

Doç. Dr. Şenay Çabuk

<https://orcid.org/0009-0006-9729-0615>

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul / TÜRKİYE

ROR Id: <https://ror.org/04e9czp26>

Güneşi Yakalayan Pasif ve Aktif Bina Sistemleri

Passive and Active Building Systems Capturing the Sun

ÖZET

Mevcut iklim değişiklikleri, dünya yüzeyinin ve denizlerin sıcaklığını arttırmakta ve yağış düzenini değiştirmektedir. Bu durum, yükselen deniz seviyeleri, erozyon riski, çölleşme ve meteorolojik kökenli doğal afetlerin muhtemel artan gücü gibi önemli etkiler yaratmaktadır. İklim değişikliğinin etkileriyle yüzleşmek için şu anda öngörülen araçlarından biri bu değişikliğin en önemli nedenlerinden biri olan karbondioksit ve sera gazı emisyonlarını azaltmaktır. İnsanların yaşam ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan enerji, sanayiden ulaşıma kadar pek çok sektörde kullanılmaktadır. Yapı sektörü enerji tüketimi konusunda bu sektörler arasında önemli bir paya sahiptir ve bu enerjinin büyük bir kısmı tükenmekte olan fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Devam eden iklim değişikliği sorunlarına ve net sıfır CO₂ emisyonu hedefine bir yanıt olarak dünya, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulaması ve kullanımı ile fosil yakıt bazlı enerji kaynaklarından düşük karbonlu toplumlara giderek daha fazla geçiş yapmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı sera gazı emisyonlarının da başlıca yükselme nedenlerinden birisidir. Bu nedenle özellikle insanlığın konfor ihtiyacı için gerekli olan enerjinin fosil yakıtlardan değil tükenme ihtimali olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesini sağlayacak sistemlerin araştırılması ve uygulama biçimlerinin bilinmesi önemlidir. Bu doğrultuda gelecekte yapı sektörü kaynaklı çevresel etkiler azaltılmalı, insan sağlığı korunmalı ve çevresel eşitlik ve adaletin geliştirilmesi amacıyla bina uygulamalarına yönelik ilkeler değiştirilmelidir. Bu makale kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemli ve yaygın kullanıma sahip olan güneş enerjisinden aktif ve pasif sistemlerle enerji elde edilme yöntemleri üzerinde durulacak ve dünya üzerinden incelen örneklerin analizi ile bu teknolojiler ile ilgili çıkarımlar gerçekleştirilecektir. Çalışma güneş enerjisinden ne ölçüde yararlanılabileceğini ortaya koymakta ve yeni bina tasarım kriterlerinin oluşumunu ileriye taşıyacak fırsatların altını çizmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Pasif Güneş Sistemleri, Aktif Güneş Sistemleri

ABSTRACT

Current climate changes are increasing the temperature of the earth's surface and seas and altering precipitation patterns. This situation creates significant impacts such as rising sea levels, risk of erosion, desertification and possible increased strength of natural disasters of meteorological origin. One of the currently envisaged means to face the impacts of climate change is to reduce carbon dioxide and greenhouse gas emissions, which are one of the most important causes of this change. Energy, which is necessary to meet the living needs of people, is used in many sectors from industry to transport. The construction sector has a significant share among these sectors in terms of energy consumption and most of this energy is met from depleting fossil fuels. As a response to ongoing climate change challenges and the goal of net zero CO₂ emissions, the world is increasingly transitioning from fossil fuel-based energy sources to low-carbon societies through the application and utilisation of renewable energy sources. The use of fossil fuels is one of the main reasons for the increase in greenhouse gas emissions. For this reason, it is especially important to investigate the systems that will ensure that the energy required for the comfort needs of human beings is obtained not from fossil fuels but from renewable energy sources that are not likely to be depleted and to know the application methods. In this direction, in the future, the environmental impacts of the building sector should be reduced, human health should be protected and the principles for building practices should be changed in order to improve environmental equity and justice. Within the scope of this article, the methods of obtaining energy from solar energy, which is one of the most important and widely used renewable energy sources, with active and passive systems will be emphasised and inferences about these technologies will be made with examples from around the world. The study reveals to what extent solar energy can be utilised and underlines the opportunities that will move the formation of new building design criteria forward.

Keywords: Solar Energy, Passive Solar Systems, Active Solar Systems

1. GİRİŞ

Son yıllarda, küresel ısınma ve fosil yakıtların tükenmesi riskiyle karşı karşıya kalan birçok ülke için sürdürülebilir kalkınmayla birlikte enerji tüketiminin azaltılması bir öncelik haline gelmiştir. Günümüzde genel olarak yapı sektörünün dünya genelindeki toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte birini tükettiği ve bu rakamın bina türüne ve konumuna göre değişebildiği kabul edilmektedir. Enerji kullanımının, özellikle de yapı sektörü kaynaklı kullanılan enerjinin azaltılması, enerji krizi tehlikesi ile karşı karşıya olunması nedeniyle önemli bir konudur. Bu nedenle insan konforundan ödün vermeden iklime duyarlı stratejiler aracılığıyla bina sektöründe enerji tüketimini azaltmaya yönelik araştırmalar çok önemlidir. Mevcut kaynaklarla karşılanamayacak kadar büyük olan enerji tüketimi ve enerji ihtiyacı katlanarak artmaya devam etmektedir. Bu oldukça önemli konuya getirilebilecek çözümlerden birisi de özellikle büyük miktarlarda enerjinin talep edildiği insan faaliyet alanlarında mevcut enerji kaynaklarına ilaveten güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır.

Yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Bir binanın iç mekanlarının aydınlatılması ve ısıtılması amacıyla güneş enerjisinden faydalanılması birçok farklı tekniğin uygulandığı bir hedef olmuştur. Bir cephenin pencere boyutunun, cephenin yönünün güneş faktörü dikkate alınarak seçilmesi, iklime duyarlı mimari ilkelerin uygulanması ve pasif güneş sistemlerinin kullanılması gibi örnekler güneş enerjisinden faydalanma tekniklerinden bazılarıdır. Son yıllarda, fotovoltaiik teknolojisinin gösterdiği gelişim, elektrik üretimi için güneş enerjisinin doğrudan kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Güneş enerjisi teknolojileri, güneş enerjisini yakalama, dönüştürme ve dağıtma biçimlerine bağlı olarak aktif güneş enerjisi sistemi veya pasif güneş enerjisi sistemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif güneş enerjisi sistemi, enerjiden yararlanmak için fotovoltaiik panel ve güneş termal kolektörlerinin kullanılması iken, pasif güneş enerjisi sistemi güneş enerjisinden pasif olarak yararlanma tekniğidir. Bütün bu güneşe duyarlı enerji sistemlerinin amacı binayı daha enerji verimli hale getirmek ve tükenmekte olan enerji kaynaklarının kullanımını azaltmaktır.

1.1. Yöntem

Sürekli ve artan çevresel bozulma ve bunun sonucunda ortaya çıkan potansiyel tehlikeler, insanlığın başa çıkması gereken en ciddi ve acil sorunlar arasında yer almaktadır. Mevcut enerji kaynakları ile karşılanamayacak kadar büyük olan tüketim sebebiyle enerji ihtiyacı katlanarak artmaya devam etmektedir. Bu oldukça önemli soruna çözüm bulma noktasında özellikle büyük miktarlarda enerjinin talep edildiği insan faaliyeti alanlarında, geleneksel enerji kaynaklarının rasyonelleşen kullanımı ile birlikte güneş, rüzgar ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması önem kazanmaktadır. Yoğun enerji kullanımı gerektiren alanlardan biri olan yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Makale kapsamında güneş enerjisinin yapılarda pasif ve aktif olarak kullanımı ele alınmıştır. Yapılarda güneş enerjisinin kullanımı birçok faktörün dikkate alınmasını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu süreçteki en önemli problem, çevresel faktörlerin analizi doğrultusunda benimsenmesi gereken stratejilerin tasarım sürecine dahil edilmemesi sonradan entegre edilmeye çalışılmasıdır. Bütüncül ve sistematik bir tasarım yaklaşımını gerektiren bu sürecin anlaşılması çok önemlidir. Sistematik yaklaşım, güneş enerjisinin yapılardaki kullanımı ile ilgili olanakların/avantajların tanımlanmasını da içerir. Bu çalışmanın ana kapsamı bu tanımlamayı yaparak güneş enerjisini odak alan çözümlerin tasarım aşamasına dahil edilmesinin yaygınlaşmasına katkıda bulunmaktadır. Çalışmada güneş enerjisinin yapılardaki kullanım biçimleri ve uygulama örnekleri ile ilgili verilere ulaşma doğrultusunda nitel araştırma yöntemi kullanılmış ve doküman analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz kapsamında gerçekleştirilen literatür araştırmasında ulusal ve uluslararası makaleler, bildiriler, tezler ve kitaplar incelenmiştir. Dünyadan seçilen örneklerde uygulanan güneş kullanım stratejileri incelen bu literatür taraması doğrultusunda tespit edilmiş ve konu ile ilgili çıkarımlar yapılmıştır. Bu çalışmada, güneş enerjisinin binalarda kullanım biçimlerinin anlaşılması ve ele alınan örnekler üzerinden varılan sonuçların analizi ile konunun önemine dikkat çekilmesi amaçlanmaktadır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kullanımının insanlık tarihi boyunca önemli bir rolü olmuş, ilk çağlardaki ateşin keşfi ise insanların hayatta kalmasını ve gelişmesini sağlayan en temel dönüm noktasını oluşturmuştur. Kömürün kullanımı, özellikle sanayi devrimi sırasında, toplumların büyümesine ve teknolojik olarak ilerlemesine katkıda bulunmuştur. 19. yüzyılda petrolün keşfiyle birlikte, fosil yakıtların kullanımı daha da artmış ve modern dünyanın enerji ihtiyacı büyük ölçüde karşılanmıştır. Ancak, fosil yakıtların aşırı kullanımı çevresel sorunlara yol açmış ve küresel ısınma gibi ciddi iklim değişikliklerine neden olmuştur. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin sağlanması ve enerji verimliliğinin artırılması, sürdürülebilir bir

gelecek için kritik bir öneme sahiptir. Güneş, rüzgar, hidroelektrik ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında daha temiz ve sürdürülebilir alternatifler sunmaktadır (Güneli, 2022:276-277). Dünyadaki enerji tüketiminin büyük bir oranının fosil yakıtlardan sağlandığı bilinmektedir. Yenilenebilir enerji, başlangıçta doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisinden elde edilen herhangi bir enerji kaynağı olarak tanımlanabilir. Ancak en geniş anlamda, fosil yakıtlar da dahil olmak üzere bugün kullandığımız enerjinin neredeyse tamamı güneş enerjisinin bir biçimi olarak kabul edilebilir. Odun, petrol, gaz ve kömür gibi en bilinen enerji biçimleri, doğal süreçlerle toplanan, depolanan ve dönüştürülen güneş enerjisinin somutlaştırılmış biçimleridir. Fosil yakıtların sınırlı doğası ve çevresel etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmaktadır. Fosil yakıtların yanması sırasında atmosfere salınan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve diğer zararlı gazlar, hava kirliliğine ve sera gazı etkisine katkıda bulunarak iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Bu gazlar, küresel ısınmanın ana nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir ve bu durum, dünya genelindeki ekosistemler ve insan toplulukları üzerinde ciddi etkilere sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması, gelecek nesiller için daha temiz bir çevre ve daha sürdürülebilir bir dünya anlamına gelmektedir. Enerji sektöründeki bu dönüşüm, ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan olumlu sonuçları beraberinde getirecektir (Kaplukan, 2014:71-72).

Yenilenebilir enerji “doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki kısa süreçte aynen mevcut olan enerji kaynağı” olarak tanımlanabilir (Özdoğan, 2005:7). Yani yenilenebilir enerji kaynakları doğal olarak yenilenen, hiç bitmeyecek enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerjinin bu tanımı göz önüne alındığında, yenilenebilir enerjinin iklim değişikliğini hafifletmek için neden önemli bir seçenek olduğu daha açık hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji çok az sera gazı emisyonu yarattığından iklim değişikliğinin sürdürülebilir, uzun vadeli olarak azaltılabilmesini sağlayacak, enerji kullanımı ve ekonomik kalkınmanın sinerji içinde ilerlemesine katkıda bulunacaktır. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi ve onun türevleri olan rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, su enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi gibi enerji kaynaklarıdır. Bunlardan güneş enerjisi ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisidir.

3. BİNALARDA GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI

Güneş enerjisi, gerçekten de Türkiye ve dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneşin sağladığı enerji, doğal dönüşüm süreçleri aracılığıyla diğer birçok enerji formunun temelini oluşturur. Su döngüsü, bu doğal dönüşümlerin en önemli örneklerinden biridir. Güneş enerjisi, suyun buharlaşmasını sağlar ve bu da yağışların oluşumuna ve dolayısıyla yeraltı su kaynaklarının yenilenmesine katkıda bulunur. Bitkiler de güneş enerjisini fotosentez yoluyla biyokütle üretiminde kullanır. Bu süreç, dünyadaki canlılar için hayati öneme sahiptir ve ekosistemlerin devamlılığı için gereklidir. Ayrıca, güneş enerjisinin atmosferde yarattığı basınç farklılıkları, rüzgarları ve dolayısıyla deniz dalgalarını ve akıntıları oluşturur. Bu fenomenler, güneş enerjisinin dolaylı türevleri olarak kabul edilir ve rüzgar ve hidroelektrik enerjisi gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminde kullanılır. Güneş enerjisi ve onun doğal dönüşümleri, sürdürülebilir enerji sistemlerinin ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesinde kilit rol oynamaktadır (Bozdoğan, 2003:12-13). Bu nedenle dünyanın en önemli ve birincil yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Yeryüzüne her sene ulaşan güneş enerjisi miktarı bütün fosil yakıt rezervlerinin sahip olduğu enerji miktarından yaklaşık 160 kat daha fazladır (Kaplukan, 2014:71-72). Elde edilmesi bu kadar kolay olan güneş enerjisinin yapılarda kullanılacak bir enerji türüne dönüştürülebilmesi önemli bir konudur. Güneş enerjisi yapılarda ısıtma-soğutma sistemlerinde ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Bu kullanımlar doğrultusunda güneş enerjisinden **pasif sistemler** ve **aktif sistemler** olmak üzere iki şekilde enerji elde edilmektedir.

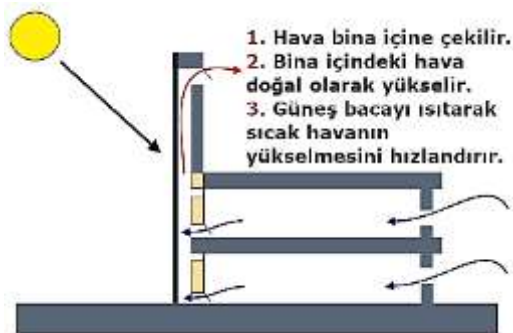
Güneş enerjisi, aktif veya pasif formlarıyla, bina enerji ihtiyaçlarının tamamını (ısıtma, sıcak su, aydınlatma ve aktif sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi kullanılarak soğutma) karşılayabilir. Güneşten ısı enerjisi elde edilirken **pasif** ve **aktif sistemlerle ısı toplanmakta, depolanmakta ve dağıtılmaktadır**. Güneş enerjisi, ısı enerjisi elde etmek için kullanılan pasif ve aktif sistemler aracılığıyla toplanır, depolanır ve dağıtılır. Pasif sistemler, genellikle mimari elemanlar kullanarak doğal güneş ışığını ve ısını maksimize eder. Aktif sistemler ise bunu teknik elemanlar aracılığıyla sağlamaktadır. Kendi başına etkili olan her iki sistem bir arada kullanılarak hibrit çözümler uygulanmakta böylece her iki sistemin avantajlarından faydalanılmış olmaktadır (Bekar, 2007:22-23).

3.1. Pasif Sistemler

Genel olarak güneşten pasif olarak enerji elde etme, uygun bina formunun ve dokusunun seçilmesine bağlı olarak, yenilenebilir kaynaklardan (güneş, rüzgar vb.) gelen enerjileri; öncelikle güneş enerjisinin ve temiz havanın, mekanların ısıtılması, soğutulması ve aydınlatılması için mekanik veya elektronik cihazlar olmadan kabul edilmesi, depolanması ve dağıtılması için kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Bilgiç, 2003:23). Güneş ışığı bir binaya çarptığında, binanın malzemeleri ve bileşenlerinin fiziksel, konumsal ve morfolojik özellikleri nedeniyle güneş radyasyonunu yansıtabilir, iletebilir veya emebilir. Ayrıca, güneş tarafından üretilen ısı, tasarlanmış alanlarda öngörülebilir hava hareketine neden olur. Güneş ısısına verilen bu temel tepkiler, bir binanın termal gereksinimlerini karşılamada ısıtma ve soğutma etkileri sağlayabilecek tasarım öğelerine, malzeme seçimlerine ve yerleşimlerine yol açar. Pasif sistemler, binanın bazı bileşenlerini pasif sistemlerin doğal parçaları olarak kullanmaları gerektiğinden, binanın dokusuna yakından entegre edilmiştir. Mimaride '**pasif**' terimi, binanın formunun ve dokusunun kendisinin dahil edilmesi anlamına gelir. Pasif güneş mimarisi için önemli bir özellik olan uygun ısı akışının hiç mekanik yardım olmadan veya çok az mekanik yardımla doğal olarak gerçekleşmesi için entegrasyon seviyesi esastır.

Pasif güneş enerjisi sistemleri, güneşten ısı enerjisi elde etmek için yapısal özellikleri ve uygun malzemeleri kullanarak, güneş ışığını ve ısısını maksimum düzeyde iç mekanlara çekme prensibine dayanır. Bu sistemler, doğrudan güneş ışığı, güneşten yansıyan ışık ve güneş tarafından ısıtılan çevre gibi doğal kaynaklardan faydalanır. Tasarım aşamasında, güneşin konumu ve güneş ışınlarının geliş açısı gibi çevresel şartlar ve iklim verileri büyük önem taşır. Örneğin, güneş ışınlarının kış mevsiminde daha yatay bir açıyla gelmesi ve yaz mevsiminde daha dik bir açıyla gelmesi, binaların yönelmesi ve pencere yerleşimleri gibi tasarım kararlarında dikkate alınır. Bu sayede, kışın güneş ışınlarının binanın daha derinliklerine nüfuz etmesi sağlanırken, yazın aşırı ısınmanın önüne geçilmiş olur. Pasif sistemlerde kullanılan bazı tasarım stratejileri şunlardır (Alparslan, 2010:16-22):

- **Güneye Bakan Pencereleer:** Kış aylarında güneş ışığını maksimize etmek için geniş ve yüksek pencereler kullanılır.
- **Termal Kütle:** Gündüz ısıyı emmek ve gece ısıyı yavaşça bırakmak için duvarlarda yüksek termal kapasiteye sahip malzemeler kullanılır.
- **Gölgeleme Elemanları:** Yaz aylarında aşırı ısınmayı önlemek için panel, panjur, kanopi vb. elemanlar veya akıllı camlar kullanılır.
- **Doğal Havalandırma:** Sıcak hava yükseldiğinde, serin havayı çekmek ve sıcak havayı dışarı atmak için pencere, atrium, galeri boşluğu, baca vb. elemanlar kullanılır.
- **Güney Cephede ve Tavan Yüzeylerinde Koyu Renk Kullanımı:** Maksimum güneş enerjisini absorbe etmek için dış duvarlarda ve tavanlarda koyu renkler kullanılır.

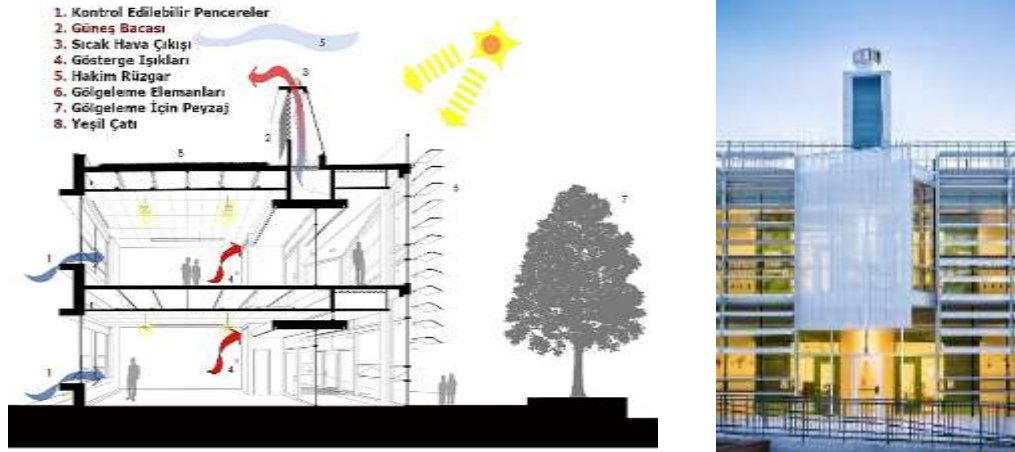


Şekil 1. Güneş Bacası Çalışma Prensibi ve Örnekleri (Url-1, Url-2, Url-3)

Güneşi mümkün olduğunca uzun süre yapının içinde tutmak ve aynı zamanda güneş ısıl radyasyonunu gün batımından sonra ısı vermek üzere odalarda depolamak için, güneye bakan cephelerin yüzeylerinde yüksek yalıtımlı ve düşük ısı transfer katsayılı cam malzemenin kullanıldığı pencerelerin açılması ve ısı depolayan uygun malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Bir yapının iç mekanlarının mikro iklimini etkileyen en önemli konulardan biri de yapının yönelimidir. Yönelimin doğru olması gün boyunca güneş ışığının kullanılmasına, iç mekanların termal gereksinimler açısından bölgelendirilmesine ve tampon bölgeler oluşturulmasına olanak tanır. İç mekan güneş ışığı ayrıca güneş bacaları (termal bacalar), güneş ışınlarının yönünü değiştiren gün ışığı aydınlatma tüpleri (tubular skylights) ve yansıyan güneş ışığını herhangi bir

yöne ileten heliostatlar, ışık rafları vb. aracılığıyla aktif olarak yakalanabilir. Günümüzde ayrıca şeffaflığını yüzeyine düşen ışığın miktarına göre ayarlayabilen akıllı camlar ve güneş ışınlarını yansıtan ekranlar da kullanılmaktadır. Akıllı pencere camları genellikle sıcaklık veya aydınlatma gibi çevresel koşullara bağlı olarak parametrelerini otomatik olarak değiştirebilen ve kontrol edilebilen termal ve optik özelliklere sahiptir (Nikolaidis, 2023:4-5).

Pasif iklim elemanları olan **güneş bacaları** yapıların iç mekanlarında termal konfor koşullarının sağlanması amacıyla kullanılan mimari elemanlardır. Güneş ısı, geceleri hava sıcaklığının düşmesi, hava basınç düzeylerinde oluşan farklılıklar gibi değişen çevre ve iklim koşullarına karşı iç mekan konfor koşullarının oluşmasına katkıda bulunan mekanik veya elektronik sistemleri içermeyen pasif tasarımlardır. Güneye bakan cephelere yerleştirilen koyu renkli, parlak olmayan malzemelerle veya şeffaf tasarımlarda kullanılan akıllı cam teknolojileriyle güneş ısını bünyesinde toplamak üzere tasarlanmış bacalardır. Baca yüzeyi üzerine düşen güneş ışınları vasıtasıyla ısınan hava baca içerisinde yükselir, bacadaki yükseklik farkı sayesinde bir çekim oluşur ve bu çekim gücü sayesinde iç mekandaki sıcak ve kirli hava tepe noktadan dışarıya doğru atılırken, dışarıdaki temiz hava da içeri çekilir (Şekil 1) (Url-4).



Şekil 2. Güneş Bacası, Powell İlkokulu Washington DC (Url-5)

Powell İlkokulu Washington DC devlet okulu sisteminin ilk güneş bacalarına sahiptir. 1929 yılında inşa edilmiş yeniden işlevlendirilen tarihi binadaki benzer bir sistemi taklit etmek ve geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Her bir güneş bacası bir çatı hava istasyonuna bağlıdır ve her sınıfta bulunan gösterge ışıklarının uyarısı ile öğrenciler koşullar uygun olduğunda pencereleri açabilmektedir. Koridorda bulunan bilgilendirme levhaları sistemin nasıl çalıştığını anlaşılır bir dille açıklamaktadır. Uygulanan pasif stratejiler ve enerji tasarrufu sağlayan sistemler yapının enerji etkinliğine katkıda bulunurken tarihi binanın yeniden kullanımı da karbon ayak izinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Şekil 2) (Url 5).



Şekil 3. Gün Işığı Aydınlatma Tüpü ve Güneş Rafı (Url-6)

Gün ışığı aydınlatma tüpleri, çatı yüzeylerine monte edilerek düşük açılı gelen güneş ışınlarını, optik kırılmalarla daha fazla toplayabilmekte ve gün boyu güneş ışığını yakalayabilmektedir. Yaz aylarında ise öğle saatlerinde etkili ve dik açılı gelen güneş ışığını geri çevirebilmektedir. Gün ışığını tavan yüzeyinden iç meknlara alırken UV ışınlarını engelleyebilmekte ve kullanılan optik lenslerle ışığın güçlü bir şekilde yayılmasını sağlayabilmektedir. **Güneş rafları** ise pencere önlerine ve göz hizasına monte edilen yansıtıcı bir malzemeyle kaplı bir üst yüzeye sahiptir. Pencere yüzeyine gelen güneş ışığı bu parlak levhaya çarparak iç mekânın tavanına yansımakta ve mekânın derinliklerine kadar ulaşabilmektedir. Böylece iç

mekan içerisindeki karanlık olan alan aydınlatılmakta ve pencere önlerindeki yüksek ışık seviyesi düşürülerek homojen bir doğal aydınlatma sağlanmaktadır. Kişisel tercihlere göre yüksekliği ayarlanabilir ve istenilmediği zaman çıkarılıp geri takılabilir özelliğe sahiptir (Şekil 3) (Url-6).

Heliostatlar ise genellikle güneş enerjisi santrallerinde güneş ışığını belirli bir noktaya yönlendirmek için kullanılan ve aynı zamanda enerji üretebilen yansıtıcı aynalardır. Yapılarda ise güneş ışığını belirli bir odak noktasına toplayıp iç mekanlara yönlendirerek, doğal aydınlatma kapasitesini ve yapının enerji verimliliğini artırabilir ve sürdürülebilir bir çevre yaratmaya katkıda bulunabilir. Bu sistemler otomatik izleme teknolojileri ile birlikte kullanıldığı zaman daha fazla güneş ışığı toplayabilen hareketli ayna ve merceklerden oluşmaktadır. Otomatik izleme sistemleri, güneşi takip ederek aynaları doğru şekilde yönlendirir ve güneş ışığını toplamak için en uygun açıyı bulur. Güneş ışığının yoğun bir şekilde toplanmasını sağlayan aynalar sayesinde sistem daha etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Aynalarda toplanan güneş ışığı ışık boruları gibi bir ısı taşıyıcı vasıtasıyla aydınlatma sistemlerine iletilir. **Heliostatlar** genellikle gün ışığı kapasitesi yetersiz ve/veya penceresi olmayan mekanlarda kullanılan verimli bir aydınlatma çözümü sunan pasif elemanlardır (Url-7). Borusan Çağdaş Sanat Koleksiyonu'ndan beslenen sergiler, etkinlikler ve eğitim programlarına yer veren bir sanat kurumu olan Borusan Contemporary'nin Boğaziçi'nde önemli bir konumda yer alan tarihi binasının (perili köşk) bazı iç mekanlarının yeterince gün ışığı alamaması nedeniyle çalışma ortamlarında verimli bir doğal aydınlatma elde edilemiyordu. Heliobus Light Company tarafından 2016 yılında gün ışığı alamayan dört kat boyunca devam eden teras yüzeyinde konumlanmış olan heliostatlara bağlı bir ışık borusu oluşturuldu. Böylece doğal ışık alamayan çalışma alanlarına gün ışığı ulaştırılması mümkün oldu (Şekil 4) (Url-8).



Şekil 4. Borusan Holding, İstanbul (Url-8)

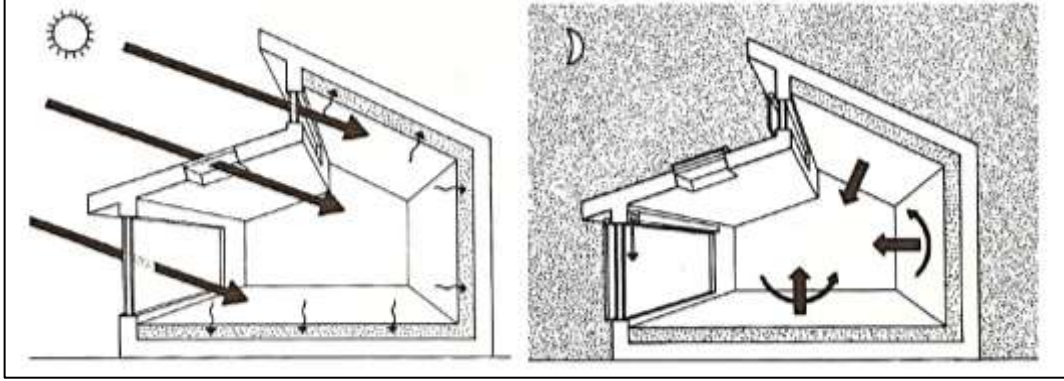
Bu tasarım özellikleri, enerji tüketimini azaltmaya ve binaların enerji verimliliğini artırmaya yardımcı olmaktadır. Pasif güneş enerjisi sistemlerinin temel bileşenleri **toplama, depolama** ve **dağıtma** işlemleridir (Bekar, 2007:22-23):

- **Toplama:** Güneş enerjisinin mekan içerisine alınmasıdır. Güney-doğu ve güney-batı yönlerinde açılan pencereler, kış bahçeleri ve seralar gibi yöntemler, güneş ışığını ve ısınımlarını maksimum düzeyde yakalamak için kullanılır. Bu yöntemler, güneşin düşük açıda olduğu kış aylarında bile ısıyı etkin bir şekilde toplamayı sağlar.
- **Depolama:** Mekan içerisine alınan ısının ihtiyaç fazlasının, daha sonra kullanılmak üzere zemin ve duvarlarda depolanmasıdır. Bu, genellikle termal kütle olarak adlandırılan malzemelerle yapılır. Termal kütle, gündüz ısıyı emer ve gece veya ihtiyaç duyulduğunda ısıyı yavaşça bırakır.
- **Dağıtma:** Depolanan ısının mekana dağıtılmasıdır. Bu işlem, ışınlım veya taşınım yoluyla doğal olarak gerçekleşebileceği gibi, fanlar kullanılarak da yapılabilir. Fanlar, ısıyı daha hızlı ve daha eşit bir şekilde dağıtmak için kullanılır.

Pasif sistemler de kendi içerisinde genel olarak **doğrudan kazanç sistemleri** ve **dolaylı kazanç sistemleri** olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır.

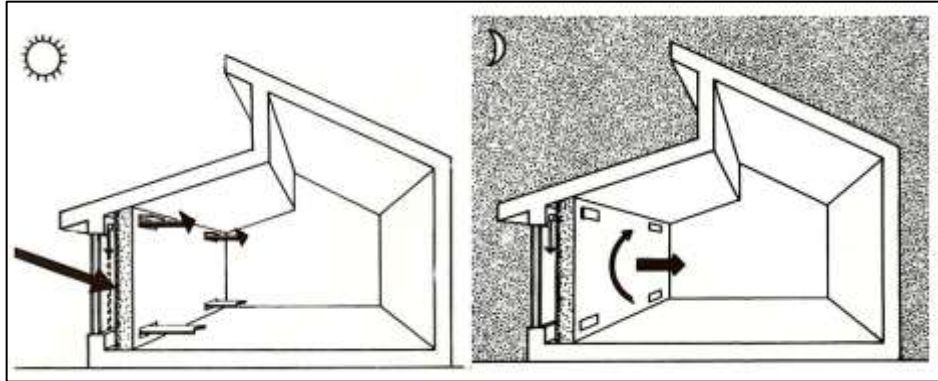
3.1.1. Doğrudan ve Dolaylı Kazanç Sistemleri

Doğrudan kazanç sistemleri, güneş enerjisini verimli bir şekilde toplamak ve depolamak için kullanılan yöntemlerdir. Doğrudan alıcı sistem olarak da adlandırılan bu sistem en yaygın kullanıma sahip güneş sistemidir. Bu sistemler, güneş ışığını ve ısınısını doğrudan iç meknlara çekerek, yapı bileşenlerinde depolar ve daha sonra kullanılmak üzere ısıyı serbest bırakır. Güneş enerjisi, **güneye bakan** cephelerde yer alan **pencereler** ve **çatı pencereleri** aracılığıyla toplanır. Gündüz saatlerinde toplanan fazla ısı, duvar, tavan ve döşeme gibi yapı bileşenlerinde depolanır ve gece saatlerinde iç mekana yayılır (Şekil 5).



Şekil 5. Doğrudan Kazanç Sistemleri (Yüre, 2007:8)

Dolaylı kazanç sistemleri ise, güneş ışınlarını doğrudan iç mekana sokmadan, yakındaki bir elemnda toplayarak çalışır. Isı enerjisi, kullanılacağı mekana yakın bir elemnda elde edilir, depolanır ve ihtiyaç duyulduğunda diğer bölümlere aktarılır. **Isıl kütle duvarları** (kütle duvar, Trombe duvar, uzak depolama duvarları vb.), **yalıtılmış alanlar** (kış bahçesi, sera vb.), **su duvarları**, **güneş duvarları** ve **çatı havuz sistemi** bu toplama işlemi için tasarlanan elemnlardır. Bu sistemlerin etkinliği, güneşin konumuna ve mevsime göre değişmektedir.



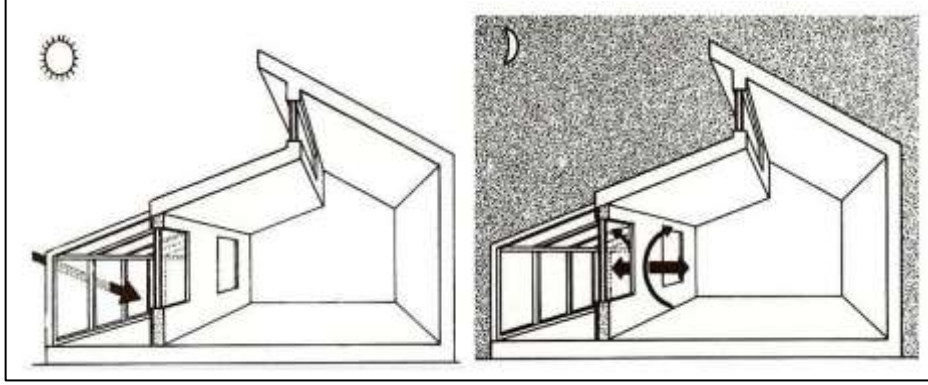
Şekil 6. Dolaylı Kazanç Sistemi, Isıl Kütle Duvarı Çalışma Prensibi (Yüre, 2007:9)

Isıl kütle duvarları, güneş enerjisini toplamak ve depolamak için kullanılan etkili bir pasif ısıtma sistemidir. Bu sistemler, güneş enerjisini doğrudan bir yapı elemnı aracılığıyla toplar ve depolar. Isıl kütle duvarları güneş ışığını emmek ve ısıyı depolamak için koyu renkli ve ısıyı iyi emen malzemelerden yapılırlar. Ardından, bu ısı yavaşça iç mekana yayılır ve doğal konveksiyon yoluyla ısı dağılımı sağlanır. Bu sürecin aşamaları şunlardır (Tokuç, 2003:34) (Şekil 6):

- 1. Toplama:** Güneye bakan koyu renkli duvarın önüne yerleştirilen cam, güneş ışınlarını toplar. Bu duvarlar, güneş ışığını emmek ve ısı enerjisi olarak depolamak için masif ve termal kütle özelliklerine sahip malzemelerden yapılırlar.
- 2. Isı Enerjisi Transferi:** Duvar tarafından emilmeyen ve yansıyan güneş ışınları, camdan dışarı çıkamaz ve aradaki boşlukta hava sıcaklığını artırır. Bu sıcak hava, duvarın üst kısmındaki deliklerden içeri alınır ve yaşam alanına ısı enerjisi olarak yayılır.
- 3. Dolaşım:** Sıcak hava soğudukça aşağı iner ve duvarın alt kısmındaki deliklerden tekrar duvar ile cam arasındaki boşluğa alınır. Bu döngü, duvarda enerji olduğu sürece devam eder.
- 4. Gece Isı Yayılımı:** Gündüz toplanan ısı enerjisi, gece boyunca iç mekana aktarılır. Bu, duvarın termal kütle özelliği sayesinde gerçekleşir.

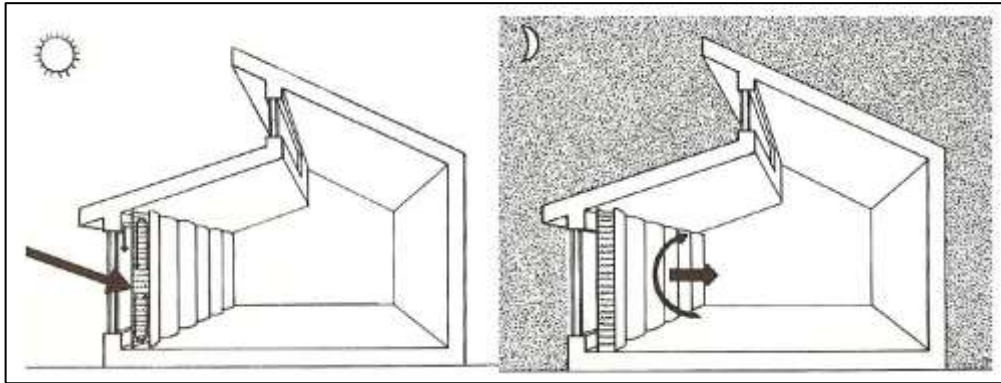
5. Isı Kaçışının Önlenmesi: Geceleri veya soğuk havalarda, saydam tabakadan ısı kaçışını engellemek için özel (low-e) kaplamalar veya hareketli yalıtım tabakaları kullanılabilir.

Güneş ışınlarının konutun güney cephesinde yer alan **yalıtılmış alanlarda**, örneğin kış bahçesi ve seralarda, havanın ısınmasını sağlaması, pasif güneş enerjisi sistemlerinin temel prensiplerinden biridir. Bu sistemlerde, yaşam alanı ile yalıtılmış alan arasındaki duvarın alt ve üst kısmında bırakılan delikler, doğal hava hareketini teşvik eder. Isınan hava yükselir ve duvarın üst kısmındaki deliklerden yaşam alanına girer. Oda içerisinde soğuyan hava ise aşağı iner ve alt kısımdaki deliklerden geçerek, tekrar ısınmak üzere yalıtılmış alana döner. Bu süreç, bir konveksiyon döngüsü oluşturur ve ısı enerjisinin etkili bir şekilde dağıtılmasını sağlar. Bu tür bir sistem, güneş enerjisinden faydalanarak ısıtma ihtiyacını karşılamada oldukça etkilidir ve enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olur (Katırcı, 2003:38) (Şekil 7).



Şekil 7. Yalıtılmış Alan Çalışma Prensibi (Yüre, 2007:9)

Güneş enerjisinden elde edilen ısının depolanması, güneş enerjisi sistemlerinin en önemli bileşenlerinden biridir. **Su duvarı** yönteminde bu ısı düşey borularda, kanallarda, cam elyafı tüplerde veya duvardan duvara, tavandan döşemeye uzanan özel depolama ünitelerinde saklanabilir. Bu depolama üniteleri genellikle, güneş ışığını doğrudan alabilecek şekilde, binaların güneye bakan cephelerinin arkasına veya doğrudan kazanç sistemi için odanın arkasına yerleştirilir. Bu sistemlerde su kullanımında karşılaşılan en büyük problemler buharlaşma, korozyon ve sızıntıdır. Bu sorunları çözmek için antikorozyf malzemeler, metal depolama ünitelerinin plastikle kaplanması veya yüksek kaliteli cam elyafı malzemelerin kullanılması gibi yöntemler tercih edilir. Bu tür malzemeler, depolama ünitelerinin ömrünü 15-30 yıl arasında uzatabilir ve sistemlerin daha uzun süreli ve etkin bir şekilde çalışmasını sağlayabilir (Yüre, 2007: 12).



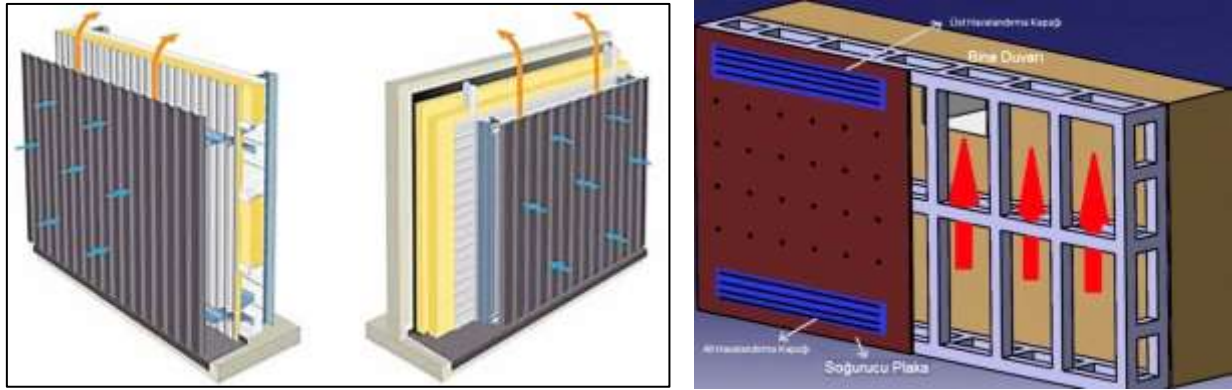
Şekil 8. Su Duvarı Çalışma Prensibi (Yüre, 2007:12)

Steve Baer'in su duvarları konsepti, pasif güneş ısıtma sistemlerinde bir yenilik olarak kabul edilmektedir. 1971'de geliştirilen bu sistem, güneş ışığını yakalamak ve ısıyı depolamak için su dolu konteynerler kullanır. Gündüzleri, güneş ışığı camdan içeri girer ve suyu ısıtır. Gece olunca ise bu ısı yavaş yavaş iç mekana yayılarak evi ısıtır. Alüminyum panjurların reflektör olarak kullanılması, güneş ışığını daha etkin bir şekilde su dolu kutulara yönlendirerek sistemin verimliliğini artırır. Bu tür yenilikçi tasarımlar, sürdürülebilir mimarinin ve enerji verimliliğinin önemli örneklerinden biridir. Steve Baer, bu fikirleriyle pasif güneş enerjisi kullanımını teşvik eden bir öncü olarak anılmaktadır (Şekil 9) (Url-7).



Şekil 9. Steve Baer Zome House, New Mexico (Url-10)

Güneş duvarları, binaların enerji verimliliğini artırmak için kullanılan pasif güneş ısıtma sistemlerinden biridir. Bu sistemler, güneş ışığını ve ısısını yakalayıp, binanın ısıtma ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Güneş duvarları, genellikle bina cephelerine entegre edilir ve güneşten gelen ısıyı toplar. Isıtılacak hava, güneş duvarlarından geçirilerek ön ısıtılır ve daha sonra bina içine yönlendirilir. Bu süreç, güneş enerjisiyle doğal bir şekilde hava ısıtma işlevini gerçekleştirmektedir. Güneş duvarları, genellikle bina cephelerine entegre edilir ve güneşten gelen ısıyı toplar. Isıtılacak hava, güneş duvarlarından geçirilerek önce ısıtılır ve daha sonra bina içine yönlendirilir. Güneş duvarlarından geçen hava, bina içine temiz ve önceden ısıtılmış olarak verilir böylece iç mekanın daha konforlu olması sağlanmış olur. Güneş duvarları, dış hava ile bina duvarı arasında bir bariyer oluşturarak, iletim yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarını en aza indirir. Güneş duvarları sadece binaların ısıtılmasında değil, aynı zamanda havalandırma sistemlerine ek olarak, tarımsal ürünlerin kurutulmasında ve fotovoltaiik pillerin aşırı ısınmasını engellemek amacıyla da kullanılabilir. Enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından, bu tür pasif ısıtma sistemlerinin kullanımı giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Ay ve Khanları, 2015: 525).



Şekil 10. Güneş Duvarı Çalışma Prensibi (Url 11, Ay ve Khanları, 2015: 527).

Güneş duvarları, güneş enerjisini verimli bir şekilde kullanarak binaları ısıtmak için tasarlanmıştır. Trombe duvarından farklı olarak, güneş duvarlarında kullanılan soğurucu (absorber) yüzey, genellikle cam olmayan ve delikli bir yapıya sahiptir. Bu soğurucu yüzey, kollektör olarak adlandırılır ve genellikle 1 mm kalınlığında alüminyum veya çelik levhalardan yapılır. Yüzeyin boya ya da seçici yüzey kaplama ile kaplanması, ışınlama oluşan ısı kayıplarını en aza indirmek için tercih edilir. Bakırın maliyeti yüksek olduğu için genellikle kullanılmaz. Soğurucu yüzeyin oluklu yapısı, havanın daha fazla yüzey ile temas etmesini sağlar ve böylece ısı transferini artırır. Aynı zamanda, bu yapı soğurucu yüzeyin rüzgâr ve diğer etkenlere karşı mukavemetini de artırır. İnce yapısı sayesinde soğurucu plaka homojen ve hızlı bir şekilde ısınabilir, bu da sistemin genel verimliliğini iyileştirir. Güneş duvarlarının tasarımı, binaların güney cephelerine yerleştirilerek, güneşten gelen ısıyı maksimum düzeyde yakalamak ve iç mekana aktarmak üzere optimize edilmiştir. Şekil 10'da güneş duvarının çalışma prensibi yer almaktadır. Güneş duvarı, dikey yönde hava akışını sağlayacak şekilde çelik konstrüksiyon üzerine yerleştirilen delikli soğurucu yüzey, soğurucu yüzeyin altında ve üstünde açılmış olan havalandırma kapakları, bu yüzey ile bina yüzeyi arasında kalan bölge ve bu ara bölgede ısınan havayı istenen bölgeye taşıyacak dağıtım kanalları ve fandan oluşmaktadır (Ay ve Khanları, 2015: 526-527).

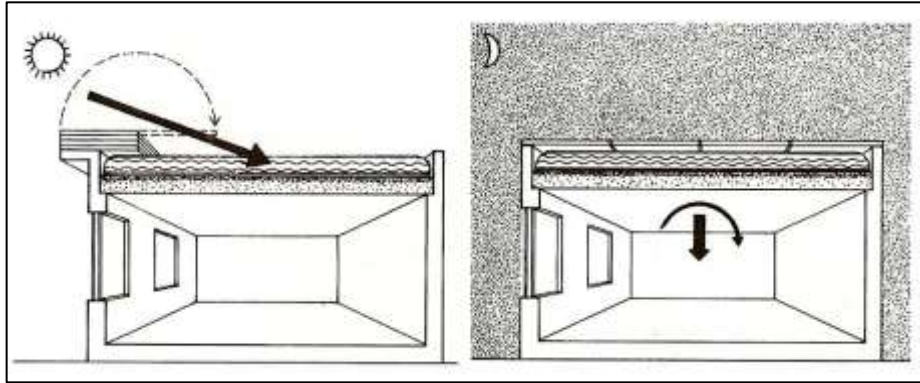
Güneş duvarı ve ısı kütlesi duvarı, pasif güneş ısıtma sistemleri içinde benzer işlevlere sahip olmakla birlikte, belirli farklılıklar gösterirler. Güneş duvarı, dışarıdan alınan temiz havayı ısıtarak binanın içine sürekli taze hava akışı sağlayan bir sistemdir. Böylece binanın ısıtma yükünü azaltırken, aynı zamanda iç mekanın hava kalitesini de iyileştirir. Isıl kütle duvarı ise mekan içerisindeki havayı ısıtır, ancak güneş duvarının aksine, sürekli taze hava akışı sağlayamaz. Her iki sistem de güneş enerjisinden faydalanarak ısı

enerjisi sağlayabilmesine rağmen güneş duvarı özellikle havalandırma ve hava kalitesi açısından önemli bir avantaj sunar. Isıl kütle duvarı ise daha çok ısı depolama ve yavaşça ısı yayma özelliği ile bilinmektedir. Bu nedenle, güneş duvarı daha aktif bir havalandırma ve taze hava sağlama ihtiyacı olan durumlar için tercih edilebilirken, ısı kütle duvarı daha pasif bir ısıtma ve enerji depolama çözümü olarak kullanılabilir (Fleck vd., 2002:209).



Şekil 11. Güneş Duvarı Örnekleri, Mother Clara Hale Terminali, ABD-Kuzey Arizona Üniversitesi, Kanada (Url-12)

Çatı havuzu sistemi, pasif güneş enerjisi toplama yöntemlerinden biridir ve ısı depolama işlevini su kütlesi üstlenir. Bu sistemde, su genellikle geniş camla kaplı plastik veya fiberglas kaplar ya da plastik torbalar içinde çatıda bulunur. Güneş ışınları vasıtasıyla ısınan su, depoladığı ısı enerjisini yaşam alanına iletir. Bu süreç, güneş enerjisini etkili bir şekilde kullanarak binaların ısıtılmasını sağlar. Yapıya ek yük getirmesi bu sistemin olumsuz bir etkisidir. Bu, özellikle kar ve rüzgar yükü gibi diğer çevresel faktörlerle birleştiğinde, binanın yapısal bütünlüğü üzerinde ekstra stres oluşturabilir. Bu nedenle, bu tür bir sistemi tasarlariken yapısal mühendislik hesaplamalarının dikkatlice yapılması önemlidir. Kış mevsiminde, çatı havuz sisteminin ısı kaybını önlemek için geceleri üzeri yalıtım malzemesiyle kapatılır. Bu, suyun soğuk hava koşullarında donmasını önlemeye ve ısı enerjisini korumaya yardımcı olur. Yaz mevsiminde ise, serinlemenin sağlanması amacıyla yalıtım malzemesi kaldırılır ve suyun serinliği binanın içine aktarılır (Şekil 12) (Yüre, 2007:14-15).



Şekil 12. Çatı Havuzu Çalışma Prensibi (Yüre, 2007:15)

3.1.2. Bina Tasarımlarında Pasif Sistem Uygulamaları

Güneş enerjisinden pasif olarak yararlanma, binaların tasarımında ve işletilmesinde güneş enerjisinden maksimum düzeyde yararlanmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda pasif güneş sistemleri kullanılmaktadır. Pasif güneş sistemleri, enerji harcayan aktif ısıtma ve iklimlendirme sistemlerini kullanmadan, iç mekanlarda iklimsel konfor koşullarının yılın her döneminde sağlanmasını hedeflemektedir. Bu sistemler, doğal güneş ışığından ve ısısından en iyi şekilde yararlanmak için binaların tasarımına odaklanmaktadır.

- **Lycée Charles de Gaulle Fransız Okulu, Suriye**

2008 yılının sonlarında Suriye'nin başkenti Şam'da açılışı yapılan Lycée Charles de Gaulle Fransız okulu Fransız mimarlar Ateliers Lion ve Alman çevre mühendisliği firması Transsolar tarafından tasarlanmıştır. Tasarım ekibi sadece yerel iklime uyum sağlamakla kalmayan, aynı zamanda gerekli konfor seviyelerine ulaşmak için çoğunlukla pasif iklim stratejilerine dayanan bir tasarım anlayışını benimsemiştir. Okulun tasarımında yerel malzemelerin kullanımı vurgulanmış ve geleneksel Orta Doğu mimarisinde yaygın olan bir dizi pasif tasarım stratejisi yeniden canlandırılmıştır. Okulun tasarımı, Şam'ın sıcak günleri ve soğuk

geceleleriyle kuru çöl iklimine yanıt verme ihtiyacıyla şekillenmiştir. Projenin tasarım hedefleri, doğal havalandırma kullanarak sınıf havalandırmasını optimize etmek, özellikle yaz aylarında sınıf alanlarını doğal olarak iklimlendirmektir (Eldengy, 2010, Url-13).



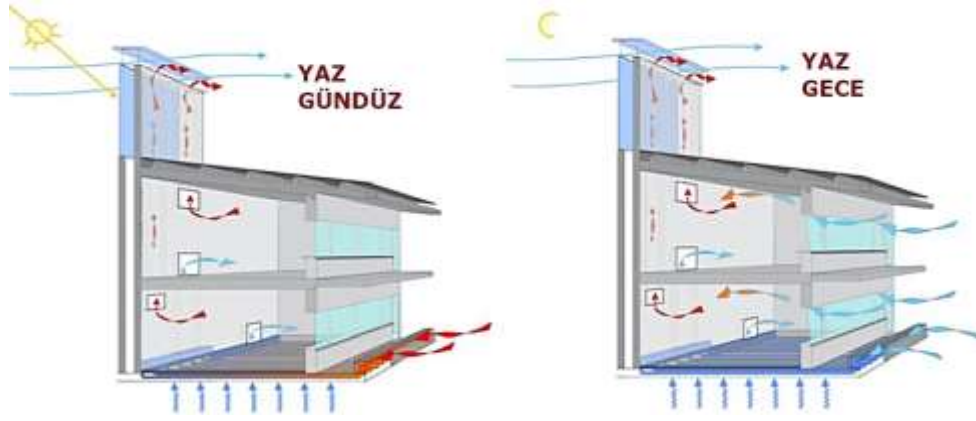
Şekil 13. Lycée Charles de Gaulle Fransız Okulu, Suriye (Url-13)

Okulun sınıflarının pasif havalandırma ve soğutması, pasif tasarım stratejilerinin bir kombinasyonu ile sağlanmıştır. Bu stratejiler arasında, sınıfların içindeki güneş ısı kazancını azaltmak için sınıf çatılarının gölgelendirilmesi ve soğutulması, binaların termal kütlesi kullanılarak iç ortam sıcaklığının ılımlı hale getirilmesi ve geleneksel mimariden esinlenen bir doğal havalandırma stratejisinin kullanılması yer almaktadır. Okulun kalın duvarları, çöl ikliminin yüksek günlük salınımlarından yararlanarak yerel iklime de yanıt vermektedir. Okulun yüksek termal kütleli yapısı, gün boyunca ısıyı emerek ve çoğunun iç mekanlara girmesini engelleyerek iç mekan koşullarını iyileştirmektedir. Gece boyunca, serin hava sınıfları temizleyerek yapının termal kütlesini soğutmakta ve ertesi gün için konfor sağlamaktadır (Eldengy, 2010, Url-13).



Şekil 14. Lycée Charles de Gaulle Fransız Okulu, Güneş Bacası (Url-13)

Okulda kullanılan havalandırma stratejisi, rüzgar destekli güneş bacalarının, sıcak havayı üst üste yığılmış sınıflardan dışarı çeken ve bunun yerine iki sınıfa taze hava çeken çıkış rüzgar kuleleri olarak kullanılmasına dayanmaktadır. Gelen taze hava, pencerelerinden sınıflara çekilmekte ve sıcaklığı gölgeleme ve bitki örtüsü ile ılımlı hale getirilen avluların gölgeli mikro ikliminden taze hava getirmektedir. Taze hava ayrıca zemin kat döşemesine gömülü minyatür toprak kanallar aracılığıyla avludan alt sınıfa çekilmektedir. Toprak kanalların işlevi, yıl boyunca neredeyse sabit bir sıcaklığa sahip olan toprakla temasını en üst düzeye çıkararak hava sıcaklığını sınıfa girmeden önce daha da soğutmaktır. Bu havalandırma stratejisi, bir evden sıcak havayı çekmek için bir çıkış rüzgar kulesinin kullanıldığı ve temiz havanın, havalandırılması ve soğutulması amaçlanan iç mekanlara ulaşmadan önce toprakla ve bir yeraltı su kanalı ile temas ettiği yeraltı odalarından geçirilerek önceden soğutulduğu geleneksel İran mimarisinde kullanılan yöntemle çok benzerdir. Kış aylarında toprak kanallar rollerini tersine çevirerek, toprağın sabit sıcaklığıyla temas eden soğuk kış havasını ısıtır. Sınıfların içinde hava giriş ve çıkışlarında bulunan çalıştırılabilir panjurlar havalandırmanın kullanıcı tarafından kontrol edilmesini sağlamaktadır (Eldengy, 2010, Url-13).



Şekil 15. Lycée Charles de Gaulle Fransız Okulu, Güneş Bacası Çalışma Prensibi (Url-13)

Güneş bacaları okulun havalandırma stratejisinin ayrılmaz bir parçasıdır ve sınıflarda doğal çapraz havalandırmayı sağlamak için kullanılmaktadır. Okulun formuna ve silüetine hakim olan bu bacalar güneşe doğru yönlendirilmiş ve bacanın tepesinde güneş radyasyonunu hapsedmek için siyah boyalı polikarbonat levha ile kaplanmıştır. Isının bu şekilde hapsedilmesi, bacaların içindeki yığın etkisini artırarak aşağıdaki sınıflardan sıcak havayı çekmektedir. Bacalar ayrıca tepe noktasında negatif basınç oluşturmak için rüzgarı kullanacak şekilde tasarlanmıştır, bu da baca içindeki yığın hava hareketini daha da geliştirmektedir. Bacanın termal kütlesi gün boyunca depoladığı ısıyı gece boyunca, serbest bırakır, bu sayede açık pencerelerden ve toprak kanallardan hava çekmeye devam eder, bu da ertesi gün için yapının daha da soğutulmasına yardımcı olur (Şekil 15) (Eldengy, 2010, Url-13).

- **Park Passive House-Seattle, ABD**

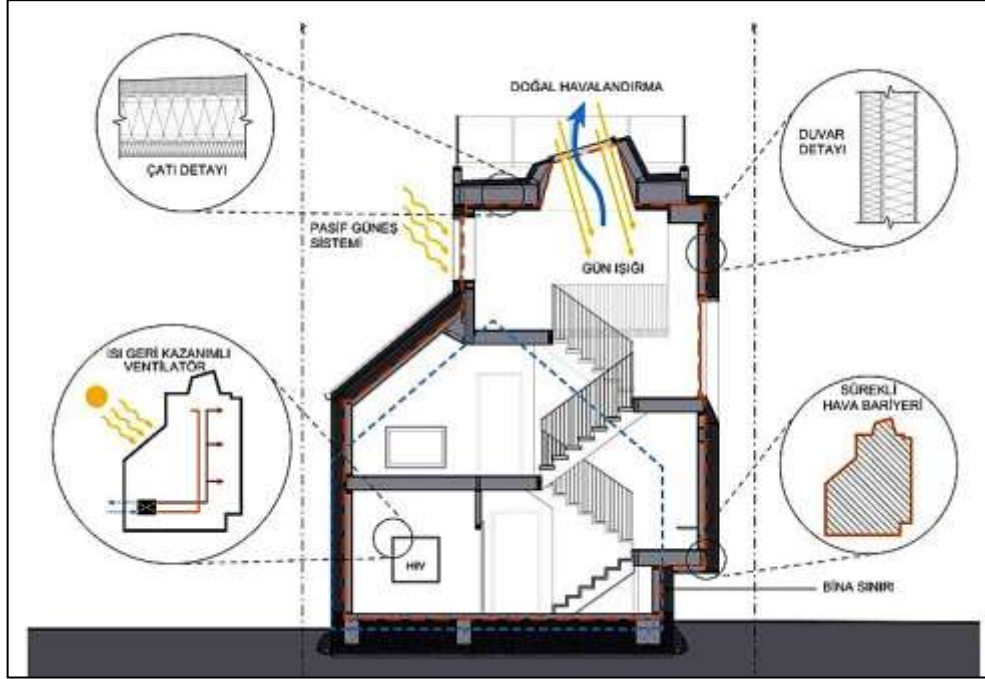
Yapımı 2013 yılında tamamlanan “Park Passive” binası Seattle’ın ilk sertifikalı pasif konutudur ve Washington’un enerji verimi en yüksek konutlarından biridir. Üç katlı bina, dört yatak odası, üç banyo, büyük çift kubbeli bir mutfak, çocuk oyun alanı, oturma ve yemek alanını içeren toplam 251 metrekarelik bir alana sahiptir. Seattle’da Madison Park semtinde yer alan enerji verimli bu konut NK Architects firmasından Marie Ljubojevic ve Lauren McCunney tarafından tasarlanmıştır. Passive House Academy’den sertifika alınabilmesi için bina tasarımında Passivhaus Instiut tarafından belirlenen enerji kullanımı standartları uygulanmıştır. Bu standartların uygulanması nedeniyle “Park Passive”de inşa edilen diğer konutlara oranla %75-%80 daha az enerji kullanılmaktadır. Pasif konut tasarımında rengi, tasarımı ve kütle hareketiyle ön plana çıkan cadde manzarasıyla gün ışığı alan ve yarattığı baca etkisiyle pasif havalandırmaya katkı sağlayan bir merdiven evi tasarlanmıştır. Merdiven evi hem cephe yüzeylerinde hem de çatı seviyesinde açılan pencerelerle doğal olarak aydınlatılmaktadır. Çatı seviyesindeki pencere ile aynı zamanda doğal olarak havalandırılabilir (Url-14).



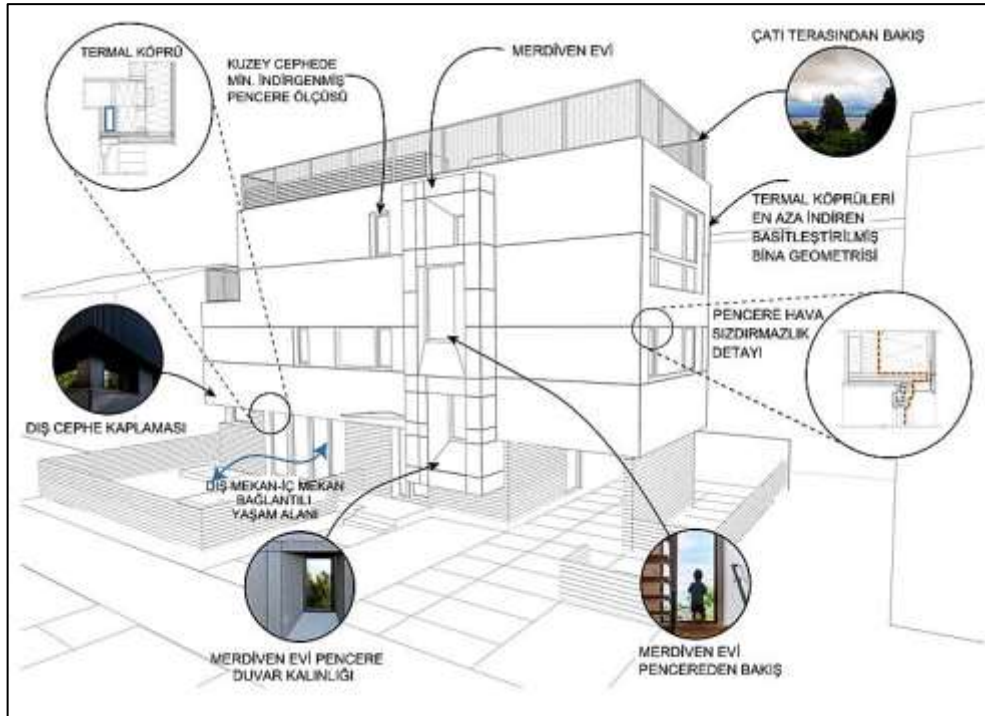
Şekil 16. Park Passive House-Seattle, ABD (Url-14)

Konutun girişi kuzey yönündedir, doğudan ve batıdan ağaçlarla gölgelenmektedir. “Park Passive” pasif güneş enerjisi kazanımı ile ısıtılan oldukça iyi yalıtılmış, neredeyse hava geçirmez bir yapıdır ve bu sayede enerji kayıpları en aza indirilmiştir. Pencerelerin konumları ve gölgeleme elemanlarının tasarımı ısı kayıplarının önlenmesine ve benzer biçimde soğutma yükünün sınırlandırılmasına yardımcı olur. Sonuç olarak ısıtma maliyetlerinin % 90'ına varan tasarruf elde edilirken aynı zamanda benzersiz bir termal konfor ve iç mekan hava kalitesi sağlanmaktadır. “Park Passive”in ortalama iç ortam sıcaklığı 21 derecedir

ve bu sıcaklık yüksek performanslı pencereler ve kapılar yaz aylarında açılıp kapatılarak, daha soğuk havalarda ise ısı geri kazanımlı ventilatör kullanılarak sağlanır. Konutu dış ortamdan termal olarak izole etmek ve geniş pencerelerden yakalanan güneş ışınlarından elde edilen ısıyı tutabilmek amacıyla 43 cm kalınlığında yalıtımlı duvarlar tasarlanmıştır. Termal köprüleri en aza indirebilmek amacıyla bina geometrisi basitleştirilmiştir (Url-14).



Şekil 17. Park Passive House Kesit (Url-14)



Şekil 18. Park Passive House Cephe Özellikleri (Url-14)

3.2. Aktif Sistemler

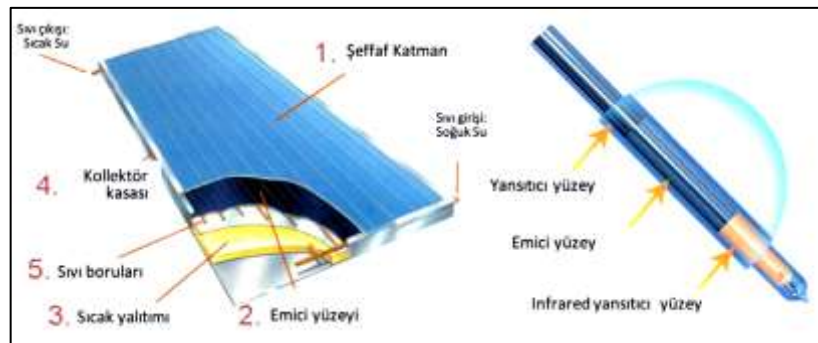
Aktif güneş enerji sistemleri, güneş ışınlarını ısı ve elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan mekanik ve elektronik bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Güneş ışınlarını elektrik enerjisine dönüştüren bu sistemlerin bina tasarımına entegrasyonu, estetik ve işlevsellik açısından önemlidir, çünkü sonradan eklenmeleri yapı estetiğini bozmaktadır. **Aktif güneş sistemleri** üç başlık altında toplanabilir (Yüksek ve Esin, 2009):

- **Güneş Kolektörleri-Güneş Enerjisi Toplayıcısı:** Güneş enerjili ısıtma sistemleridir.
- **Fotovoltaik Panel:** Elektrik enerjisi üreten sistemlerdir.
- **PV-Isıtma Sistemleri-PV/T Kolektörler:** Hem elektrik hem de ısı enerjisi üreten sistemlerdir.

Pasif enerji sistemlerinde olduğu gibi **aktif güneş enerji sistemleri** de güneş enerjisini yakalamakta ancak pasif sistemlerden farklı olarak ısı enerjisine değil elektrik enerjisine dönüştürmekte, binalarda ısıtma, soğutma ve sıcak su üretimi için kullanılmaktadır. İlk yatırım maliyetleri yüksek olan bu sistemlerin uzun ömürlü ve dayanıklı sistemler olması kendi kendilerini amorti etmelerini sağlamaktadır. Ancak güneş teknolojisi hızla gelişmekte olduğu için mevcut sistemlerin bu süreç içerisinde eskimesi riski bulunmaktadır. Bir başka yerde kullanılmak üzere istenildiği zaman sökülüp taşınabilmesi de bu noktada avantaj sağlamaktadır. Elektrik şebekesine olan bağımlılığı azaltan bu sistemler zamanla verimliliklerini kaybetmekte ve düzenli aralıklarla bakım gerektirmektedir. İşletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması ise bu noktada avantaj sağlamaktadır. Binalardaki kullanımlarında enerji üretilen yerle tüketilen yerin yakın olması, enerji iletimi sırasındaki kayıpları azaltan önemli bir konudur. Ancak güneş ışığına bağlı sistemler olmaları ve sıcak su ile ısıtma ihtiyacını karşılayan sistemler hariç depolanamamaları nedeniyle kötü hava şartlarında ve gece saatlerinde verimlilik azalmaktadır (Sayın ve Koç, 2011:95-96).

Aktif güneş sistemlerinden ilki güneş enerjisini kullanan ısıtma sistemleri olan **güneş kolektörleridir**. Güneş enerjili ısıtma sistemleri olarak da adlandırılan bu sistemler güneş ışınlarını toplayarak ve bu enerjiyi su gibi akışkan maddelere aktararak kullanılabilir enerjiye dönüştüren etkili sistemlerdir (Sakinç ve Sözen Şerefhanoglu, 2008). Sisteme verilen soğuk suyu ısıtan sistemler olan güneş kolektörlerinin en önemli dezavantajı soğuk iklim şartlarında suyun donma ihtimalidir. Bu önemli sorun güneş kolektörlerini oluşturan birimlerin izole edilmesi ile çözümlenebilmektedir.

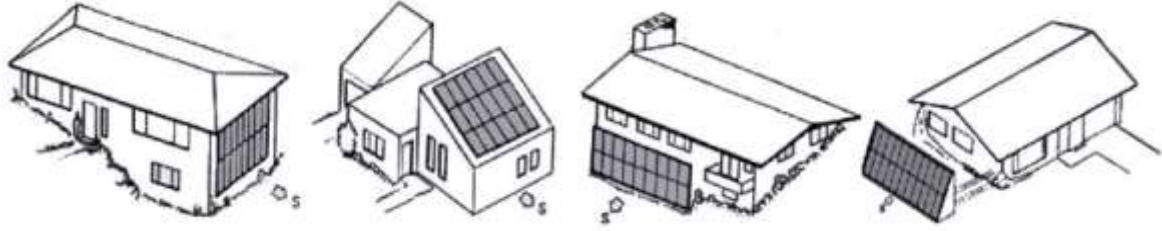
Güneş kolektörleri, **düzlemsel toplayıcılar, vakum borulu toplayıcılar** ve **yoğunlaştırıcı toplayıcılar** olmak üzere güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştürmek için farklı yöntemler ve teknolojiler kullanan üç ana kategoriye ayrılmaktadır. **Düzlemsel güneş kolektörleri**, güneş enerjisini ısı enerjisine çeviren en basit ve yaygın toplayıcı türüdür. Temel elemanları saydam örtü, enerji toplayan yüzey, yutucu yüzeye bağlanmış ısı taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadır. Saydam örtü, güneş ışınlarının bir kısmını yansıtarak çevreye dağılmasını engellerken, diğer kısmının yutucu yüzeye ulaşmasını sağlayan elemandır. Yutucu yüzey ise üzerine düşen ışınımın büyük bir kısmını toplar ve ısı taşıyıcı akışkana iletir. Vakum borulu kolektörler, vakumlu cam tüpler içindeki ısı taşıyıcı akışkanın ısınmasını sağlayarak çalışmaktadır. Bu tüpler, ısı kaybını azaltmak için vakumla izole edilmiştir ve bu sayede verimlilikleri artırılır. Yoğunlaştırıcı kölektörler ise, güneş ışınlarını bir noktaya veya bir hatta yoğunlaştırmak için aynalar veya lensler kullanır. Bu toplayıcılar, özellikle yüksek sıcaklıkların etkin olduğu iklim bölgeleri için uygundur. Güneş kolektörleri arasından seçilecek kolektörün uygunluğu yerel iklim koşulları, kullanım amacı ve maliyet gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir (Şekil 19) (Alparlan, 2010:32).



Şekil 19. Düzlemsel Kolektör ve Vakum Borulu Kolektörün Yapısı (U1-7)

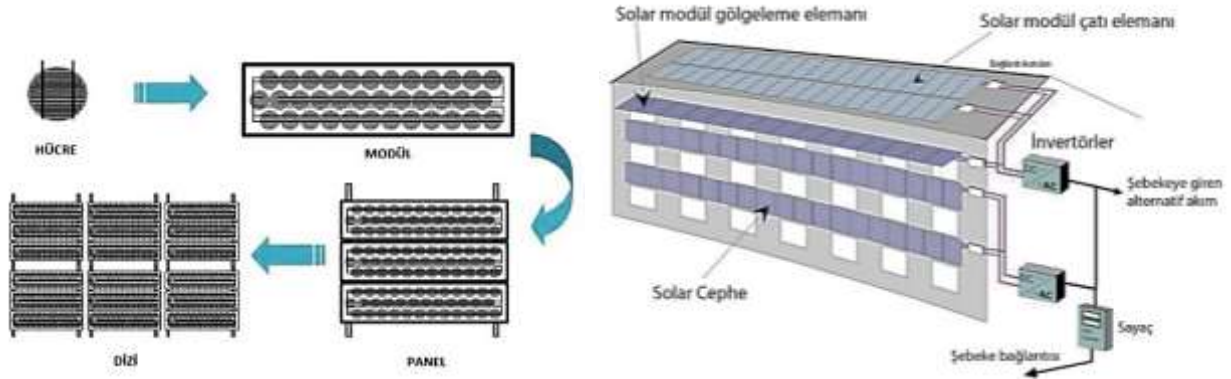
Güneş kolektörleri, güneş enerjisini toplamak için yapıların çeşitli yerlerinde kullanılabilir. Güneş duvarı oluşturmak amacıyla duvarlara, çatılara veya zeminden daha düşük bir kotta yapının dışına monte edilebilirler. Duvarlarda yapılan uygulamalarda, mekanların ışısız kalmaması için, kolektörlerin bir kısmının yerine pencere açılması mümkündür. Çatılarda kullanım, güneş kolektörlerinin en yaygın uygulama biçimidir, ancak aşırı kar yükünün verebileceği zararlar dikkate alınmalıdır, çünkü bu ekstra yük, yapısal bütünlüğü etkileyebilir. Güneş kolektörlerinin konumlandırılması ve tasarımı hem enerji verimliliği hem de yapısal güvenlik açısından oldukça önemli bir konudur. Güneş kolektörlerinin etkin bir şekilde

çalışabilmesi için güneş ışığına maksimum düzeyde maruz kalması gerekirken, aynı zamanda binanın estetik ve işlevsel bütünlüğünü de korumaları gerekmektedir (Fisk ve Anderson, 1982) (Şekil 5).



Şekil 20. Düzlemsel Kolektör ve Vakum Borulu Kolektörün Yapısı (Fisk ve Anderson, 1982)

Güneş kolektörleri, güneş ışınlarını toplayarak bir akışkan yüzeye ısı olarak aktaran ve bu sayede binaların ısıtma ve sıcak su ihtiyacını karşılayan sistemlerdir. Açık sistem ve kapalı sistem olmak üzere iki ana türde bulunurlar. Açık sistemlerde, günlük kullanım suyu ile kolektörlerde dolaşan su aynıdır. Suyu kireç içermeyen bölgelerde kullanılması için uygun olan ve suyun doğrudan kolektörlerde dolaşarak ısınmasını sağlayan bu sistemler kapalı sistemlere göre daha verimlidir ve maliyetleri daha düşüktür. Kapalı sistemler ise, günlük kullanım suyu ile ısıtma suyunun farklı olduğu sistemlerdir. Bu sistemler, donma ve kireçlenmeye karşı bir çözüm olarak kullanılır ve maliyetleri açık sistemlere göre daha yüksektir. Kapalı sistemlerde, kolektör ve tank arasındaki boru hattında dolaşan sıvı, konveksiyon yoluyla tank içindeki suyu ısıtır. Hijyenik olmaları ve kış aylarında don olaylarına karşı daha dayanıklı olmaları nedeniyle tercih edilirler. Ayrıca, kapalı sistemlerde boru hattında yüksek ısı transferli sıvılar kullanılabilir, bu da sistemin ısıtma performansını artırır. Her iki sistem de güneş enerjisini verimli bir şekilde kullanarak, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağından faydalanma imkanı sunmaktadır (Kılıç Demircan ve Gültekin, 2017:46)



Şekil 21. Fotovoltaik Sistem Bileşenleri (Gündüz, 2022:7-8)

Fotovoltaik sistemler, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren etkileyici teknolojilerdir. Fotovoltaik sistemler *tekil sistemler*, *şebeke bağlantılı sistemler* ve *hibrit (karma) sistemler* olmak üzere üç tip sistemle güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir dizi bileşenden oluşmaktadır. Tekil sistemler kendi kendine yeten sistemlerdir. Güneş enerjisinin yetersiz olduğu koşullar için depolama ihtiyacı doğmakta bu da onu diğer sistemlerden ayırtmaktadır (Cebeci, 2022: 63). Tekil sistemlerdeki bileşenler PV modüller, şarj denetim birimleri, dönüştürücüler (invertörler), aküler ve diğer sistem bileşenleri olarak sıralanabilir. Bileşenlerin her biri sistemin verimli ve etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak için önemli görevler üstlenmektedir. Fotovoltaik-PV modüller güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren ana bileşenlerdir. Mikronmetre ile ölçülecek kadar ince kare, daire veya dikdörtgen formdaki hücrelerin bir araya gelmesinden oluşan ve yarı iletken özellik gösteren fotovoltaik modüller de bir araya gelerek fotovoltaik panelleri oluştururlar. Daha yüksek enerji üretimine ihtiyaç duyulduğunda ise paneller bir araya getirilip fotovoltaik diziler elde edilmektedir. Şarj denetim birimleri güneş panellerinden gelen enerjiyi düzenleyerek akülerin şarjı için stabil bir doğru akım elektrik enerjisi oluşturur. Ayrıca, akülerin aşırı şarj olmasını ve aküden panellere ters akım gelmesini engeller. Dönüştürücüler (invertörler) sistemin ürettiği elektriği konutlarda ve iş yerlerinde kullanılan elektriğe dönüştürmektedir. Böylece üretilen elektrik şebeke ile uyumlu hale gelir ve elektrikli cihazlarla kullanılabilir. Elektrik enerjisinin depolanmasını sağlayan aküler, güneş ışığının olmadığı kötü hava koşullarında veya geceleri üretilen ve dönüştürülen enerjinin kullanılabilir olmasını sağlar (Şekil 21) (Gündüz, 2022:6). Şebeke bağlantılı sistemler güneşten elde edilen enerjinin yetersiz olduğu durumlarda şebekeden destek alan sistemlerdir.

Tersi durumda yani yapının ihtiyacında fazla enerji üretildiğinde ise şebekeye geri besleme yapılmaktadır. Hibrit (karma) sistemler ise rüzgar enerjisi veya jeneratör gibi başka bir enerji kaynağı tarafından desteklenen sistemlerdir. Her iki sistemde de depolama ihtiyacı olmadığı için tekil sistemlerdeki akü bileşeni burada sistem bileşenleri içerisinde değildir (Tablo 1) (Cebeci, 2022:65).

Tablo 1. Fotovoltaik Sistem Türleri ve Bileşenleri (Cebeci, 2022:65)

| Fotovoltaik Sistem Türleri | Açıklama | Sistem Bileşenleri |
|-----------------------------|--|---|
| Tekil sistemler | *Şebeke bağlantısı olmayan kendi kendine yeten sistemlerdir. *Güneş ışınlarının yetersiz olduğu durumlarda ve geceleri enerji kullanımı için enerjinin depolanması gereklidir. Bunun için akü grubuna ihtiyaç duyulur. | *Fotovoltaik panel *Şarj kontrol ünitesi *Şarj ünitesi *Güç dönüştürücü (invertör) *Dağıtım ünitesi |
| Şebeke bağlantılı sistemler | *Güneşten elde edilen enerji yetersiz olduğunda şebekeden besleme yapılır. *Sistemde yapının ihtiyacından fazla enerji üretilmesi durumunda şebekeye geri besleme yapılır. Bu sayede enerji kayıpları ile sistemin ihtiyacı olan panel sayısı azalır. | *Fotovoltaik panel *Güç dönüştürücü (invertör) *Dağıtım ünitesi *Sayaç *Şebeke bağlantısı |
| Hibrit (karma) sistemler | *Farklı bir enerji kaynağı ile desteklenen sistemlerdir. *Tekil sistemlerdeki riski azaltmak için rüzgar enerjisi veya jeneratörden yararlanılabilir. | *Fotovoltaik panel *Güç dönüştürücü (invertör) *Dağıtım ünitesi *Sayaç *Şarj ünitesi *Şarj kontrol ünitesi *Diğer enerji kaynağı bağlantısı |

Fotovoltaik-PV panellerin kullanımı zamanla evrimleşmiş ve çeşitlenmiştir. İlk olarak açık alanlarda elektrik üretimi için kullanılan bu paneller, daha sonra binaların çatılarında uygulanmaya başlamıştır. İlk etapta mevcut çatılara ek bir sistem olarak monte edilen fotovoltaik çatı panelleri, zamanla doğrudan çatı kaplama malzemesi olarak tasarlanmıştır. Bu sayede, binaların enerji verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak mümkün hale gelmiştir. Fotovoltaik sistemlerin bina cephelerinde de etkin bir şekilde kullanımı teknoloji ilerledikçe artmıştır. Fotovoltaik paneller artık sadece çatılarda değil, bina cephesinde, saçaklarda, parapetlerde ve güneş kırıcı gibi diğer yapı elemanlarında da kullanılarak, binaların estetik ve fonksiyonel bileşenleri haline gelmiştir. Bu entegrasyon, binaların güneşten maksimum düzeyde enerji elde etmesini sağlarken aynı zamanda binaların dış görünümüne modern ve yenilikçi bir yaklaşım getirmiştir. Fotovoltaik sistemlerin bu şekilde bütünlük kullanımı, sürdürülebilir mimari tasarımın önemli bir parçası olarak kabul edilmekte ve enerji verimliliği ile çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır (Şekil 22).



Şekil 22. Fotovoltaik Sistemlerin Cephe ve Çatı Yüzeylerinde Kullanım Biçimleri ve Binaya Entegre Sistemler (Yılmaz vd., 2015:112-113)

Fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanımı yukarıda anlatılan **Bina Uygulamalı Fotovoltaikler (BAPV)** ve **Binaya Entegre Fotovoltaikler (BIPV)** olmak üzere iki ana biçimde gerçekleştirilmektedir. Her iki sistemde güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlasa da kurulum yöntemleri ve bina ile ilişkileri açısından farklılıklar vardır. **Bina Uygulamalı Fotovoltaikler (BAPV)** sistemleri, genellikle hareketli raylar kullanılarak bina çatısına veya cephesine mevcut bina yapısına ek bir eleman olarak monte edilir ve binanın mevcut işlevi üzerinde doğrudan bir etkisi olmaz. Bu modüller sadece elektrik üretimi amacıyla tasarlanmıştır ve genellikle mevcut yapı malzemelerinin (kiremit, cephe duvarı vb.) üzerine monte edilirler (Duyan ve Bayraktarlar, 2022:970).

Binaya entegre fotovoltaik sistemler (BIPV), modern mimarinin ve sürdürülebilir enerji teknolojilerinin birleşimi olarak, binaların estetik ve fonksiyonel yönlerini geliştiren yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu sistemler, bina kabuğunun bir parçası olarak tasarlanan PV panelleri kullanarak, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Binaların cephelerine düşey veya çatılarına yatay olarak entegre edilebilir ve seçilen modül ebatları, formları, renkleri ile mimari tasarıma ilk aşamada dahil edilerek uyum sağlar. Binaya monte edilen bir sitem olmayıp kabuğun kendisini oluşturduğu için üretilen elektriğin iletimi sırasında oluşabilecek enerji kayıplarını azaltır. Ayrıca bina kabuğunun ısı, su ve ses yalıtımı özelliklerini artırarak termal ve akustik izolasyonunu iyileştirme potansiyeline sahiptir. Böylece iç mekan konforu ve enerji verimliliği elde edilmiş olur. BIPV sistemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması sürdürülebilir bina tasarımında standart bir özellik haline gelme potansiyeline sahiptir. Sürekli olarak değişim gösteren teknolojik gelişmeler ve destekleyici politikaların benimsenmesi ile devam eden teknolojik gelişmeler ve destekleyici politikalarla, bu sistemler enerji üretimi, mimari entegrasyon ve çevresel etki açısından çok sayıda fayda sunacaktır (Şekil 22) (Yılmaz vd., 2015: 111).

Aktif sistemlerin sonucusu olan **PV-Isıtma Sistemleri-PV/T Kolektörler** güneş enerjisini hem elektrik hem de ısı enerjisi olarak kullanabilen hibrit sistemlerdir. Bu sistemler fotovoltaik sistemlerin verimlilik kayıplarına çözüm olmak ve bunu yaparken aynı anda ısı enerjisi de üretmek için tasarlanmışlardır. Fotovoltaik sistemlerde sıcaklık arttıkça elde edilen enerji miktarında azalma olmaktadır. Güneş ışınlarında elektrik enerjisi elde edilirken ışınların çok az bir yüzdesi elektrik enerjisine dönüştürülürken geriye kalan büyük bir bölümü kaybedilmektedir. PV-T ısıtma sistemlerinde panellerin arkasında bırakılan hava boşluğu ya da sıvı kanalları sayesinde geri kalan bu ısıyı toplar ve ısı enerjisi olarak kullanılması amacıyla dönüştürür. Kış aylarında bu ısı iç mekanların ısıtılması için kullanılırken, yaz aylarında bu boşluğa alınan hava ile fotovoltaik paneller soğutulur. Bu soğutma işlemi sayesinde panellerin elektrik enerjisi üretimi ile ilgili verimleri artar (Uslusoy, 2012:61).

3.2.1. Bina Tasarımlarında Aktif Sistem Uygulamaları

Binaların enerji tüketimindeki büyük payı ve çevresel etkileri göz önünde bulundurulduğunda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek ve enerji etkin yapılar inşa etmek, gelecek nesillere daha sürdürülebilir bir dünya bırakma sorumluluğunun önemli bir parçasıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji etkin bina tasarımı, binaların enerji tüketimini azaltmak ve CO2 emisyonlarını düşürmek için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda güneşi yakalayan aktif sistemlerin kullanımını teşvik etmek ve enerji etkin yapılar inşa etmek hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik verimlilik açısından önemlidir. Devlet politikalarının ve yasaların, bu yönde geliştirilmesi ve uygulanması, bu sistemlerin binalarda kullanımını daha da yaygınlaştıracak ve ülkenin yenilenebilir enerji potansiyelini maksimize edecektir.

- **Hotel Jakarta-Amsterdam, Hollanda**

Hotel Jakarta Hollanda'nın Amsterdam kentinde yer alan Java Adası'nın uç kısmında, Amsterdam ile Jakarta arasındaki yolcu gemilerinin yola çıktığı noktada inşa edilmiş sürdürülebilir mimari özelliklere sahip enerji etkin bir oteldir. Yenilikçi Hotel Jakarta WestCord Hotels grubunun bir parçasıdır. SeARCH mimarlık firması tarafından tasarlanan 2013 yılında inşasına başlanan ve Haziran 2018'de hizmete girmiş olan otel sürdürülebilir özellikleri ile dikkat çekmektedir. Hortus Botanicus iş birliği ile oluşturulmuş subtropikal kapalı bir atriuma sahip olan Hotel Jakarta'nın çoğu IJ Nehri'ne bakan 200 odası, üç bölünebilen 250 m2 toplantı salonu ve kapalı yüzme havuzlu bir sağlıklı yaşam merkezi vardır. Otelin en üst katında IJ nehrinin panoramik manzarasına sahip özel bir Sky Bar bulunmaktadır. Otelin girişine tasarlanan şeffaf döner kapı neredeyse 6 metre yüksekliğindedir ve cephenin görünümüne mükemmel uyum sağlamaktadır. Ayrıca, girişin bu şekilde çözülmüş olması binanın sürdürülebilirlik gereklilikleriyle de uyumludur (Url-15, Url-16).



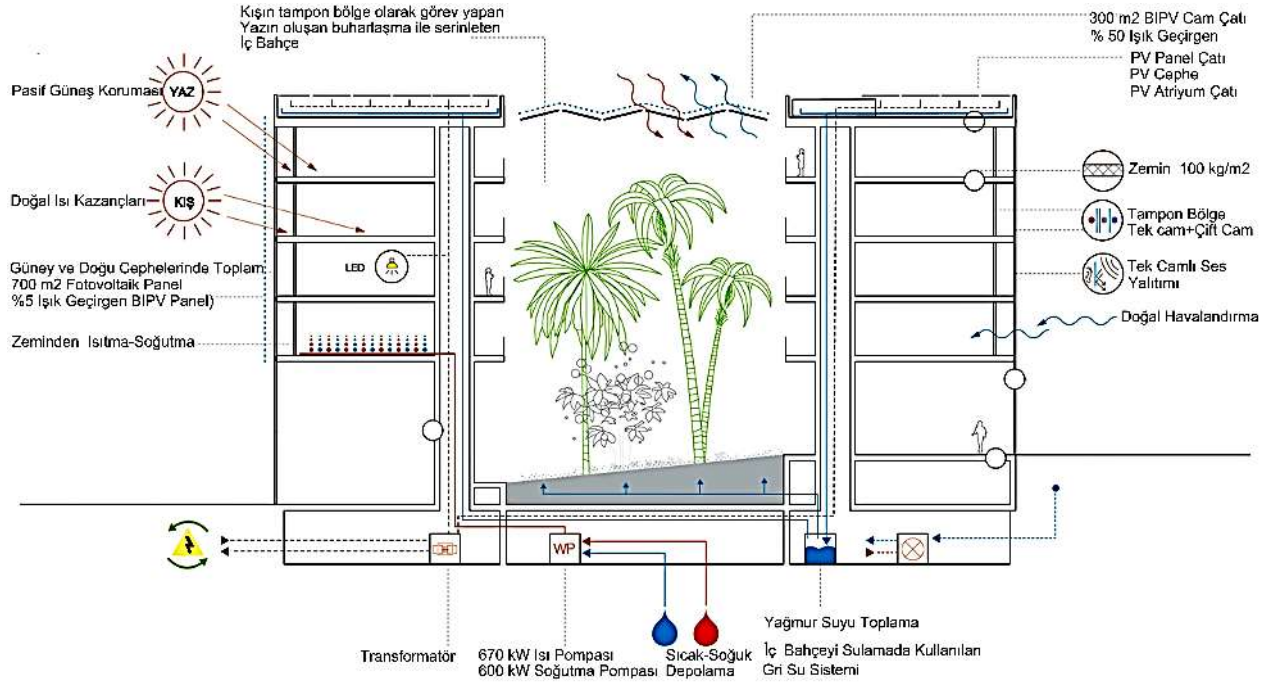
Şekil 23. Hotel Jakarta Giriş Cephesi, Sky Bar, İç Avlu (Url-15)

Hotel Jakarta şeffaf cam kabuğu ve 30 m yüksekliğindeki ahşap taşıyıcı strüktürü ile Java Adası'nın odak noktasında muhteşem bir yapıdır. Kirişler, kolonlar, tavanlar ve cephe çerçevelerinde FSC veya PEFC sertifikalı doğal ahşap kullanılmıştır. Yapıda dayanıklı malzemeler seçilmiş, kısa ömürlü ve geri dönüştürülemez malzemelerin mümkün olduğunca az kullanılmasına dikkat edilmiştir. Otelin neredeyse tüm elemanları sökülüp yeniden kullanılabilir özelliktedir. Yapının inşasında çevresel etkisi düşük olan enerji verimliliği yüksek malzemeler seçilmiştir. Otel atık miktarını azaltarak geri dönüşümü teşvik etmeyi hedeflemektedir. Tesisat sistemlerinde su tasarrufu sağlayan armatürler ve sistemler kullanılarak su tüketimi minimize edilmiştir. Yağmur suyu toplama sistemi sayesinde atriyumdaki bitkiler su püskürtme yöntemi ile sulanmaktadır. Atriyumun cephesinde ve çatısında bulunan PV panelleri aracılığıyla güneş enerjisi toplanmakta ve duş suyunun ısıtılması için elektriğe dönüştürülmektedir. Otelin soğutulması ve ısıtılması bir ısı ve soğuk depolama sistemi aracılığıyla yapılmaktadır. Personel bile moda şirketi By Rockland HACKED tarafından tasarlanan ve moda endüstrisindeki fazla üretim ve artık kumaşlardan gerçekleştirilen sürdürülebilir kurumsal kıyafetler giymektedir (Url-15, Url-16).



Şekil 24. Hotel Jakarta İç Avlu-Atrium-Çatı ve Cephedeki Binaya Entegre Fotovoltaik Paneller (Url-15)

Hotel Jakarta'nın güney ve doğu cepheleri "Bina Entegre Fotovoltaik Paneller" (BIPV panelleri) ile kaplıdır. Toplamda 700m²'den fazla alan kaplayan 350 PV panel bina tasarımına tamamen entegredir. Ayrıca atriyumu örten cam çatıda enerji toplayan ve subtropikal iç bahçe için gölgeleme işlevi gören BIPV hücreleri bulunmaktadır. Subtropikal bahçeli atriyum, otelin merkezidir ve hem yaz hem de kış aylarında sıcaklık regülatörü görevi vardır. Bina odalarının her tarafında yapısal gölgelendirme işlevi gören kendi özel kapalı dış alanı bulunmaktadır. Bu balkonların önünde oluşturulan tampon bölge yapıyı gürültüden ve sert rüzgarlardan korumaktadır. Atriyumun cephesinde ve çatısında bulunan PV panelleri sayesinde güneş enerjisi toplanır ve elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu sürdürülebilirlik özellikleri sayesinde, Hotel Jakarta, BREEAM Mükemmel sertifikası almıştır ve açıldığı yıl itibariyle Hollanda'nın en sürdürülebilir oteli olma özelliğine sahip olmuştur (Url-15).



Şekil 25. Hotel Jakarta Sürdürülebilir Özellikler (Url-15)

• The Edge-Amsterdam, Hollanda

Modern ofis binaları, yeni kullanım ve çalışma modellerine uyum sağlamak için önemli ölçüde esneklik getirmeli ve aynı zamanda yüksek sürdürülebilirlik standartlarını karşılamalıdır. Deloitte Hollanda yeni Amsterdam ofisini tasarlamaya başladığında, sadece çalışma ortamını değil, aynı zamanda doğal çevreyi de göz önünde bulundurarak üretkenliğe, sürdürülebilirliğe ve enerji verimliliğine güçlü bir vurgu yaptı. Tasarlanan yeni binanın, şirketin 1.700 yerel çalışanını (daha önce birkaç binaya yayılmış olan) tek bir modern alanda barındırması ve şirketin dijital yaklaşımının ve çağdaş bakış açısının görünür bir sembolünü oluşturması planlandı ve hayata geçirildi. Dijital çağda çalışmak geleneksel ofis yaşamından farklı olarak çok daha esnek, merkezi olmayan ve iş birliğine dayanmaktadır. Dijital çağda çalışanlar artık masaya, hatta ofise bağlı değildir; evden çalışmayı tercih edebilirler (en azından haftada birkaç gün) ve ofise çoğunlukla toplantılar ve iş arkadaşlarıyla sosyal etkileşim için giderler. Bu nedenle, geleneksel bir ofisteki masaların %50'sinin mesai saatleri içinde herhangi bir zamanda boş olması alışılmadık bir durum değildir (Url-17, Url-18, Url-19).



Şekil 26. The Edge, Amsterdam (Url-18)

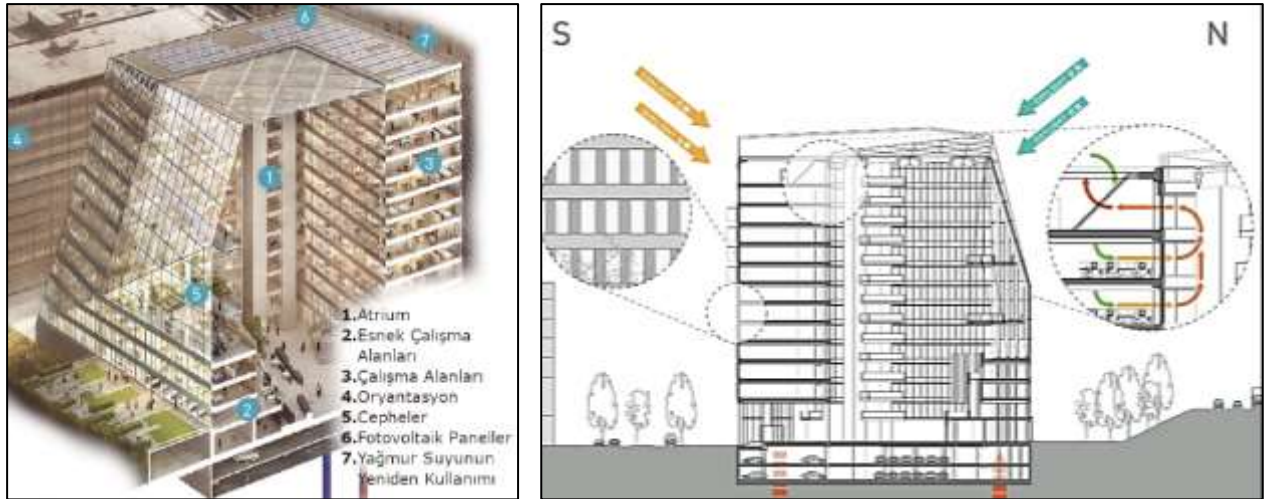
OVG Real Estate tarafından geliştirilen, PLP Mimarlık tarafından tasarlanan ve Amsterdam'daki Zuidas ticaret bölgesinin merkezinde yer alan The Edge Kasım 2014'te tamamlanmış şehre açılan 40.000 m²'lik bir ofis binasıdır. Dünyanın en sürdürülebilir ofis binası olarak kabul edilmektedir ve sürdürülebilir binaları değerlendiren Bina Araştırma Kuruluşu (BRE) tarafından kaydedilen en yüksek puanla ödüllendirilmiştir. Proje hem yenilikçi akıllı teknolojileri hem de sürdürülebilirliğin bütüncül özelliklerini kullanarak Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Metodolojisi (BREEAM) sertifikasında dünyanın en yüksek

derecesini almıştır. Sürdürülebilirlik, teknoloji, esneklik ve kullanıcı deneyimi konularında yeni standartlar belirleyen The Edge, akıllı bina tasarımlarının enerji taleplerini nasıl azaltabileceğini de göstermektedir (Url-17, Url-18, Url-19).



Şekil 26. The Edge, Atrium ve Güney Cephede Yer Alan PV Paneller (Url-18)

En göze çarpan mimari özelliği bol miktarda gün ışığını kabul eden 15 katlı, kuzeye bakan cam atriyumdur. Atriyum, bina için sosyal bir alan oluşturmasının yanı sıra enerji kullanımını azaltmak için çevresel etkilere karşı tampon görevi üstlenir. Güney cephesinde yer alan beton duvarlar ısıyı emerek iç mekanı güneş ışığından korur ve bu cephe ile çatıda yer alan güneş panelleri ise güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürür. Ofisin ısıtma ve soğutma sistemleri için gerekli olan bütün enerji ihtiyacı bu fotovoltaik panellerden sağlanmaktadır. Toplam 6 bin m²'lik PV panellerin bir bölümü uzaktan beslemesi için Amsterdam Üniversitesi binalarının çatılarına yerleştirilmiştir. İki adet 129 metre derinliğinde kuyu aküfere bağlanarak termal enerji fazlalıklarının yer altında depolanmasına imkân tanır. Çatı üzerinde toplanan yağmur suyu ise tuvalet sifonlarında ve atriyum içindeki yeşil teraslar ile binayı çevreleyen diğer bahçe alanlarında sulama amaçlı kullanılmaktadır (Url-17, Url-18, Url-19).



Şekil 27. The Edge, Atrium ve Güney Cephede Yer Alan PV Paneller (Url-18)

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Enerji sorununun uzun süredir devam ettiği ve özellikle fosil yakıtların tükenme riski ile çevreye verdiği zararlar nedeniyle, bina teknolojilerinin gelişimi ve çeşitlenmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Mimarlık alanında enerji, tasarımı yönlendiren en önemli etkenlerden biri olarak kabul edilmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, binaların tasarım aşamasından itibaren büyük önem taşımaktadır. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan faydalanma çalışmaları, bina tasarımlarında hızla artmış ve bu kaynaklar dünya genelinde pek çok ülke tarafından verimli bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Binalarda enerji tüketiminin ve çevre zararlarının azaltılması yönünde alınan önlemler, sürdürülebilir mimari tasarımın ve yapı sektörünün önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu bağlamda, pasif ve aktif enerji

stratejileri, binaların enerji verimliliğini artırmak ve çevresel etkiyi azaltmak için kullanılmaktadır. Pasif Stratejiler, güneş ışığını ve ısıyı doğal yollarla toplayarak bina içinde kullanır. Aktif stratejiler ise güneş kolektörleri ve güneş panelleri gibi mekanize sistemler aracılığıyla enerji üretir. Bu stratejilerin uygulanması, binaların enerji ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynamakta ve aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakma sorumluluğunun bir parçası olarak görülmektedir. Aktif ve pasif güneş enerjisi stratejileri arasındaki temel ayrım, enerji toplama, depolama ve dağıtım süreçlerinin biçiminden kaynaklanmaktadır. Bu ayrım, sistemlerin **pasif**, **aktif** veya **hibrit** olarak tanımlanmasında ve binaya entegre edilme şekillerinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Pasif Güneş Enerjisi Stratejileri:

- Pasif sistemler, mekanik veya elektriksel parçalar kullanmadan doğal enerji akışlarını kullanır.
- Bina elemanlarının, örneğin pencerelerin ve duvarların, güneş ışığını ve ısıyı doğrudan toplamasını ve dağıtmasını içerir.
- Mimari tasarım, güneşin konumuna ve ısı kazancına göre optimize edilir.

Aktif Güneş Enerjisi Stratejileri:

- Aktif sistemler, enerjiyi toplamak, depolamak ve dağıtmak için mekanize bileşenler kullanır.
- Fotovoltaik paneller ve termal kolektörler gibi teknolojiler, enerji üretimi için kullanılır.
- Bina elemanlarının yönelimi, enerji toplama verimliliğini maksimize etmek için önemlidir.

Hibrit Sistemler:

- Hem aktif hem de pasif özellikleri birleştirir.
- Enerji verimliliğini artırmak ve bina işlevselliğini iyileştirmek için tasarlanmıştır.

Aktif sistem bileşenlerinin, mimari tasarım açısından binaya entegre edilebilmesi için çok işlevli olması gerekmektedir. Örneğin, fotovoltaiklerin bir binanın çatısına monte edilmesi durumunda, çatının güneşe iyi bir şekilde maruz kalması sağlanmalıdır. Geleneksel olarak tasarlanmış bir bina bile, yeterli güneşe maruz kalan yüzey alanına sahipse, enerji üretimi için uygun bir aday haline gelebilir. Bu sistemlerin başarılı entegrasyonu hem bina yapım amaçlarını hem de enerji verimliliği özelliklerini bir arada sunan bina unsurlarıyla mümkündür. Böylece, binalar sadece yaşam alanları olmanın ötesinde, enerji üretiminde de aktif roller üstlenebilirler.

KAYNAKÇA

- Alparıslan, B., (2010). *Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütleri Kapsamında Ankara'da Örnek Bir Yapı Tasarımı ve Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ay, İ. ve Khanları, A. (2015), Güneş Duvarı Sisteminin Çalışma Prensipleri ve Türkiye'deki Uygulanabilirliği, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Tasarım ve Teknoloji*, 3(3),525-533.
- Bekar, D., (2007), *Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul, Türkiye.
- Bilgiç, S. (2003), *Passive Solar Design Strategies for Buildings: A Case Study on Improvement of an Existing Residential Building's Thermal Performance By Passive Solar Design Tools*, A Dissertation Submitted to the Graduate School in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master Of Architecture, İzmir Institute of Technology. İzmir.
- Bozdoğan, B., (2003), *Mimari Tasarım ve Ekoloji*. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul.
- Cebeci, T., (2022). *Aktif Güneş Enerjisi Sistemi Entegre Edilmiş Çok Açılı Cepheelerde, Cephe Eğim Açılarının Optimizasyonu Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, FBE, İstanbul
- Duyan, F. ve Bayrakdarlar, K. P. (2022). Enerji Etkin Bina Tasarımında Yapı Elemanı olarak Fotovoltaik Sistemler. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi* 7(3), 965-980
- Eldengy, K., (2010). Damascus School Revives Traditional Cooling Techniques. *Carboun Journal*. <https://www.carboun.com/category/sustainable-design/>

- Fleck, B.A., Meier, R.M., Matovic, M.D., (2002). A Field Study of the Wind Effects on the Performance of an Unglazed Transpired Solar Collector, *Solar Energy*, 73, 209-216.
- Fisk, M. J. ve Anderson, H. C. W., (1982). *Introduction to Solar Technology*, Addison-Wesley Publishing Company.
- Güneli, S.S., (2022). *Farklı Yaklaşımlarla Enerji Kaynakları*. Orient Yayınları.
- Gündüz, M. F., (2022). *Yüksek Yapılarda Fotovoltaik Panel Kullanımının Cephe Bağlamında İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, FBE. Ankara.
- Kapluhan, E., (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 29, 71-72
- Katırcı, U., (2003). *Çevre ve Yaşam için Yapı Tasarımı: Norman Foster*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, FBE, Ankara.
- Kılıç Demircan, R. ve Gültekin, A. B., (2017). Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*. (10)1:36-51.
- Nikolaidis, P., (2023). Solar Energy Harnessing Technologies towards De-Carbonization: A Systematic Review of Processes and Systems, *Energies*, (16) 6153, 1-39.
- Özdoğan, H.P., (2005), *Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul
- Sayın, S. ve Koç, İ. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, (26) 3: 89-106
- Tokuç, A., (2003), *İzmir'de Enerji Etkin Konut Yapıları için Tasarım Kriterleri*, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, FBE, İzmir, Türkiye.
- Uslusoy, S. (2012). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yılmaz, A, Yılmaz, A. S. ve Bölek, Y. (2015). BIPV Applications for Residences. *International Journal of Scientific and Technological Research*, (1)1, 109-114.
- Yüksek, İ. ve Esin, T., (2009), *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapılarda Kullanım Olanakları*, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, Türkiye.
- Yüre, T. (2007). *Güneş enerjisinden edilgen sistem yararlanmada güneş odası ekleme yönteminin iç ortam sıcaklığına etkisinin incelenmesi İstanbul örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İnternet Kaynakları

- Url-1: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Solar_chimney
- Url-2: <https://harvardcgbc.org/housezero/>
- Url-3: https://www.solaripedia.com/13/139/1263/monash_science_centre_wall.html
- Url-4: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Solar_chimney
- Url-5: <https://www.istudioarchitects.com/news/2023/4/17/solar-chimneys-are-a-first-for-dc-public-schools>
- Url-6: <https://www.gunisiyaydinlatma.com/Doc/gunisiyaydinlatma%20katalog%20CONV.pdf>
- Url-7: <https://fromzerotohero.gazi.edu.tr/site/wp-content/uploads/2021/09/Module-5.pdf>
- Url-8: <https://heliobus.com/en/referenzen/>
- Url-9: <https://www.enerjibes.com/gunes-enerjisi-ile-ev-isitma/>
- Url-10: <https://core.ac.uk/download/288280178.pdf>
- Url-11: <https://www.solarwall.com/wp-content/uploads/2018/09/SolarWall-EN.pdf>
- Url-12: <https://www.solarwall.com.tr/dunya-uygulama.htm>

Url-13: <https://www.carboun.com/category/sustainable-design/>

Url-14: <https://www.archdaily.com/488962/park-passive-house-nk-architects>

Url-15: <https://www.archdaily.com/899081/hotel-jakarta-search>

Url-16: <https://hoteljakarta.amsterdam/28277/>

Url-17: <http://www.breeam.com/offices/the-edge-amsterdam/>

Url-18: <https://www.archdaily.com/785967/the-edge-plp-architecture>

Url-19: [https://www.futureofconstruction.org/case/the-edge/file:///C:/Users/vigo/Downloads/Future-of-Construction_The-Edge-Case-Study%20\(1\).pdf](https://www.futureofconstruction.org/case/the-edge/file:///C:/Users/vigo/Downloads/Future-of-Construction_The-Edge-Case-Study%20(1).pdf)