. İnvertör cihazları; en fazla elektrik ürettiği için

çatıya dört adet, doğu cephesine iki adet ve batı cephesine iki adet bağlanmıştır (Decrop, 2022).

Çizelge 3.6. Treurenberg binası kullanılan PV panellerin teknik verileri (Decrop, 2022)

	Modül adedi	PV yüzey alanı (m2)	Panellerin toplam güçü (kWp)	Yıllık üretilen elektrik (MWh)	Gölgelemeye bağlı kayıplar	Performans oranı
Doğu cephesi	209	281,5	38,2	20	%3,22	%82,49
Güney cephesi	136	184,2	25,2	16,5	%4,45	%76,3
Batı cephesi	149	202,71	27,9	14,4	%2,67	%80,28
Çatı	223	358,77	61,9	51,2	%3,98	%82,88

PV paneller en fazla çatıda ve devamında doğu cephesinde konumlandırılmıştır. Bu sebepten en fazla elektriği de yine bu yüzeyler üretmektedir. En fazla gölgenin güney cephesine gelmesi bu bölgede çalışan PV panellerin performans oranını düşürmüştür. Performans oranı basitçe PV panellerin yüzde kaç verimlilikle çalıştığının bir ölçütüdür. Hesaplanmasında PV panellerin yıllık olarak ürettiği elektrik değeri panellerin toplam gücüne bölünmüş, çıkan sonuç bölgenin yıllık olarak alınan ışınım değerine bölünmüştür. Bu hesaplamayla en verimli olarak çatı ve doğu cephesinin elektrik ürettiği görülmektedir. Doğu cephesinin verimliliği çatıya çok yakın bir değerdir. Yapının ürettiği toplam elektriğin %50,14'ü çatıda %49,86'sı ise cephelerde üretilmektedir (Decrop, 2022). Üç cephenin toplamının çatıya neredeyse eşit elektrik üretmesinin sebepleri arasında panellerin m^2'si, gölgelenme oranları ve kurulu gücün farklı olması gibi farklılıklar vardır.

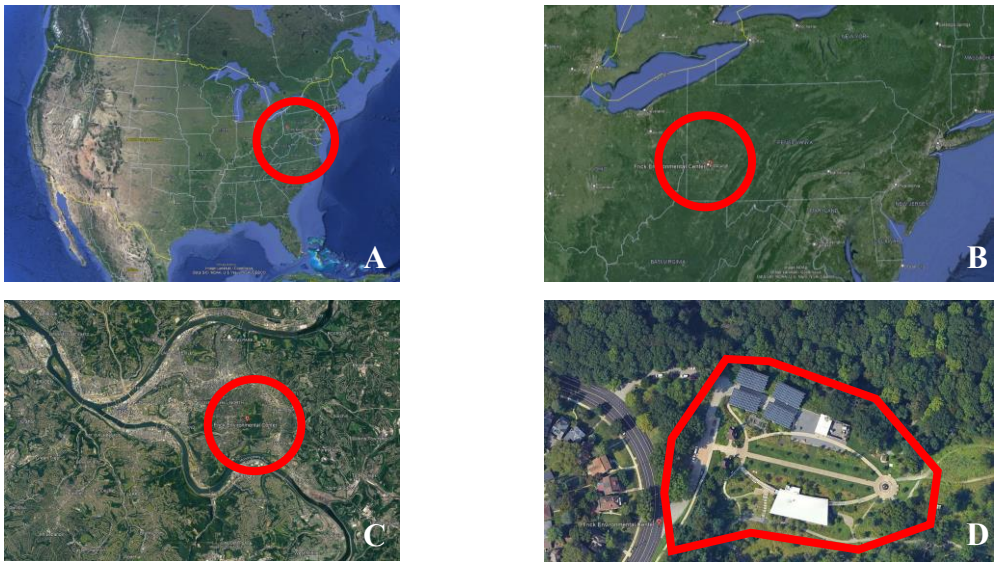
Sonuç olarak yapıda kullanılan PV panellerle yapının tüm elektrik ihtiyacı karşılanmıştır. Elektrik üretim oranlarına bakıldığında cephe PV panellerinin yapının elektrik ihtiyacının neredeyse yarısını üretmesi, bu PV panel tasarımının enerji etkin yapı tasarımında önemli bir rol üstlenebileceğini göstermektedir.

3.1.4 Frick Çevre Merkezi (Frick Environmental Center)

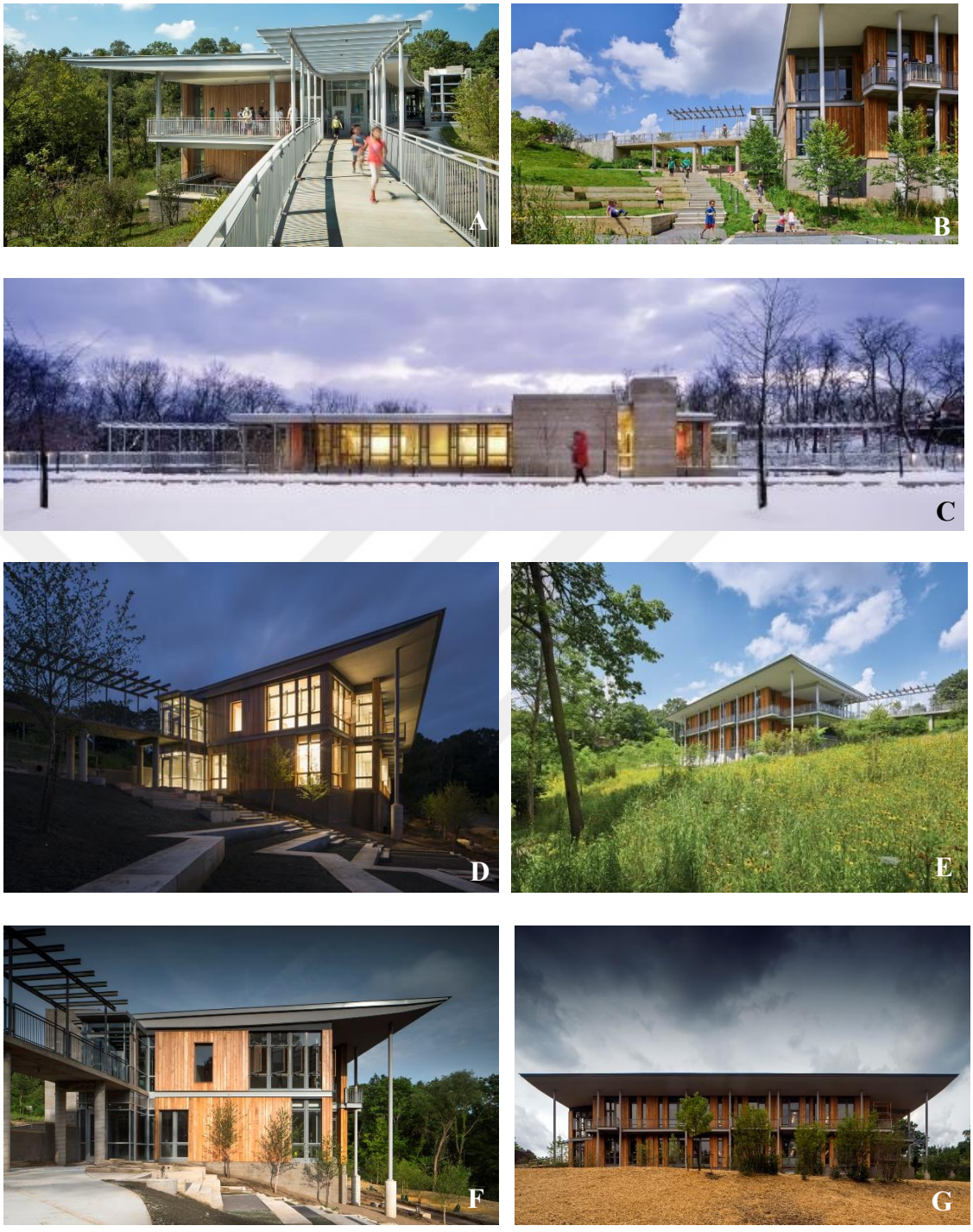
Yapı; kullandığından fazla enerji üreten, LEED sertifikalı, aktif ve pasif sistemleri birlikte kullanan bir yapı örneği olması sebebiyle seçilmiştir. Aktif sistemlerde jeotermal ısı pompası ve PV panelleri kullanmaktadır. Pasif sistemler olarak güneş kazanımı ve pasif havalandırma sistemlerini kullanmaktadır.

Çizelge 3.7. Frick Çevre Merkezi künyesi

Binanın konumu	: ABD / Pittsburgh
Kullanım amacı	: Eğitim ve kültür merkezi
Yıllık enerji üretimi	: 327 912 kW (ihtiyacın %122'si üretilmektedir)
Kullanılan pasif sistemler	Güneş kazanımı için tasarım, çapraz havalandırma rüzgâr bacası, binanın yönelenimi ve binanın şekli
Kullanılan aktif sistemler	Jeotermal ısı pompası Fotovoltaik paneller
Yapım şirketi	: Bohlın Cywınskı Jackson
Açılış yılı	: 2016
Yapı zemin alanı	: 1449 m^2
Enerji Sertifikası	: LEED Platinum :Living Building Challenge

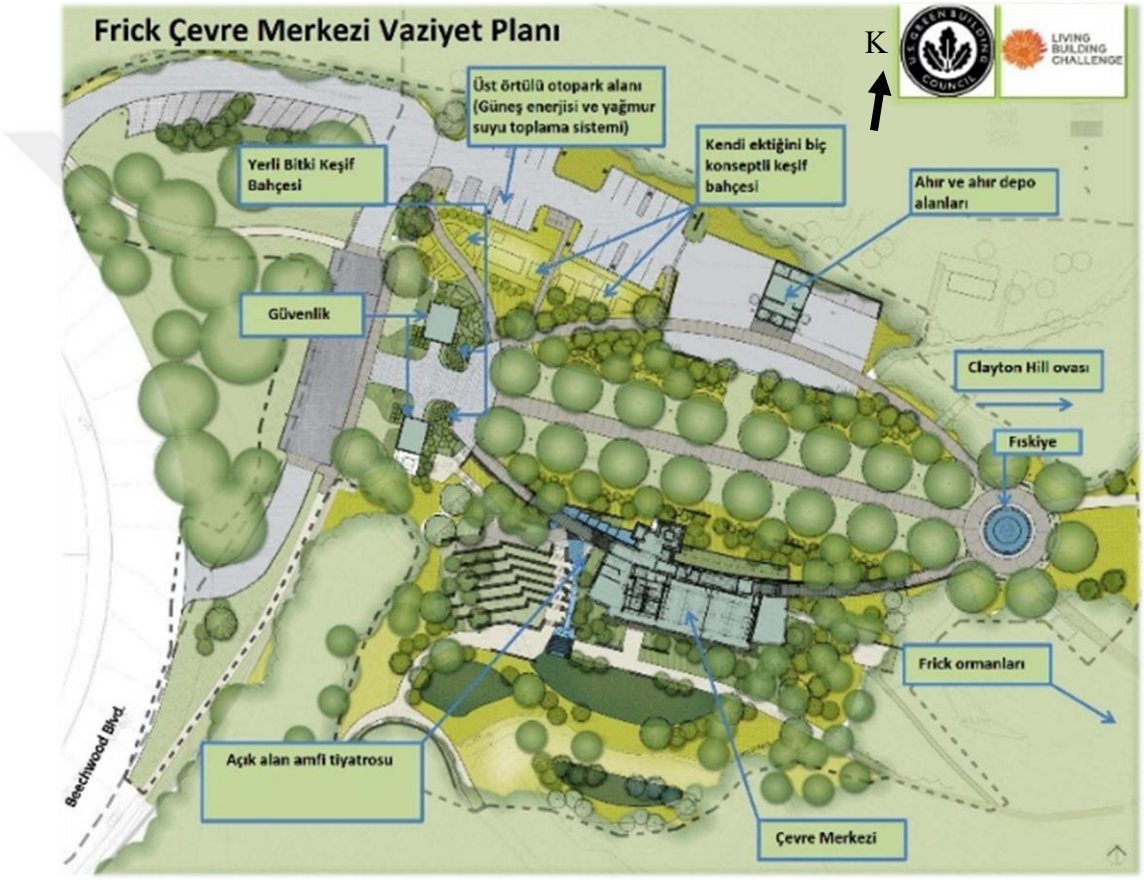


Şekil 3.24. Frick Çevre Merkezi uygu görüntüleri **A)** Ülke ölçeğinde konum **B)** Eyalet ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025ç)



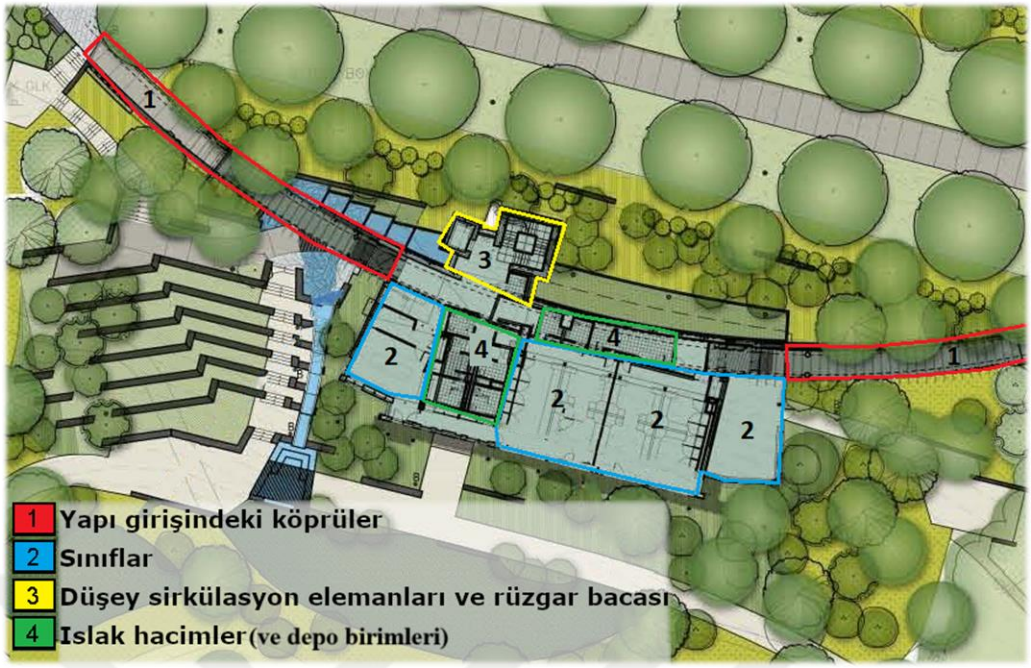
Şekil 3.25. Frik Çevre Merkezi fotoğrafları **A)** Yapının girişindeki rampa **B)** Yapının çevresi ile genel fotoğrafı **C)** Yürüyüş yolundan yapının görünüşü **D)** Yapının dış mekan görüntüsü **E)** Yapı genel fotoğrafı **F)** Yapının batı cephesi **G)**Manzaraya bakan cephe (güney) (Denmarsh, 2016; Lehoux, 2016; Massery, 2016)

Yapı sürdürülebilirlik kavramına farkındalık yaratmak için teorik olarak eğitimler vermektedir. Enerji kazanım ve tasarruf sistemleri ile yapının kullanıcılarına örnek olmak amaçlanmıştır. Pasif ve aktif sistemler birlikte kullanılarak yapı yılda harcadığının %122 kadarını geri üretebilmeyi başarmaktadır. Kullanılan aktif sistemler jeotermal ısı pompası ve fotovoltaik panellerdir. Kullanılan pasif sistemler ise binanın güneşe yönelenimi, binanın şekli, doğal havalandırmanın artırılması ve gün ışığı alımı için tasarım yapılmasıdır.



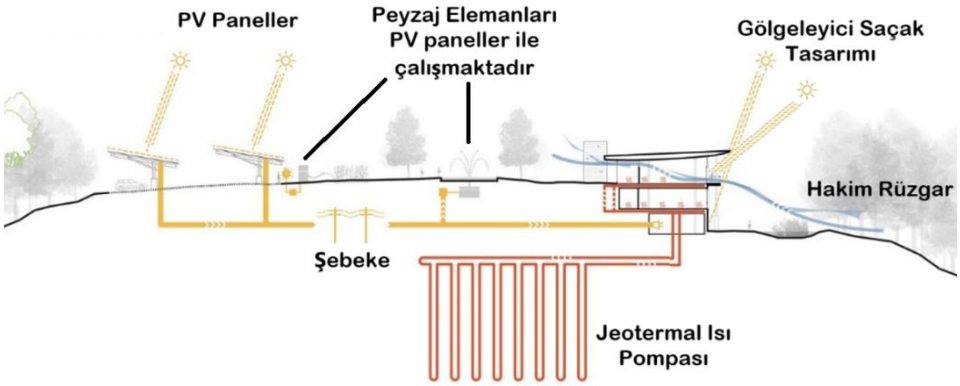
Şekil 3.26. Frick Çevre Merkezi Vaziyet Planı (Gravina, 2015'den değiştirilerek alınmıştır)

Çocuk ve yetişkinlere; uygulamalı bahçe, ahır alanı, bitki tanıtım alanları, açık amfi tiyatrosu ve yapı içerisindeki sınıflarda doğanın tanınması ve sürdürülebilirlik kavramı ön plana çıkarmak için eğitimler verilmektedir. Yapı arazinin güney yönünde konumlandırılmıştır ve yapı hâkim rüzgâr yönüne dik bir formda tasarlanmıştır. Derslik alanları yapının güney cephesinde yer almaktadır.



Şekil 3.27. Frick Çevre Merkezi Zemin Kat Planı (Gravina, 2015'den değiştirilerek alınmıştır)

Eğitim alanları güneş alımını artırmak ve topografyadaki eğimi kullanmak amacıyla yapının güney cephesine bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapının girişine yerden yükselen bir rampa ile ulaşıldığı görülmektedir. Bu tasarımla çevredeki yeşil dokuyu insanlara daha fazla göstermek amaçlanmıştır.



Şekil 3.28. Frick çevre merkezi enerji şeması (Anonim, 2025p'den değiştirilerek alınmıştır)

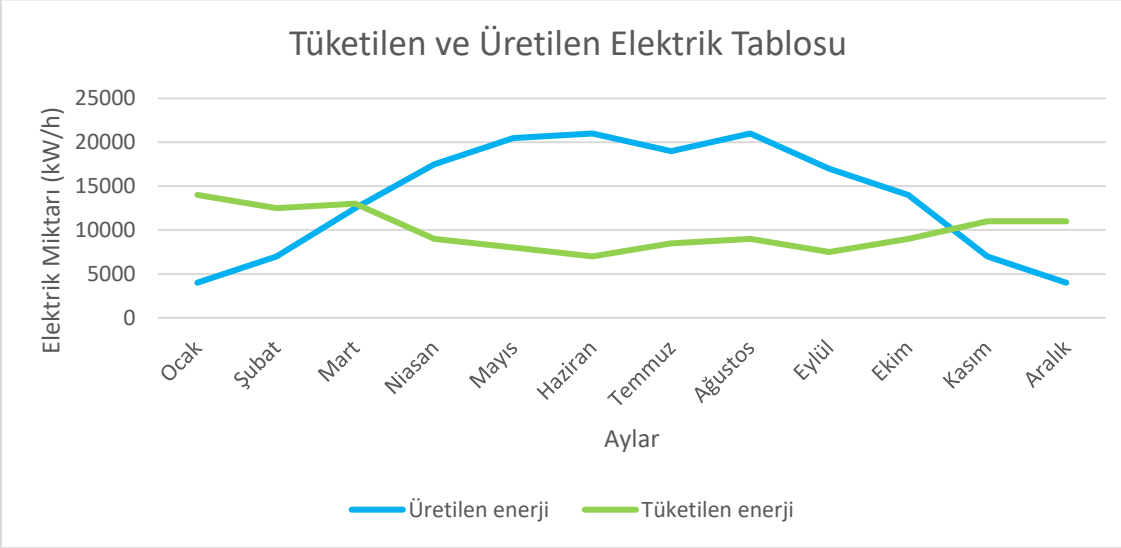
Yapıda kullanılan ısı pompası sıvı dolaşımlıdır. Yapının ısıtmasında ve soğutulmasında kullanılır. On sekiz adet sondaj on üç metre derine inmektedir. Jeotermal ısı pompası

peyzaj alanının ortasında, yürüyüş alanının altında bulunmaktadır. Yaklaşık 40 MWh'lik bir enerji üretim değeri bulunmaktadır (Gardner, 2019).



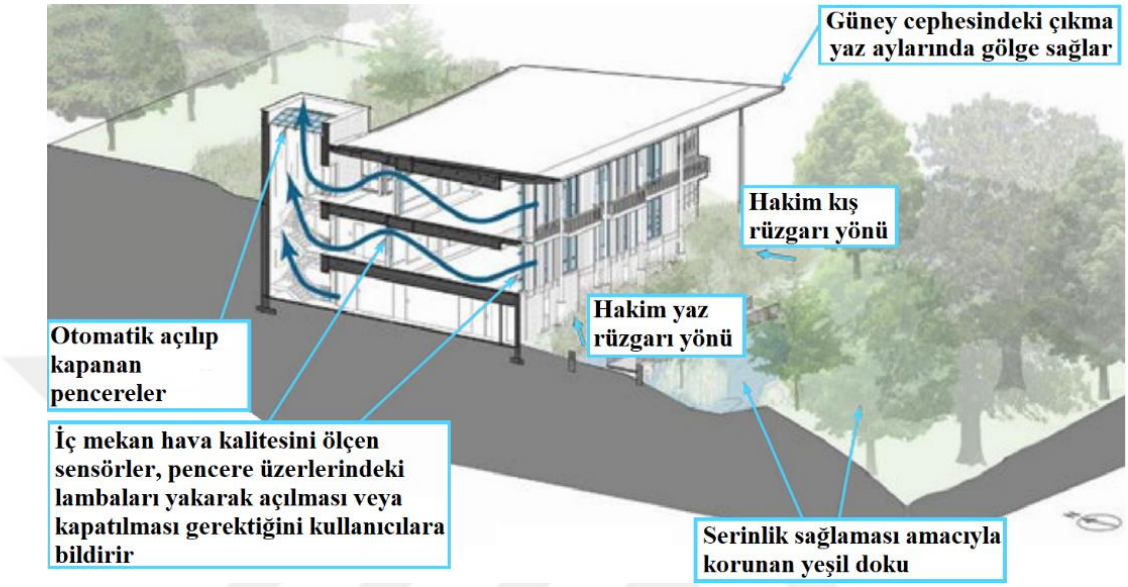
Şekil 3.29. Frick Çevre Merkezi (Google, 2025a)

Yapının çatısında ve kuzeyindeki araç otoparklarında yer alan fotovoltaik panellerle güneş enerjisi elektriğe dönüştürülür. Tüm sistemlerle üretilen elektrik yapının ihtiyacının %122'sini üretmektedir. Üretilen elektrik, yapıda kullanılmakta, fıskiyenin su pompası ve elektrikli araç şarj istasyonu gibi peyzaj unsurlarını çalıştırmakta ve fazlası şebekeye tahsil edilmektedir. 2019 yılı boyunca izlenen PV panel aktivitesinde 166 452 kWh üretim, 122 376 kWh tüketim gerçekleşmiştir. Bunun sonucunda yapının 54 076 kWh elektrik şebekeye tahsil ettiği görülmektedir (Building Technologies Office, 2022).



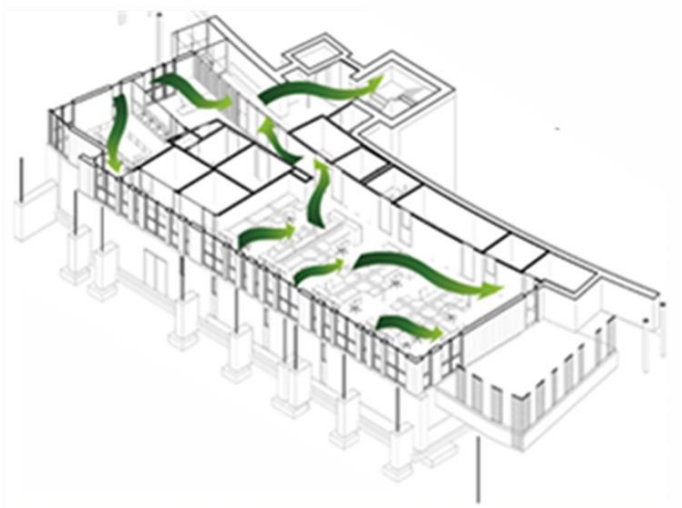
Şekil 3.30. Frick Çevre Merkezi 2019 yılına ait aylara göre enerji üretimini gösteren tablo (Building Technologies Office, 2022'den değiştirilerek alınmıştır)

Yapıda tüm aylarda tüketilen elektrik benzer seviyede kalmaktadır. Üretilen elektrik ise yaz aylarında tüketilenden fazla olurken kış aylarında bu durum tersine dönmektedir. Bu sebepten enerji pozitiflik yıl bazında üretilen ve tüketilen elektrik ile belirlenir.



Şekil 3.31. Frick Çevre Merkezi kesiti ve rüzgar bacasının konumu (Building Technologies Office, 2022'den değiştirilerek alınmıştır)

Yapının güney cephesindeki pencerelerinden giren hava, yapı boyunca sirküle olarak merdiven üzerindeki açıklıktan çıkmaktadır.



Şekil 3.32. Frick Çevre Merkezi pasif hava sirkülasyon şeması (Building Technologies Office, 2022)

Manuel mekanik havalandırma kapakları ve manuel pencereler hava ısısının fazla veya az olduğunu ışık ile kullanıcılara bildirir. Kullanıcılar isterlerse pencerelerin ayarına dokunmayabilirler. Merdivenin üzerindeki pencereler otomatik çalışır ancak pencerelerin büyük bir çoğunluğu manueldir (Building Technologies Office, 2022).



Şekil 3.33. Frick Çevre Merkezi Kuzey görünüşü (Anonim, 2025p'den değiştirilerek alınmıştır)

Kuzey cephesinde rüzgar bacaları görülmektedir. Tepesinde otomatik pencerelere sahip olan bu bacalardan biri merdiveni diğeri de asansörü içermektedir.



Şekil 3.34. Frick Çevre Merkezi Güney görünüşü (Anonim, 2025p'den değiştirilerek alınmıştır)

Güney cephesine bakıldığında bina girişine ulaşan rampalar görülmektedir. Aynı zamanda bu cephe güneş alımını arttırmak amacıyla kuzey cephesine oranla daha geniş pencere alanına sahiptir.

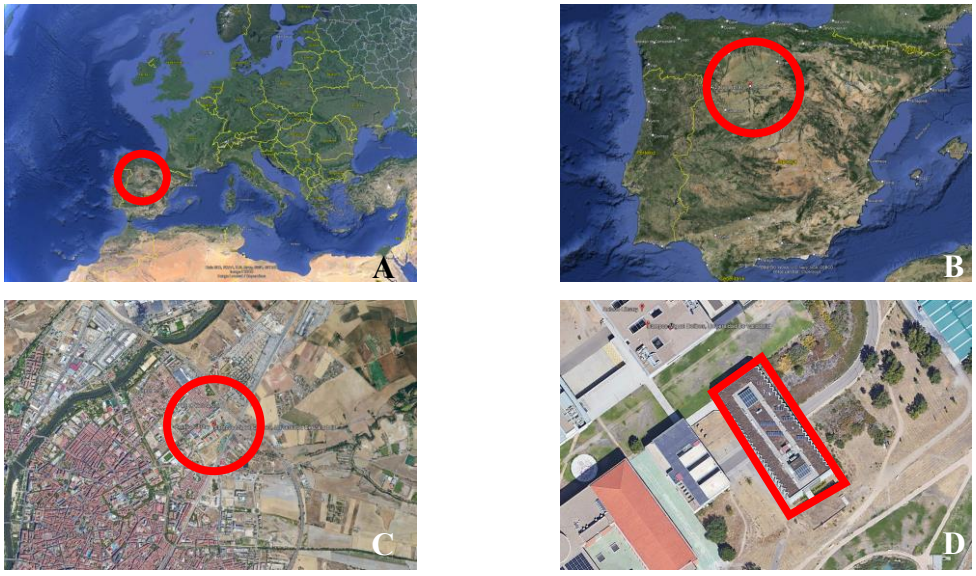
Sonuç olarak Frick Çevre Merkezi güneş alımı, çapraz havalandırma tasarımı, PV paneller, jeotermal ısı pompası sistemi, düşey sirkülasyon alanlarını rüzgâr bacası olarak kullanma gibi enerji kazanım stratejilerini uygulamıştır. Tüm bu sistemler toplamda ihtiyacından fazla elektrik üreten bir sistem oluşturmuştur.

3.1.5 Lucia Binası (Lucia Building)

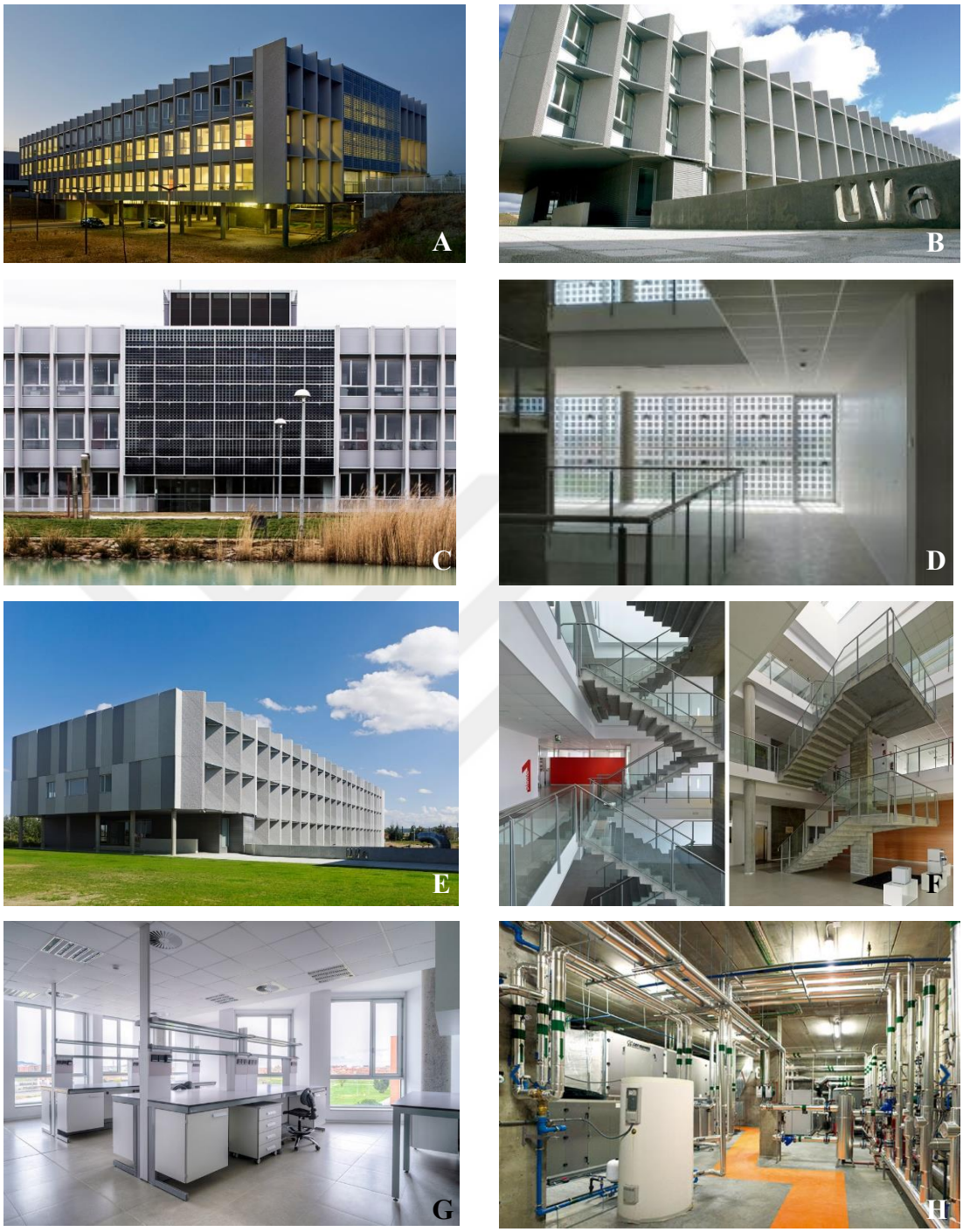
Yapı gastronomi, Valladolid Üniversitesi içerisinde bulunan metabolik bozukluklar, iletişim ve bilgi teknolojileri gibi birçok disipline hizmet eden bir bilimsel araştırma laboratuvarıdır. Biyoyakıt enerji üretim sistemi, jeotermal ısı pompası, cephede şeffaf ve çatıda şeffaf olmayan PV paneller kullanılmıştır. İhtiyaç elektriğinin tamamını karşılayabilmektedir.

Çizelge 3.8. Lucia Binası Künyesi

Binanın konumu	: İspanya / Valladolid
Binanın kullanım amacı	: Üniversite laboratuvarı
Enerji üretimi	: 498,3 MWh (İhtiyacının tamamı)
Kullanılan pasif sistemler	: Güneşi yapı içerisine alan tasarım
Kullanılan aktif sistemler	: Fotovoltaik paneller Biyokütle enerji santrali Jeotermal enerji santrali
Yapım şirketi	: Francisco Valbuena García.
Açılış yılı	: 2015
Yapı zemin alanı	: 7 500 m^2
Enerji Sertifikası	: LEED Platinum



Şekil 3.35. Lucia binası uygu görüntüleri **A)** Ülke ölçeğinde konum **B)** Eyalet ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025d)



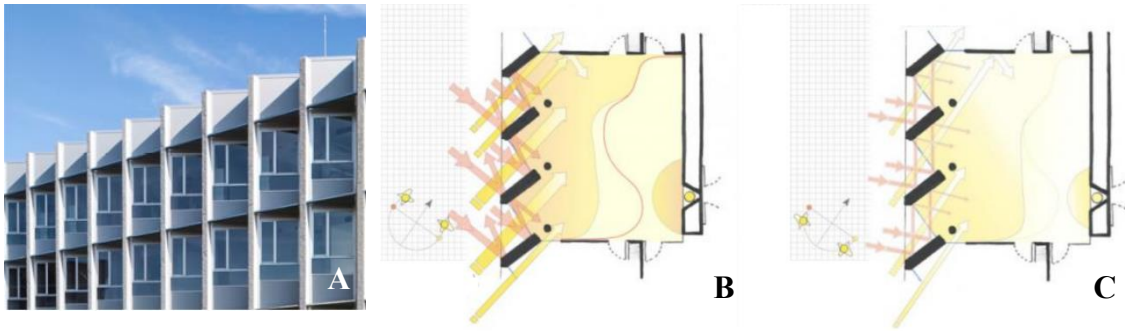
Şekil 3.36. Lucia Binası fotoğraflar **A)** Yapının güneybatı yönünden fotoğrafı **B)** Yapının genel fotoğrafı **C)** Yapının güneydoğu cephesi **D)** İç mekandan yarı şeffaf PV paneller **E)** Yapı genel fotoğrafı **F)** İç mekandan görseller **G)** Labratuvar alanları **H)** Labratuvar alanları (Diaz, 2016; Anonim, 2025r; Anonim, 2025s)

Yapının enerji kazanımında olumlu etki sağlayan sistemler; doğal gün ışığı kullanımını artırmak, cephedeki PV paneller ile güneş kırıcı özellik, PV paneller ile elektrik üretimi, biyoyakıt (trijenerasyon) sistemi ve jeotermal ısı pompası sistemleridir.



Şekil 3.37. Lucia Binası zemin kat planı (Anonim, 2025ş'den değiştirilerek alınmıştır)

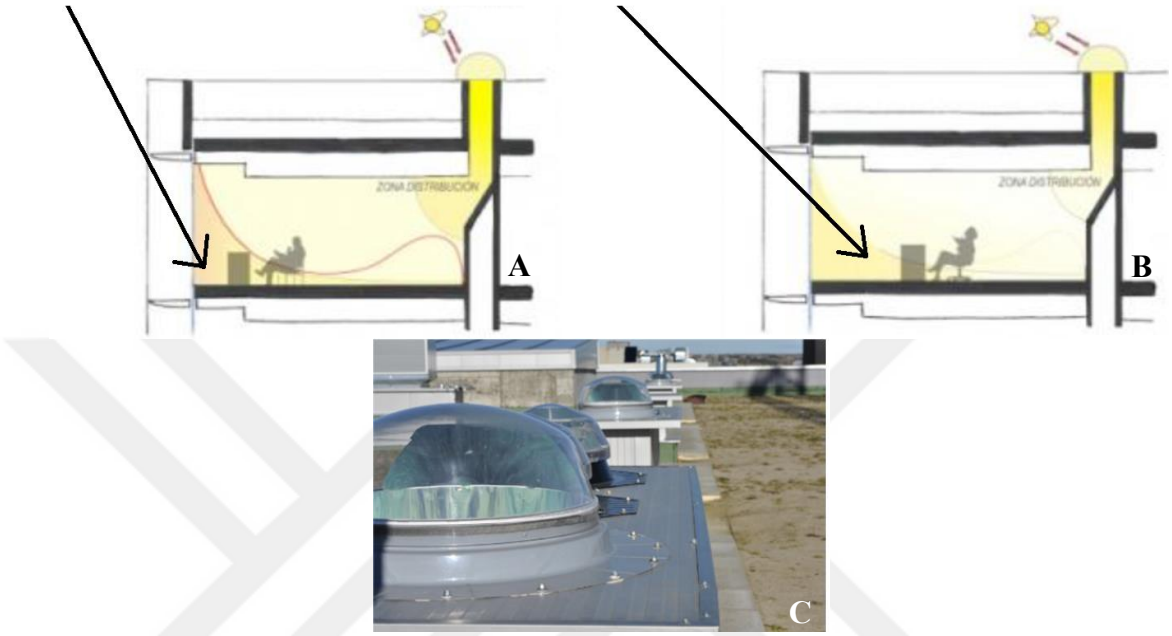
Yapı zemin kat plan şemasına bakıldığında giriş kuzeydoğu cephesinden sağlanmaktadır. Zemin kat planında pembe reknli alanlar derslik alanlarıdır. Ortada ise düşey sirkülasyon alanları ve tuvaletler bulunmaktadır.



Şekil 3.38. Lucia Binası cephe tasarımı ve plan şeması **A)** Yapının cephe fotoğrafı **B)** Yaz ayı **C)** Kış ayı (Valbuena ve Diaz, 2014; Diaz, 2016)

Cephelerde tırtıklı bir yüzey dikkat çekmektedir. Bu tırtıklar pencerelerden güneş alımını kontrol etmek içindir. Tırtıklı yüzey sayesinde yapının pencerelerinin %89'unun güney ve doğu yönüne bakması sağlanmıştır. Yapılan cephe tasarımı sayede güneş alımı kışın

artırılmış, yazın ise iç mekân yakıcı güneşten korunmuştur. Yapıda bu cephe tasarımı sayesinde enerji tüketiminde %24'lük bir düşüş gözlemlenmiştir (Valbuena ve Diaz, 2014).



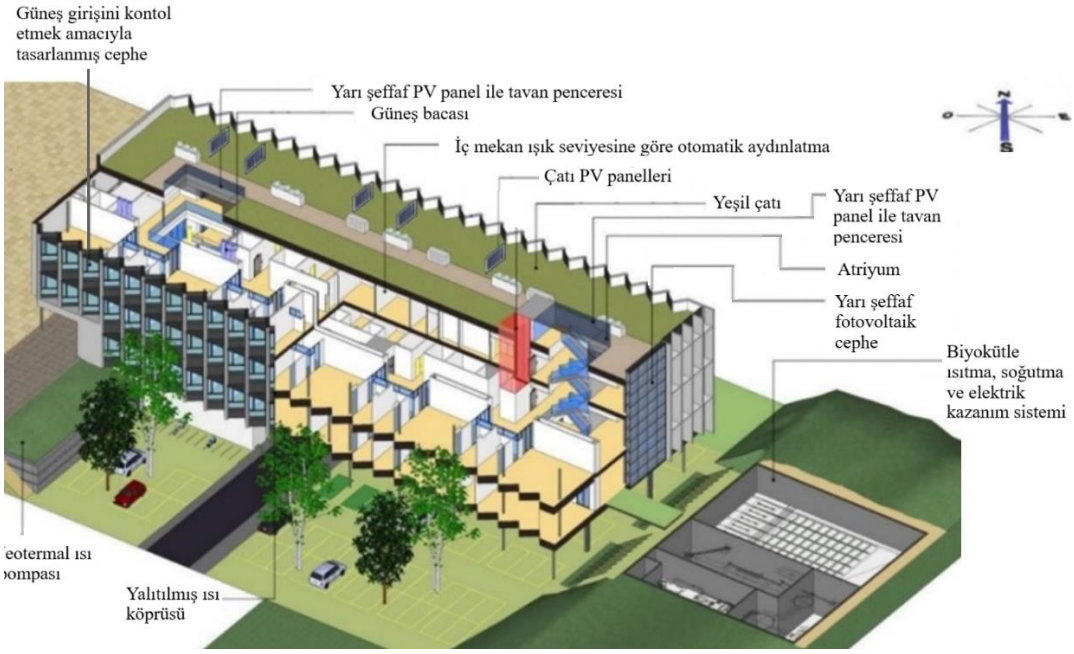
Şekil 3.39. Lucia Binası Derslik birimlerini gösteren kesitler ve güneş bacası **A)** Yaz ayı **B)** Kış ayı **C)** İç mekana doğal ışık ulaşması amacıyla çatıya yerleştirilmiş güneş bacaları (Diaz, 2016'dan değiştirilerek alınmıştır)

Şemalarda kış ve yaz ayına göre güneşi içeriye alan veya engelleyici önlem olarak kullanılan tasarımın şeması verilmiştir. Yazın daha dik açıyla gelen güneş, güneş kırıcılar ile engellenir ancak bu durum ışığın mekanın pencereden uzak olan kısımlarına gitmesini engelleyeceğinden tüm katlardaki odalara güneş bacası sistemi eklenmiştir. Bu sistem sayesinde güneş yazın daha dik açıyla geldiğinden pencere tarafından daha çok bloke edilir ve odanın arkasındaki bacadan daha çok girer. Kış aylarında ise güneş pencere tarafından daha yatay bir açıyla geldiğinden odanın daha derinin kısmına ulaşabilir. Güneş bacasına da daha yatay açıyla geldiğinden bu bölgeden de daha az güneş ışığı girişi sağlanır.



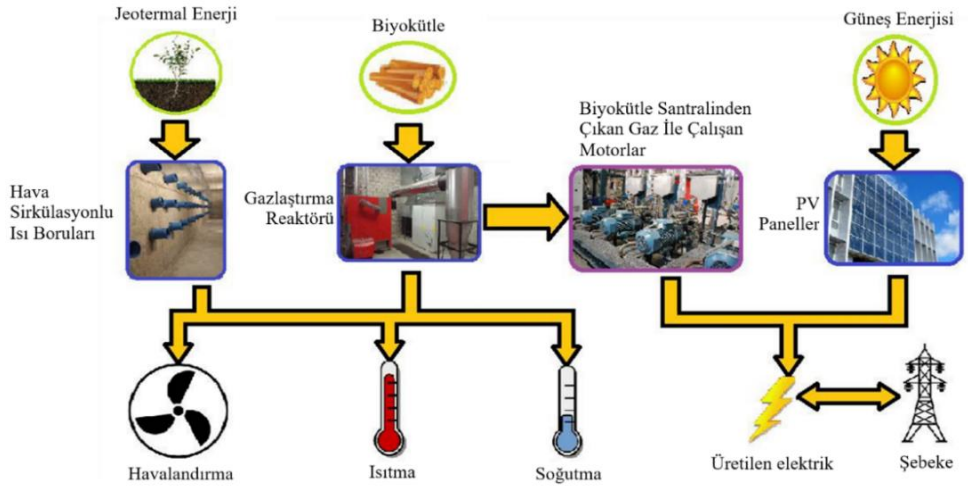
Şekil 3.40. Lucia Binası Derslik birimlerini gösteren kesitler ve güneş bacası **A)** Yarı şeffaf cephe PV panelleri **B)** Yarı şeffaf cephe PV panelleri iç mekandan fotoğraf **C)** Çatı penceresi yarı şeffaf PV panelleri (Valbuena ve Diaz, 2014).

Yapıda kullanılan yarı şeffaf PV paneller sayesinde yapının içerisine doğal ışık girmesi sağlanmış ve güneş kırıcı etki oluşturulmuştur. Yarı şeffaf PV paneller yapıda güneydoğu cephesi ve çatı pencerelerinde olmak üzere iki noktada kullanılmıştır. Cephede kullanılan PV paneller sayesinde yılda 5 000 kWh, çatı penceresindekiler ile ise 5 500 kWh elektrik üretilmesi sağlanmıştır. Çatıdaki paneller ile birlikte PV panellerden toplamda üretilen elektrik 22,3MWh'tir (Valbuena ve Diaz, 2014).



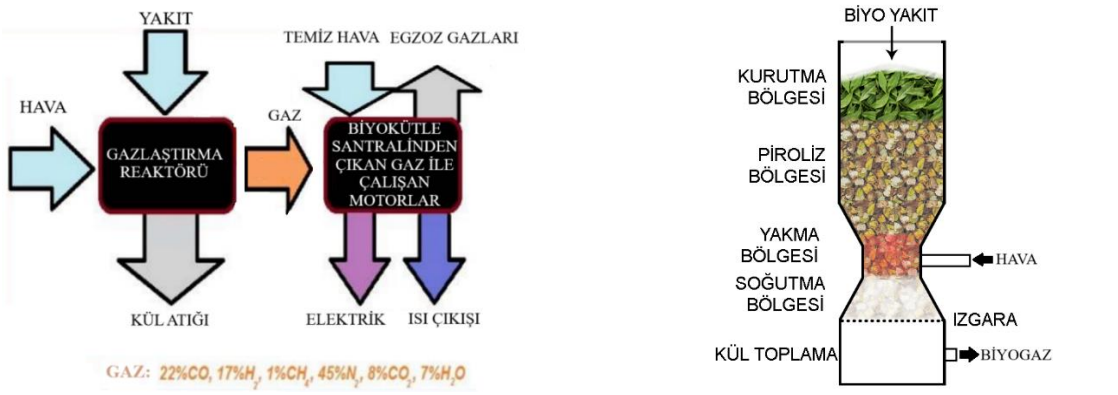
Şekil 3.41. Lucia Binası enerji üretim sistemlerinin konumunu gösteren şema (Valbuena ve Diaz, 2014'den değiştirilerek alınmıştır)

Yukarıdaki şemada yapının enerji üretim sistemlerinin konumları görülebilmektedir.



Şekil 3.42. Lucia Binası Enerji üretim sistemleri şeması (Rey-Hernández ve ark., 2018'den değiştirilerek alınmıştır)

Yapının enerji üretim şemasında jeotermal, biyokütle ve PV panellerin enerji üretme sistemleri olarak kulanıldığı görülmektedir. PV paneller ve biyokütle enerji üretim sistemi yapıda kullanılan elektriğin belli bir bölümünü üretmektedir ayrıca şebekeye de bağlantılıdır. Jeotermal sistemden ısı ve havalandırma sağlandığı için şebekeyle herhangi bir bağlantısı bulunmamaktadır.



A **B**

Şekil 3.43. Lucia Binası Biyogaz enerji sistemleri şemaları **A)** Biyogaz elde etme sistemi şeması (Rey-Hernández ve ark., 2018'den değiştirilerek alınmıştır) **B)** Gazlaştırma reaktörü şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yapıda kullanılan biyoenerji santrali; tarımsal atıklar ve gıda işleme atıklarını kullanır. Bu atıklar gazlaştırma işlemine tabi tutulurlar. Amaç; ham halde gelen yakıtın içerisindeki enerjiyi yoğunlaştırıp verimini artırarak emisyonları düşürmektir. Bu işlem gazlaştırma reaktörü adı verilen yakma odalarının içine ham maddenin atılması ve gaz elde edilmesi

yöntemiyle çalışmaktadır. Bu işlem sırasıyla ham maddenin kurutma, piroliz, yakma ve indirgeme işlemlerine tabi tutulması ile tamamlanır. Sistemde gerçekleşen bu aşamalardan kurutma; ham madde içerisindeki suyun uzaklaştırılması sağlanır. Piroliz aşamasında madde alev almadan kömürleşmeye başlar. Yakma işleminde ısı ve hava etkisiyle kömürleşen madde yakılır. İndirgeme işleminde ise yanan madde soğutularak gaz çıkışı sağlanır. Bu işlem sonucunda elde edilen gaz ise biyogaz reaktörünün alt kısmında bulunan süzgeçten sızarak boru ile tahliye edilir. Bu gaz ağırlıklı olarak N_2, CO ve H_2 den oluşur. N_2 (azot) yanıcı değildir ancak CO (karbonmonoksit) ve H_2 (hidrojen) yanıcıdır ve sistemde ısı ve elektrik üretmek amacıyla yakıt olarak kullanılır (Rey-Hernández ve ark., 2018).



Şekil 3.44. Lucia Binası jeotermal ısı pompası sistemi **A)** Isı pompasının dışarıdan görüntüsü **B)** Isı pompası inşa fotoğrafları (Valbuena ve Diaz, 2014).

Yapıda kullanılan jeotermal ısı pompası sistemi hava sirkülasyonludur. Yılda 25 000 kWh termal enerji üretir. Yapının havalandırma sistemine doğrudan bağlıdır. Yapıda sirküle eden hava istendiğinde dış mekandan istendiğinde ısı pompası içerisinden gelecek şekilde iç mekana verilebilir (Valbuena ve Diaz, 2014).

Sonuç olarak yapıda uygulanan pasif güneş kazanım stratejileri ile yazın daha dik açıyla gelen güneş ışınlarını engellerken, kışın daha yatay açıyla gelen ışınları geçirerek iç mekânda hem ısı hem ışık kontrolü yapılmıştır ve güneş bacaları ile bu sisteme destek olunmuştur. Fotovoltaik paneller, biyokütle enerji santrali ve jeotermal ısı pompası ile yapının elektrik ihtiyacı karşılanmıştır. Yapının 2020 yılı enerji tüketim ve üretim oranlarına bakıldığında toplam 497,8 MWh tüketim, 498,3 MWh üretim gerçekleşmiştir. Yapı yıllık olarak bakıldığında en az kullandığı kadar enerji üretmektedir (Rey-Hernández ve ark., 2018).

3.1.6 Gaziantep Ekolojik Bina

Yapı 2014 yılında faaliyete geçmiştir. 2025 yılı itibariyle aktif olarak kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlikle alakalı konferanslar verilmekte, okul gurupları için rehberli bina turları yapılmakta ve atölye etkinlikleri düzenlenmektedir. Yapı aktif ve pasif enerji kazanım sistemleriyle ihtiyacından daha fazla enerji üretebilmektedir.

Çizelge 3.9. Gaziantep Ekolojik Bina künyesi

Binanın konumu	: Türkiye / Gaziantep
Kullanım amacı	: Sürdürülebilirlik merkezi
Yıllık elektrik enerjisi üretimi	: 25 592 kW (ihtiyacın %174'ü üretilmektedir)
Kullanılan pasif sistemler	: Yapının yönelimi, Yapının formu
Kullanılan aktif sistemler	: Fotovoltaik paneller (20,16 KW), Hava kaynaklı jeotermal ısı pompası Sıvı kaynaklı jeotermal ısı pompası
Yapım şirketi	: Mimta EcoYapı
Açılış yılı	: 2014
Yapı zemin alanı	: 405 m^2
Enerji Sertifikası	: *LEED Platinum *Passive House



Şekil 3.45. Gaziantep Ekolojik Bina uydu görüntüleri **A)** Kıta ölçeğinde konum **B)** Ülke ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025e)



Şekil 3.46. Gaziantep Ekolojik Bina fotoğrafları **A)** Yapının genel fotoğrafı **B)** Yapının Girişi **C)** Yapının çevresi ile genel fotoğrafı **D)** Yapının maketi **E)** İç mekan fotoğrafı (çalışma alanı ve fuaye) **F)** İç mekan fotoğrafı (Konferans salonu) (Özpınar, 2021)

Yapı Gaziantep Üniversitesi ve Gaziantep Belediyesi iş birliği ile yürütülen, 2014 yılında faaliyete geçmiş bir yapıdır. İnsanlarda sürdürülebilirlik bilincini oluşturabilmek amacıyla etkinlikler yapmaktadır ve eğitimler vermektedir. Alman mimar Roland Matzig tarafından tasarlanmıştır. 2800 m2 arazi içerisinde bulunan yapı 325 m2'dir. Özellikle toplu taşıma ile ulaşımın rahat olacağı bir araziye yerleştirilmiştir. Metro durağı yapıya 100 m mesafededir.



Şekil 3.47. Gaziantep Ekolojik Bina plan şeması (Güleç, 2017)

Yapı Gaziantep 100. Yıl Atatürk Kültür Parkı'nın içerisinde bulunmaktadır. Tek katlı iki ayrı girişi olan yapıda sürdürülebilirlik ile alakalı seminerler, etkinlikler, atölye çalışmaları yapılmaktadır. Yapı 60 kişilik konferans salonuna ve fuaye alanına sahiptir. Fuaye alanı iki bölümden oluşur. Bu alanlar çalışma, sergi, dinlenme gibi farklı amaçlarda kullanılırlar. Yapı doğu batı doğrultusunda yerleştirilmiştir. Bu sayede güney cephesinin yüzey alanı artırılarak daha fazla doğal güneş ışığı alımı artırılmıştır.

Yapının elektrik ihtiyacını karşılayan polikrsital özellikli PV paneller bahçeye konumlandırılmıştır. Polikristal özellikli paneller monokristal özellikli panellere kıyasla daha ucuzdur. Fakat monokristal panele kıyasla aynı miktarda elektriği daha fazla alanda üretirler. Yapıda kullanılmış olan paneller 20,16 kW kurulu güce sahiptir. Paneller 2016 yılı verilerine göre 25 592,30 kw elektrik üreterek binanın elektrik ihtiyacın %174'ünü üretmiştir. PV panellerin amorti süresi 5 yıldır. Bu bağlamda 2014 yılında kurulan PV paneller 2019 yılında kendi ücretini amorti etmiştir. Paneller yerden yükseğe, yer ile yaklaşık 25 derece açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Paneller güneybatı yönüne bakmaktadır (Güleç, 2017).



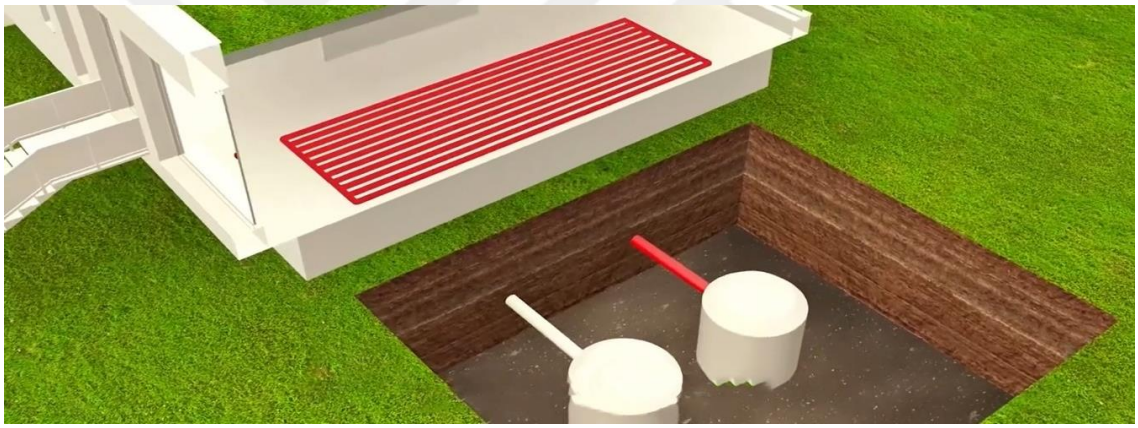
Şekil 3.48. Gaziantep Ekolojik Bina PV panelleri (Güleç, 2015; Güleç, 2017)

Yapıda kullanılan hava dolaşımlı ısı pompası sistemi iç mekânın iklimlendirmesinde rol alır. Yerin 1,7 m altına yerleştirilmiş ısı boruları sayesinde kışın sıcak, yazın soğuk hava mekân içerisinde dolaştırılır. Bu sayede enerji tasarrufu elde edilmektedir. Sistem aynı zamanda temiz havanın mekân içerisinde sirküle etmesini de sağlamaktadır.



Şekil 3.49. Gaziantep Ekolojik Bina Hava dolaşımlı ısı pompası sistemi (Güleç, 2015; Güleç, 2017)

Yapıda yer alan sıvı kaynaklı ısı pompası sistemi sayesinde yer altına inen borulardan çekilen sıvı, yerden ısıtma ve soğutma sisteminin içerisinden geçirilir. Yer altına inen borular kışın ısıtma, yazın ise soğutma enerjisi sağlamaktadır.



Şekil 3.50. Gaziantep Ekolojik Bina Hava dolaşımlı ısı pompası sistemi (Güleç, 2015)

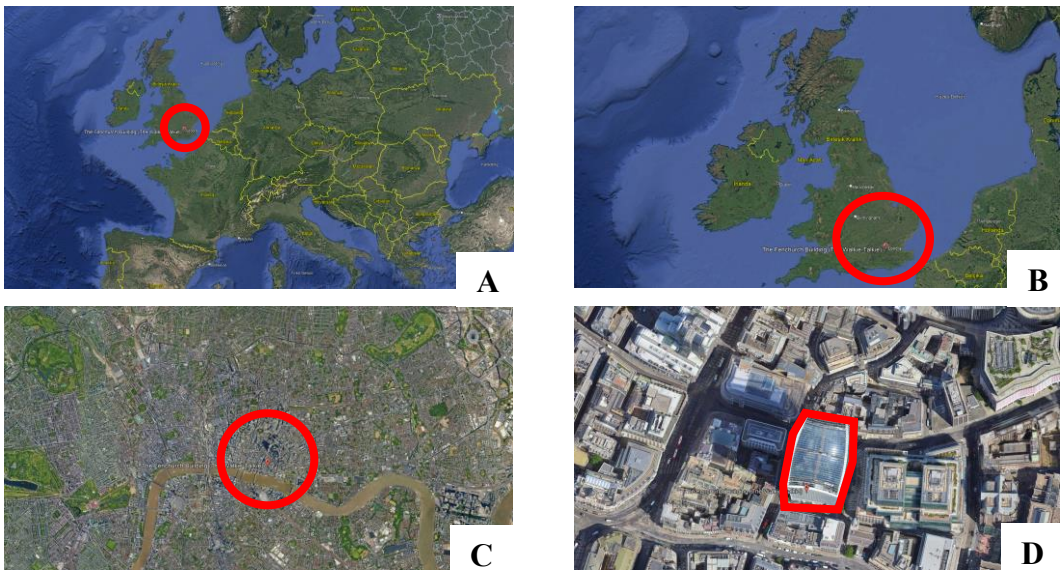
Sonuç olarak yapı yönelimiyle güneş kazanımını artıran plan şemasına sahiptir. Yapıda PV paneller ile elektrik üretimi yapılırken, sıvı ve hava kaynaklı ısı pompası sistemi ile iç mekânda iklimlendirme sağlanmaktadır. Yapıdaki tüm enerji kazanım stratejilerinden üretilen enerjinin toplamı ile yıllık enerji ihtiyacının tamamından fazlasını yenilenebilir sistemlerden elde edebilen bir yapı elde edilmiştir.

3.1.7 The Walkie-Talkie Binası (The Fenchurch Yapısı)

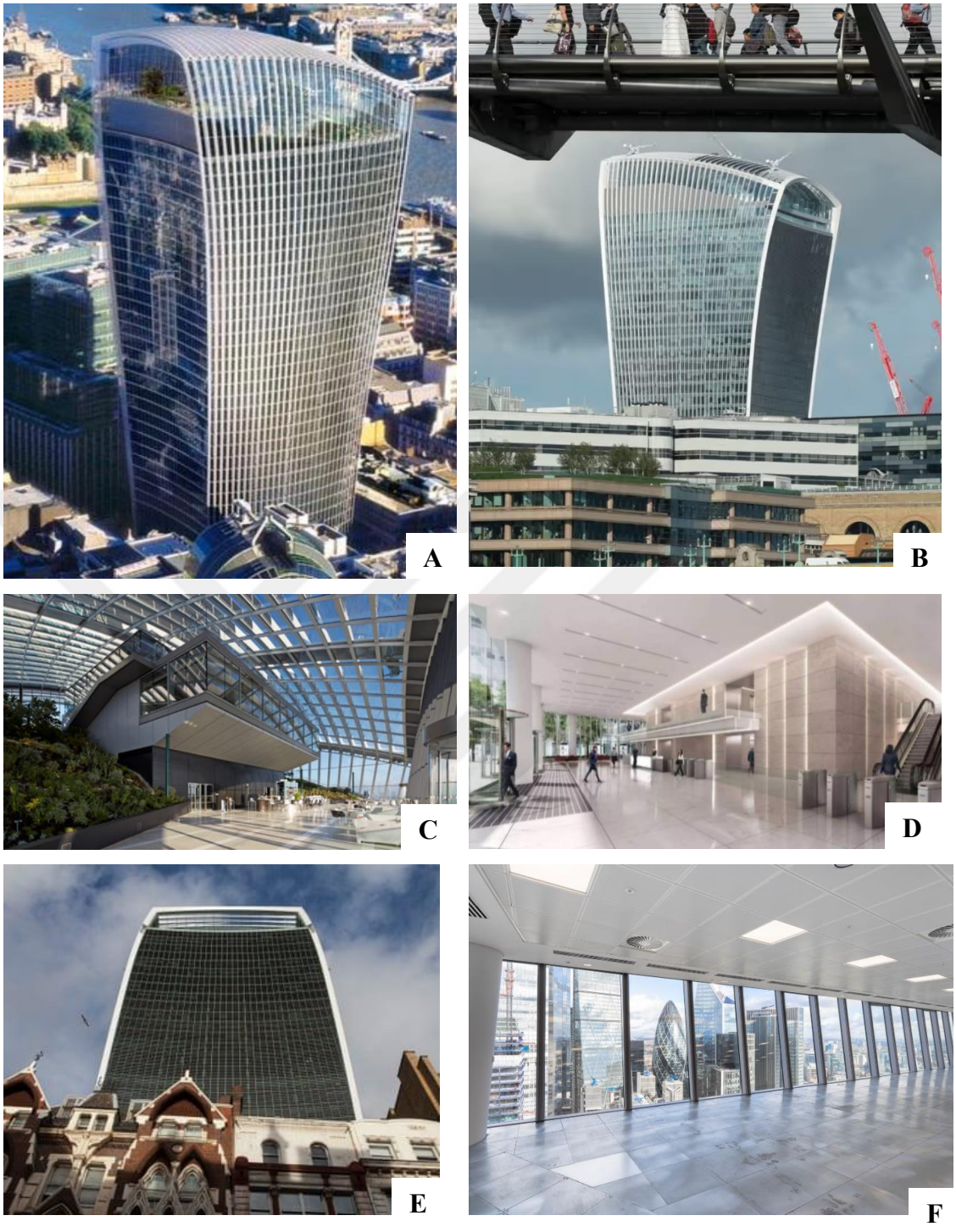
Yapı çok katlı ve her katında farklı amaçlarda kullanılan ofisler, restoran, bekleme alanları, kafeterya, seyir terası gibi alanlar yer alan bir yapıdır. BREAM Excellent sertifikasını almış, hidrojen yakıt hücresi ile elektrik üreten, çatısında PV paneller yer alan ve enerjisinin %63,9'unu üretebilen bir yapı olması sebebiyle seçilmiştir (Interactive Brokers, 2023).

Çizelge 3.10. The Walkie Talkie Binası künyesi

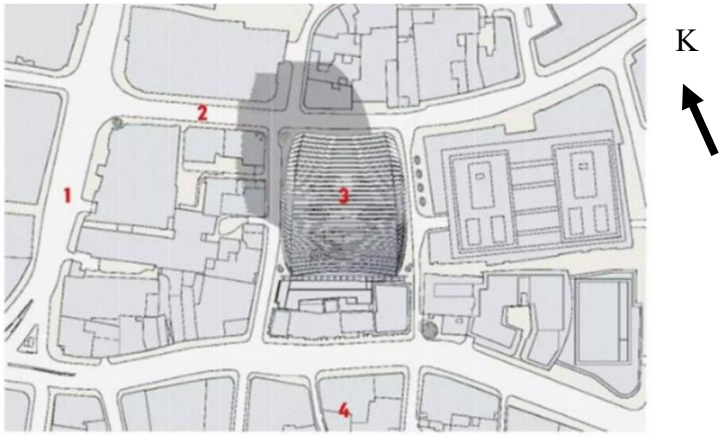
Binanın konumu	: İngiltere / Londra
Binanın kullanım amacı	: Ofis binası
Yıllık enerji üretimi	: Yapının ihtiyacının yaklaşık %63,9'u
Kullanılan pasif sistemler	: Cephede güneş kırıcılar-
Kullanılan aktif sistemler	: PV paneller (27 300 kWh) : Hidrojen yakıt hücresi enerji üretim sistemi (300 kW)
Yapım şirketi	: Rafael Viñoly Mimarlık
Açılış yılı	: 2014
Yapının katlarının toplam alanı	: 64 000 m^2 (34 katlı)
Enerji Sertifikası	: BREEAM Excellent



Şekil 3.51. The Walkie Talkie Binası uygu görüntüleri **A)** Ülke ölçeğinde konum **B)** Eyalet ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025f)

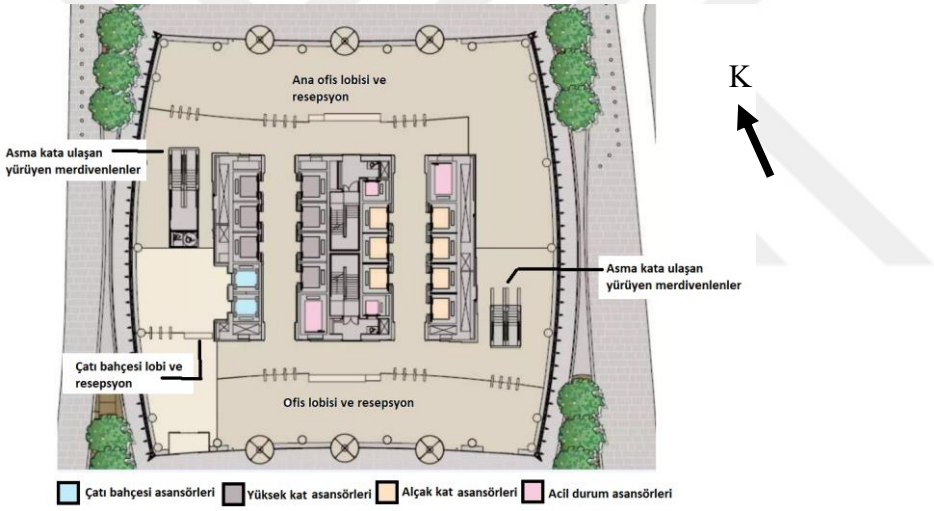


Şekil 3.52. The Walkie Talkie Binası fotoğrafları **A)** Yapının genel görünüşü **B)** Yapının şehir içinden görüntüsü **C)** Çatı kattaki ortak alan **D)** Girişteki resepsyon **E)** Yapının caddeden fotoğrafı **F)** Ofis katlarından bir tanesi (Architizer, t.y;.Olmos, 2015; Sumner, 2015; Wolmuth, 2015)



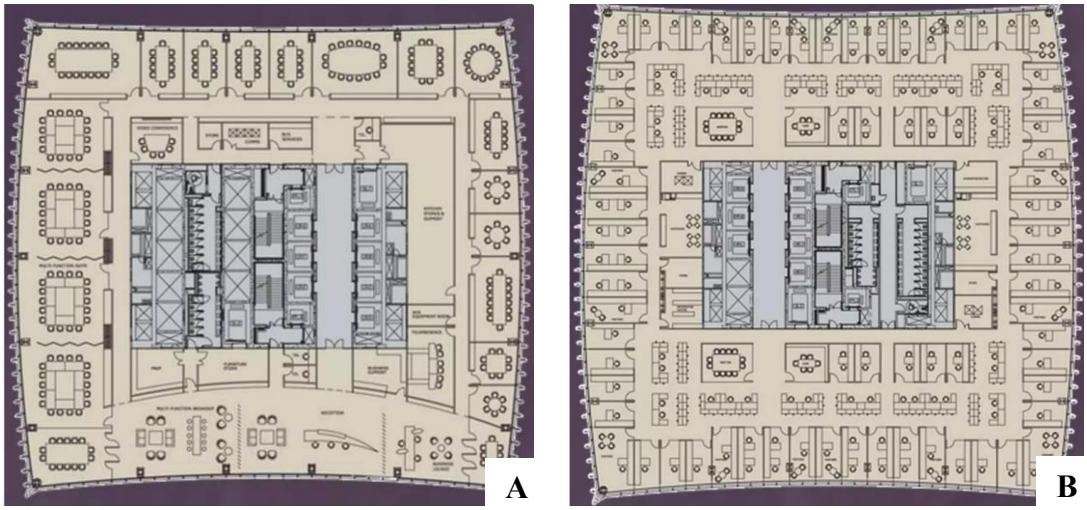
Şekil 3.53. The Walkie Talkie Binası vaziyet planı (Anonim, 2025t)

Yapı çevresinde yapılaşma oldukça yoğundur. Üç yola cephesi olan bir arazi üzerindedir.



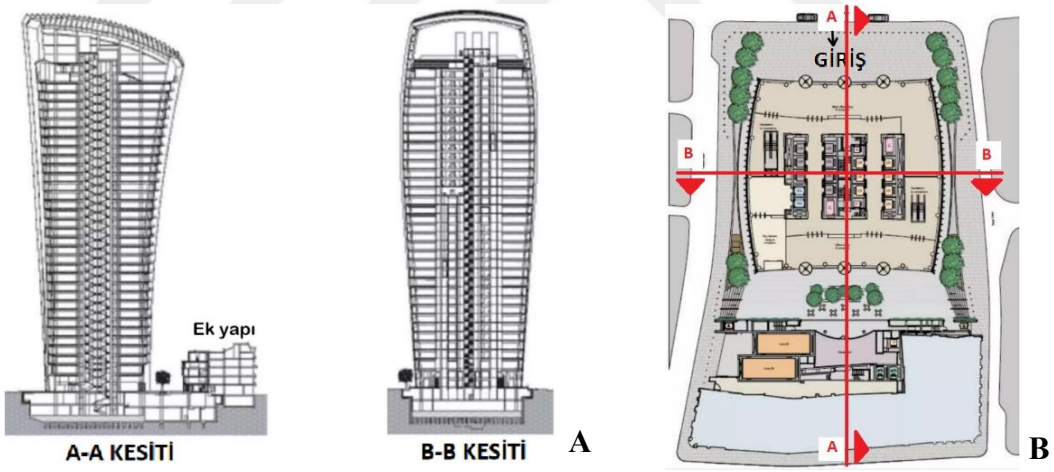
Şekil 3.54. The Walkie Talkie Binası zemin kat planı (Kuanyshevıch, 2023)

Yapının; katlarında ofis mekanları ve çatısında ortak bir çatı katı bulunmaktadır. Ofis birimlerinin girişi ile çatı katında yapılan ortak alanın girişi ayrıdır. Çatıya ulaşan asansörlerin dışarıdan gelen ziyaretçilerin ulaşabilmesi için ayrı bir lobi ve resepsiyonu bulunmaktadır. Ofis girişleri kuzey ve güney cephesinden, çatı bahçesi girişleri ise güney cephesinden yapılmaktadır.



Şekil 3.55. The Walkie Talkie Binası kat planları **A)** Yapının on sekizinci kat planı **B)** Yapının yirmi sekizinci kat planı (Kuanyshevıch, 2023)

Yapıda zemin kattan çatı katına kadar ofis birimleri bulunmaktadır. Yapının yükselirken genişleyen plan şemasından ötürü her katı farklı bir m^2 ve farklı kullanım amacına hizmet eden ofislerden oluştuğundan, mimari planlar da farklılık göstermektedir.



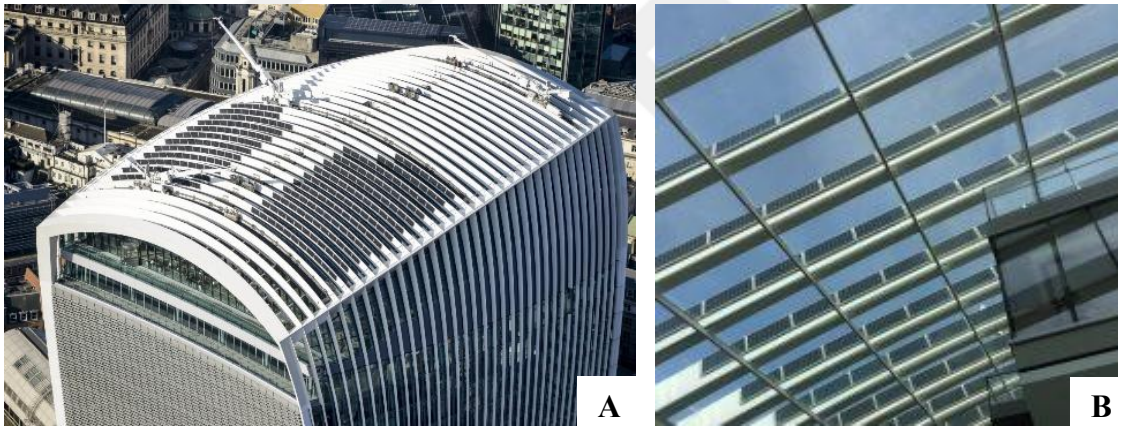
Şekil 3.56. The Walkie Talkie Binası kesitler **A)** Yapının kesitleri **B)** Yapının zemin kat planı (Anonim, 2025t; Kuanyshevıch, 2023'den değiştirilerek alınmıştır)

Yapının kesitlerinde içbükey şekli görülebilmektedir. Çatı bahçesi üç kat yüksekliğindedir. Yapıda enerji sistemleri ve diğer teknik sistemlerle alakalı bir ek bina vardır ve bu ek bina A-A kesitinde görülmektedir. Yapıda iki kat bodrum vardır. Bodrum katlar tesisat, mal kabul ve enerji üretim sistemlerini kapsar.



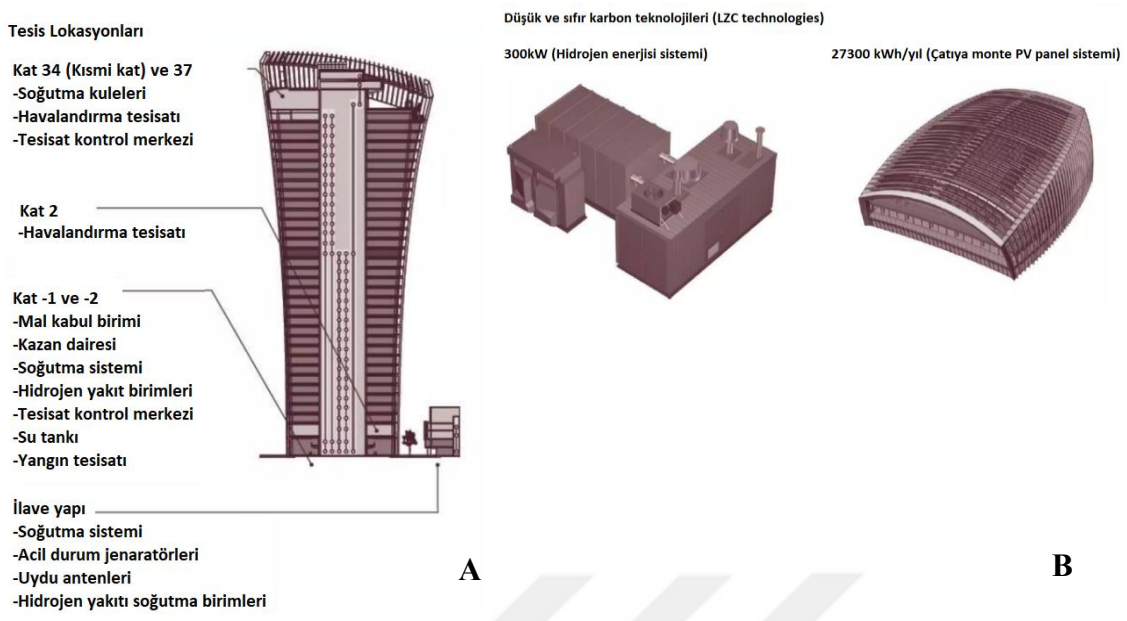
Şekil 3.57. The Walkie Talkie Binası çatı bahçesi şemaları **A)** Çatı bahçesi kesiti **B)** Çatı bahçesi üç boyutlu modeli (Anonim, 2025u; Anonim, 2025t'den değiştirilerek alınmıştır)

Yapının çatısında yer alan bahçe ortak kullanım olarak düzenlenmiştir ve dışarıdan gelen ziyaretçilerin kullanımına açıktır. Bu alan restoran ve kafeterya işlevindedir. Manzaranın deneyimlenebileceği yarı açık ve kapalı alanları vardır (Pratt, 2017).



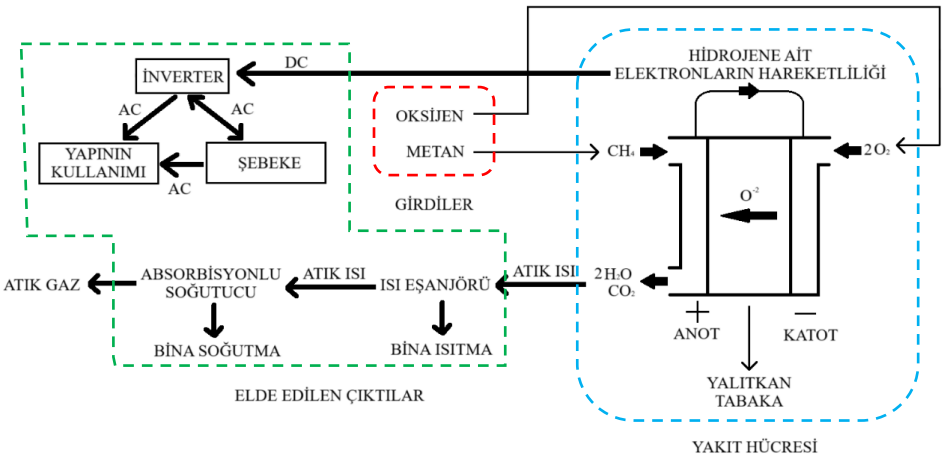
Şekil 3.58. The Walkie Talkie Binası çatıya monte PV panelleri **A)** The Walkie Talkie Binası çatısı **B)** Çatıya monte PV paneller (Sunfixings, 2015)

Çatıdaki ortak bahçenin üst örtüsü hem güneş kırıcı işlev gören hem de elektrik üreten PV panellerle kaplanmıştır. Bu paneller şeffaf özellikli değildir. Çatıda belli bir açıda yerleştirildiklerinden güneş kırıcı işlev kazanırlar. Yıllık 27 300 kWh elektrik üretmektedirler. Çatıda her biri 200 W olan iki yüz elli adet PV panel bulunmaktadır (Sunfixings, 2015). Çatıda bulunan vinçler PV panellerin temizliğinin ve genel bakımının yapılabilmesi için yerleştirilmiştir.



Şekil 3.59. The Walkie Talkie Binası enerji üretim sistemlerinin şemaları **A)** Yapının tesisat şeması **B)** Düşük ve sıfır karbon teknolojileri olarak belirtilen sistemlerin görüntüleri (Vinoly, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

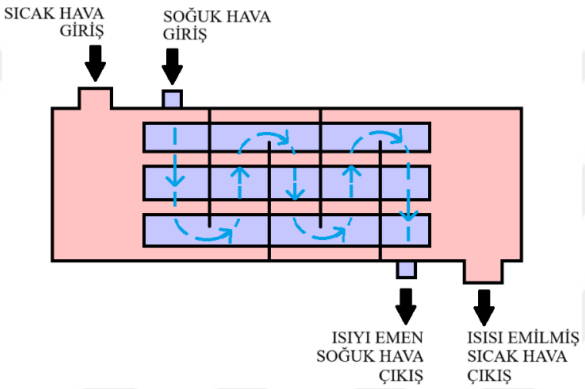
Yapıda bulunan yakıt hücresi enerji üretim sistemi 300 kW anlık elektrik üretim gücüne sahiptir. Bu sistem yapıda bodrum katta yer almaktadır. Sistem bir kontrol paneli üzerinden izlenebilmektedir (Landsec, 2017).



Şekil 3.60. The Walkie Talkie Binası yakıt hücresi enerji üretim sistemi şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

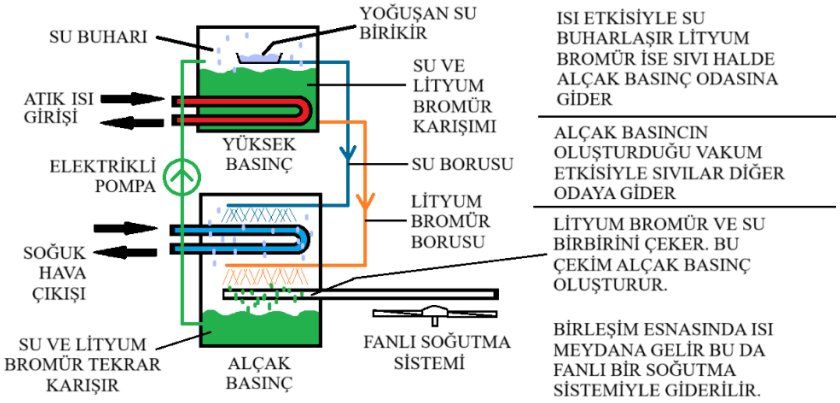
Yapıda kullanılan yakıt hücresi, yakıt olarak hidrokarbon kullanan tiptedir. Bu ismini sistemin içine giren maddelerden biri olan, karbon ve hidrojen içerikli metan gazından

almaktadır. Yüksek basınç ve yaklaşık 570°C sıcaklıkta yakıt hücresinin pozitif kutbuna giren metan (CH_4) gazı, yakıt hücresinin negatif kutbuna giren oksijen (O_2) gazı ile kimyasal bir tepkimeye girer. Metan gazı bir karbon ve dört hidrojen atomu olarak parçalanır. Karbon atomu iki adet oksijen atomuyla bağ kurarak karbondioksit (CO_2) gazını oluşturur. Metanın parçalanması sonucu çıkan hidrojen atomları ise oksijen ile bağ kurarak su (H_2O) buharı oluşturur. Bu tepkime esnasında metanın içerisindeki hidrojen atomları elektron verirler. Bu elektronlar bir kablo üzerinden geçirilerek doğru akım oluşturulur. Bu akım devamında inverter cihazları ile alternatif akıma dönüştürülerek yapıda kullanılır (Faghri ve Guo, 2005).



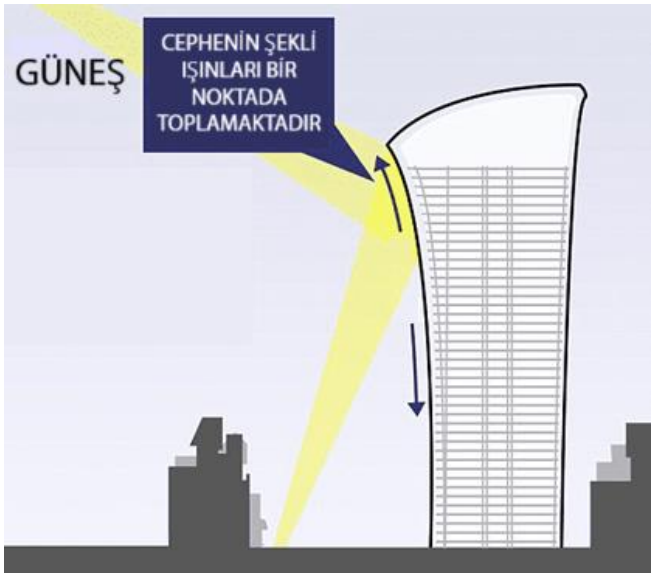
Şekil 3.61. Isı eşanjörü şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yan ürün olarak ise su buharı ve karbondioksit açığa çıkar. Bu maddeler ısı eşanjörü adı verilen bir ısı aktarım cihazının içinden geçerek atık ısının geri dönüştürülmesi sağlanır. Elde edilen ısı binanın ısıtmasında kullanılır.



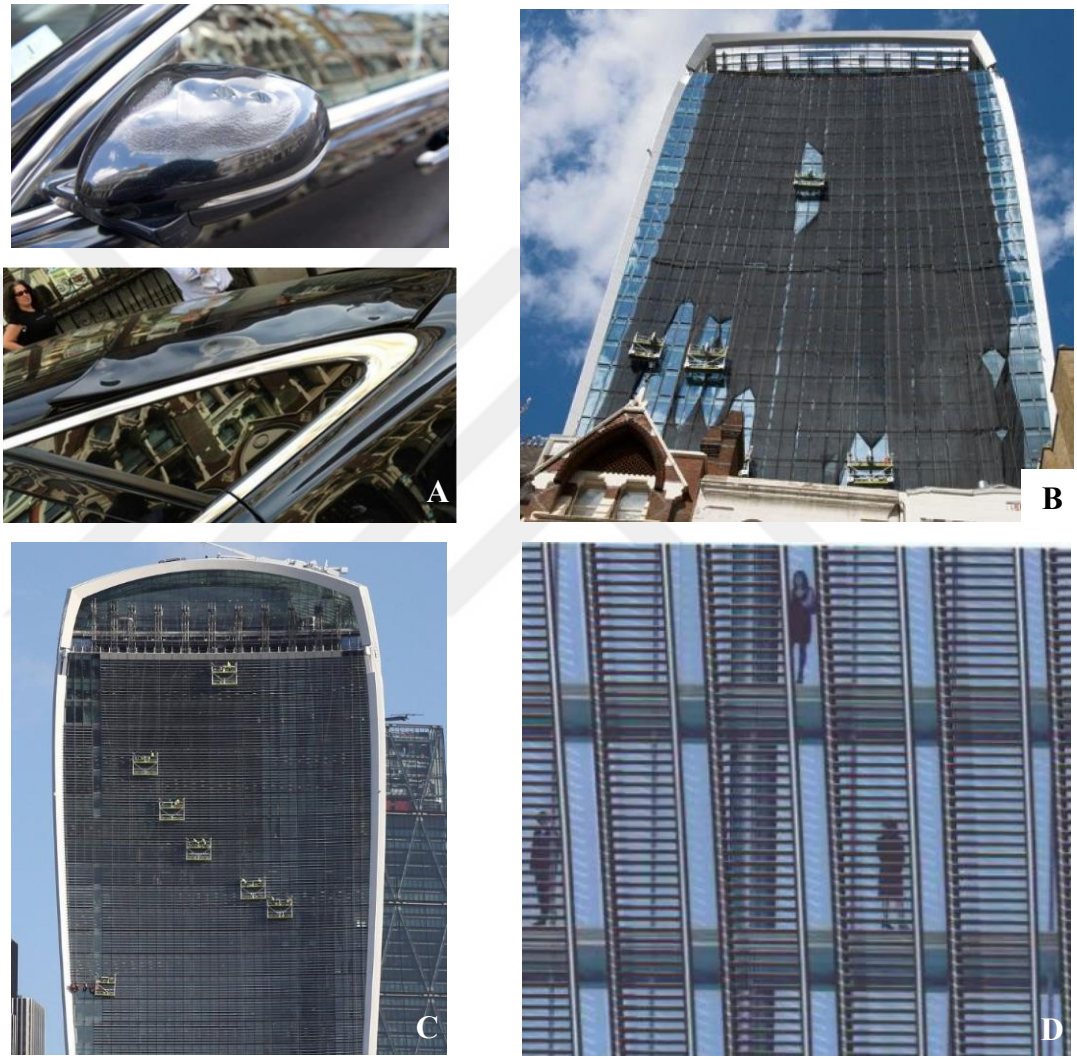
Şekil 3.62. The Walkie Talkie Binası absorbisyonlu soğutucu şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Aynı zamanda sıcak hava absorpsiyonlu soğutucu olarak adlandırılan bir sistemin içinden geçer. Bu sistem en basit tanımıyla; alçak ve yüksek basınç farklarını kullanarak içerisine giren ısı kaynağı ile suyu soğutmayı sağlar. Sistemin içerisinde yüksek basınç ve alçak basınç içeren iki adet oda vardır. Isı kaynağı yüksek basınçlı olan odanın içerisinde bulunan lityum bromür ve su karışımını ısıtır. Isınan karışımın içerisindeki su buharlaşır ve oda içerisinde bulunan yoğuşturucu üzerinde sıvı hale gelir. Yine karışımın içerisinde bulunan lityum bromür de sıvı halde düşük basınçlı odaya gider. Bu sayede iki madde sistemin içerisine gelen ısıyla birbirinden ayrışmış olur. Alçak basınçlı odaya geçiş yapan su, soğutulmak istenen sıvıyı içeren borunun üzerine dökülür. Odanın içerisi alçak basınçlı olduğundan dökülen su normalden daha düşük bir ısıda buharlaşır ve gaz haline gelir. Bu sayede soğutulmak istenen sıvının içerisindeki ısı emilir. Sistemde son olarak alçak basınç odasına gelen sıvı haldeki lityum bromür, fan ile soğutulan bir metalin üzerine dökülür. Bunun sebebi; odadaki su buharını kendine çeken lityum bromürün ısınmasıdır. Bu çekim sonucunda oda alçak basınçlı hale gelir ve önceden ayrışmış olan lityum bromür ve su karışımı tekrar birleşir. Son olarak elektrikle çalışan bir sıvı pompası lityum bromür ve su karışımını alçak basınç odasına geri pompalar. Bu sayede sistemin devamlılığı sağlanır (Evans, 2017).



Şekil 3.63. The Walkie Talkie Binası güney cephesi güneş toplama şeması (Duell ve Webb, 2013'den değiştirilerek alınmıştır)

Yapının cephesinin tasarımı sebebiyle ışığı bir noktada odaklamaktadır (Duell ve Webb, 2013). Güneşi odakladığı noktada yüksek bir ısı ürettiği ve araçların plastik aksamlarını erittiği kayıtlara geçmiştir. Bu olayların hemen ardından 2013 yılında güney cephesine geçici tente yerleştirilmiş, daha sonra kalıcı çözüm olması amacıyla 2014 yılında güneş kırıcıları yerleştirilmiştir (Mullin, 2014).



Şekil 3.64. The Walkie Talkie Binası Görselleri **A)** Binanın erittiği aracın plastik aksam **B)** 2013 yılında yapının Cephesine serilen geçici siyah tente **C)** 2014 yılında uygulanan kalıcı güneş kırıcıları **D)** Cepheye yerleştirilen güneş kırıcılar (Mullin, 2014)

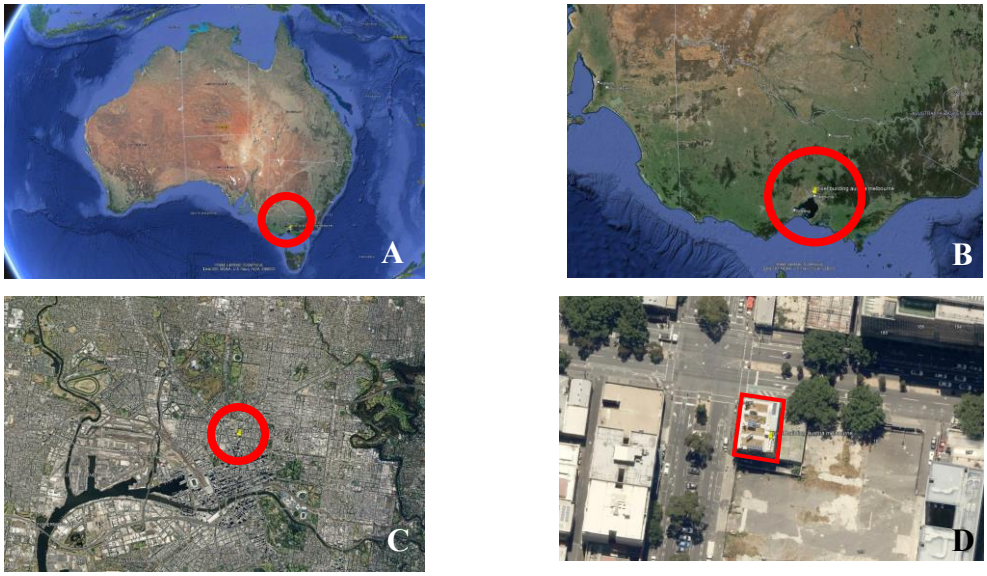
Sonuç olarak The Walkie Talkie Binası tükettiği enerjinin bir bölümünü PV panel ve hidrojen yakıt hücrelerinden karşılamaktadır. Cephesinin tasarımından ötürü problem yaşasa da güneş kırıcı önlemler güneş ışığı odaklanma problemini azaltmaktadır.

3.1.8 Pixel Binası (Pixel Building)

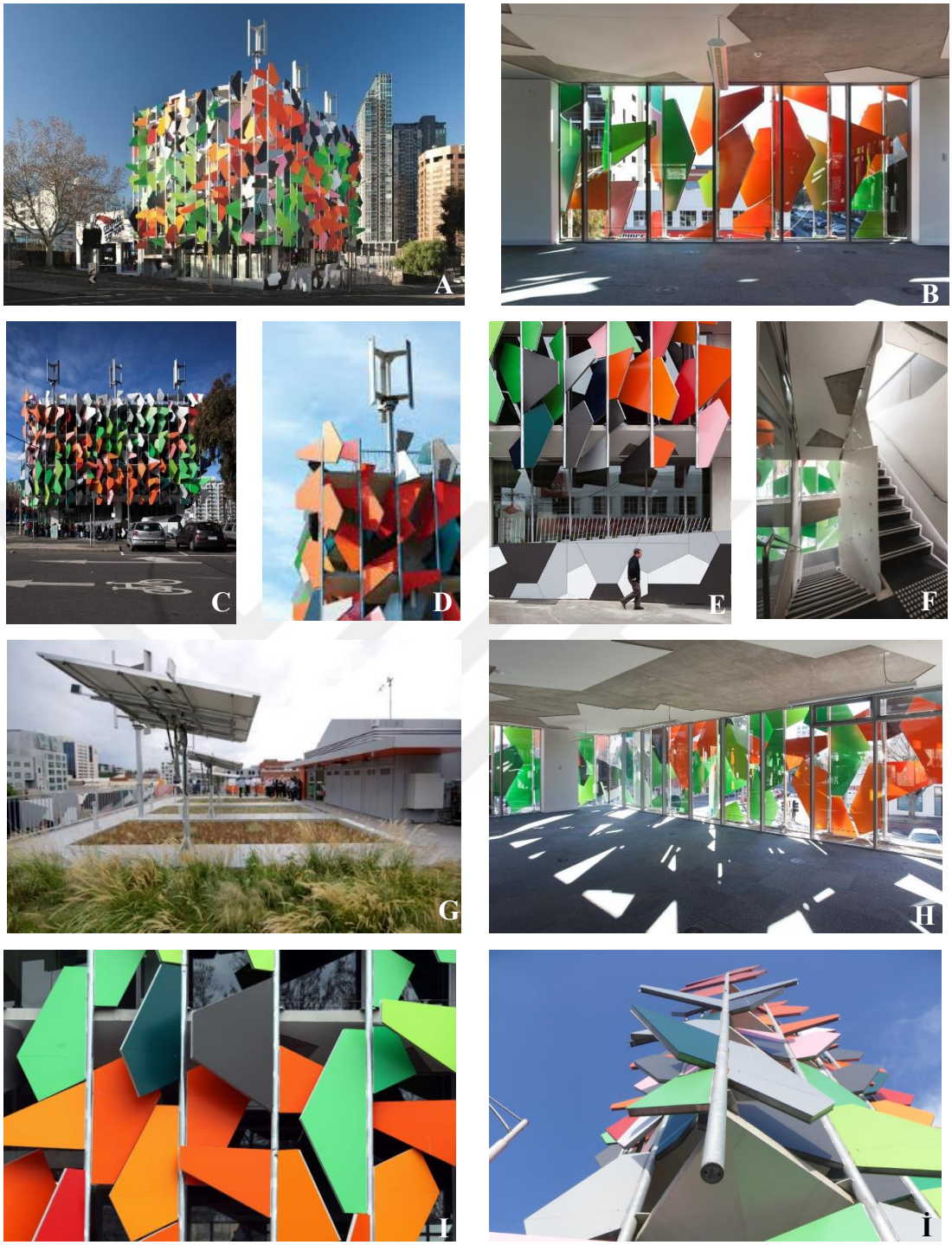
Yapı; bünyesindeki PV panel ve rüzgâr türbinleri ve kirli sudan biyogaz elde sistemi ile enerjisinin tamamını üreten, 2010 yapımı bir ofis yapısıdır. Cephesindeki renkli güneş kırıcıları ile doğal ışık kullanımını artırmayı hedeflemektedir. İki adet enerji sertifikası bulunmaktadır. Yapı güney yarım kürede yer almaktadır.

Çizelge 3.11. Pixel binası künyesi

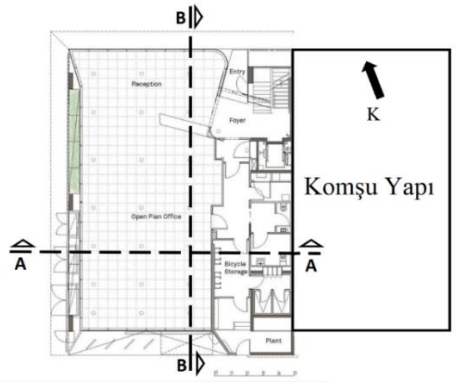
Binanın konumu	: Avustralya / Melbourne,
Kullanım amacı	: Ofis
Enerji üretimi	: 84 kWh/m^2 (İhtiyacının tamamı)
Kullanılan pasif sistemler	: Güneş kırıcı cephe tasarımı : Isıtma ve soğutma sistemi tasarımı
Kullanılan aktif sistemler	: Rüzgâr türbini, fotovoltaik paneller, kirli sudan biyogaz eldesi
Yapım şirketi	: Studio505
Açılış yılı	: 2010
Yapı zemin alanı	: 1 136,4 m^2
Enerji Sertifikası	: LEED Platinum : Green Star



Şekil 3.65. Pixel binası uygu görüntüleri **A)** Ülke ölçeğinde konum **B)** Eyalet ölçeğinde konum **C)** Şehir ölçeğinde konum **D)** Bina ölçeğinde konum (Google, 2025g)

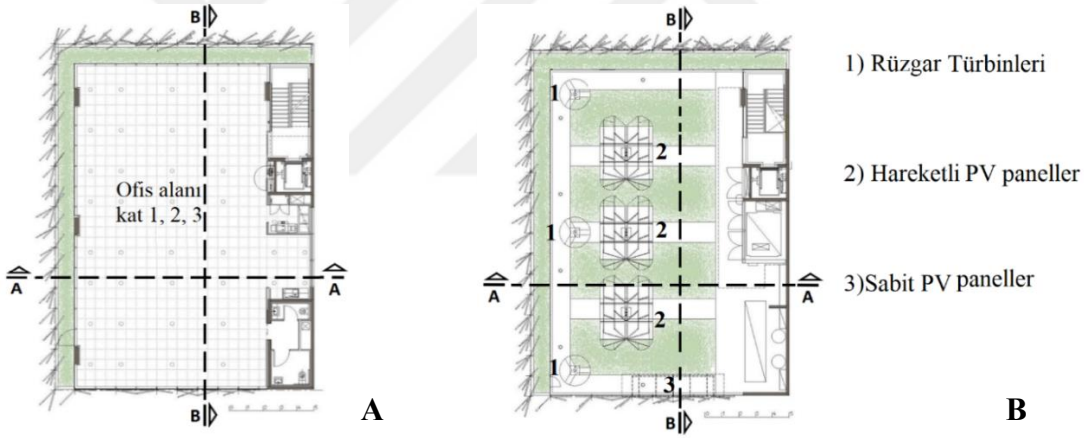


Şekil 3.66. Pixel Binası fotoğrafları **A)** Yapı cephesi **B)** İç mekandan güneş kırıcı elemanlar **C)** Güneş kırıcı cephe elemanları **D)** Rüzgar türbini **E)** Güneş kırıcı cephe elemanları **F)** İç mekan **G)** Çatı bahçesi, PV paneller ve rüzgar türbinleri **H)** İç mekan **I)** cephedeki güneş kırıcılar **İ)** Cephenin farklı bir açıdan görüntüsü (Gollings, 2011; Hosking, 2011)



Şekil 3.67. Pixel Binası zemin kat planı (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

Zemin katta yer alan ofise giriş batı cephesinden yapılmaktadır. Yapıdaki ofis birimleri için iç duvarları olmayan boş bir alan bırakılmıştır. Doğu cephesinden düşey sirkülasyon alanına ulaşılmaktadır. Yapının doğu cephesi komşu yapıya yapışıktır bu sebepten ıslak hacimler o yüzeye yerleştirilmiştir.



Şekil 3.68. Pixel Binası kat planları **A)** 1-3. Kat planı **B)** Çatı kat planı (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

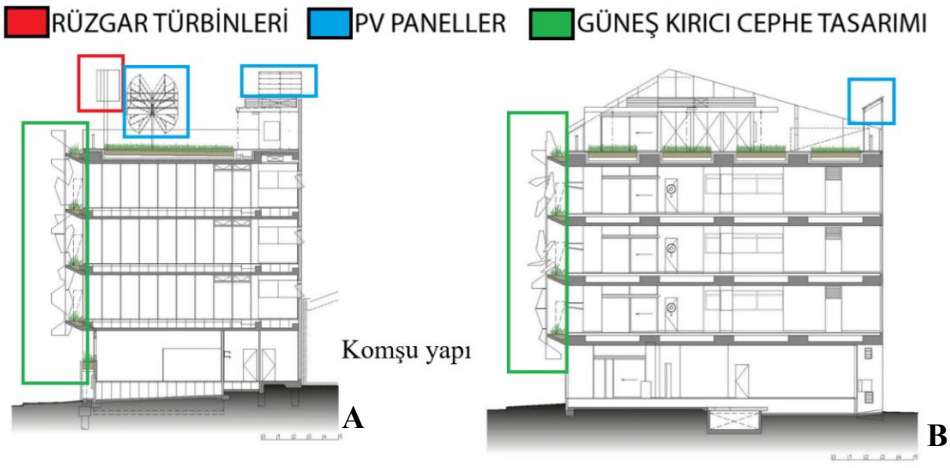
Bir, iki ve üçüncü kat planları aynıdır. Yapıda tüm katlarda serbest plan düzenine sahip ofis birimleri devam etmektedir. Planın kuzeydoğusunda düşey sirkülasyon elemanları ve güneydoğu cephesine de ıslak hacimler yerleştirilmiştir. Güneş kırıcı cephe tasarımı bu katlarda görülebilmektedir. Çatı planında yapıya monte rüzgâr türbinleri görülebilmektedir. Aynı zamanda güneşin açısına göre açısı değiştirilebilen PV panellerin konumu ve güneyde bulunan yerine monte PV paneller görülmektedir. Hareket eden PV

panellerde gün boyu güneşi takip etmesini sağlayan otomatik bir sistem vardır (Calderon, 2019).



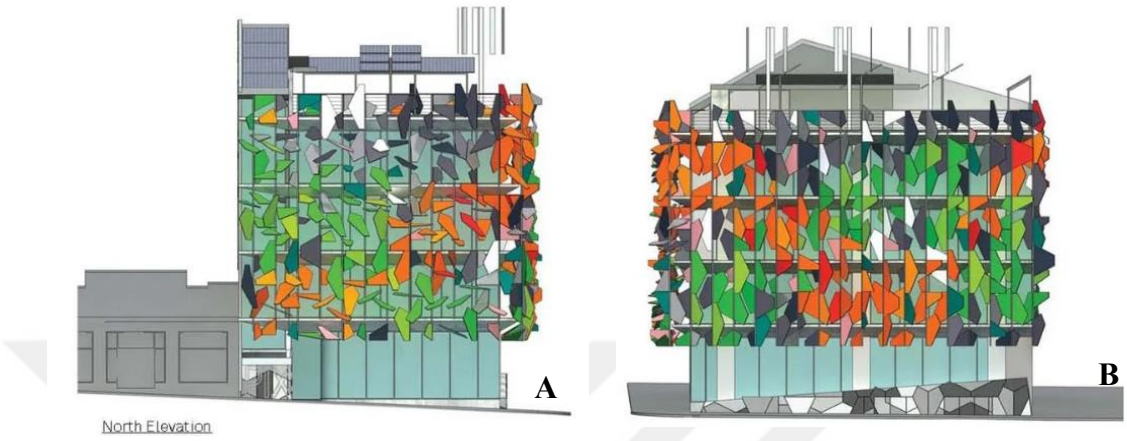
Şekil 3.69. Pixel Binası hareket eden PV panel ve rüzgâr türbinleri (Gollings, 2011)

Yapıda kullanılan rüzgâr türbinleri dikey dönme eksenine sahip, 1 kW gücünde yapıya monte rüzgâr türbinleridir. Türbinin dikey dönme ekseninin olması hâkim rüzgâra doğru yönelme ihtiyacını giderir, mekanik hareketli parça ve elektrik üretme aksamının zemine yakın olmasını sağlayarak servis ve bakım noktasında kolaylık sağlar. Yapıda aynı rüzgâr türbininden üç adet bulunmaktadır ve yapının elektrik ihtiyacının bir bölümü bu sistemden karşılanmaktadır.



Şekil 3.70. Pixel Binası mimari kesitler **A)** A-A Kesiti **B)** B-B Kesiti (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

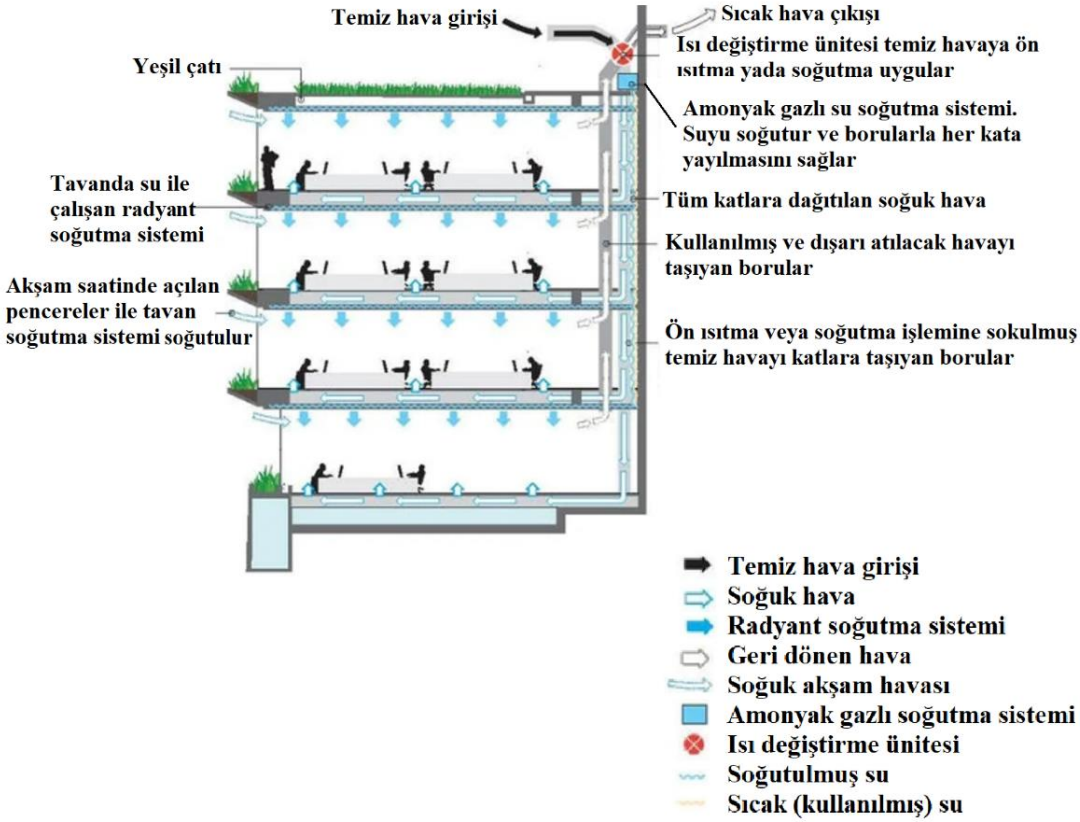
A-A kesitinde ofis birimleri, bitki yetiştirilen cam önündeki alan ve onun da ilerisinde giydirme cephe görülebilmektedir. Bitkiler gri sudan ve yağmur suyu ile sulanmaktadır. A-A kesitinde komşu yapı görülebilmektedir.



Şekil 3.71. Pixel Binası mimari görünüşler **A)** Kuzey cephesi **B)** Batı cephesi (Archdaily, t.y.)

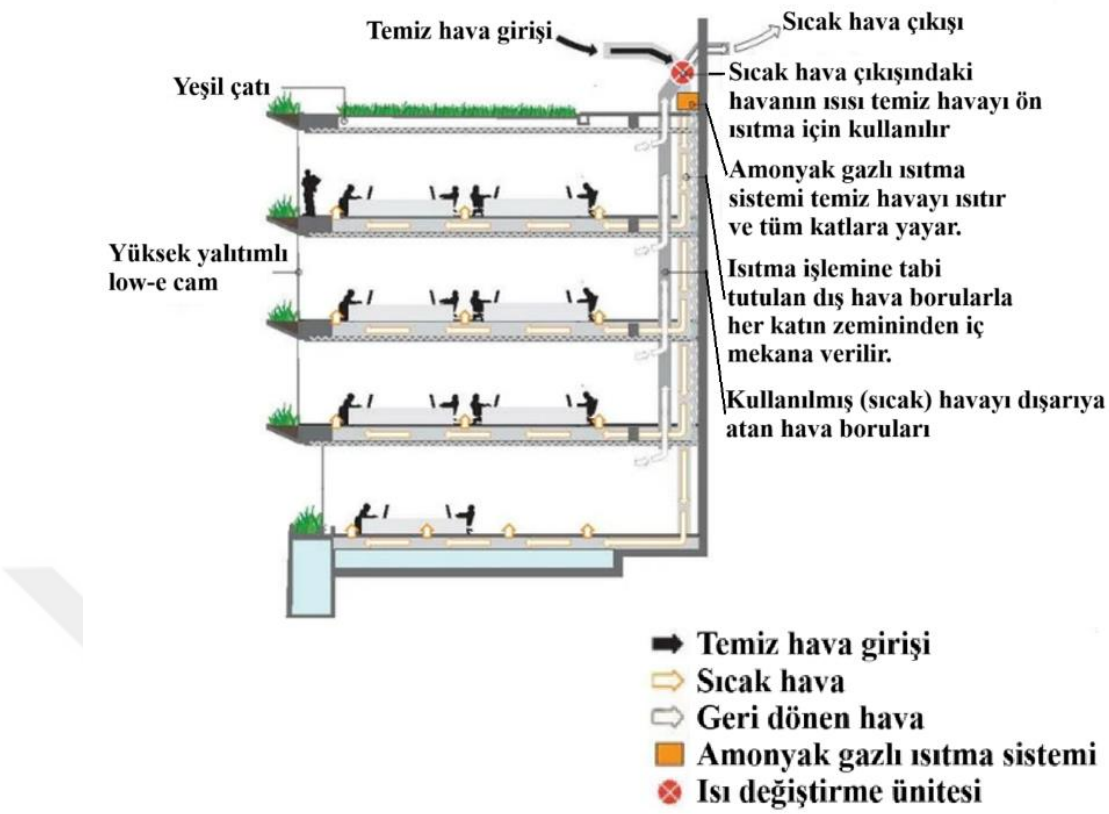
Görünüşlerde yapının güneş kırıcı özellikli renkli cephesi ve çatıda kullanılmış olan PV panel ve rüzgâr türbinleri görülebilmektedir. Yapının doğu cephesine bitişiğinde yapı olması sebebiyle giydirme cephe yapılamamıştır. Ayrıca yapının zemin katında da giydirme cephe yapılmamıştır.

Binada klima sistemi dış mekandan aldığı havayı ısıtılmış yada soğutulmuş bir şekilde iç mekanların içerisine vermektedir. Soğutma ve ısıtma işlemleri sırasında sistemin işleyişi değişmektedir. Temiz hava girişi ve egzoz hava çıkışı yan yana iki borudan yapılmaktadır. Bu borular birbirine ısı transferi yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu ısı transferi ile temiz havaya ön ısıtma veya soğutma işlemi uygulanması hedeflenmektedir.



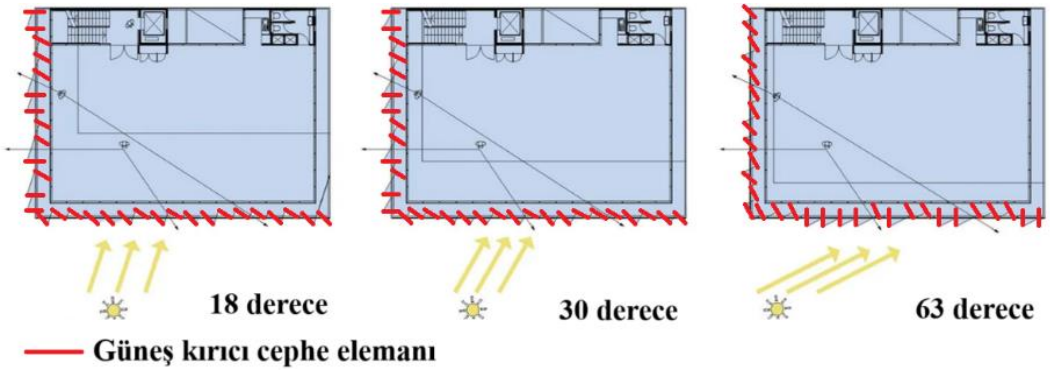
Şekil 3.72. Pixel Binası soğutma sistemi şeması (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

Sistem, iç mekanı soğutma işleminde dış mekandan aldığı temiz havayı; amonyak gazı ile soğutma sağlayan bir ünite içerisinden geçirir. Isısı istenen seviyeye gelen hava daha sonra borularla katlar boyu taşınır. İlgili mekana ulaşan soğuk hava zeminden iç mekana verilir. Aynı zamanda mekanların tavanında bulunan radyant soğutma sistemi soğutmaya katkı sağlar. Isınan hava ise yükselerek mekanların tavana yakın yükseklikte bulunan tahliye borularından geçerek dışarı atılır. Akşam saatinde açılan otomatik camlar ile iç mekandaki havanın tahliyesini sağlar (Calderon, 2019).



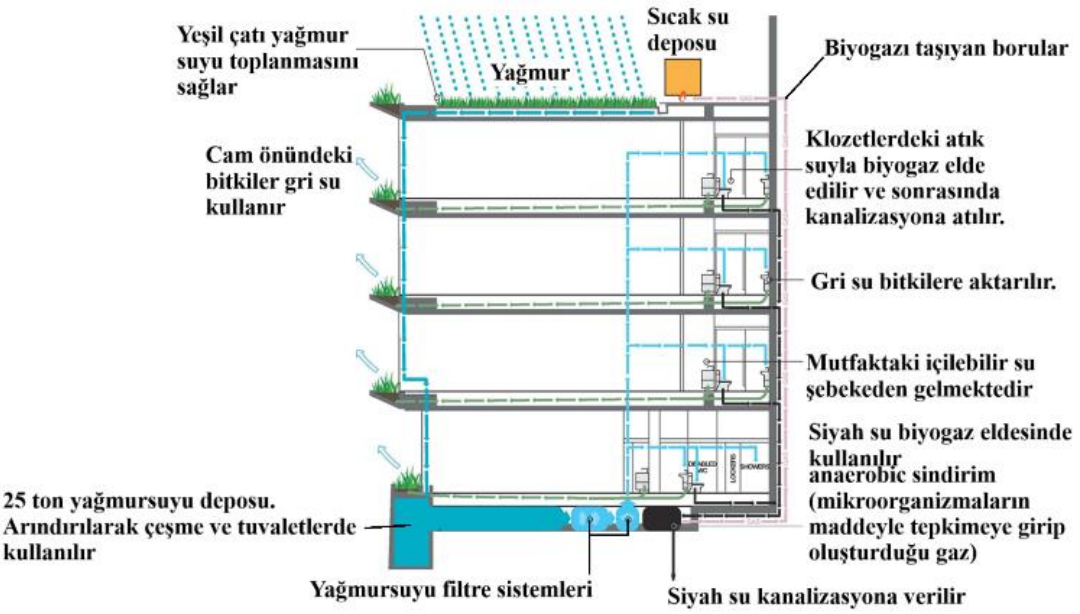
Şekil 3.73. Pixel Binası ısıtma sistemi şeması (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

Isıtma işleminde ise soğutmaya benzer bir mantık uygulanır. Dış mekandaki hava ünite içerisinden geçip ısıtılarak mekan içlerisine borular aracılığıyla zeminden verilir. Egzoz olarak da yükselen hava atılır. Soğutmadan farkı ise tavanda ısıtma için bir radyant bir sistemin bulunmamasıdır. Yalnızca zemindeki sıcak hava boruları ile mekan ısıtılır.



Şekil 3.74. Cephede tasarlanan kabuğun güneş açısına göre durumu (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

Şemaya bakıldığında yapıda kullanılmış olan giydirme cephenin farklı aylara göre farklı açılarda gelen güneş ışınlarını karşılaması gösterilmiştir. Cephe sabit olmasına rağmen farklı açılarda yerleştirilmiş paneller, farklı aylarda gelen güneş ışınını dik karşılayarak güneş kırıcı etki sağlar. Bunu yaparken iç mekândan dışarıya olan görüş açısını olabildiğince kesmemek amaçlanmıştır.



Şekil 3.75. Pixel Binası biyogaz eldesi ve su sistemleri diyagramı (Archdaily, t.y.'den değiştirilerek alınmıştır)

Ayrıca kirli sudan biyogaz elde edildiği bir dönüştürücü de yapıda yer almaktadır. Bu gaz yapının çatısına boruyla ulaştırılır ve burada yanması sağlanarak depodaki suyu ısıtır. Sıcak su çatıda yer alan bu depoda gerektiği zaman kullanılır. Biyogaz üretimi anaerobik sindirim tekniği ile çalışmaktadır (Calderon, 2019). Bu teknikte kirli suya mikroorganizmalar ile fermentasyon sağlanır ve bir gaz açığa çıkar. Bu gaz devamında yakıt olarak kullanılır.

Sonuç olarak Pixel Binası'nda kullanılan; hareketli ve sabit PV paneller, rüzgâr türbinleri, biyogaz eldesiyle sıcak su üretimi, doğal havalandırma sistemi, ısıtma ve soğutma sistemi ile birlikte tükettiği enerjiyi üretebileni sürdürülebilir bir bina oluşturulmuştur.

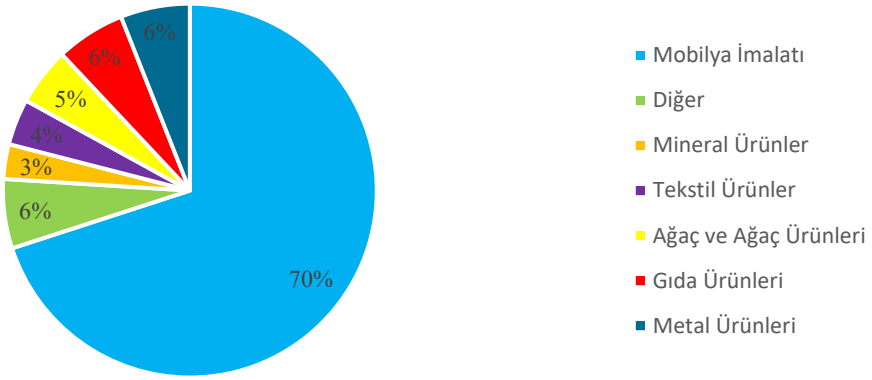
3.2 Aktif Güneş Enerjisi Kazanım Sistemlerinden PV Panellere Ait Yapı Örneklerinin İncelenmesi; Alan Çalışması Bursa İnegöl Örneği

Bu bölümde Bursa'nın İnegöl ilçesi üzerinden, çatısına PV panel sistemleri yerleştirilmiş olan, üç adet mobilya sanayi yapısı seçilerek bir alan çalışması düzenlenmiştir. Bu alan çalışmasının yapılmasının sebebi yapılarda aktif enerji kazanım sistemlerinden PV panelleri yerinde inceleyerek yapının mimari olarak ele alınışı ve PV panellerin çalışmasını sağlayan sistemlerinin incelenmesidir.

Türkiye'de PV panel sistemleri üzerine olan çalışmalar 1980'li ve 1990'lı yıllarda sınırlı uygulamalarla başlamıştır. Bu uygulamalar çoğunlukla üniversiteler ve kamu kurumları öncülüğünde gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda uygulanmış ilk örneklerden bazıları şunlardır. Afyonkarahisar, Göcek, Uşak ve Kahramanmaraş'a toplam 4 güneş hücresi içeren ve 50 kWp toplam kurulu güce sahip paneller telekomünikasyon amaçlı kullanılan cihazların çalışması için yerleştirilmiştir. Elektrik işleri Etüt İdaresi'nin Didim'de yapmış olduğu PV paneller ile çalışan laboratuvar ölçekli güç santrali de Türkiye'de kullanılan ilk PV panel örneklerinden bir diğeridir. 21 Temmuz 2011 tarihinde yürürlüğe giren "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik" Türkiye'de yapılarda PV panel kullanımının artmasını sağlayan bir yasadır. Bu kapsamda lisanssız bir şekilde yapılarda toplam 500 kWe kurulu güce kadar olan PV panellerin kurulumuna izin verilmiştir. Bu yönetmelik çerçevesinde 19 Ekim 2012 tarihinde Ankara'da, Gazi Üniversitesi Teknopark yerleşkesinde 263 kWe gücünde ilk lisanssız güneş enerji santrali devreye alınmıştır. Bu yasa daha sonrasında kurulu güç limitini artıracak şekilde güncellenmiştir. Bu tarihlerde PV panel tesisleri arasında lisanssız PV panel kullanım oranı %76'ya çıkmıştır (YETAM, 2017). 2023 yılı itibari ile Türkiye'de tüm kaynaklardan üretilen toplam elektriğin, PV panellerden elde edilen toplam elektriğe oranı %6,7'dir (IEA 2023).

Bölgesel olarak İnegöl'ün PV panel kullanımı açısından güneşlenme değerinin yüksek olması, fabrika yapılarının yer alması, ikliminin elverişli olması şeklinde avantajları vardır. İnegöl Bursa'nın doğusundadır. Güneşlenme değeri Bursa'nın kuzeyinde ve

batısında yer alan diğer ilçelerin ortalama değerlerinden daha yüksektir (ETKB, t.y.). Bu değer PV panellerin daha yüksek miktarda elektrik üretebileceği anlamına gelir. Bu bölgede yer alan fabrika yapıları PV panellerin elektrik ürettiği saatlerde faaliyet gösterdiğinden akşam saatlerinde elektriği kullanmayı sağlayan elektrik depolama ünitesi ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. İklimi; yaz ayları sıcak ve az yağışlı, kış ayları ise soğuk ve bol yağışlıdır. Güneş alımının çok olduğu yaz aylarında yağışın az olması PV panel elektrik üretimi için bir avantajdır. Bursa'nın İnegöl ilçesi mobilya sektöründe önemli bir konumdadır. Bu bölgede yer alan fabrika yapılarının %70'ini mobilya fabrikaları oluşturmaktadır (STB, 2022). Bu sebeplerden dolayı İnegöl'de sanayi yapılarında PV panel kullanımı avantajlı hale gelmektedir ve alan çalışması olarak İnegöl'de bulunan çatısına PV panel uygulaması yapılmış mobilya fabrikaları incelenmiştir.



Şekil 3.76. 2020 yılı İnegöl'de imalat yapan işyerlerinin sektörel dağılımı (STB, 2022)

Bu bölgede genellikle PV panel proje çizimi ve uygulaması yapan enerji firmasına başvurularak bu firmanın proje ve uygulamasını yapmış olduğu üç adet örnek yapının yerinde incelemesi yapılmıştır ve teknik detaylarına erişilmiştir.

Alan çalışması sırasıyla; enerji firmasının künyesi, enerji firmasına sektör ve müşteri beklentileri hakkında sorulan soruların yanıtları ve son olarak yerinde incelenen üç adet mobilya fabrikası yapısının ve yapılara uygulanan PV panel sistemlerinin tanıtımı şeklinde ilerlemektedir.

Alan çalışması için seçilen enerji firması 2015 yılında kurulmuştur. Kurulduğu yılarda birincil amacı PV paneller üzerine bir elektrik firması olmaktır ve İnegöl'de bu konuda hizmet veren az sayıdaki enerji firmasından biridir. PV panel projesi ve uygulama ve kullanım izni çıkartma süreçlerini takip etmektedir. PV panel projesi dışında yapılarda ruhsat almak amacıyla elektrik projeleri de çizmektedir. Şu ana kadar yaklaşık 20 adet yapıya PV panel proje ve uygulama hizmeti vermiştir.

Çizelge 3.12. Alan çalışması için bilgi alınan enerji firmasının künyesi

Kuruluş yılı	2015
Adresi	Bursa/ İnegöl/ Süleymaniye mah. İstiklal cad. No: 163 bb
PV panel uygulama proje sayısı	Yaklaşık 20 adet
Yaptığı proje türleri (ne türde pv paneller.)	Çatı üstü, arazi uygulaması, cepheye monte
Hangi hizmetleri vermektedir	Uygulama, proje, onarım ve bakım
Hangi illerde hizmet vermiştir	Bursa

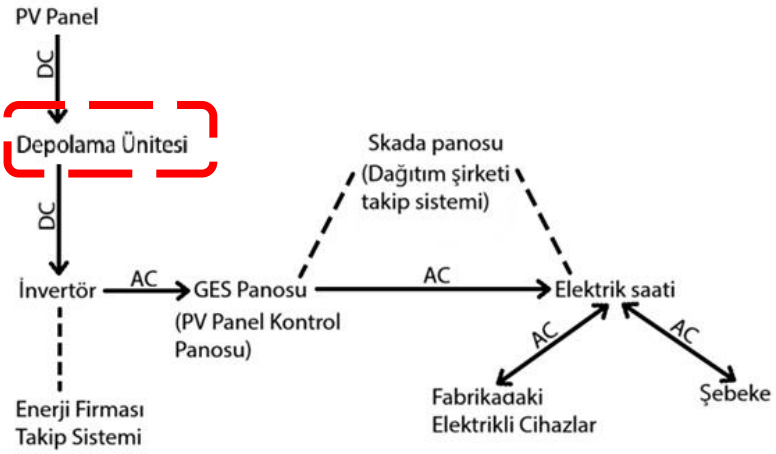


Şekil 3.77. Enerji firması uydu görüntüleri ve sokak görüntüsü **A)** İnegöl ilçesi ölçeğinde konum **B)** Bina ölçeğinde konum **C)** Sokak görüntüsü (Google, 2025h'den değiştirilerek alınmıştır)

Enerji firmasına; yaptıkları uygulamalar, sektörün durumu ve müşterilerin istekleri gibi konularda 15 soru sorulmuştur. Alınan cevaplar sonucunda ulaşılan bilgiler aşağıdadır.

Firma şu ana kadar uygulama alanı olarak; çatı üstü, cepheye monte ve arazi PV panel uygulaması yapmıştır. Sırasıyla en sık uygulama yapılan bina türleri; sanayi yapısı, konut ve tarımsal alanda uygulanan PV panel uygulamalarıdır. Bu uygulamalarda 2025 itibariyle en sık tercih edilen PV panel tipi halfcut monokristal panelleridir. Bu paneller m^2 başına daha verimli olmasından ötürü tercih edilmektedir. Halfcut monokristal panellerin özelliği sadece monokristal panellere kıyasla daha verimli olmalardır. Bu durum PV panelin yarıdan bölünmesi ile gerçekleştirilir. Bir elektrik üretim biriminin üzerlerinden geçen akım yarı yarıya azaltıldığından dirence bağlı kayıplar da azaltılmış olunur. Bununla birlikte genelde uygulamalarda en sık tercih edilen PV panel tipi; piyasada çok satılan, tedariği kolay olan ve mevcut PV panel fabrikalarında üretimi devam eden PV panel modelleri olmaktadır.

Firmaya gelen müşterilerin en sık PV panel uygulaması yaptırmasının sebebi mevcut elektrik üretiminden tasarruf yapmak ve yatırım yapmaktır. Yine firmadan alınan bilgiye göre yapılan PV panel uygulamalarında arıza durumları genel olarak iki yılda bir görülürken bu durumun işçiliğin kalitesine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği belirtilmiştir. En sık karşılaşılan arıza sebeplerinden biri ise PV panellere düğün gibi eğlencelerde havaya ateş edilen mermilerin yere düşerken PV panelin üstüne denk gelmesi sebebiyle PV panelin çatlaması durumudur. Dolu gibi dış etmenlere dayanıklı olarak tasarlanan PV panel; bu gibi yapay bir etki sonucunda çatlayabilmektedir.



Şekil 3.78. Depolama ünitesi bulunan bir PV panel sisteminin enerji üretim sistemleri şeması (Yazar tarafından oluşturuldu)

PV panel uygulaması yapılan yapılarda depolama ünitesi; üretilen elektriğin bir kısmının depolanarak, üretim mümkün değilken kullanılmasını sağlayan bir sistemdir. Yukarıdaki şemada depolama ünitesinin PV panel enerji üretimi içerisindeki konumu gösterilmiştir. PV panel ile invertör cihazı arasında bulunur ve alternatif akım olarak elektriğin depolanmasını sağlar. Enerji Firmasından, genel olarak PV panel uygulaması yapılan yapılarda depolama ünitesi yapılmadığı bilgisine erişilmiştir. Bu durumun sebepleri olarak PV panel sisteminin ucuzlatılmak istenmesi, uzun vadede ulaşılabilecek arıza olasılığının azaltılmak istenmesi, yasal olarak zorunluluk olmaması ve PV panel sisteminin amorti süresinin azaltılmak istenmesi yer almaktadır.

Ancak yine de depolama ünitesi yapılan PV panel uygulamaları da vardır. PV panellerde üretilen elektriğin veya şebekeden gelen elektriğin parazitli yani sabit olması gereken değerlerin dışında gelmesi gibi durumlarda kullanılabilir. Türkiye'de 230 volt ve 50 hertz aralığında gelmesi gereken elektrik bu değerlerin dışında geldiği taktirde elektrikli cihazlara zarar verebilir. Depolama ünitesi ise şebekeden gelen veya PV panellerde üretilen elektriğin direkt makinalara verilmesindense arada bir filtre görevi görmektedir. Bunun sayesinde makinaların elektrik dalgalanmaları sebebiyle bozulması engellenir. Bir diğer kullanım sebebi ise ani elektrik kesintilerine karşı makinaları korumaktır. Ani şekilde kapanmaması gereken bilgisayar ve benzeri cihazlara elektrik kesildiğinde güvenli şekilde kapanacağı ek süreyi sağlamayı; sürekli çalışması gereken duman

algılama sensörleri, acil durum butonları ve bunları kontrol eden sistemlere kesinti geçene kadar güç vermeyi amaçlar.

PV panel fiyatları panelin kaç watt gücünde olduğuna göre belirlenir. Enerji firmasına danışılmadan önce hazırlanan sorularda PV panellerin ürettiği elektriğin ve fiyatının m^2 başına değeri sorulmuş ancak görüşme sonrasında bu soruların cevabının panelin watt değeri ile orantılı olduğu öğrenildikten sonra ilgili sorular değiştirilmiştir.

1 watt panel 0,20 €'dur. Yani 2025 itibari ile en çok tercih edilen halfcut mono kristal 550 Watt bir adet panelin fiyatı 110 €'dur. 13.04.2025 kuru itibari ile 4 165 ₺'dir. Bir PV panelin ne kadar elektrik üretebileceği bulunduğu alanın üretilebilirlik katsayısı ile panelin watt değerinin çarpımının bine bölümünden elde edilir. 2025 yılı itibari ile en çok tercih edilen PV panel olan halfcut mono kristal panellerinin ürettiği elektrik; bir PV panel için İnegöl ilçesi içerisinde yıllık 687 kWh'dir. Bu sayı İnegöl için enerji üretilebilirlik katsayısı olan 1 250 değeri ile uygulanan PV panelin watt değeri olan 550 sayısının çarpılıp, bine bölümünden elde edilir. Bursa İnegöl'de yerine sabitlenecek bir PV panel verimini en yüksek seviyeye çıkarmak için güney yönünde 35-40 derece açıyla yerleştirilmelidir.

PV panel sistemleri lisanslı ve lisanssız olmak üzere ikiye ayrılır. Lisanslı olan PV panel sistemleri enerji üretip şebekeye satmak amacıyla kurulan sistemleri ifade etmektedir. Bu yapılar tükettiklerinden bağımsız olarak üretebildikleri kadar elektriğin tamamını şebekeye satma hakkına sahiptirler. Arazi üzerine kurulu PV panel sistemleri örnek verilebilir. Lisanssız PV panel sistemleri ise ana amacı elektrik üretip şebekeye satmak olmayan, elektrik üretiminden tasarruf amacıyla yapıya entegre edilmiş olan PV panel sistemlerini kapsar. Bu tip PV panel sistemlerinde yapıda bir önceki sene tüketilen toplam elektrik miktarı kadar, şebekeye elektrik satılmasına izin verilir. Örneğin 2024'te 200 kWh elektrik tüketen bir yapı 2025'te en fazla 200 kWh üretebilir ve en fazla 200 kWh şebekeye elektrik satabilir. Daha fazla üretirse şebeke, mal sahibine herhangi bir ücret ödemeden ürettiği elektriği alma hakkına sahiptir. İlk senesinde PV panel uygulaması yapılan binalarda yapının tahmini elektrik tüketimi hesaplanarak PV panel uygulaması

yapılır. Alınan izne istinaden yapı ilk senesinde belirtilen miktar kadar elektrik üreterek şebekeye satabilir ve yapı içerisinde kullanabilir. Mal sahibi; şebekeye elektrik satma ve üretilen elektriği yapı içerisinde kullanma hakkını sene içerisinde farklı zamanlarda kullanabilir. Örneğin; gerekli duyulursa ilk aydan tüm senenin elektrik satma hakkı kullanılabilir. Konutlar, fabrikalar ve ana amacı elektrik üretmek olmayan tüm yapılarda lisanssız PV panel sistemi kurulabilir. Enerji firmasına gelen müşteriler, genelde lisanssız PV panel sistemleri uygulattırmaktadırlar. Bunun ana sebebi müşterilerin çoğunun, fabrika yapılarına PV panel uygulaması yaptırtmak istemesinden kaynaklanmaktadır.

Şebekeye satılan ve şebekeden satın alınan elektrik arasında yaklaşık yüzde elli oranında fiyat farkı bulunmaktadır. Bu fark; dağıtım şirketinin dağıtım bedeli ve vergilendirme süreçlerinden kaynaklanan bir farktır. Şebekeden elektrik satın alırken elektriğin ücreti ile birlikte dağıtım, iletim, elektrik tüketim vergileri gibi vergiler faturaya yansıtılır. Şebekeye satarken sadece elektriğin ücreti PV panel sahibine ödenir. Şebekeye vergiler dahil bir satış yapılamaz.

Sıfır yapılar ve mevcut yapılar için olan PV panel projelerinin süreçlerinde bir fark bulunmaz. PV panel projelendirme ve uygulaması süreçleri sırasıyla;

*Dağıtım şirketinden gerekli izinler alınır.
*İzine istinaden elektrik projeleri çizilir.
*Projeye göre uygulama yapılır.
*Uygulamanın kabul işlemleri dağıtım şirketi tarafından yerinde kontrol sonrası yapılır.
*Yerinde kontrol sonucu uygun görülürse sistem kullanıma açılır şeklindedir.

Sonuç olarak enerji firmasının müşterilerinin en fazla sanayi yapılarında çatı üstü PV panel uygulaması yaptırdıkları, bu panellerin tasarruf amaçlı PV panel sistemleri oldukları görülmüştür. Yapının ihtiyacının iki katı üretim kapasitesine sahip olacak şekilde üretilen PV panel sistemlerinde elektriğin parazitlenmesi veya özel bir istek olmadığı sürece depolama ünitesi yapılmadığı görülmüştür. PV panellerde üretilen

elektrik ilk öncelik olarak yapıdaki üretimde kullanılmak üzere tüketilmektedir. Tüketimde harcanamayan üretim fazlası elektrik ise elektrik dağıtım firmasının izin verdiği miktarda şebekeye satılmaktadır.

Alan çalışması kapsamında Bursa-İnegöl bölgesinden üç adet sanayi yapısı seçilmiştir. Bu yapıların PV panellerden ne kadar elektrik enerjisi elde ettiği, maddi olarak ne kadar kâr sağladığı ve PV panellerin amortisman sürelerinin tespiti gibi konularda bilgiler toplanmıştır. Yapı örnekleri Bursa'nın İnegöl ilçesi içerisinde PV panel uygulaması yapılmış, uygulaması üzerinden en az bir yıl geçmiş endüstriyel yapı örnekleridir.

Çizelge 3.13. Seçilen örnek yapıların künye özetleri (Kişisel arşiv)

İncelenen Yapılar:	İsim	Yıl	Kullanım amacı	Sertifika (Varsa)	Enerji üretim oranı
	A Firması	2019	Mobilya Fabrikası	Yok	%200
	B Firması	2014	Mobilya Fabrikası	Yok	%200
	C Firması	2013	Mobilya Fabrikası	Yok	%200

3.2.1 Yapı örneği 1: A Firması

Yapı İnegöl'de bulunan bir mobilya fabrikasıdır. 2019 yılında faaliyete geçmiştir. 2023 yılı mayıs ayında tavanına 1 250 m^2 alanında PV panel uygulaması yapılmıştır. Paneller çatı eğiminde yerleştirilmiştir ve yapının ihtiyacının iki katı üretim yapma kapasitesine sahiptir. PV panellere yangın merdiveni ile bina dışından kilitli bir kapıdan geçtikten sonra ulaşılabilmektedir.

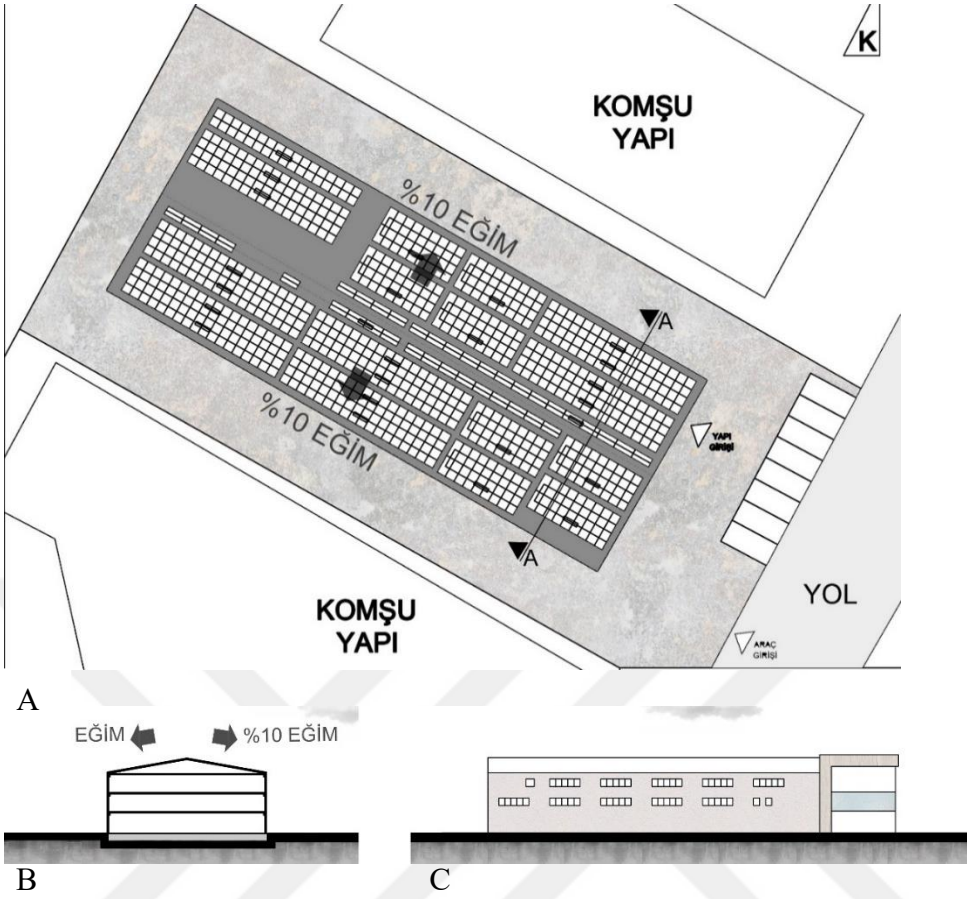


Şekil 3.79. Yapı örneği 1: A Firması fotoğrafları **A)** Binanın Fotoğrafı (Kişisel arşiv) **B)** Harita görüntüsü (Google, 2025ı)

Yapıda herhangi bir pasif sistem kullanılmamıştır. Bununla birlikte PV panellerin ürettiği elektriği depolayacak bir depolama birimi tercih edilmemiştir. PV panellerin ürettiği elektriğin fazlası şebekeye satılmaktadır. Yapıda herhangi bir enerji sertifikası bulunmamaktadır.



Şekil 3.80. Yapıdaki fabrika üretim alanları (Kişisel arşiv)



Şekil 3.81. Yapının mimari çizimleri A) Vaziyet planı, B) A-A Kesiti, **C)** Güneybatı görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

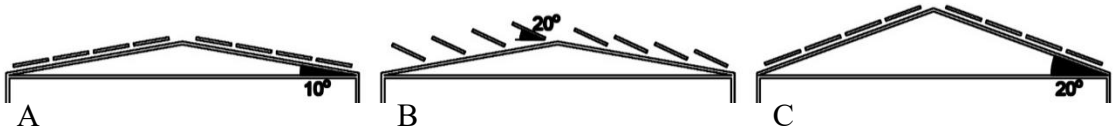
Yapı; kuzeybatı, güneydoğu yönünde araziye konumlandırılmıştır. PV paneller çatının %10'luk eğimini kullanmaktadır. Ekstra bir açı verilmemiştir. Yapının arazi içerisine yerleşiminde PV panellerin verimini artıracak bir tasarım yapılmamıştır. Verimi artırmak için daha fazla PV panel güney yönüne yerleştirilmiştir.

Çatıdaki PV paneller toplam anlık 160 kwe gücündedir. Bu panellerin verim değerleri PVsyst simülasyon programında farklı çatı eğimlerine göre hesaplanmıştır. PV panellerin verimi çatının mevcut eğimi olan 10º'de %87,82 değeri ile en yüksek çıkmıştır. Çatının mevcut eğimi PV panellerin verimini artırmak amacıyla tasarlanmamıştır. Verimin değişmesinde PV panele elen güneş açısı ve panellere gelen gölge miktarı etkilidir.

Çizelge 3.14. Yapı örneği 1: A Firması çatı eğimleri ve PV panellerin verim değerleri

Açı	0º	5º	**10º**	15º	20º
Verim (%)	%87,64	%87,62	**%87,82**	%87,54	%87,50

Farklı çatı eğimleri aşağıda görülen şemadaki gibi hesaplanmıştır. Mevcut yapıda çatı eğimi şekil 3.82'deki A maddesinde olduğu gibi 10º'dir. Simülasyon programında çatı eğimi şekildeki C maddesinde olduğu gibi çatının açısı farklılaştırılarak hesaplama yapılmıştır.

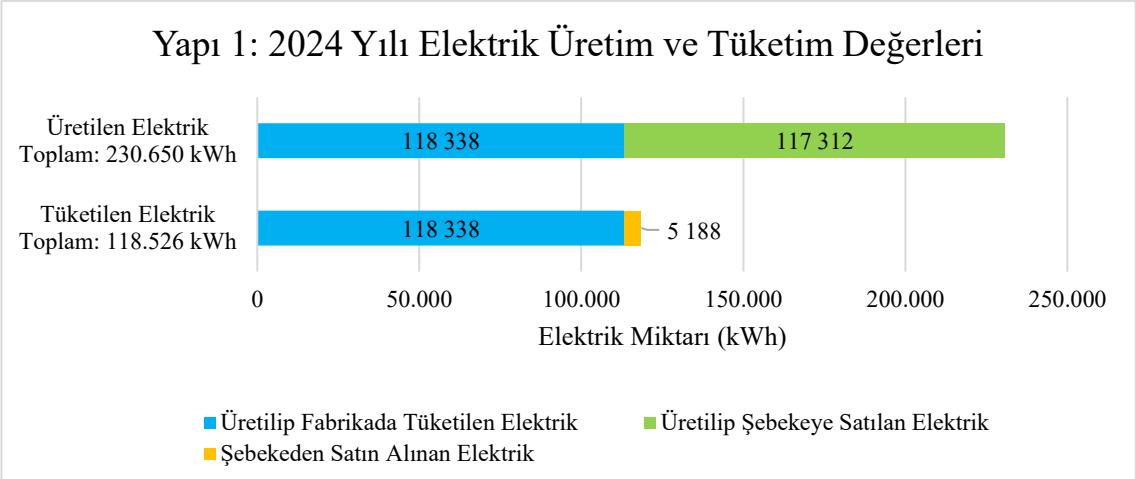


Şekil 3.82. Farklı çatı eğimleri A) Mevcut çatı eğimi B) Güneş açısına göre yerleştirilmiş PV paneller C) Dikleştirilmiş çatı eğimi

B maddesinde ise çatı eğimi sabit tutulup yalnızca PV panellerin açısının dikleştirilmesi uygulaması ise rüzgâr etkisiyle çatıya zarar gelme olasılığının artırılmak istenmemesi sebebiyle uygulanmamaktadır. Yerinde uygulanan PV panellerin güneşin geliş açısı düşünülmeden, çatı eğiminde yerleştirilmesinin sebebi; uygulama kolaylığı, maliyetin artırılmak istenmemesi ve mevcutta çatı eğiminin PV panel uygulaması için değiştirilememesidir.

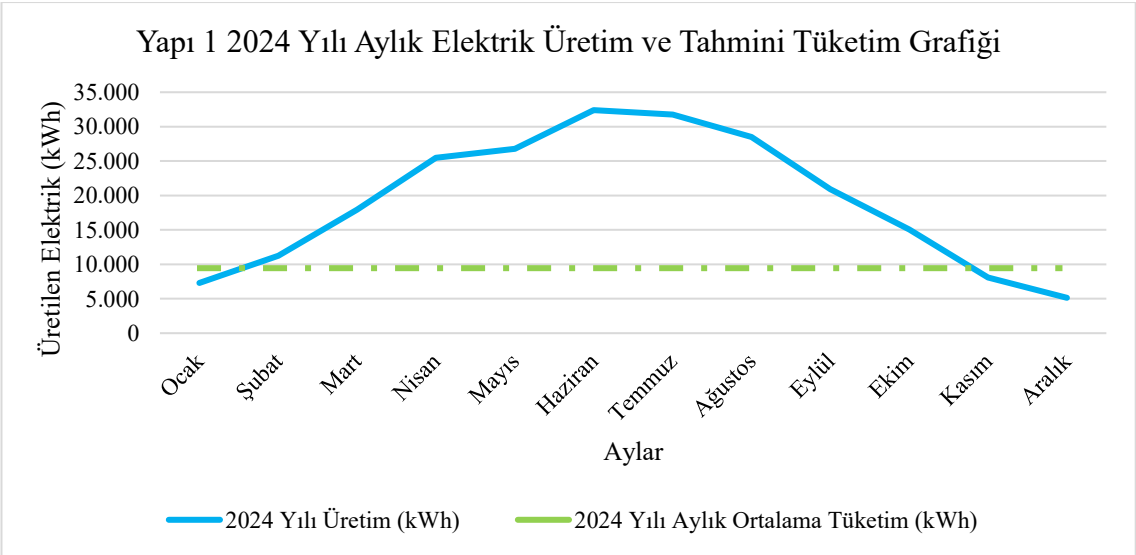
Çizelge 3.15. Yapı örneği 1: A Firması'nın künyesi

● Başlangıç ve faaliyete geçiş yılı	: 2019
PV panellerin kullanıma başlangıç tarihi	: 11.05.2023
● Binanın konumu	: Türkiye / Bursa / İnegöl
● Binanın kullanım amacı	: Sanayi yapısı (mobilya üretim)
● Yapı zemin alanı	: 1 381 m^2
● 2024 Enerji üretimi	: 230 650 kWh
● 2024 Enerji tüketimi	: 118 526 kWh
● 2023 Enerji tüketimi	: 118 412 kWh
● Kullanılan pasif sistemler	: Yok
● Kullanılan aktif sistemler	: Fotovoltaik paneller (1 250 m^2)
● PV panellerin kullanıldığı alan	: Çatı üstü
● PV panellerin, yapının elektrik ihtiyacını karşılama yüzdesi	: %200
● Yapıda kullanılan güneş panellerin toplam fiyatı (05.04.2025 tarihi itibariyle)	: 73 900 € (2 807 808 ₺)
● Yapıda kullanılan PV panellerin kendi ücretini karşılama süresi (Amorti süresi)	: 2023 mayıs ayında yapılan PV panellerin 2025 kasım ayı içerisinde kendi ücretini amorti etmesi öngörülmektedir. (2,5 yıl)
● PV panellerinin yerleştirilme açısı	: Çatının eğimi yönünde uygulanmıştır. Ekstra bir yönlendirme yapılmamıştır. Kuzeydoğu güneybatı yönlerinde yaklaşık 10º açıyla yerleştirilmiştir.



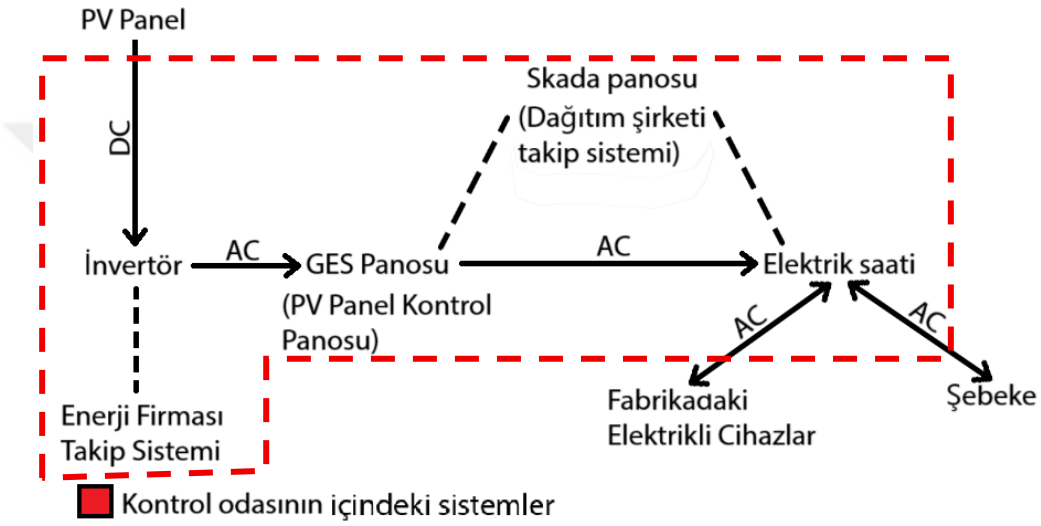
Şekil 3.83. Yapının 2024 yılı enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yıllık tüketim ve şebekeye tahsil değerlerine bakıldığında yıllık toplam üretim değerinin 230 650 kWh olduğu, yıllık toplam tüketim değerinin 118 526 kWh olduğu görülmektedir. Şebekeden tahsil edilen 6 402 kWh fazladan elektrik vardır. Bu durumun sebebi; her ay aynı seviyede elektrik üretilememesidir. Bazı aylarda tüketilen enerji üretilenden fazla olmaktadır. Bu durum üretim değeri tüketimden fazla olmasına rağmen tüm elektrik ihtiyacının PV panel sisteminden karşılanamamasına sebep olmaktadır. Şebekeye elektrik satışında limit olduğu için en fazla 2023 yılı tüketim değeri olan 118 412 kWh satış yapılabilecekken bu değere ulaşılmamıştır.



Şekil 3.84. Yapının yıllık enerji istatistiği grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yapı 2024 ocak ayından aralık ayına kadar aylık üretim değerlerini gösteren bu grafikte yaz aylarına doğru artan enerji üretimi kış aylarına doğru azalmıştır. Yıllık ortalama tüketim değeri 9 867 kWh'dir. Bu değer yıllık toplam elektrik tüketimi değeri olan 118 412 kWh değerinin 12 ye bölünmesinden elde edilmiştir. Bazı aylarda tüketim değerinin üretimin üzerinde bir değer alabileceğini göstermek amacıyla grafiğe eklenmiştir. Bu sebepten yapı 2024 yılında ihtiyaç elektriğinin %195'ini üretse de bir miktar şebekeden elektrik satın almak durumunda kalmıştır.



Şekil 3.85. Yapının PV panel enerji üretim şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yapının enerji üretim şemasına bakıldığında; PV panellerden üretilen DC (doğru akım) elektrik invertör cihazına girer. Burada AC (alternatif akım) elektriğe dönüştürülür. İnvertörlerin altında takip cihazları takılıdır. Bunlar enerji firmasının ve mal sahibinin üretilen enerjiyi takip edebilecekleri bir ağ oluşturulmasını sağlar. İnvertörlerin hepsi GES (Güneş enerjisi sistemleri) panosu diğer bir adıyla PV panel kontrol panosuna bağlanır. Bu pano içerisinde şarteller, kaçak akım ölçüm cihazları, topraklama, elektrik sayaçları gibi ekipmanlar bulunur. GES panosu elektrik saati ile bağlantılıdır. Arasında SCADA "Supervisory Control and Data Acquisition" Türkçe anlamıyla "Gözetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi" panosu yer almaktadır. Bu pano üretilen ve tüketilen elektriğin dağıtım şirketi tarafından takip edilmesini sağlar. İçerisinde sim kartı bulunur bu sayede merkez ile haberleşir. Son olarak üretilen veya şebekeden satıl alınan elektrik; elektrik saatinin içinden geçerek fabrikadaki cihazlara dağıtılır.

Çatıya monte edilmiş olan PV panellere ulaşmak için yapının dışındaki merdivenle yapının çatısına çıkmak gerekmektedir. Kitli kapıdan geçtikten sonra PV panellere ulaşılabilmektedir. Kapıda çeşitli güvenlik tabelaları yer almaktadır.

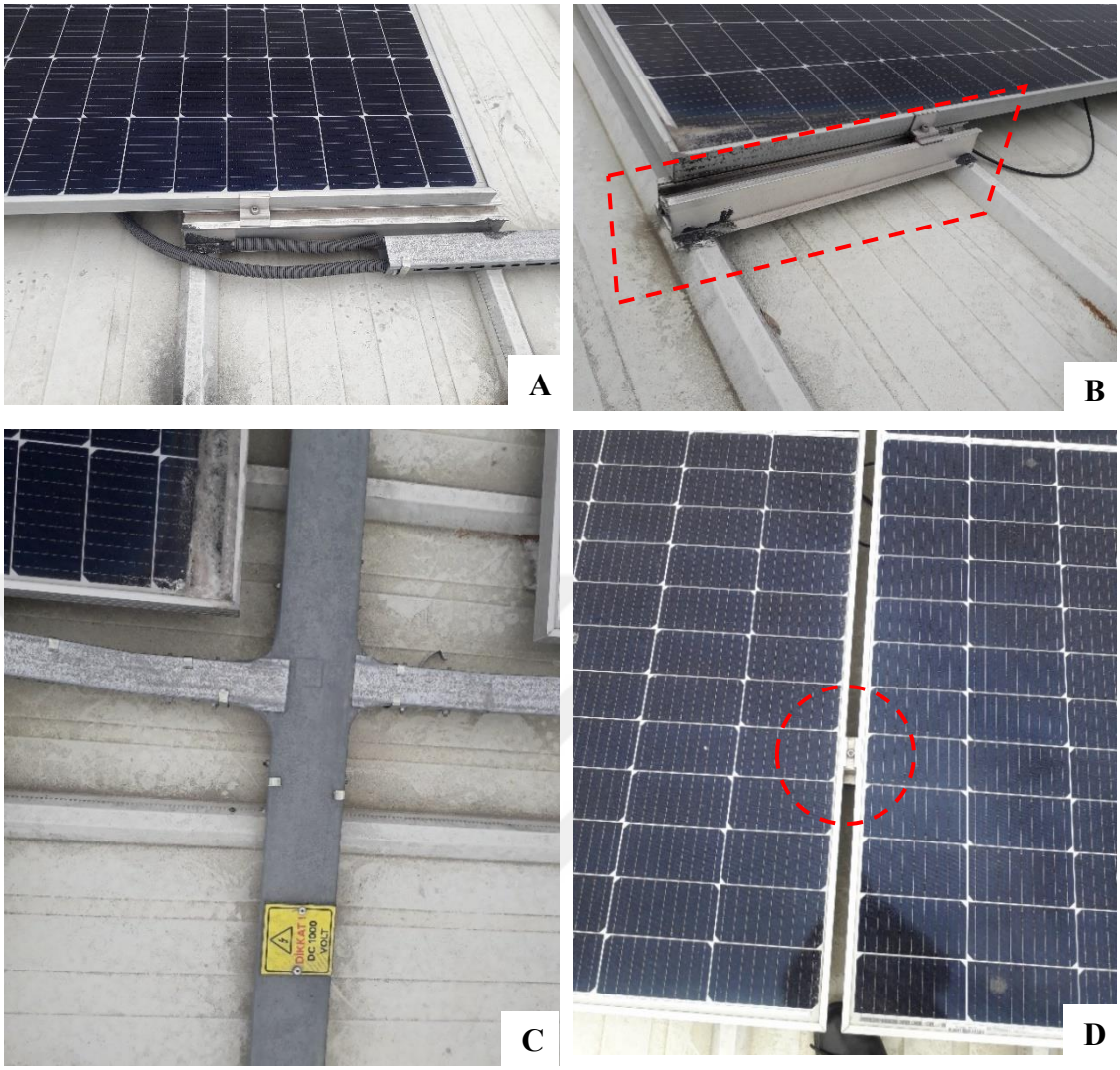


Şekil 3.86. Yapının çatısına yerleştirilmiş PV panellere giden merdiven (Kişisel arşiv)

Paneller çatı eğiminde yerleştirilmiştir. Yaklaşık 10 derece açıyla, kuzey ve güney doğrultusundadır. PV panellerden çıkan kablolar toplanarak alt katta yer alan kontrol odasına uzanırlar.



Şekil 3.87. Çatıdaki PV paneller (Kişisel arşiv)



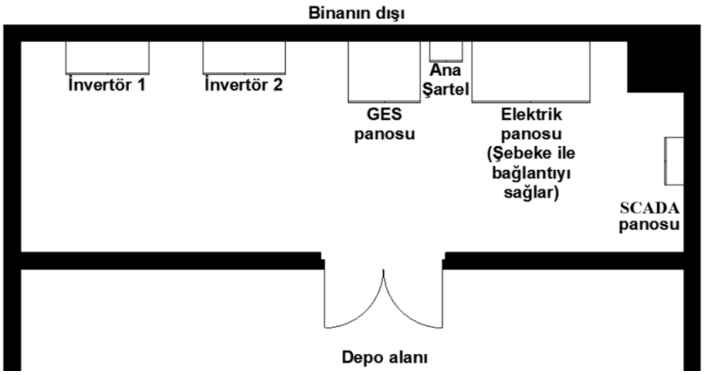
Şekil 3.88. Yapının çatısına yerleştirilmiş Pv panellerin fotoğrafları **A)** PV panellerden çıkan kablolar **B)** PV panellerin çatıya monte aparatı **C)** DC kablo kanalı **D)** PV panellerin çatıya monte aparatı (Kişisel arşiv)

Çatıdaki PV paneller halfcut mono kristal tipinde, tek yüzlü PV panellerdir. Bu panellerin çatıya yerleştirilmesinde herhangi bir özel açıyla değil, çatının eğimi doğrultusunda yerleştirildiği görülmektedir. PV panellerden çıkan kablolar özel kanallar içerisinde üzerinde uyarı levhaları da bulunacak şekilde toplanarak invertörlere gider. PV panelleri çatıya monte etmek için kullanılan alüminyum profiller topraklanmıştır. Bu profillere sürülen siyah boya; perçinleme işlemi sonrasında dış etkilere maruz kalıp korozyona açık hale gelen yüzeyleri kapamak içindir. Çatıda ayrıca elektrik yangınlarında müdahale amacıyla kullanılabilecek karbondioksit içerikli yangın tüpleri de yer almaktadır.



Şekil 3.89. Çatıda yer alan PV panel temizlik aparatları ve biraz kirlenmiş PV panel yüzeyi (Kişisel arşiv)

Tozların düzenli aralıklarla temizlenmesi gerekmektedir. En az altı ayda bir temizlik önerilir. Çatıda PV panellerin temizlenmesi ile alakalı fırça ve bir çeşme bulunmaktadır. PV panelleri temizlenirken yüzeyine zarar gelmemesi için sadece saf su kullanılmaktadır. Çatıdaki çeşme çağrılan temizlik ekiplerinin saf su tankına bağlanıp temizlik sağlanmaktadır. Yapıdaki mobilya üretimi ve bacanın konumundan kaynaklı olarak, bacadan çıkan boya tortuları, PV paneller üzerinde birikmiş ve verimliliğin düşmesine sebep olmuştur. Yaklaşık bir sene kadar devam eden, olması gereken üretim değerinden yaklaşık %50'ye varan düşük üretim sonucunda enerji firması ile danışılmış ve düzenli temizlik uygulamasına başlanmıştır. Bunun sonucu olarak boya birikmesi ortadan kaldırılmıştır. Düşük üretim değeri, enerji firmasının ve mal sahibinin üretim değerlerinin takip ettiği programdan tespit edilmiştir.



Şekil 3.90. Yapının kontrol odası şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

PV panel kontrol odası içerisinde iki adet invertör cihazı vardır. Bu invertörlerin birleştiği bir GES panosu, bir tane güvenlik amaçlı şartel, şebekeyle ve fabrikadaki makinalarla bağlantı kuran elektrik saati bulunmaktadır. Bu makinaların sığması için yaklaşık 15 m^2 büyüklüğünde bir alan ayrılmıştır.

Yapıda uygulanan PV panellerin kontrol odasının yan yüzeyleri metal ve iletken bir malzeme ile oluşturulmuştur. Bunun sebebi bu alanın sürekli topraklanmasının gerekmesidir. Topraklama sayesinde olası statik elektrik birikmesi gibi sorunlar ve elektrik çarpması gibi olasılıkların azaltılması ile iş güvenliği sağlanır.



Şekil 3.91. Yapıdaki PV panel kontrol odasının fotoğrafları **A)** PV panel kontrol odası **B)** Topraklama bağlantısı **C)** Kontrol odası fotoğrafı (Kişisel arşiv)

Elektrik cihazları ile uğraşırken güvenlik önlemi olması amacıyla zeminde yalıtım özelliğine sahip halılar kullanılmaktır. Ancak bu yapıdaki uygulamada yalıtkan halı uygulaması yalnızca Elektrik panosu önünde kullanılmıştır. Bu bölgede ucu açıkta bir AC kablo dikkat çekmektedir. Bu kablonun elektrik taşımadığı görülmüştür ancak yine de güvenlik anlamında ucu açık şekilde bırakılmamalıdır. Elektrik yangınında kullanmak üzere karbondioksit içerikli söndürme tüpleri metal çitlerin üzerine yerleştirilmiştir. Yine güvenlik sağlamak amacıyla PV panellerden gelen kabloları taşıyan ve köprü adı verilen metal sistem DC ve AC kabloları birbirinden ayırmaktadır. Bu sayede kısa devre ve olası yangın durumlarının önüne geçmek amaçlanmaktadır.



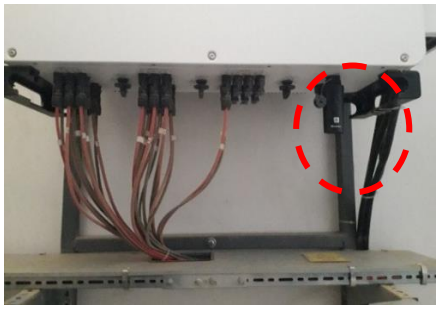
Şekil 3.92. Yapıdaki PV panel kontrol odası **A)** Yalıtım özellikli kauçuk halı ve ucu açık AC kablo **B)** Karbondioksit içerikli yangın tüpleri **C)** PV panel kontrol odası elektrik kablosu köprüleri (Kişisel arşiv)





Şekil 3.93. Yapıdaki PV panel kontrol odası İnvertör cihazları (Kişisel arşiv)

Kontrol odasında PV panellerin elektriği invertör adı verilen cihaz yardımı ile DC elektrikten AC elektriğe çevrilir. İnvertörün altındaki kırmızı kablolar PV panellerden gelen DC elektriği içerirken makinanın sağında AC çıkış vardır. Ayrıca kontrol biriminin diğer organları ile iletişimi sağlayan veri kabloları da bulunmaktadır. İnvertör üzerinde çeşitli durum ışıkları ve yüzde kaç yükte çalıştığını gösteren ışıklı bir gösterge bulunmaktadır. Kontrol odasında bulunan invertörler birbirlerinden bağımsız şekilde PV panellerden gelen elektriği dönüştürme işlemini yaparlar. Bu durum; bir invertör tam yükte çalışırken diğer invertörleri etkilemeden bağımsız çalışacağı yani PV panellerden gelen elektriğin invertörlere eşit şekilde paylaştırılmayacağı anlamına gelir.

Şekil 3.94. Yapıdaki enerji firması takip cihazı (Kişisel arşiv)

Her invertör cihazının altında enerji firması ve mal sahibinin PV panellerden üretilen, tüketilen ve şebekeye tahsil edilen elektriği izleyebilmesi için oluşturulmuş sisteme veriyi aktaran kablosuz bir cihaz bulunmaktadır. Bu sistem grafik arayüzüne sahip bir sistemdir. Telefondan ve bilgisayardan girilebilmektedir.



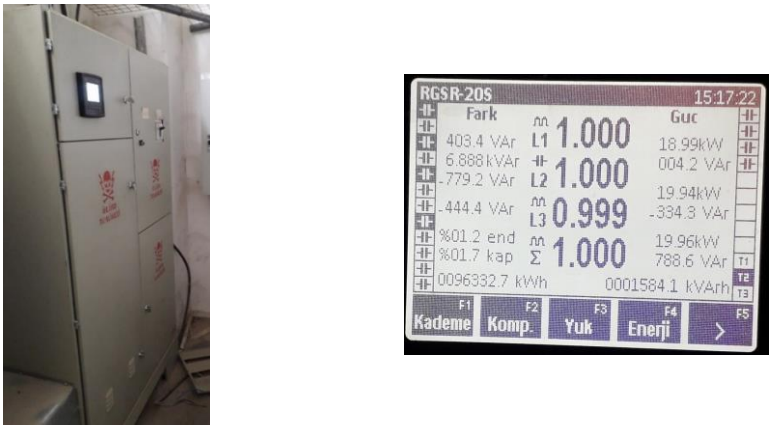
Şekil 3.95. Yapıdaki GES panosu (Kişisel arşiv)

Tüm invertörler elektrik üretim konusunda bağımsız olsa da veri kabloları ve AC çıkışları ile GES panosuna bağlıdır. GES panosunda tüm elektrik üretimi takip edilir. GES panosunun içinde tüm AC kablolarının birleştiği şalter sistemi, topraklamanın birleştiği kablo sistemi, PV panellerdeki üretimi kaydeden elektrik sayacı, kaçak akım ölçümü gibi diğer teknik aksağımlar yer almaktadır. Kapağında takip edilen elektrik değerleri yazmaktadır.



Şekil 3.96. Yapıdaki GES panosu şarteli (Kişisel arşiv)

GES panosu ve elektrik panosu arasında güvenlik amaçlı bir şartel konulmuştur.Bu şartel PV panel sistemi ile şebeke bağlantısını ayırır. Genelde GES panosu içine yerleştirilmektedir ancak bu uygulamada sığmadığından dışarıya yerleştirilmiştir. Sistemin çalışmasına herhangi bir etkisi yoktur.



Şekil 3.97. Yapıdaki elektrik panosu ve ekranı (Kişisel arşiv)

Elektrik panosu şebeke ve fabrika cihazları arasındaki bağlantıyı sağlar. Tüm elektrik alışverişinin kayıt noktasıdır. Elektrik bu noktadan geçmeden yapı içine dağılamaz veya şebekeye satılamaz. Elektrik dağıtım şirketinin yapıdaki tüm elektrik trafiğini takip etmesini sağlar.



Şekil 3.98. Yapıdaki dağıtım şirketi takip (SCADA) panosu (Kişisel arşiv)

Elektrik panosunun hemen sağında yer alan küçük panoda ise elektrik dağıtım şirketinin (Uludağ Elektrik Dağıtım Şirketi) PV panel sistemini uzaktan kontrol edebilmesi için SCADA panosu adında bir sistem bulunmaktadır. Şebekeye satılan ve şebekeden çekilen elektrik gibi değerler dağıtım şirketi tarafından içerisindeki sim kartı ile buradan okunur.

Sonuç olarak yapıda fabrikada kullanılan makinaların enerjilerini karşılayabilecekleri bir PV panel sistemi kurulmuştur. Yapının kendi elektriği karşılaması hem ekonomik olarak yapı sahibine hem de sürdürülebilirlik noktasında çevresel olarak olumlu bir katkı sağlamıştır.

3.2.2 Yapı örneği 2: B Firması

Yapı İnegöl'de bulunan bir mobilya fabrikasıdır. 2014 yılında faaliyete geçmiştir. 2023 yılı eylül ayında tavanına 2 550 m^2 PV panel uygulaması yapılmıştır. Bu paneller çatı eğiminde yerleştirilmiştir. PV paneller ihtiyaç elektriğin iki katı elektrik üretme kapasitesine sahiptir. Yangın merdiveni ile bina dışından çatıya kilitli bir kapıdan geçtikten sonra ulaşılabilmektedir.

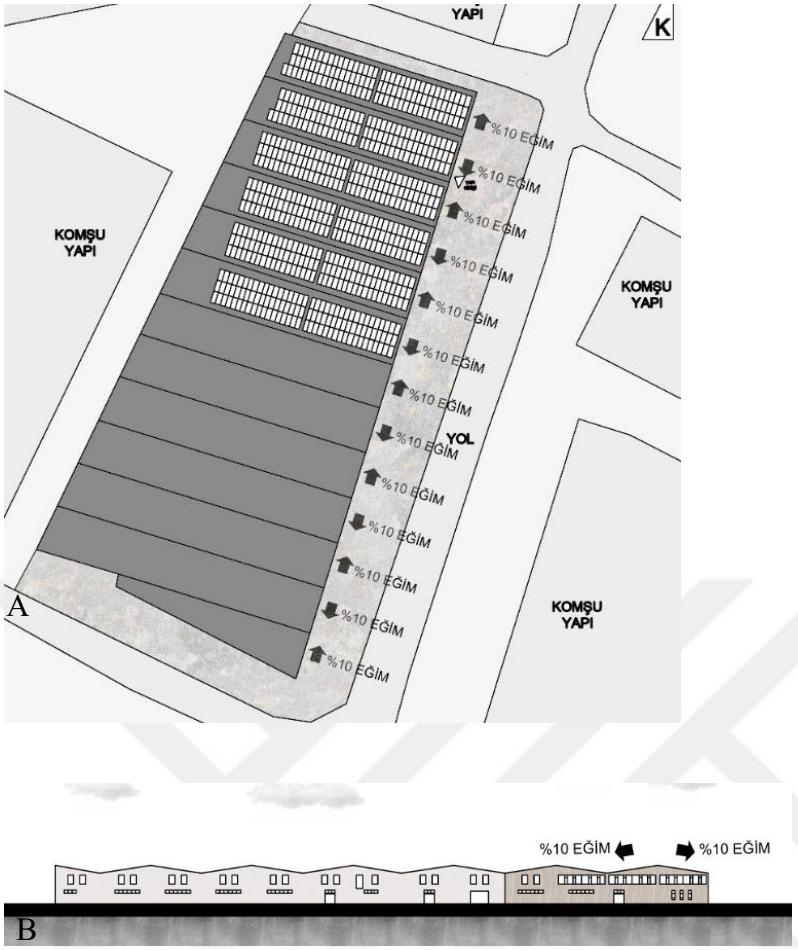


Şekil 3.99. Yapı örneği 2: B Firması fotoğrafları **A)** Binanın Fotoğrafı (Kişisel arşiv) **B)** Harita görüntüsü (Google, 2025i)

PV panel sistemi ilk yapı örneği ile benzerlik göstermektedir. Herhangi bir pasif sistem tasarıma dahil edilmemiştir. Depolama birimi kullanılmamış ve enerji sertifikası alınmamıştır. Üretilen elektriğin fazlası şebekeye satılmaktadır. Yapı ihtiyacının iki katı elektrik üretmektedir.



Şekil 3.100. Yapıdaki fabrika üretim alanları (Kişisel arşiv)



Şekil 3.101. Yapının mimari çizimleri **A)** Vaziyet planı, **B)** Doğu görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

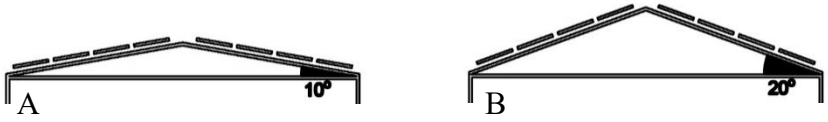
Yapı; kuzeydoğu, güneybatı yönünde araziye konumlandırılmıştır. PV paneller %10 olan çatı eğiminde yerleştirilmiştir. Yapının arazi içerisine yerleşiminde PV panellerin verimini artıracak bir tasarım yapılmamıştır. PV panellerin yerleşiminde ulaşımın kolay olması amacıyla hepsi yapının kuzey yönüne yerleştirilmiştir.

Çatıdaki PV paneller 250 kwe gücündedir, 10º eğimle yerleştirilmiştir ve %86,61 verimle çalışmaktadır. Bu panellerin 5º açıyla yerleştirilmesiyle verim %86,63'e çıkarılabilmektedir.

Çizelge 3.16. Yapı örneği 2: B Firması çatı eğimleri ve PV panellerin verim değerleri

Açı	0º	**5º**	10º	15º	20º
Verim (%)	%86,62	**%86,63**	%86,61	%86,55	%86,48

Mevcut yapıda çatı eğimi aşağıdaki şekildeki A maddesinde olduğu gibi 10°'dir. Simülasyon programında çatı eğimi şekildeki B maddesinde olduğu gibi çatının açısı farklılaştırılarak hesaplama yapılmıştır.

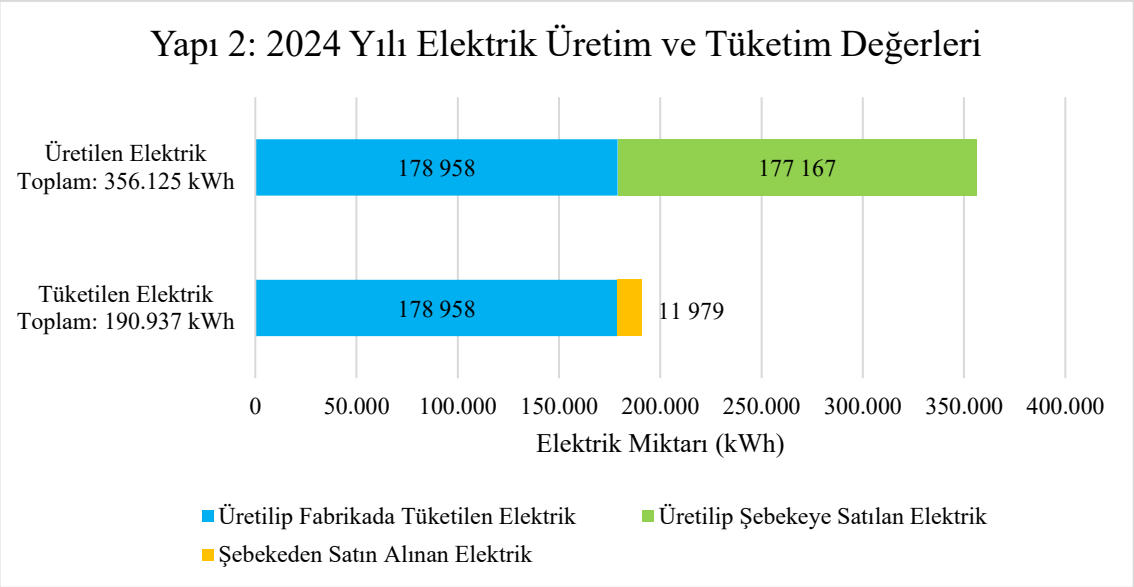


Şekil 3.102. Farklı çatı eğimleri A) Mevcut çatı eğimi C) Dikleştirilmiş çatı eğimi

Çatı eğiminin farklılaşması ile birlikte değişen verim; PV panele gelen güneş açısına ve çatının PV panellere düşürdüğü gölgenin miktarına bağlıdır.

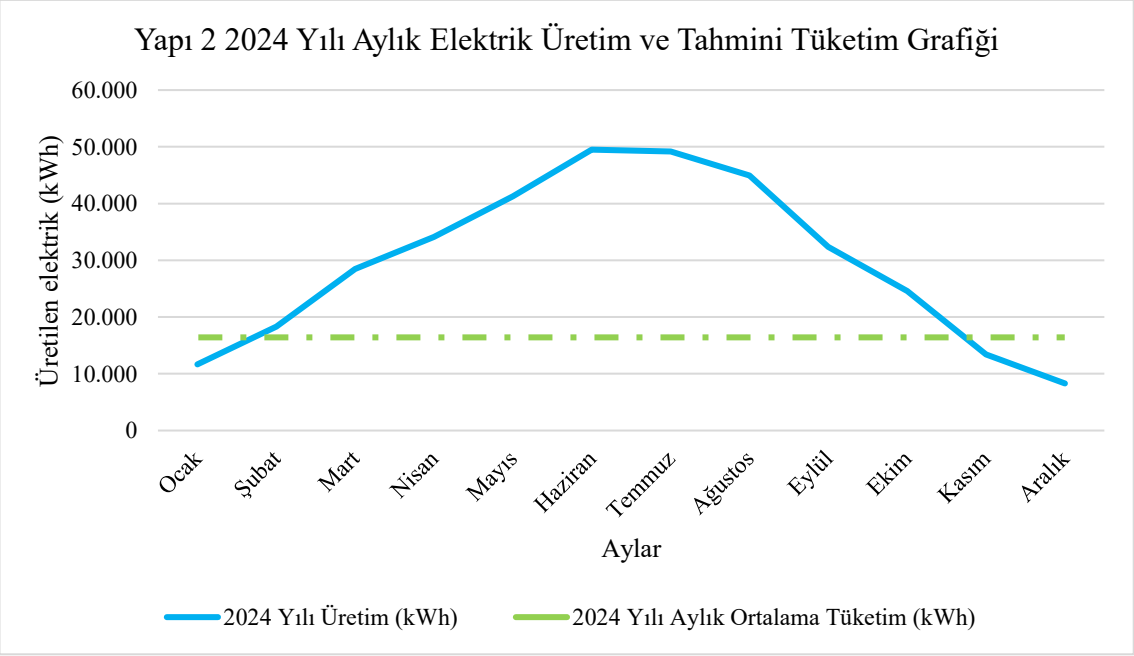
Çizelge 3.17. Yapı örneği 2: B Firması'nın künyesi

● Başlangıç ve faaliyete geçiş yılı	: 2014
PV panellerin kullanıma başlangıç tarihi	: 20.09.2023
● Binanın konumu	: Türkiye / Bursa / İnegöl
● Binanın kullanım amacı	: Sanayi yapısı (mobilya üretim)
● Yapı zemin alanı	: 6 143 m^2
● 2024 Yılı enerji üretimi	: 356 125 kWh
● 2024 Yılı enerji tüketimi	: 190 937 kWh
● 2023 Yılı enerji tüketimi	: 187 644 kWh
● Kullanılan pasif sistemler	: Yok
● Kullanılan aktif sistemler	: Fotovoltaik paneller (2 550 m^2)
● PV panellerin kullanıldığı alan	: Çatı üstü
● PV panellerin, yapının elektrik ihtiyacını karşılama yüzdesi	: %200
● Yapıda kullanılan güneş panellerin toplam fiyatı (05.04.2025 tarihli m^2 fiyatı baz alınmıştır)	: 106 940 € (4 449 344 ₺)
● Yapıda kullanılan PV panellerin kendi ücretini karşılama süresi (Amorti süresi)	: 2023 eylül ayında yapılan PV panellerin 2026 eylül ayı içerisinde kendi ücretini amorti etmesi öngörülmektedir. (3 yıl)
● PV panellerinin yerleştirilme açısı	: Çatının eğimi yönünde uygulanmıştır. Ekstra bir yönlendirme yapılmamıştır. Kuzeydoğu güneybatı yönlerinde yaklaşık 10° açıyla yerleştirilmiştir.



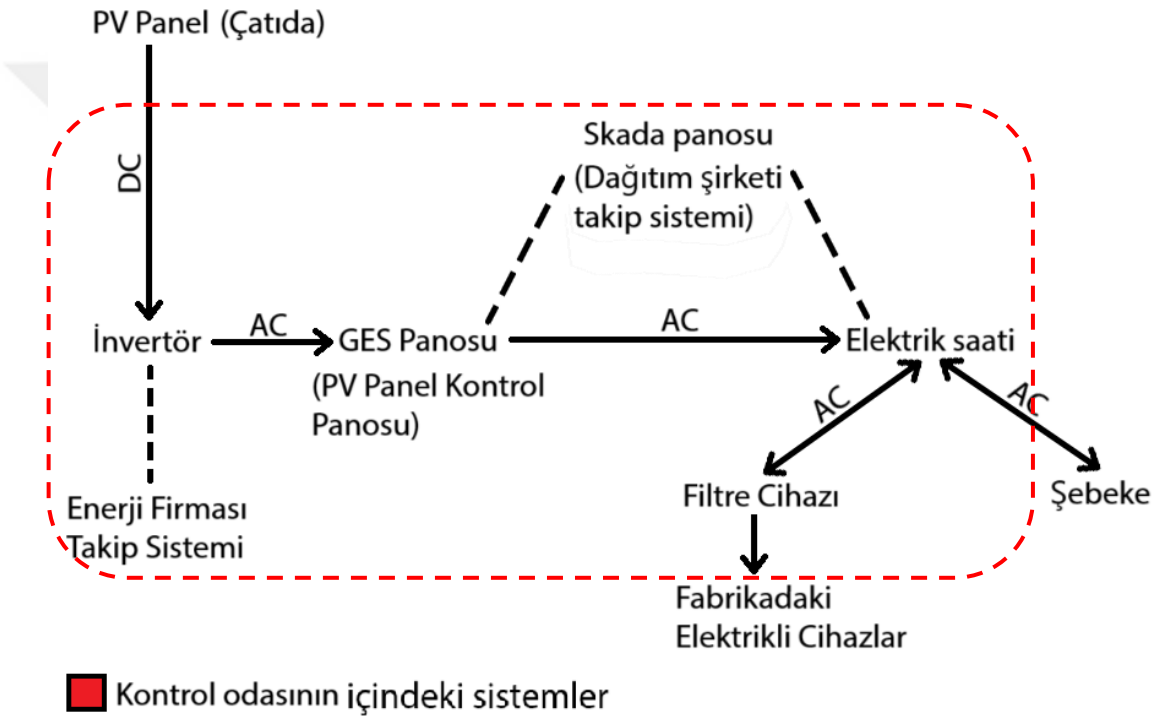
Şekil 3.103. Yapının 2024 yılı enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yıllık toplam 356 125 kWh elektrik üretildiği, 190 937 kWh elektrik tüketildiği görülmektedir. Şebekeye 177 167 kWh elektrik satılmıştır. 2023 yılının tüketim değeri olan 187 644 kWh şebekeye satılabilecekken bu sınıra ulaşılmamıştır. Kış aylarında üretimin tüketimden az olması sebebiyle 11 979 kWh elektrik şebekeden tahsil edilmiştir.



Şekil 3.104. Yapının 2024 yılı enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yapının 2024 ocak ayından aralık ayına kadar olan enerji istatistiği grafiğine bakıldığında; kış aylarına doğru üretimin azalırken yaz aylarında arttığı; aralık ayında en az, haziran ayında ise en fazla üretimin yapıldığı görülmektedir. Yapının yıl boyu ortalama aylık tüketim değeri 15 911 kWh'dir. Kış aylarında üretim değerinin ortalama tüketim değerinden az olduğu görülmektedir. Bu gibi durumlarda şebekeden elektrik çekilerek makinaların çalışması sağlanmaktadır. 2024 yılında ihtiyaç elektriğinin %186,51'ini üreten yapı ihtiyacının %6,27 sini şebekeden satın almıştır.



Şekil 3.105. Yapının PV panel enerji üretim şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

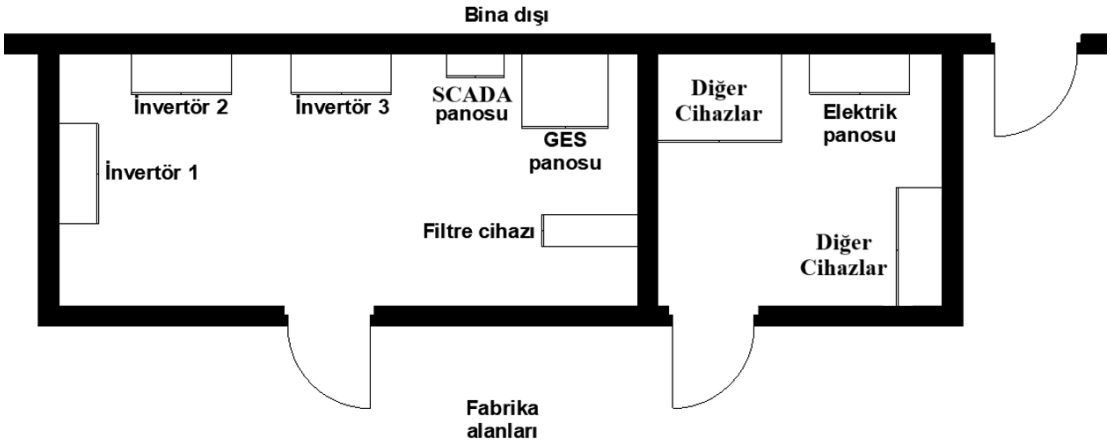
PV panelde üretilen alternatif akım invertörden geçerek alternatif akıma dönüştürülür. İnvertörler enerji firması ve mal sahibinin takip edebileceği enerji sistemine veri yollayan takip cihazlarına sahiptir. İnvertörler GES panosuna bağlanır. Burada tüm invertörlerin elektriğini birleştirilerek elektrik panosuna aktarır. Elektrik panosu elektrik üretim ve tüketiminin takip edildiği yerdir. Buna ek olarak SCADA panosu içinde sim kartı ile elektrik dağıtım şirketi anlık takip yapabilir. Son olarak filtre cihazı fabrikada kullanılan makinalar ile elektrik saatini birbirine bağlar.

Yapıda, ilk örnekteki binadan farklı olarak bu PV panel sisteminde filtre cihazı eklendiği görülmektedir. Filtre cihazı; şebeke, elektrik saati ve fabrika cihazları arasında yer alır ve amacı parazitli gelen elektriği binaya dağıtırken parazitlerinden arındırmaktır. Yerleştirilme amacı fabrika cihazlarının arızalanması problemini çözmektir. Bu yönüyle bir avantaj yaratmaktansa bir problemi çözme amacıyla sisteme entegre edildiği söylenebilir.



Şekil 3.106. Yapının çatısına yerleştirilmiş Pv panellerin fotoğrafları (Pika Enerji, 2024)

PV paneller çatı eğiminde yerleştirilmiştir. Panellerden çıkan kablolar toplanıp kontrol odasına gitmektedir. Burada invertörlere giren kablolar alternatif akıma dönüştür. Çatıdaki PV paneller halfcut mono kristal yapılı, tek yüzlü PV panellerdir. Bir tanesi 500 Watt gücündedir. Bu uygulamada ilk yapı örneğinde olduğu gibi PV panellerde kirlenme sebebiyle verim düşüşü gibi bir problem ile karşılaşılmamıştır. Bununla birlikte çatıda panelleri temizlemek için herhangi bir ekipman bulunmamaktadır. Temizlik gerektiği zaman PV panel temizliği yapan ekipler çağırılmaktadır.



Şekil 3.107. Yapının PV panel kontrol odası şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

PV panel kontrol odasında üç adet invertör, GES panosu, SCADA panosu ve filtre cihazı yer almaktadır. Elektrik panosu bu yapı örneğinde ayrı bir odada yer almaktadır. Bu durumun sisteme herhangi bir etkisi yoktur. Kontrol odası ve yan oda da dahil içerisindeki cihazların sığması için yapıda yaklaşık 30 m^2 alana ihtiyaç duyulmuştur.



Şekil 3.108. Yapının PV panel kontrol odası fotoğrafları (Kişisel arşiv)

PV panel cihazlarını çevreleyen alandaki çitte metal kısımlarında topraklama uygulanmıştır. Ancak çitte metal çerce kullanılması gerekirken, yalıtkan bir malzeme kullanılarak kapatılmıştır. Önerilen uygulama PV panel odasını çevreleyen çitlerin iletken olması ve topraklanmasıdır. Bu sayede olası statik elektrik birikmeleri ve kaçak elektriğin makinalara ve insanlara zarar vermesi engellenir.



Şekil 3.109. Yapıdaki PV panel kontrol odası fotoğrafları **A)** PV panel kontrol odası elektrik kablosu köprüleri **B)** Karbondioksit içerikli yangın tüpleri **C)** Yalıtkan halı kullanılmamıştır **D)** Cihazların topraklama bağlantısı (Kişisel arşiv)

Bu uygulamada da zeminde güvenlik amacıyla uygulanan yalıtım halıları yerleştirilmemiştir. Elektrik yangınında kullanmak üzere karbondioksit içerikli söndürme tüpleri metal iskele üzerinde bulunmaktadır. Yine güvenlik sağlamak amacıyla kabloları

taşıyan ve köprü adı verilen metal sistem DC ve AC kabloları birbirinden ayırmaktadır. Bu sayede kısa devre ve olası yangın durumlarının önüne geçmek amaçlanmaktadır.



Şekil 3.110. Yapıdaki PV panel kontrol odası İnvertör cihazları (Kişisel arşiv)

İnvertör cihazları ile PV panellerin elektriği DC elektrikten AC elektriğe çevrilir. Topraklama bağlantısı yapılmıştır ve kablosuz bir verici ile üretilen enerjinin mal sahibi ve enerji firmasının takip edebileceği sisteme aktarılmasını sağlar. İnvertörler birbirlerinden bağımsız şekilde çalışmaktadır. Üretilen elektrik GES panosuna aktarılır.



Şekil 3.111. Yapıdaki enerji firması takip cihazı (Kişisel arşiv)

İnvertör cihazlarında kablosuz vericiler ile enerji takibi sistemine bağlantı kurmalarını sağlayan bir verici vardır. Mal sahibi ve kurulumu yapan enerji firması buradan İnvertörlerin ürettiği enerjiyi takip edebilir.



Şekil 3.112. Yapıdaki GES panosu (Kişisel arşiv)

İnvertörlerden elen elektrik GES panosunda birleştirilir. Bu pano içerisinde güvenlik amacıyla yerleştirilen şarteller, tüm topraklamanın birleşim noktası, üretimin takibinin yapıldığı elektrik sayacı ve kaçak akım tespit sistemleri gibi donanımlar bulunur. GES panosunda birleştirilen elektrik, elektrik panosuna aktarılır.



Şekil 3.113. Yapıdaki harmonik filtre cihazı (Kişisel arşiv)

Bu yapıda uygulanan sistemin tek farkı harmonik filtre adında bir cihaz daha kullanılmış olmasıdır. Yapıdaki elektriği tüketen cihazlar şebekeden veya invertörlerden temin edilen elektriği parazitlenerek harmonik adında bir olayın oluşmasına sebep olmuştur. Sigorta atması, fabrikadaki üretim cihazlarının kendini kapatması gibi şikayetlerin ardından sisteme entegre edilen harmonik filtre cihazı bu problemleri çözmüştür. Aynı zamanda harmonik filtre cihazı olası arızaları engellemesi itibari ile yangın gibi durumların da önüne geçilmesi için bir güvenlik önlemi oluşturmaktadır. PV panellerin elektrik üretimine bir katkısı yoktur. Olumsuz durumları engellemek için bir güvenlik önlemidir.



Şekil 3.114. Yapıdaki dağıtım şirketi takip panosu (Kişisel arşiv)

Elektrik dağıtım şirketinin (Uludağ Elektrik Dağıtım Şirketi) PV panel sistemini uzaktan kontrol edebilmesi için sim kartlı sistem bulunmaktadır.

Sonuç olarak yapıda PV panel sistemi fabrikanın elektriğinin iki katını üretebilecek bir altyapı ile kurulmuştur. Bu sistemde ilk yapı örneğinden farklı olarak harmonik filtre cihazı kullanılmıştır. Yapının enerjisini üretebilmesi mal sahibine ekonomik olarak olumlu katkı sağlarken çevresel anlamda da olumlu bir etki oluşturmaktadır.

3.2.3 Yapı örneği 3: C Firması

Yapı İnegöl Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan bir mobilya fabrikasıdır. 2013 yılında faaliyete geçmiştir. 2023 yılı ağustos ayında çatısına 2 712 m^2 PV panel uygulaması yapılmıştır. Çatı eğiminde yerleştirilen paneller yapının ihtiyacının yaklaşık iki katı üretim yapabilmektedir.

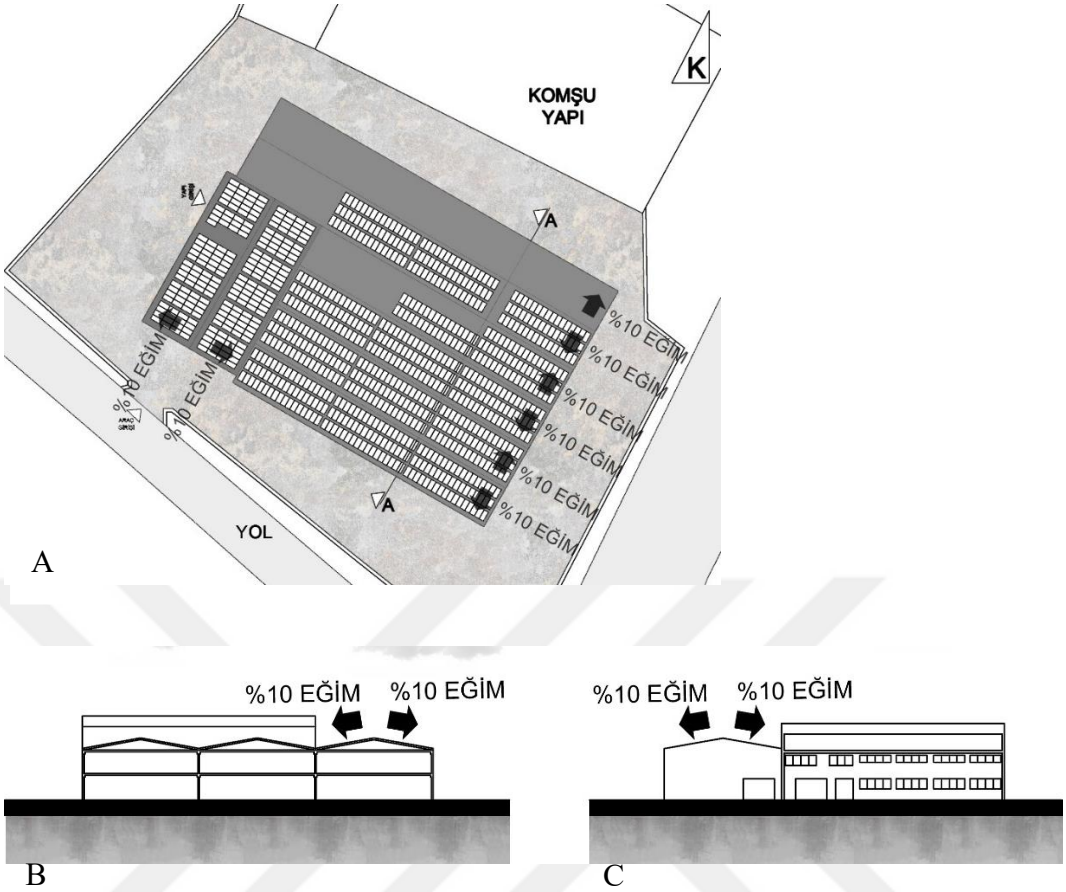


Şekil 3.115. Yapı örneği 3: C Firması fotoğrafları **A)** Binanın Fotoğrafı (Kişisel arşiv) **B)** Harita görüntüsü (Google, 2025j)

Yapıda elektrik üretim sistemi olarak yalnızca PV paneller uygulanmıştır. Sistemde depolama ünitesi uygulanmamıştır ve üretim fazlası elektrik şebekeye satılmaktadır. Yapıda herhangi bir enerji sertifikası bulunmamaktadır.



Şekil 3.116. Yapıdaki fabrika üretim alanları (Kişisel arşiv)



Şekil 3.117. Yapının mimari çizimleri **A)** Vaziyet planı, **B)** A-A Kesiti, **C)** Güneybatı görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Yapı; kuzeybatı, güneydoğu yönünde araziye konumlandırılmıştır. PV paneller çatının %10'luk eğimini kullanmaktadır. Yapının arazi içerisine yerleşiminde PV panellerin verimini artıracak bir tasarım yapılmamıştır. PV panellerin yerleşiminde güney yönünde daha fazla panel yerleştirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Aynı zamanda yapının üç kat yüksekliğinde olan bölümünün güneyine gölge sorunu sebebiyle PV panel yerleştirilmemiştir.

Çatıdaki PV paneller 300 kwe gücündedir. PV panellerin verimi çatının mevcut eğimi olan 10º'de %87,82 değeri ile en yüksek çıkmıştır. Paneller için verimi artıran bir tasarım yapılmamıştır. Çatı eğiminde yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.18. Yapı örneği 3: C Firması çatı eğimleri ve PV panellerin verim değerleri

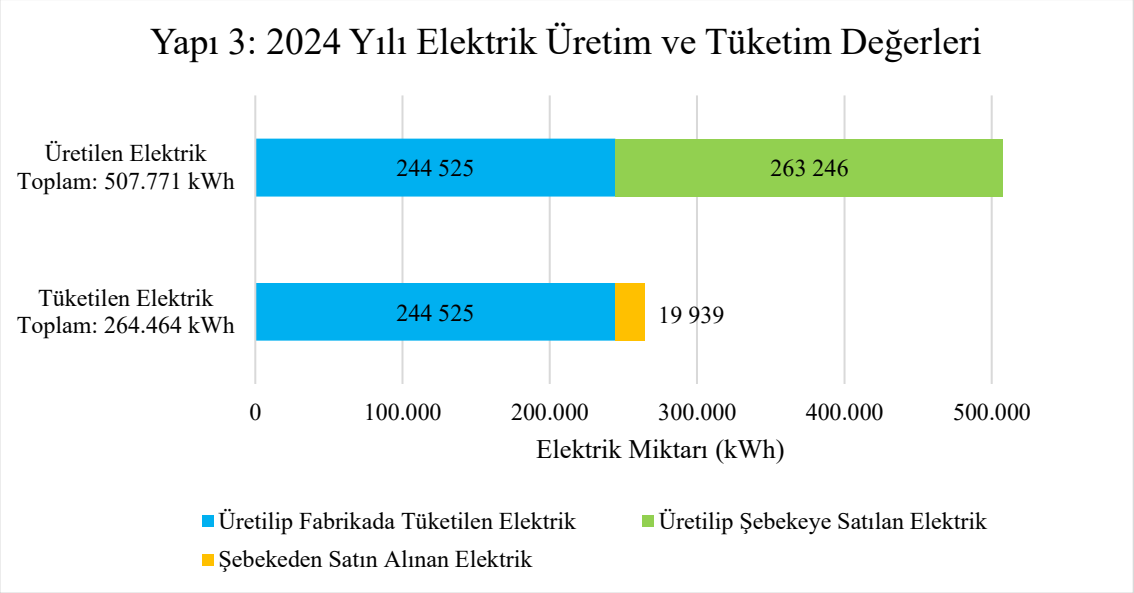
Açı	0º	5º	**10º**	15º	20º
Verim (%)	%84,66	%84,67	**%84,69**	%84,66	%84,62

Çatı eğiminin farklılaşması PV panele gelen güneş açısını ve çatının PV panellere düşürdüğü gölgenin miktarını değiştirdiği için verim değerleri değişkenlik göstermektedir. Bu yapıda ilk yapı örneğindeki gibi mevcut çatı eğimi en verimli açı olarak hesaplanmıştır ancak yerinde uygulama yapılırken PV panellerin en verimli olduğu açı dikkate alınmamıştır. Mevcut çatı eğiminde yerleştirilmiştir. Bunun en önemli sebebi maliyetin artırılmak istenmemesi, uygulamayı yapacak eleman bulmada güçlük, mevcut çatı eğiminin değiştirilememesidir.

Fabrikaya ait künye aşağıdadır.

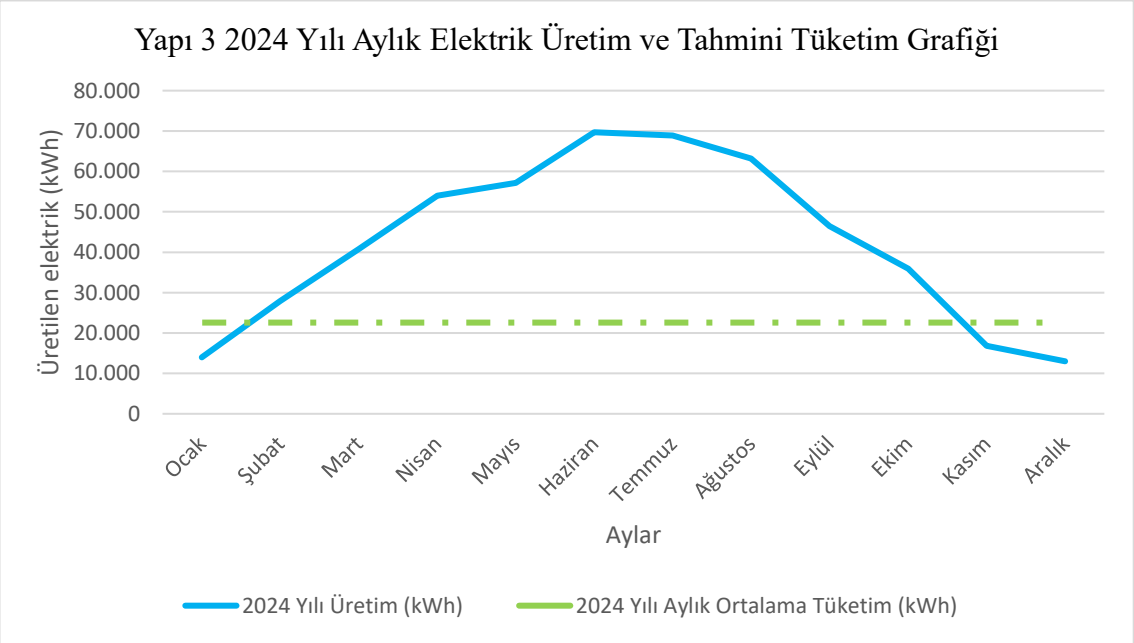
Çizelge 3.19. Yapı örneği 3: C Firması'nın künyesi

● Başlangıç ve faaliyete geçiş yılı	: 2013
PV panellerin kullanıma başlangıç tarihi	: 16.08.2023
● Binanın konumu	: Türkiye / Bursa / İnegöl
● Binanın kullanım amacı	: Sanayi yapısı (Mobilya üretim)
● Yapı zemin alanı	: 2 712 m^2
● 2024 Yılı enerji üretimi	: 507 771 kWh
● 2024 Yılı enerji tüketimi	: 264 464 kWh
● 2023 Yılı enerji tüketimi	: 272 218 kWh
● Kullanılan pasif sistemler	: Yok
● Kullanılan aktif sistemler	: Fotovoltaik paneller (2 300 m^2)
● PV panellerin kullanıldığı alan	Çatı üstü
● PV panellerin, yapının elektrik ihtiyacını karşılama yüzdesi	%200
● Yapıda kullanılan güneş panellerin toplam fiyatı (05.04.2025 tarihli m^2 fiyatı baz alınmıştır)	: 148 730 € (6 188 017 ₺)
● Yapıda kullanılan PV panellerin kendi ücretini karşılama süresi (Amorti süresi)	: 2023 ağustos ayında yapılan PV panellerin 2026 ağustos ayı içerisinde kendi ücretini amorti etmesi öngörülmektedir. (3 yıl)
● PV panellerinin yerleştirilme açısı	: Çatının eğimi yönünde uygulanmıştır. Ekstra bir yönlendirme yapılmamıştır. Kuzeydoğu güneybatı yönlerinde yaklaşık 10^o açıyla yerleştirilmiştir.



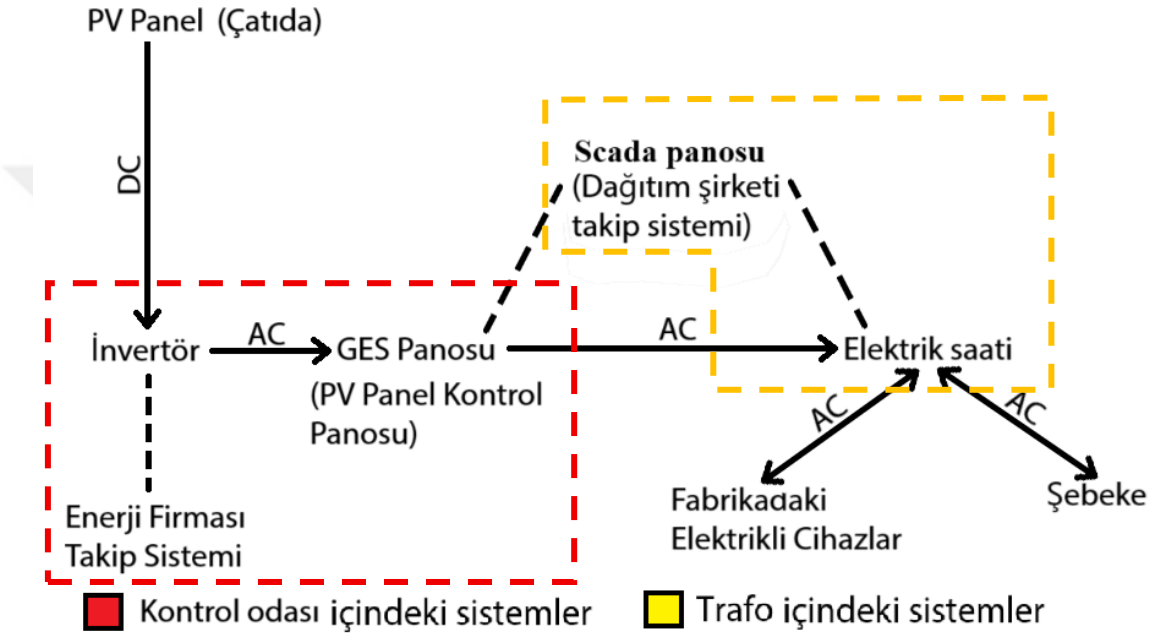
Şekil 3.118. Yapının enerji istatistikleri grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yıllık toplam üretim 507 771 kWh, tüketim 264 464 kWh'dir. Kış aylarındaki düşük üretim sebebiyle yaklaşık 20 000 kWh elektrik şebekeden satın alınmıştır. 263 246 kWh elektrik şebekeye satılmıştır. Satış yapılırken 2023 tüketim limitine takılınmamıştır.



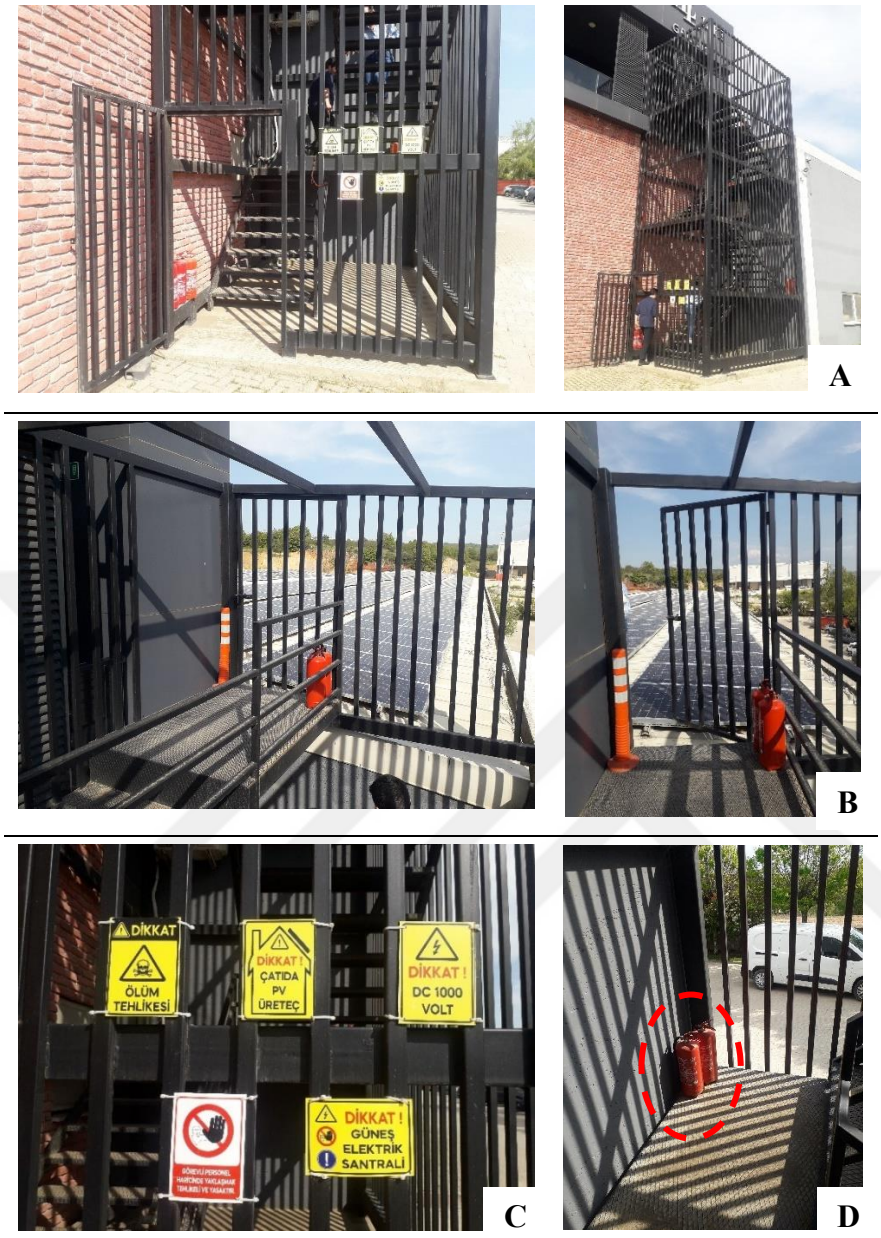
Şekil 3.119. Yapının 2024 yılı enerji istatistiği grafiği (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yapı yıl boyu değişen miktarlarda elektrik üretmiştir. En fazla haziran ayında, en az aralık ayında elektrik üretmiştir. Aylık ortalama tüketim değeri 22 684 kWh'dir. Bu değerin altında üretim yapılan aylarda şebekeden elektrik satın alınmıştır ve ihtiyacının %7,5'ini şebekeden temin etmiştir. 2024 yılında yapı ihtiyaç elektriğinin %192'sini üretmiştir.



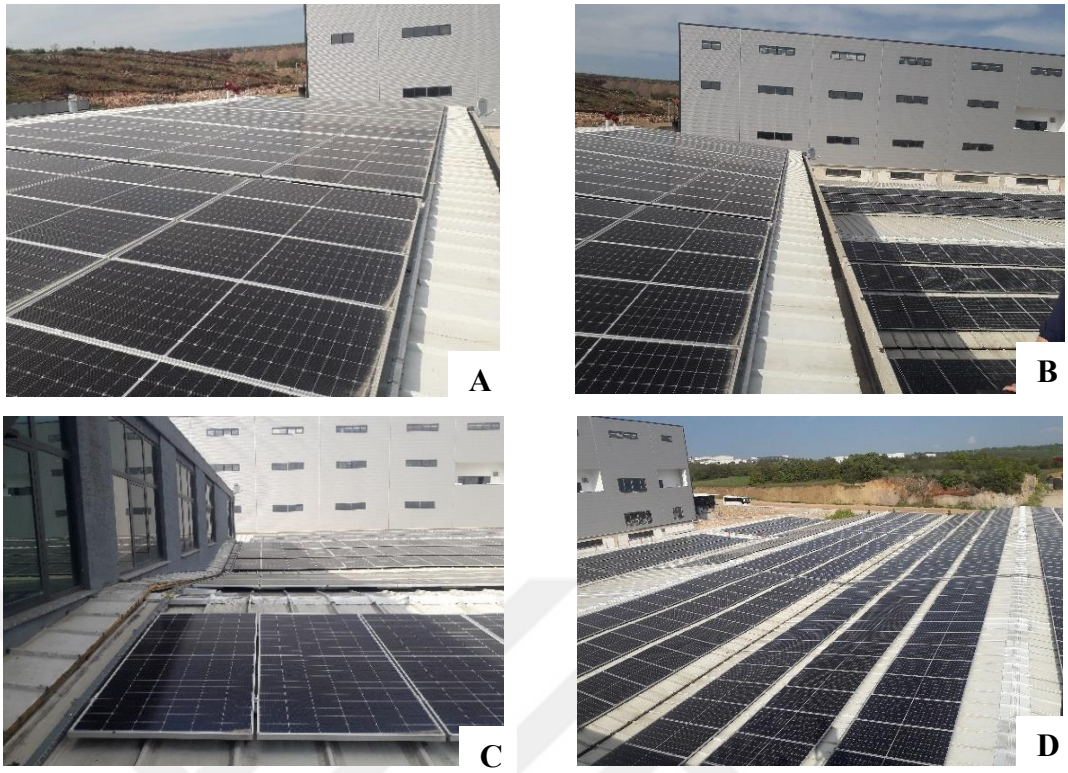
Şekil 3.120. Yapının PV panel enerji üretim şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yapının enerji üretim şeması çalışma mantığı olarak diğer yapı örnekleri ile aynı olsa da tüm elektronik donanımın kontrol odası dışında olması ile farklılaşır. Bu farklılığın PV panel istemine olumlu ya da olumsuz bir etkisi yoktur. Panellerde üretilen elektrik invertörden geçer. Her bir invertörde enerji firmasının takip cihazları vardır. Devamında elektrik kabloları toplanarak GES panosunun içine girer. Burada toplanan elektrik, yapı dışında trafonun içinde bulunan elektik panosunun içinden geçer. Buradan tekrar yapının içine geri girerek fabrikada tüketilir.



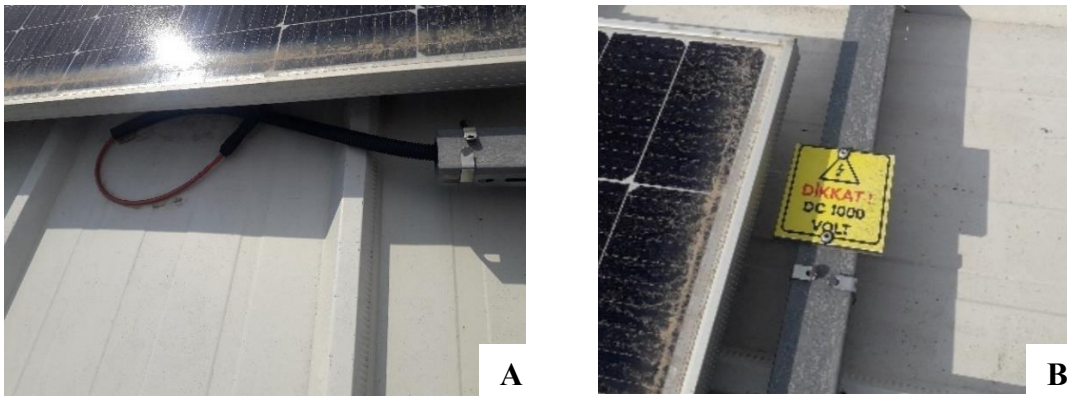
Şekil 3.121. Yapının çatısına yerleştirilmiş Pv panellere giden merdiven **A)** Çatıya çıkan merdiven **B)** Çatıya çıkan merdivenin sonundaki kapı **C)** Merdivenin girişindeki güvenlik tabelaları **D)** Her katta bulunan yangın tüpleri (Kişisel arşiv)

Çatıya monte PV panellere ulaşmak için dışında güvenlik tabelaları olan merdivenden geçmek gerekmektedir. Merdivenlerin girişindeki kapı kilitli değildir. Bu kapıdan geçildikten sonra çatıya kadar çıkılır ve her katta yangın tüpleri bulunmaktadır. Bu merdiven yangın kaçış merdiveni olarak kullanılmamaktadır.

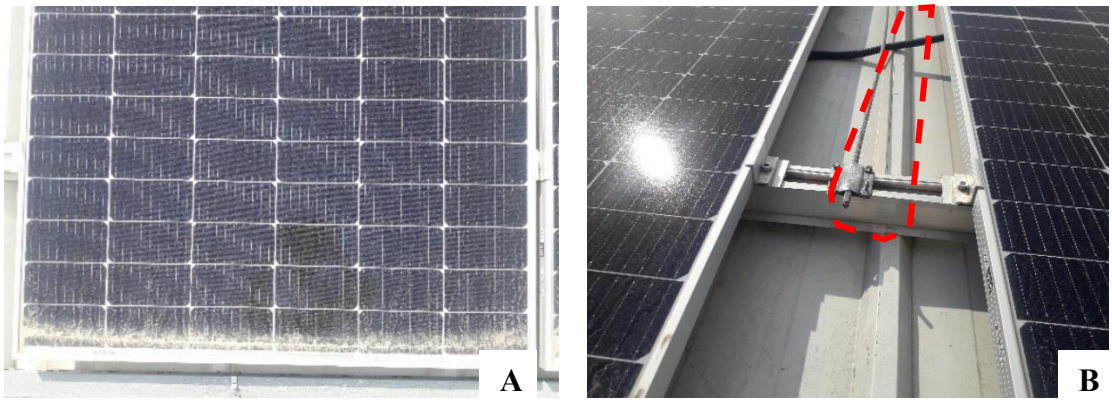


Şekil 3.122. Yapının çatısına yerleştirilmiş PV paneller **A)** Üst kottaki PV paneller **B)** Farklı kotlardaki PV paneller **C)** Alt kottaki PV paneller **D)** Alt kottaki PV paneller (Kişisel arşiv)

PV paneller çatı eğiminde; yaklaşık on derece açıyla, kuzeydoğu, güneybatı yönünde yerleştirilmiştir. PV paneller iki farklı çatı kotunda bulunmaktadır. İki farklı kottaki çatıyı çelik bir merdiven birleştirmektedir. Yüksekte kalan çatıda daha az PV panel bulunmaktadır.

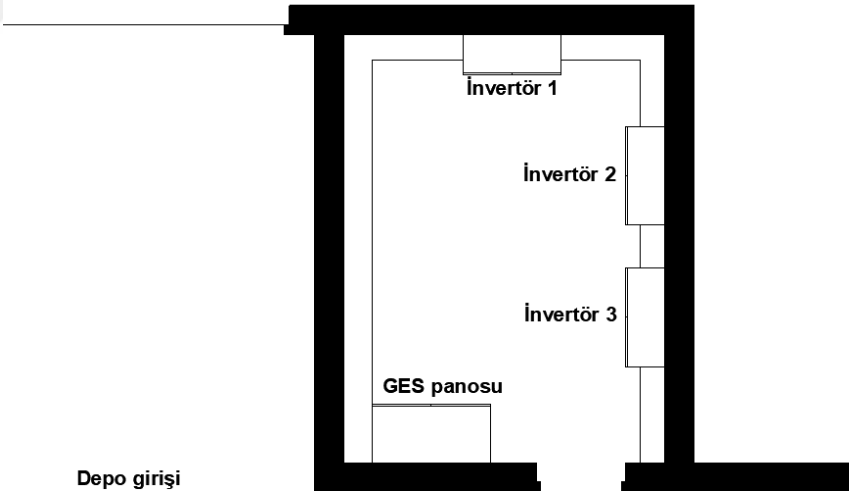


Şekil 3.123. PV panellerin kablolaması **A)** PV panellerden çıkan DC kablolar **B)** Kablo toplama kanalları ve uyarı levhaları (Kişisel arşiv)



Şekil 3.124. PV panellerin genel fotoğrafları **A)** Yüzeyi hafif kirlenen bir PV panel **B)** PV panellerin topraklama kablosu (Kişisel arşiv)

Kablolar güneş, yağmur gibi doğal etkilerden daha az etkilenmesi için siyah plastik tüplerin içerisinden geçirildikten sonra metal toplama kanallarına girmektedir. Toplanan kablolar PV panel kontrol odasına ulaşmaktadır. Burada kablolar invertörlere bağlanır. Çatıda herhangi bir temizleme aparatı bulunmamaktadır. PV panellerin temizleme ihtiyacı temizleme ekiplerinin çağrılması ile karşılanmaktadır.



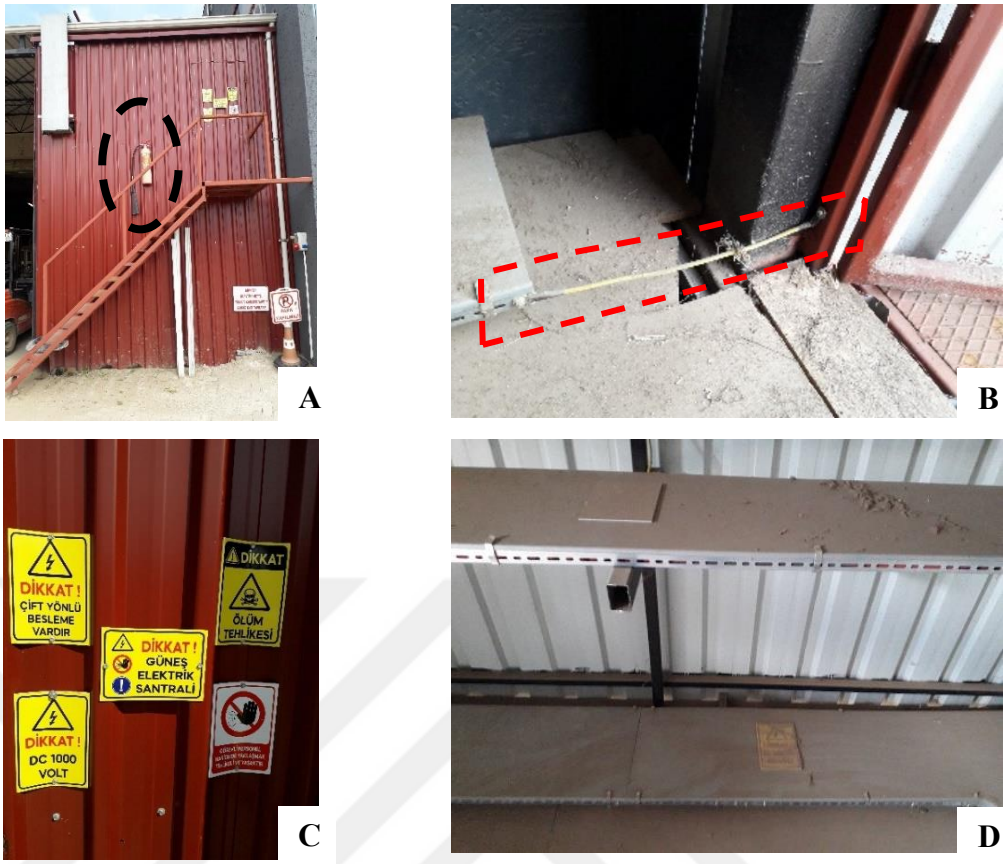
Şekil 3.125. Yapının kontrol odası şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

PV panel kontrol odası içerisinde üç invertör ve GES panosu bulunmaktadır. Diğer sistemler yapının dışında yer alan trafo içerisinde yerleştirilmiştir. Yapıda enerji üretimine herhangi olumlu veya olumsuz katkısı olmamaktadır. Yapı içerisinde yer alan kontrol odası için yaklaşık 15 m^2 alan ayrılmıştır.



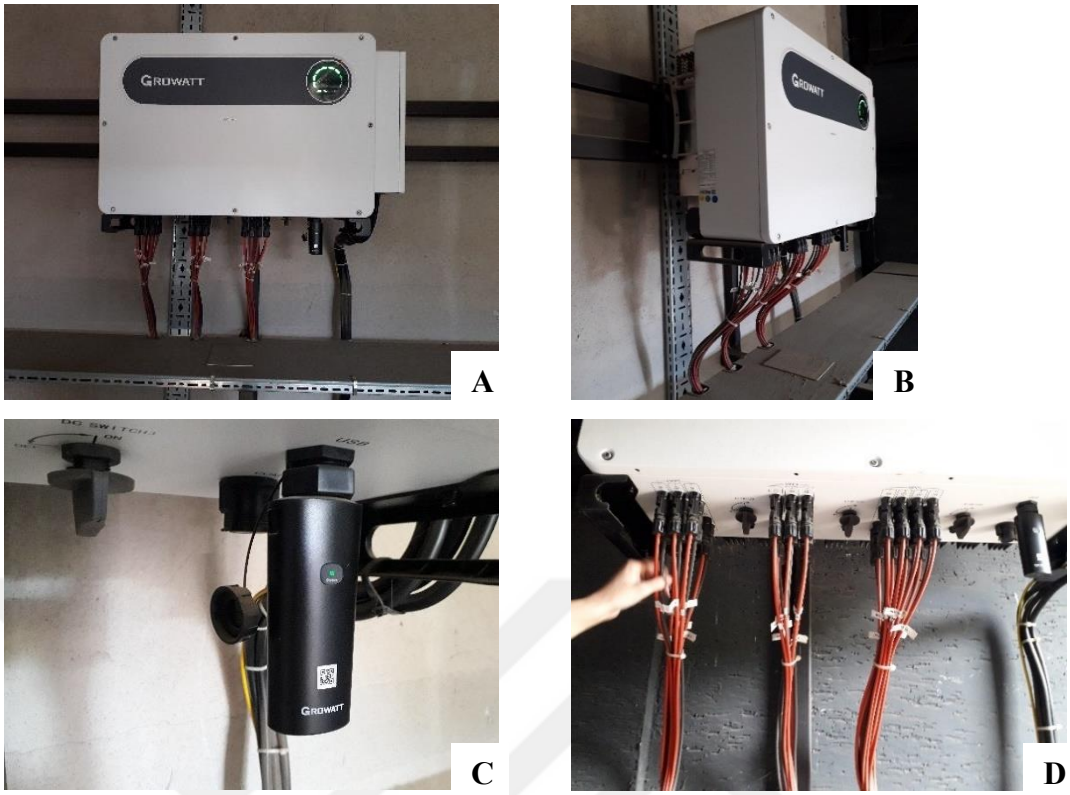
Şekil 3.126. Yapının kontrol odası fotoğrafları **A)** Kontrol odası giriş merdiveni **B)** Kontrol odası içi **C)** GES panosu **D)** Kontrol odası giriş kapısı (Kişisel arşiv)

Kontrol odasının içerisinde herhangi bir pencere bulunmamaktadır. Odanın giriş kapısının olduğu cephede havalandırma için ızgara bırakılmıştır. Giriş kapısının solunda GES panosu bulunurken kapının karşısında ve sağında invertörler bulunmaktadır.



Şekil 3.127. PV panel kontrol odası güvenlik önlemleri **A)** Kontrol odası girişindeki yangın tüpü **B)** Kapının topraklaması **C)** Kontrol odası giriş kapısı üzerindeki uyarı levhaları **D)** Alternatif ve doğru akım kablo kanalları (Kişisel arşiv)

Kontrol odası zemin kotundan yüksekte bulunmaktadır. Giriş kapısı metaldir ve topraklama kabloları bağlanmıştır. Kontrol odası içerisinde yangın tüpü bulunmamaktadır. Odanın dışına yerleştirilmiştir. Giriş kapısında uyarı levhaları bulunmaktadır. Odanın zemini ahşap paneller ile kaplanmıştır. Zeminde yalıtkan özellikli ekstra bir kaplama kullanılmamıştır. Alternatif ve doğru akım kabloları ayrı kanallardan geçirilmiştir.



Şekil 3.128. İnvertör cihazı fotoğrafları **A)** İnvertör cihazı **B)** İnvertör cihazı ve kablolaması **C)** Elektrik firması takip cihazı **D)** İnvertör cihazı kabloları (Kişisel arşiv)

Bu yapıda da diğer yapı örneklerinde kullanılan invertör cihazının aynısı kullanılmıştır. İnvertörün altına gelen kırmızı renkli kablolar PV panellerden gelen kablolardır. İnvertörün sağında bulunan siyah renkli kablolar alternatif akım olarak aynı oda içerisindeki GES panosuna bağlanır. Enerji firmasının takip cihazları diğer yapı örnekleri ile aynı olacak şekilde kablosuzdur ve enerji firmasıyla mal sahibine üretim değerleri konusunda bilgi verir.

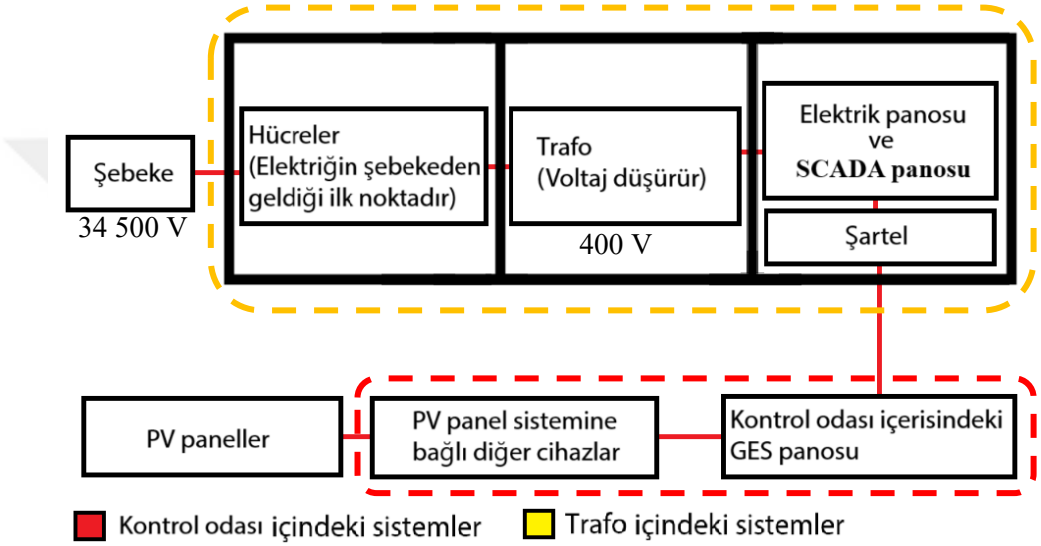


Şekil 3.129. GES panosu fotoğrafları **A)** Kapalı GES panosu **B)** Açık GES panosu **C)** Takip ekranı **D)** GES panosu içerisindeki şartel ve elektrik sayacı (Kişisel arşiv)

Kontrol odasında kapıdan girince GES panosu solda yer almaktadır. Bu pano içerisinde; güvenlik amacıyla konmuş şarteller, elektrik üretiminin takip edilebileceği elektrik sayacı, kısa devre koruma sistemleri, topraklamanın birleşimi ve çeşitli üretim değerlerinin takip edilebildiği bir ekran bulunmaktadır. Diğer tanıtılan yapı örneklerindeki sistemin aksine bu yapıda elektrik panosu ve şebeke bağlantısı yapı dışarısında bulunan trafo yapısı ile sağlanmaktadır. Bu sistemlerin kontrol odasının içerisinde olmamasının sebebi şebekeden gelen elektriği kontrol eden tüm cihazların bir arada tutulmak istenmesidir. Bu farklılık sisteme herhangi bir olumlu ya da olumsuz etki oluşturmamaktadır.



Şekil 3.130. Yapı dışında bulunan trafo fotoğrafları



Şekil 3.131. Trafo elektrik şeması (Yazar tarafından görselleştirilmiştir)

Yapının dışında bulunan bu sistem içerisinde üç adet oda vardır. İlk odada şebekeden gelen elektriğin toplandığı elektrik hücreleri vardır. İkinci odada voltajı düşürerek sistemin kullanabileceği bir değere getiren trafo cihazları vardır. Üçüncü odada elektrik dağıtım şirketinin takip için koyduğu SCADA panosu, şebekeye bağlantıyı sağlayan ve alışveriş elektriği kaydeden sayaç ve güvenlik amaçlı PV panel sistemi ile şebekeyi birbirinden ayıran ana şartel yer almaktadır. PV panel sistemi ile bağlantısı GES panosuna yer altından uzanan kablolar ile sağlanmaktadır.

Sonuç olarak yapıda yer alan cihazlar ile elektriğinin yaklaşık iki katını üretebilen bir sistem kurulmuştur. Sistemin yaklaşık üç yılda kendi ücretini karşılayacağı öngörülmektedir. Yapıda ekonomik olarak kar elde etmek amacıyla kurulan sistem aynı zamanda sürdürülebilirliğe de katkı sağlamaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm iki alt başlıktan oluşmaktadır. Birinci alt bölümde alan çalışmasında incelemesi yapılan yapılarda yetkili kişilere sorulan soruların yanıtları tablolanmıştır. İkinci alt başlıkta araştırmada incelenen pasif ve aktif enerji kazanım sistemleri ile ilgili literatürde bulunan ve yapı örnekleri üzerinde gözlenen olumlu ve olumsuz durumlar göz önünde bulundurularak sistemlerin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

4.1 Alan Çalışmasının Sonuçları

Çalışmanın bu bölümde alan çalışmasında yerinde incelenen ve teknik verisine ulaşılan üç yapı örneğinin sahiplerine veya yetkili kişilerine sorulan soruların yanıtları tablolar halinde verilmiştir. Bu sorulara verilecek cevapların incelenmesi ile; yapılardaki PV panellerin uygulanmasında verilen kararlar ve yapı sahiplerinin PV panel sistemi hakkında ne kadar bilgisinin olduğunun tespiti yapılmak amaçlanmıştır.

Çizelge 4.1. "Yapıda PV panel uygulaması yapılmasının sebepleri nelerdir?" sorusuna verilen yanıtlar

PV panel yapılma sebepleri	Yapı 1	Yapı 2	Yapı 3
Ekonomik olarak kâr elde etmek	1. Öncelikli Sebep	1. Öncelikli Sebep	1. Öncelikli Sebep
Mevcut elektrik tüketiminden tasarruf sağlamak	2. Öncelikli Sebep	2. Öncelikli Sebep	3. Öncelikli Sebep
Yatırım	3. Öncelikli Sebep	3. Öncelikli Sebep	2. Öncelikli Sebep

İlk soru yapı sahiplerine neden PV panel uygulamasını yaptırdıklarını öğrenmek amacıyla sorulmuştur. Sorudaki öncülerin önem sırasına göre numaralandırması istenmiştir. Yukarıdaki tabloda yapı örneklerindeki yetkili kişilerin seçtiği öncüller tablolaştırılmıştır. Tüm yapı örneklerinde en öncelikli sebep olarak ekonomik olarak kar elde etmek öncülünü işaretlenmiştir. İkincil öncelik olarak Yapı 1 ve 2 mevcut elektrik üretiminden tasarruf etmek şıkkını işaretlerken yapı 3 yatırım öncülünü işaretlemiştir. Son öncelik

olarak yapı 1 ve 2 yatırım öncülünü işaretlerken yapı 3 mevcut elektrik üretiminden kar elde etmek şıkkını işaretlemiştir. Üç yapıda da benzer yanıtlar verildiği görülmektedir.

Yapı sahiplerine fabrika yapılarında PV panel sistemi harici bir elektrik üretim sisteminin varlığı sorulduğunda hiçbir yapıda herhangi başka bir sistemin tercih edilmediği yanıtı alınmıştır.

Çizelge 4.2. "Yapıda PV panel uygulamasından başka bir elektrik üretim sistemi tercih edilmemesinin sebebi nedir?" sorusuna verilen yanıtlar

	Yapı 1	Yapı 2	Yapı 3
PV panel uygulamasının elektrik üretim anlamında yeterli olması	✓	✓	✓
Başka sistemlerin daha maliyetli olması	✓	✓	
Başka sistemlerin avantaj ve dezavantajlarının bilinmemesi	✓		

Yapıda elektrik üretimi için neden sadece PV panel sistemi kullanıldığı sorusuna yapı sahipleri şu cevapları vermiştir. Üç yapı da "PV panel uygulamasının elektrik üretimi anlamında yeterli olması" öncülünü işaretlemiş, "başka sistemlerin daha maliyetli olması" iki kez işaretlenmiştir. Diğer sistemlerin avantaj ve dezavantajlarının bilinmemesi öncülü de yalnızca bir kez işaretlenmiştir.

Çizelge 4.3. "Yapıda mevcut PV panel cinsinin tercih edilme sebebi nedir?" sorusuna verilen yanıtlar

	Yapı 1	Yapı 2	Yapı 3
Elektrik firması tavsiyesi	✓	✓	✓
En ucuz alternatif olması		✓	

Yapıda uygulanan mevcut panellerin ne amaçla seçildiği yapı sahiplerine sorulduğunda en çok işaretlenen öncül "elektrik firması tavsiyesi" öncülüdür. En ucuz alternatif olması öncülü ise yalnızca bir defa işaretlenmiştir.

Yapı sahiplerine PV panel uygulaması yaptırdıktan sonra ne sıklıkla arıza yaşadıkları sorulmuştur. Hiçbir yapıdaki PV panel sistemlerinde elektrik üretimini aksatacak şekilde

arıza yaşanmadığı bilgisine ulaşılmıştır. Yalnızca ilk yapı örneğinde PV panellerin üzerine; bacadan çıkan boya içerikli duman sebebiyle tortu birikmesi, elektrik üretim miktarında %50'ye varan düşüşe sebep olmuştur. Gerekli temizleme işlemlerinin ardından paneller olması gerektiği verimde çalışmaya devam etmiştir.

Alan çalışması kapsamında gezilen fabrika yapılarının hiçbirinde üretilen elektriği depolayacak bir depolama birimi tercih edilmemiştir.

Çizelge 4.4. "Yapıda PV panel sisteminden üretilen elektriği depolayacak bir birim tercih edilmemesinin sebebi nedir? " sorusuna verilen yanıtlar

	Yapı 1	Yapı 2	Yapı 3
İlk yapım maliyetinin fazla olması	✓	✓	✓
Yasal zorunluluk olmaması		✓	
Depolama sisteminin yeterince tanınmaması			✓

Yapılarda elektrik depolama ünitesi tercih edilmemesinin sebebi olarak en sık "elektrik firmasından tavsiye alınması" şıkkı işaretlenmiştir. Ayrıca bir kez yasal zorunluluk olmaması ve sistem bilinmiyor şıkları işaretlenmiştir.

Fabrika yapılarında herhangi bir enerji sertifikasına başvuru yapılıp yapılmadığı sorulduğunda hiçbir yapıda enerji sertifikasına başvurulmadığı bilgisine ulaşılmıştır.

Çizelge 4.5. "Yapı için herhangi bir enerji sertifikasına başvuru yapılmamasının sebebi nedir?" sorusuna verilen yanıtlar

	Yapı 1	Yapı 2	Yapı 3
Yasal zorunluluk olmaması	✓	✓	
Sürecin maliyetli olması		✓	✓
Sertifika sistemleri hakkında yeterli farkındalığa sahip olunmaması			✓

Yapılarda herhangi bir enerji sertifikasına başvurulmama sebebi olarak yapı sahipleri 2 kez yasal zorunluluk olmaması ve enerji firması tavsiyesi şıklarını işaretlemiştir. Bir kez bilinmiyor şıkkı işaretlenmiştir.

Sonuç olarak gezilen yapı örneklerinde sorulara verilen cevaplar PV panel sistemlerinin yaptırılmasında birincil kaygının ekonomik olarak kar elde etmek olduğunu göstermektedir. Mevcut PV panel sistemi diğer enerji üretim yöntemlerine kıyasla daha uygun fiyatlı ve uygulanması kolay olduğu için tercih edilmiştir. Tüm yapılarda kullanılan PV panel cinsi elektrik firması tavsiyesi ile seçilmiş, PV panel sisteminin çalışmasına yardımcı diğer ek donanımlar yine elektrik firması tarafından yerleştirilmiştir.

4.2 Pasif ve Aktif Enerji Kazanım Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Bu bölümde önce genel olarak tüm yenilenebilir enerji kazanım sistemlerinin sonrasında tek tek tüm yenilenebilir enerji kazanım sistemlerinin avantaj ve dezavantajları tablolanmıştır.

Çizelge 4.6. Genel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları

Tüm yenilenebilir kaynaklardan enerji kazanım stratejilerinin ortak avantajları:	Tüm yenilenebilir kaynaklardan enerji kazanım stratejilerinin ortak dezavantajları:
• Fosil yakıtların aksine tükenmeyen veya tükense bile hızla doğanın işleyişi sürecinde tekrar var olabilen enerji kaynaklarıdır. • Doğaya zararı ya hiç yoktur yada fosil yakıtlara kıyasla çok düşüktür (CO_2 gibi zararlı gazların yayılımı). • Yenilenebilir enerji kaynakları yapım maliyetlerinin ücretini zamanla öder ve kâr ettirmeye başlar. • Güneş rüzgar gibi temel yenilenebilir enerji kaynaklarına ulaşım Dünya'nın neredeyse her yerinde kolaydır.	• Ekstra ekipman gerektiren yenilenebilir enerji kaynaklarının ilk yapım maliyetleri vardır. Bu caydırıcı bir unsur olabilir. • Yenilenebilir enerji kaynaklarının gerektirdiği sistemler ek bakım gerektirebilir. Bakımın yapılıp yapılmayışı verimlerini etkiler. • Yenilenebilir enerjinin gerektirdiği sistemler alan kaplayabilir. Örneğin trombe duvar yapılması için ekstra bir alan ayrılması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları ilk yatırım maliyetleri olan sistemlerdir. Bu sebepten de ücretlerini karşılayıp kâr elde ettirmeye başlamaları için belli bir zaman geçmesi gerekir. Sistemlerin bakımlarının yapılması ek mesai gerektirir. Sistemlerin gerekir. Bu bağlamda incelendiğinde yenilenebilir enerji kaynakları uzun vadede değerlendirilmelidir.

Çizelge 4.7. Güneş enerji kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları

	Güneş Enerjisi Kazanım Stratejilerinin Avantajları	Güneş Enerjisi Kazanım Stratejilerinin Dezavantajları
Pasif Sistemler	• Pasif güneş kazanımı sistemlerinde bakım ve onarım durumu ya yoktur ya da çok azdır. Sebebi bozulacak bir parçasının olmayışıdır. • Trombe duvar gibi sistemlerde güneş yapı içerisine direkt girmediğinden çok güneşli havalarda korunma sağlar. Tuğla gibi bir malzemeden imal edilmesi ile maliyeti düşmektedir.	• Pasif sistemlerde güneşin yapı içerisine kontrolsüzce alındığı durumlarda rahatsız edici seviyede sıcaklık artışı oluşabilir. Güneş kırıcılar kullanılmalıdır. • Trombe duvar gibi sistemlerin yapıya sonradan entegre edilmesi zor olmaktadır.
Aktif Sistemler	• Aktif sistemler yapıya uygun olarak ilk tasarımda düşünülmese de sonradan da takılabilir. Bu yapımda esneklik sağlar. • PV panellerin görsel kirlilik yaratmaması, bakım maliyetinin düşüklüğü, veriminin yüksek oluşu, modüler oluşu, yapının farklı yüzeylerinde kullanılabilirler (duvar, çatı, eğimli yüzey, güneş kırıcı olarak). • İlk yatırım maliyeti diğer sistemlere kıyasla düşüktür.	• Aktif sistemlerde güneş panelleri zamanla kirlenir ve temizlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde panellerin verimi düşer. • Paneller doğal etkilere maruz kaldığı için bozulabilmektedir.

Pasif güneş enerjisi kazanım sistemleri aktif sistemlere kıyasla daha az bakım ve onarım gerektirir, yapıya entegre edilmesi daha zordur. Benzer durum neredeyse tüm pasif sistemler için geçerlidir. Sistemlerin entegresinde çatıya yerleştirilecekse taşıyıcı sisteminin yeterliliği, resmi izinlerin alınması, yapının tasarımına uygunluğu problem çıkartabilir. Buna kıyasla aktif güneş enerjisi sistemlerinin yapıya sonradan eklenmesi daha az problem çıkmaktadır.

Çizelge 4.8. Rüzgar enerjisi kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları

	Rüzgar Enerjisi Kazanım Stratejilerinin Avantajları	Rüzgar Enerjisi Kazanım Stratejilerinin Dezavantajları
Pasif Sistemler	• Pasif sistemlerde mekan içerisindeki havanın sirkülasyonuyla ısıl iyileştirme sağlanır. Hava akışıyla iç mekana temiz hava girişi sağlanır. İç ortam hava kalitesini iyileştirir. Çok az hatta hiç bakım ve onarım gerektirmez.	• Pasif sistemlerde baca sistmlerinin yapıda güneş alacak cepheye yerleştirilmesi gerekmesi dar cepheye sahip yapılarda kullanımını kısıtlamakta hatta imkansız hale getirebilmektedir.
Aktif Sistemler	• Aktif sistemlerde rüzgar türbinlerinin ilk yatırım maliyeti getirdiği kazanç ile oran olarak diğer sistemlere kıyasla ucuz bir sistemdir. • Enerji üreildiği yerde tüketildiğinden çok daha ucuza mal edilir. • Yapıyı taşıyıcı olarak kullanan türbinlerde ekstra türbin taşıyıcı kule masrafı olmaz. • Güneşin doğuşu ve batışından bağımsız rüzgar oldukça sürekli enerji üretebilirler (Erkinay, 2012).	• Aktif sistemlerde çok fazla rüzgar türbini görüntü kirliliği yaratabilir. Rüzgar türbinlerinin bakımı yapılmaz ise pervanenin düşmesi gibi güvenlik sorunları çıkarabilir. • Pervaneler yapıya ek yük bindirir, gürültü üretebilir. • Rüzgarın düzenli olmadığı zamanlarda üretim aksayabilir. Depolama alanları ile bu eksik giderilmeye çalışılır.

Rüzgâr enerjisi kazanım sistemleri pasif olarak hava akışıyla aktif olarak ise rüzgâr türbinleri ile enerji kazanımı sağlarlar. Pasif rüzgâr enerjisi kazanım sistemlerinin yapıya sonradan entegrasyonunda; uygun alan bulamama, yasal izinlerin alınması, taşıyıcı sistemin yeterliliği veya uygunluğu gibi konularda problemler çıkartabilmekledir.

Çok rüzgârlı havalarda türbinlerin zarar görmemesi için kapatılması, olası elektrik üretimini kısıtlar. Bu sebepten rüzgâr türbinlerinin çalışmasında hava şartlarına dikkat edilmelidir. Pasif rüzgâr enerjisi kazanım sistemlerinde ise menfezler aşırı rüzgârı kesmek ve iç mekânda daha kontrollü bir hava akışı sağlamak için kısılabilir veya tamamen kapatılabilir.

Çizelge 4.9. Jeotermal enerji kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları

	Jeotermal Enerji Kazanım Stratejilerinin Avantajları	Jeotermal Enerji Kazanım Stratejilerinin Dezavantajları
Aktif Sistemler	• Toprağın kendi ısısı ile elde edilen jeotermal enerji sınırsızdır. • Isıl kaynaklardan elde edilen jeotermal enerjinin elektriğe ya da ısıtmaya dönüştürülmesi için büyük tesisler gerekmez (örneğin petrol için rafineri gerekir) (Demirel, 1998). • Jeotermal enerji sistemlerinde fosil yakıtlar kadar kazı yapılmasına gerek kalmaz. Yapım maliyeti daha düşüktür. • Belli bir miktar CO_2 salınımı olur ancak bu salınım ortalama bir kömür santraline oranla 1600 kat daha fazladır (Kılıç, 2008). • Kısa süreli meteorolojik olaylardan etkilenmez. • Jeotermal kaynakların yerini tespit etmek petrol gibi fosil yakıtlara kıyasla daha kolaydır.	• Jeotermal enerjinin kapasitesini belirlemek zordur. • Sistemin büyüklüğüne göre kapasitesi belirlenen soğutma kulesinin kullanılması gerekir (Soğutma kulesi sıcak buharın yoğunlaştırıldığı alandır). Maliyeti artırır. • Jeotermal kaynakların içerisindeki diğer maddeler (bor, çeşitli tuzlar, silis, karbonat, çeşitli gazlar) doğru filtreleme yapılmazsa ve sisteme bakımlar ihmal edilirse bu maddeler doğaya karışır ve zarar verir. • Bu maddeler depolanarak borik asit, kurubuz, amonyum sülfat gibi ham maddelere çevrilebilir (Kılıç, 2008).

Jeotermal enerji sıcak su enerji kaynaklarından elde edilebileceği gibi toprağın kendi ısısını geri dönüştürmek için de kullanılır. Isı pompası adı verilen bu sistem sayesinde yapıların ısıtma ve soğutma enerjilerinin bir kısmı toprağın belli bir metre altındaki içlerinden hava veya su geçen borular ile sağlanabilir.

Yukarıdaki tabloda aktif sistemlerden olan jeotermal enerji kazanım stratejileri olumlu ve olumsuz yönleri ile değerlendirilmiştir. Olumsuz yönlerinden biri yeraltı termal kaynaklarının çıkarılması esnasında çevreye bir miktar zararlı madde yayılımına sebep olmasıdır. Gerekli filtreleme yöntemleri uygulandığı taktirde bu durum kontrol altına alınabilir. En büyük avantajı kısa süreli meteorolojik olaylardan etkilenmiyor oluşudur.

Çizelge 4.10. Hidrojen enerjisi kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları (Kain, 2023; Mazloomi ve Gomes, 2012; Midilli ve ark., 2005'den değiştirilerek alınmıştır)

	Hidrojen enerjisi kazanım stratejilerinin avantajları	Hidrojen enerjisi kazanım stratejilerinin dezavantajları
Aktif Sistemler	• Hidrojen bol bulunan bir kaynaktır. Su, çeşitli fosil yakıtlar ve organik bileşiklerden elde edilebilir. • Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen hidrojenin enerji verimi fosil yakıtlardan elde edilen hidrojene kıyasla daha yüksektir. • Yakılması esnasında zararlı bir gaz yayılımı gerçekleşmez. (Hidrojen ve oksijen birleşerek su buharı oluşturur.) • Hidrojen gazı, sistemlerin dayanıklılığı yeterliyse mevcut doğalgaz sistemlerinde yakıt olarak kullanılabilir. • Ağırlığı oranında fosil yakıtlardan daha fazla enerji içeriğine sahiptir (Midilli ve ark., 2005).	• Oda şartlarında doğalgaza ve sıvı yakıtlara kıyasla hacim başına düşük enerji içeriğine sahiptir. Bu sebeple sıkıştırılması gerekir. • Hidrojenin sıkıştırıldığı tankların ağırlığının taşıdığı hidrojene oranı tank büyüdükçe artar. • Mümkün olduğunca küçük tanklarda taşınmalıdır. Bu sebepten tankların sevkiyatı maliyetlidir (Mazloomi ve Gomes, 2012). • Tanklardan sızabilir, patlayıcıdır, yanıcıdır. • Hidrojen yakıt hücrelerinin ilk yatırım maliyeti yüksek olabilmektedir (Midilli ve ark., 2005).

Hidrojen suyun elektrolizinden veya farklı kimyasal ayrıştırma yöntemleri ile elde edilir. Bunun sebebi doğada genelde saf halde değil başka maddelerle bağ yapmış halde bulunmasıdır (Kardaş ve ark., 2010). Elektroliz gerçekleştirilirken işlem süresince bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulur. Bu enerji kaynağı fosil veya yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilir. Yukardaki karşılaştırma tablosunda; elektroliz işlemi için yenilenebilir kaynaklardan elde edilen hidrojenin, fosil yakıta kıyasla daha verimli olduğu belirtilmektedir (Erkinay, 2012). Hidrojenin en büyük dezavantajları yanıcı ve patlayıcı bir madde olması, enerji yoğunluğunun kütlesine oranla düşük olması ve taşınmasının zor olmasıdır. Avantajlı noktaları ise hidrojen kaynağının çok olması, mevcut doğalgaz sistemlerine adapte olabilmesi ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilmesidir.

Çizelge 4.11. Biyokütle enerji kazanım stratejilerinin avantaj ve dezavantajları (Lumley, 2024; Vassiley ve Vassileva,2015'den değiştirilerek alınmıştır)

	Biyokütle Enerjisi Kazanım Stratejilerinin Avantajları	Biyokütle Enerjisi Kazanım Stratejilerinin Dezavantajları
Aktif Sistemler	• Ham maddesi kolayca bulunabilir, ve ucuza üretilebilir. • Biyoyakıtın yakılması doğadaki karbondioksit dengesini fosil yakıtlara kıyasla daha az zarar vermektedir. • Atık maddelerin geri dönüşümüne katkı sağlar. • Çevreye zararlı olabilecek maddelerin toplanıp yakıta çevrilmesini sağlar. • Tarimsal üretim artıkları, hayvan gübresi gibi biyokütle kaynakları sağlığa zararlı maddeler içermez.	• Tarımsal üretimin belli bir oranı biyoyakıt eldesinde kullanılmaktadır. • Biyokütle enerji tesisi kurulum ücretleri fazladır. • Biyokütle enerjisi enerji kaynaklarının enerji yoğunluğu düşüktür. • Biyokütle enerji kaynağı olarak kullanılabilecek maddelerin sürdürülebilir olan ve olmayanları arasındaki ayrım belirsizdir. Bu sebepten yakılan kaynağa bağlı olarak çevreye zararlı maddeler yayabilir.

Biyoyakıt elde edilmesi için çeşitli hammaddeler fermantasyon işlemine tabi tutulur. Bu işlem sonucu hidrojen, metan, metanol, motorin gibi gaz veya sıvı halde bulunan yakıtlar elde edilir. Biyoyakıt genel olarak birden fazla yapıya yetecek miktarda enerji üreten büyük tesislerde üretilse de bir yapıya yetecek enerjinin üretimini gerçekleştirmek için de kullanılabilir. Biyoyakıtın avantajlı noktaları ham maddesinin çeşitli ve doğaya zarar vermeyen maddeler olması ve kolay bulunabilmesidir. En büyük dezavantajı ise kurulum ücretinin fazla oluşu ve veriminin düşüklüğüdür. Bu sebepten uzun süreli bir yatırım olarak düşünülmelidir.

Sonuç olarak pasif sistemler alan kaybı ve sonradan tasarıma entegrasyonda zorluk çıkaran ancak bakım kolaylığı gibi avantajları olan sistemlerdir. Aktif sistemler ise bakım maliyeti çıkarabilir ancak elektrik üretimi gibi önemli bir işlev aktif sistemlerden sağlanmaktadır. Tüm bu artı ve eksileriyle en uygun sistemler yapı ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir. Pasif ve aktif enerji kazanım stratejilerinin tümünün uzun vadeli yatırımlar olduklarının bilincinde olunmalıdır. Her sistemin kendine özgü tasarım kararları, bakım ihtiyaçları, alan kullanımları, getirileri ve götürüleri olduğundan yapıya en uygun sistemin seçiminde tasarım sürecinin başından itibaren uzman kişilerin tavsiyeleri eşliğinde karar verilmelidir.

5. SONUÇ

Bu araştırmada yapılarda aktif ve pasif enerji kazanım stratejileri incelenmiş, bu sistemleri kullanan yapıların tanıtımı ve hangi sistemleri içerdiği aktarılmış, son olarak literatür taramasında tanıtılan sistemlerin avantaj ve dezavantajları tablo şeklinde aktarılmıştır.

Pasif ve aktif enerji kazanım sistemlerinin ilk yapım maliyeti bulunmaktadır. Ancak bu maliyet belli bir süre içerisinde üretilen elektrik ve ısıtma enerjisi ile kendini karşılar ve kâr sağlamaya başlar. Bu süre sistemin verimine, kapasitesine, bölgenin iklimine, yapının yalıtım seviyesine, elektrik kullanım miktarına bağlı olarak değişir.

Pasif ve aktif sistemler fosil yakıtların kullanımını azalttığından doğaya salınan zararlı gazların bir miktar azalmasını sağlar. Jeotermal ve biyokütle gibi bazı aktif sistemler, doğaya bir miktar zararlı maddeler yayabilirler. Ancak bu durum filtre gibi önlemlerle azaltılabilmektedir.

Aktif ve pasif sistemler belli bir miktar alan kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Pasif sistemlerin yerleşimi için hem yapının genel tasarımı hem de alan olarak önceden düşünülmüş olması gerekir. Aktif sistemlerde teknik donanımın yerleştirileceği ayrı bir oda gerekebilir. Bu teknik odanın özel ihtiyaçları olabilir.

Aktif ve pasif sistemlerin bakımı önemlidir. Bakım ve onarımları yapılmazsa verimleri düşer ve hatta bazı sistemlerde filtre gibi elemanların bakımının aksatılması sonucunda doğaya zarar veren maddelerin toprağa ve suya karışmasına sebep olabilir.

Kullanım kolaylığı olarak pasif sistemler bozulacak parçalarının olmayışı, bakımlarının daha düşük maliyette oluşu gibi sebeplerden tercih edilebilir. Aktif sistemler ise yapıda alan olmaması gibi durumlarda kullanılabilmesi, elektrik üretimi için gerekli olması gibi sebeplerle tercih edilebilmektedir.

Son olarak pasif ve aktif enerji kazanım stratejilerini kullanmak isteyen kullanıcılara, teorik bilgiler ve incelenen yapılar üzerinden hareketle öneriler verilmek istenmiştir.

- Kullanıcı tarafından aktif veya pasif sistem uygulama kararı verilmişse, yapının tasarımından önce mimar veya mühendise danışılması daha sağlıklı olacaktır.
- Tasarımla beraber verilecek kararlarda öncelikli olarak pasif sistemler tercih edilmelidir.
- Yapıya sonradan entegre edilecek bir sisteme karar verildiyse aktif sistemler tercih edilebilir.
- Az bakım ve onarım isteyen bir sistem için pasif sistemler tercih edilebilir.
- Elektrik üretimi için zorunlu olarak aktif sistemler kullanılmalıdır.
- Rüzgâr türbini mümkünse yapının çatısına veya yapıdan bağımsız olarak rüzgâr alabilecek bir noktaya kurulmalıdır.
- Jeotermal enerjiden yararlanmak için sıcak su kaynağının yanında olmaya gerek yoktur. Bu sebepten kullanılamayacağı düşüncesi yanlıştır. Yalnızca toprağın kendi ısısı da ısınma soğutma kontrolü için yeterli enerjiyi sağlayabilir.
- Güneş ışığını kontrolsüzce mekân içerisine almak yanlıştır. Böyle bir durumda güneş kırıcıları kullanmak enerji tasarrufu için önemlidir.
- Üretilen elektrik enerjisi yapıda direkt kullanılarak veya depolama biriminde depolandıktan sonra kullanılarak şebekeden satın almaya kıyasla daha ucuza getirilebilir. Depolama birimi tercih edilecekse bu birimin kapasitesinin büyük olması, üretilen elektriğin şebekeye satmaktansa yapıda kullanılmasını sağlar. Uzun vadede daha ekonomiktir.
- Yapıda iklimlendirme için kullanılan Pasif ve aktif sistemler, yapıda doğru bir ısı yalıtımı yok ise amacına tam anlamıyla ulaşamaz.

Bu çalışma kapsamında, yapılarda aktif ve pasif enerji kazanım stratejileri incelenmiştir. Bu sistemlerin uygulama alanları, avantaj ve dezavantajları literatür verileriyle birlikte değerlendirilmiş ve çeşitli örnek yapılar üzerinden açıklanmıştır.

Araştırma bulguları, her iki sistem türünün de belirli bir ilk yatırım maliyeti gerektirmesine rağmen, uzun vadede enerji üretimi sayesinde bu maliyetleri karşılayabildiğini ve ekonomik fayda sağlayabildiğini göstermektedir. Ayrıca, özellikle fosil yakıt tüketiminin azaltılması yoluyla çevresel etkilerin hafifletilmesine katkıda bulundukları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, sistemlerin etkinliği; yerel iklim koşulları, yapının tasarımı ve kullanıcı alışkanlıkları gibi birçok etkene bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Aktif ve pasif sistemlerin uygulanabilirliği, bakım gereksinimleri ve alan ihtiyacı açısından da karşılaştırılmıştır. Pasif sistemler düşük bakım maliyeti ve daha az teknik donanım gerektirmesi nedeniyle tercih edilebilirken; aktif sistemler elektrik üretme ve esnek entegrasyon imkânı ile öne çıkmaktadır.

Son olarak, sistemlerin başarılı bir şekilde entegre edilebilmesi için tasarım sürecinde en başından itibaren entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Pasif sistemlerin öncelikli olarak değerlendirilmesi, aktif sistemlerin ise ikincil seçenek olarak kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, sistem seçiminde kullanıcı ihtiyaçları, yapının fiziksel özellikleri ve uzun vadeli hedefler dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda çalışmada sunulan önerilerin, tasarımcılara ve uygulayıcılara yol gösterici nitelikte olması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

Abboud, S., Aschim, K., Bagdan, B., Sarkar, P., Yuan, H., Scorfield, B., ... & Innovates, A. (2010). *Potential production of methane from Canadian wastes*. Canadian Gas Association.

Ali. Z. (2012, Haziran 1). 1KW micro windmill installed for R&D in TUSDEC https://www.flickr.com/photos/zillay/7093227789

Ali, C. ve Say Özer, Y. (2011). Sıcak iklimlerde bina içi iklimlendirme için geleneksel bir sistem: rüzgar bacaları, 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.

Alparslan B., Gültekin A.B. ve Dikmen Ç.B., (2009), "Ekolojik yapı tasarım ölçütlerinin Türkiye'deki güneş evleri kapsamında incelenmesi". 5. Uluslararası Teknolojiler Sempozyumu IATS 2009, 2161-2167.

Anbarcı, M., Giran, Ö., & Demir, İ. H. (2012). Uluslararasi yeşil bina sertifika sistemleri ile türkiyedeki bina enerji verimliliği uygulamasi. *Engineering Sciences*, *7*(1), 368-383.

Anonim. (2024a). Yapının arazi içerisinde güneşe göre konumu https://archi101.com/teknik-bilgiler/cevre-analizleri/ (Erişim tarihi 13.01.2024)

Anonim. (2024b). Yapının cephe şeması https://merhainsaat.blogspot.com/2010/07/fasdad.html (Erişim tarihi 10.04.2025)

Anonim. (2024c). Pencereden güneş alım açısı https://engineeringdiscoveries.com/orientation-of-building-with-sun-purpose-and-factor-affecting/ (Erişim tarihi: 02.01.2024)

Anonim. (2025a). Giydirme cephe fotoğrafı https://www.erdemcephesistemleri.com.tr/8&tirnakli-cephe-sistemleri.html (Erişim tarihi: 29.05.2025)

Anonim. (2025b). Güneş alımına göre konumlandırılmış mekanlar https://kircocuklari.wordpress.com/2016/07/01/dogal-yapi-atolyesi-ahsap-ve-saman-balyasi/evplan-2/ (Erişim tarihi 15.01.2025)

Anonim. (2025c) Güneş tüneli şeması https://allegro.pl/oferta/swietliki-swietlik-tunelowy-velux-twr-2010-ztl-12941914521 (Erişim tarihi: 29.05.2025)

Anonim. (2025ç). Güneş tüneli uygulanmış bir yapı https://5kyapi.com.tr/velux-gunes-tunelleri.html (Erişim tarihi: 29.05.2025)

Anonim. (2025d). Tabii dolaşımlı güneş kolektörü https://www.ekolojist.com/enerji/basincli-gunes-enerji-sistemleri/ (Erişim tarihi 29.05.2025)

Anonim. (2025e). Pompa dolaşımlı güneş kolektörü https://izmirgunesenerjisi.com.tr/Urun/GUNES-ENERJISI/28/Gunes-Enerjisi-ile-Ev-Isitma (Erişim tarihi 29.05.2025)

Anonim. (2025f). Atrium kesitinde havanın hareketleri https://tr.pinterest.com/pin/397090892139216978/ (Erişim tarihi 30.05.2025)

Anonim. (2025g). Rüzgâr kepçesi çalışma şeması https://uk.pinterest.com/pin/420453315191869334/ (Erişim tarihi 30.05.2025)

Anonim. (2025h). Çapraz havalandırma şeması https://architropics.com/passive-ventilation-strategies-for-your-home/ (Erişim tarihi 30.05.2025)

Anonim. (2025ı). Sıvı dolaşımlı güneş kolektörü fotoğrafı https://whsisi.com/gunes-enerjili-su-isitma-sistemi-nedir (Erişim tarihi 30.05.2025)

Anonim. (2025i). Fotovoltaik panel şeması https://elementalenergy.cl/areas-mercado/residencia/ (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025k). Cephe PV panelleri https://www.ankarasolar.com.tr/en/products/building-integrated-photovoltaics-bipv-solar-panels/ (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025l). İnce film PV paneli fotoğrafları https://leelineenergy.com/thin-film-solar-panels/ (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025m). Yatay eksenli rüzgar türbini https://image.made-in-china.com/155f0j00kUHqeRcmldbo/1kw-Vertical-Wind-Turbine-Generator-48V-AC-out-Put-Low-Noise.webp (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025n). Jeotermal ısıtma sistemi şeması https://abeheatingandcooling.com/geothermal/how-to-determine-if-geothermal-is-right-for-you/ (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025o). Westwood Hills Doğa Merkezi kat planları. https://www.hometownsource.com/sun_sailor/community/stlouispark/plans-for-13-5-million-building-at-st-louis-park-nature-center-move-ahead/article_b386be1e-ea83-11e7-8615-7315626381dd.html (Erişim tarihi 25.02.2024)

Anonim. (2025ö). Westwood Hills Doğa Merkezi Sera Sistemi ve Pasif Rüzgar Enerjisi Kazanım Diyagramı. https://zhuanlan.zhihu.com/p/665460263 (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025p). Frick çevre merkezi enerji şeması https://www.archdaily.com/793222/frick-environmental-center-bohlin-cywinski-jackson (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025r). Lucia Binası fotoğrafları. https://constructorasanjose.com/en/p_edificio-lucia-en-el-campus-miguel-delibes-universidad-de-valladolid_24 (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025s). Lucia Binası fotoğraflar. https://www.burdinola.com/en/case-study/15/lucia/ (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025ş). Lucia Binası zemin plan ve şemalar. https://lucia-building.blogspot.com/p/infografia.html (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025t). The Walkie Talkie binasının planları https://hi-architecture.blogspot.com/2016/09/londra-regno-unito-20-fenchurch-street.html (Erişim tarihi 31.05.2025)

Anonim. (2025u). The Walkie Talkie binasının kesitleri https://stuartshieldgardendesign.wordpress.com/tag/20-fenchurch-street/ (Erişim tarihi 02.06.2025)

Archdaily. (t.y.). Pixel binası 02.06.2025 tarihinde https://www.archdaily.com/190779/pixel-studio505 adresinden erişildi

Architizer. (t.y.). 20 Fenchurch Street. 02.06.2025 tarihinde https://architizer.com/projects/20-fenchurch-street/ adresinden erişildi

Assar. (t.y.). Treurenberg 02.06.2025 tarihinde https://www.assar.com/project/treurenberg/ adresinden erişildi

Aşıkoğlu, A. (2014). Sürdürülebilir konut yapılarında pasif sistemlerin kullanılan teknikler açısından irdelenmesi; izmir ili için bir uygulama önerisi. Yüksek lisans tezi.

Atakan. Y. (2022). Karbonsuz yeni enerji kaynağı hidrojen, yakın gelecekte kurtarıcımız mı? https://www.herkesebilimteknoloji.com/haberler/fizikuzay/karbonsuz-yeni-enerji-kaynagi-hidrojen-yakin-gelecekte-kurtaricimiz-mi

Babacan, B., (2022). Sıcak-kuru iklim bölgelerinde iklimle uyumlu çağdaş konut tasarım yaklaşımları ve uygulama örneklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi.

Begeç, H. (2022). Yüksek yapılarda rüzgâr türbinlerinin kullanımının incelenmesi. Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi, 3(2), 1-18.

Bioenergy, I. E. A. (2009). Bioenergy–a sustainable and reliable energy source. International Energy Agency Bioenergy, Paris, France.

Blazek. (2007). Tabii dolaşımlı güneş kollektörü şeması https://www.appropedia.org/File:Thermosyphon.gif (Erişim tarihi 30.05.2025).

BP (2020). Britisch Petrol Statistical Review of World Energy 2020.

Building Technologies Office. (2022). Zero energy building highlight: Pittisburg's Enviromental Center. U.S. Department of Energy, Building Technologies Office. https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-05/FRICK%20ZEB%202022%20FINAL%20May%20update_compliant.pdf

Bulut, H., & Durmaz, A. F. (2006). Bir Havalı Güneş Kollektörünün Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Analizi. *Ulusal güneş ve hidrojen enerjisi kongresi*, 168-175.

Bussel G.V, ve Mertens S.M, (2005). Small Wind Turbines For The Built Environment, The Fourth European & African Conference on Wind Engineering, 1-9

Calderon. F. A. (2019). Pixel Building, Australia. 01.06.2025 tarihinde https://sites.psu.edu/aroundtheworld/2019/01/24/pixel-building-australia/ adresinden erişildi

ÇEDBİK (2021). Ülkemizdeki Yangınların Artışı [Basın Bülteni]. İstanbul: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği. Erişim adresi https://cedbik.org/tr/haberler/ulkemizdeki-yanginlarin-artisi-baslikli-cedbikbasin-bulteni-yayinlandi-146-n

Çelebi, G. (2002). Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(3).

Çelebi ve ark. (2008). Yapı-Çevre İlişkileri, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi SMGM (Sürekli Merkezi Gelişim Merkezi) Koruma Programı Eğitimi.

Çelikcan, K. M. (2020, Ağustos 29). Günümüzde Çift Yüzlü (Bifacial) Fotovoltaik Güneş Panelleri ve Kullanımı. Enerji Gazetesi. https://www.enerjigazetesi.ist/gunumuzde-cift-yuzlu-bifacial-fotovoltaik-gunes-paneller-ve-kullanimi/

Danışmaz, M. (2024). Atık biyokütle yakıtlarının aşağı akışlı reaktörde sentez gazı üretiminde kullanımının hesaplamalı akışkanlar dinamiğiyle incelenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 14(4), 1074-1087. https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1397368

Decrop, C. (2022). Travail de fin d'études / Projet de fin d'études : Évaluation du potentiel d'intégration architecturale du photovoltaïque sous le climat belge : Analyse d'un bâtiment tertiaire comportant des Building Integrated Photovoltaics. (Unpublished master's thesis). Université de Liège, Liège, Belgique. Retrieved from https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/14350

Demircan R. K. and Gültekin A. B., (2017), "Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi", TÜBAV Bilim Dergisi, 10(1), 36-51.

Demirel, M., (1998). Jeotermal Enerjinin YerleĢim Alanlarına Ekonomik Etkisi , Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya .

Denmarsh A. (2016). Frik Çevre Merkezi fotoğrafları 01.06.2025 tarihinde Frick Environmental Center Achieves LEED Platinum Certification - Bohlin Cywinski Jackson adresinden erişildi

Diaz. M. J. G. (2016). LUCIA (Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada). 2 Haziran 2025 tarihinde https://www.construction21.org/espana/case-studies/h/lucia-lanzadera-universitaria-de-centros-de-investigacion-aplicada-en.html adresinden erişildi

Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji etkin yapı tasarım ölçütlerinin örneklenmesi. Politeknik Dergisi, 14(2), 121-134.

Duell, M., & Webb, S. (2013). Now the Walkie Talkie building is melting BICYCLES: Dazzling light reflected from giant London skyscraper scorches bike seats (and you can even fry an egg). *Dailymail, September*, *3*. https://www.dailymail.co.uk/news/article-2409710/Walkie-Talkie-building-melting-bicycles-Light-reflected-construction-City-skyscraper-scorches-seat.html

Elibüyük, U., & Üçgül, İ. (2014). Rüzgâr türbinleri, çeşitleri ve rüzgâr enerjisi depolama yöntemleri. *Yekarum*, *2*(3).

Ellabban, O., Abu-Rub, H., ve Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 39, 748-764. doi: https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113

Karakaya, E. (2020). FNN Sürdürülebilirlik Merkezi fotoğrafları. 19.07.2025 tarihinde https://www.archdaily.com/1002131/fnn-sustainability-center-acararch adresinden erişildi.

Engin, N. (2012). Enerji etkin tasarımda pasif iklimlendirme: Doğal havalandırma. Tesisat Mühendisliği Dergisi, (129), 62-70.

Erkinay, P. U. (2012). Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisinin Türkiye'de binalarda kullanımı üzerine bir inceleme. Yüksek lisans tezi.

Ermehan. C. (2020, Şubat 18). Biyokütle enerji üretim santral otomasyonu. https://www.hmi.com.tr/19-biyokutle-enerji-uretim-santral-otomasyonu--blog-detay

Evans. P. (2017, Eylül 26). Absorption Chiller, How it Works. The Engineering Mindset. https://theengineeringmindset.com/absorption-chiller-works/

Faghri, A., & Guo, Z. (2005). Challenges and opportunities of thermal management issues related to fuel cell technology and modeling. *International journal of heat and mass transfer*, *48*(19-20), 3891-3920.

Gardner, H. M. (2019). Whole buildıng life cycle assessment of a living building. University of Pittsburgh, Swanson School of Engineering master thesis, Virginia

Geothermal Technologies Office. (2025). Geothermal heat pump case study: Westwood Hills Nature Center. U.S. Department of Energy, Geothermal Technologies Office. https://docs.nrel.gov/docs/fy25osti/91405.pdf

Gollings. J. (2011). Pixel Binası fotoğrafları 01.06.2025 tarihinde https://www.archdaily.com/190779/pixel-studio505 adresinden erişildi

Google. (2025a). Westwood Hills Doğa merkezi uydu görüntüleri. 01 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/HNNn2QpwHZUsmsF56 adresinden erişildi

Google. (2025b). FNN Sürdürülebilirlik merkezi uydu görüntüleri 13.07.2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/Xfo3YqSjCSCeosK46 adresinden erişildi

Google. (2025c). Treurenberg binası uygu görüntüleri 01 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/kWThUP2uCHBLm48PA adresinden erişildi

Google. (2025ç). Frick Çevre Merkezi uygu görüntüleri. 01 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/45kMQJBVcUNo5SYL8 adresinden erişildi

Google. (2025d). Lucia binası uygu görüntüleri 01 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/EtV278hp8XbAJjcv7 adresinden erişildi

Google. (2025e). Lucia binası uygu görüntüleri 19 Temmuz 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/52YZCyYxCTkDupfa7 adresinden erişildi

Google. (2025f). The Walkie Talkie Binası uygu görüntüleri 01 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/ifxCNPQBtUUtJ6BK7 adresinden erişildi

Google. (2025g). Pixel binası uygu görüntüleri 01 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/jvsSQB3sL1xpbf2GA adresinden erişildi

Google. (2025h). Enerji firması uydu görüntüleri ve sokak görüntüsü. 02 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/toLe9vBL53ZbJ8LPA adresinden erişildi

Google. (2025ı). A firması uydu görüntüsü 02 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/3wBDZxy15yX6YZh29 adresinden erişildi

Google. (2025i). B firması uydu görüntüsü 02 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/3wBDZxy15yX6YZh29https://maps.app.goo.gl/SfCxKRxSkg76Fw1y8 adresinden erişildi

Google. (2025j). C firması uydu görüntüsü 02 Şubat 2025 tarihinde https://maps.app.goo.gl/AY5gFGjwvAL2y1xN8 adresinden erişildi

Gratia, E., & De Herde, A. (2003). Design of low energy office buildings. *Energy and buildings*, *35*(5), 473-491.

Gravina. L. (2015). The switch to solar is on at Frick Environmental, Animal Rescue League Wildlife Center and Millvale Library 01.06.2025 tarihinde https://nextpittsburgh.com/city-design/switch-solar-frick-environmental-animal-rescue-league-wildlife-center-millvale-library/ adresinden erişildi

Güleryüz, M. (2019). Kırklareli yayla mahallesi geleneksel konutlarının sürdürülebilir yenileme kapsamında değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi.

Günel M.H, Ilgın H.M, Sorguç A.G, (2007). Rüzgâr Enerjisi ve Bina Tasarımı, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliği, ISBN: 975-429-255-8, (s. 45-66)

Güney, E., & Tulum, H. (2022). Mimarlık Pratiğinde Güneş Kırıcı Eleman ve Türkiye'deki Karşılığı. Kent Akademisi, 15(3), 1475-1490. https://doi.org/10.35674/kent.1058340

Abdel, H. (2020). FNN Sustainability Center / ACARARCH. 19 temmuz 2025 tarihinde https://www.archdaily.com/1002131/fnn-sustainability-center-acararch adresinden erişildi

Yürekli, H., & Yürekli, F. (1983). *Örneklerle mimari tasarımda enerji*. İstanbul Teknik Üniv. Mimarlık Fakültesi.

Hoekstra. J. (2021). Westwood Hills Doğa Merkezi fotoğrafları. 01.06.2025 tarihinde https://www.entermn.com/articles/westwood-hills-nature-center adresinden erişildi

Hosking. B. (2011). Pixel Binası fotoğrafları 01.06.2025 tarihinde https://www.archdaily.com/190779/pixel-studio505 adresinden erişildi

IEA, (2022a). Total energy supply (TES) by source, World, 1990-2022. Temmuz 2025 tarihinde https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource adresinden erişildi.

IEA, (2022b). Total final consumption (TFC) by sector, World, 1990-2022. Temmuz 2025 tarihinde https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCShareBySector adresinden erişildi.

IEA, (2023). Electricity generation, Türkiye, 2023. Temmuz 2025 tarihinde https://www.iea.org/countries/turkiye/energy-mix#how-is-energy-used-in-turkiye adresinden erişildi.

Özbunar İ. (2020a). FNN Sürdürülebilirlik Merkezi fotoğrafları. 19.07.2025 tarihinde https://www.archdaily.com/1002131/fnn-sustainability-center-acararch adresinden erişildi.

Özbunar İ. (2020b). FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Güneş kırıcı giydirme cephe elemanı detayları. 19 Temmuz 2025 tarihinde https://www.linkedin.com/posts/yapi-dergisi_detay-fnn-s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik-merkezi-acararch-activity-7101808317932462082-tFlc/?originalSubdomain=tr adresinden erişildi

İnce, A. C., Çolpan, C. Ö., & Serincan, M. F. (2019) Doğrudan metanollü yakıt pili (DMYP) sistemindeki yoğuşturucunun hava tarafı termal modellemesi.

International Living Future Institute. (2020). Westwood hills nature center. St. Louis Park, MN, USA. https://living-future.org/case-studies/westwood-hills-nature-center/

Interactive Brokers. (2023). Sustainability report. Case Study: Interactive Brokers (U.K.) Limited 20 Fenchurch, London. https://www.interactivebrokers.com/download/sustainability/IB23_SustainabilityReport_FINAL.pdf

Işık, E., (2022). Tarımda iklim krizi Aralık 2024 tarihinde https://agrovisio.com.tr/blog/?p=324 adresinden erişildi.

Jamieson. I. (2024). Comparing Solar Energy to Other Renewable Energy Sources. Tenmen Enectrical. https://www.tenmenelectrical.com/comparing-solar-energy-to-other-renewable-energy-sources/

Jelle, B. P., Breivik, C., & Røkenes, H. D. (2012). Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. Solar Energy Materials and Solar Cells, 100, 69-96.

Kardaş, G., Solmaz, R., Yazıcı, B., & Erbil, M. (2010). Elektroliz yöntemiyle hidrojen gazı eldesi. Çukurova Üniversitesi, 2-5.

Kavas, S., (2008). Doğalgaz Yakıtlı Katı Oksitli Yakıt Pili Sistemi İçin Sabit Sıcaklık Buharlı Yakıt Dönüştürücü Tasarımı. Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Mühendisliği. Yüksek Lisans Tezi.

Kain. T. (2023). Renewable Energy, Sustainable Development: Hydrogen Energy: Advantages And Disadvantages. Sigma Earth. 04.06.2025 tarihinde https://sigmaearth.com/hydrogen-energy-advantages-and-disadvantages/ adresinden erişildi

Kılıç, N., (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları, İzmir Ticaret Odası ARGE Bülten, *İzmir Ticaret Odası*

Kiliç, F. Ç. (2011). Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye'deki yeri. *Renewable Energy World*, *8*(6).

Koç, E., & Kaya, K. (2015). Enerji kaynaklari–yenilenebilir enerji durumu. *Mühendis ve Makina*, *56*(668), 36-47.

Koçhan, A., (1997). Doğu Karadeniz Bölgesi Yaylaları İçin Enerji Duyarlı Bir Bungalov Önerisi. (Yüksek lisans tezi)

Köse, M. (2013). *Trombe Duvarın Ekonomik Analizi* (Master Thesis, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2013, 324719).

Kranz, L., Abate, A., Feurer, T., Fu, F., Avancini, E., Löckinger, J., ... & Tiwari, A. N. (2015). High-efficiency polycrystalline thin film tandem solar cells. *The journal of physical chemistry letters*, *6*(14), 2676-2681.

Kuanyshevıch, U. T. (2023). Kazakistan'daki iş merkezlerinin mimarisinin evrimsel-entegrasyon özellikleri. [Doktora tezi, Mezhdunarodnaya Obrazovatel'naya Korporatsiya Üniverstiesi] KazGASU Kampüsü. https://mok.edu.kz/wp-content/uploads/2023/09/2.-Диссертация-на-соискание-степени-доктора-философии-PhD-Узакбаева-Т.К.pdf

Landsec. (2017, Haziran 9). Fuel Cell at 20 Fenchurch Street [video]. https://www.youtube.com/watch?v=nfsfxAh63Fc

Lehoux. N. (2016). Frik Çevre Merkezi fotoğrafları 01.06.2025 tarihinde https://www.archdaily.com/793222/frick-environmental-center-bohlin-cywinski-jackson adresinden erişildi

Lumley. G. (2024). Pros and Cons of Biomass Energy. BKV Energy. 04.06.2025 tarihinde https://bkvenergy.com/learning-center/pros-cons-biomass-energy/ adresinden erişildi

Marteka, M., Slaughter, C. & Amon. C. (2018). Global renewable energy trends: Solar and wind move from mainstream. *Deloitte Insights, Deloitte*.

Massery. E. (2016) Frik Çevre Merkezi genel fotoğrafı. 01.06.2025 tarihinde https://www.architectmagazine.com/project-gallery/the-frick-environmental-center_o adresinden erişildi

Mazloomi, K., & Gomes, C. (2012). Hydrogen as an energy carrier: Prospects and challenges. *Renewable and sustainable energy reviews*, *16*(5), 3024-3033.

Midilli, A., Ay, M., Dincer, I., & Rosen, M. A. (2005). On hydrogen and hydrogen energy strategies: I: current status and needs. *Renewable and sustainable energy reviews*, *9*(3), 255-271.

Mullin. G. (2014, Ekim 9). No more Walkie Scorchie! London skyscraper which melted cars by reflecting sunlight is fitted with shading. Mail Online. https://www.dailymail.co.uk/news/article-2786723/London-skyscraper-Walkie-Talkie-melted-cars-reflecting-sunlight-fitted-shading.html

Nositschka, A. (2008). Sun-light harvesting with surface patterned glass for photovoltaics. *International Workshop on Glass forHarvesting, Storageand Efficient*

Usageof Solar Energy,. Pittsburgh, PA, USA. https://www.lehigh.edu/imi/teched/SolarWS/T3f_Nositschka.pdf

Ofluoğlu, S. (2018). Güneş kontrolü: Güneş kırıcı ve rafları, GKS Dergisi, Türkiye.

Ok, V. (2008). Sağlıklı Kentler İçin Pasif İklimlendirme ve Bina Aerodinamiği, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 103, 4, 33-44.

Olmos. A. (2015). The Walkie Talkie binası fotoğrafları. 01.06.2025 tarihinde https://www.theguardian.com/artanddesign/architecture-design-blog/2015/sep/02/walkie-talkie-london-wins-carbuncle-cup-worst-building-of-year adresinden erişildi

Ovalı, P. K. (2009). Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematiğinin Oluşturulması '' Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi''. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Edirne.

Öksüz, M., & Köse, F. (2019). Hibrit Fotovoltaik Isıl PVT-su ve PVT-hava Güneş Kollektörlerinin İncelenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, *2*(3), 95-102.

Özdemir, B. B., (2005). Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması. Yüksek lisans tezi.

Öztürk, F. (2011). *Pasif güneş enerjisi sistemi ile bina ısıtmasının sayısal ve ekonomik analizi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Penick, P., (2013). Şeffaf fotovoltaik panel ile güneş kırıcı eleman https://www.penick.net/digging/?p=24196 31 Mayıs tarihinde adresinden erişildi

Pika Enerji [@pikaenerji]. (2024, Mart 23). Windy ile Bursa'da bulunan merkezlerinin elektrik ihtiyacını karşılamak için 293 kWe/250 kWp çatı GES kurulumu tamamlandı. [Video]. İnstagram. https://www.instagram.com/reel/C42z92CMLRz/

Pratt. A. (2017, Haziran 24). The Sky Garden. 02.06.2025 tarihinde https://thegardenhistory.blog/2017/06/24/the-sky-garden/ adresinden erişildi

Rex, G., (2012). BedZED / Wind Cowls 30 Mart 2025 tarihinde https://www.flickr.com/photos/rogersg/7661373692/ adresinden erişildi

Rey-Hernández, J. M., Velasco-Gómez, E., San José-Alonso, J. F., Tejero-González, A., & Rey-Martínez, F. J. (2018). Energy Analysis at a Near Zero Energy Building. A Case-Study in Spain. *Energies*, *11*(4), 857. https://doi.org/10.3390/en11040857

Roaf, S., Fuentes, M., & Thomas, S. (2003). *Ecohouse 2: a design guide*. Oxford: Architectural Press.

Sainthiya, H., & Beniwal, N. S. (2017, March). Different types of cooling systems used in photovoltaic module solar system: A review. In *2017 International conference on wireless communications, signal processing and networking (WiSPNET)* (pp. 1500-1506). IEEE.

Saga, T. (2010). Advances in crystalline silicon solar cell technology for industrial mass production. *npg asia materials*, *2*(3), 96-102.

Sakınç, E., & Şerefhaoğlu Sözen, M. (2013). Güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1).

Güleç, S. M. (2015, Nisan 30). Gaziantep Ekolojik Bina Teknik Sistem Animasyonu [video]. https://www.youtube.com/watch?v=abZpisv7GfI

Güleç, S. M. (2017). Türkiye'de Yeşil Bina Kavramı Örnek: Gaziantep Ekolojik Bina. 19 Temmuz 2025 tarihinde https://en.yasanabilirsehirler.org/wp-content/uploads/2017/08/Seda_Gulec_2016-1.pdf adresinden erişildi

Setesco. (t.y.). Project Treurenberg. 02.06.2025 tarihinde https://setesco.be/index.php/en/projects/treurenberg adresinden erişildi

Sev, A. (2009). Sürdürülebilir mimarlık (1. Baskı). İstanbul: YEM Yayın.

Sieger. P. J. (2020). Westwood Hills Doğa Merkezi fotoğrafları. 01.06.2025 tarihinde https://westopolis.org/venues/westwood-hills-nature-center/ adresinden erişildi

STB. (2022). T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı İnegöl İlçe Raporu.19 Temmuz 2025 tarihinde https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/negol_ilce_raporu.pdf adresinden erişildi

Sumner. E. (2015). The Walkie Talkie binası fotoğrafları. 01.06.2025 tarihinde https://www.dezeen.com/2015/01/12/sky-garden-rafael-vinoly-walkie-talkie-skyscraper-london-20-fenchurch-street/ adresinden erişildi

Sunfixings. (2015, Şubat 3). Fenchurch Street, London. 02.06.2025 tarihinde https://www.sunfixings.co.uk/2015/02/03/fenchurch-street-london/ adresinden erişildi

ETKB, (2022). Türkiye ulusal enerji planı.

ETKB, (2024). 2023 Yılı Ulusal Enerji Denge Tabloları. https://enerji.gov.tr/eigm-raporlar

ETKB, (t.y.). Güneş enerjisi potansiyeli atlası. 19 Temmuz 2025 tarihinde https://gepa.enerji.gov.tr/pages/16.aspx adresinden alındı

Tekbıyık, G. (2018). Sürdürülebilir mimarlıkta yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, kamu binalarında uygulama yöntemleri ve örneklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi.

Tenpierik, M., ve Turrin, M., (2018). Double Face 1.0 and 2.0 Mart 2025 tarihinde https://www.tudelft.nl/bk/onderzoek/projecten/double-face-10-and-20 adresinden erişildi

Thomas R., (2006), "Environmental Design: an Introduction for Architects and Engineers", 3rd edition (pp.35, 41, 42, 47, 49). Taylor & Francis, London, New York.

Tiryaki, Z. A., (2022). Yapılarda kullanılan güneş enerjisi kazanç sistemlerinin enerji tüketimlerine etkisinin örnek bir konut yapısı üzerinde değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi.

Torcellini, P., & Pless, S. (2004). *Trombe walls in low-energy buildings: Practical experiences* (No. NREL/CP-550-36277). National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US).

Tosunoğlu, A. (2021). Topoğrafya Nedir? Emlakkonulari Ocak 2025 tarihinde https://www.emlakkonulari.com/topografya-nedir/ adresinden erişildi.

Uyar, T. S., (2007). "Yenilenebilir Enerji", Yapı Dergisi, 312: 6-9.

Valbuena. G. ve Diaz. M. J. G. (2014, Ekim 28-30). Zero energy equipment building Lucia: a case study according to European directive [konferans sunumu]. World SB 14, Barcelona https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC28270.pdf

Varınca, K.B. ve Varank, G., (2005). "Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri", Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 24-25 Haziran 2005, İçel.

Vassilev, S. V., Vassileva, C. G., & Vassilev, V. S. (2015). Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview. *Fuel*, *158*, 330-350.

Vinoly. (t.y.). 20 Fenchurch Street. 18.04.2024 tarihinde https://vinoly.com/works/20-fenchurch-street/ adresinden erişildi

Wachberger, M., & Wachberger, H. (1988). Güneş ve Konut-Güneş ile İnşa Etmek, Pasif Güneş Enerjisi Kullanımı, E+ P Dergisi, 1. *Basım, Yaprak Yayınevi, Ankara*, *12*, 23.

Whiteley, J. (2022). Yoğun şehir yerleşimi Şubat 2025 tarihinde https://pixabay.com/tr/videos/kent-ufuk-%C3%A7izgisi-gece-havai-fi%C5%9Fek-125810/ adresinden erişildi.

Wilson, R. (2014). 10 key questions about exterior shading Şubat 2025 tarihinde https://www.constructionspecifier.com/10-key-questions-about-exterior-shading/ adresinden erişildi

Wolf, S. (2019, Aralık 12). What Are Bifacial Solar Panels? Understanding the Benefits and Applications. Paradisesolarenergy. https://www.paradisesolarenergy.com/blog/what-are-bifacial-solar-panels

Wolmuth. P. (2015). The Walkie Talkie binası fotoğrafları. 01.06.2025 tarihinde https://www.theguardian.com/artanddesign/architecture-design-blog/2015/sep/02/walkie-talkie-london-wins-carbuncle-cup-worst-building-of-year adresinden erişildi

World Economic Forum. (2024). *Transforming Energy Demand.* [White Paper]. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Transforming_Energy_Demand_2024.pdf adresinden alındı

Yağlıca, A. Ö. (2022). Enerji verimliliği bağlamında yapı tasarım kriterleri ve yeşil bina sertifikalandırılması (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Yasan, A. S. (2011). Bina Tasarım Parametrelerinin Enerji Harcamalarına Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yetkin, E. G. (2014). Mevcut yapılar kapsamında yeşil bina sertifika sistemleri enerji kriterlerinin belirlenmesi için LEED, BREEAM ve DGNB sistemlerinin karşılaştırmalı analizi.

Özpınar, G. (2021). Gaziantep'te Nefes Alan Bir Bina: Ekolojik Bina. Yerel Kmlik Dergisi. 65, (14-21)

YETAM, (2017). Hacettepe Üniversitesi- Yeni ve Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi; Fotovoltaik Çalıştayı. 19 Temmuz 2025 tarihinde https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/kutay-kaleli-3-pv-calistayi.pdf?utm_source=chatgpt.com adresinden ulaşıldı.

Yilmaz, S., Ozcalik, H. R., Kesler, S., Dincer, F., & Yelmen, B. (2015). The analysis of different PV power systems for the determination of optimal PV panels and system installation—A case study in Kahramanmaras, Turkey. *Renewable and sustainable energy reviews*, *52*, 1015-1024.

Yılmaz, A., Ünvar, S., Ekmen, M., & Aydın, S. (2017). Yakit Pili Teknolojisi. *Technological Applied Sciences*, *12*(4), 185-192.

Yüksek, İ., & Esin, T. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapılarda Kullanım Olanakları, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Türkiye*.

Yüksek, İ. ve Esin, T. (2011). Yapılarda enerji etkinliği bağlamında doğal havalandırma yöntemlerinin önemi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, (125), 63-77.

EKLER

EK 1 Enerji firmasına sorulan sorular
EK 2 Enerji firmasına alan çalışmasında incelenen yapılar hakkında sorulan sorular
EK 3 Alan çalışması kapsamında gezilen yapı sahiplerine sorulan sorular

EK 1 Enerji firmasına sorulan sorular

Aktif Güneş Enerjisi Kazanım Sistemlerinden PV Paneller ile İlgili Bir Alan Çalışması: Bursa İnegöl Örneği

1. **Firma olarak yaptığınız PV panel uygulamalarında, uygulama alanlarınız nelerdir?**

(Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz)

( ) Çatı üstü pv panel
( ) Cepheye monte PV panel
( ) Araziye uygulanan PV panel
( ) Güneş kırıcı Şeffaf PV panel
( ) Diğer ……

2. **Firma olarak hangi tip yapılarda PV panel uygulaması yapmaktasınız? (En sık uygulaması yapılan alandan en aza doğru numaralandırınız.)**

( ) Konut
( ) Sanayi yapıları
( ) Ticari yapı
( ) Alışveriş merkezleri
( ) Belediye binası
( ) Diğer ……

3. **Yaptığınız PV panel uygulamalarında firmanızdan en çok tercih edilen PV panellerin tercih edilme sebebi nedir? (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz)**

( ) Ucuz olması
( ) Kolay uygulanması
( ) Başkasından tavsiye alınması
( ) Dayanıklı olması
( ) Elektrik üretmede güçlü olması
( ) Küçük olması
( ) Diğer ……

4. **Firmanıza gelen müşterilerin yapılarına PV panel yaptırmak istemelerinin en yaygın sebepleri nelerdir? (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz)**

( ) Yatırım
( ) Yasal zorunluluk
( ) Ekonomik olarak kâr elde etmek
( ) Mevcut elektrik üretiminden tasarruf sağlamak
( ) Diğer ……

5. **PV panellerde uygulama sonrası arıza durumları ile ne sıklıkla karşılaştınız?**

( ) 6 ayda bir
( ) Senede bir
( ) İki senede bir
( ) Üç senede bir
( ) Dört senede bir
( ) Beş senede bir
( ) Diğer ……

6. **PV panel uygulama sonrası arızalarında en sık karşılaştığınız sebepler nelerdir? (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz)**

( ) PV panel arızası
( ) PV panel kontrol biriminin arızası
( ) Kablolarda kopukluk
( ) Kabloların kısa devre olması
( ) İş kazası
( ) Uygulamadaki işçiliğin kötü olması
( ) Diğer: PV panellere yorgun kurşun isabet etmesi sebebiyle çatlaması

7. **Uyguladığınız PV panel uygulamalarında genelde enerji depolama ünitesi yapılmakta mıdır?**

( ) Evet yapılmaktadır	( ) Hayır yapılmamaktadır
Sebebi: (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz)	Sebebi: (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz)
( ) Ekonomik olarak kar elde edilmek istenmesi	( ) PV panel sisteminin ucuzlatılmak istenmesi
( ) Elektrik kesilmesiyle oluşacak üretim aksamasının istenmemesi	( ) Uzun vadede oluşabilecek arıza olasılığının düşürülmek istenmesi
( ) Fabrika makinaların elektrik kesilmesine karşı korunmak istenmesi	( ) Yasal zorunluluk olmaması
( ) Şebekeden elektrik çekilmemesi için önlem	( ) Amorti süresinin kısaltılmak istenmesi
( ) Diğer: …….	( ) Diğer: …….

8. **PV panel uygulamalarında depolama ünitesi yapılıp yapılmaması hangi sebeplere göre belirlenir:**

Cevap:

9. **Firmanızda en çok uygulaması yapılan PV panellerin özellikleri nelerdir?**

Cevap:

10. **PV panellerin fiyatları neye göre belirlenir ve en çok uygulamasını yaptığınız PV panelinin fiyatı nedir?**

Cevap:

11. **En çok tercih edilen PV paneller tarafından ortalama elektrik üretimi nedir?**

Cevap:

12. **İnegöl'de yerine sabitlenecek bir PV panelin yerleştirilebileceği en verimli açı ve yön nedir:**

Cevap:

13. **Firmaniz bünyesinde uygulama yapılan yapılarda genelde yapının enerji ihtiyacının % kaçını karşılayacak PV panel uygulaması tercih edilmektedir ve sebebi nedir?**

Cevap:

14. **PV panellerin uygulanması için nasıl bir projelendirme süreci gereklidir:**

Cevap:

15. **PV panellerden üretilen ve fazlası şebekeye satılan elektrik ile, şebekeden satın alınan elektrik arasındaki fiyat oranı nedir ve ne gibi sebepler bu farka sebep olmaktadır:**

Cevap:

EK 2 Enerji firmasına alan çalışmasında incelenen yapılar hakkında sorulan sorular

YAPI TANITIM FORMU	
● Yapının Adı	…
● Başlangıç ve faaliyete geçiş yılı	…
● Binanın konumu	…
● Binanın kullanım amacı	…
● Mimari tasarım şirketi	…
● Yapı zemin alanı	… m^2
● Yıllık enerji üretimi	… kWh
● Yıllık enerji tüketimi	… kWh
● Kullanılan pasif sistemler	…
● Kullanılan aktif sistemler	…
● PV panellerin kullanıldığı alan	…
● PV panellerin, yapının elektrik ihtiyacını karşılama yüzdesi	%…
● Yapıda kullanılan güneş panellerin toplam fiyatı (… tarihli fiyatı baz alınmıştır)	…€ (…₺)
● Yapıda kullanılan PV panellerin kendi ücretini karşılama süresi (Amorti süresi)	… yılında yapılan PV panellerin … yılı içerisinde kendi ücretini amorti etmesi öngörülmektedir.
● Güneş panelleri ile şebeke arasındaki bağlantı şekli	Sırasıyla; …..
● PV panellerinin yerleştirilme açısı	…..
● Güneş panellerinin enerjisinin bir depolama birimine aktarılıp aktarılmama durumu	…..Kullanılıyor …..Kullanılmıyor
● Üretim fazlası elektriğin şebekeye satılma ya da satılmama durumu	…..Satılıyor …..Satılmıyor
● Yapının enerji sertifikası durumu	…..Var …..Yok

EK 3 Alan çalışması kapsamında gezilen yapı sahiplerine sorulan sorular

Yapıda PV panel uygulaması yapılmasının sebepleri nelerdir?
(Önem sırasına göre numaralandırınız.)
( ) Yatırım
( ) Yasal zorunluluk
( ) Ekonomik olarak kâr elde etmek
( ) Mevcut elektrik üretiminden tasarruf sağlamak
( ) Diğer ……

Yapıda PV panel uygulamasından başka bir elektrik üretim sistemi tercih edilmiş midir ve sebebi nedir?

( ) Evet tercih edilmiştir Tercih edilen sistem: ……..… Sebebi: (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz.)	( ) Hayır tercih edilmemiştir Sebebi:(Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz.)
(.) PV panel sistemi elektrik üretim anlamında yeterli gelmemiştir. (.) Tercih edilen diğer sistemler uzun vadede ekonomik olarak daha kârlıdır. ( ) Tercih edilen diğer sistemler ilk yatırım maliyeti olarak daha ucuzdur. ( ) Tercih edilen diğer sistemlerin bakım maliyetleri daha düşüktür. ( )Diğer ……	( ) PV panel uygulamasının elektrik üretim anlamında yeterli olması ( ) Başka sistemlerin daha maliyetli olması ( ) Amorti süresinin kısalığı ( ) Başka sistemleri uygulayan firma bulma konusundaki güçlük çekilmesi ( ) Başka sistemlerin avantaj ve dezavantajlarının bilinmemesi ( )Diğer ……

Yapıda uygulanan PV panel cinsinin tercih edilme sebebi nedir?
(Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz.)
( ) Ucuz olması ( ) Kolay uygulanması ( ) Başka bir kişiden tavsiye alınması
( ) Dayanıklı olması ( ) Küçük olması ( ) Elektrik üretmede güçlü olması
( )Diğer ……

Yapıda uygulanan PV panel sisteminde uygulama sonrası arıza durumları ne sıklıkla yaşanmaktadır?
( ) Henüz arıza yaşanmamıştır ( ) 6 ayda bir ( ) Senede bir ( ) İki senede bir
( ) Üç senede bir ( ) Dört senede bir ( ) Beş senede bir ( ) Diğer …….

Yapıda PV panel sisteminden üretilen elektriği depolayacak bir birim tercih edilmiş midir ve sebebi nedir?

( ) Evet tercih edilmiştir Birimin büyüklüğü: Sebebi: (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz.)	( ) Hayır tercih edilmemiştir Sebebi:(Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz.)
( ) Elektrik kesilmesiyle oluşacak üretim aksamasına karşı önlem ( ) Fabrika makinaların elektrik kesilmesi ile bozulmasına karşı koruyucu önlem ( ) Şebekeden elektrik çekilmemesi için önlem olarak uygulanmıştır. ( ) Diğer: ……	( ) Yasal zorunluluk olmaması ( ) Maliyetine oranla gerekli işlevselliği sağlamaması ( ) Arıza vermesi olasılığından çekinilmesi ( ) PV panel sisteminin basit tutulmak istenmesi ( ) Başka bir kişiden tavsiye alınması ( ) Diğer ……

Yapı için herhangi bir enerji sertifikasına başvuru yapıldı mı ve sebebi nedir?

( ) Evet yapıldı Sebebi: (Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz.)	( ) Hayır yapılmadı Sebebi:(Birden fazla şık işaretleyebilirsiniz.)
( ) Yapının enerji tüketiminin belli standartlar çerçevesinde belirlenmesi. ( ) Herhangi bir teşvikten yararlanmak istenmesi ( )Diğer ……	( ) Yasal zorunluluk olmaması ( ) Yapıya somut bir katkısının olmaması ( ) Enerji sertifikası almanın pahalı olması ( )Diğer ……