

# Ege Eğitim Teknolojileri Dergisi

## Journal of Ege Education Technologies

e-ISSN: 2667-4270

Cilt: 6 Sayı: 1, Aralık 2022, Sayfa: 1- 16

**Araştırma Makalesi**



## Bir Eğitim Yapısının DesignBuilder Programı İle Enerji Etkinlik Analizi<sup>1</sup>

Hanife Büşra KİRİŞCI\*, Hatice Derya ARSLAN\*\*

\*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Konya, Türkiye.

Email: h.busra@yandex.com Orcid: 0000-0003-1627-7920

\*\*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Konya, Türkiye.

Email: deryaarslan@erbakan.edu.tr Orcid: 0000-0001-7742-3405

Geliş Tarihi: 13.11.2020

Kabul Tarihi: 27.05.2022

Çevrimiçi Yayın:14.06.2022

Sayı Yayın: 31.12.2022

### Özet

Enerji, ekonominin ve toplumun gelişiminde önemli kaynaklardan biridir. Bu gelişmeye bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle gelecek planlamalarının yapılması sürecinde enerjinin korunması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji etkin tasarım gibi kavramların projelere entegre edilmesi gerekmektedir. Enerji etkin tasarımda amaç, binaların dış ortam koşullarında minimum enerji tüketimi ile ihtiyaç duyulan iç ortam koşullarının sağlanabilmesidir. Bu sebeple yapıda dış kabuk-cephe sistemi tasarımı önemli bir etkindir. Çalışmaya konu olarak seçilen cephe sistemi; iki adet cam giydirme cephe paneli ile bunların arasında yer alan hava boşluğundan meydana gelen çift kabuklu cephe sistemleridir.

Çalışma kapsamında, Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Köyceğiz Kampüsü'nde ortak kullanım amaçlı tasarlanan fakülte binasının cephe sistemi üzerinden enerji etkinlik analizi yapılmıştır. Bu kapsamda binada kullanılan tek kabuk cephe sistemi ile iyileştirme önerisi olan çift kabuk cephe sistemlerinin ısı konfor düzeyi açısından enerji etkinliklerini karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bilgisayarlı modelleme ve simülasyon programı olan Design Builder benzetim programı kullanılmıştır. Öncelikle yapının mevcut durumu modellenerek ısıtma enerji yükü hesaplanmıştır. Daha sonra yapının uygun olan cephelerine cam katman eklenerek çift kabuklu cephe sistemi oluşturulmuştur. Isınma ihtiyacının olduğu dönemler için bina farklı cephe sistemleri ile iki ayrı şekilde analiz edildiğinde çift kabuk cephe sisteminin tek kabuk cephe sistemine göre ısı konfor düzeyi açısından enerji etkinliğinde ısıtma yükü açısından daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç doğrultusunda Konya İli gibi ılımlı-kuru iklim bölgesinde yer alan ve yıllık enerji tüketimi yüksek binalarda, enerji verimliliği açısından çift kabuk cephe sistemi uygulamalarının yapılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Cephe sistemleri, çift kabuk cephe, enerji etkinlik, enerji analizi, sürdürülebilirlik

<sup>1</sup> 3. Uluslararası Mühendislik Eğitiminde Öğretim Teknolojileri Sempozyumu'nda "Bir Eğitim Yapısının DesignBuilder Programı ile Enerji Etkinlik Analizi" başlıklı bildiri olarak sunulmuştur.



## **Energy Efficiency Analysis with The Design Creator Program Of An Educational Structure<sup>2</sup>**

*Received: 13.11.2020*

*Accepted: 27.05.2022*

*Online: 14.06.2022*

*Published: 31.12.2022*

### **Abstract**

Energy is one of the important resources in the development of the economy and society. Depending on this development, the need for energy is increasing day by day. For this reason, concepts such as energy conservation, use of renewable energy resources, and energy efficient design should be integrated into projects in the process of future planning. Energy-efficient design or energy-efficient improvement methods in buildings play an important role in solving problems arising from energy needs and developing sustainable design. The purpose of energy efficient design is to provide the indoor conditions required with minimum energy consumption in outdoor conditions of the buildings. For this reason, the design of the outer shell-facade system is an important factor in the building. The facade system chosen as the subject of the study; They are double skin facade systems consisting of two glass curtain wall panels and the air gap between them.

Within the scope of the study, energy efficiency analysis was performed on the façade system of the faculty building designed for common use in Konya Necmettin Erbakan University Köyceğiz Campus. In this context, it is aimed to compare the energy efficiency of the single skin facade system used in the building and the double skin facade systems, which are proposed for improvement, in terms of thermal comfort level. For this purpose, Design Builder simulation program, which is a computer modeling and simulation program, was used. First of all, the heating energy load was calculated by modeling the current state of the building. Then, a double-skinned facade system was created by adding a glass layer to the appropriate facades of the building. When the building is analyzed in two different ways with the single-skin facade system and the double-skin facade system, which is an improvement proposal, for the periods when there is a need for heating, it has been determined that the double-skin facade system is more efficient in terms of thermal comfort level in terms of energy efficiency in terms of heating load. In line with the results obtained, it is recommended to implement double skin facade systems in terms of energy efficiency in buildings located in a moderate-dry climate region such as Konya Province and with high annual energy consumption.

**Keywords:** *Facade systems, double skin facade, energy efficiency, energy analysis, sustainability*

---

<sup>2</sup> This paper was presented in 3rd International Instructional Technologies in Engineering Education Symposium with the title "Energy Efficiency Analysis with The Design Creator Program of an Educational Structure"

## **GİRİŞ**

Kentleşmenin gelişmesiyle birlikte kırsal kesimden dünya kentlerine göç başlamış, kentsel yapıların yoğunluğuna bağlı olarak yenilenemeyen enerji tüketimi hızla artmıştır. Yapılı çevrenin yoğunluğunun artması, kentsel çevrede yeşil alanların azalmasına neden olmuş ve birçok olumsuz çevresel gelişme meydana gelmiştir. Küresel ısınma, doğal kaynakların hızla tükenmesi, enerjiye duyulan ihtiyacın artması gibi sebepler enerji korunumu kavramını gündeme getirmiştir. Mimarlık disiplini de yakından ilgilendiren enerji korunumu, yapı tasarımı ve yapı ömrü boyunca önemini sürdürmektedir. Binalarda enerji korunumu cephelerin iyileştirilmesi, gölgeleme elemanlarının kullanımı, malzeme özelliklerinin geliştirilmesi gibi birçok şekillerde sağlanabilmektedir. Bir yapıda en fazla enerji kaybı cephelerden olmaktadır. Bunun sebebi cephelerin yüzey alanı en geniş yapı elemanı olması ve dış çevre ile doğrudan bağlantısı olmasıdır.

Yapılardaki ortam koşullarının iyileştirilmesinde “tükenen enerji” türlerinin kullanımı çevre kirliliği, kaynakların tükenmesi ve ekonomik problemleri beraberinde getirmiştir. İhtiyaç duyulan enerji kaynağını yenilenebilir enerjiye yönlendirmek için stratejiler üretilmektedir. Bu sistemler “enerji etkin sistemler” olarak adlandırılmakta ve mimarlara yapma çevrede harcanan enerji miktarı üzerinde etkisi en fazla olan “bina kabuğunu” daha verimli ve enerji etkin tasarlayabilme imkânı sunmaktadırlar. Enerji etkin tasarım kavramının önem kazanması ile birlikte bu alanda çalışmalar artmış, enerjinin etkin kullanılabildiği sistemler araştırılıp incelenmeye başlanmıştır.

Gönüloğlu'nun (2014) çalışmasında, mevcut binaların enerji etkin olarak değerlendirilebilmesi için ne tür iyileştirmeler yapılacağı üzerinde durulmaktadır. Yurtdışındaki iyileştirme örnekleri üzerinden bir karşılaştırma gerçekleştirilip, mevcut yapılar için uygulanabilecek metotları bir araya getirerek İzmir ili için bir iyileştirme modeli önerisi oluşturulmuştur.

Benzer amaçla Deniz'in (2018) çalışmasında yıllık enerji tüketiminin azaltılması kapsamında kamu yapıları üzerinde uygulanan, yapı kabuğu tasarım örneklerinin ısı performansları tespit edilerek iyileştirme alternatifleri geliştirilmiştir. Tasarım örneklerinin ısı performansları bağlamında, ilk yatırım maliyet ve yıllık enerji tüketim maliyetleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Eğitim binalarında enerji etkin iyileştirmenin teknolojik ve yenilikçi yöntemlerle ele alınacağı bu çalışmanın amacı, tek ve çift kabuk cephe sistemlerinin iç ortam ısı konfor koşullarına olan etkilerinin kıyaslanması ve bu cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısı konfor koşullarına olan etkilerinin benzetim metoduyla değerlendirilmesidir. Bu doğrultuda enerji etkin iyileştirme kararlarının alınması binalarda en büyük ısı kayıp ve kazançlarının meydana geldiği bina kabuğu üzerinden gerçekleştirilmiştir. İlimli-kuru iklim bölgesinde bulunan Konya'da inşa edilmiş ve tek kabuklu giydirmeye sahip olan fakülte binasının enerji yüklerini azaltmaya yönelik öneriler geliştirilmiştir. Çalışma, ısıtma yükleri oldukça fazla olan binanın cephesine ikinci bir kabuk eklenerek çift kabuklu sistem oluşturulduğu takdirde enerji harcamalarının azalacağı hipotezi üzerine kurgulanmıştır. Tek kabuklu ve çift kabuklu cephe sistemlerinin enerji verimliliğini değerlendirebilmek için Design Builder isimli benzetim programından faydalanılmıştır. Bu program ile fakülte binasındaki yıllık toplam ısıtma yükü ve enerji ihtiyacı aylık olarak hesaplanmış ve tek kabuk ve çift kabuk cephe sistemleri üzerinden karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmıştır.

## **2.ENERJİ ETKİNLİK**

Enerji etkinliği, enerji kaynaklarının yüksek etkinlikte kullanılması ve enerji kayıpları ile her çeşit atığın değerlendirilmesi ya da geri kazanılması yolu ile enerji tüketiminin ekonomik kalkınma, toplumsal refah, konfor koşulları, istenilen performans düzeyi ve kaliteden taviz vermeden enerji sarfiyatının azaltılması anlamına gelmektedir. Aynı ürün daha az enerji ile üretildiğinde, önceki duruma göre enerji tasarrufu sağlanır. Tasarruf edilen enerji her zaman yeni üretim / hizmet için ek enerji olarak kullanılabilir. Enerji tasarrufu, enerji arzının en önemli alternatiflerinden biridir. Enerji etkinliğin ana hedefleri geçmişten günümüze değişmemektedir ancak ilerleyen teknoloji ile enerji verimliliğinin kapsamı zaman içinde büyümekte, ilgili yapılara ilişkin farklı tanımlamalar kullanılmaktadır. Bu tanımlar: enerji etkin yapı, sürdürülebilir bina, yeşil

bina, enerji verimli yapı, çevre dostu yapı gibi farklı kavramlarla ifade edilebilmektedir. Enerji etkin yapı, kullanım süreci boyunca yapının, özellikle pasif yöntemlerle tasarımı, konfor ve sağlık koşullarının sağlanmasında en az düzeyde enerji harcamasını gerçekleştirerek, aktif yöntemlere ihtiyacı azaltan ve ihtiyacı mümkün olduğunca yenilenebilen kaynaklar ile karşılayan yapılar olarak tanımlanabilir (Elbi, 2019).

Enerjinin etkin kullanımı; Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı, Pasif Isıtma ve Soğutmanın Sağlanabilmesi, Doğal Aydınlatmadan Yararlanılması, Enerji Tasarrufu Sağlayacak Detaylandırma ve Enerji Etkin Ekipman Kullanması, Enerjisi Düşük Malzemelerin Seçimi, Enerji Etkin Kentsel Tasarımların hayata geçirilmesi ile mümkün olmaktadır (Sev, 2009). Enerji etkinlik mimari planlama sürecinde tasarım aşamasında ele alınıp uygulamaya aktarılacak bir yaklaşım olmakla birlikte mevcut binalarda da bir takım düzenlemelerle enerji etkin iyileştirmeler yapılarak enerji etkinlik sağlanabilmektedir.

## **2.1. Enerji Etkin İyileştirme**

Mevcut yapıların enerji performanslarının iyileştirmesi ancak enerji etkinliğini etkileyen kriterlerin iyileştirilmesi ile mümkündür. Ancak mevcut binaların enerji performansını etkileyen çevresel ve yapısal özellikler ile sınırlı bir şekilde iyileştirmeler mümkün olmaktadır. Bu bağlamda, mevcut binaların çevresel özellikleri değiştirilemeyeceğinden, sadece binaların performansının iyileştirilmesine yönelik önlemler; enerji tüketimini azaltma önlemleri ve enerji üretme önlemleri olarak iki başlığa ayrılabilir. Enerji tüketiminin azalmasını sağlayan önlemler; bina kabuğunda iyileştirme, aktif sistemlerde iyileştirme ile sağlanabilmektedir. Enerji üreten önlemler ise iklime göre uygulanabilirlikleri değişiklik göstermektedir. Bunlar; PV sistemlerin uygulanması, çatı rüzgâr türbinleri vb. yenilenebilir enerji sistemleridir.

Aktif sistemlerdeki iyileştirmelerde: Düşük verimli HVAC sistemlerinin yüksek verimliler ile değiştirilmesi, Güneş enerjisinden faydalanan sistemlerin uygulanması, Yüksek verimli ısıtma, soğutma merkezi, klima santrali, fan cihazı, pompa kullanılması, Bina otomasyon sistemlerinin uygulanması vb. olarak belirtilmektedir (Karagözler, 2018).

Bina Kabuğunda İyileştirme: Opak ve saydam elemanlardan oluşan bina kabuğu, binanın dış çevresi ile bina arasında bariyer görevi sağlamakta ısı kayıp ve kazançlarının bina kabuğunda sürekli olarak gerçekleşmektedir (Karagözler, 2018). Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğunun birim alanından kaybedilen ve kazanılan ısı miktarında belirleyici olduğu için yapı için çok önemlidir (Manioğlu ve Yılmaz, 2001). Bina kabuğu yapı içindeki yalnızca termal konfor durumunu etkilememekte; yapı için akustik, aydınlatma vb. tüm konfor koşullarını etkilemektedir. Bu nedenle yapı kabuğunda yapılacak olan iyileştirme, yapının enerji etkinliğinin artırılmasında büyük etkiye sahiptir. Kabuğun dış ortam hava şartlarına uyarlanması, kabuğun neden olduğu ısı kaybının azaltılması, ısıtma ve aydınlatma amaçlı kazanılmaya çalışılan güneş ısısının artırılması ve soğutma yükünün azaltılması; yapı kabuğunun iyileştirilmesinde gereken şartlardır. Mevcut kabukta yapılacak olan enerji etkin iyileştirmeler;

Duvar yapı elemanında; Isı yalıtım uygulaması, boşluklu duvar oluşturulması ile

Pencere yapı elemanında; Isı kontrol camlarının kullanılması, güneş kontrol camlarının kullanılması, ısı ve güneş kontrol camlarının kullanılması, pencerelerin kasalarının değiştirilmesi, güneş kontrol elemanlarının kullanılması ile,

Çatı yapı elemanında; Isı yalıtım uygulanması, hava tabakalı çatı uygulanması ile enerji etkin iyileştirmeler sağlanabilmektedir.

Enerji etkin tasarlanan binalarda ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen bina yaşam döngüsü sürecinde ekonomik, sosyal ve çevresel yararlar sağlayacağı ispatlanmıştır. Yapı kabuğu, ısı kazanç ve kayıplarında büyük rol oynamaktadır. Bu yüzden enerji etkin kabuk tasarımı ve detaylandırması ile yapının ısıtma ve soğutma ihtiyacında ciddi tasarruflar elde edilebilmektedir (Çakır Kıyası, 2015).

Mevcut binalarda enerji etkin iyileştirmenin alternatif çözümlerinin çoğunlukla bina kabuğu üzerinden sağlanması ve bu çalışmada enerji etkinliğin alternatif cephe sistemleri ile karşılaştırmalı değerlendirmesinin

yapılması dolayısıyla enerji etkin cephe sistemlerinden bahsetmek uygun olacaktır.

### 3. ENERJİ ETKİN CEPHE SİSTEMLERİ

Bina kabuğu, binanın yapım aşamasında harcanan enerji miktarında yaklaşık %10-%20 oranında bir paya sahiptir. Bununla birlikte, kullanım sırasında termal konfor sağlamak ve binayı olumsuz dış hava koşullarından korumak da büyük enerji kayıplarının sebeplerinden bazılarıdır. Enerji geri kazanımında bina kabuğunun önemli bir yere sahip olması, sürdürülebilir bina teknolojisinde cephe sistemlerine öncelik verilmesini sağlamıştır. Bunun sonucunda da enerji etkin cephe sistemleri geliştirilmiştir.

Akıllı binalarda sıklıkla kullanılan enerji etkin cephe sistemleri genel olarak çift kabuklu olarak tasarlanmakta ve enerji etkinlik bağlamında tasarımcıya geniş olanaklar sağlamaktadır (Lakot, 2007). Cephelerin enerji etkin gelişim süreci içinde tek kabuk ve çift kabuk cepheleri de kısaca incelemek faydalı olacaktır.

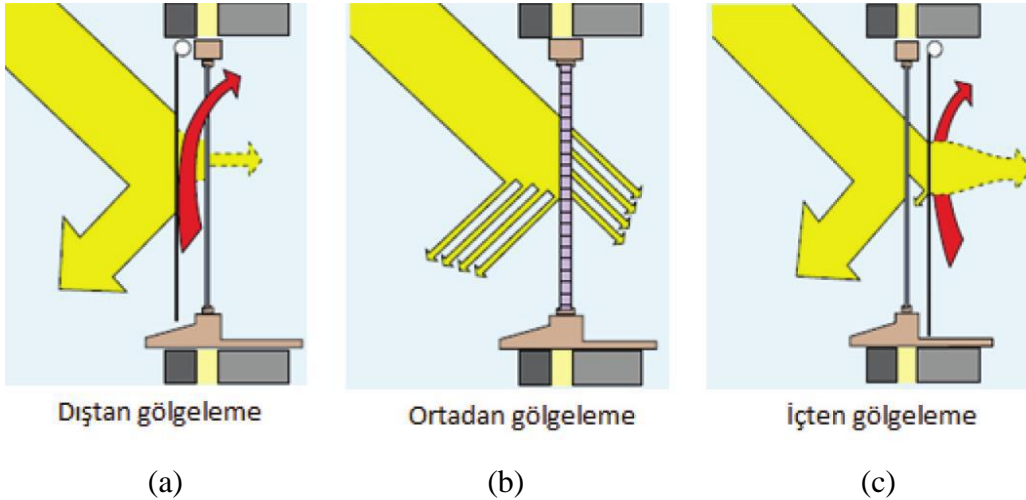
#### 3.1. Tek Kabuklu Cephe Sistemleri

Tek kabuklu cephe, hepsi aynı düzlemde bulunan saydam ve opak elemanlardan oluşur. En basit formlar pencereleri ve katı duvar yüzeylerini içerir. Bu sistemlere ek olarak fonksiyonel yapısal elemanlar da eklenebilir. Tek kabuklu cephe sisteminde, güneş ışığı kontrolü sağlamak ve güneş ışığını kontrol edilebilir bir seviyede tutmak için özel bir cam kaplama kullanılır. Bununla birlikte, bu kaplamalar kışın güneşten kazanılan ısıyı azaltır ve ışık geçirgenliğini sınırlar. Bu nedenle, tek kabuklu cephe sistemleri kontrol edilebilir elemanların da kullanımını gerektirir.

Tek tabakalı cepheler, yüzeyler ve kontrol üniteleri bakımından 3'e ayrılmaktadır.

- Dış kontrol üniteli (gölge elemanlı) cepheler
- Paneller arasında konumlandırılmış kontrol üniteli cepheler
- İç kontrol üniteli cepheler

Aşağıdaki şekilde bu cephelerin şematik anlatımları gösterilmektedir (Yanmaz, 2018) (Şekil 1).



Şekil 1. Tek Tabakalı cephelerde güneş kontrol elemanlarının yerleşim biçimleri (Yanmaz, 2018)

(a): Dış kontrol üniteli gölgeleme elemanı

(b): Entegre edilmiş güneş kontrol elemanı

(c): İç kontrol üniteli cepheler

- Dış kontrol üniteli (gölge elemanlı) cepheler; dıştan gölgelemenin sağlandığı tek kabuklu cephe sistemlerinde gölgeleme elemanları kabuk dışına yerleştirilerek güneş ışığının kırılması sağlanmaktadır (Şekil 1(a)). Bina cephesine çarpan gün ışığı gölgeleme elemanların ısınmasına sebep olmaktadır. Fakat gölgeleme elemanlarının dış ortamda konumlandırılmasından dolayı gölgeleme elemanlarının ısı iç mekana yansımamaktadır. Gölgeleme elemanları bina cephesinde estetik ve fonksiyonellik sağlamanın yanında hava

şartlarından olumsuz etkilenmesi, temizlik ve bakım masraflarının yüksek olması sistemin dezavantajı olarak söylenebilmektedir. (Anaç, 2019).

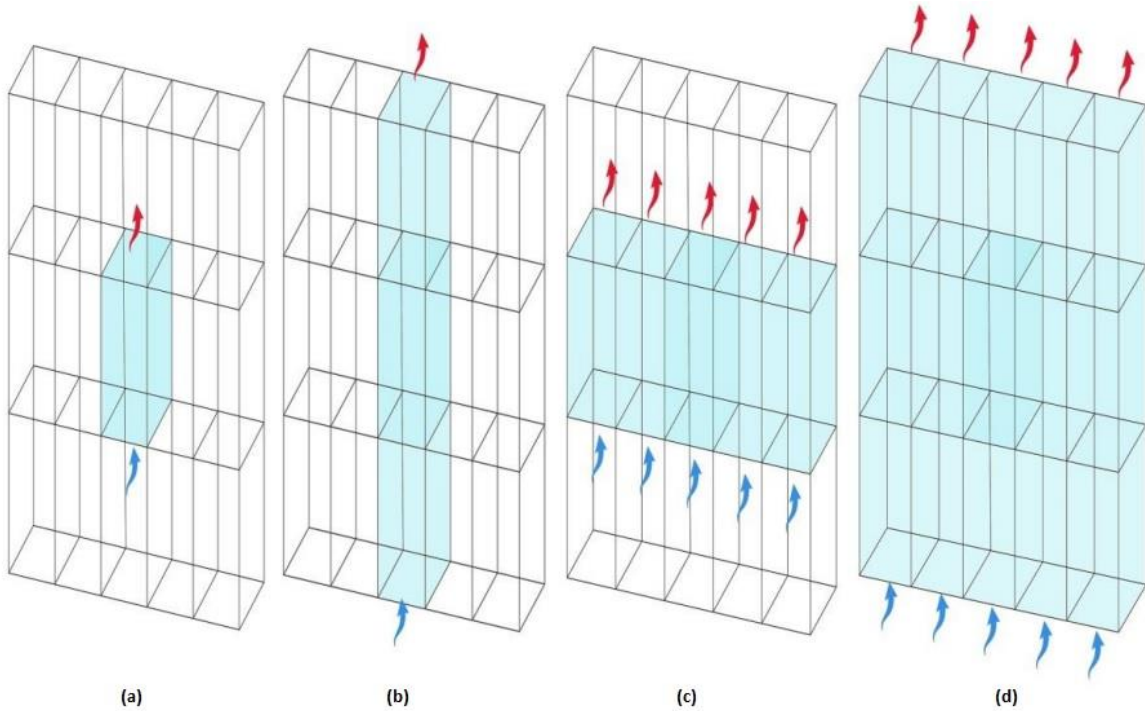
- Paneller arasına entegre edilmiş kontrol üniteli cepheler; bu cephelerde kontrol elemanları cam ünite içine entegre edilerek gölgeleme ortadan sağlanmaktadır (Şekil 1(b)). Tek kabuklu cephe sistemleri içinde kullanımı yaygın değildir. Üretim maliyetinin yüksek olmasının yanı sıra temizlik ve bakım maliyeti düşüktür. Camlar arasına yerleştirilen elektronik motorlar sistem maliyetini arttırmaktadır. Yalıtımlı camlar arasına yerleştirilen manyetik sistemler sisteme alternatif çözüm olarak önerilebilmektedir.
- İç kontrol üniteli cepheler; içten gölgelemenin sağlandığı bu cephelerde güneş kontrol elemanları yapı içerisine yerleştirilmektedir (Şekil 1(c)). Isıl korunumu diğer sistemlere göre zayıf kaldığı için kullanımı yaygınlaşmamıştır. Güneşten kazanılan ısı, elemanın içeride olması nedeni ile binaya hapsolmektedir. Kullanılan malzeme türü ise tekstil malzemelerinden üretilen stor ya da jaluzilerdir.

Bu sistemlerin ısı korunum etkinliği diğer sistemlere göre daha düşüktür. Isının mekân içerisine geçişi gerçekleştiği için mekân ısı artmakta ve ısı kontrolü etkin sağlanmamaktadır. Bu sistemlerin tercih edilme sebebi temizlik ve bakımının kolay olmasıdır (Sönmez ve Kısıf, 2018).

### 3.2 Çift Kabuk Cephe Sistemleri

Çift kabuk cephe sistemleri pek çok farklı işlevdeki katmanlardan oluşur. Bu katmanlar; dış cephe katmanı, iç cephe katmanı ve katmanlar arası oluşturulan boşluktur. Dış cephe katmanı dış ortam hava şartlarına karşı koruma sağlarken, ses yalıtımı da sağlar. Ayrıca dış katmanda (kabukta) açılacak pencereler binanın doğal havalandırmasına olanak sağlamaktadır. Ortada bulunan tampon bölge yani camlar arasında oluşturulan boşluk ise hava akımını büyük miktarda azaltır. Kullanım ihtiyacı doğduğunda güneş kırıcı elemanlar da bu tampon bölgede konumlandırılmaktadır. Tampon bölge binayı yazın serin, kışın sıcak tutmayı sağlamaktadır.

Enerji etkin iyileştirme yöntemi olarak çift kabuk cephe sistemi ise mevcut bina kabuğunun önüne ikinci cam cephenin eklenmesiyle oluşturulmaktadır. İki yapı kabuğu arasında tampon bölge işlevine sahip hava boşluğu, iklimsel değişikliklere karşı içdış ortam koşulları arasında denge kurarak, iç ortam konfor koşullarının sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Hülagü ve ark., 2021)



**Şekil 2.** Çift kabuk cephe türleri (Erol, 2017)

Çift kabuklu cephe sistemlerinde mekân havalandırılması amacıyla menfezler kullanılır. İki kabuk arasında oluşan boşluktan menfezler yardımıyla iç mekânın havalandırılması sağlanmaktadır.

Çift kabuklu cepheler de iki kabuk arasında bulunan havalandırma boşluklarına göre;

- Kutu Pencere Tipi Çift Kabuk Cepheler,
- Bina Yüksekliğindeki Çift Kabuk Cepheler,
- Kat Yüksekliğindeki Çift Kabuk Cepheler,
- Şaft Tipi Çift Kabuk Cepheler olarak dört başlık altında incelenebilirler (Şekil 2).

**Kutu Pencere Tipi Çift Kabuk Cepheler:** Kutu pencere tipi çift kabuk cepheler, tampon bölgenin yatay ve düşey bölümlenip bağımsız ve küçük kutular olarak çalıştığı cephe sistemleridir (Şekil 2(a)). Kutu pencere tipi cepheler, her kat üzerinde yatay bölümlerle ve her pencerede dikey bölümlerle havalandırılan bir cephe kuruluşuna sahiptir. Hava giriş ve çıkış menfezleri her katta yer alır. Bu nedenle etkili bir seviyede doğal havalandırma sağlanmış olur. Bu tip cephelerde, dışarıdaki havanın giriş ve çıkışını sağlayan, sıklıkla katlar arasında yer alan bir pencere çerçevesi tasarlanır. Bu pencere hava giriş ve çıkış deliklerine sahiptir. Çerçeve içine alınan hava, çift cephe içinde ısıtılır ve yükselen hava yakındaki balık ağzı pencere çerçevesinden dışarı atılır (Yeşilli, 2016).

**Bina Yüksekliğindeki Çift Kabuk Cepheler:** Bu cephe sisteminde iki kabuk arasındaki boşluk, tüm katlar boyunca kesintiye uğramadan devam ettirilmektedir. Havalandırmanın sağlandığı menfezler ise binanın en alt ve en üst döşemeleri hizasına yerleştirilmektedirler. Altta bulunan menfezden boşluğa giren hava ısındıkça yükselmektedir (Şekil 2(b)). Yükselen havanın yerini ise kabuğa yeniden giren soğuk hava almaktadır. Kış döneminde ısı kazancı sağlanması amacı ile bu menfezlerin kapatılması sonucunda oluşturulan sera etkisi ile güneş enerjisinden maksimum verim elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Bina yüksekliğindeki çift kabuk cephe sistemlerinde ısınan havanın yükseldikçe üst katları ısıtması önemli bir problemdir. Yaz aylarında sistem soğutma yükünü arttırmaktadır. Ayrıca mekânlarda oluşan seslerin dış yüzeye çıkışı olmadığı için alt ve üst hacimlerde gürültü problemi oluşturabilmektedir. En önemli dezavantajı ise yangın çıkması durumunda hava boşluğundan yangının yayılması kolaylaşmaktadır.

**Kat Yüksekliğindeki Çift Kabuk Cepheler:** Çift kabuk cephe sistemlerinin en çok uygulanan türlerinden olan kat yüksekliğindeki çift kabuk sistemler tampon bölgenin katlar arasında yatay bölünmesi sonucu oluşur. Döşemenin alt noktasından hava girişi sağlanırken, üst döşeme hizasında oluşturulacak açıklıklar ile hava çıkışı sağlanmaktadır (Şekil 2(c)). Oluşan havalandırma koridoru her katta ayrıldığı için katların havalandırılması birbirinden bağımsız olarak sağlanmış olmaktadır. Havalandırmanın bağımsız olması dumana, sese ve yangına karşı da bir yalıtım sağlamaktadır.

Kat yüksekliğinde çift kabuk cephelerin avantajları;

- Katların kendi içinde bağımsız havalandırılabilmesi,
- Dış görünüşün kısıtlanmaması,
- Güneş kontrol elemanlarının cepheler arasındaki boşluğa gizlenebilmesi,
- Döşemeler arası ses yalıtımının sağlanması,
- Hava giriş ve çıkış yolları kısa olduğu için yazın ve kışın daha iyi havalandırmanın sağlanması,
- Hava giriş-çıkışlarının üst üste veya şaşırtmalı olarak düzenlenebilmesi,
- Atık havanın devreye girmesinin engellenmesi olarak sıralanabilmektedir.

**Şaft Tipi Çift Kabuklu Cephe Sistemleri:** Şaft tipi cephe sistemi, kutu pencere tipi sistemin özelleştirilmiş şeklidir (Şekil 2(d)). Şaft tipi cephe sistemleri, düşey şaftlar kullanıldığı için “bina yüksekliğinde çift kabuklu sistemlere”, her katın döşeme düzleminde hava giriş açıklığı bulunması ve havanın şaftta yatay açıklıklarla iletilmesi özelliğiyle de, “kat yüksekliğinde çift kabuklu sistemlere” benzemektedirler. Şaft tipi cephelerde, kutu pencerelere ek olarak baca sistemleri de geliştirilmiştir.

Şaft cephe sistemleri dış görünüşü kısıtlamaması, güneş koruyucuların gizlenmesi ve sağladığı ses yalıtımı ile avantajlıdır. Fakat hava tahliye kanallarının ve deliklerinin tespitlerinin zorluğu, yangın durumunda hava tahliye kanallarından dumanın yayılma ihtimali açısından dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle de ekstra yangın önlemi gerektirir.

#### **4. KONYA NEÜ FAKÜLTE BİNASI CEPHE SİSTEMİ ENERJİ ETKİNLİK ANALİZİ**

Çalışma kapsamında ele alınan enerji analizi yapılacak bina Konya ili Meram ilçesi Necmettin Erbakan Üniversitesi Köyceğiz Kampüsü'nde aynı tasarıma sahip 3 adet fakülte binalarından biridir (Resim 1) (Resim 2).



**Resim 1.** NEÜ Köyceğiz Kampüsü Fakülte Binaları



**Resim 2.** NEÜ Fakülte Binası Ön Cephe Görünümü

Yapı betonarme karkas sistem olup, yapı kabuğu cam giydirmeye sistemine sahiptir. Binadaki ısınma probleminin ciddi seviyede olmasından dolayı yapı kabuğundaki iyileştirme önerisi ile ısıtma yükünün azaltılması amaçlanmaktadır. Çalışmada yapının mevcut durumunun ısı enerji ihtiyacı belirlendikten sonra, alternatif cephe önerisindeki ısı enerji ihtiyacı analiz edilmiştir.

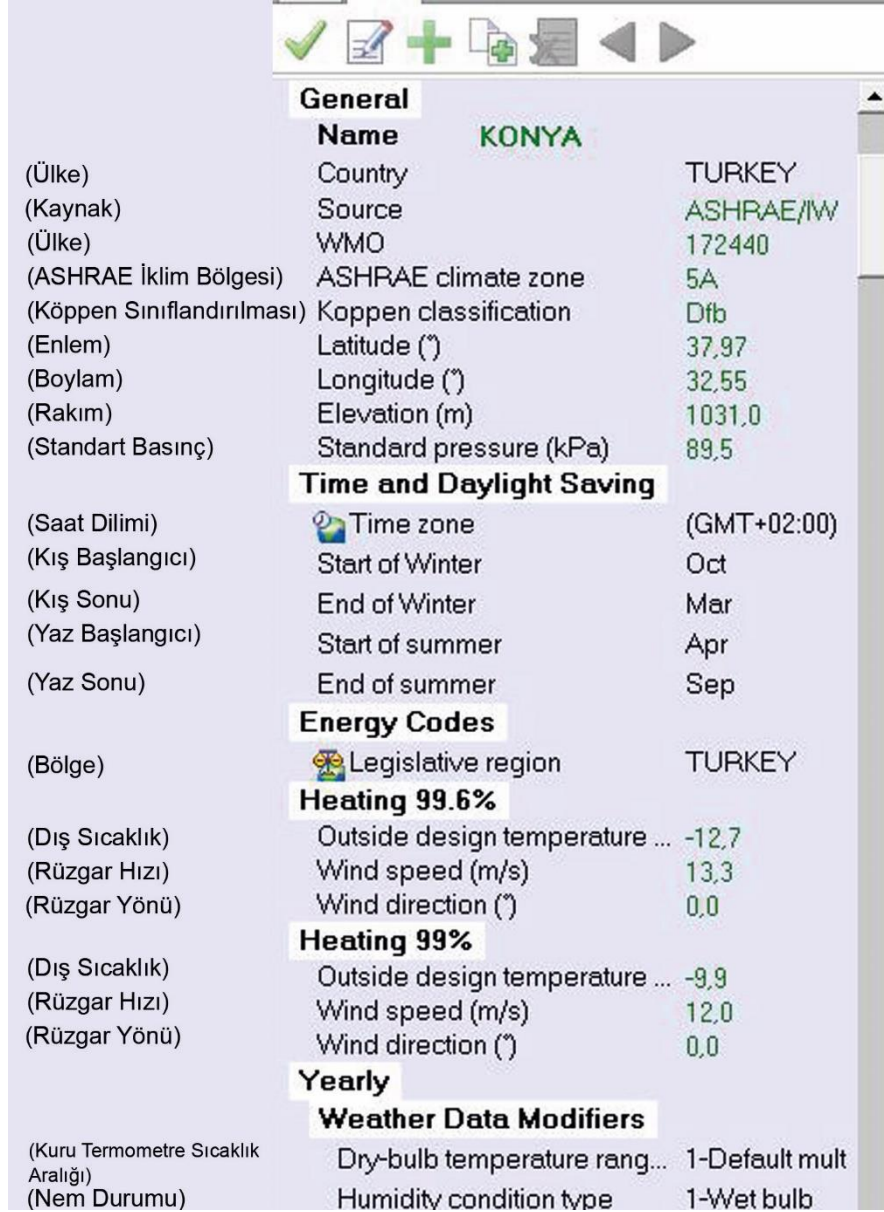
Çalışmada kullanılmış olan benzetim programı Design Builder, yapı tasarımlarını enerji, karbon, aydınlatma



ve konfor bakımından performans ölçmek ve kontrol etmek için geliştirilmiş EnergyPlus tabanlı bir yazılım aracıdır (Altensis, 2015).

Benzetim süreci 5 farklı aşamadan oluşmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Benzetim yapılacak olan bina modelinin belirlenmesi
- Bina modelinin Design Builder programına aktarılması
- Aktarılan bina modeli için ortak ve farklı seçeneklerin belirlenmesi
- Oluşturulan seçenekler için yıllık toplam ısı enerji ihtiyacının hesaplanması
- Hesaplanan değerlerin değerlendirilmesi.



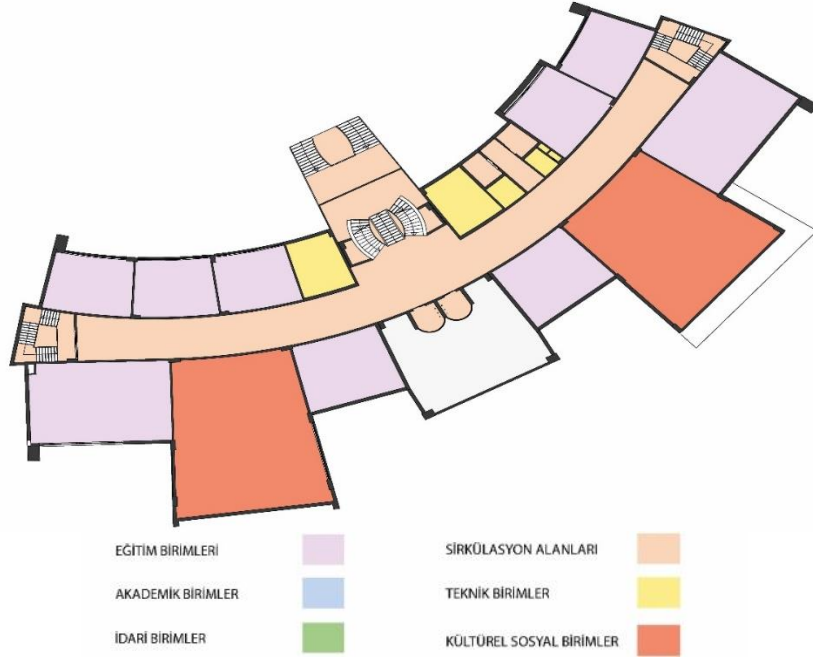
General		
Name	KONYA	
(Ülke)	Country	TURKEY
(Kaynak)	Source	ASHRAE/IW
(Ülke)	WMO	172440
(ASHRAE İklim Bölgesi)	ASHRAE climate zone	5A
(Köppen Sınıflandırılması)	Koppen classification	Dfb
(Enlem)	Latitude (°)	37.97
(Boylam)	Longitude (°)	32.55
(Rakım)	Elevation (m)	1031.0
(Standart Basınç)	Standard pressure (kPa)	89.5
Time and Daylight Saving		
(Saat Dilimi)	Time zone	(GMT+02:00)
(Kış Başlangıcı)	Start of Winter	Oct
(Kış Sonu)	End of Winter	Mar
(Yaz Başlangıcı)	Start of summer	Apr
(Yaz Sonu)	End of summer	Sep
Energy Codes		
(Bölge)	Legislative region	TURKEY
Heating 99.6%		
(Dış Sıcaklık)	Outside design temperature ...	-12.7
(Rüzgar Hızı)	Wind speed (m/s)	13.3
(Rüzgar Yönü)	Wind direction (°)	0.0
Heating 99%		
(Dış Sıcaklık)	Outside design temperature ...	-9.9
(Rüzgar Hızı)	Wind speed (m/s)	12.0
(Rüzgar Yönü)	Wind direction (°)	0.0
Yearly		
Weather Data Modifiers		
(Kuru Termometre Sıcaklık Aralığı)	Dry-bulb temperature rang...	1-Default mult
(Nem Durumu)	Humidity condition type	1-Wet bulb

Şekil 3. Design Builder ortamında Konya iline ilişkin IWEC kaynaklı iklim verileri

DesignBuilder (2015) programında modellemeye başlamadan önce, binanın konumuna ait olan “hava verileri dosyası” program kütüphanesinden seçilerek aktif hale getirilmelidir. EnergyPlus programıyla aynı benzetim motorunu kullanan DesignBuilder, ANSI/ASHRAE 140 2004 standardıyla uyumlu olarak “Enerji Hesabı için Uluslararası Hava Verileri (International Weather for Energy Calculation / IWEC)” adında bir dosya içermektedir ve benzetim yaparken, belirlenen tasarım günü için güneşin konumu, sıcaklık, basınç ve nem verileri için, IWEC kaynağından alınan bilgilerden yararlanır (Örkmez, 2012). Bu hava verileri dosyası konum ile ilgili olarak

bölge, iklimsel bölge, enlem, boylam, zaman dilimi, ekstrem ısınma ve soğutma şartları, basınç değerleri, yaz-kış dönemi başlangıç bitiş aylarını, rüzgar hızı ve yönü gibi temel verileri içermektedir (Şekil 3).

Alan çalışması için Türkiye'nin 3. iklim bölgesinde bulunan Konya İli seçilmiştir. 3.derece gün bölgesinde bulunan Konya ili Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde, 37.97 enleminde ve 32.55 boylamında yer almaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre BSk sınıfında yer almaktadır. Yani step ikliminde bulunmaktadır. Konya'da yıllık ortalama sıcaklık 11,6 °C'dir. En sıcak ay olan Temmuz ayında ortalama sıcaklık 22,8 °C'dir. En soğuk ay olan Ocak ayında ortalama sıcaklık -0,6 °C'dir (Kobyay, 2017).



**Şekil 4.** Zemin kat mekânların konumlandırılması



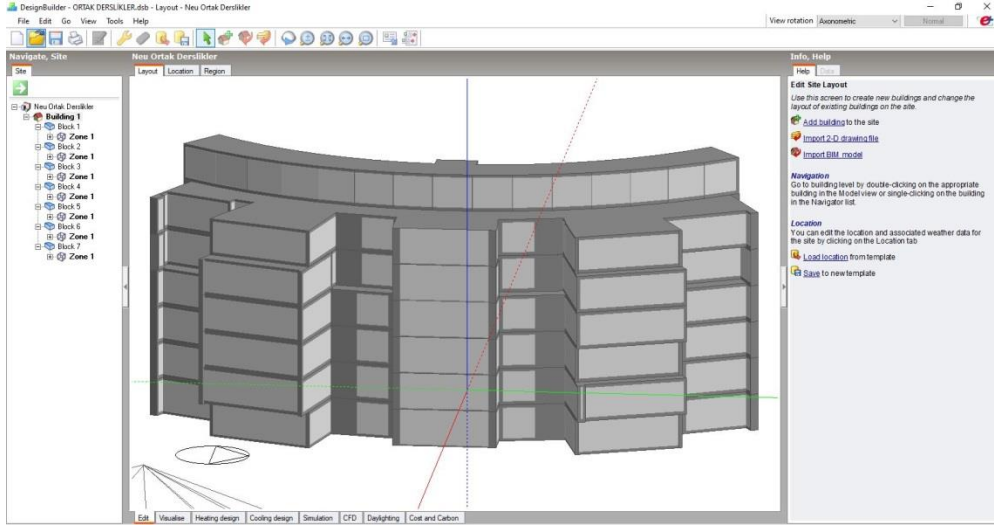
**Şekil 5.** 1.kat mekânların konumlandırılması

#### 4.1. Binaya İlişkin Veriler

Kuzey-güney aksında konumlanan ve eğrisel bir forma sahip olan bina 7 katlı ve eğrisel tabanlıdır; merdiven, asansör gibi servis hacimleri kuzey ve güney cephelerde, derslikler ve öğretim elemanı odaları binanın doğu ve batı cephelerinde yer almaktadır (Şekil 4) (Şekil 5). Binanın taban alanı yaklaşık 1500 m<sup>2</sup>, toplam inşaat

alanı ise 9707 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Yapıda kat yüksekliği 4.60 m olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında binanın mevcut durumu DesignBuilder simülasyon programı yardımıyla modellenerek yapının ısıtma yükleri hesaplanmıştır (Şekil 6). Bu aşamada binanın ortam sıcaklığı 22-24°C ayarlanmıştır.

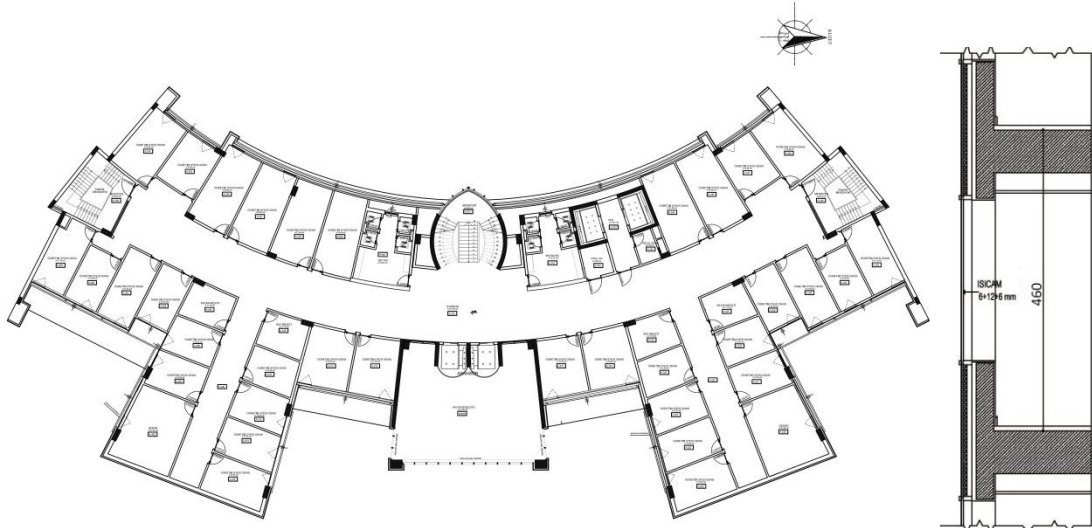


Şekil 9. Binaın modellenmesi

Tablo 1. Bina kabuğunu oluşturan yapı elemanı özellikleri

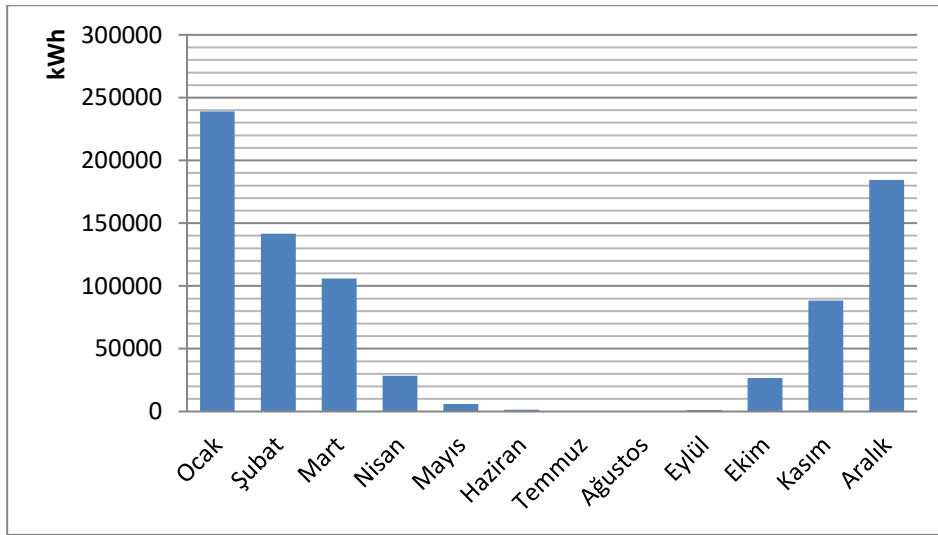
Dış duvar 1	Kalınlık (cm)	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)
Sıva	3	0,87
Betonarme perde	30	2,1
Sıva	3	1,4
UD1 (W/m <sup>2</sup> K)	2,85	
Dış duvar 2		
Sıva	3	0,87
Bimsblok	30	0,27
Sıva	3	1,4
UD2 (W/m <sup>2</sup> K)	1,05	
Zemine oturan döşeme	Kalınlık (cm)	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)
Betonarme döşeme	15	2,1
Çimento harçlı şap	4	1,4
Su yalıtımı	0,2	-
Çimento harçlı şap	3	1,4
Yapıştırma harcı	1,5	1,4
Kaplama malzemesi	1	2,3
UZ (W/m <sup>2</sup> K)	2,90	
Yürünebilen teras çatı		
Sıva	1,5	0,87
Betonarme döşeme	15	2,1
Çimento harçlı şap	4	1,4
Su yalıtımı	0,5	-
Buhar kesici	-	-
Çimento harçlı şap	3	1,4
XPS ısı yalıtımı	5	0,035
Çimento harçlı şap	2	1,4
Seramik kaplama	1,5	2,3
UT (W/m <sup>2</sup> K)	0,45	
<b>Pencere</b>	<b>Kalınlık (mm)</b>	<b>Up (W/m<sup>2</sup>K)</b>
Alüminyum çerçeve	6-12-6	2,9



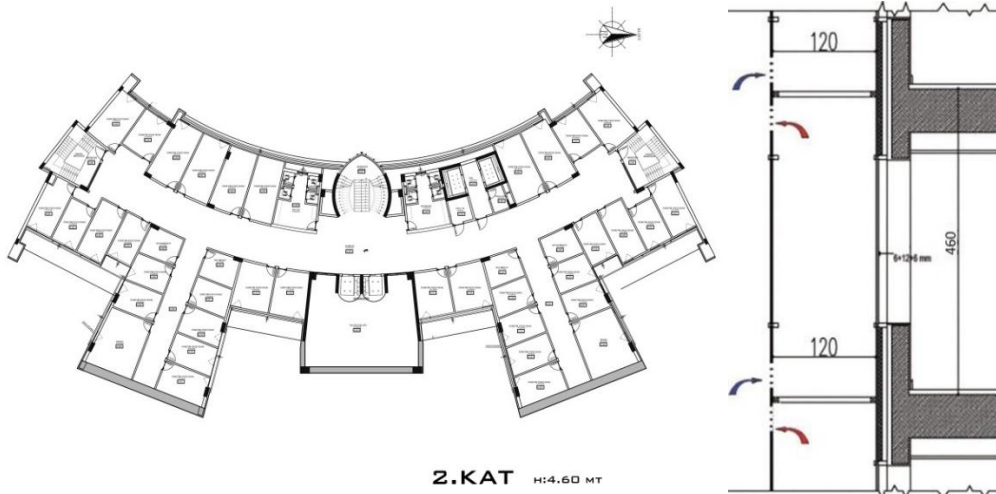


Şekil 8. Plan şeması ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti

Çalışmada fakülte binasının batı cephelerindeki döşemenin içbükey formda olması nedeniyle giydirme sistem görsellik, uygulama ve taşıma açılarından problem yaratacağından bu cephelere ikinci katman eklenmemiştir. Bu modelin şematik planı ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 9) aşağıdaki gibidir.



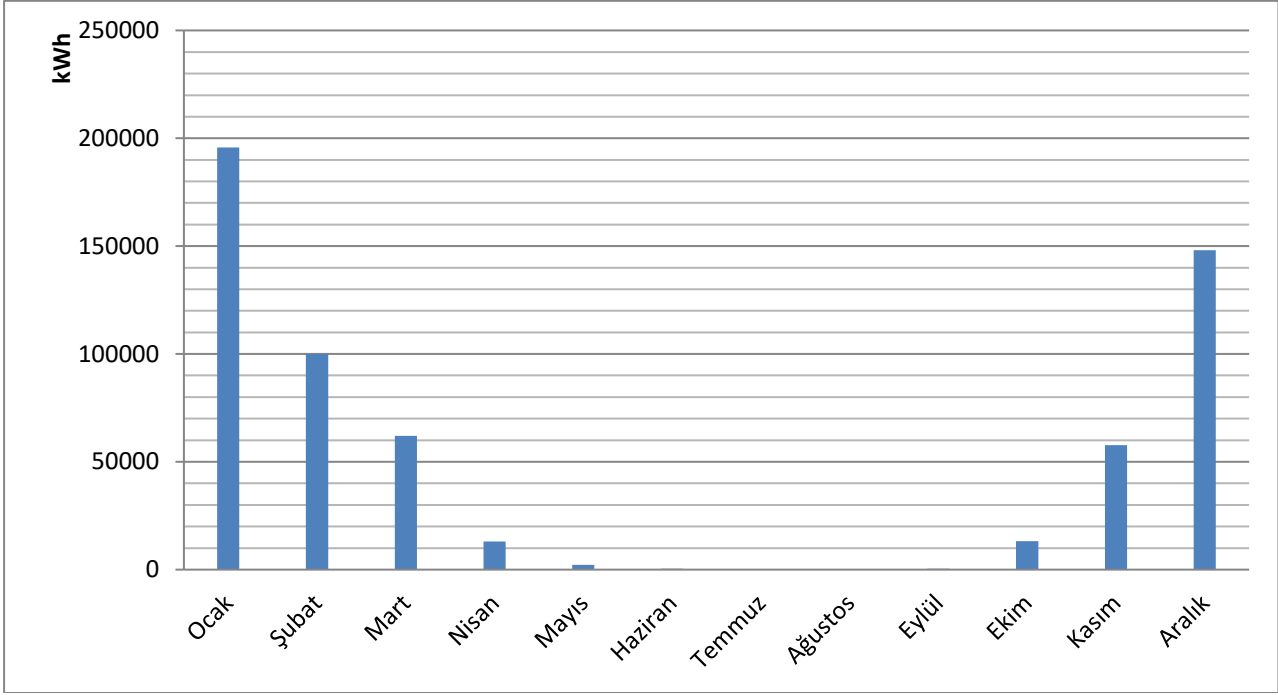
Grafik 1. Mevcut bina kabuğunun aylık ısıtma yükü grafiği



Şekil 9. Plan şeması ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti

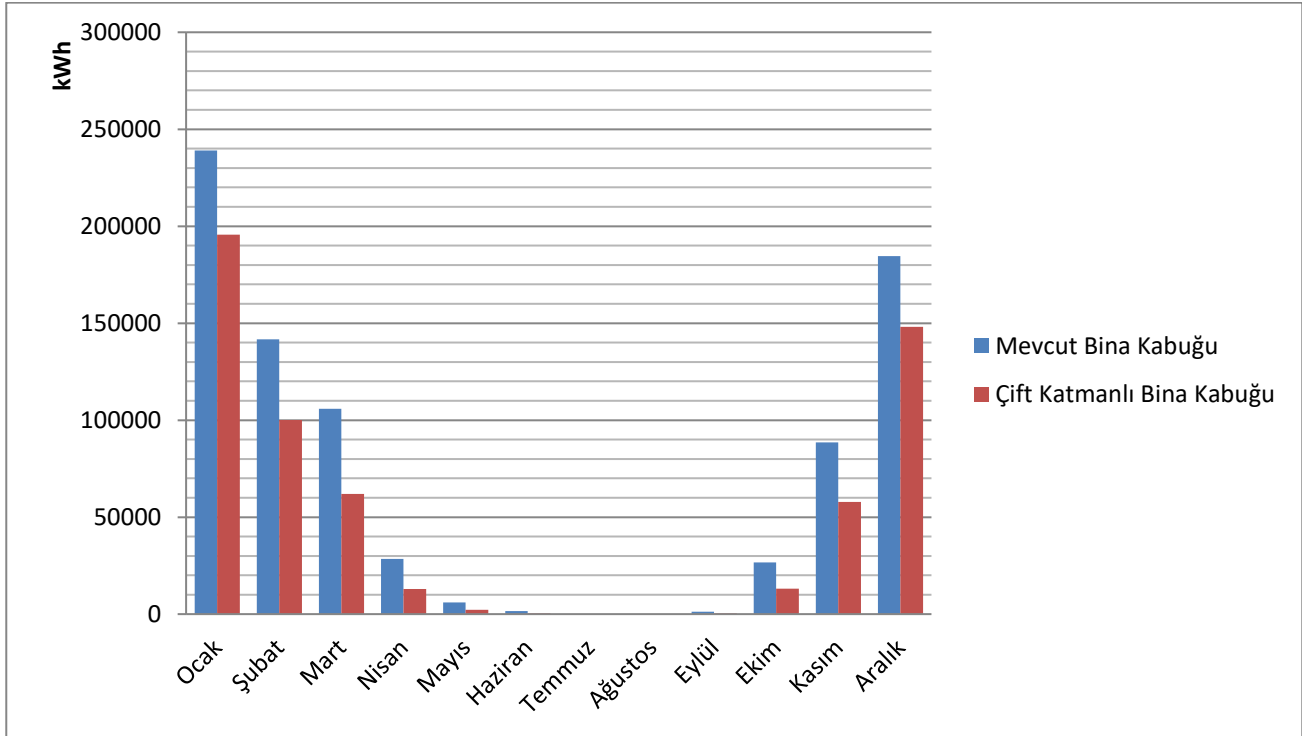
Binanın yalnızca doğu cephesinde bulunan akademisyen odaları ve galeri boşluğunun bulunduğu hacimlerin

cephelerine U değeri 1.8 w/m<sup>2</sup>K olan ikinci cam katman eklenerek çift kabuklu sistemli model oluşturulmuştur. Boşluk genişliği 120 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 592870 kWh olarak hesaplanmıştır. Analizler sonucunda hesaplanan ısıtma yükleri aşağıda belirtilmiştir (Grafik 2).



Grafik 2. İyileştirilmiş çift kabuk binanın aylık ısıtma yükü grafiği

Hazırlanan modellerin analizleri sonucunda elde edilen ısıtma yüklerinin kendi aralarında karşılaştırması Grafik 3’de görülmektedir. İkinci kabuğun yapının yıllık ısıtma yüklerini azalttığı gözlenmiştir.



Grafik 3. İyileştirilmiş çift kabuk binanın aylık ısıtma yükü grafiği

Çift kabuk cephe kullanımının, yapının senelik ısıtma enerjisi ihtiyacını yaklaşık olarak %28 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Aylık olarak kazanç oranları Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2.** Tek kabuk ve çift kabuk cephelerin aylık ısıtma yükleri

	<b>Mevcut Kabuk Isıtma Yüğü(kWh)</b>	<b>Çift Kabuk Isıtma Yüğü(kWh)</b>	<b>Azalma Oranı</b>
<b>Ocak</b>	239090	195670	%18
<b>Şubat</b>	141730	10080	%29
<b>Mart</b>	105930	62050	%41
<b>Nisan</b>	28440	13040	%54
<b>Mayıs</b>	5950	2240	%62
<b>Haziran</b>	1490	450	%70
<b>Temmuz</b>	0	0	0
<b>Ağustos</b>	0	0	0
<b>Eylül</b>	1250	380	%70
<b>Ekim</b>	26670	13150	%51
<b>Kasım</b>	88470	57770	%35
<b>Aralık</b>	184510	148040	%20
<b>Toplam</b>	820790	592870	%28

## **5.SONUÇ VE TARTIŞMA**

Günümüzde, yapma çevre tasarımında mimarların en önemli problemi; kullanıcı konfor koşullarının sağlandığı iç mekânı tanımlayan dış kabuğu, sürdürülebilir ve enerji etkin tasarlamaktır. Gelişmiş ülkelerde, ikinci bir kabuk ilavesi ile ısı konforun artırılmış olduğu çift kabuk cephe sistemleri, enerji etkin yapı tasarımlarında mimarlar tarafından tercih edilen sistemler arasındadır. Enerji etkin yapı tasarımı; sadece enerjiden tasarruf edilerek değil; aynı zamanda iç mekânda kullanıcı konfor koşulları sağlanarak da mümkün olacaktır. Konfor koşulları arasından “ısı konforun” yapma çevrede kontrolü için yapılmış çalışmalar ışığında, cephe sistemlerinin önemli bir yer tuttuğu bilinmektedir.

Çalışmanın hazırlanması sürecinde yapılan literatür taramalarında incelenen çalışmalarda çift kabuk cephe sisteminin ısıtma yüküne etkisi, tek kabuk cephe sistemlerine göre pozitif yönde etki gösterdiği görülmüştür. Araştırma kapsamında enerji etkin iyileştirme önerilerinden biri olan çift kabuk cephe sistemleri incelenmiştir. Çift kabuk cephe sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek, işletme maliyetleri ise geleneksel cephe ile kıyaslandığında çok farklı değildir. Enerji korunumu yanı sıra konfor koşullarını da sağladığı için bu sistemler tercih edilmektedir. Bunun yanında binalarda enerji performansını sağlamak için konum, çevresel etkenler, bina formu, yönlenme gibi parametreler de etkili olmaktadır.

Çalışmada Konya ili iklim koşullarında çift kabuk cephe kuruluşunun ısı davranışı enerji performansı hakkında değerli bilgiler elde edilmiştir. İklimsel koşullara bağlı olarak uygun özelliklere sahip cam tipi kullanılarak, çift kabuk cam cephelerin yeni veya mevcut binalarda uygulanması ile enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmektedir. Sınırlı miktardaki cephe kabuk değişikliğinin yıllık ısıtma yükü üzerinde yüksek oranda bir enerji tasarrufu sağlamış olması, mevcut yapılarda uygulanabilecek iyileştirmelerle enerjinin korunumunun gerekliliğini bir kez daha göstermektedir.

Deneysel çalışmanın kısıtı çift kabuk cephenin tek bir yön için uygulanmasıdır; dolayısı ile bu araştırma sonuçlarının, farklı katsayılara sahip malzemelerin kullanımında, diğer yönler ve farklı iklim koşullarında, güneş ışınım şiddetine bağlı olarak farklılık gösterebileceğine dikkat çekilmektedir. Binanın farklı fiziksel ve iklimsel şartlar altındaki ölçümlerinde, bina yöneliminin ve havalandırma etkisinin ayrıntılı incelenmesi yapılacak çalışmalar için bir örnek olarak önerilebilir.

## **KAYNAKLAR**

Altensis (2015). Design Builder Yazılımı, <http://www.altensis.com>: [28.09.2020].

Anaç, M., (2019). Cephe Gölgeleme Elemanlarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Deniz, A. (2018). Yapı kabuğunun düşük maliyetli enerji etkin iyileştirmesine yönelik bir yaklaşım-kamu yapısı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Elbi, D. (2019). Yapı bilgi modelleme aracılığı ile enerji etkin yapı tasarımı ve geliştirilmesi: bir konut projesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erol, H. (2017). Yüksek binalarda enerji etkin mimari tasarım yaklaşımları ve uygulama örneklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gönüloğlu, O. (2014). 1980-2008 yılları arasında Türkiye’de inşa edilen çok katlı konut binalarının enerji etkin hale getirilmesi için kullanılabilecek iyileştirme yaklaşımlarının incelenmesi: İzmir için bir uygulama önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İzmir.
- Hülagü, S. , Göksal, T. & Başaran, T. (2021). Çift kabuk cephe sisteminin bina ısı performansına etkisinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 41 (1) , 119-132 . DOI: 10.47480/isibted.979368
- Karagözler, S. (2018). Tarihi yapıların enerji performansının maliyet etkin iyileştirilmesi üzerine bir çalışma: İzmir tekel başmüdürlük binası, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çakır Kıasif, G. (2015) Enerji etkin çift kabuk cephe sistemlerinin İstanbul’a uygunluğunun analizi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kobyay, H.B. (2017). Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların ekolojik kriterler bakımından incelenmesi ve enerji verimliliğinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Manioğlu G., Yılmaz Z. (2001). Bina kabuğu ve ısıtma sistemi işletme biçiminin ekonomik analizi.
- Sev, A. (2009). Sürdürülebilir mimarlık, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Sönmez, B. & Çakır Kıasif, G. (2018). Çevresel, sosyal ve ekonomik bağlamda akıllı cephe sistemlerinin sürdürülebilir kalkınmaya etkileri. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1 (1), 47-70.
- Yanmaz, K. (2018). Güneş Enerji Sistemlerinde Sürekli Miknatıslı DC Motorun Benzetimi ve 2-DOF PI Kontrolörü ile Kontrolü. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 8(2), pp.181–188.
- Yeşilli, G. (2016). Gelişmiş cephe sistemlerinin ekolojik enerji etkin tasarım çerçevesinde incelenmesi iklim verilerine göre değişimi ve geleceğe yönelik öngörüler, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.