



JOURNAL OF ART AND DESIGN RESEARCHES
SANAT VE TASARIM
ARAŞTIRMALARI
DERGİSİ

İklim Uyumlu Cephe Sistemlerindeki Kinetik Uygulamaların Analizi

Analysis of Kinetic Applications in Climate Adaptive Facade Systems

Şenay ÇABUK¹

Gönderim Tarihi: 11.06.2024

Araştırma Makalesi

Kabul Tarihi: 24.06.2024

Öz

İç ve dış ortamı birbirine bağlayan yapı elemanları olan bina cephelerinin tasarım biçimleri iç mekânın hava kalitesini, sıcaklığını ve nem seviyesini etkilemekte dolayısıyla insanlığın konfor beklentilerini karşılama noktasında önem kazanmaktadır. Binaları çevre ve iklim koşullarından koruyan, iç ve dış ortam arasında bir bariyer oluşturarak, stabil bir eleman olmaktan çıkıp dinamik bir filtreye dönüşen cephe sistemleri ile büyük oranda enerji tasarrufu elde edilmektedir. Bu noktada duyarlı cephe kavramı var olan stabil cephe tasarımı kavramına yeni bir bakış açısı kazandırmış böylece dinamik özelliklere sahip, çevre ve iklim koşullarına adapte olabilen cephe örneklerinin sayısında artış olmuştur. İklim duyarlı cephe tasarımlarında bina cephe yüzeylerinin değişen çevre şartlarına karşı verimli ve hızlı bir şekilde cevap verebilmesini sağlayan en önemli etken hareket etme özelliğine sahip olmalarıdır. Kinetik bileşenler ile entegre olan cephe yüzeylerinin dış ortam koşullarına uyma ve hızlı cevap verme yeteneği bu konuyu önemli bir çalışma alanı haline getirmektedir. Bu makalede duyarlı cephe sistemlerinin getirileri üzerine odaklanılmış, dünya üzerinden seçilen iklim duyarlı kinetik cephe tasarımları incelenmiş ve oluşturulan bir sınıflandırma tablosu ile analizleri yapılarak sonuca gidilmiştir. Çalışmada seçilen örneklerin analizi doğrultusunda değişen çevresel koşullara karşı yenilikçi bir bakış açısı getiren iklim duyarlı kinetik cephe tasarım yaklaşımlarının anlaşılması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: İklim duyarlı, Uyum gösteren cephe, Kinetik cephe.

Abstract

The design of building facades, which are the building elements that connect the indoor and outdoor environment, affect the air quality, temperature and humidity level of the indoor space, thus gaining importance in meeting the comfort expectations of humanity. By protecting buildings from environmental and climatic conditions, creating a barrier between the indoor and outdoor environment, facade systems transform from a stable element into a dynamic filter, resulting in significant energy savings. At this point, the concept of sensitive facade has brought a new perspective to the existing concept of stable facade design, thus increasing the number of facade examples that have dynamic features and can adapt to environmental and climatic conditions. In climate sensitive facade designs, the most key factor that enables building facade surfaces to respond efficiently and quickly to changing environmental conditions is their ability to move. The ability of facade surfaces integrated with kinetic components to adapt and respond quickly to outdoor conditions makes this subject an important field of study. This article focuses on the benefits of responsive facade systems, examines selected climate-sensitive kinetic facade designs from around the world and analyzes them with a classification table. In line with the analysis of the examples selected in the study, it is aimed to understand the climate sensitive kinetic facade design approaches that bring an innovative perspective against changing environmental conditions.

Keywords: Climate responsive, Adaptive facade, Kinetic facade.

¹**Sorumlu Yazar:** Doç. Dr. Şenay ÇABUK, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İç Mimarlık Bölümü, senay.boduroglu@msgsu.edu.tr, ORCID ID: 0009-0006-9729-0615.

Giriş

Yapıları oluşturan dış kabuğun en geniş parçası olan bina cephe yüzeyleri en önemli ve en bilindik yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş ve rüzgârdan en çok etkilenen yapı bileşenleri olarak iç ve dış ortamı birbirine bağlayan yapı elemanlarıdır. Cephe sistemleri, binaları çevre ve iklim koşullarından koruyan, enerji tüketimi ile doğrudan ilişkili olan ve kullanıcılarının ihtiyaçlarının karşılanmasında etkin rol oynayan bileşenlerdir. Binayı oluşturan dış kabuğun ilk ve en önemli işlevi enerjiyi korumaktır ve bu doğrultuda enerjinin etkin bir tasarım yaklaşımına sahip olması beklenmektedir. Güneşe ve rüzgâra doğrudan maruz kalan bina bileşeni olarak dış cephe, enerji tasarrufu ve alternatif enerji üretimindeki yeniliklerin uygulanması için en etkili alandır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak değişim gösteren, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen ve araştırmaları devam eden çok fonksiyonlu yapı malzemeleri, bileşenleri ve sistemleri bina cephelerine entegre edilmeye başlanmıştır.

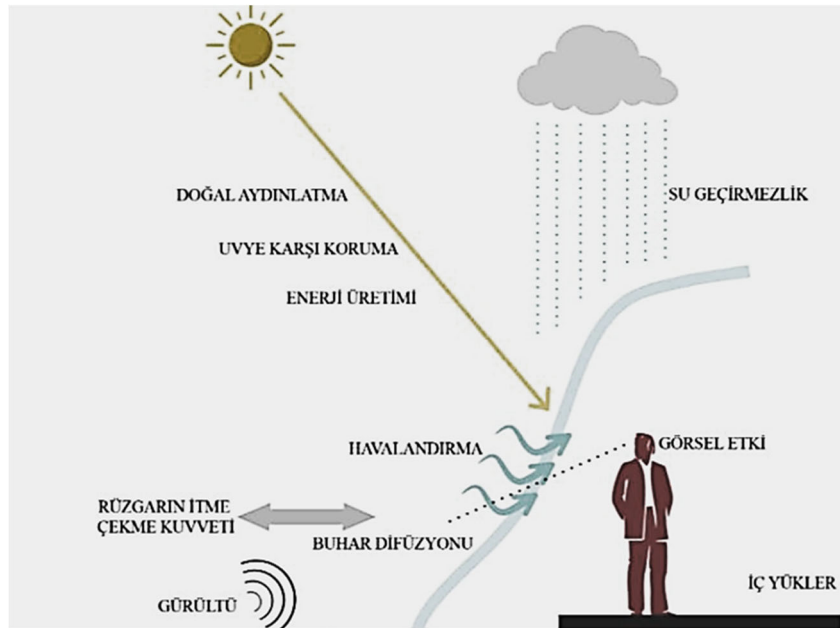
İlk ve en önemli işlevleri enerjiyi korumak olan cephe sistemlerinden, çevrelerindeki iklim koşullarına uyum sağlayarak kullanıcılarının termal konfor ihtiyaçlarını karşılamaları ve iç mekânlardaki hava kalitesini artırmaları beklenir. Bu nedenle, dış çevresel şartlara aktif olarak yanıt veren ve konforlu alanlar yaratan “Yüksek Performanslı Cephe (*High Performance Facade*)” kavramı gelişmiştir. Yüksek performanslı cepheler, bina kullanıcılarının fiziksel ve zihinsel sağlıklarını destekleyen, daha verimli ve konforlu iç ortamlar yaratırken enerjiyi etkin bir şekilde kullanan cephe sistemleridir (Aksamija, 2015: 2). Yüksek performanslı cephelerin kullanıcıların konfor koşullarının sağlanması noktasında doğal enerji kaynaklarını temel alan tasarım kriterleri bulunmaktadır (Aksamija, 2013: 23):

- Güneşten maksimum derecede verim elde edebilmesi amacıyla bina kütesinin uygun formda ve yönelimde tasarlanması,
- Kullanıcıların termal konfor koşullarının oluşabilmesi ve enerji tasarrufu elde edilebilmesi amacıyla güneş kontrol elemanlarının kullanılması,
- Enerji tasarrufu elde edilebilmesi ve kullanıcıların hava kalitesinin artırılabilmesi amacıyla doğal havalandırma imkanının sağlanması,
- Binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerini azaltarak enerji tasarrufu sağlanması amacıyla uygun dış duvar yalıtımının yapılması ve doğal aydınlatma-gün ışığı performansının artırılması,
- Pasif tasarım stratejileriyle enerji tüketimi azaltılırken, cephe sistemlerine entegre edilen teknolojilerle yenilenebilir doğal kaynaklardan (güneş, rüzgâr vb.) elektrik enerjisi elde edilmesi.

Bu tasarım kriterlerinin ve bina cephe sistemlerinin performansını etkileyen faktörlerin rehberliğinde bina cephe performanslarının iyileştirilmesi için gelişmiş teknolojik araçlar kullanılmaktadır. Gelişen bu yeni teknoloji ve yaklaşımların getirdiği çeşitliliğin bir sonucu olarak çevre ve iklim farklılıklarına “Uyum Gösteren Cephe (*Adaptive Facade*)” kavramı ortaya çıkmıştır.

Uyum Gösteren Cepheler

Bina cephe sistemleri, içerisinde buldukları çevrenin iklim koşulları ile sürekli olarak etkileşim halinde olan yapı elemanlarıdır. Bu sebeple cephe sistemlerinin tasarımında performanslarını en yüksek seviyeye çıkaracak ve çevrenin olumsuz koşullarını minimize edecek çözümler geliştirilmelidir. Yüksek performanslı gelişmiş cephe sistemlerinden termal konfor koşullarını sağlama noktasında, güneş ışınlarından gerektiği zaman korunması, gerektiği zaman yararlanması, hava kalitesinin sağlanması konusunda ise iyi bir doğal havalandırmaya sahip olması beklenir. Bunların yanında ısı yalıtımı, su buharı ve neme karşı dayanım, UV ışınlarına karşı korunma, görsel konfor gibi koşulları da karşılaması gerekmektedir (Gediri Gökçen, 2023: 18).



Görsel 1. Cephe sistemlerinin gereksinimleri.

Uyum gösteren cepheler, bina sistemlerinin performanslarını artırabilen ve bu amaç doğrultusunda çevre ve iklim koşullarına uygun biçimde davranış şekillerini değiştirebilme yeteneğine sahip iç ve dış ortam arasındaki filtrelerdir (Loonen vd., 2015: 1284). Daha geniş bir perspektiften ele alındığında uyumluluk ifadesi sadece iklime duyarlı olmayı değil, var olabilecek farklı değişkenler karşısında da uyumlu olmayı gerektirmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında bina kullanıcılarının konfor koşulları bağlamında değerlendirme yapılacağı için iklimsel değişkenlik parametreleri temel alınmıştır.

İklim Uyumlu Cephe Sistemleri

İklimle uyumlu cephe tasarımlarındaki temel amaç çevresel iklim farklılıklarından doğan etkilerden optimum derecede yaralanan enerji etkin cephe tasarımları geliştirmektir. Dünya üzerindeki her bir iklim bölgesi birbirleriyle aynı olmayan değişken iklim parametrelerine sahiptir. İklimle uyumlu cephe tasarımlarında değişen bu parametrelere uyum sağlayacak çözümler geliştirilmekte böylece kullanıcıların fiziksel ve zihinsel sağlıklarını destekleyecek uygun konfor şartları elde edilmektedir.

İklim bölgelerinin sınıflandırılması ilk olarak 1879 yılında yıllık sıcaklık değerleri ve yılın en sıcak ayı temel alınarak Alexander Georg Supan tarafından yapılmıştır. Günümüzde yaygın olarak temel alınan sınıflandırma ise 1884 yılında Wladimir Köppen tarafından oluşturulmuş ve aylık sıcaklıkların ve yağış miktarlarının ortalama değerleri baz alınarak sınıflandırma yapılmıştır (Oliver, 2005: 270). Köppen iklim kuşaklarını 5 ana kuşağa ayırmıştır. A, B, C, D ve E harfleri ile sınıflandırılan bu kuşaklarda kendi içlerinde alt türlerine ayrılmıştır (Url-1):

A İklimleri Kuşağı-Tropikal Yağmurlu İklimler: Ekvatora yakın, sıcaklığın ve nem oranının yüksek olduğu iklim tipinde yıl içerisindeki en soğuk ayın ortalama sıcaklık değeri 18°C'nin üzerindedir ve kış mevsimi özellikleri görülmez. 3 adet alt iklim tipi görülmektedir. Bunlar her mevsim yağışlı olan tropikal iklim, yılın bütün ayları sıcak olan, iki ya da üç ay dışında yağışlı geçen muson iklimi ve kışı ve bazen ilkbaharı kurak geçen savan iklimidir.

B İklimleri Kuşağı-Kurak İklimler: Hissedilen sıcaklığın çok yoğun olduğu step ve çöl iklimidir. Buharlaşma oranı yağış oranından fazladır, bu nedenle nem oranı düşüktür. 3 adet alt iklim tipi görülmektedir. Bunlar sıcak step iklimi ya da sıcak yarı kurak iklim, soğuk step iklimi ya da soğuk yarı kurak, sıcak çöl iklimi ya da sıcak kurak iklim ve soğuk çöl iklimi ya da soğuk kurak iklimidir.

C İklimleri Kuşağı-Ilıman İklimler: Sıcaklık değerleri kurak iklim tipinden çok daha düşüktür ve düzenli bir yağış oranı vardır. Kışları kısa olan iklim tipidir, sadece birkaç ay karlı olur veya toprak donabilir. 7 adet alt iklim tipi görülmektedir. Bunlar kışı kurak ve ılık, yazı çok sıcak iklim (muson iklimi), kışı kurak ve ılık, yazı sıcak fakat kısa iklim, kışı ılık, yazı sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi), kışı ılık, yazı sıcak, kurak fakat kısa iklim, kışı ılık, yazı çok sıcak her mevsimi yağışlı iklim, kışı ılık, yazı sıcak her mevsimi yağışlı iklim ve kışı ılık, yazı kısa ve serin, her mevsimi yağışlı iklimidir.

D İklimleri Kuşağı-Soğuk Orman İklimleri-Karasal İklimler: Kışların şiddetli olduğu iklim tipidir. Aylarca kar yağar, toprak kar altında kalır ve donar. 8 adet alt iklim tipi görülmektedir. Bunlar kışı şiddetli ve kurak, yazı uzun ve sıcak iklim, kışı şiddetli ve kurak, yazı serin iklim, kışı şiddetli ve kurak, yazı kısa ve serin iklim, kışı çok şiddetli, yazı kısa ve nemli iklim, kışı şiddetli, yazı uzun ve sıcak, her mevsimi yağışlı iklim, kışı şiddetli, yazı kısa ve sıcak, her mevsimi yağışlı iklim, kışı şiddetli, yazı kısa, serin, her mevsimi yağışlı iklim ve kışı çok şiddetli, yazı kısa, her mevsimi yağışlı iklimidir.

E İklimleri Kuşağı-Kutupsal İklimler: Tüm ayların çok soğuk olduğu iklim tipidir. En sıcak ayın sıcaklığı 10°C'nin altındadır. 2 adet alt iklim tipi görülmektedir. Bunlar yazı çok kısa tundra iklimi ve sürekli donmuş topraklar iklimidir.

İklimsel parametrelerdeki bu farklı değişkenlere uyum sağlamak amacıyla tasarlanan cephe sistemleri, bu değişkenlere farklı biçimlerde yanıt verebilir. Biçimsel yapısını, termal özelliklerini veya saydamlık oranını dönüştürerek enerji tasarrufuna katkıda bulunur ve kullanıcı konfor odaklı bir iç mekân yaratılmasını sağlar. Bu koşulların elde edilebilmesi

noktasında cephe sistemlerine kinetik özelliklerin entegre edilmesi, iklimle uyumluluk özellikleri temelinde elde edilecek verim oranının artması sağlayacaktır.

Yöntem

Makale kapsamında iklim uyumlu kinetik cephe uygulamalarının değerlendirilmesinde araştırmanın hedeflerine yönelik verilere ulaşmada doküman analizi gerçekleştirilmiştir. Doküman analizi kapsamında yapılan literatür araştırmasında ulusal ve uluslararası makaleler, bildiriler, tezler ve kitaplar incelenmiştir. İklim uyumlu kinetik cephe sistemleri güneşe ve rüzgâra duyarlı cephe sistemleri olmak üzere iki kategori altında incelenmiş ve farklılaşan özelliklerine ve durumlarına göre alt kategorilere ayrılmıştır. Alt kategorilerle sınıflandırılması yapılan güneşe ve rüzgâra duyarlı kinetik cephe sistemleri dünyadan seçilen bina örnekleri üzerinden incelenmiştir. Bu örnek binalarda kullanılan teknolojiler saptanmış, cephelerin iklimle uyum noktasında güneş ve rüzgâr performansları ile ilişkili olarak analizler yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarıyla iklimle uyumlu kinetik cephe teknolojilerinin bilinirliğinin artırılması ve bu sonuçların daha yenilikçi ve yaratıcı cephe tasarımlarının gerçekleştirilmesine zemin oluşturulması doğrultusunda yol gösterici olması amaçlanmıştır.

Kinetik Yapı ve Cephe Sistemleri

Kinetik hareket ile ilişkili olan veya hareket nedeniyle oluşan anlamlarında kullanılan bir kelimedir. Mimarlık terimi olarak kullanıldığında ise şekil ve yer değiştirebilen, farklı değişkenlere karşı farklı davranışlar sergileyebilen şekilde kullanılmaktadır (Barozzi vd., 2016: 277). Kinetik mimarlık kavramı, teknolojik gelişmelere karşın stabil özellikler sergileyen geleneksel mimarlık anlayışının, değişen toplumsal ve çevresel koşullara karşın etkisiz kalması sonucunda ortaya çıkmış, dinamik mimari çözümleri içeren bir tasarım yaklaşımıdır (Hasol, 2014: 26). Kinetik mimarlık yaklaşımında kapı, duvar, pencere, cephe ögesi, vb. yapı elemanlarının dışında binayı oluşturan hacimler veya binanın tamamı da hareket edebilmektedir (Zuk ve Clurk, 1970: 14). Esnek bir tasarım yaklaşımını olanaklı kılan bu hareket kabiliyeti aynı zamanda değişen iklim koşullarına karşı adaptasyonu ve enerji etkinliğini de sağlamaktadır.

Kinetik yapılar hareketin gerçekleştiği yapıyı oluşturan elemanların durumuna göre, yerleşik, taşınabilir ve dinamik olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Yerleşik kinetik yapılar, sabit konumda olan ancak içerisinde büyük ölçekte kinetik yapı elemanlarına sahip olan yapılardır. Taşınabilir kinetik yapılar, sökülüp yeniden kurulabilen geçici sebeplerle konumlandırılan taşınabilir yapılardır. Dinamik kinetik yapılar ise içerisinde küçük ölçekli hareketli (panjur, tavan, kapı vb.) elemanlara sahip olan yapılardır (Fox ve Yeh, 1999: 5).

Kinetik yapıların tasarımında değişen kullanıcı ihtiyaçlarına ve çevresel koşullara mümkün olduğu kadar en yüksek düzeyde uyum sağlanması en önemli hedeftir. Fonksiyonel değişikliklere imkân veren, esnek tasarımı mümkün kılan, görsel açıdan estetik algıya katkısı olan, kinetik tasarım yaklaşımları değişebilen farklı kullanıcı ihtiyaçlarını da karşılayabilmektedir. Ayrıca değişen çevre koşullarına uyum sağlayarak enerji tasarrufu ve enerji üretimi sağlayan kinetik cephe tasarımları da bulunmaktadır. Bu adaptasyon yapı

kabuğunu oluşturan çatı ve cephe yüzeylerinin kinetik bileşenlere sahip olması ile sağlanmaktadır.

Kinetik cephe sistemleri cepheyi oluşturan elemanların biri veya bütününün hareket etmesiyle değişkenlik kazanan teknolojiye dayalı sistemlerdir. Kinetik cephelerde yapının kütleli bütünlüğü korunurken cephenin tamamı ya da cepheyi oluşturan parçalar hareketlidir (Fox ve Yeh, 2000: 91). Kinetik cephe sistemlerinde değişen fiziki çevre koşullarına adaptasyon cephenin kendisinin veya elemanlarının, dönme, kayma, katlanma vb. hareketleri ile gerçekleşmektedir. Cepheleri bu şekilde dinamik özelliklerle donatılan yapılar, iklimsel değişikliklere uyum sağlayarak enerji etkin bir tasarım yaklaşımı sergilerler. Bu hareketli cephe yüzeyleri ile güneş kontrolü ve doğal havalandırmada da maksimum düzeyde verim elde edilir. İklim uyumlu kinetik cephe sistemleri ile etkin bir şekilde enerji tasarrufu sağlanarak kaynaklar korunmaktadır. Böylece iklimsel sıcaklık farklılıklarına adapte olabilir, değişen hava şartlarına uygun şekilde özelliklerini ayarlayabilir (Razaz, 2010: 341).

İklim Uyumlu Kinetik Cephe Sistemleri

İklim uyumlu cepheler, bina cephelerinin dış etkenlere tepki verme şekli gibi, termal konfor, iç hava kalitesi, akustik performans ve görsel performans açısından tanımlanabilecek kabul edilebilir iç ortam koşullarını sağlamak amacıyla dış ortam faktörlerine tepki olarak hareket eden, insan konforu ve memnuniyeti üzerinde birçok yönden büyük etkiye sahip cephe sistemleridir. İklim duyarlı cepheler, kontrol türlerine, kullanılan malzemelere, hareket stratejilerine, uygulanan teknolojilere vb. birçok farklı sınıflandırmaya sahip olabilirken, bu araştırmada kinetiğe duyarlı cepheler iklim faktörü olan uyarılara göre kategorize edilmiş ve alt başlıklar altında seçilen bina örnekleri üzerinden incelenmiştir. Çalışma kapsamında iklim uyumlu cephe tiplerinden güneşe ve rüzgâra duyarlı cepheler araştırılmıştır (Alenei vd., 2016: 270).

Güneşe Duyarlı Kinetik Cepheler	Rüzgâra Duyarlı Kinetik Cepheler
<ul style="list-style-type: none"> •Kütle Hareketiyle Yönlendirilen Kinetik Sistemler •Dönüştürülebilir Kinetik Gölgeleme Sistemleri •PV Hücre Entegreli Kinetik Gölgeleme Sistemleri 	<ul style="list-style-type: none"> •Hava Akımına Duyarlı Kinetik Cepheler •Rüzgâr Türbin Entegreli Hava Akımına Duyarlı Kinetik Cepheler

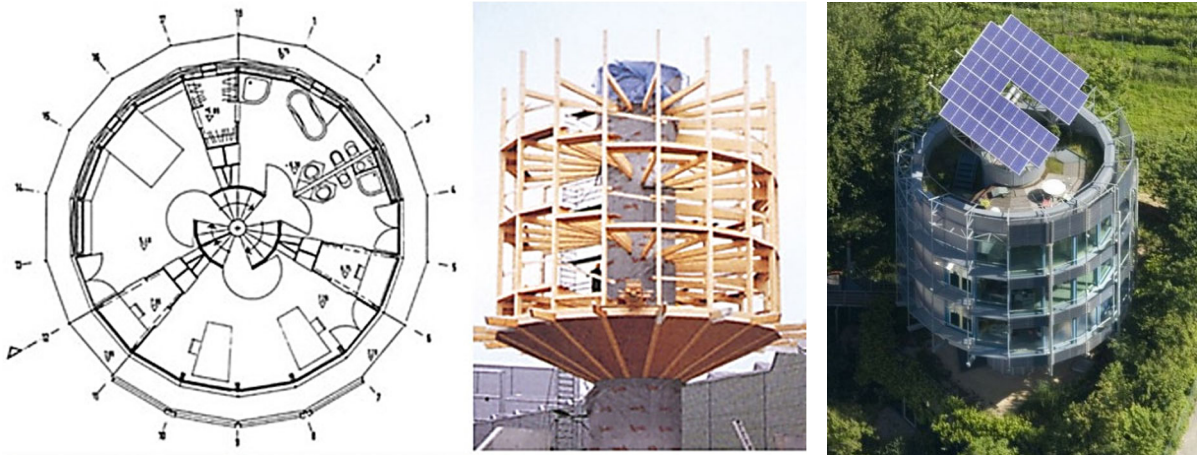
Görsel 2. İklim duyarlı cephe sistemlerinin çalışma kapsamında ele alınan sınıflandırması.

Güneşe duyarlı kinetik cepheler, gün içerisinde cepheye düşen gün ışığı miktarını dengeleyerek dış güneş ışınımına sürekli olarak uyum sağlayan, güneşe duyarlı cephelerdir. Hem termal hem de görsel olarak konforlu iç mekân koşulları sağlamanın yanı sıra, gün boyu ve yıl boyunca sürekli değişen güneş ışınımından pasif ısıtma ve soğutma ile elde edilen termal kazancı en çok etkileyen faktörlerden biridir. Rüzgâra duyarlı kinetik cephelerde ise hava akımı ve rüzgâr, bina tasarımlarında dikkate alınması gereken önemli bir çevresel faktör olarak kabul edilir, çünkü bina sakinlerinin konforunu ve bina performansını önemli ölçüde etkilemektedir.

Güneşe Duyarlı Kinetik Cepheler

Güneşe duyarlı cepheler, binaların çoğu zaman farklı biçimlerde maruz kaldığı değişken miktardaki güneş ışınımına duyarlıdır ve genellikle güneş ısısının, güneş ışığının veya her ikisinin kontrolü yoluyla verim elde edilebilir. Bunu başarmak için dinamik cephe tasarımında farklı stratejiler uygulanabilir. Binanın tamamının veya sadece bir kısmının kinetik hareketi veya dış kinetik gölgeleme stratejilerinin ortak uygulamaları yoluyla enerji elde edilebilir. Güneş enerjisine duyarlı cephe uygulamalarının bir diğer önemli amacı, bazen doğal ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjiye tamamen veya kısmen bağımlı olarak binaların taleplerini azaltmak ve binaların genel performansını iyileştirmek için güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek olabilir.

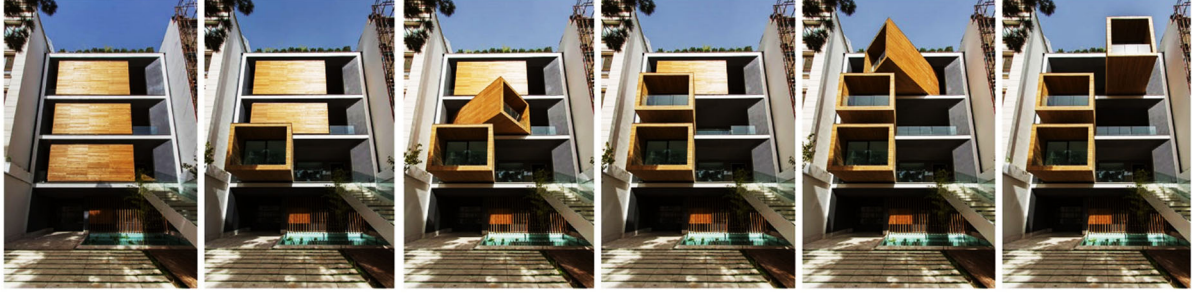
• **Kütle Hareketiyle Yönlendirilen Kinetik Sistemler:** Kütle hareketiyle gerçekleşen tasarım tüm binanın veya bazı bölümlerinin hareket etmesini veya dönmesini gerektirmekte ve bu tür bir hareketin karmaşık ve zor olduğu düşünülmektedir. Kütle kinetik hareketinin ilk örneği, dünyanın ilk enerji pozitif güneş evi olan Almanya'daki Heliotrope güneş evidir. Dairesel plan şemasına sahip olan yapının cephe yüzeylerinin bir bölümü opak bir bölümü saydam olarak tasarlanmıştır. Opak kısım yüksek ısı yalıtım değerine sahiptir ve ılıman karasal iklim bölgesinde yer alan yapının kış aylarındaki ısı kaybını minimuma indirmeye yardımcı olur. Rolf Disch tarafından tasarlanmış olan Heliotrope House merkezi bir taşıyıcıya monte edilmiştir ve gün boyunca güneş yönelimine göre yaklaşık 180 derece dönecek şekilde ayarlanmıştır. Binanın tepesine yerleştirilen sabit güneş panelleri, onu pozitif bir güneş evi haline getirmek için gereken enerjiyi üretmekte ve konutun gün boyu güneşi takip eden kinetik yapısı güneş panellerinden elde edilen enerji miktarını daha verimli hale getirmektedir. Binanın kinetik hareket stratejisiyle kışın güneşe doğru yönelirken yazın ise bina gölge sağlamak için dönmektedir (Url-2).



Görsel 3. Heliotrope Güneş Evi- Heliotrope House.

Bina cephesinin yeni ve yenilikçi bir yapısal sistemle üç hareketli kutudan oluştuğu İran'daki Sharifi-ha House'da ise farklı bir hareket türü bulunmaktadır. Evin güneş ışınımına ve bina sakinlerinin ihtiyaçlarına ayrı ayrı ve dinamik olarak yanıt vermesi, gün boyunca farklı açılarda güneşe yönelim sağlama, kayma ve döndürme yoluyla sağlanmaktadır. Konutun cephesinde

yer alan dikdörtgen şeklindeki kutuların dönerek yer değiştirmesi ile açık/kapalı hacim veya içe/dışa dönük olma durumu sağlanmaktadır. Bu dönüş mevsimlere veya kişisel isteklere göre düzenlenebilecek esneklik getirmektedir. Bu sayede İran kültürüne uygun olarak odalar mevsimlere göre yer ve yön değiştirebilmektedir. Aynı zamanda bu yön değiştirme ile karasal iklim bölgesinde yer alan yapıda yaz aylarında istenilen açık alan ihtiyacı için teraslar oluşurken soğuk kış aylarında ise hacim en aza indirilebilmektedir (Url-3).



Görsel 4. Sharifi-ha Evi- Sharifi-ha House.

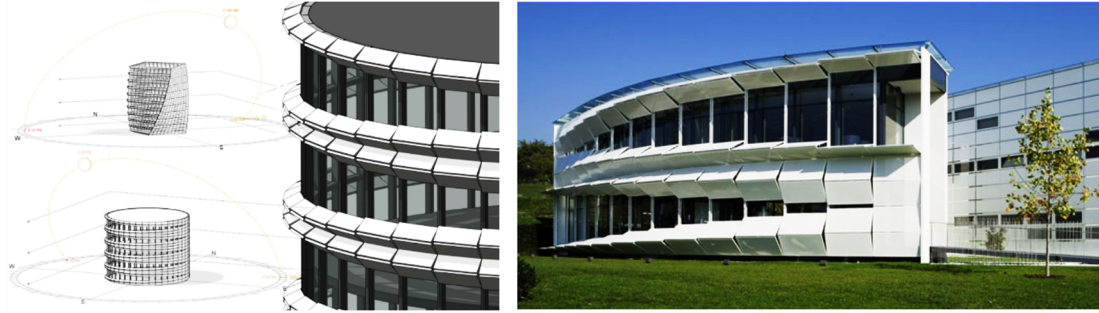
• **Dönüştürülebilir Kinetik Gölgeleme Sistemleri:** Geleneksel olarak elle kontrol edilen manuel gölgeleme sistemleri veya dönen, kayan, geri çekilen ve kendi kendine ayarlanabilen hareketlere sahip kinetik cephe uygulamalarıdır. Binaların cephe tasarımlarındaki kinetik gölgeleme elemanlarının başarılı bir şekilde uygulandığı örneklerden birisi SDU Campus Kolding binasıdır. Danimarka'nın ılıman okyanus iklim tipinin hâkim olduğu Kolding şehrinde yer alan kampüs binası iklim uyumlu delikli metal üçgen panelli gölgeleme elemanlarından oluşan kinetik bir cepheye sahiptir. Açılıp kapanarak çalışan bu paneller iç mekânları için gerekli optimum ışık miktarını sağlayacak biçimde cepheye monte edilmiştir.



Görsel 5. SDU Campus Kolding.

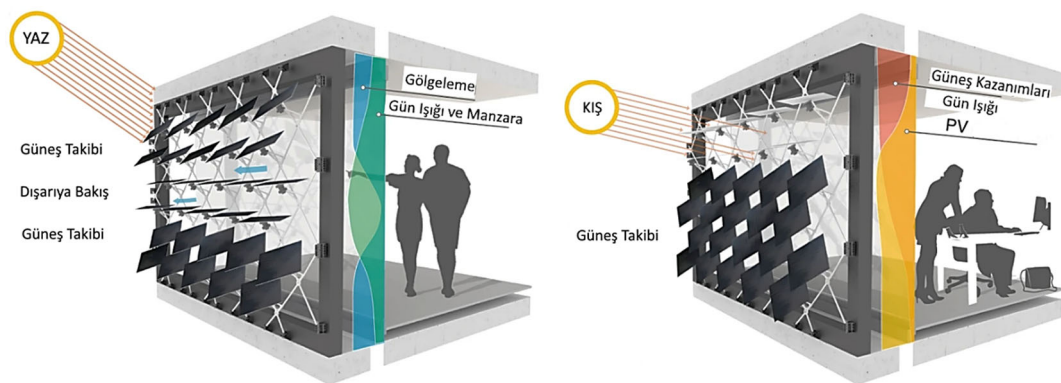
Kinetik gölgeleme sistemi ışık ve ısı miktarlarını sürekli olarak ölçen sensörlere sahiptir. Çevre koşullarının ısı ve ışık değişimlerine bağlı olarak açılıp kapanan paneller açık, yarı açık ve kapalı pozisyonlara sahiptir. Panellerin delikli ışık geçirgen yapısı kapalı durumda olduklarında bile iç mekânların doğal olarak aydınlatılmasını sağlamaktadır (Çakır, 2021: 107). İliman karasal iklim özelliklerinin etkin olduğu Avusturya'da inşa edilmiş olan Kiefer Technic Showroom Giselbrecht ve ortakları tarafından tasarlanmıştır. Sergi salonunun cephesine güneş kırıcı olarak entegre edilmiş gölgeleme elemanları ile bu yapı yenilikçi katlanabilir ve kayabilir iklime

duyarlı cephe sistemlerine ait önemli örneklerden biridir. Dış cephe, dikey olarak katlanarak açılıp kapanabilecek şekilde hem otomatik hem de ayrı ayrı kontrol edilebilen alüminyum panellerden oluşmaktadır. Bu kinetik cephe sistemi, iç mekânların doğal olarak aydınlatılabilmesi ve istenilen termal koşullara ulaşılabilmesi amacıyla gün boyu sürekli form değiştirebilme özelliğine sahiptir (Url-4).



Görsel 6. Kiefer Technic Showroom.

• **PV Hücre Entegreli Kinetik Gölgeleme Sistemleri:** Binaların dış cephelerine yerleştirilen kinetik gölgeleme elemanları termal yük kazanımlarını azaltarak ve gün içinde cepheye vuran gün ışığı miktarını düzenleyerek iç mekân kalitesinin iyileştirilmesine ve ayrıca binanın genel performansının iyileştirilmesine yardımcı olur. Güneş enerjisini toplamak amacıyla cephede kullanılan kinetik özellikler iç mekân kalitesinin ve bina performansının iyileştirilmesinde önemli rol oynar. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretmek ve binaların enerji tüketimini azaltmak mümkündür. Toplanan enerjinin binanın kendi tüketiminden fazla olması durumunda sistem, enerji satmak için ana şebekeye bağlanabilir. Özellikle PV hücre entegre edilmiş kinetik gölgeleme elemanları, yön değiştirebilme yeteneklerinden dolayı çatıya yerleştirilen sabit panellerden daha fazla enerji üretirler.



Görsel 7. Uyarlanabilir kinetik güneş cephesi.

A/S (Architecture and Building Systems) Research Group- A/S Araştırma Grubu tarafından ılıman karasal iklim özelliklerinin etkin olduğu Zürih'te uyarlanabilir özellikte kinetik bir güneş cephesi geliştirildi ve ilk prototip Zürih'teki The House of Natural Resources (HONR) binasının cephesine yerleştirildi. Geliştirilen bu güneş cephesi için tasarlanan hareketli fotovoltaik

modüller bina kabuğundaki hafif bir strüktüre monte edilmekte ve her yapıya uyarlanabilmektedir. Modüller enerji üretiminin yanı sıra, iç mekânlar için gölgeleme ve gün ışığı kontrolü sağlamakta, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre bireysel ayarlamalar da sunmaktadır. Cephe aynı zamanda enerji depolayacak donanıma sahiptir. Fazla enerji basınçlı havaya dönüştürülür, bu hava depolanabilir ve daha sonraki bir aşamada, örneğin enerji üretilmeyen kötü hava koşullarında, hareketli modüllerin çalışması için kullanılabilir (Url-5).



Görsel 8. Uyarlanabilir kinetik güneş cephesi.

Cephe, çevredeki değişikliklere sürekli olarak tepki veren modüllerle dinamik bir görünüme sahiptir. İnce film fotovoltaik hücrelerle kaplı eşkenar dörtgen şeklindeki "yapraklardan" oluşan cephe yüzeyi bina sisteminin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilir. Cephenin verimliliği cephenin aydınlatma, ısıtma ve havalandırma gibi diğer bina teknolojisi bileşenleriyle etkileşimine bağlıdır. Örneğin güneş ışınları, iç mekânları önceden ısıtmak için kullanılabilir veya cephe kısmi gölgeleme sağlayabilirken, bazı modüller yine de dolaylı ışığın odalara girmesine ve tavandan yansımaya izin vererek yapay aydınlatma ihtiyacını azaltır (Url-5).



Görsel 9. The House of Natural Resources (HONR).

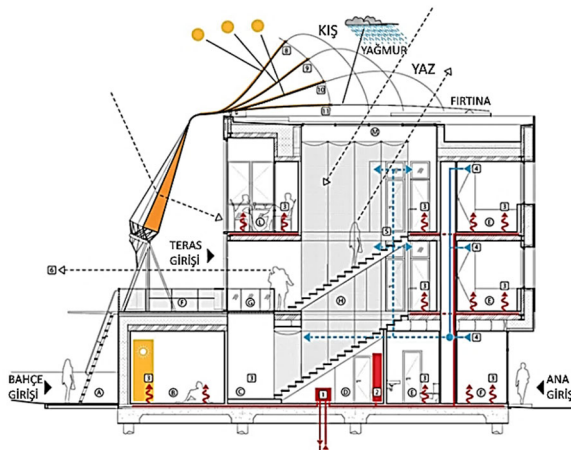
Uluslararası BauAustellung (IBA)-Hamburg'daki yapı fuarı için tasarlanan Soft House, üç katlı sıra ev şeklinde konutlardan oluşmaktadır. Konutların güney cephesinde esnek bir yapıya sahip bükülebilir özellikte PV modüller yer almaktadır. PV modüller ışığı geçiren tekstil membranlar üzerine entegre edilmiş güneşe duyarlı kinetik cephe sistemini oluşturmaktadır. Bu cephe sistemi ile elektrik enerjisi ve güneş enerjisinden pasif kazanç elde edilmekte ve gölgeleme

sağlanmaktadır. Güneşi takip eden PV modül entegre edilmiş tekstil membranlar bir motor ile yükselip bükülebilmektedir. Bu modüller çatıda yer alan ve güneşi takip eden esnek özellikli levhalara monte edilmiş böylece çatı ile bütünleşik hale gelmiştir. Bu şeritler yaz mevsiminde elektrik enerjisi üretmenin yanı sıra gölgeleme işlevini de gerçekleştirmektedir. Kış mevsiminde ise ışık geçirgen özellikleri sayesinde iç mekânların doğal olarak aydınlatılmasını sağlamaktadır (Kılıç Kızıldaş, 2019: 56).



Görsel 10. Soft House.

PV modül entegre edilmiş tekstil membranlar metal bir taşıyıcı sistem ile çatıya kadar devam ederek cepheye ve zemine sabitlenmektedir. İnce bir film şeklinde olan fotovoltaik malzeme esnek ve hafiftir. ılıman karasal iklim özelliklerine sahip olan bir bölgede tasarlanmış olan bu kinetik cephe sistemi güneşi daha geniş bir açıyla izlemekte bu da güneşli olmayan günlerde bile enerji elde edilmesini sağlamaktadır. Doğu-batı yönünde bükülebilen tekstil membranlar çatı seviyesine doğru gerçekleştirdikleri yükselme hareketi ile tek bir eksen doğrultusunda hareket eden sistemlerden daha verimlidir (Url-6).



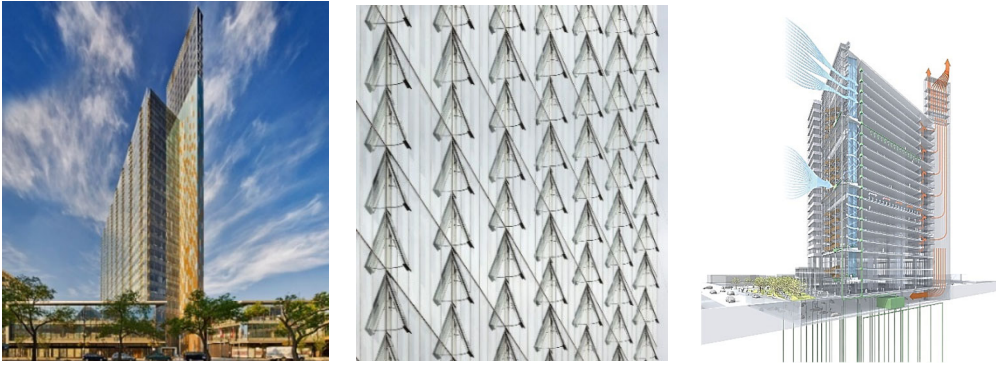
Görsel 11. Soft House.

Rüzgâra Duyarlı Kinetik Cephe

Rüzgâra duyarlı kinetik cepheler, bina iç mekânlarının yüksek oranlarda doğal havalandırılmasını sağlamak ve aynı zamanda yüksek iç hava kalitesini korumak amacıyla çevredeki doğal hava akımına ve rüzgâra yanıt veren sistemlerdir. Bazı cephe türleri aynı

zamanda su buharı oranlarını, kokuları ve genellikle yetersiz havalandırılan kapalı alanlarda biriken kirleticileri kontrol etmek gibi diğer işlevleri de yerine getirme yeteneğine sahiptir. Rüzgâra duyarlı kinetik cepheler hedeflerine, doğal havalandırma sürecini kolaylaştırarak ve iç mekânların uygun termal koşullarının sağlanabilmesi için cephe elemanlarının kinetik hareketi yoluyla rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmesi yoluyla ulaşabilir.

• **Hava Akımına Duyarlı Kinetik Cepheler:** Çevresel sürdürülebilirlik amacıyla kinetik hava akımına duyarlı uygulamaların ilk ve en yaygın türü olan binaya entegre cephe elemanlarının kinetik hareketi yoluyla çevredeki hava akımına yanıt veren türüdür. Kanada'nın, ılıman karasal iklimin hâkim olduğu bir bölgesinde yer alan Manitoba Hydro Place, geleneksel tasarıma sahip benzer ofis binalarından %70 daha az enerji kullanmaktadır. Doğal havalandırmaya dayalı enerji verimliliği yüksek bir bina yaratarak yıl boyunca %100 temiz hava sağlayacak şekilde tasarlanan binada çift kabuk cephe sistemi uygulanmıştır. Dış cephede bulunan açılabilir pencereler, doğal havalandırma yoluyla termal koşulların modüle edilmesine yardımcı olacak şekilde motorlu olup, iç cephede bulunan pencereler, kullanıcının tercihine göre doğal hava girişi için manuel olarak çalıştırılabilmektedir (Url-7).

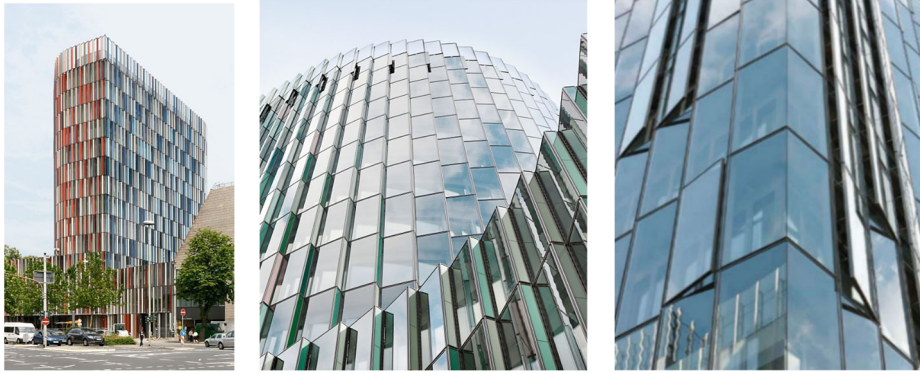


Görsel 12. Manitoba Hydro Place.

Enerji etkin bir yaklaşım ile tasarlanan binada pasif sistemler (güneye bakan kış bahçeleri, doğal gün ışığı ve güneş bacası gibi) enerji kullanımını azaltmak için çevreden ve doğal süreçlerden yararlanmaktadır. Aktif sistemler (kısılabılır veya programlanabilir aydınlatma gibi) ise pasif sistemlerin etkinliğini en üst düzeye çıkarmaya ve gerektiğinde bunları tamamlamaya yardımcı olmaktadır. Batı ve doğu cephelerindeki çift cephe, aşırı dış ortam sıcaklıklarına karşı temperlenmiş bir tampon sağlayarak ısıtma/soğutma yüklerini azaltan yüksek performanslı bir katman oluşturur. Çift cephenin iç ve dış duvarlarında yer alan açılır pencereler, yılın mevsimsel olarak uygun zamanlarında doğal havalandırmaya olanak sağlamaktadır (Url-8).

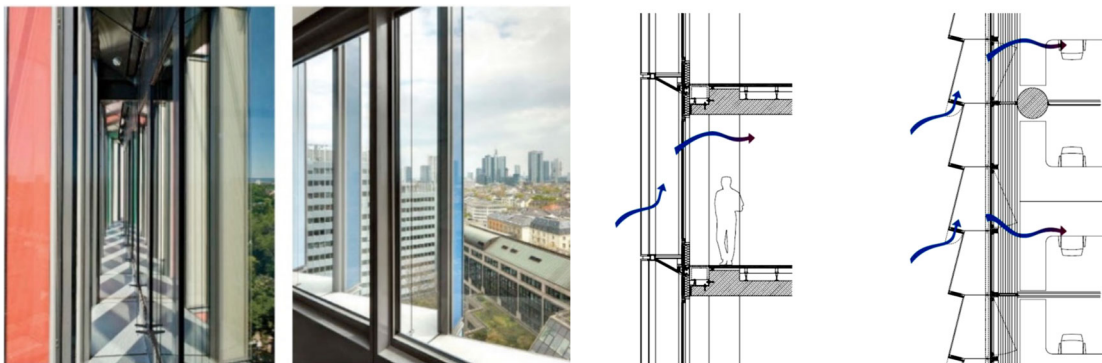
İlman okyanus ikliminin etkin olduğu Almanya Frankfurt'ta yer alan KfW Westarkade ofis binası, güneş ve rüzgârdan maksimum verim elde edilmesini sağlayacak biçimde konumlandırılmış ve aerodinamik bir formda tasarlanmıştır. KfW Westarkade binasının hem kütle tasarımı hem de mekân organizasyon çözümü ile ofis alanları doğal olarak havalandırılmakta ve gün ışığından faydalanmaktadır. Sabit cam ve boşluğa temiz hava çekilmesini sağlayan 90° kadar açılabilen ince renkli cam yan panellerden oluşan çift kabuk

cephenin dış kabuğu testere dişi formunda tasarlanmıştır. Ofis binasının bu çift katmanlı rüzgâr basınçlı cephe tasarımı ofislerin kontrollü doğal havalandırmasında hâkim rüzgâr yönünden yararlanmaktadır. Westarkade'nin öncelikli hedefi sürdürülebilirliğin önemli bir bileşeni olan yüksek binaların doğal havalandırılması alanında ön plana çıkarak, çevre koşullarından ve dış hava koşullarından bağımsız bir doğal havalandırma sağlamaktadır (Karadağ ve Çakmaklı, 2020: 185).



Görsel 13. KfW Westarkade Office Building.

Dinamik olarak kontrol edilen rüzgâr basınçlı cephe, özellikle yüksek katlarda yer alan açılabilir pencereler için fazla türbülanslı olan dış rüzgâr koşullarını nötralize etmeye hizmet etmektedir. Cephenin dış katmanı sabit ve eşit bir hava basıncı sağlayan sensör kontrollü kanat açıklıkları içermekte, iç katmanda ise içerideki ofislerin havalandırılmasını sağlayan çalıştırılabilir pencereler bulunmaktadır. Kanatlar rüzgâr yönüne, dış sıcaklığa, güneş ışınımına ve binanın rüzgâr ve rüzgâr altı taraflarındaki basınç farklılıklarına uyum sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Kışın kapalı olan pencerelerde boşluk içindeki basınçlı hava termal bariyer görevi görmek ve iç mekânlara daha iyi termal koşullar sağlamaya yardımcı olmaktadır. Yaz aylarında ise havanın cepheden binanın içine girmesini sağlamak için pencereler açılmaktadır. Sonuç olarak ofisler, cereyan yaratmadan veya istenmeyen ısı kaybı olmadan yılın sekiz ayı boyunca doğal olarak havalandırılabilen, tüm çalışma saatlerinin %50'sinden azında mekanik havalandırma gerekmektedir. Çift cephe aynı zamanda pasif bir termal güneş kolektörü olarak da işlev görmektedir. Bu sayede ısı kaybı en aza indirilir ve ısı enerjisinden tasarruf edilir (Url-9).



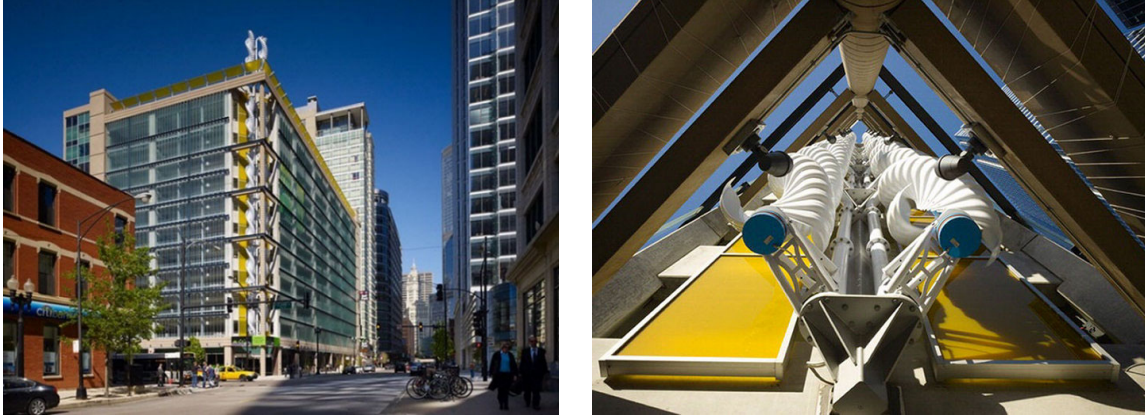
Görsel 14. KfW Westarkade Office Building.

• **Rüzgâr Türbin Entegreli Hava Akımına Duyarlı Kinetik Cepheler:** Bina cephelerine rüzgâr türbin entegre edilerek, rüzgâr ve hava akımı enerjisini mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürerek, rüzgâr enerjisinden yararlanan uygulamalar diğer kinetik cephe uygulamalarına göre daha az yaygındır. Rüzgâr türbinlerinin binalara dışarıdan bağımsız olarak bağlanma örnekleri daha yaygın bir uygulamadır. Bina cephesinin dış kabuğuna entegre edilen birkaç örnekten biri, Avustralya'nın ılıman okyanus iklim özelliklerinin hâkim olduğu Melbourne kentinde yer alan CH2 Melbourne City Council House 2 cephe yüzeyinin tepe noktasındaki sarı renkli rüzgâr türbinidir. CH2 Melbourne City Council House 2 2006 yılında hizmete giren belediye meclis binası olarak kullanılan 10 katlı bir ofis binasıdır. Binada düşük enerjili, pasif soğutma ve aydınlatma sistemleri, batı cephesinde kinetik güneş kırıcı panjurlar ve kuzey cephesinde ise dikey bahçe tasarımı kullanılmıştır. Enerji etkinliği için kojenerasyon sistemi, fotovoltaik hücreler ve rüzgârla çalışan türbinler binaya entegre edilmiştir. Bina cephesinin üst kısmında yer alan rüzgâr türbinleri, gündüzleri hâkim rüzgâr enerjisinden elektrik üretilmesini sağlamakta geceleri ise bina içinde biriken ısının uzaklaştırılıp dışarı atılmasına yardımcı olmaktadır (Url-10).



Görsel 15. Melbourne City Council House 2.

Binaya entegre rüzgâr türbinleri diğer kinetik sistemlere oranla daha etkisiz, gürültülü ve şehirlerin öngörülemez rüzgârları ile uyumsuz olmaları sebebiyle eleştirilmiştir. Bu eleştirilere farklı bir tasarımla çözüm olmayı hedefleyen yapılardan bir diğeri ılıman karasal iklim özelliklerine sahip olan Chicago şehir merkezindeki 11 katlı bir otopark olan Greenway Self Park binasıdır. Greenway Self Park binasında rüzgâr enerjisinden yararlanmak için binanın güneybatı köşesine tüm cephe yüksekliği boyunca hafif alüminyum dikey eksenli rüzgâr türbinleri monte edilmiştir. Böyle bir sistemin uygulanmasının en önemli faydalarından biri, rüzgâr türbinlerinin her birinin bağımsız olarak dönebilme yeteneğine sahip olması ve farklı yönlerden esen rüzgârları yakalayabilmesidir. Bu tasarım biçimi verimliliğin ve enerji üretim oranlarının artmasını sağlamaktadır (Dalia vd., 2020: 56).



Görsel 16. Greenway Self Park.

Bulgular

İnşa edildikleri bölgenin iklim verileri dikkate alınmadan gerçekleştirilen tasarımların sonuç ürünü olan yapılar, değişen çevre koşullarına rağmen benzer özellikleri göstermekte, bu da tek tip yapılaşma sorununu beraberinde getirmektedir. Halbuki geleneksel yapılaşma örnekleri incelendiğinde iklimle dengeli tasarım yaklaşımlarının çok eski çağlardan beri benimsendiği ve deneme yanılma yöntemleriyle inşa edilen yapıların bölgenin çevre ve iklim şartlarına uygun çözümlerle tasarlandığı görülmektedir. Gün ışığı etkisi, doğal aydınlatma ve gölgelenme durumu, rüzgâr etkisi, doğal havalandırma durumu gibi değişen iklim ve çevre şartları ile uyum sağlayacak çözümler üretme noktasında teknolojik gelişmelerin bina tasarımlarına yansımaları enerji kullanımında kaynak verimliliğini sağlayacak ve tek tip yapılaşma sorununa da çözüm getirecektir.

İnsanların içerisinde buldukları iklimsel koşullar ile sağlanması gereken konfor ihtiyaçları doğrudan ilişki içerisinde. Kullanıcıların sıcaklık değerleri, temiz hava oranı, nem seviyesi gibi iç ortam iklim koşullarından dolayı olumsuzluk yaşamaması, iç mekân konfor koşullarının sağlanmış olduğunu göstermektedir. Ancak binalarda tüketilen enerjinin çok önemli bir bölümü bu konfor koşulları sağlanırken harcanmaktadır. Çevrenin iklimsel verilerinin analizinden faydalanarak binaların tasarım aşamasından itibaren stratejiler geliştirmesi iç mekânlarda hem tüm konfor koşullarının oluşmasını sağlayacak hem de bina kullanım aşamasında tüketilecek enerji miktarını düşürecektir. İklimsel konfor koşullarının sağlanması noktasında, etkili doğal kaynaklar olan güneş ve rüzgâra doğrudan maruz kalan bina cepheleri, enerji tasarrufu sağlanması ve yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminde yeniliklerin uygulanması açısından en etkili alanlardır. Çevre ve iklim verilerinin değişkenliklerine uyum sağlamayı hedefleyen duyarlı cephe kavramı, stabil özelliklere sahip geleneksel cephe tasarımlarına yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Değişen iklim özellikleri ile uyumlu cephe tasarımlarının dinamik ve hareketli bir yapıya sahip olması verimliliği artıran önemli bir özelliktir. Kinetik cephe bileşenlerinin çevre ve iklim koşullarına uyum noktasında sağladığı avantajlar bu konuyu önemli bir araştırma konusu haline getirmektedir. Çalışma kapsamında iklimle uyumlu cephe sistemleri içerisinde güneş ve rüzgâra duyarlı kinetik cephe sistemleri dünyadan seçilen örnekler üzerinden incelenmiş, güneş ve rüzgâr kaynaklı analiz tabloları oluşturulmuştur (Tablo 1 ve 2).

Güneş ve rüzgâra duyarlı kinetik cephe sistemlerine sahip örneklerin analiz tablosu oluşturulurken binaların inşa edildikleri bölgenin iklimsel verileri ve cephedeki kinetik hareketin biçimi ve amacı incelenmiştir. Seçilen güneşe ve rüzgâra duyarlı kinetik cephe uygulamalarının, ılıman karasal iklim ve ılıman okyanus iklim tipine sahip bölgelerde yaygınlaştığı, cephe çözümlerinde kullanılan tasarım stratejilerinin ve teknolojilerinin de çeşitlendiği görülmüştür.

Güneşe duyarlı kinetik cephe sistemlerinden “Kütle Hareketiyle Yönlene Kinetik Sistem” için seçilen örneklerde gün ışığı kontrolü ve rüzgâr denetimine bağlı olarak değişim gösteren ısı konfor şartlarının sağlanabilmesi, tüm yapının veya hacimlerinin kinetik hareketiyle gerçekleşmektedir. Karasal iklim ve ılıman karasal iklim tipinin etkin olduğu bölgelerde yer alan iki örnekte de öncelik ısı konfor şartlarının sağlanmasıdır. Uygulanan hareket stratejisiyle bina ve binanın hacimleri kışın güneşe doğru yönelmek için yazın ise gölge sağlamak amacıyla dönmekte ve pasif olarak enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu kinetik hareket tipinde bina cephesinde veya çatısında fotovoltaik panellerin kullanımı ile aktif olarak yüksek düzeyde elektrik enerjisi elde edilerek enerji verimliliği artırılabilir. Seçilen örneklerden çatısına entegre edilmiş panelleri ile Heliotrope House güneş enerjisinden hem pasif hem de aktif olarak yararlanan kinetik yapı örneklerinden birisidir. Ayrıca yapının ve yapının bazı hacimlerinin hareketi ile dinamik ve değişebilen bir cephe hareketi elde edilebilir. Bu özellik ayrıca manzaraya sahip yapılar için görsel konfor ihtiyacını da karşılamaktadır.

“Dönüştürülebilir Kinetik Gölgeleme Sistemleri”nin uygulandığı örnekler, dönen, kayan, geri çekilen ve sensörlerden gelen çevresel veriler doğrultusunda kendi kendine ayarlanabilen hareketlere sahip kinetik cephe uygulamalarıdır. Bu cephe sistemlerinde kullanılan, güneşin aşırı ısınma etkisini ve iç ortamlarda yaratabileceği parlama etkisini azaltan kinetik özellikli güneş kontrol elemanları manuel ve/veya otomatik olarak kontrol edilebilir. Ancak manuel biçimde kontrol edilen uygulamalarda elde edilecek enerji tasarrufu oranı düşebilir. Analiz kapsamında seçilen farklı hareket tipine sahip her iki örnekte de gün ışığı kontrolü, güneş ışığı performansı ve ısı konfor şartları bu kinetik özellikli gölgeleme (güneş kırıcı) elemanlarının hareketleriyle sağlanmaktadır. Ofis fonksiyonuyla kullanılan yapıların çalışma mekânlarında kinetik gölgeleme elemanlarının kullanımı, yapıların gün ışığı performanslarını etkilemektedir. Bu cephe sistemlerinde ısı konfor şartlarının elde edilmesi birincil amaç olsa da uygulanan gölgeleme sistemleri ile ışığın iç ortamlarda daha etkin kullanımının sağlanması konusu da oldukça önemlidir. Optimum derecede doğal aydınlatmanın sağlanması ile yapay aydınlatmaya duyulan ihtiyaç azalmakta, böylece enerji tasarrufu elde edilmektedir. Ayrıca cephe yüzeyine entegre edilmiş kinetik bileşenlerin çevresel verilere bağlı olarak gün içerisinde sürekli olarak biçim ve yön değiştirebilmesi ile dinamik ve değişebilen bir cephe görüntüsü elde edilmektedir.


“PV Hücre Entegreli Kinetik Gölgeleme Sistemleri” ile yukarıda bahsedilen tüm kazanımlara ek olarak güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilebilmesi böylece enerji tüketiminin azaltılması mümkün olmaktadır. PV hücre entegre edilmiş kinetik gölgeleme

elemanları yön değiştirme özelliklerine sahip olmalarından dolayı çatıda kullanılan sabit panellerden daha fazla enerji üretme özelliğine sahiptir.

Tablo 1

Güneşe Duyarlı Kinetik Cepheleler.



Kütle Hareketiyle Yönlendirilen Kinetik Sistemler			
Kinetik Yapı Örneği	İklim Tipi	Kinetik Hareket Şekli	Kinetik Hareketin Amacı
<ul style="list-style-type: none"> • Heliotrope House (Almanya) 	Ilıman Karasal İklim (Yazlar Sıcak ve Nemli, Kışlar Soğuk ve Karlı)	Merkezi Bir Taşıyıcı Etrafında 180 Derece Dönme	<ul style="list-style-type: none"> • Isıl Konfor • Güneşten Maksimum Verimle Enerji Üretimi • Dinamik Cephe Tasarımı • Görsel Konfor (Manzara)
<ul style="list-style-type: none"> • Sharifi-ha House (İran) 	Karasal İklim (Yazlar Sıcak Kurak, Kışlar Soğuk ve Yağışlı)	Otomasyon Sistemi ile Kontrol Edilen Hacimsel Kayma ve Dönme	<ul style="list-style-type: none"> • Isıl Konfor • Güneş Kontrolü • Gün Işığı Performansı • Rüzgâr Denetimi • Esnek Mekân Organizasyonu • Dinamik Cephe Tasarımı • Görsel Konfor (Manzara)
Dönüştürülebilir Kinetik Gölgeleme Sistemleri			
Kinetik Yapı Örneği	İklim Tipi	Kinetik Hareket Şekli	Kinetik Hareketin Amacı
<ul style="list-style-type: none"> • SDU Campus Kolding (Danimarka) 	Ilıman Okyanus İklimi (Yazlar Yağışlı ve Serin, Kışlar Yağışlı ve Ilık)	Otomasyon Sistemi ile Kontrol Edilen Açılma ve Kapanma	<ul style="list-style-type: none"> • Güneş Kontrolü • Gün Işığı Performansı • Rüzgâr Denetimi • Isıl Konfor • Dinamik Cephe Tasarımı
<ul style="list-style-type: none"> • Kiefer Technic Showroom (Avusturya) 	Ilıman Karasal İklim (Yazlar Sıcak ve Nemli, Kışlar Soğuk ve Karlı)	Manuel veya Otomasyon Sistemi ile Kontrol Edilen Raylı Sistem Üzerinde Katlanma ve Kayma	<ul style="list-style-type: none"> • Güneş Kontrolü • Gün Işığı Performansı • Isıl Konfor • Dinamik Cephe Tasarımı
PV Hücre Entegreli Kinetik Gölgeleme Sistemleri			
Kinetik Yapı Örneği	İklim Tipi	Kinetik Hareket Şekli	Kinetik Hareketin Amacı
<ul style="list-style-type: none"> • The House of Natural Resources (Zürich) 	Ilıman Karasal İklim (Yazlar Sıcak ve Nemli, Kışlar Soğuk ve Karlı)	Otomasyon Sistemi ile Kontrol Edilen İki Eksen Yönünde (Aşağı-Yukarı) Hareket Eden Fotovoltaik Paneller	<ul style="list-style-type: none"> • Güneş Kontrolü • Gün Işığı Performansı • Isıl Konfor • Dinamik Cephe Tasarımı • Güneşten Enerji Üretimi


• Soft House (Almanya)		İlman Karasal İklim (Yazlar Sıcak ve Nemli, Kışlar Soğuk ve Karlı)	İki Eksen Yönünde (Sağ-Sol) Bükülme, Esnek Fotovoltaik Şeritler	<ul style="list-style-type: none"> • Güneş Kontrolü • Gün Işığı Performansı • Isıl Konfor • Dinamik Cephe Tasarımı • Güneşten Enerji Üretimi
---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Güneşe duyarlı cephe sistemlerinde kullanılan güneş kontrolü ve ısı konfor stratejileri ile beraber özellikle ılıman iklim bölgelerinde doğal havalandırma ve nem ile ilgili soğutmaya yönelik stratejiler de geliştirilmektedir. Rüzgâr duyarlı bu cephe sistemlerinde yaygın olarak çift kabuk cephe sistemleri uygulanmaktadır. Dış kabukta yer alan otomasyon sistemine bağlı olarak açılabilen menfezler, pencere kanatları vb. aracılığıyla dış ve iç kabuk arasında yer alan boşluğa alınan hava ile iç mekânlar doğal olarak havalandırılabilir. Hava akımına duyarlı bu cephe sistemlerinde güneş kontrolü havalandırma boşluğuna veya iç ortam kabuğuna yerleştirilen kinetik özelliklere sahip güneş kontrol elemanlarıyla sağlanmaktadır. Uygulanan bu cephe stratejileri ile kullanıcıların termal konfor şartları, optimum gün ışığı ihtiyacı ve iyi derecede doğal havalandırma ihtiyacı karşılanmaktadır. Rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren rüzgâr türbin entegreli kinetik uygulamaların, diğer kinetik cephe sistemlerine oranla daha az uygulama alanı bulduğu yapılan örnek araştırmaları sırasında tespit edilmiştir.

Tablo 2

Rüzgâra Duyarlı Kinetik Cepheleler.

Hava Akımına Duyarlı Kinetik Cepheleler				
Kinetik Yapı Örneği	İklim Tipi Fonksiyon	Kinetik Hareket Şekli	Kinetik Hareketin Amacı	
• Manitoba Hydro Place (Kanada)		İlman Karasal İklim (Yazlar Sıcak ve Nemli, Kışlar Soğuk ve Karlı)	Manuel veya Otomasyon Sistemi ile Kontrol Edilen Pencere Modülleri, Açılma ve Kapanma, Çift Kabuk Cephe	<ul style="list-style-type: none"> • Doğal Havalandırma • Hava Kalitesini İyileştirme
• Kfw Westarkade (Almanya)		İlman Okyanus İklimi (Yazlar Yağışlı ve Serin, Kışlar Yağışlı ve Ilık)	Otomasyon Sistemi ile Kontrol Edilen Cam Paneller, Açılma ve Kapanma, Rüzgâr Basıncılı Çift Kabuk Cephe	<ul style="list-style-type: none"> • Doğal Havalandırma • Hava Kalitesini İyileştirme

Rüzgâr Türbin Entegreli Hava Akımına Duyarlı Kinetik Cepheleler				
Kinetik Yapı Örneği	İklim Tipi Fonksiyon	Kinetik Hareket Şekli	Kinetik Hareketin Amacı	
• Ch2 Melbourne City Council House 2 (Avustralya)		İlman Okyanus İklimi (Yazlar Yağışlı ve Serin, Kışlar Yağışlı ve Ilık)	Dikey Bir Eksen Etrafında Dönen Mikro Türbinler, Dönme	<ul style="list-style-type: none"> • Rüzgârdan Enerji Üretimi

- Greenway Self Park (Amerika)



Ilıman Karasal İklim (Yazlar Sıcak ve Nemli, Kışlar Soğuk ve Karlı)

Binanın Köşesine Entegre Dikey Eksenli Türbinler, Dönme

- Rüzgârdan Enerji Üretimi

Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında ele alınan iklim duyarlı kinetik cephe uygulamalarından güneşe duyarlı cephelerin ilk alt sınıflandırması olan tüm bina hareketiyle yönlenen kinetik sistemler tüm binanın veya binanın belirli hacimlerinin güneş ışığına tepki verdiği sistemlerdir. Bu sistemlerin kinetik duyarlı yaklaşımların erken tasarım aşamalarında başarılı bir şekilde uygulandığı ve inşa edildikleri bölgelerin çevre koşullarına verimli bir şekilde yanıt verdikleri görülmüştür. İkinci alt sınıflandırma olan dönüştürülebilir gölgeleme sistemleri ise güneş enerjisine duyarlı cephe sistemlerinde daha yaygın olarak uygulanan sistemlerdir. Pek çok tasarımcı bu cephe stratejilerini farklı teknolojiler ve malzemeler kullanarak gerçekleştirmektedir. Güneş enerjisine duyarlı cephe sistemlerinde üçüncü ve son açıklanan strateji olan ve güneş ışığından enerji üretme amacıyla geliştirilen PV hücre entegreli kinetik gölgelendirme sistemleri ise yakın geçmişte güncel olan bir tasarım yaklaşımıdır ve enerji verimliliği kanıtlanmış cephe sistemleridir.

Doğal hava akımı ve rüzgârın etkisini merkez alan rüzgâra duyarlı kinetik cephe sistemleri de benzer çevresel hedefleri gerçekleştirmeye yönelik olarak tasarlanmaktadır. Cephe yüzeylerindeki rüzgâr etkisi menfezler ve pencereler aracılığı ile merkezi olarak kontrol edilmektedir. Çift kabuk cephe sistemlerinde ise dış kabuk ile iç kabuk arasında tampon bölge işlevi gören bir boşluk yer almakta, bu boşluk konforlu iç mekân termal koşullarının oluşturulmasını ve iç mekân hava kalitesinin iyileştirilmesini sağlamaktadır. Güneş enerjisine duyarlı kinetik cephe uygulamalarının aksine, rüzgâr duyarlı cephelere entegre edilen türbinler aracılığıyla rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesi yüksek yapım ve bakım maliyetleri gerektirdiğinden yaygın olarak kullanılan bir tasarım yaklaşımı değildir. Bu sistemlerin verimli çalışabilmesi için yeterli hava akımı ve rüzgâr hızını yakalayabilmeleri ve kanatların ve türbinlerin hareketinden kaynaklanan titreşim, ses kirliliği gibi olumsuz durumlar için çözüm üretmeleri gerekmektedir.

Enerji ve iklim kaynaklı çevre sorunlarına karşı çözümler üretilmesi noktasında yapı sektörü büyük bir sorumluluğa sahiptir. Yeni tasarlanacak olan yapılarda enerji tüketimini azaltacak önlemlerin alınması, enerjinin etkin olarak kullanımını sağlayacak çözümlerin üretilmesi ve çevreye verilen olumsuz etkilerin azaltılması en önemli tasarım stratejileri olmalıdır. Bu nedenle yapılarda dış ortamla iç ortam arasında bir bariyer görevi üstlenen cephe sistemlerinin bu tasarım stratejisi kapsamında ele alınması ve bu alanda gerçekleştirilen çalışmalar hakkında farkındalığın artırılması önemlidir. Bu doğrultudaki uygulamalardan olan iklim uyumlu kinetik cephe uygulamalarında, iç ortam konfor kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olunarak enerji tüketim oranlarının düşürülmesi böylece mevcut doğal kaynaklardan yararlanılması amaçlanmaktadır. Temel enerji kaynağı olarak fosil yakıtlara bağımlı binalar tasarlamak yerine,

çevredeki yenilenebilir enerji kaynaklarından pasif olarak enerji tasarrufu ve aktif olarak elektrik enerjisi üretilmesini sağlayan iklim duyarlı kinetik cephe sistemleri, önemli ve yaygınlaşması gereken bir tasarım yaklaşımıdır.

Kaynaklar

- Aksamija, A. (2013). *Sustainable facades: Design methods for high-performance building envelopes*. USA: John Wiley & Sons.
- Aksamija, A. (2015). *High-Performance Building Envelopes: Design Methods for Energy-Efficient Facades*. In proceedings of the 4th Building Enclosure Science and Technology Conference (BEST 4), 1-23.
- Barozzi, M., Lienhard, J., Zanelli, A. & Monticelli, C. (2016). "The Sustainability of Adaptive Envelopes: Developments of Kinetic Architecture.", *Procedia Engineering*, 155, 275-284.
- Çakır, Z. K. (2021). *Kinetik Mimarlık Kapsamında Dinamik Cephe Sistemlerinin İncelenmesi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Dalia Abd El R., Gihan M., Fahd Abd El Aziz H. & Ahmed R. (2020). Modelling Zero Energy Building: Parametric Study for the Technical Optimization, *Journal of Al-Azhar University*, 15(56), 828-844.
- Fox, M. A. & Yeh, B. P. (1999). *Intelligent Kinetic Systems*. Cambridge, MIT.
- Fox, M. & Yeh, B. (2000). Intelligent kinetic systems in architecture, *Managing Interactions in Smart Environments*, 91-103.
- Gediri Gökçen, G. Ş. (2023). *Uyum Gösteren (Adaptif) Cepheler: Hareketli Güneş Kontrol Elemanlarının Isıl Enerji Performansının Değerlendirilmesi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hasol, D. (2014). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, İstanbul: Yem Yayın.
- Karadağ, İ. & Çakmaklı, A.B. (2020), Interface of the Natural Ventilation Systems with Building Management Systems, *Periodica Polytechnica Architecture*, 51(2), 178–188
- Kılıç Kızıtaş, P. (2019). *Fotovoltaik Sistemler ve Güneşe Uyarlanabilir Cephe Sistemlerinin Enerji Etkinlik Yönünden Değerlendirilmesi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Loonen, R., Rico-Martinez, J., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezo, C., La Ferla, G. & Aelenei, L. (2015). *Design for facade adaptability: Towards a unified and systematic characterization*. 10th Conference on Advanced Building Skins, Bern, Switzerland, Munich: Economic Forum, 1284-1294.
- Oliver, J. E. (2005). Climate Zones, *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, Dordrecht: Springer, 270-272.
- Razaz, E. Z. (2010). Sustainable Vision of Kinetic Architecture, *Journal of Building Appraisal*, 5(4), 341–356.
- Zuk, W. & Clark, R. H. (1970). *Kinetic Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

İnternet Kaynakları

- Url-1. [extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/22_iklim_siniflandirmalari.pdf](https://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/22_iklim_siniflandirmalari.pdf) (Erişim 01.06.2024).
- Url-2. Rolf-disch, the-heliotrope-house, Cited: <https://www.yumpu.com/en/document/read/23000263/the-heliotrope-as-hotelpdf-8-pages-english-rolf-disch>, (Erişim 01.06.2024).
- Url-3. <https://www.arkitera.com/proje/sharifi-ha-evi/>, (Erişim 02.06.2024).
- Url-4. <https://codedbim.wordpress.com/tag/kinetic-architecture/> (Erişim 02.06.2024).
- Url-5. <https://systems.arch.ethz.ch/research/adaptive-solar-facade> (Erişim 02.06.2024).
- Url-6. <https://www.daamprojects.com/iba-soft-house> (Erişim 03.06.2024).
- Url-7. <https://www.kpmb.com/project/manitoba-hydro-place/> (Erişim 03.06.2024).
- Url-8. <https://www.kpmb.com/project/manitoba-hydro-place/> (Erişim 04.06.2024).
- Url-9. <https://www.skyscrapercenter.com/building/kfw-westarkade/12268> (Erişim 04.06.2024).
- Url-10. <https://www.usablebuildings.co.uk/UsableBuildings/Unprotected/CH2IEQProd.pdf> (Erişim 04.06.2024).

Görsel Kaynaklar

- Görsel 1. Gediri Gökçen, G.Ş. (2023). *Uyum Gösteren (Adaptif) Cepheler: Hareketli Güneş Kontrol Elemanlarının Isıl Enerji Performansının Değerlendirilmesi*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Görsel 2. Aelenei, D., Aelenei, L. and Vieira, C. P., (2016). Adaptive facade: Concept, applications, research questions, *Energy Procedia*, (91), 269-275.

- Görsel 3. <https://dornob.com/spinning-solar-powered-round-house-rotates-with-the-sun/> (Erişim tarihi: 02.06.2024).
- Görsel 4. https://www.arkitera.com/wp-content/uploads/2014/09/00_Photo-by-Parham-Taghioff.jpg.jpeg (Erişim tarihi: 02.06.2024).
- Görsel 5. <https://arcdog.com/portfolio/sdu-university-of-southern-denmark-campus-kolding/> (Erişim tarihi: 02.06.2024).
- Görsel 6. <https://codedbim.wordpress.com/tag/kinetic-architecture/> (Erişim tarihi: 03.06.2024).
- Görsel 7. <https://systems.arch.ethz.ch/research/adaptive-solar-facade> (Erişim tarihi: 03.06.2024).
- Görsel 8. <https://systems.arch.ethz.ch/research/adaptive-solar-facade> (Erişim tarihi: 03.06.2024).
- Görsel 9. <https://systems.arch.ethz.ch/research/adaptive-solar-facade> (Erişim tarihi: 03.06.2024).
- Görsel 10. <https://www.daamprojects.com/iba-soft-house> (Erişim tarihi: 04.06.2024).
- Görsel 11. <https://www.daamprojects.com/iba-soft-house> (Erişim tarihi: 04.06.2024).
- Görsel 12. <https://www.kpmb.com/project/manitoba-hydro-place/> (Erişim tarihi: 04.06.2024).
- Görsel 13. https://www.dbz.de/artikel/dbz_Ein_Farbstrichgebirge_Erweiterung_der_KfW_Frankfurt_M-1045351.html, Foto: Jan Bitter (Erişim tarihi: 04.06.2024).
- Görsel 14. Karadağ, İ. & Çakmaklı, A.B. (2020). Interface of the Natural Ventilation Systems with Building Management Systems, *Periodica Polytechnica Architecture*, 51(2), 178–188.
- Görsel 15. <https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc> (Erişim tarihi: 04.06.2024).
- Görsel 16. <https://inhabitat.com/chicago-parking-garage-harvests-energy-from-windy-city-gusts/greenway-self-park-3/>(Erişim tarihi: 04.06.2024).