



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**CEPHE GÖLGELEME ELEMANLARININ**  
**ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ ÜZERİNE**  
**ETKİSİ**

**Merve ANAÇ**

**YÜKSEK LİSANS**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Mayıs-2019**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Merve Anaç tarafından hazırlanan ‘‘Cephe Gölgeleme Elemanlarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Üzerine Etkisi’’ adlı tez çalışması 25/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Doç.Dr. Hatice Derya ARSLAN


#### Danışman

Doç.Dr.Serra Zerrin KORKMAZ

#### Üye

Dr.Öğr.Üyesi Selçuk SAYIN

### İmza



.....



.....



.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Merve ANAÇ

Tarih: 25.07.2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS

## CEPHE GÖLGELEME ELEMANLARININ ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Merve ANAÇ

**Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ**

2019, 84

**Jüri**

**Doç. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ  
Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN  
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SAYIN**

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç artmakta ve kaynaklar hızla tükenmektedir. Bu sebeple tüm disiplinlerde enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar geliştirilmekte ve enerji etkinliği kavramı üzerinde durulmaktadır. Mimarlık disiplininde de enerji etkin yapı malzemeleri kullanımı, yalıtım sistemlerinin uygulanması ve kendi enerjisini kendi üreten yapı tasarımı vb. gibi birçok sistem geliştirilmektedir. Bu sistemlerin tümü enerji etkin yapı tasarımı başlığı altında değerlendirilmektedir. Enerji etkin yapı tasarımı; iklimlendirme sistemlerinde, mekanik ve havalandırma sistemlerinde yapılacağı gibi yapı kabuğunu oluşturan çatı ve cephe sistemlerinde de etkili bir şekilde uygulanmaktadır. Yapı kabuğunun anlaşılır olabilmesi ve enerji verimliliği üzerinde etkilerinin incelenmesi için öncelikle sınıflandırmalar yapılarak cephe kavramı açıklanmıştır. Cephelerden kaynaklı fazla enerji tüketimi problem olarak belirlenmiş ve bu tüketiminin azaltılabilmesi amacı ile gölgeleme elemanlarının kullanımının enerji tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Tez kapsamında farklı iklim bölgelerinde, ısıtma ve soğutma ihtiyacı için gerekli enerji miktarları tespit edilmiştir. Bu amaçla bir ofis binası modelinin DesignBuilder programı ile simülasyonu hazırlanarak Türkiye'deki beş farklı iklim bölgesi için enerji analizleri alınmıştır. Çalışmada ofis binasının seçilmesinin amacı bu fonksiyonla kullanılan yapının kullanım süresi ile güneşlenme süresinin eş zamanlı olması ve genellikle ofis binaları cephesinde saydam yüzey oranının fazla olmasıdır. Bu tercih ile kullanılacak gölgeleme elemanlarının etkisinin daha anlaşılır bir şekilde tespit edilmesini sağlayacağı varsayılmıştır.

Beş farklı iklim bölgesi için ısıtma ve soğutmada gerekli olan enerji miktarı analizlerle tespit edilerek sabit ve hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında bu enerji miktarlarının değişimi karşılaştırılmıştır. Simülasyon programı analiz sonuçlarına göre; gölgeleme elemanlarının türünü ne olursa olsun soğutma enerjisinin düştüğü fakat hareketli gölgeleme elemanları kullanımında bu düşüşün daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sabit veya hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımı ısıtma enerjisini yükseltmiştir. Fakat hareketli gölgeleme elemanları sabit gölgeleme elemanlarına göre ısıtma enerjisini daha az yükseltmektedir. Ayrıca soğuk iklim bölgesi olarak bilinen 4. ve 5. İklim bölgesi için sabit gölgeleme elemanı kullanıldığında m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarının arttığı görülmüştür. Buna karşılık tüm iklim bölgeleri için hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımının toplam enerji miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Cephe sistemleri, enerji analizi, hareketli gölgeleme elemanları, sabit gölgeleme elemanları

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **THE EFFECT OF FACADE SHADING ELEMENTS ON HEATING AND COOLING LOADS**

**Merve ANAÇ**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Architecture**

**Advisor: Doç. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ**

**2019, 84**

**Jury**

**Doç. Dr. Serra Zerrin KORKMAZ  
Doç.Dr. Hatice Derya ARSLAN  
Dr.Öğr.Üyesi Selçuk SAYIN**

Nowadays the need for energy increases and the resources are rapidly running out with the development of technology. For this reason, energy saving studies are developed in all disciplines and energy efficiency concept is emphasized. Many systems are being developed such as the use of energy efficient building materials, the application of insulation systems, and the design of buildings that produce their own energy in the discipline of architecture. All of these systems are evaluated under the heading of energy efficient structure design. Energy efficient structure design are applied effectively in air conditioning systems, mechanical and ventilation systems, as well as the roof of the building shell and facade systems. In order to understand the structure of the building shell and to examine its effects on energy efficiency. Firstly the concept of facade has been explained by doing classifications. The excess/mass energy consumption because of the facades was determined as a problem and the effects of the use of shading elements on the energy consumption were investigated in order to reduce this consumption.

Within the scope of this thesis, the amount of energy required for heating and cooling in different climatic zones has been determined. For this purpose, an office building model was simulated by using the DesignBuilder program and energy analyzes were run for five different climatic zone in Turkey. The purpose of the selection of the office building is; its being synchronized with the duration of usage of the building used with this function and the sunbathing time, and generally the transparent surface ratio of the office buildings is high. With this preference, it is assumed that the effect of the shading elements to be used will be determined more clearly.

The amount of energy required for heating and cooling for five different climatic zones was determined by analysis and the changes of these energy quantities and they were compared when fixed and movable shading elements were used. According to the simulation program analysis results; regardless of the type of shading elements, it has been found that the cooling energy is reduced, but this decrease is greater in the use of moving shading elements. The use of fixed or moving shading elements has increased the heating energy. On the other hand, the movable shading elements increase the heating energy less than the fixed shading elements. In addition, when the constant shading element is used for the 4th and 5th climate zones known as the cold climate zone, it was seen that the amount of energy per m<sup>2</sup> increases. However, it has been found that the use of movable shading elements reduces the total amount of energy for all climatic zones.

**Key words:** Facade systems, energy analysis, moving shading elements, fixed shading elements

## ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında fikirleri ile daima yardımcı, yönlendirici ve destekleyici tavrı ile bana yol gösteren tez danışmanım saygıdeğer Doç. Dr. Serra Zerrin Korkmaz'a teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Tez çalışma sürecinde destek ve anlayışlarını esirgemeyen başta saygıdeğer Dekanım Prof. Dr. Görün Arun'a ve Hasan Kalyoncu Üniversitesi Mimarlık Bölümü iş arkadaşlarıma teşekkürleri borç bilirim.

Hayatım boyunca yanımda olan ve desteğini esirgemeyen başta babam Mustafa Kemal ve annem Zehra olmak üzere tüm aileme minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Merve ANAÇ  
KONYA-2019



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1.Problemin Tanımı .....	2
1.2.Çalışmanın Amacı-Kapsamı-Önemi .....	2
1.3.Çalışmanın Yöntemi .....	3
2.CEPHE SİSTEMLERİ VE SINIFLANDIRMALARI .....	4
2.1.Cephe Gerekliliklerine Göre Sınıflandırma .....	9
2.1.1.Cephe sistem gereklilikleri .....	10
2.1.1.1.Taşıyıcılık.....	10
2.1.1.2.Su sızdırmazlık.....	11
2.1.1.3.Yapım-montaj .....	12
2.1.2.Cephe fonksiyon gereklilikleri .....	12
2.1.2.1.Kalıcılık.....	13
2.1.2.2.Temizlik-Bakım.....	13
2.1.2.3.Estetik .....	14
2.1.2.4.Güvenlik.....	14
2.1.3.Cephe konfor gereklilikleri .....	14
2.1.3.1.Havalandırma.....	15
2.1.3.2.Isıl konfor.....	16
2.1.3.3.Aydınlatma .....	17
2.1.3.4.Ses kontrolü .....	17
2.1.3.5.Enerji korunumu .....	18

2.1.3.6.İhtiyaçlar doğrultusunda değişkenlik .....	19
2.1.3.7.Güneş kontrolü.....	22
2.2.Kabuk Sistemlerine Göre Sınıflandırma .....	23
2.2.1.Tek Kabuklu cephe sistemleri .....	24
2.2.1.1.Dış kontrol üniteli gölge elemanlı cepheler.....	25
2.2.1.2.İç kontrol üniteli cepheler .....	26
2.2.1.3.Entegre edilmiş güneş kontrol elemanlı cepheler .....	27
2.2.2.Çift kabuklu cephe sistemleri .....	29
2.3. Cephe Gölgeleme Elemanlarına Göre Sınıflandırma.....	34
2.3.1.Doğal Gölgeleme Elemanları .....	35
2.3.2 Yapay Gölgeleme Elemanları .....	38
2.3.2.1.Sabit gölgeleme elemanları .....	38
2.3.2.2.Hareketli gölgeleme elemanları .....	40
<b>3.CEPHE GÖLGELEME ELEMANLARININ ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ.....</b>	<b>50</b>
3.1.DesignBuilder Programının Özellikleri .....	51
3.2.Çalışma Yapılacak Alanın İklim Özellikleri .....	54
3.3.Enerji Analizi Yapılan Binanın Özellikleri .....	56
3.4.Analiz Çalışması.....	59
3.5.Bölüm Değerlendirmesi.....	64
4.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>70</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>77</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>87</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

BIM: Building Information Modelling (Yapı Bilgi Modellemesi)

Lux: 1 metre yarıçaplı bir kürenin merkezinde bulunan 1 candela şiddetindeki ışık kaynağının, 1 metrekarelik küre yüzeyinde oluşturduğu aydınlanma şiddetidir

kWh: Kilowattsaat

m<sup>2</sup>:Metrekare

CO<sub>2</sub>:Karbondiyoksit

KWh/m<sup>2</sup>: Kilowattsaat bölü metrekare

UD :Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı

UT: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı

Ut: Zeminde oturan döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı

UP: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı

## 1. GİRİŞ

En temel ihtiyaçlarımızdan biri olan barınma kavramı, ilk insanlık tarihinden bu yana varlığını sürdürmektedir. Sosyal çevre, toplumsal yaşantı, küreselleşme ve teknolojik gelişmeler; yapı ve yapı malzemesinde yenilikler meydana getirmektedir. Tüm bu gelişim süreci yapı cephesine de yansımaktadır. Cephelerde meydana gelen gelişmeler mekânları etkilemenin yanı sıra binaların kullandıkları enerji miktarında değişimlere sebep olmaktadır.

Küresel ısınma, doğal kaynakların hızla tükenmesi, enerjiye duyulan ihtiyacın artması gibi sebepler enerji korunumu kavramını ortaya koymaktadır. Mimarlık disiplinini de yakından ilgilendiren enerji korunumu, yapı tasarımı ve yapı ömrü boyunca önemini sürdürmektedir.

Yüzey alanı en geniş yapı elemanı olması ve dış çevre ile doğrudan bağlantısı olmasından dolayı cephe yoluyla enerji kayıpları oldukça fazladır. Isıtma-soğutma, havalandırma ve aydınlatma da kullanılan enerjinin minimuma indirilmesi ve enerji kaybının azaltılması cephelerde çeşitli önlemler alınarak sağlanmaktadır.

Yapı kabuğunun görevi, iç ortam ve dış ortam arasında bir araç oluşturarak iç ortam konforunu sağlamaktır (Gür, 2007). Yapıda güneş ışınlarına bağlı konfor koşullarının sağlanmasında gölgeleme elemanlarının rolü büyüktür. Yapılarda gölgeleme elemanları, konfor koşullarını sağlanmanın yanında cepheyi estetik olarak da etkilemektedir. Genellikle estetik ve fonksiyonel kaygılar güdülerek kullanılan sabit gölgeleme elemanları mekânların ısınmasını ve soğutmasını etkileyerek gerekli enerji miktarını değiştirmektedir. Bu durumda yapının enerjiyi verimli bir şekilde kullanması için gerektiğinde gölgelemenin sağlanması, gerektiğinde güneşlenme etkisinin oluşması hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımı ile gerçekleştirilmektedir.

Değişen çevre koşullarına karşı sabit gölgeleme elemanı kullanılması iç mekânda istenilen konfor özelliklerinin her zaman sağlamamaktadır. Bu sebeple hareketli gölgeleme elemanları kullanımı geliştirilmiştir. Değişken özellik taşıyan hareketli gölgeleme elemanları dış ortam ile yapı iç mekân arasında filtre görevi üstlenerek kullanıcı konforunun artmasına ve enerjinin etkin kullanılmasında olumlu özellikler taşımaktadır (Karamanlıoğlu, 2011). Hareketli gölgeleme elemanları literatürde kinetik, adapte edilebilir, değişken yapı elemanları olarak da tanımlanmaktadır. Bu yapı elemanları kabuğun iç-dış ortam arasında kontrollü alış-veriş sağlayarak gün ışığı, ısı konfor ve havalandırma gibi gerekliliklerin optimizasyonunu

oluşturmakta ve ihtiyaç duyulan enerji yüklerinin minimize edilmesine yardımcı olarak işletme giderlerini azaltmaktadır (Şahinoğlu, 2012).

Farklı iklim bölgelerinde sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarının etkileri değişiklik göstermektedir. Hareketli gölgeleme elemanları, çevre verilerine göre konum ve yönünü değiştirerek iç mekânda çevresel etkileri azaltmakta ve gereksiz enerji kullanımı engellemektedir.

### **1.1. Problemin Tanımı**

Enerji kaynaklarının tükenmesi, gereksiz enerji giderlerinin önüne geçmek için önlem alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Üretim aşamasında yapının harcayacağı enerji miktarı tespit edilmeli, yapı elemanları bazında enerji kaybına sebep olan faktörler değerlendirilmelidir. Bu çalışmada yapı kabuğunun sebep olduğu enerji kayıpları problem olarak tanımlanmaktadır. Binalarda kullanılan enerji farklı iklim bölgelerine göre değişim göstermektedir. Bu sebeple iklim bölgeleri için gereksiz enerji kullanımını azaltmak amacı ile farklı önlemler alınmalıdır. Cephe gölgeleme elemanlarının enerji üzerinde etkilerini tespit ederek ne tür gölgeleme elemanının kullanılacağına karar verilmelidir.

### **1.2. Çalışmanın Amacı-Kapsamı-Önemi**

Bir binanın cephe maliyetinin toplam bina maliyeti içerisindeki payının %15-%40 arasında olmasına karşın, bina cephesinin bina işletim maliyeti üzerindeki etkisi %40 veya daha fazla olabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda enerjinin fosil kaynaklardan üretilmesi ve kaynakların zamanla tükenmesinin yanı sıra bu kaynakların kullanımından dolayı meydana gelen çevre sorunları enerjinin verimli kullanımının önemini gündeme getirmiştir. Bir ülkedeki toplam enerjinin büyük bir kısmının binalarda kullanılması binalarda enerji tasarrufunun önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca yapı ve malzeme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak cephe tasarımında enerji tasarrufu önem kazanmıştır (Yılmaz, 2006).

Günümüzde enerji kaynaklarının giderek azalmasına bağlı olarak yapıda kullanılan enerji miktarının azaltılması gerekmektedir. Yapının saydam bileşeni olan cephelerin, enerji akışının en fazla gerçekleştiği bileşenler olması nedeni ile enerji tüketimi üzerinde olan etkisi oldukça önemlidir. Gün içerisinde güneş ışınlarını farklı

açı ile gelmesi cephedeki gölgeleme elemanlarının da farklı açılarda bu ışınlarla cevap vermesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Hareketli gölgeleme elemanları kullanılarak günlük, aylık, yıllık kullanılan enerjinin verimliliği hedeflenmektedir.

Güneş ışınları özellikle saydam yapı kabuğundan içeri girerek iç mekânın ısı miktarının artmakta ve yapı içinde sera etkisinin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu durum yapıların konfor koşullarının sağlanması için soğutma enerjisi ihtiyacını meydana getirmektedir. Binalarda ek bir enerji yükünün oluşmasına neden olmaktadır (Karamanlıoğlu, 2011). Özellikle gün ışığının aktif olarak faydalanılan okul, hastane ve ofis binaları gibi yapılarda enerjinin aktif kullanılması gerekmekte ve kimi zaman güneş ışığı istenilmekte kimi zamanda güneş ışığından korunmak istenilmektedir.

Bu çalışma kapsamında saydam yüzeyin ağırlıklı olarak kullanıldığı bir ofis binasının farklı ilkim bölgelerinde tasarlanması durumunda ısıtma ve soğutma için gerekli enerji miktarları hesaplanmaktadır. Bu hesaplar üzerinden farklı tür gölgeleme elemanları kullanıldığında ısıtma ve soğutma için gerekli olan enerji miktarı tespit edilmektedir.

Binalarda kullanılan enerji miktarını tespit etmek amacı ile tasarım aşamasında enerji analizleri yapan programlar geliştirilmektedir. Bu programlar sayesinde yapı kullanım aşamasında ne kadar enerji kullanılacağı tespit edilebilmektedir. Bu çalışmada Design Builder programı aracılığıyla Türkiye'nin farklı iklim bölgeleri için örnek bir ofis binası modeli üzerinden hareketli ve sabit gölgeleme elemanlarının kullanımının enerji kazancına etkisini tespit etmek amaçlanmıştır.

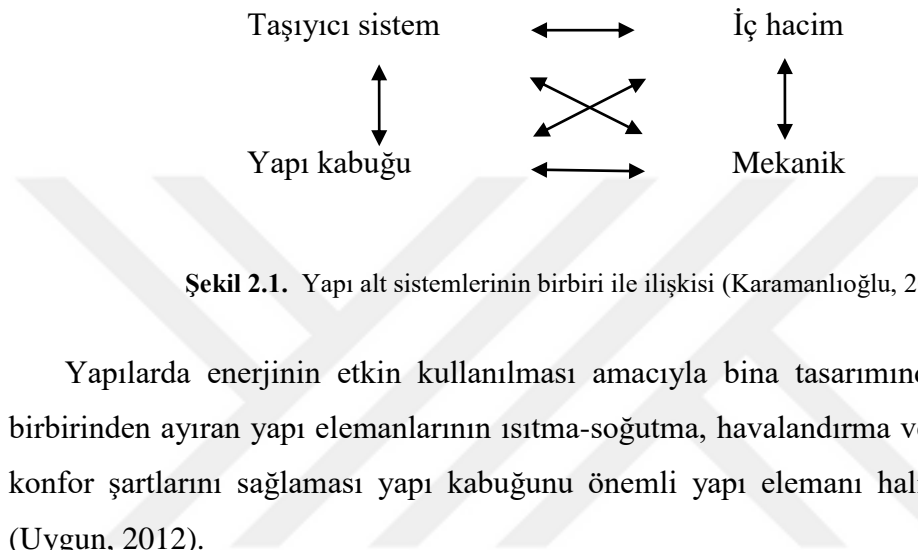
### **1.3. Çalışmanın Yöntemi**

Hareketli gölgeleme elemanları ile ilgili bu çalışmada; belirlenen amaç ve kapsam doğrultusunda literatür taraması yapılmıştır. Cephelerde kullanılan gölgeleme elemanlarının binada kullanılan enerji miktarlarına etkilerini tespit edilmesi amacıyla DesignBuilder programı kullanılarak simülasyon yapılmıştır.

Simülasyon programından alınan sonuçları karşılaştırma yöntemi kullanılarak enerji kazançları tespit edilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek amacıyla beş farklı iklim bölgesi için üç çeşit gölgeleme verisi kullanılmıştır. Bunlardan ilki gölgeleme elemanı kullanılmadan binanı ne kadar enerji harcadığı tespit etmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu analizlerin kontrol grubunu oluşturmaktadır. Sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarının analizleri de alınarak karşılaştırıldığında enerji kazançları tespit edilmiştir.

## 2. CEPHE SİSTEMLERİ VE SINIFLANDIRMALARI

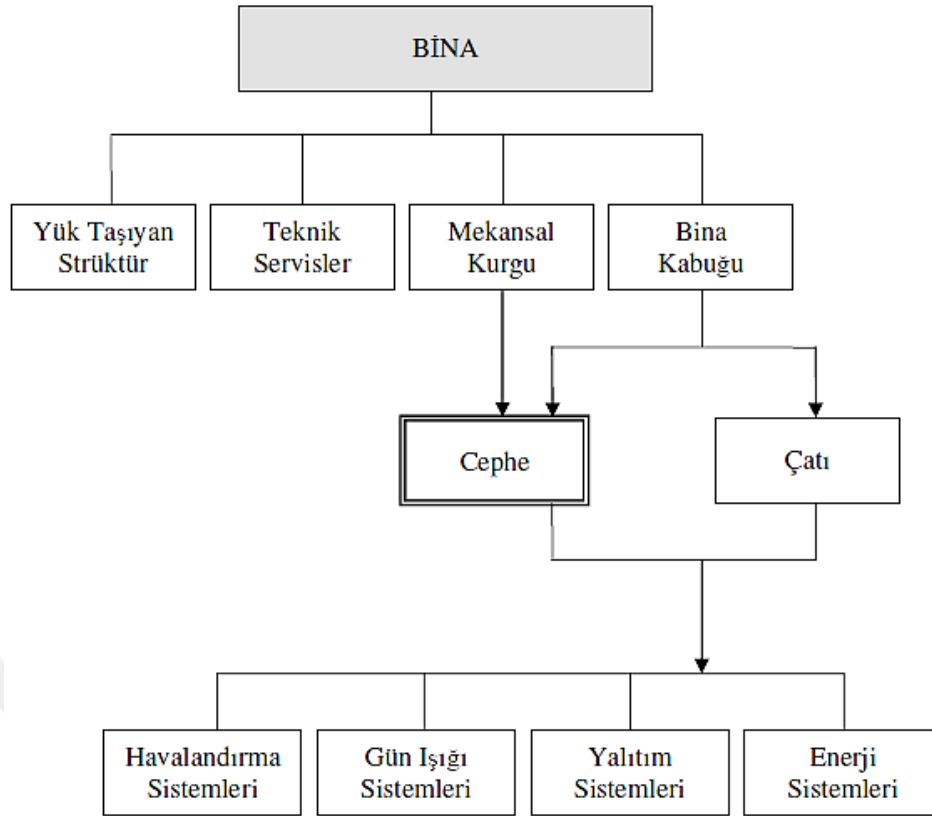
Bir yapı sistemi, başlıca dört alt sistemden meydana gelmektedir. Bu sistemler şu şekilde sıralanabilir. Bir binanın var olabilmesi için taşıyıcı sistem, yapı kabuğu, mekanik sistemler ve iç hacim gereklidir (ASHRAE, 2009). Taşıyıcı sistemler yapıyı ayakta tutan elemanlardan oluşur. Mekanik sistemler yapı kabuğu ile beraber yapının iç konforunu sağlamak amacıyla geliştirilmiştir, çatılar ve cephelerle beraber yapı kabuğunu oluşturmaktadır (Şekil 2.1) (Karamanlıoğlu, 2011).



Şekil 2.1. Yapı alt sistemlerinin birbiri ile ilişkisi (Karamanlıoğlu, 2011)

Yapılarda enerjinin etkin kullanılması amacıyla bina tasarımında iç-dış mekânı birbirinden ayıran yapı elemanlarının ısıtma-soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi konfor şartlarını sağlaması yapı kabuğunu önemli yapı elemanı haline getirmektedir (Uygun, 2012).

Bina çeşitli alt sistemlerin bir araya getirilmesinden oluşan bir sistemler bütünüdür. Yük taşıyan strüktür, teknik servisler, mekânsal kurgu vb. birçok alt sistemle ilişki içinde olması cepheyi binanın alt sistemleri içerisinde en baskın sistem haline getirmektedir. Çatı ve cephe binanın kabuğunu oluşturmaktadır, binanın yapım aşamasının yanı sıra işletim aşamasında da binaya birtakım servislerle (havalandırma sistemleri, yalıtım sistemleri vb.) bütünleşik bir kurguyla hizmet verdiği için binanın en baskın sistemi olarak nitelendirilmektedir. Ancak mekânsal kurgu cephe ile sağlanmaktadır (Şekil 2.2) (Karamanlıoğlu, 2011).

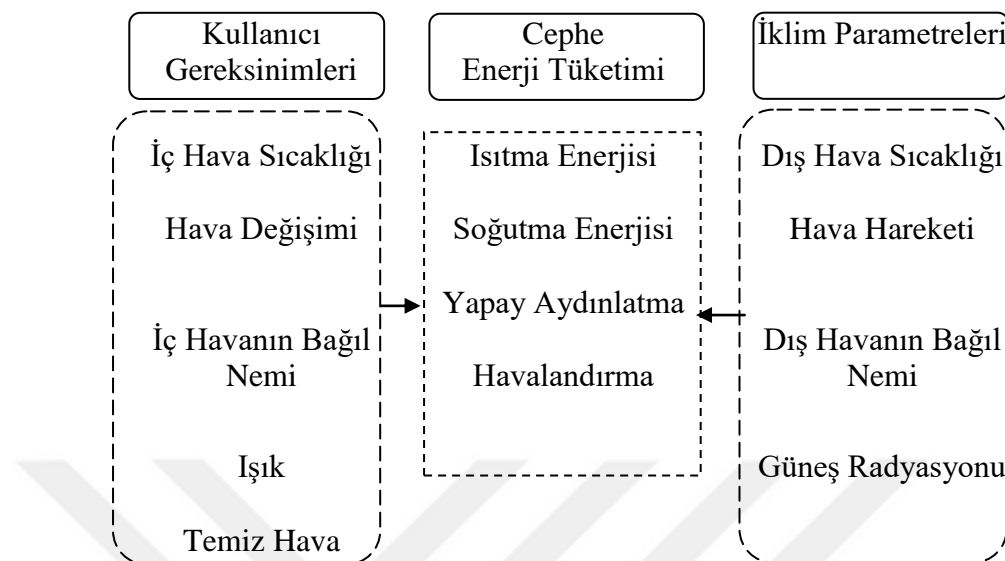


Şekil 2.2. Binayı oluşturan sistemlerde cephenin yeri (Karamanlıoğlu, 2011)

Cepheler hem dekoratif eleman olarak mekân oluşturulmasında estetik amaçlara hizmet etmekte hem de mekân konforunun oluşturulması nedeni ile birçok işlevi yerine getirmektedir (Ertemli, 1998). Yapı cephesi iç-dış ortam arasındaki bağlantıyı sağladığı ve yüzey alanının büyük bir bölümünü oluşturduğu için mimari tasarımda önemli kriterler arasında yer almaktadır. Cepheler çatılarla beraber yapı kabuğunu oluşturarak binanın havalandırma, gün ışığı, yalıtım ve enerji sistemlerinin kontrolünü sağlamaktadır. Ayrıca cephelerin görevleri yapının çevresi ile görsel ve fiziksel bağlantı sağlamaktır. Cepheler yapının iç konforunu sağlamak için bariyer görevi de üstlenmektedir (Ayçam, 2011).

Cephelerin oluşturulmasında birçok parametre bulunmaktadır. Parametrelerin temellerini iklim verileri ve kullanıcı gereksinimleri oluşturmaktadır. Ayrıca teknoloji, kültür, dönemin estetik anlayışı, ekonomik özellikler vb. parametreler cephe oluşumunu etkilemektedir. Cepheler binanın enerji harcamalarını etkileyen en önemli yapı elemanlarındandır. Isıtma-soğutma enerjisi ve aydınlatmada kullanılan enerji, cepheler ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Yapı kabukları kullanıcı gereksinimleri ve iklim parametrelerinden dolayı iç konfor koşullarını sağlamak için enerji tüketimi gerçekleşir

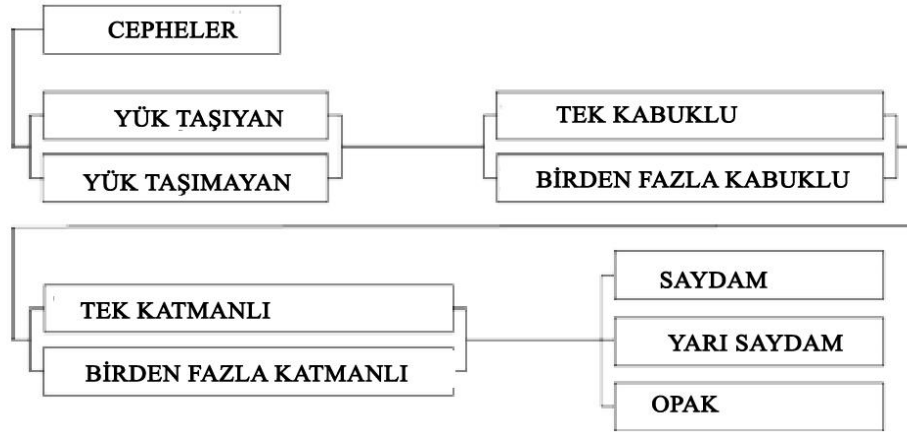
(Karamanlıoğlu, 2011). Bu enerji tüketimi ısıtma-soğutma ve aydınlatma ve havalandırma için kullanılmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Yapı kabuğu parametreleri ve enerji tüketimi ilişkisi  
(Karamanlıoğlu, 2011)' den yararlanılarak düzenlenmiştir

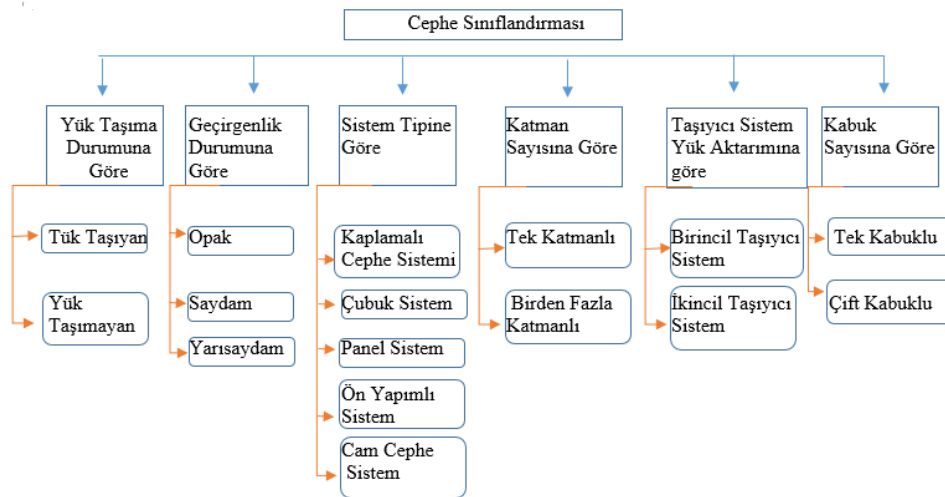
Cephe sistemlerinin tarihsel süreçleri incelendiğinde havalandırma için kullanılan küçük pencere boşlukları endüstri devrimi ve teknolojik gelişmeler ile beraber yerini daha büyük boşluklara bırakmaktadır. Bu büyük boşluklar konfor ve fonksiyon özelliklerine göre farklı sistem ve özellik göstermektedir (Altinkaya ve Özgen, 2004). Düzenli ve sistematik bir cephe kurgusunun oluşması amacıyla cephe sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır (Ayçam, 2011).

Cephe sistemlerinde sınıflandırılma yapılırken birçok sınıflandırma yöntemi bulunmaktadır. Oraklıbel (2014) ve Ayçam (2011)' in cephe sistemlerinin sınıflandırma ölçütlerine göre cepheler yük taşıma özelliklerine göre; yük taşıyan, yük taşımayan, kabuk sistemlerine göre; tek kabuklu, çok kabuklu, katmanlarına göre; tek katmanlı, çok katmanlı geçirgenlik özelliklerine göre; saydam, yarısaydam ve opak olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Ayçam (2011) ve Oraklıbel (2014)' e göre cephe sistemlerinin sınıflandırılması

Yeşilli (2016) ise cephe sistemlerini yük taşıma durumuna, geçirgenlik durumuna, sistem tipine, katman sayısına, taşıyıcı sistem yük aktarımına ve kabuk sayısına göre sınıflandırmaktadır (Şekil 2.5).



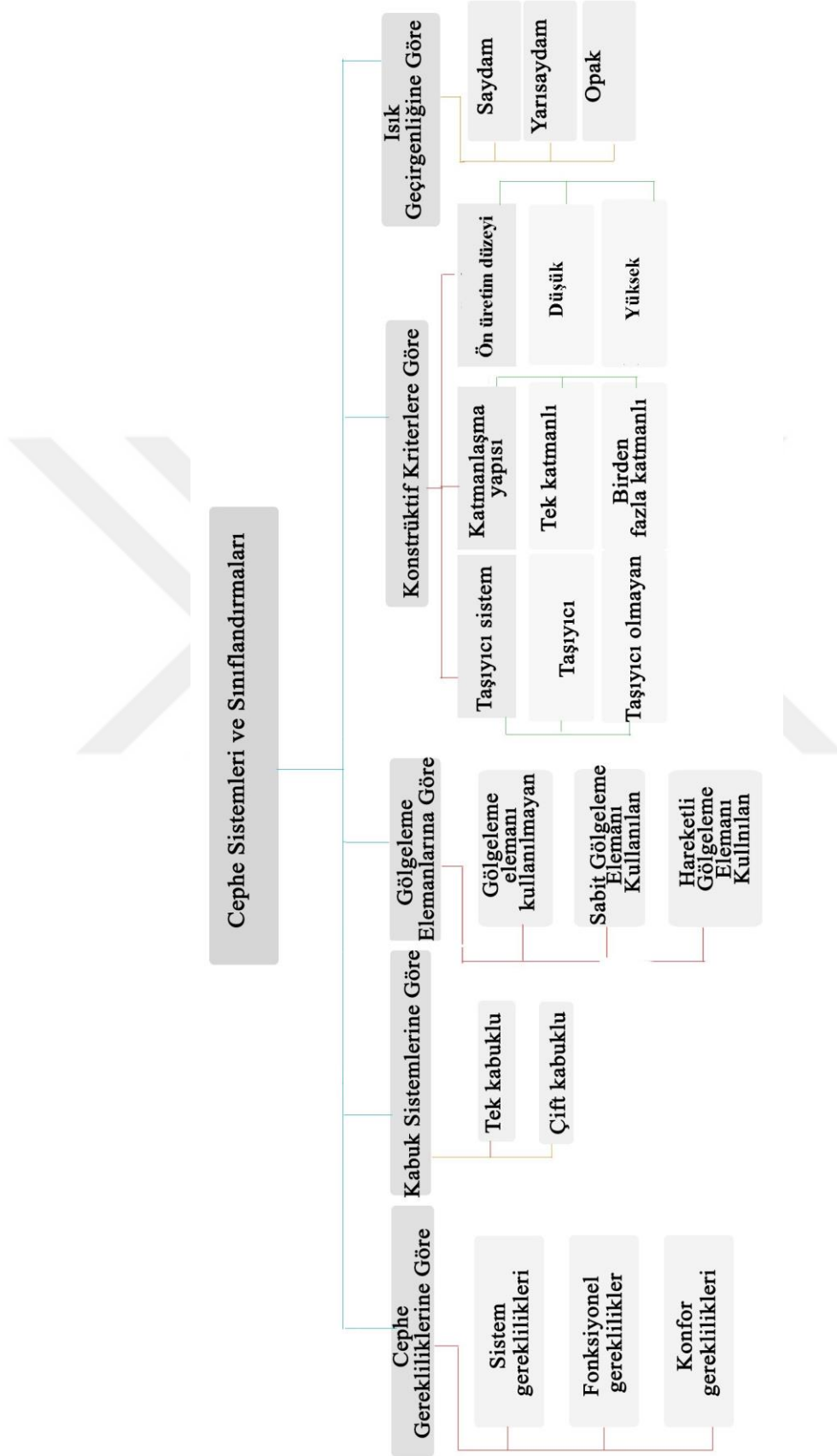
Şekil 2.5. Yeşilli (2016)'nin cephe sınıflandırması

Gür (2007)' nin cephe sınıflandırmasında ise Yeşilli (2016), Oraklıbel (2014), Ayçam (2011)'in sınıflandırmalarına ek olarak cephe kriterleri belirtilmektedir. Bu kriterler; ısı konfor, enerji korunumu, aydınlatma, güneş kontrolünün sağlanması, havalandırma, ihtiyaçlar doğrultusunda değişkenlik, enerji korunumu, su ve nemden korunum, güvenlik, estetik, ses kontrolü, temizlik, kalıcılık olarak sıralanmaktadır.

Yapılan literatür çalışmalarından elde edilen verilere göre cephe sınıflandırmaları tek çizelgede toplanmıştır (Çizelge 2.1). Bu sınıflandırma; kabuk sistemlerine, gölgeleme elemanlarına, cephe gerekliliklerine, konstrüktif kriterlerine ve ışık geçirgenlik özelliklerine göre yapılmaktadır (Gür, 2007; Ayçam, 2011; Oraklıbel, 2014; Yeşilli, 2016).



**Çizelge 2.1.** Cephe Sistemlerinin sınıflandırılması (Gür, 2007; Ayçam, 2011; Oraklıbel, 2014; Yeşilli, 2016)' dan yararlanılarak düzenlenmiştir



## 2.1. Cephe Gerekliliklerine Göre Sınıflandırma

Mekanların işlevsel ve fonksiyonel olması için çeşitli parametrelere cevap vermesi gerekmektedir. Bu parametreler cephe gereklilikleri başlığı altında sistem gereklilikleri, fonksiyon gereklilikleri ve konfor gereklilikleri olarak incelenmiştir.

Yapı kabuğunun dekoratif bir eleman olarak kabul edilmesi ve mekân oluşturmasında hem estetik amaçlara hizmet etmesi, hem de mekân konforuna etkisi nedeni ile birçok işlevi yerine getirmektedir. Fiziksel şartlar ve mekân işlevi göz önünde bulundurulduğunda yapı kabuğunun oluşturulmasında birçok etken bulunmaktadır (Ertemli, 1998).

Yapı kabuğunun oluşturulmasında cephelerin etkin kullanılması için belirli gereklilikler vardır. Bu gereklilikler Gür (2007) tarafından cephe kriterleri olarak belirtilmekte ve bu kriterler; ısı konforu, enerji korunumu, aydınlatma, güneş kontrolü, havalandırma, ihtiyaçlar doğrultusunda değişim, su ve nemden korunum, mukavemet denge, yangından korunma, güvenlik, estetik, kokusuzluk, ses kontrolü, temizlik, kalıcılık ve ekonomiklik vb. olarak tanımlanmaktadır. Alpur (2009) ise bu kriterleri cephe performans gereklilikleri başlığı altında incelemektedir. Belirtilen kriterler ve gereksinimler sistematik olması açısından bu çalışmada; sistem gereklilikleri, fonksiyon gereklilikleri ve konfor gereklilikleri olarak üç başlıkta sınıflandırılmaktadır. Sistem gereklilikleri cephelerin oluşturulması için gereken şartlardır. Fonksiyon gereklilikleri cephelerin yapım ve kullanımı sürecinde cephelerde bulunması gereken özellikleri ifade etmektedir. İç ortam koşullarını kullanıcı konforuna uygun hale getirebilmek için gerekli şartlar ise konfor gereklilikleri olarak sınıflandırılmaktadır (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2.2.** Cephe gereklilikleri (Gür, 2007; Alpur, 2009; Karamanlıoğlu, 2011)'den düzenlenmiştir

CEPHE GEREKLİLİKLERİ		
Cephe Sistem Gereklilikleri	Cephe Fonksiyon Gereklilikleri	Cephe Konfor Gereklilikleri
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Taşıyıcılık</li> <li>✓ Su sızdırmazlık</li> <li>✓ Yapım-Montaj</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kalıcılık</li> <li>✓ Temizlik ve Bakım</li> <li>✓ Estetik</li> <li>✓ Güvenlik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Havalandırma</li> <li>✓ Isıl konfor</li> <li>✓ Aydınlatma</li> <li>✓ Güneş kontrol</li> <li>✓ Ses kontrol</li> <li>✓ Enerji korunumu</li> <li>✓ İhtiyaçlar doğrultusunda değişkenlik</li> </ul>

### 2.1.1.Cephe sistem gereklilikleri

Cephelerde sistem gereklilikleri kullanılacak malzeme türüne göre değişmektedir. Örneğin, cam giydirme cephelerde sistem kurulumu için gerekenler; cam, doğrama, montaj aksı ve yardımcı montaj malzemeleridir. Farklı cephe türlerinde farklı malzeme ve sistemler kullanılır (Güvenli, 2006). Cephe sistemlerinin kurulmasında net bir sınıflandırılma yapılamamasına rağmen tüm cephelerde aranan belli sistem oluşturma kriterleri vardır. Cephe sistem gereklilikleri taşıyıcılık, su sızdırmazlık yapım ve montaj olarak incelenmiştir.

#### 2.1.1.1. Taşıyıcılık

Cephe sistemlerinin oluşturulması için öncelikle taşıyıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan malzeme seçimi ile cephe taşıma yöntemleri değişmektedir. Cepheler yapının taşıyıcısına bağlanabileceği gibi, kendi konstrüksiyonunu oluşturarak

da kendini taşıyabilen cepheler şeklinde tasarlanabilmektedir (Çetin, 2018). Yapıda cephe taşıyıcıları, kullanılan malzemenin ağırlığına, bina yüksekliğine ve rüzgâr yükü vb. gibi parametrelere göre seçilmelidir. Ayrıca konstrüksiyon ve kesitleri hesaplar ve aks aralığına göre belirlenmektedir (Alpur, 2009). Cepheler çevresel etkilere doğrudan maruz kalması nedeni ile dış ortam koşullarından en çok etkilenen yapı elemanlarından. Aşağıdaki etkiler sonucunda zamanla cephelerde hareket meydana gelmektedir;

- Binanın kullanıma açılmasından sonra oluşacak oturmalar (tasman),
- Kısa süreli lokal yüklemeler nedeni ile oluşacak sehimler,
- Kaba yapı iskeletinin ısı nedenleriyle genişmesi ya da büzülmesi (İlhan, 2004).

Binanın yapacağı herhangi bir hareket cephe stabilitesini etkilemektedir. Söz konusu etkilerden dolayı oluşacak yükler cepheye hasar verecek düzeye çıkmamalıdır (İlhan, 2004). Aksi takdirde cepheler sistemsel özelliğini kaybederek yıkılma tehlikesi ile yüzleşir. Yapı kullanımı sırasında oluşabilecek bu hareketliliğe tasarım aşamasında hesaplanan bir tolerans payı bırakılarak oluşabilecek olumsuz etkilerin önüne geçilebilmektedir. Ayrıca bu hareketlilik esnasında cepheyi oluşturan malzeme ve elemanlar taşıyıcısı ile aynı hareket özelliği göstermelidir. Cephe hareketlerine karşı farklı davranış gösteren malzemeler cephelerin taşıyıcılığını olumsuz yönde etkilemektedir (Gür, 2007).

#### **2.1.1.2.Su sızdırmazlık**

Çevresel etmenler arasında, cephe üzerindeki etkinliği açısından önemli konumda bulunan su; katı, sıvı ve gaz hali ile ciddi problemler oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu sebeple cepheler, iç yüzeye ya da bileşenleri içerisine su sızıntısını önleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Su sızması cephenin herhangi bir kısmının iç taraftaki yoğunlaşma dışında görülen denetlenmemiş su olarak tanımlanmaktadır (İlhan, 2004).

Cepheyi oluşturan bütün malzemeler ve bunu destekleyen tüm elemanlar herhangi bir su sızdırmasını önlemek için dış ortam etkilerine karşı senkronize olarak hareket etmelidir. Cephe sistemleri üzerinde yapılan araştırmalara göre cephelerde görülen su sızdırma problemlerinin farklı malzemelerin birleşim noktalarında meydana geldiği tespit edilmektedir. Bu sebeple birleşim noktaları sistemin sızdırmaz olması

gereken bölgeler olarak tanımlanmaktadır. Cephe sistemleri tasarlanırken esas olan su sızdırmaz bir cephe oluşturmak ve doğru şekilde uygulamaktır (Alpur, 2009). Sistemi oluşturan parçaların; alüminyum, cam, fitil ve izolasyon gibi malzemelerin, her birinin tek başına sahip olduğu su, ses, ısı yalıtımı gibi belirli özellikleri vardır. Ancak, tüm bu elemanların bir bütün halinde dış ortam koşullarına karşı davranışı, belli testlerden geçirilerek tespit edilebilir. Eğer cephe sistemi testlerden geçirilmemişse, binanın dış ortam koşullarına karşı davranışı, ancak bina kullanımı ile zamanla gözlenir (Gür, 2001).

Cephe sistemini oluşturan malzemelerin birçoğu korozyona dayanıklıdır. Su, sistemi oluşturan malzemelere zarar veremez. Ancak, farklı malzemelerin bir arada kullanılması ile bu bölgelerde gözlenen problemlerin başında, malzemelerin reaksiyona girerek korozyon oluşması gelmektedir (Alemdağ ve Aydın, 2011). Bunu dışında harç bağlantılarında kayıpların oluşması, yalıtım malzemesinin ıslanmasından dolayı yalıtım değerinde kayıpların meydana gelmesi, duvar boşluklarında toksik gazların birikmesi ile sağlıksız ortamların görülmesi ve strüktürel başarısızlık gibi birçok problem oluşacaktır. Sistemi kurarken esas olan su sızdırmaz bir cephe tasarlamak ve doğru bir şekilde uygulamasını yapmaktır (Alpur, 2009). Sistem gerekliliklerini sağlamayan cephelerin fonksiyonlarını tam olarak yerine getirmesi beklenilemez.

### **2.1.1.3. Yapım-montaj**

Bina tasarım aşamasında cephelerde kullanılan sistemlerin ve bina kabuğunun tüm detayları ve alt bileşenleri düşünülmelidir. Bu şekilde yapım ve montaj aşamasında uygulamada oluşabilecek hatalar minimuma düşürülmektedir. Yapım esnasında oluşabilecek hatalar kullanım esnasında probleme sebep olmaktadır. Betonarme taşıyıcı sistem, geleneksel metotlar ile yapıldıysa üretim aşamasında oluşabilecek hatalar göz önüne alınarak cephe montajında tolerans payı düşünülmesi yapım ve montajı kolaylaştıracaktır.

### **2.1.2.Cephe fonksiyon gereklilikleri**

Cepheler dış ortam ile doğrudan bağlantı sağlayan, yüzey alanı en büyük elemanı olması nedeni ile güneşe, rüzgâra ve yağmurun etkilerine diğer yapı elemanlarından daha fazla maruz kaldığı söylenilebilmektedir. Bu sebeple çevre koşullarından

yararlanma ve korunma konusu üzerinde durulmalıdır. Cephelerin kullanışlı olması ve iç mekân konfor koşullarını yerine getirebilmesi için fonksiyon gerekliliklerini sağlamalıdır. Bu gereklilikler; yapım-montaj, kalıcılık, temizlik-bakım, estetik ve güvenlik olmak üzere 5 başlıkta incelenmiştir.

### **2.1.2.1.Kalıcılık**

Binaların yaşam döngüleri üretim, kullanım, yenileme, yıkım ve geri dönüşüm aşamaları olmak üzere 5 bölüme ayrılır. Enerji tasarrufu konusundaki bilincin zamanla artmaya başlamasıyla, bu aşamaların her birinin temel hedefi enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanarak çevreye verdiği zararı en aza indirmektir. Cepheler ve diğer yapı alt sistemleri teknik ömrünü yaklaşık olarak 30 senede tamamlarken, taşıyıcı strüktürlerin ömrü bir asrı bulabilmektedir. Bu bakımdan, teknik ömrünü tamamlamış veya çeşitli nedenlerle fonksiyonel gereksinimlerini ve kullanıcı ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamayan bina cephelerinin yenilenmesi öngörülmektedir (Erturan ve Eren, 2018). Fakat bu ek maliyet getirdiği için istenilen bir durum değildir.

Yapı kabuğunun yüklenmiş olduğu fonksiyonları uzun süre tam olarak karşılayabilmesi istenen bir özelliktir. Cephe sisteminde kullanılan alüminyum çerçeveler, cephe panelleri, derz sızdırmazlık malzemeleri, güneş kontrol elemanları, tespit elemanları gibi bileşenlerin hizmet ömrü, sistemin kalıcılığını belirlemektedir. Bu bileşenlerin birbiri ile uyumu, montajı, taşıma ve depolanması için, tasarım aşamasında planlama yapılmalıdır (Çetiner, 2002).

### **2.1.2.2.Temizlik-Bakım**

Bina cephelerinin kirlenmesinde çevre ve hava koşullarının olduğu kadar cephe tasarımı ve detay hatalarının da etkisi vardır. Genel olarak hâkim rüzgâr yönüne dik olan cepheler diğer cephelere göre daha fazla kirlenirken paralel olan cepheler daha az kirlenmektedir. Ayrıca cephede yapılan girinti-çıkıntının fazlalığı cephenin daha fazla kir tutmasına sebep olmaktadır (İlhan, 2004).

Cephelerde kullanılan gölgeleme elemanları veya güneş kırıcılarının yönü uygun bir şekilde belirlenmediği takdirde kirlenme fazla olacaktır. Yatay gölgeleme elemanlarını oluşturan güneş kırıcılar rüzgârla gelen tozları içerisinde tutmaktadır.

Çift kabuklu cephe sistemlerinde kabuklar arasındaki boşluklarda gezilebilir alanlar tasarlandığı takdirde gezinti sağlanabilmekte ve bu alanlarda temizlik yapılabilir. Ayrıca çift kabuklu güneş kontrol sistemleri iki kabuk arasına yerleştirilebilmektedir. Bu sistemin kullanılması bu elemanların kirlenmesine engel olmaktadır.

Son yıllarda tasarlanan cephe sistemlerinde cephe temizliği problem haline gelmektedir. Açılmayan cam sistemlerinin ve gökdelenlerde cam giydirme sistemlerinin kullanılması cephe temizliğini daha da zor hale getirmiştir. Bu yapıların temizliği için özel şirketler dahi kurulmuştur ve bu durum temizlik maliyetlerini arttırmaktadır (Orhon, 2014).

### **2.1.2.3.Estetik**

Cepheler yapıların en büyük yüzey alanına sahip yapı elemanı olmasının yanı sıra binanın ve dönemin mimari özelliğini yansıtması sebebi ile estetik kavramı oldukça önemlidir. Ayrıca cepheler dönemin kültürel ve ekonomik özelliklerini de yansıtmaktadır. Estetik kavramı nesnel bir kavram olmaması nedeni ile kesin kriterler belirlenmemektedir (Güvenli, 2006).

### **2.1.2.4.Güvenlik**

Güvenlik yapı üretiminde en önemli kriterler arasında olup cephe oluşturulmasında da önemli fonksiyonel özellikler arasındadır. Kullanıcının bina kullanım sırasında kendini güvende hissetmesi gerekmektedir. Bu sebeple cephenin fonksiyon özelliklerinin yerine getirebilmesi için güvenlik kavramı üzerinde durulmalıdır (Gür, 2007).

### **2.1.3. Cephe konfor gereklilikleri**

Yapıda konfor, fizyolojik açıdan insanın çevresine minimum düzeyde enerji harcayarak uyum sağlayabildiği ve psikolojik açıdan çevresinden hoşnut olduğu koşullar olarak kabul edilir. Kullanıcılar için psikolojik, fizyolojik, kültürel ve sosyal rahatsızlıkların en aza indirildiği ortam kaliteli ve konforlu iç ortam olarak tanımlanmaktadır (Çakmanus ve ark., 2010). Konfor kavramı; ısıtma-soğutma, ses,

aydınlatma ve havalandırma parametreleriyle doğrudan orantılıdır. Cephe tasarımında bu parametreler optimum düzeyde ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre tasarlanmalıdır.

Ofis yapılarında, tüketilen enerjinin yaklaşık %40'ı ısıtma için, bir diğer %40'ı havalandırma ve soğutma için kullanılmaktadır. Geriye kalan %20'lik oran yapay aydınlatma için kullanılmaktadır (Çakmanus ve ark., 2010). Binalarda konfor artarken enerji tüketiminin azalması için optimum düzeyde güneş koruması ve gelişmiş gün ışığı sistemleriyle soğutma yüklerinin azaltılması gerekmektedir. Ayrıca binalarda meydana gelen aşırı ısınmaya karşı yapı kabuğu tasarımıyla birlikte uygulanabilen, soğutma çözümleri düşünülmelidir.

Bina cephe tasarımında, dış ortam sıcaklığı, nem, güneş ışınımı gibi çevreye bağlı faktörler iklimsel faktörler olarak etkilidir. İç ortama bağlı faktörler ise kullanıcı gereksinimlerini karşılayan iç mekan hava sıcaklığı, yüzey sıcaklığı, ortam nemi ve parlama gibi belirleyicilerdir. Bunların yanı sıra bina yönetiminde iç ortama bağlı olarak hizmet veren servisler; ısıtma, soğutma, yapay aydınlatma da bina cephelerinin yapımında etkilidir. Bina cephelerinin gerek tasarım gerekse yapımında etkili olan faktörlerde ortak nokta, bina cephelerinin meydana gelmesi ve bina ömrü boyunca kullanıcılara hizmet verebilmesi için enerjiye duyulan ihtiyaçtır (Karamanlıoğlu, 2011).

Bina kullanım aşamasında tüketilen enerjinin çoğu, iç ortam termal ve görsel konforu sağlamak amacıyla ısıtma-soğutma, havalandırma ve aydınlatmada kullanılmaktadır. Termal ve görsel performans, iç-dış çevreyi birbirinden ayıran bina cephesi ile sağlanmaktadır (Bayraktar, 2015).

### **2.1.3.1. Havalandırma**

Havalandırma kapalı bir mekânda kullanılan, kirliliği ve ısınmış havanın, temiz ve kirletici içermeyen hava ile yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Havanın yer değiştirmesi, hava sıcaklığı ile ilişkili olan basınç farklarından kaynaklanır (Darçın ve Balanlı, 2012).

Konforun artırılması ile yüksek hava hızı arasında net bir ilişki kurulamamıştır. Bununla birlikte, kişi hava hızını kontrol edebilmek için gerekli maksimum sıcaklıkları kontrol etmelidir (Atmaca ve Yiğit, 2011).

Dış ortam rüzgâr akımının iç-dış ortam arasında yarattığı basınç farkı ve ortamlar arasındaki sıcaklık farkının yarattığı basınçtan yararlanarak sağlanmaktadır. Havalandırma sistemleri kullanıcı konforunun sağlanmasında önemli parametrelerden



biridir. Özellikle ekolojik tasarımlarda yapı cephesinin insan derisi gibi nefes alan özellikte olması beklenmektedir. Beklenen bu havalandırma özelliğinin kontrollü olması gerekmektedir (Gür, 2007). Cephelelerde kontrolsüz yapılan hava geçişleri ısı konforun düşmesine sebep olmaktadır. Yapılarda havalandırma doğal, mekanik ya da karma olarak sağlanabilmektedir. Mekanik havalandırmada enerji tüketiminin fazla olmasından dolayı yeni sistemlerde doğal havalandırma arayışlarına gidilmektedir. Tasarım aşamasında cephelelerde havalandırma gereklilikleri için parametreler belirlemek enerji tasarrufuna katkıda bulunmaktadır (Yaşa, 2005).

Doğal havalandırmadan mekanik havalandırmaya geçişle beraber kullanılan enerji miktarı artmakta ve bu artışın engellenmesi için yeni stratejiler geliştirilmektedir. Bunlar güneş kontrol elemanları, iç ortamdaki hava hareket hızının artırılmasına yönelik çapraz havalandırmanın ve baca etkisinin yaratılması, ısı kütle kullanılması, gece havalandırması ile serinlik depolanması, soğuk tavan uygulamaları olarak özetlenebilmektedir (Darçın ve Balanlı, 2012).

Havalandırma ve ısı yalıtımı konularında çözüm olarak geliştirilen çift kabuklu sistemlerle kontrollü havalandırma yapılmaktadır. Kabuklar arasındaki boşluklar sayesinde hava iç ortama taşınmaktadır. Bu şekilde hava kontrolü aktif olarak sağlanmaktadır (Atmaca ve Yiğit, 2011).

### **2.1.3.2. Isıl konfor**

Isı sistemleri insan vücudu gibi kullandığı besin ve teneffüs edilen oksijen ile düşük sıcaklıklı ısı yayan ve mekanik iş üreten termodinamik bir sistem gibi düşünülebilir. Vücutta üretilen metabolik enerji taşınım ve ışıyım ile duyulur, ısı olarak ve buharlaşma ile gizli ısı olarak deriden ve solunum ile ciğerlerden bulunulan çevreye atılır. Bulunulan ortamın konforlu hissedilmesi için vücutta üretilen enerjinin vücuttan bulunulan çevreye atılan enerjiye eşit olması gerekmektedir. Vücut, yaşamsal organların fonksiyonlarının zarar görmemesi için, çevresel şartlar ne olursa olsun vücut iç bölme sıcaklığını 36.8°C de tutmak için kompleks fizyolojik denetim mekanizmalarına sahiptir. Vücut bulunduğu çevre ile ne kadar kolay bir şekilde enerji dengesini kurabiliyorsa, yani fizyolojik denetim mekanizmaları ne kadar az devreye giriyorsa, bulunduğu ortamı o denli konforlu hissetmektedir (Atmaca ve Yiğit, 2011).

Isıl konfor insan yaşamı için çok önemli bir ölçüttür. İç mekânda konfor halinin sağlanması için bina kabuğu, dış atmosfer koşullarının iç mekâna etkisi

düzenlenmelidir. İç mekân ve dış ortam arasında ısı farklılığının olmasından dolayı sıcak olan ortamdan soğuk olan ortama ısı transferi söz konusu olur ve bu noktada yapıların kabukları dolayısıyla da cephe sistemleri önemlidir (İlhan, 2004).

Cephe ısı transferleri, süreklilik gösteren malzeme ve bileşimler yoluyla olmaktadır. Isı köprüsü denilen bu olayı önlemenin yolu ısı geçişini engelleyen ısı bariyeri kullanmaktır. Isı köprüleri ısı konfor performansının düşmesine sebep olmaktadır (Gür, 2001).

Isı daima sıcak olan yerden soğuk olan yere doğru akar. Bu akış önlenemez, ancak ertelenebilir. Yani, ısıyı bir yerden tamamen kesmek, hapsetmek olanaksızdır ama bu akışın kontrolü mümkündür. Cephelerde geliştirilen sistemlerle beraber daha az enerji kullanarak ısı konforun sağlanması hedeflenmektedir. Yapıda soğutma için kullanılan enerji miktarı ısıtma için kullanılan enerji miktarından fazladır. Cephelerde kullanılacak sistemler yaz ve kış aylarına göre ısı konfor koşullarına cevap verebilmelidir.

### **2.1.3.3. Aydınlatma**

Gün ışığını mekân içerisine almak ve mekânı doğal ışık ile aydınlatmak doğru bir cephe sistem tasarımı ile mümkündür. Mekân içerisine doğal ışığın açıklıklar aracılığıyla giriş miktarının kontrol edilmesiyle, gün içerisinde yapay aydınlatma ihtiyacı azaltılabilmektedir (Kutlu, 2010). Bina tasarımında önemli bir etken olan günışığına yönelik doğal aydınlatma tasarım stratejileri ile mimari tasarım stratejileri bir birinden ayrılmayan tasarım parametreleridir. Bina tasarımı yapılırken erken tasarım evresinden itibaren günışığı stratejileri belirlenmeli ve tasarıma dair kararlar bu stratejilere göre alınmalıdır (Kılıç, 2018).

Mekânlarda görsel konforun sağlanabilmesi; aydınlık düzeyi, parlaklık ve renk etkenlerinin belirli değerler içinde kalması ile olanaklıdır. Birim alana düşen ışık akısı olarak tanımlanan aydınlık düzeyi, gözün görme yeteneğini doğrudan etkileyen bir faktördür (Alpur, 2009).

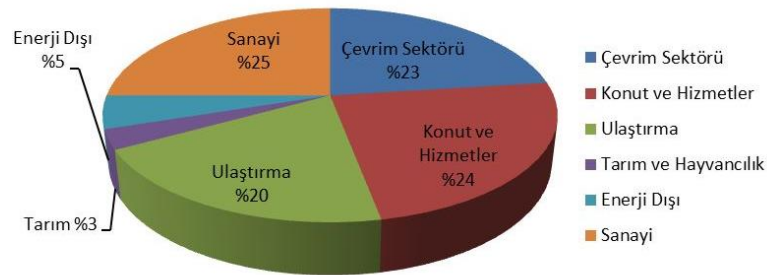
### **2.1.3.4. Ses kontrolü**

Gürültünün, insan davranışları ve iş performansı üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ancak, gürültünün performans üzerindeki etkilerini değerlendirmek

kolay değildir. İş çeşitlerinin ve koşullarının çeşitliliği, belirli bir gürültü seviyesini limit olarak belirlemeyi güçleştirmektedir. Gürültünün bu konu üzerindeki etkileri de tartışılmalıdır. Çünkü araştırma sonuçları her zaman tahmin edildiği gibi çıkmamaktadır. Bazen gürültü performansı arttırmakta, bazen ise, gürültülü ve sessiz ortamlarda ölçülen performans değerlerini değiştirmemektedir. İnsan yapısının karmaşık yapısından ötürü, araya giren değişkenler artmakta ve bu da, kesin sonuçlar elde edilmesini zorlaştırmaktadır (Döşemeciler, 2002). Ses kontrolü üzerine yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilse de ses ve gürültü kavramını kontrol altına alınması gerekmektedir.

### 2.1.3.5. Enerji korunumu

Dünyada enerjinin %40 fosil yakıt tüketimi ile ısıtma-soğutma ve aydınlatmada kullanılmaktadır (Yılmaz ve Oral, 2017). Türkiye’de ise bu oran %24 tür (Şekil 2.6) (ETKB, 2017). Enerji kaynaklarının sınırlı olmasından dolayı enerji tasarrufu oldukça önemlidir ve bu tasarrufa enerjinin büyük bir kısmını oluşturan yapı sektöründen başlanılmalıdır. Dünyada ve Türkiye’de ekolojik yapı tasarımı ve sürdürülebilirlik kapsamında kullanılan bu enerjinin minimuma indirilmesi hedeflenmiştir (Özmehmet, 2007).



Şekil 2.6. Türkiye’de kullanılan enerjinin sektörlere dağılımı (ETKB, 2017)

Enerji etkin yapı tasarımı, mimari tasarım sürecinde iklim, yön ve hâkim rüzgâr gibi değişken fiziksel çevre verilerinden yararlanarak, enerjiyi etkin ve verimli kullanmaya yönelik tasarım yapılması olarak tanımlanabilmektedir. Enerji etkin yapı tasarımı yapıya uygun aktif ve pasif denetim olanaklarıyla, ısıtma-soğutma-doğal aydınlatma-havalandırma konularında yapı performansını arttırmaktadır. Ayrıca enerji etkin yapı tasarımı enerjinin korunumuna yönelik denetim sağlaması amacıyla tasarım

ölçütlerinin belirlenmesi ve bu kapsamda tasarımlar yapılmasını öngörmektedir (Dikmen, 2011).

Enerji etkin yapı tasarımında cephelerin rolü oldukça büyüktür. Cepheler yapının dış ortam ile bağlantıyı sağlayan en büyük yüzey alanına sahip yapı elemanıdır ve doğru çözümlerle tasarlanmaz ise cepheler yolu ile kaybedilen enerji miktarı yüzey alanı ile orantılı olarak artmaktadır. Bu sebeple cephe tasarımında enerji tasarrufu için belirli kriterler vardır. Bunlardan bazıları;

- Yapı kabuğunun ve formunun fiziksel çevre verilerine uygun biçimlendirilmesi ve konumlandırılması,
- Yapı tasarımında dış havayı içeri alarak denetleyecek ve denetlenmiş havayı dağıtacak, yapı içi ve dışı arasında tampon bölge oluşturacak biçimlerin kullanılması,
- Yapı tasarımının güneş enerjisinden optimum yararlanacak biçimde desteklenmesi ve yapı cephesinde enerji etkin cephe sistemlerinin kullanılması (Dikmen, 2011) olarak sıralanabilir.

Ayrıca cephelerde enerji etkin, akıllı malzemelerin kullanılması ve cephelerde hareketli gölgeleme elemanları kullanılması cephelerden kaynaklanan enerji kaybını azaltmaktadır (Ayçam, 2011; Tıkansak, 2013)

Konforun artırılması ve enerji tüketiminin azaltılabilmesi için, optimum güneş koruması ve gelişmiş gün ışığı sistemleri ile soğutma yükleri azaltılmalıdır. Bu ihtiyaçların karşılanabilmesi için elemanlar tasarım ve kullanım sırasında esnek çözümlere imkân vermelidir. Şartlara bağlı olarak, mekân içindeki ısı kazanımı veya cephedeki ısı geçirgenlik kayıpları, gölgeleme, yalıtım ve gün ışığı yönlendirme sistemleri ile minimize edilebilmektedir. Günümüzde, gelişmiş gölgeleme sistemleri ile yazın yapılardaki enerji tüketimi etkin şekilde azaltılabilmektedir (Gür, 2007).

İç ortam konfor koşullarının sağlanması minimum enerji ile yapılması gerekmektedir. Bina tasarımında kullanıcı konforu ile enerji kullanımı arasında verimli bir denge kurmak amacıyla, iç ortama ısıtma-soğutma aydınlatma taze hava sağlamak, enerji etkin yapılar için ortak paydadır (Karamanlıoğlu, 2011).

### **2.1.3.6. İhtiyaçlar doğrultusunda değişkenlik**

Dış ortam koşullarında ve kullanıcı gereksinmelerinde meydana gelen farklılıklara adapte olmak üzere yapı kabukları değişken performanslar gösterebilmelidir. Bu sayede

kullanıcı konforu odaklı ve enerji etkin mimari tasarımlar elde edilmesi mümkün olabilmektedir.

Çevresel faktörler binalar üzerinde bir etki oluşturur. Bunlar ısı, ışık, ses vb. gibi çoğaltılabilir. Bu gibi etkilere karşı binalar gelişen yeni teknolojiler aracılığı ile adapte olabilmektedir. (Korkmaz, 2004). Bu adaptasyon binalarda daha az enerji harcayarak kullanıcı konforunun artırılmasını sağlamaktadır.

Cephelerde, binanın temel enerji harcamalarının azaltılabilmesi için, günlük ve mevsimsel şartlara göre uyum sağlayabilme yeteneği geliştirilmektedir. Yapı kabuğu, doğal çevre ile sınırlandırılmış yapay çevre arasında bir filtre görevini üstlenmektedir. Değişkenlik özelliği taşıyan yapı kabuğu, kullanıcı konforunun artırılması ve enerjinin etkin kullanılmasında olumlu özellikler taşımaktadır. Kabuktaki hareketlilik, dış ortam şartlarına göre konum ve özelliklerini değiştirerek iç ortam konfor düzeyinde iyileştirme olanaklarını sağlamaktadır (Gür, 2007).

Cephe sistemlerinin gelişmesinde ara etkenler;

- Isıl konforu arttırmak,
- Etkin güneş kontrolü ile soğutma yükünü azaltmak,
- Binada ihtiyaç duyulan ışık miktarını büyük oranda gün ışığı ile sağlamak,
- Doğal havalandırma ile hava kalitesini artırmak,
- Gün ışığı ve ısı konforu arasında optimizasyonu sağlayarak aydınlatma, soğutma ve ısıtma için gereken enerji yüklerini minimize etmek ve işletme giderlerini azaltmak,
- Kullanıcı sağlığını, konforunu ve performansını iyileştiren iç ortam koşullarını sağlamak,
- Değişen hava koşullarına yağmur, rüzgâr vs istenmeyen etkilerin oluşmasını önleyerek iç ortam konforunu arttırmak,
- İstenmeyen gün ışığını kontrollü olarak engellemek olarak görülmektedir (Başaran, 2015).

Cephelerin karakteristik özellikleri uygulandıkları döneme, bina kullanımına, kentsel planlama şartlarına, kullanıcıların mali güçlerine ve dönemin teknolojik özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Başaran, 2015). Yapıldığı zamanın teknolojisine bağlı olarak yapılar, enerji-tasarruf potansiyeli optimum düzeyde kullanılmak suretiyle tasarlanmaktadır (Aykal ve ark., 2009). Cephelerde kullanılan panjur sistemleri çift cidarlı cephelerin ilk adımı olarak kabul edilirse enerji etkin cephe tasarımının başlangıcı olarak düşünülmesi doğru olacaktır. Bahsi geçen bu panjurlar gece

kapatılıp gündüz açılarak hem hareketli cephe elemanı olarak kullanılmakta hem de kapatıldığında tampon bölge oluşturarak enerji tasarrufu sağlamaktadır. Teknoloji ile beraber cephelerde kullanılan değişken hareketli sistemler de gelişmektedir (Gür, 2007).

Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınımına karşı optik özellikleri olarak bilinen geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları saydam bileşenler için doğrudan ve yaygın güneş ışınımına karşı farklı değerler almaktadır. Işınımına karşı saydam bileşenlerin optik özellikleri güneş ışınımının geliş açısına bağlı olarak değişmektedir. Bina kabuğu bahsedilen özelliklerine bağlı olarak dış çevre koşullarını iç mekâna en az uygun şekilde aktaran ve iç ortam koşullarının oluşumunda rol oynayan en önemli tasarım parametresidir. Binanın güneş ışınımı ve rüzgâr gibi çevresel etkenlerden gerektiğinde yararlanabilmesi, gerektiğinde korunabilmesi için yukarıda sıralanan tasarım değişkenlerinin yanı sıra bina kabuğu üzerinde güneş kontrolü ve doğal havalandırma sistemlerine gereksinim duymaktadır. Binanın enerji giderlerini en az düzeyde tutabilmek için bu sistemlerin uygun yönlerde, uygun biçim ve boyutlarda tasarlanmış olması gerekmektedir. Değişken cepheler tıpkı canlı derisi gibi kendisini ayarlayarak çevre koşullarına uyum sağlayan ve bu yolla bina içi çevrede ışık, ses, iklim ve hava kalitesi gibi kullanıcılar için vazgeçilmez ihtiyaçlarının sağlanmasında ve dolayısıyla enerji harcamalarının azaltılıp kullanıcı konforunun yükseltilmesinde önemli rol oynayan yapı elemanlarıdır. Bu cephe sistemleri en basit şekliyle doğal havalandırma ve güneş kontrol elemanlarının otomatik hareketiyle binanın havalandırma, klima ve aydınlatma enerjisi yüklerini en aza indirgeyen ve kullanıcı konforunu olabildiğince doğal yollarla sağlayan kabuklardır (Yılmaz, 2006).

Özellikle ofis binalarında güneş ışığının geliş açısı oldukça önemlidir. Bu yapılarda gün içerisinde istenmeyen ışığa karşı önlem almak gerekmektedir. Sabit elemanlarla yapılan bu önlem her zaman istenilen özelliklere cevap vermemektedir. Hatta bu elemanlar yapıda güneş ışığının yeteri kadar alınamamasına sebep olmaktadır. Ayrıca kullanılan sabit elemanlar zaman içerisinde güneş ışığını hep aynı açıdan almasından dolayı daha hızlı eskimekte ve işlevini yerine getirememektedir. Hareketli yapı elemanları gün içerisinde yön değiştirerek iç mekânlarda istenilen konfor şartlarının oluşturulmasında daha etkili olmaktadır.

### 2.1.3.7. Güneş kontrolü

Bina dış katmanından iç mekâna girme ihtimali olan ışınların istenmeyen bölümünü yansıtmada kullanılan elemanlara güneş kontrol elemanları denilmektedir. Güneş kontrol elemanları güneş ışınımından kaynaklanan ısı artışını azaltabilmek için uygun yere konumlandırılmalıdır (Çetin, 2018).

Güneş kontrol elemanları, binalarda gölgeleme istenen dönem için bina saydam yüzeylerinden iç mekâna alınan direkt güneş ışığını engelleme ve güneş ışınımının denetlenmesi, böylelikle mekânlarda istenen iklimsel ve görsel konfor koşullarını sağlanması amaçlarıyla kullanılmaktadır. Güneş kontrol elemanlarının optimum tasarımı ve mimaride kullanımı, binalarda istenen konfor koşullarının elde edilmesini ve enerjinin etkin kullanımını doğrudan etkilemektedir (Yılmaz, 2016).

Günişığı ile aydınlatma tasarımının öncelikli ilkesi günişığından yararlanmayı en uygun seviyeye yükseltmek, parıltı problemlerinden kaçınmak ve güneş ışınımından kaynaklı ısı kazancını engelleyerek soğutma yüklerini azaltmaktır. Bu bakımdan günişığın iç mekâna alındığı mekânlarda görsel ve ısısız konforu sağlamak için güneş ışınımının kontrol edilmesi temel gereklilik olmaktadır (Kılıç, 2018).

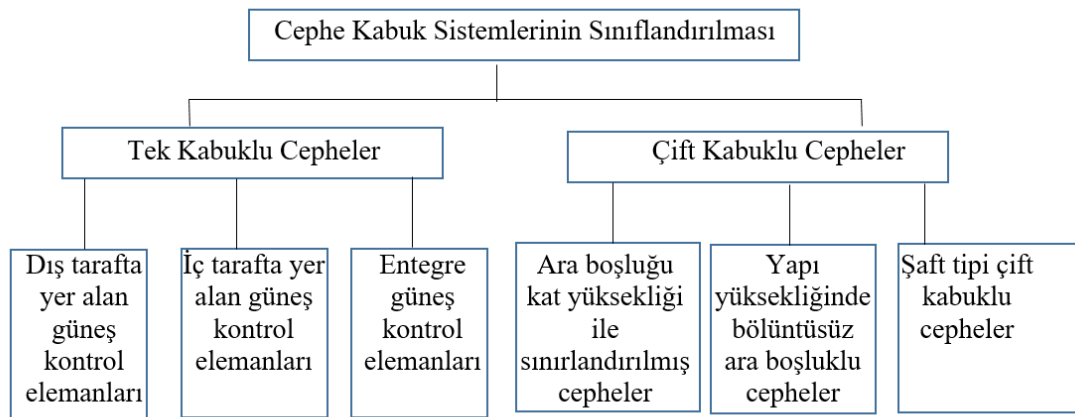
Gölgeleme elemanları yapı kabuğunun bir parçası olarak değerlendirilmeli ve tasarımı yapılırken gün içerisinde istenmeyen gün ışığı etkilerinden korunurken istenilen aydınlatmaya engel olmaması gerekmektedir. Aksi takdirde yapay aydınlatma yükünü arttıracaktır. Gölgeleme elemanları tasarlanırken iklim koşulları, güneş ışığından kaynaklı ısı kazancı, estetik beklentiler, bakım onarım gibi birçok etmen göz önünde bulundurulmalıdır (Özyer, 2017).

Dış ortamda uygulanan güneş kontrol elemanları, yapılarda soğutma enerjisi kullanımını, güneş kontrolü yapılmayan cam cephe sistemlerindeki kıyasla yarı yarıya azaltabilmektedir. İç ortamda uygulanan kontrol ise soğutma enerjisi ihtiyacını %20'den daha fazla azaltmamaktadır. Özellikle ofis yapıları gibi cam oranının fazla olduğu binalarda aşırı ısı yüklemesine karşı güneş kontrolü yapılmalıdır. Sabit elemanlar ile kontrolün gün ışığı kullanımında fonksiyonel dezavantajları ortaya çıkmaktadır. Hareketli sistemler ise ayarlama yapabilme olanakları ile güneş kontrolü ve doğal ışıktan maksimum yararlanma arasında optimum bir çözüm getirebilmektedir. İçten yapılan güneş kontrolünde elemanlar güneşten soğurdukları enerjiyi iç ortama verdiklerinden yazın istenmeyen ek soğutma yükü ortaya çıkmaktadır. Dış ortam etkilerinden korunaklı şekilde yerleştirilebilen güneş kontrol elemanlarının kirlenmeye

karşı dayanıklı olmasından dolayı, bu elemanların gün ışığını yönlendirmek üzere yüksek yansıtıcılık özelliğinden maksimum düzeyde yararlanılabilmektedir. Çift kabuklu cephe sistemlerinde ara boşluğa yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının bakım ve temizliği kolay olabilmektedir. Dıştan uygulanan sistemlerin etkinliği daha fazladır, ancak dış ortamın etkilerine dayanıklı elemanlar seçilmelidir (Gür, 2007).

## 2.2.Kabuk Sistemlerine Göre Sınıflandırma

Cephelerin bir çok sınıflandırma yöntemi olmasına rağmen gölgeleme elemanlarının cephelerdeki konumlarını ve kullanım şekillerini tanımlamak amacıyla bu çalışmada kabuk sistemlerine göre sınıflandırma ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Tek kabuklu cephe sistemlerinde güneş ışınlarının etkisi ile aşırı ısınma ve soğuk havalarda hızlı bir şekilde ısı kaybı yaşanmaktadır. Tek kabuklu cephe sistemleri için ısınmaya karşı önlem olarak güneş kontrol elemanları geliştirilmektedir. Bu elemanlar cephe dışında, cepheye entegre veya cephe içerisinde konumlandırılmaktadır (Şekil 2.7) (Ayçam, 2011). Çift kabuklu cephe sistemler ise ısıtma enerjisinin düşürülmesine yönelik geliştirilmiş cephe sistemidir. Çift kabuklu cephelerde güneş ışınları sebebiyle iç mekanın fazlasıyla ısınmasına karşı önlem olarak gölgeleme elemanları geliştirilmektedir. Bu elemanlar genellikle iki kabuk arasında yer almaktadır.



Şekil 2.7. Cephe kabuk sistemlerinin sınıflandırılması(Ayçam, 2011)



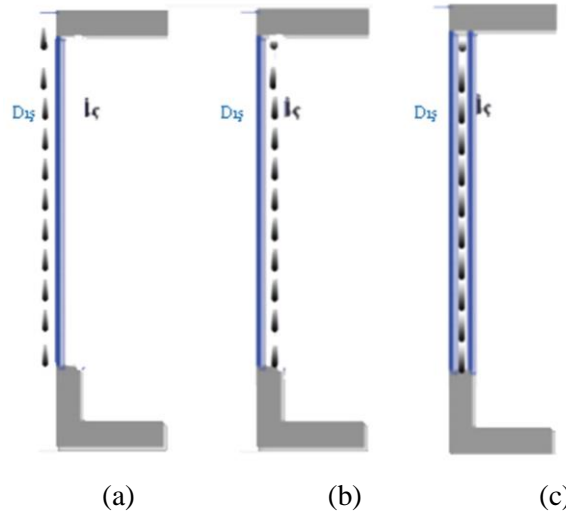
### 2.2.1. Tek Kabuklu cephe sistemleri

Tek kabuklu cephe sistemlerinde saydam malzeme miktarının fazla olmasından ve camın ısı geçirgenlik miktarının yüksek olmasından dolayı ısısal enerji kaybı fazla olmaktadır. Fakat bu cephe sistemleri doğal aydınlatma, şeffaflık ve havalandırma ihtiyaçlarını optimum düzeyde tutması ve ekonomik olmasından dolayı tercih edilmektedir (Yeşilli, 2016).

Tek kabuklu cephe sistemlerinde güneş ışığı, rüzgâr ve hava akımı gibi sorunlara karşı önlem arayışlarına girilmiştir. Tek tabakalı cephelerin iç veya dış kısmına yerleştirilen gölgeleme elemanlarıyla güneş ışınının istenen miktarının, yapının içine verimli bir şekilde alınması sağlanmaktadır. Ayrıca tek tabakalı cephe kabuklarında güneş kontrolü, cama kaplama yapılmasıyla sağlanmaktadır. Bu kaplamalar; görülebilen büyüklükteki dalga boylarını yansıtan, toplayan veya kızılötesi ışınları yansıtıran aynı zamanda soğuk havalarda da ısı kazanımlarını ve gün ışığı kazanımlarını azaltmaktadır. Bu yüzden bu kaplamaların soğuk havalardaki olumsuz etkilerini azaltmak için iklimlendirme sistemleri kullanılmaktadır (Uygun, 2012).

Tek kabuklu cephe sistemlerinde güneş kontrolünü sağlamak ve gün ışığını kontrollü düzeyde tutabilmek amacıyla özel cam kaplamaları kullanılmaktadır. Ancak bu kaplamalar kış aylarında güneşten kazanılan ısı miktarını azaltır ve ışık geçirgenliğini sınırlandırmaktadır. Bu sebepten dolayı tek kabuklu cam cepheli yapılarda kontrol edilebilir elemanların kullanılması gerekmektedir (Gür, 2007).

Tek tabakalı cephelerde geliştirilen güneş korunum elemanları, kontrol üniteleri ve yüzey bakımından üç kısma ayrılmaktadır (Uygun, 2012). Tek kabuklu cephe sistemleri güneş kontrol elemanlarının pozisyonuna göre; dış kontrol üniteli, entegre edilmiş ve iç kontrol üniteli olarak üç farklı konumda uygulanmaktadır (Şekil 2.8) (Gür, 2007).



**Şekil 2.8.** Tek Tabakalı cephelerde güneş kontrol elemanlarının konumları (Alemdağ, 2014)

(a): Dış kontrol üniteli gölgeleme elemanı

(b): İç kontrol üniteli cepheler

(c): Entegre edilmiş güneş kontrol eleman

### 2.2.1.1.Dış kontrol üniteli gölge elemanlı cepheler

Dış kontrol üniteli tek kabuklu cephe sistemlerinde gölgeleme elemanları kabuk dışına yerleştirilerek güneş ışığının kırılması sağlanmaktadır (Şekil 2.9). Bina cephesine çarpan gün ışığı gölgeleme elemanların ısınmasına sebep olmaktadır. Fakat gölgeleme elemanlarının dış ortamda konumlandırılmasından dolayı gölgeleme elemanlarının ısısı iç mekana yansımamaktadır.



**Şekil 2.9.** Dış kontrol üniteli gölgeleme elemanı (Solid Western Red Cedar Aerofoil Louvre Blades)

(URL-1, 2018)

Dış kontrol üniteli tek kabuklu cephe sistemlerinde gölgeleme elemanları estetik ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı birçok bina türünde kullanılmaktadır (Şekil 2.10). Fakat hava şartlarından etkilenme miktarı fazla olduğu için temizleme ve bakım

masrafları yüksek olmakta ve bu durum da sistemin olumsuz yönünü oluşturmaktadır (Begeç ve Savaşır, 2004).



Şekil 2.10. Dış kontrol üniteli gölgeleme elemanı kullanılan konut (Korkmaz, 2018)

Kullanılan gölgeleme elemanlarının binada kullanılacağı yönü ve koordinat düzlemine göre yatay veya dikey olarak yönlendirilmesi de cephe elemanlarının kirlenme ve toz tutma durumunu etkilemekte ve tasarım aşamasında daha seçici olmayı gerektirmektedir. Gölgeleme elemanlarını oluşturan parçaların yönünün yatay veya dikey olması temizliğin yanı sıra ışığın kırılma biçimini de etkilemektedir. Dikey gölgeleme elemanları günün farklı saatlerinde ışığı farklı biçimlerde kırmasından dolayı tercih edilirken, yatay gölgeleme elemanları gün içerisinde ışığı tek bir yönde kırmaktadır. Yatay gölgeleme elemanları doğal aydınlatmanın istenildiği durumlarda da ışığı kırıdığı için aydınlatma yüklerini arttırmasına rağmen yatay gölgeleme elemanları dikey gölgeleme elemanlarına göre gün ışığını fazla kırmasından dolayı soğutma yüklerini daha fazla azaltmaktadır. Ayrıca yatay gölgeleme elemanları dış çevre ile görsel bağlantıyı kestiği için istenilmeyen bir özellik oluşturmaktadır (Yüceer, 2010).

Dış kontrol üniteli gölgeleme elemanları sabit veya hareketli olarak tasarlanabilmektedir. Bu elemanların hareketli olması durumunda manuel, otomatik veya akıllı sistemler kullanılabilir.

### 2.2.1.2. İç kontrol üniteli cepheler

Güneş kontrol elemanları yapı içerisinde de konumlanmaktadır. Fakat bu sistemlerin ısı korunum etkinliği diğer sistemlere göre daha düşüktür. Isının mekân

içerisine geçişi gerçekleştiği için mekân ısısı artmakta ve ısı kontrolü etkin sağlanmamaktadır. Bu sistemlerin tercih edilme sebebi temizlik ve bakımının kolay olmasıdır (Sönmez ve Kıasif, 2018). İç kontrol ünitesi gölgeleme elemanı olarak tasarlanan stor perde ve jalûziler alüminyum raylı ya da çelik halatlı olarak ayarlanmaktadır (Şekil 2.11).

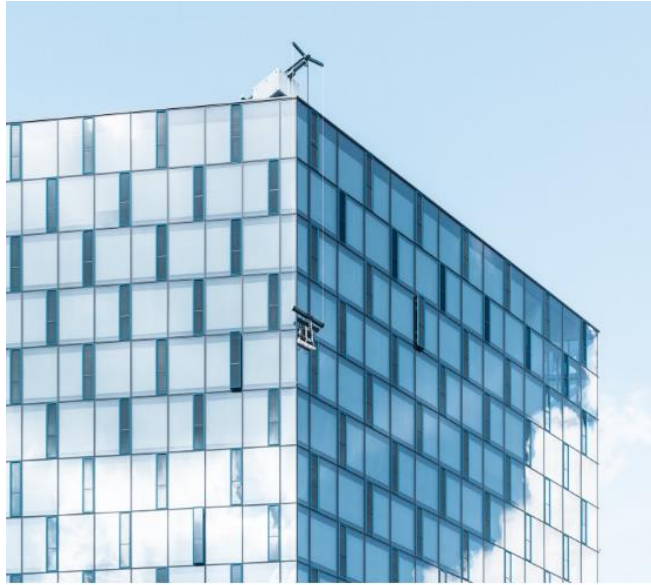


Şekil 2.11. İç tarafa entegre edilmiş gölgeleme elemanı (URL-3, 2018)

### 2.2.1.3. Entegre edilmiş güneş kontrol elemanlı cepheler

Tek kabuklu cephe sistemlerinde cam ünite içine entegre edilmiş güneş kontrol elemanlarının kullanımı yaygın değildir. Cephelerin temizlik maliyetinin az olmasına rağmen üretim maliyeti yüksektir. Bu sistemler oluşturulurken özellikle elektrikli motor iki cam arasına yerleştirilirse maliyet miktarı daha fazla olmaktadır. Bu sebeple entegre edilmiş güneş kontrol elemanlarının alternatifleri geliştirilmektedir (Gür, 2007).

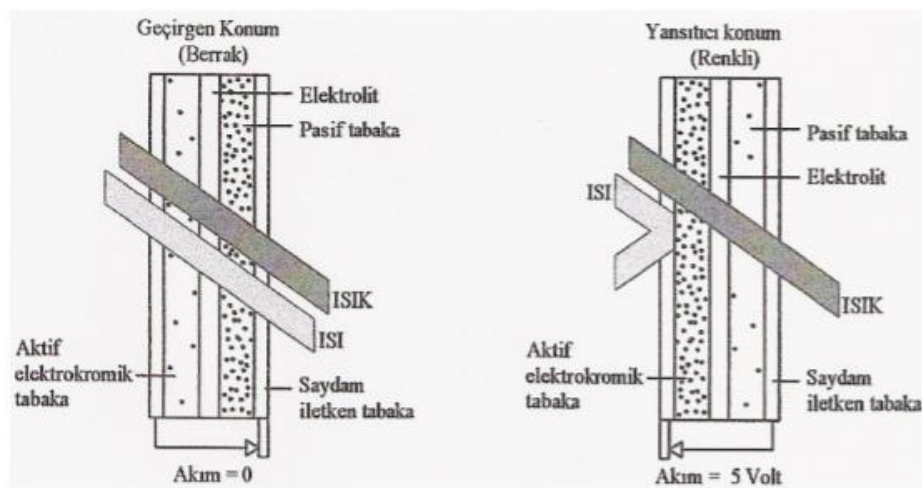
Entegre edilmiş güneş kontrol elemanlı cephelere örnek olarak Festo Otomasyon Binası verilebilmektedir (Şekil 2.12). Projenin tasarım sürecinden itibaren sürdürülebilir enerji konseptine bağlı kalınarak tasarlanan entegre güneş kontrol sistemi, ısı ve ışık kontrolü sağlayarak aktif ısıtma sistemlerinin kullanım ihtiyacını büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır. (URL-2, 2018).



Şekil 2.12. Güneş kontrolü entegre edilmiş yapı (Festo Otomasyon Binası)(URL-2, 2018)

Entegre güneş kontrol sistemleri oluşturulurken kullanılan elektrik maliyetini düşürmek amacı ile akıllı cam sistemleri geliştirilmektedir. Elektrokromik camlar olarak bilinen bu sistemler, elektrokimyasal reaksiyon mekanizması ile çalışmaktadır (Tavil, 2004).

Elektrokromik camlar 5 tabakadan oluşur. Nikel veya tungsten metalinden meydana gelir. Malzemeler iki saydam iletken arasında yerleştirilerek voltaj uygulandığında cam içerisinde elektrik alan oluşturulmaktadır. Renklendirici iyonlar elektrolitten elektrokromik tabakaya doğru hareket etmekte ve bu şekilde elektrokromik yüzeyde koyulaşma meydana gelmektedir (Şekil 2.13-14) (Kazanasmaz ve Diler, 2018).



Şekil 2.13. Elektrokromik pencere teknolojisi(Tavil, 2004)

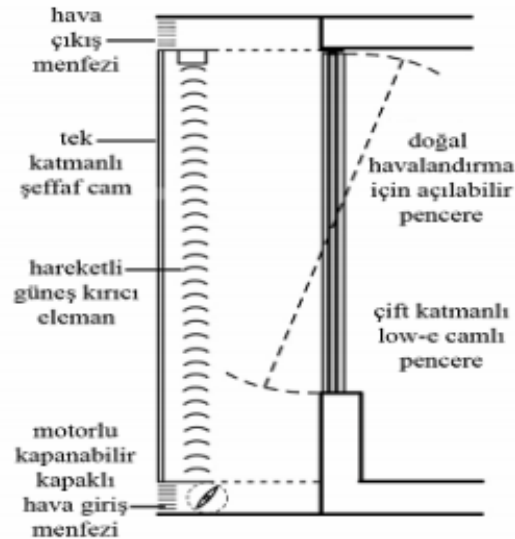


Şekil 2.14. Elektrokromik cam davranışı (Kazanasmaz ve Diler, 2018)

### 2.2.2. Çift kabuklu cephe sistemleri

Çift kabuklu cephe sistemi tek kabuklu yapı sisteminin önüne bir cam kabuk düzenlenmesiyle oluşturulmaktadır. Genellikle güneş kontrol elemanları bu iki kabuk arasında yer almaktadır (Şekil 2.15). Çift kabuk cephe sistemlerini oluşturan bileşenler saydam bileşenler, tespit bileşenleri, taşıyıcı elemanlar, opak bileşenler, havalandırma boşluğu, güneş kontrol elemanları, ventler olarak sıralanmaktadır. Cepheyi oluşturan bileşenlerin özellikleri cephe tasarımına göre değişmektedir (Yıldız, 2016).

Çift kabuklu cephe sistemlerinde mekan havalandırılması amacıyla menfezler kullanılır. İki kabuk arasında oluşan boşluktan menfezler yardımıyla iç mekanın havalandırılması sağlanmaktadır. Çift kabuklu cepheler de bu havalandırma boşluklarına göre sınıflandırılmaktadır (Çetiner, 2002).

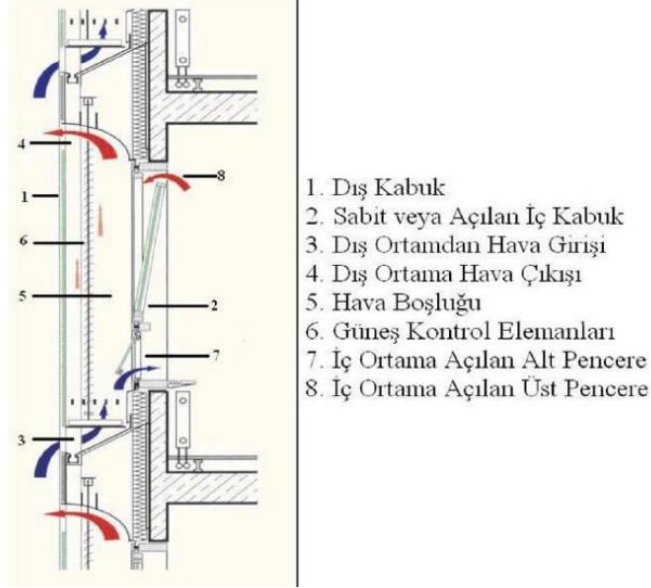


Şekil 2.15. Çift kabuklu cephe şematik kesit (Ayçam, 2011)

Çift kabuklu cephelerde ısı geçişleri; taşınım, ışınım ve iletim yoluyla olmaktadır. Güneş ışınları cidarlar arasındaki boşluğa alınarak absorbe edilir ve hava sıcaklığının yükselmesine neden olur. Artan sıcaklık hava kanalları olarak adlandırılan cidarlar arasındaki boşluktan hava akımları yoluyla uzaklaştırılır ve bu sayede mekânların aşırı ısınma probleminin önüne geçilebilmektedir. Havalandırma kanallarında oluşan ısınma problemine çözüm getirilmediği takdirde havalandırma yükü ve soğutma yükleri meydana gelmektedir. Çift cidarlı cephelerde ısı geçişlerinin kontrolü ile her iki cephenin yüzey sıcaklıkları arasındaki fark azaltılarak yapı kabuğu aracılığı ile enerji etkinliğine katkı sağlanmaktadır (İnan ve Başaran, 2013).

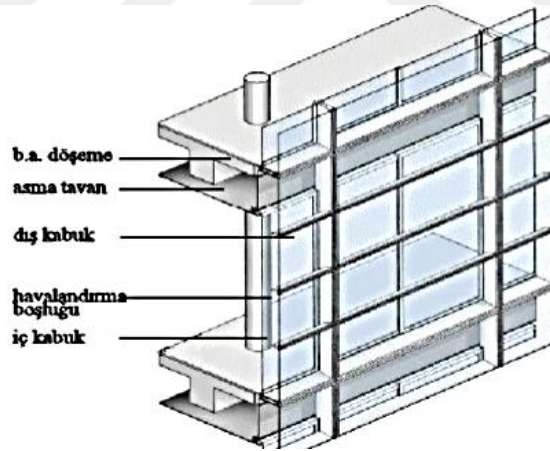
Çift kabuklu bina cephesinin temel amacı, bina kullanıcılarına konforlu bir ortam sağlamak ve sıcaklıkları birbirinden farklı olan iç-dış ortamlar arasındaki ısı geçişini düzenlemektir. Ayrıca gerektiğinde iç mekâna gün ışığı ve hava geçişini sağlamaktır. Ticari fonksiyonlu binalarda ve ofis binalarında bilgisayar kullanımı, aydınlatma ve insan aktivitelerinden kaynaklı ısı oluşumu iç mekân sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Özellikle ılıman iklim bölgelerinde ve taban alanının, cephe alanına oranının büyük olduğu durumlarda, iç termal yükler, dış termal yüklerle kıyasla daha fazla önem kazanır. Sıcak ve ılıman iklimlerde iç mekânın soğutulması yılın büyük bir kısmı için gerekli hale gelir. İç mekânları güneşten korumak için ara boşlukta gölgeleme elemanları kullanılmaktadır (Yıldız, 2016).

Çift kabuklu cephe sisteminin en üst kısmında yer alan havalandırma menfezleri iç ve dış kabuk arasındaki ısınan havanın dışarı atılmasını sağlamaktadır. Bu hava hareketi sayesinde yüzeyler arasındaki boşluk doğal yöntemlerle havalandırılmaktadır. İç mekânların havalandırılması ise cephe boşluğunda, taban seviyesinde bulunan havalandırma menfezleri aracılığı ile yapılmaktadır (Sahraei, 2013). Menfezler iç ortamla dış ortam arasındaki doğal hava sirkülasyonunu sağlarken, yapının enerji tasarrufunda bulunmasına da katkı yapmaktadır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Çift kabuklu cephe sistemleri doğal ve mekanik havalandırma (Yıldız, 2016)

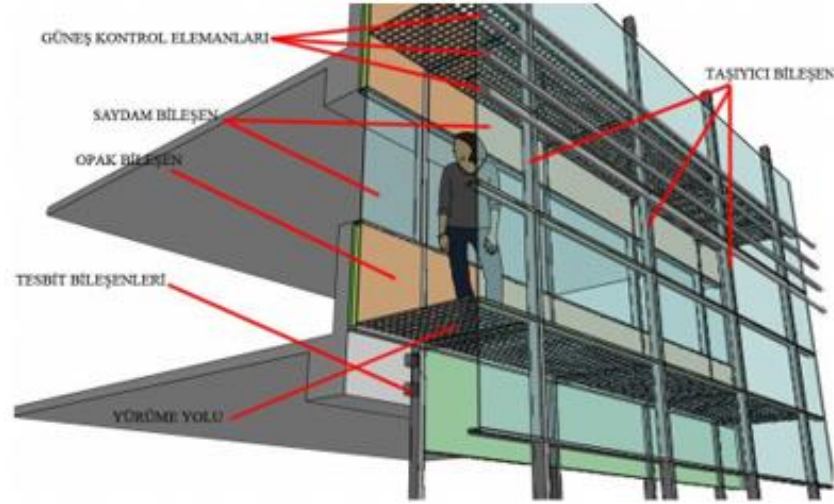
Çift kabuk, cephelerin arasındaki tampon bölge, hava akımının etkisini büyük ölçüde azaltmaktadır. İki katmandan oluştuğu için en dışta var olan kabuk, binanın pencerelerinin açılmasına ve böylece binanın doğal havalandırmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 2.17) (Çakır, 2012).



Şekil 2.17. Çift kabuklu cephe sistemleri şematik perspektif (Gür, 2007)

Çift kabuklu cephe sistemlerinde gölgeleme elemanları iki kabuk arasında yer alabilmekte ve bu durumda rüzgâr, yağmur, kar gibi dış etkenlere maruz kalmadığı için, bina dışına yerleştirilen gölgeleme elemanlarına oranla daha ekonomik olup cephenin iç yüzeyinden kontrol edilebilmektedir (Şekil 2.18). Katmanlar arasındaki boşluk sayesinde bakım ve onarımı kolaylıkla sağlanmaktadır (Yılmaz, 2006).

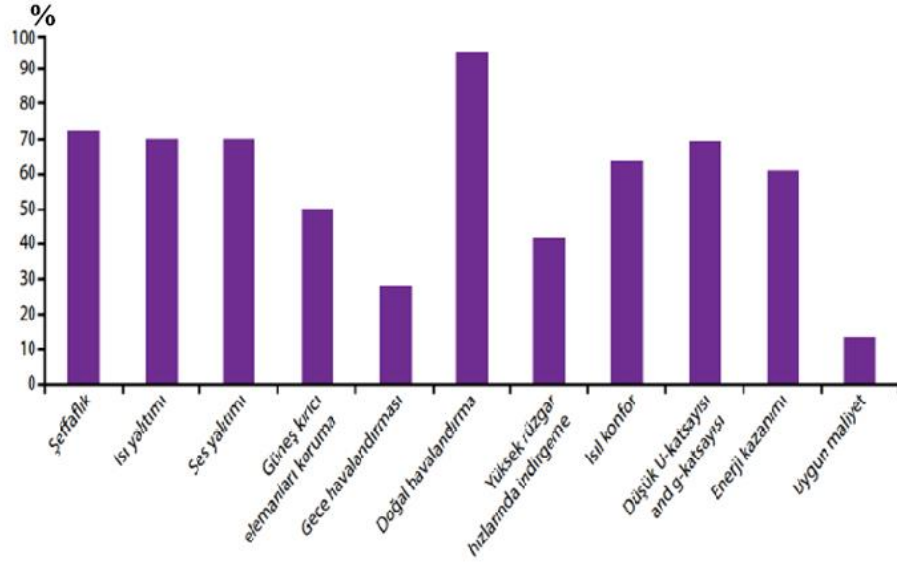




Şekil 2.18. Çift kabuklu cephe sistemleri şematik perspektif (Gür, 2007)

Yazın ısınan güneş kontrol elemanları tekrar ışıınım yapmakta ve ara boşlukta doğal baca etkisinde yükselen sıcak hava ile fazla ısının uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Çift kabuklu cam cephelerin bir diğer avantajı ise etkili ses yalıtımıdır. Yapılan testler ve simülasyonlara göre, doğal hava sirkülasyonunun boşlukta güneş radyasyonundan kaynaklanan ısının %25 kadarlık kısmını uzaklaştırmaktadır (Gür, 2007).

İnan ve Başaran (2014)' e göre çift kabuklu cephe sistemlerinin en çok vurgulanan avantajları; doğal havalandırma, şeffaflık oranının yüksekliği sayesinde çevresi ile etkileşiminin olması, ısı yalıtımını desteklemesi, ses yalıtım oranının yüksek olması, ısı iletim katsayısını düşürmesi, iç mekan konforunu artırması, enerji tasarrufunu sağlaması, güneş kırıcı elemanları dış ortam koşullarından koruması, yapıyı rüzgar etkisinden koruması olarak sıralanmaktadır (Şekil 2.19) (İnan ve Başaran, 2014).



Şekil 2.19. Çift cidarlı cephelerin avantaj yüzdeleri (İnan ve Başaran, 2014)

Çift kabuklu cephe sistemlerine örnek olarak Aurora Ofis kulesi verilebilmektedir. Bina 2002 yılında Renzo Piano Bina Atölyesi tarafından tasarlanmıştır. Binada çift kabuklu cephe sistemi panjurlarla birlikte kullanılmaktadır. Güneş ışığından ve parıltıdan korunmak amacıyla bina içinde kumaş perdeler ve metal güneş kırıcılar kullanılmaktadır (Şekil 2.20) (Kutluay ve ark., 2015).



Şekil 2.20. Aurora Ofis Kulesi ve Rezidansları, Avusturalya (URL-4, 2019)

Türkiye'nin ilk çift kabuklu cephe örneklerinden biri olarak gösterilen İstanbul Sapphire Binası bodrum katlar da dâhil olmak üzere 61 katlı ve 261 metre yüksekliğe sahiptir (Şekil 2.21). Bu kabuk sistemi iç ve dış mekân arasında tampon bölge oluşturmayı, doğal havalandırma ile binanın nefes almasını, binanın mekanik olarak daha az enerji tüketmesini sağlamaktadır. Cidarlar arasındaki hava boşluğuna

alüminyum güneş kırıcılar yerleştirilmiştir. Her 3 katta bir bulunan menfezler sayesinde doğal havalandırma sağlanmaktadır (Bavilolyaei, 2016).



Şekil 2.21. İstanbul Sapphire Binası (Erol, 2017)

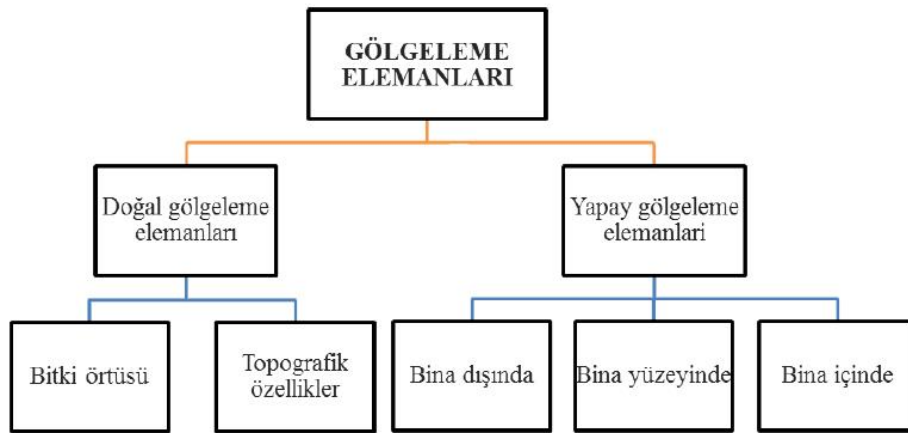
Kabuk sistemlerine göre cephe sınıflandırmalarında, gölgeleme elemanları kabuğun katmanlarından biri olmasından dolayı bu bölümde de yer almıştır. Ancak cephe gölgeleme elemanlarına göre sınıflandırma başlığı altında daha detaylı bir şekilde incelenmiştir.

### 2.3. Cephe Gölgeleme Elemanlarına Göre Sınıflandırma

Güneş ışınları bina cephesine çarparak iç hacim sıcaklığını arttırmaktadır. Yapı kabuğuna gelen güneş ışınları malzemelerin ısınmasına ve bu ısı iç hacme iletim yolu ile geçerek iç ortam ısısının artmasına sebep olmaktadır. İç hacim ısısının artmasının diğer sebebi de güneş ışınlarının saydam yüzeylerden doğrudan içeri girerek iç ortam sıcaklığını arttırmasıdır. Kullanıcı işlev ve ihtiyaçlarına göre güneş ışığının etkisi soğuk iklim bölgesinde ki yapılarda istenmesine rağmen sıcak iklim bölgesinde ki yapılarda istenmemektedir (Lakot, 2007).

Isınmanın istenmediği dönemde güneş ışınımı etkisiyle istenmeyen ısı kazançlarını önlemek için cephede güneş kontrolü önlemleri alınması gerekmektedir. Bu önlemler cepheye eklenen elemanlar aracılığı ile olabilmektedir (Manioğlu ve Oral, 2010). Gölgeleme elemanlarının gerekliliğinden dolayı farklı yöntemlerle yapıyı güneş

ışığından koruma amaçlanmıştır. Bu yöntemler yapay gölgeleme elemanı ve doğal gölgeleme elemanı olarak ikiye ayrılır (Şekil 2.22).

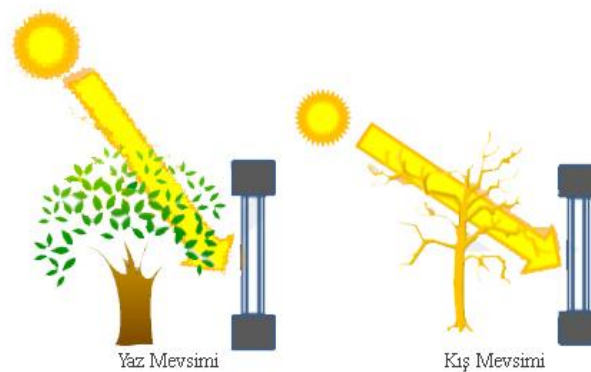


Şekil 2.22. Gölgeleme elemanları oluşum şekilleri (Özyer, 2017)

Gölgeleme sistemleri sıcak mevsimlerde güneşten korumayı sağlarken, soğuk mevsimlerde güneşi engellememelidir. Ayrıca iklim ve bina tipine uygun tasarlanmayan gölgeleme elemanları havalandırmayı ve doğal aydınlatmayı engellemektedir. Bu sebeple de enerji yükü artmaktadır. Uygun tasarlanan gölgeleme elemanları aydınlatmayı ve doğal havalandırmayı desteklemektedir.

### 2.3.1. Doğal Gölgeleme Elemanları

Doğal gölgeleme elemanları bitki örtüsü ve topografik özellikler kullanılarak tasarlanmaktadır. Bitki örtüsü kullanılarak tasarlanan gölgeleme elemanları yaz mevsiminde dalların yeşermesi ile daha fazla gölge alanı oluştururken, kış aylarında yapraklarını döken bitkiler güneş ışınlarının iç mekana gelişini önlemektedir (Şekil 2.23) (Özyer, 2017). Bu durum gölgeleme elemanlarında istenilen bir özelliktir.



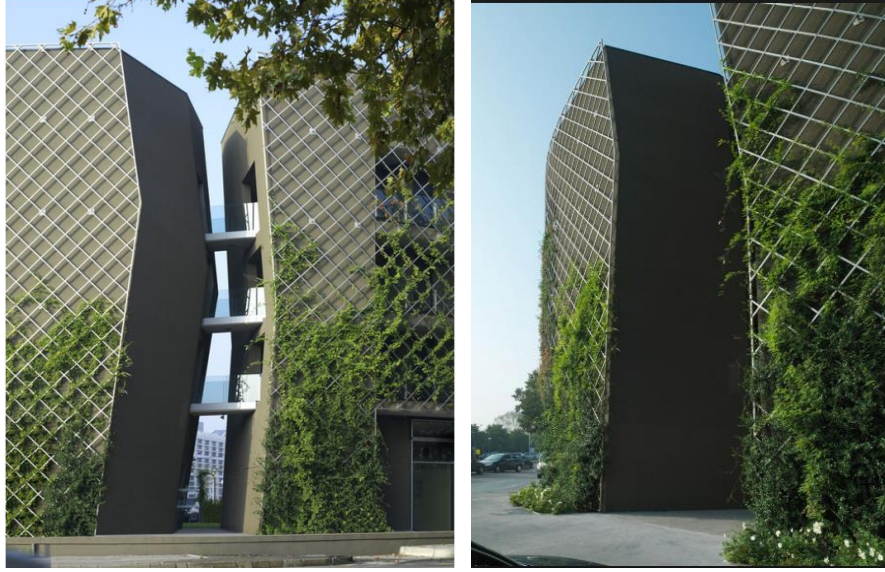
Şekil 2.23. Bitki örtüsü ile gölgeleme (Özyer, 2017)'den yararlanılarak düzenlenmiştir

Yerleştirilen doğal gölgeleme elemanları güneşin sert ışınlarını kırar, aynı zamanda bu elemanlar bina cephesini yağmurdan korumakta ve bina içlerinin görünmesini engelleyerek mahremiyeti sağlamaktadır. Binanın ısıtma-soğutma ve havalandırma için filtreleme fonksiyonlarını oluştururken bölgenin iklim özellikleri dikkate alınarak detaylı hesaplar yapılmalıdır. Hindistan Bangalore’ da bitki örtüsü kullanılarak tasarlanan gölgeleme elemanları yapıda soğutma için gerekli enerji giderlerini düşürmektedir (Şekil 2.24).



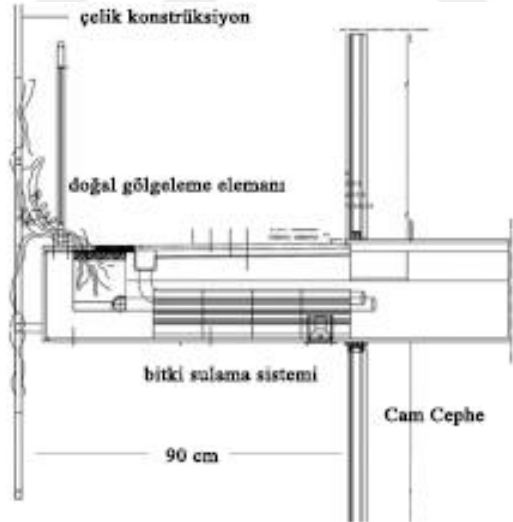
Şekil 2.24. Doğal gölgeleme elemanları kullanılarak yapılan yapılar (URL-5, 2018)

Doğal gölgeleme elemanlarına verilebilecek örneklerden birisi de 2006 yılında İtalya’da tasarlanan Rimini binasıdır. Bu binanın cephesi 60x60 cm den oluşan gridal bir kabuk sisteminden oluşmaktadır. Gridal sistem yapı cephesinden 1.5m uzaklıkta çelik konstrüksiyon kullanılarak tasarlanmıştır. Çelik konstrüksiyon yeşil cepheyi oluşturan bitkilerin tırmanması için alt yapı oluşturur. Oluşturulan doğal gölgeleme elemanları ile cepheler her zaman havaya ve ışığa karşı geçirgenlik özelliği gösterir (Şekil 2.25) (URL-6, 2019).



Şekil 2.25. Province of Rimini, İtalya(URL-6, 2019)

Cepheyi kaplayan bitki örtüsünün yeşil kalması amacıyla yapıdan 90 cm uzağında toprak ve su sistemi tasarlanmaktadır. Bu sistem cephelerin yüzeyini kaplayan bitkilerin canlı kalabilmesi için mevsimsel ihtiyaçları karşılamaktadır (Şekil 2.26) (URL-6, 2019).

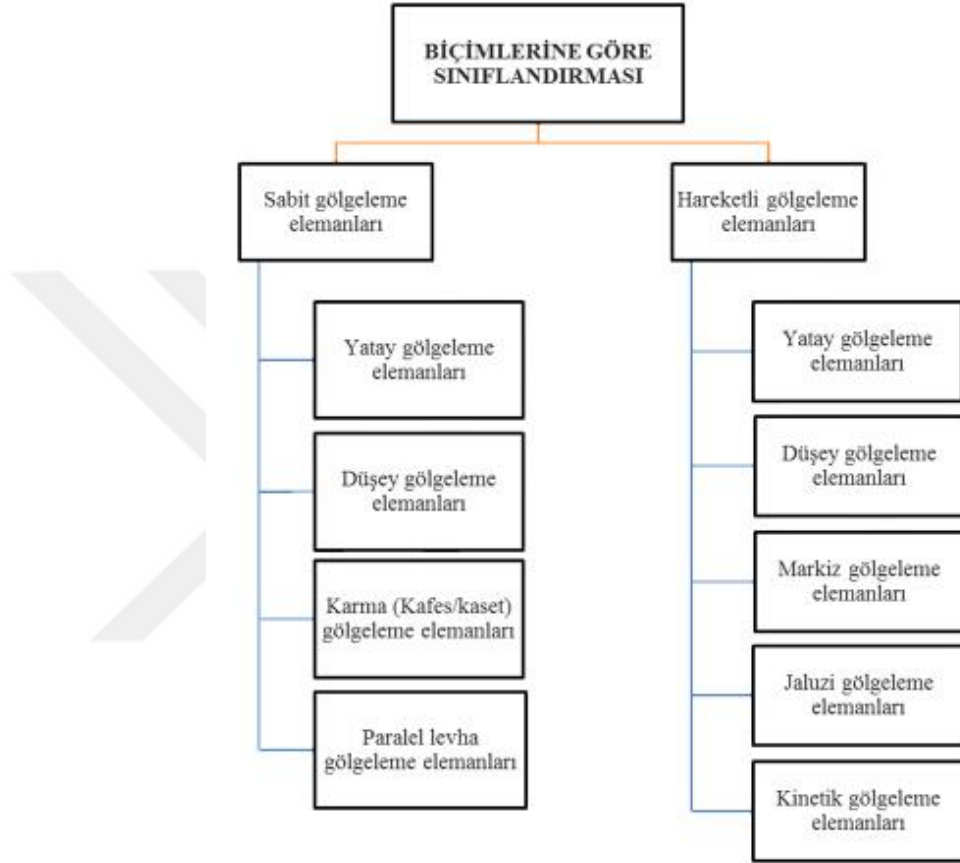


Şekil 2.26. Province of Rimini, cephe detayı (URL-6, 2019)

Ayrıca doğal gölgeleme topografik özellikler kullanılarak da uygulanabilmektedir. Arazi eğimi kullanılarak yükseltinin olduğu alanlar gölgeleme elemanı gibi davranmaktadır (Chousein, 2013).

### 2.3.2 Yapay Gölgeleme Elemanları

Gölgeleme elemanları yapıdan beklenen özelliklere göre farklı şekillerde tasarlanabilmektedir. Gölgeleme elemanları biçimine göre sabit ve hareketli olarak tasarlanabilmektedir (Şekil 2.27).



Şekil 2.27. Gölgeleme elemanları sınıflandırılması (Özyer, 2017)

#### 2.3.2.1.Sabit gölgeleme elemanları

Sabit gölgeleme elemanlarının yapının üretiminden kullanım aşamasına kadar hareket yeteneği bulunmamaktadır. Bu sebeple tasarım aşamasında parametreler doğru şekilde belirlenmelidir. Gölgeleme elemanı, bina tasarımında binanın konumuna, bölgenin iklimine, rüzgâr yönüne vb. kriterlere göre uygun olarak tasarlanmalıdır. Sabit gölgeleme elemanları güneşin ısısından korunumda başarılı özellik göstermesine rağmen ışığı her zaman aynı açı ile kırması ve gün ışığı istenilen zamanlarda iç mekânın ışık almasına engel olmasından dolayı olumsuz yönleri bulunmaktadır.

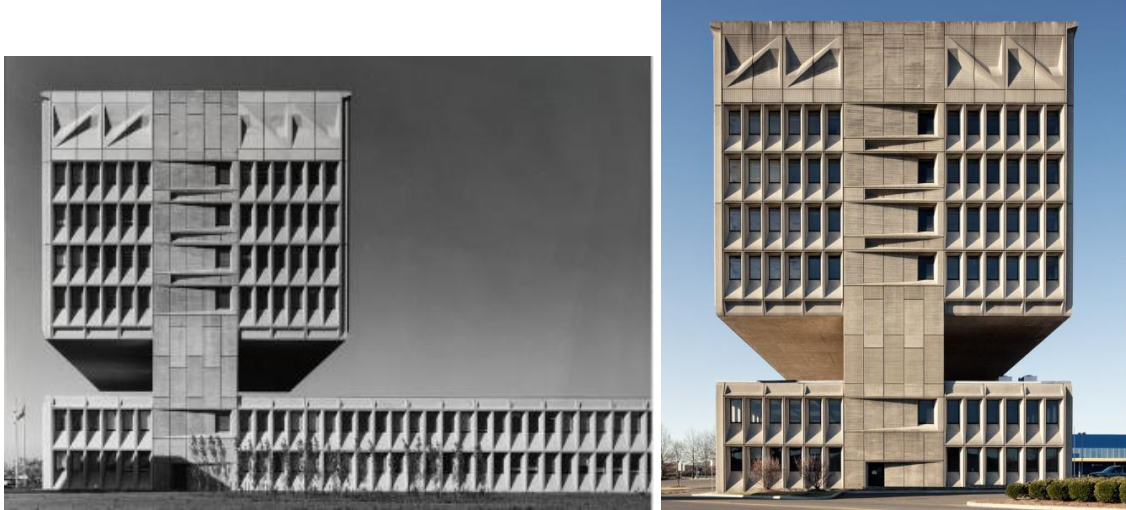
Sabit gölgeleme elemanları beton, çelik, ahşap, alüminyum gibi malzemelerden oluşturulabilmektedir. İstanbul'da bulunan AND Kozyatağı binasında kullanılan gölgeleme elemanları, alüminyum olup dikey ve yatay üçgen formlardan oluşmaktadır. Özellikle güneş ışığının açılı alındığı durumlarda geniş izdüşümleri ile alanının %35'i kadar daha geniş bir alanda gölgeleme sağlamaktadır. Profillerin yerleştiği opak yüzeylerden bazıları açılabilir planlanmış, bu sayede katlara doğrudan taze hava girişi mümkün kılınmıştır. Üçgen profiller fonksiyonel olmanın yanında estetik olarak da bina kütesine dinamizm katmaktadır. Cephe, güneş açısına, havanın durumuna göre gün boyu farklı görsel efektlere ulaşmaktadır (Şekil 2.28) (URL-7, 2018).



Şekil 2.28. İstanbul AND Kozyatağı (URL-7, 2018)

1969'da Amerika'nın New Haven şehrinde inşa edilen ve 20.yy modern mimarlığın en iyi örneklerinden biri olarak bilinen Pirelli binasının cephelerinde bürüt beton kullanılmıştır ve bu elemanlar sabit güneş kırıcı özelliği taşımaktadır (Şekil 2.29 ) (URL-8, 2019).





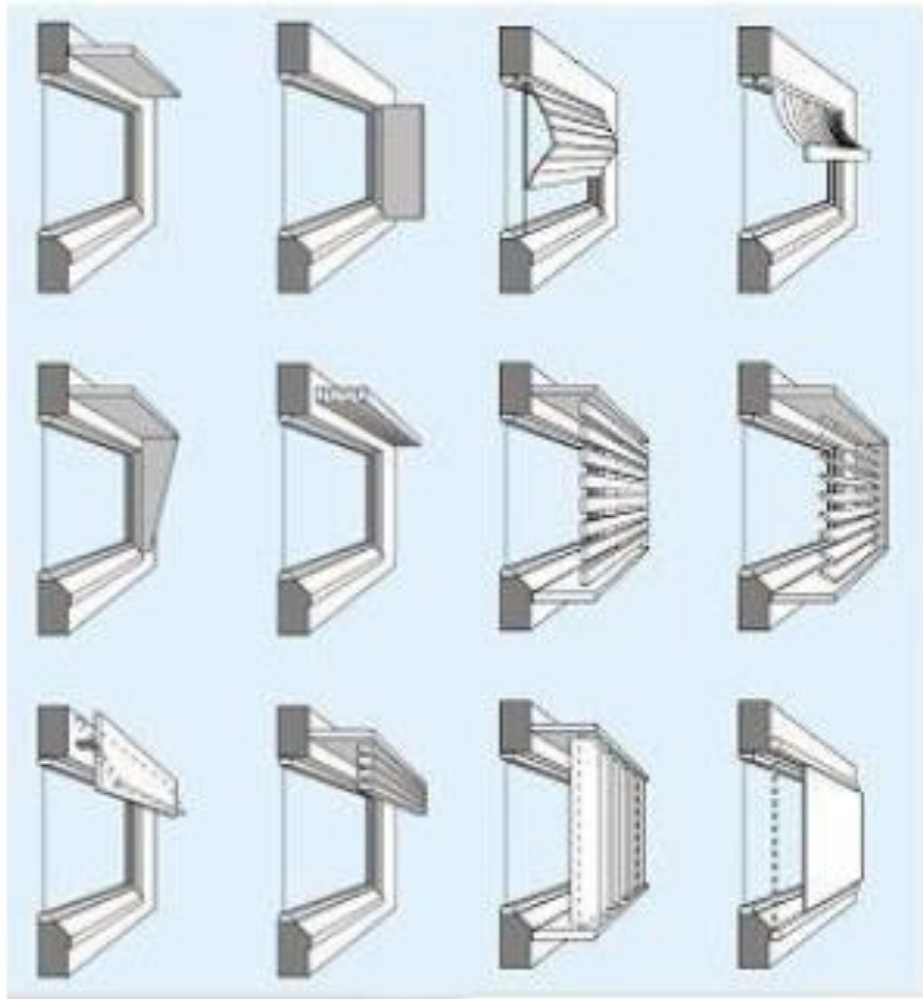
Şekil 2.29. 20.yy Pireli binası (URL-8, 2019)

### 2.3.2.2. Hareketli gölgeleme elemanları

Güneş yeryüzünde bir noktaya farklı saatlerde farklı etkiler göstermektedir. Güneşin dünyaya geliş açısına göre maksimum yararlanmayı sağlamak için hareketli gölgeleme elemanları kullanımı uygulanmaktadır.

Enerji tasarruflu yapı tasarımında kullanılan panjur, jaluzi, vb. gibi güneş kontrol elemanlarının tipi, konumu ve biçimleri; iç mekanın ısı şartlarını, boşluk içerisindeki hava akımını ve görsel konforu büyük ölçüde etkilemektedir (Lakot, 2007).

Pencereler dışarıdan tamamıyla gölgelendiğinde ısı kazancı %80'lere kadar azalabilmektedir (ASHRAE, 2009). Yatay saçaklar, düşey elemanlar, panjurlar, kepenkler ve kafes tipi elemanlar sabit güneş kırıcılarıdır. Dış dikey güneş kırıcıları doğu ve batı cephelerine yerleştirildiğinde daha fazla etkinlik sağlayabilmektedir (Süt, 2013). Güney cephesinde doğru konumlandırılan yatay güneş kırıcıları, yaz mevsiminde mekânı istenmeyen ısı kazançlarından korurken, kışın ise güneşten pasif olarak yararlanmaya imkân vermektedir (Şahinoğlu, 2012). Kullanıcı ihtiyaçlarına göre hareketli gölgeleme elemanları farklı konum ve sistemlerde tasarlanmaktadır (Şekil 2.30).



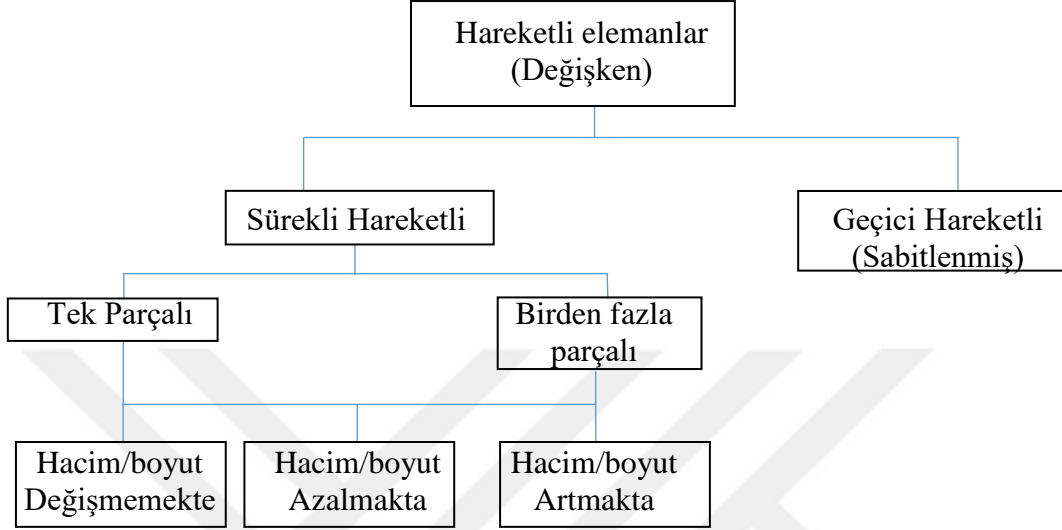
Şekil 2.30. Hareketli güneş kontrol elemanları (Stack ve ark., 2013)

Yapı kabuğunun çevresel değişkenler karşısında sabit özellikler taşıması ve değişen dış ortam koşullarına karşı cephelerin uyum özelliğinin bulunmaması enerji etkinliği kapsamındaki arayışlara aykırıdır. Dolayısıyla mimarlık tarihinin erken dönemlerinden itibaren süregelen, güneşten yararlanabilme beklentileriyle biçimlenen geleneksel yapı kabuğu, çok parametrelili değişken güneş durumları karşısında adaptasyon özelliği içeren hareketli bir yapı elemanına dönüşmeye başlamıştır (Çizelge 2.3). Mimarlıkta hareketli yapı kabuğu fikri yeni bir olgu değildir. Pencere kanatları ve kapı gibi elemanlar eskiden beri uygulanan ve kabuğu biçimlendiren ilk hareketli öğelerdir (Güncü ve Kuşç, 2018).

**Çizelge 2.3** Gölgeleme elemanlarının ışığı kırma şekilleri (Stack ve ark., 2013) ' dan düzenlenmiştir

	Öğleden önce	Öğle vakti	Öğleden sonra
Gölgeleme elemanı kullanılmayan			
Sabit Gölgeleme elemanı kullanılan			
Hareketli gölgeleme elemanı kullanılan			

Hareketli gölgeleme elemanları sürekli ve geçici olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sürekli hareketli elemanlar tek parçalı veya çok parçalı olarak tasarlanmaktadır. Bu sistemlerde gölgeleme elemanları modüler olarak tasarlanır. Modüller hacim veya boyut değiştirmeyen, boyut azalan ve boyutu artan olmak üzere 3'e ayrılır (Şekil 2.31).

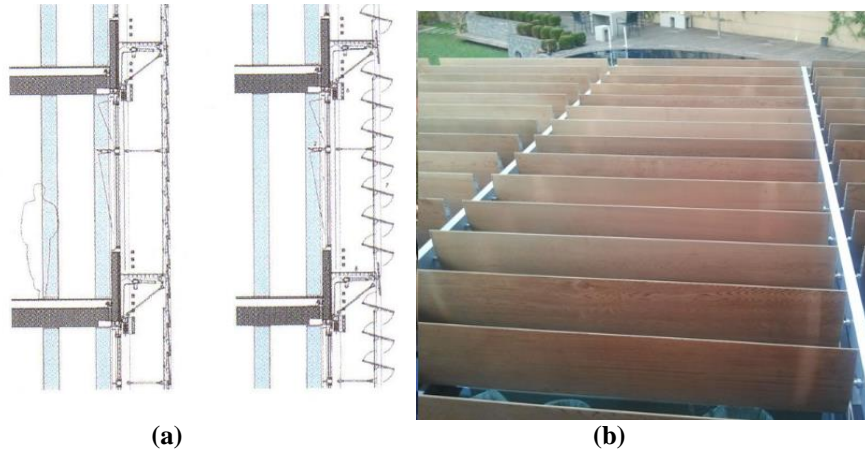


Şekil 2.31. Değişken yapı elemanlarının sınıflandırılması (Herzog ve ark., 2004)' dan düzenlenmiştir

#### Hareketli gölgeleme elemanları

- Güneş ışınım kontrolü
- Gün ışığı kontrolü
- Havalandırma kontrolü
- Enerji üretimi amacı ile kullanılabilir (Hansnuwat, 2010).

Gölgeleme elemanlarının hareketli olması kontrol sistemlerini de gerekli kılmıştır. Kontrolün sağlanması manuel, otomatik veya akıllı sistemlerle sağlanır (Şekil 2.32).



**Şekil 2.32.** Hareketli gölgeleme elemanları  
(a): (Gür, 2007) (b): (URL-9, 2019)

- **Manuel sistemler**

Cepelerde kullanılan hareket sistemi yeni bir oluşum değildir. Geçmişten bu yana cephelerde hareketli elemanlar bulunmaktadır. Pencere sisteminin bir menteşe ile hareket özelliği kazanması da hareketli elemanlar olarak incelenebilmektedir. Manuel hareketli gölgeleme elemanlarına Technological Park of Coruña University binası örnek verilebilir. Pencerelelerin önünde kullanılan jaluzi, panjur ve perdeler de hareketli özellik taşımaktadır. Bu sistemler güneş korunum elemanları olarak kullanılır (Şekil 2.33) (URL-10, 2018).



**Şekil 2.33.** Technological Park of Coruña University (URL-10, 2018)

- **Otomatik sistemler**

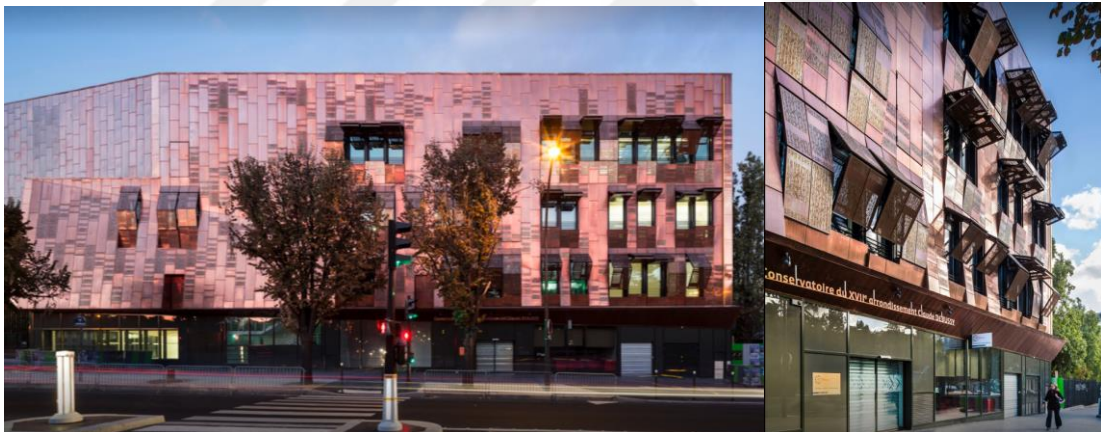
Cephe gölgeleme elemanının hareketi için uzaktan kumanda sistemleri kullanarak kullanıcının gölgeleme elemanının pozisyonu veya şekli değiştirilmektedir.

Gölgeleme elemanlarının hareket edebilmesi için bir motor sistemi kullanılmaktadır (Şekil 2.34).



Şekil 2.34. Otomatik cephe sistemleri örneği (URL-11, 2018)

1880 yılında inşa edilen ve pariste bulunan müzik konservatuvar binası cephesi otomatik cephe örneklerindedir. Cephelerde bulunan gölgeleme elemanları otomatik uzaktan kumanda ile açılıp kapanma özelliğine sahiptir (Şekil 2.35)(URL-12, 2019)



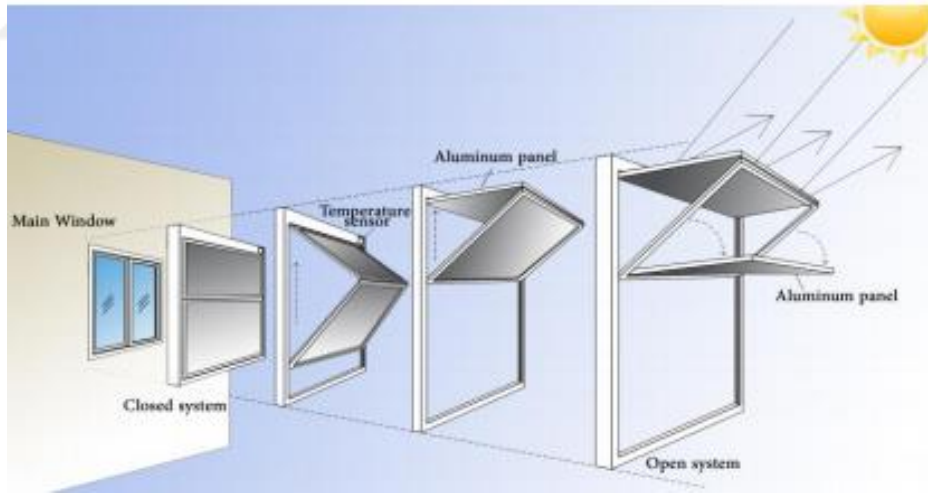
Şekil 2.35. Paris müzik konservatuvar binası (URL-13, 2019)

- **Akıllı sistemler**

Günümüzde bina kabuğu açısından geline nokta sistemlerin, kendi yükü ile birlikte rüzgâr yükü dışında bir yük taşımayan yüzey kaplamaları olmasının ötesindedir. Cam cephelerinin yarattığı sorunlar; ısınma, su alma, rüzgâr basıncı nedeni ile hava kaçakları sürekli yeni önlemler yeni çözümler gerektirirken, meydana gelen istenmeyen koşullar giderek malzemede farklı arayışları gerekli kılmıştır. Bunun yanı sıra bina kabuğunun iç-dış arakesitinde iç mekân konfor koşullarını dış ortama göre ayarlayan

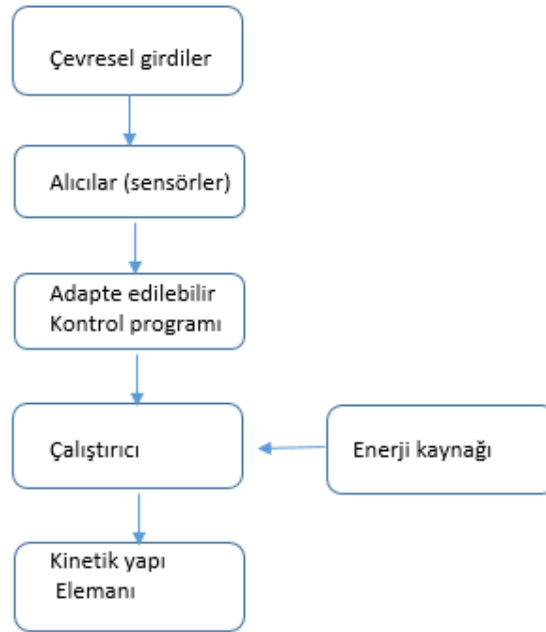
mekanik sistemlerle donatılmış “interaktif ” ara bir eleman olması cephe sistemlerinin yeni görevler üstlenmesine sebep olmaktadır. Akıllı sistemler olarak adlandırılan yeni cephe kurgusunun gerçekte esin kaynağı soğuk iklimlerde kullanılan çift tabakalı doğrama sistemleridir (Eyüce, 2002).

Akıllı kabuk sistemlerinden beklenen özellik, tıpkı canlı derisi gibi kendini çevresel koşullara uyum sağlayabilmesi ve bu ihtiyaçlara cevap vermesidir. Bu şekilde bina içinde ses, iklim, hava kalitesi ve ışık gibi kullanıcı konforunu oluşturan parametreleri optimize etmektedir (Şekil 2.36). Bu şekilde gereksiz enerji kullanımını azaltarak kullanıcı konforunu sağlamaktadır. Akıllı kabuk en basit şekliyle doğal havalandırma ve güneş kontrol elemanlarının otomatik hareketiyle binanın havalandırma, klima ve aydınlatma enerjisi yüklerini en aza indirerek konfor koşullarını doğal yollarla sağlayan kabuklardır (Erturan ve Eren, 2011). Binanın akıllılığını sağlayan sistemler, çevre sistemleri ile uyum içinde olan ekolojik ilkelere uygun olarak tasarlanmış binaların kullanım süreçlerinin de çevre sistemleri ile uyum içinde olmasını destekleyen sistemlerdir. Bir anlamda akıllı binalar ekolojik ilkelere uygun olarak tasarlanmış binaların, binanın kullanımını ve kullanıcılarını ileri teknoloji ürünlerinin desteği ile denetleyen, bir üst ve ekolojik mimari üründür (Yılmaz, 2006).



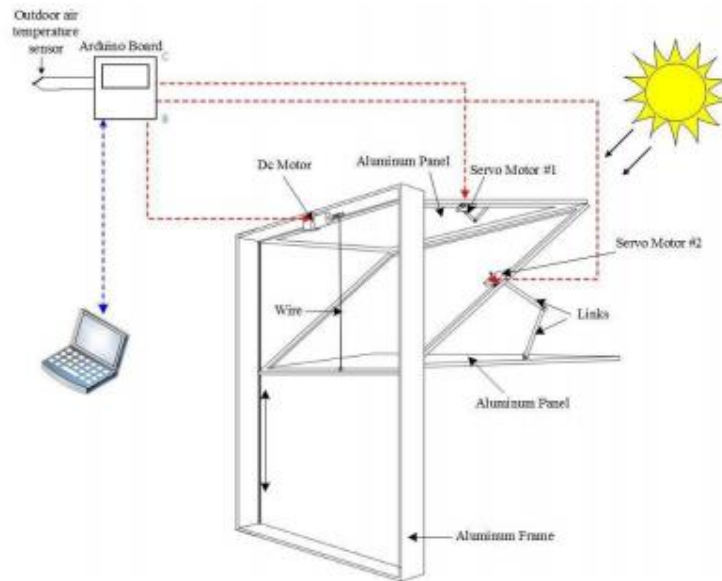
Şekil 2.36. Akıllı cephe sistemlerinin çalışma sistemine bir örnek (Erturan ve Eren, 2011)

Akıllı cephe sistemlerinde çevresel etkileri algılayan sensörler sayesinde yapı elemanı bilgileri olarak hareketli yapı elemanının kontrol programına verileri aktarır. Program aracılığı ile alınan bilgiler analiz edilerek çalıştırıcıya aktarılır. Çalıştırıcıya aktarılan bilgiler kinetik elemanları enerji kullanarak harekete geçirir (Şekil 2.37).



Şekil 2.37. Akıllı cephe sistemlerinin çalışma prensibi (Ahmed ve ark., 2016)'den yararlanılarak düzenlenmiştir

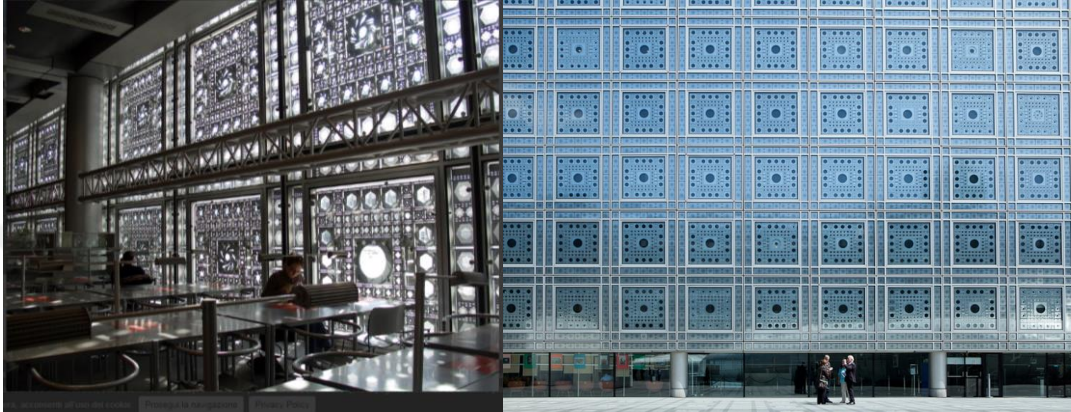
Akıllı yapı elemanları tasarım aşamasında, hareket sistemi ve kullanılacak malzemeler belirlenmektedir. Akıllı sistemlerde hareketli cephe elemanları tasarımcı tercihinin ve çevre analizlerine göre yatay, dikey veya merkezi eksnel olarak düzenlenmektedir (Şekil 2.38). Akıllı yapı elemanları günümüz enerji problemlerine karşı bir önlem olarak üretilmiştir.



Şekil 2.38. Akıllı cephe sistemlerine bir örnek (Erturan ve Eren, 2011; Ahmed ve ark., 2016)



Akıllı cephe sistemleri çevresel özelliklere göre durum veya konum değiştirmesinden dolayı ingilizcede “adaptive architecture” kavramı olarak tanımlanmaktadır. Bu kavramın ilk örnekleri 1981-1987 yıllarında Paris’te Arap Dünya Enstitüsünde kullanılmaktadır (Şekil 2.39). Yapının cephesinde gelen ışığa bağlı olarak elektroaktif sistemle kontrol edilen 30,000 adet alüminyum malzemeli mekanik diyafram kullanılarak gün ışığı kontrolü sağlanmaktadır (Şekil 2.40). (Orhon, 2013).



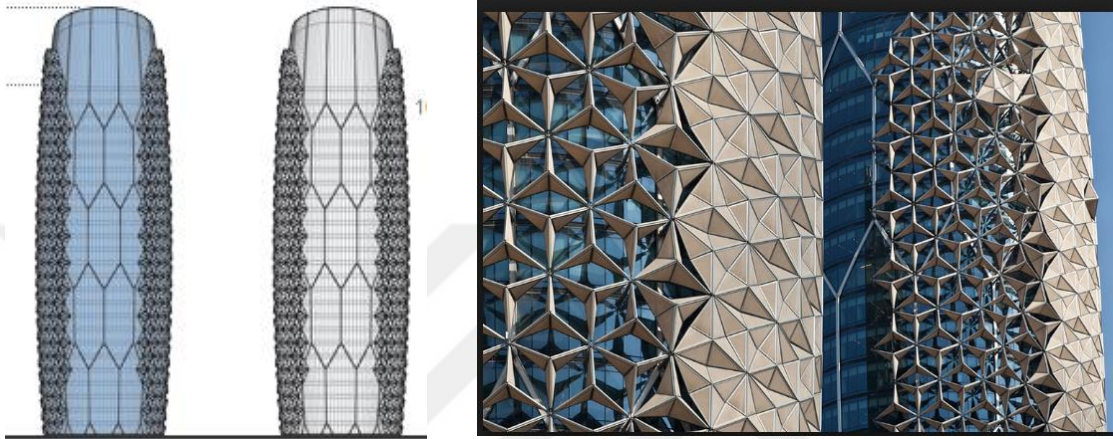
Şekil 2.39. Arap Dünya Enstitüsü (URL-14, 2018)

Üretim ve kullanım sürecinde çeşitli nedenlerden dolayı ortaya çıkan değişim ihtiyaçlarının karşılanmasında mekân esnekliği ise değişebilirlik, uyarlanabilirlik ve büyüyebilirlik gibi kavramlarla açıklanabilmektedir. Bu yaklaşımlar aynı zamanda değişime, çoklu kullanıma ve kısa sürede inşa edilebilmeye imkân verebilecek modüler yapı sistemlerini de gerektirmektedir. Dünya Arap Enstitüsü binasının cepheleri de sensörlü modüllerden oluşmaktadır (Özek ve Yeler, 2011).



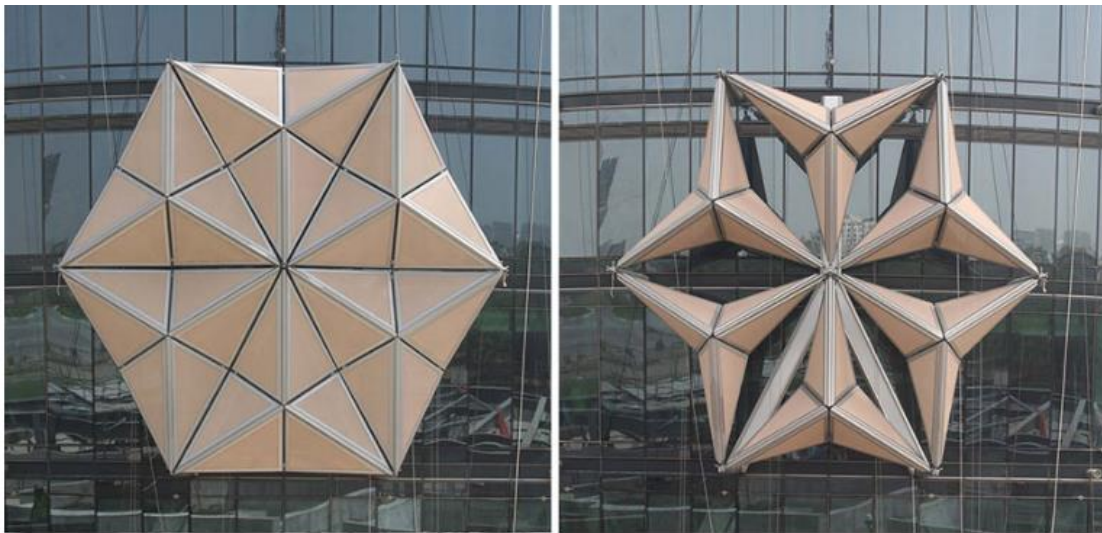
Şekil 2.40. Dünya Arap Enstitüsü binası cephe modülleri (URL-15, 2018)

Kâğıt katlama sanatından olan origamiden etkilenecek Dubai’de tasarlanan Al Bahar Kuleleri de akıllı cephe sistemlerine sahiptir (Şekil 2.41). Al Bahar Kuleleri iki ayrı bloktan oluşur ve her bir blokta 1000 adet modül bulunmaktadır. Bu modüller güneş hareketlerini algılayabilen sensörlerden oluşur ve her bir modül kendi içinde açılıp kapanarak mekanı istenmeyen güneş etkilerinden korumaktadır (Altın ve Orhon, 2014).



Şekil 2.41. Al Bahar Kuleleri (URL-16, 2018)

Güneş etkisini azaltmak için bilgisayar kontrollü hareketli yapı kabuğu kullanılmaktadır (Şekil 2.42). Cephe ısı transferini %50 oranında azaltarak yıllık karbondioksit emisyonunu 1.750 ton azaltmaktadır. Bu cephe sistemi cam cepheden 2 metre uzakta monte edilmiş olup, %80 oranında gölgeleme sağlarken binaya yapay aydınlatma yükü de getirmemiştir (Erol, 2017).



Şekil 2.42. Al Bahar Kuleleri modülleri (URL-17, 2018)

### 3.CEPHE GÖLGELEME ELEMANLARININ ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tez çalışması kapsamında cephe sistemleri ve cephe sınıflandırmaları, gölgeleme elemanları detaylı olarak anlatılmıştır. Güneş ısı kazanımına karşı gölgeleme elemanı kullanımı en kolay uygulanabilir ve en esnek yöntemdir. Gölgeleme elemanları güneş etkisinin fazla olduğu tüm iklim tiplerinde ısıtma ve soğutma konforunu sağlamak için modern binalarda kullanılmaktadır (Stack ve ark., 2013). Uygulama çalışmasının yapılacağı 3. Bölümde gölgeleme elemanlarının bina enerji yükleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla benzetim (simülasyon) programı kullanılmıştır. Analizler için Türkiye'nin beş farklı iklim bölgesinden beş farklı il seçilmiştir. Farklı gölgeleme elemanları kullanılarak bir ofis binasının yıl içi ısıtma ve soğutma yükleri tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Ofis binalarında kullanıcıların verimli çalışabilmesi amacıyla iç mekân konfor koşullarının sağlanması oldukça önemlidir. Ofislerde gerçekleştirilen eylemler ve bilgisayar kullanımının yoğun olmasından dolayı hacim sıcaklığı artmakta ve kullanıcıların ısı hassasiyeti artmaktadır. Bununla birlikte ofis yapılarında çalışma saati ile güneşlenme saatinin eş zamanlı olması, cephelerde güneş korunum ve güneş ısı kazanımları açısından çeşitli önlem ve gereklilikleri beraberinde getirmiştir. Bu nedenle çalışmada örneklem olarak ofis binası tercih edilmiş ve gölgeleme elemanlarının etkisi incelenmiştir. Bunun dışında cephelerde uygulanan çalışmalar; ışık rafları, fotokromik camlar, elektrokromik camlar, gazokromik camlar vb. gibi sıralanabilmektedir (Yener, 2007).

Ofis yapılarında gün içi çalışma süresinin fazla olmasından dolayı ısıtma ve soğutma aydınlatma için gerekli olan enerji kullanım süresi uzundur. Bu enerjiye duyulan ihtiyacın azaltılması için bina cephelerine çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu önlemlerden birisi de sabit veya hareketli gölgeleme elemanlarıdır.

Enerji verimliliğini artırmak için kaynaklarını sürekli analiz eden teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgi ve iletişim alanında kullanılan araçlar ve yazılımlar enerji yönetimini etkin ve güvenilir hale getirmektedir (Aktacir ve ark., 2011). Binalarda kullanılan enerji miktarını tespit etmek amacıyla geliştirilmiş bir çok enerji simülasyon programı bulunmaktadır. Bu programlarda analiz yapabilmek için öncelikle binaların 3 boyutlu modelleri hazırlanmaktadır. Modelleme yapılırken Building Information Modelling (Bina Bilgi Modelleme) destekli programlar kullanılmaktadır. Building

Information Modelling (BIM) mühendislik ve mimarlık alanında ortak çalışma sağlayan bir sistemdir. Bina bilgi modellemesinde enerji analizi yapılabilmesi için mimari proje, statik proje, mekanik ve elektrik projesinin ortak çalışması gerekmektedir. BIM destekli modelleme programlarının bir kaçı şu şekilde sıralanır;

- Autodesk Ecotect Analysis
- Autodesk Green Building Studio
- Graphisoft EcoDesigner
- DesignBuilder
- Autodesk Revit

Bu programlardan en önemlilerinden birisi “DesignBuilder” programıdır. DesignBuilder programı Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı tarafından devamlı güncellenen “EnergyPlus” algoritması kullanarak çalışan bir ara yüz programıdır (Öz, 2015).

Detaylı olarak anlatılan cepheler ve gölgeleme elemanları türünün ısıtma-soğutma enerjisi üzerine etkilerini değerlendirmek amacı ile farklı iklim bölgelerinden farklı tür gölgeleme elemanları kullanılarak enerji analizleri yapılmıştır. Analizler DesignBuilder programı kullanılarak hazırlanmıştır. TS 825 (2013)’e göre 5 farklı iklim bölgesinden birer il seçilerek bir ofis binasının ısıtma-soğutma için gereken enerji miktarı, gölgeleme elemanı kullanılmadan, sabit gölgeleme elemanı kullanılarak ve hareketli gölgeleme elemanı kullanılarak simülasyonlarla tespit edilmiştir. Bu analizler sonucunda sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarının bina enerji tüketimleri üzerine etkisi karşılaştırılmıştır.

### **3.1. DesignBuilder Programının Özellikleri**

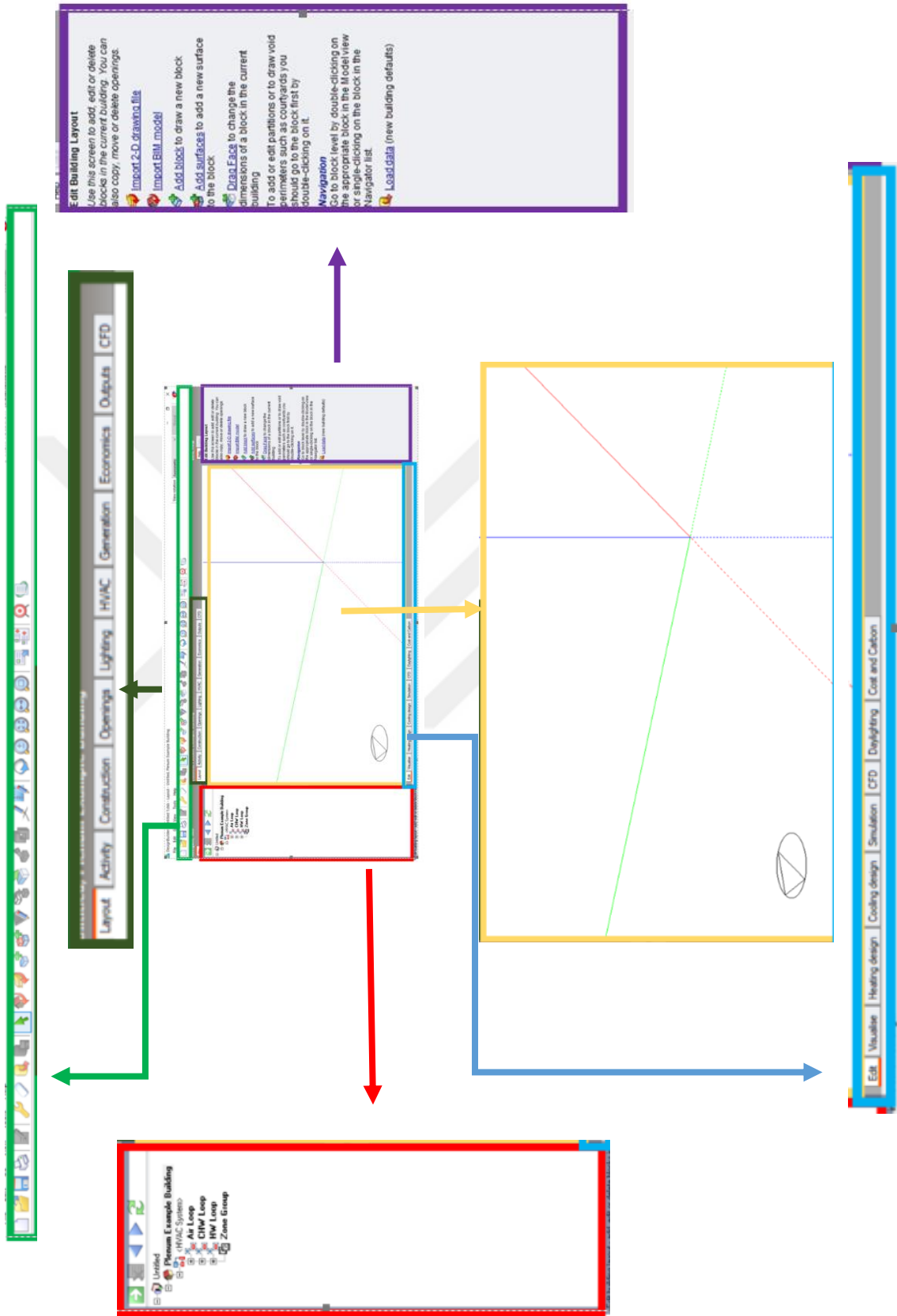
DesignBuilder bir binanın karbon, enerji, aydınlatma ve konfor açılarından performansını değerlendirmek ve kontrol etmek için geliştirilmiş EnergyPlus tabanlı bir yazılım aracıdır (URL-18, 2019).

DesignBuilder programı oluşturulan model üzerinden parametre değişiklikleri yapılarak binanın ne kadar enerji harcadığı ve değişikliklere göre enerji performansları değerlendirilebilmektedir. Enerji analiz programları ile bina tasarım aşamasında iken bile binanın kullanım aşamasında ne kadar enerji harcanacağını bilgisini verir. Bu sayede kullanım aşamasında meydana gelecek fazla enerji harcamalarının tespitini

sağlayarak enerji tasarrufu için gerekli önlemler alınmasını sağlar (Aktacir ve ark., 2011).

DesignBuilder programında öncelikle tasarım yapılacak binanın yeri tanımlanır. Tanımlanan bölgenin topografik özellikleri, iklim verileri ve hava durumları güncel olarak sistemde kullanılır. Ayrıca analizler için kullanılacak algoritma EnergyPlus olarak sistemde tanımlanmalıdır.

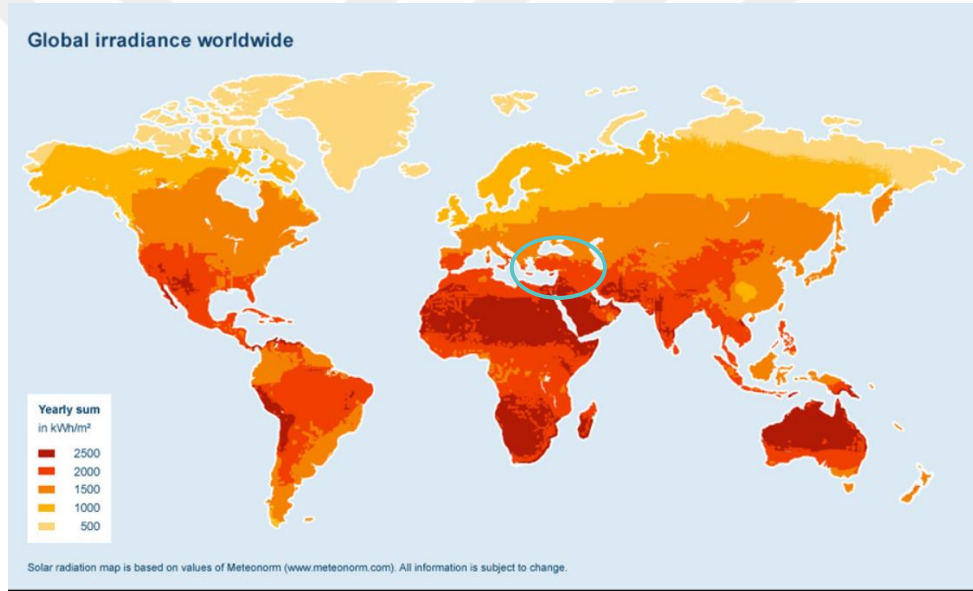
DesignBuilder programının arayüzünde sarı ile gösterilmiş alan modellemenin tasarlandığı penceredir. Kırmızı ile işaretli olan bölümde binanın kat bilgileri, duvar ve pencere özellikleri ve havalandırma sistemlerinin detayları yer alır. Açık yeşil ile gösterilen alanda bina modellemesi için gerekli olan araçlar bulunur. Mor kutucuğun yer aldığı bölüm modelleme veya sistemsal bilgilerin yer aldığı bölümdür. Siyah ile gösterilen alanda modelleme için gerekli detayların uygulandığı penceredir. Bu sekme kullanılarak binalardaki aktiviteler, yapısal özellikler, cephe özellikleri ve kullanılacak özellikler tanımlanır. Ayrıca bu bölümde aydınlatma, havalandırma gibi özelliklerin tanımlanmasının yanısıra yapı maliyetlerinin de hesaplandığı bölümdür. Mavi ile işaretlenmiş alanda render, ısıtma veya soğutma enerji hesapları, havalandırma özelliklerinin hesabı, CO<sub>2</sub> emisyon hesabı ve tüm simülasyon ve analizlerinin alındığı alandır (Şekil 3.1). Çalışmada analizler için kullanılan tüm sekmeler ilgili bölümlerde tanımlanmıştır.



Şekil 3.1 DesignBuilder modelleme arayüzü

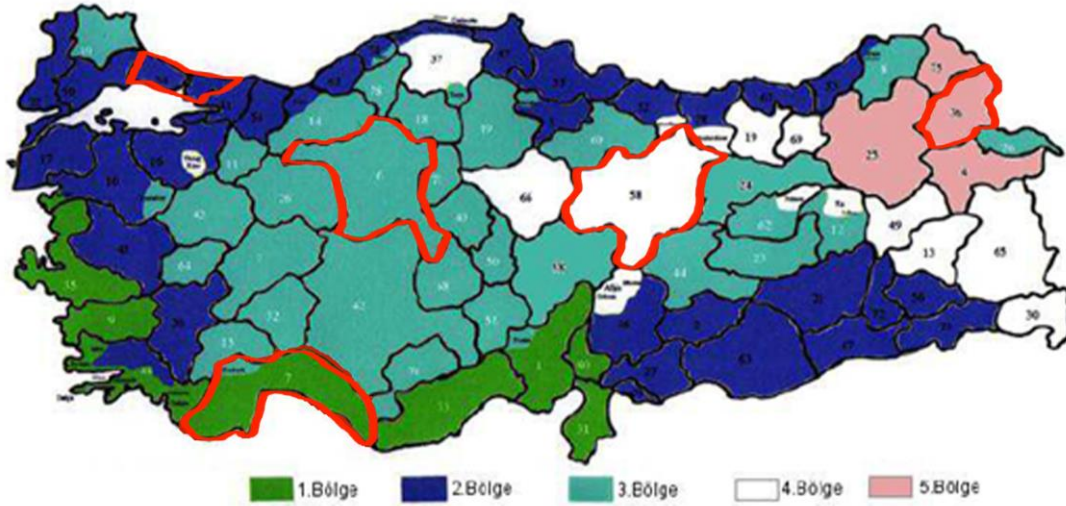
### 3.2. Çalışma Yapılacak Alanın İklim Özellikleri

Türkiye coğrafi konumu itibariyle dünyada “Güneş Kuşağı” olarak belirlenen haritaya göre sıcak iklim bölgesi içinde kalmakta olup, güneş enerjisi potansiyeli açısından özellikle Avrupa ülkelerine göre çok daha şanslı durumdadır. Avrupa güneş haritasına bakıldığında, Türkiye coğrafi konumu sayesinde sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli daha belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 3.2) (Dağıtmaç, 2014). Sahip olunan bu güneş enerjinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları bina bağlamında incelendiğinde kış aylarında güneş ısınlarının varlığı avantaj, yaz aylarında soğutma yükü oluşturmasından dolayı dezavantaj olarak görülmektedir. Bu avantaj ve dezavantajlardan yararlanmak veya korunmak uygun yapı tasarımı ile mümkündür.



Şekil 3.2. Dünya güneşlenme haritası (URL-19, 2019)

Güncellenen TS825 (2013) ısı yalıtım kurallarına göre Türkiye 5 iklim bölgesine ayrılmaktadır (Şekil 3.3). Alan çalışması için 1. İklim bölgesinden Antalya, 2. İklim bölgesinden İstanbul, 3. İklim bölgesinden Ankara, 4. İklim bölgesinden Sivas, 5. İklim bölgesinden Kars illeri seçilmiştir. Enerji analizi yapılırken TS 825 (2013) Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ndan yararlanılmıştır.



Şekil 3.3. Derece gün bölgelerine göre iller (TS825, 2013)

1.derece iklim bölgesinde yer alan Antalya ili 36.88 enleminde, 30.70 boylamında yer almaktadır (URL-20, 2019) ve genel olarak iklimi Akdeniz iklimine sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık  $18.8^{\circ}\text{C}$  dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu temmuz ayında ortalama sıcaklık değeri  $28.4^{\circ}\text{C}$  dir ve temmuz ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise  $45.4^{\circ}\text{C}$  dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri  $10.0^{\circ}\text{C}$  dir ve ocak ayı en düşük sıcaklık değeri ise  $-4.3^{\circ}\text{C}$  dir (URL-21, 2019). Antalya yıllık ortalama yağış miktarı  $1058\text{ mm}^3$  olup en fazla yağışı aralık ayında alır.

2. derece iklim bölgesi için İstanbul ili seçilmiştir. Türkiye'nin Marmara bölgesinde yer alan İstanbul 41.00 enleminde, 28.97 boylamında yer almaktadır (URL-20, 2019). İstanbul'da Akdeniz, Karadeniz, Balkan ve Anadolu kara iklimi görülmektedir (URL-22, 2019). Yıllık ortalama sıcaklık değeri  $14.4^{\circ}\text{C}$  dir. Sıcaklık değerleri en yüksek  $23.8^{\circ}\text{C}$  ile Ağustos ayıdır. Ayrıca Ağustos ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise  $40.05^{\circ}\text{C}$  dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri  $6.0^{\circ}\text{C}$ 'dir ve bu ay için en düşük sıcaklık değeri ise  $-13.9^{\circ}\text{C}$  dir İstanbul için yıllık ortalama yağış miktarı  $853\text{ mm}^3$  olup en fazla yağışı Aralık ayında alır (URL-21, 2019).

3. derece iklim bölgesi için Ankara ili seçilmiştir. Ankara Türkiye'nin İç Anadolu bölgesindedir ve 39.92 enleminde, 32.85 boylamında yer almaktadır (URL-20, 2019). Ankara'da karasal iklim görülmekte, kışları soğuk yazları ise sıcaktır. Yıllık ortalama



sıcaklık değeri 12.0°C'dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu Temmuz ayında ortalama sıcaklık değeri 23.5°C'dir ve Temmuz ayında gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 41.0°C'ye ulaşmaktadır. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere sahiptir. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri 0.2°C dir ve en düşük sıcaklık değeri ise -24.9°C dir. Ankara için yıllık ortalama yağış miktarı 388.1 mm<sup>3</sup> olup en fazla yağışı Nisan ayında alır (URL-21, 2019).

4. derece iklim bölgesi için Sivas ili seçilmiştir. Sivas Türkiye'nin İç Anadolu bölgesindedir ve 39.74 enleminde, 37.01 boylamında yer almaktadır (URL-20, 2019). Sivas'ta karasal iklim görülmekte, kışları soğuk yazları ise sıcaktır. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 9.0°C dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu Ağustos ayında ortalama sıcaklık değeri 20.2°C dir ve Ağustos ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 39.4°C dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri -3.5°C dir ve ocak ayı en düşük sıcaklık değeri ise -31.2°C dir. Sivas için yıllık ortalama yağış miktarı 429.3 mm<sup>3</sup> olup en fazla yağışı mayıs ayında alır(URL-21, 2019).

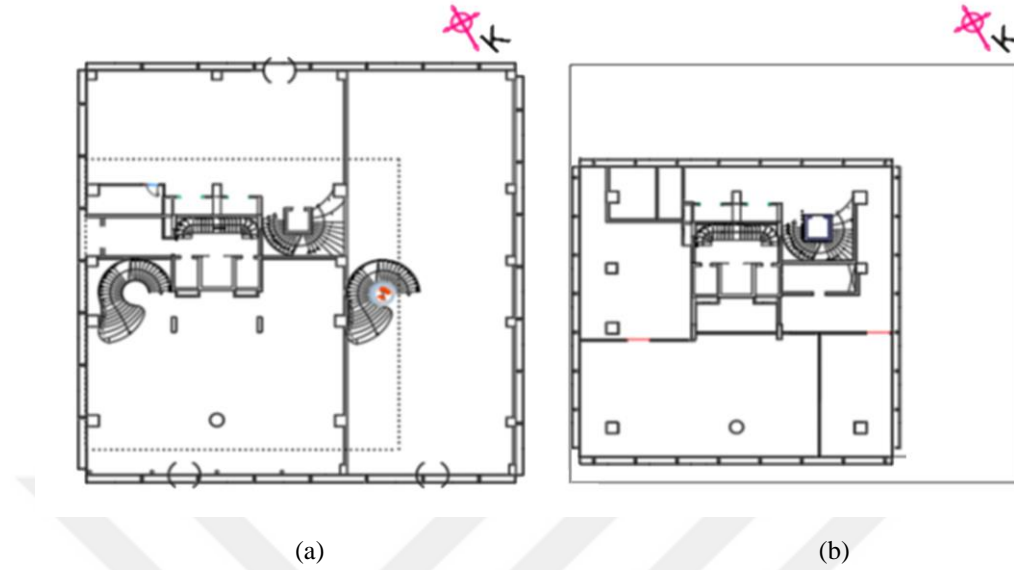
5. derece iklim bölgesi için Kars ili seçilmiştir. Kars Türkiye'nin doğusundadır ve 40.61 enleminde, 43.1 boylamında yer almaktadır (URL-20, 2019) Kars'ta karasal iklim görülmekte, kışları soğuk yazları ise sıcaktır. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 4.9°C dir. Sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu Ağustos ayında ortalama sıcaklık değeri 17.7°C dir ve Ağustos ayı gün içi en yüksek sıcaklık değeri ise 35.4°C dir. Sıcaklık değeri Ocak ayında en düşük değere ulaşmaktadır. Ocak ayında ortalama sıcaklık değeri -10.3°C'dir ve Ocak ayı en düşük sıcaklık değeri ise -36.7°C'dir. Kars için yıllık ortalama yağış miktarı 502.7 mm<sup>3</sup> olup en fazla yağışı mayıs ayında alır (URL-21, 2019)

### **3.3.Enerji Analizi Yapılan Binanın Özellikleri**

Enerji analizi yapılacak bina ofis olarak tasarlanmıştır. Yapı betonarme karkas sistem olup, yapı kabuğu cam giydirme sistemine sahiptir. İklim bölgelerine göre gölgeleme elemanları türünün etkisinin incelenmesinden dolayı yapıda kullanılan tüm parametreler sabit tutulmuş ve değişken olarak sadece gölgeleme elemanları türü belirlenmiştir.

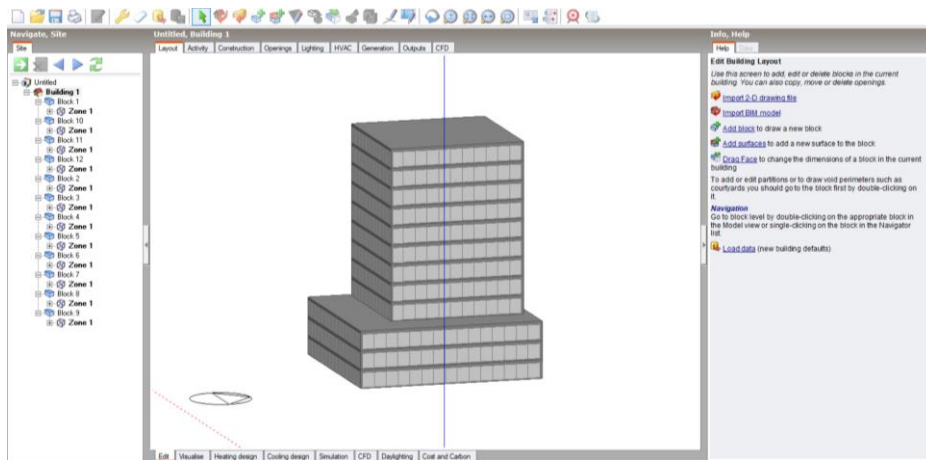
Binanın ilk 3 katı 1105 m<sup>2</sup>, geriye kalan 9 kat ise 571 m<sup>2</sup> olup toplam 8454 m<sup>2</sup> inşaat alanına sahiptir (Şekil 3.4). Projenin modellemesi yapılırken her katta temiz açıklık 3.00 m olarak belirlenmiştir. Model, ±0,00 zemin kotundan, +27,20 çatı üst kotuna kadar

yükselmektedir. Analizlerde duvarlar, 3 cm dış sıva 15 cm tuğla duvar ve 2 cm iç sıvadan oluşmaktadır. Döşeme 15 cm kalınlığında betonarme olarak belirlenmiştir.



**Şekil 3.4.** Ofis binası planları  
(a): Zemin kat planı  
(b): Normal kat planı

Gölgeleme elemanları türünün enerji analizine etkisini hesaplamak amacıyla hazırlanan DesignBuilder modellemesinde cepheler cam giydirme olmasından dolayı betonarme ve duvarların ısı iletkenlik katsayısı değerlendirmeye alınmamış ve her il için parametreler sabit tutulmuştur (Şekil 3.5). Hareketli gölgeleme elemanlarının çalışması, mekân sıcaklığını 18-25°C arasında tutulacak şekilde programlanmıştır. DesignBuilder programında hazırlanan modellemede Antalya, İstanbul, Ankara, Sivas ve Kars illerinde iklim verilerine Meteororm programından yararlanılarak ulaşılmıştır. İklim verilerinin detayları Ek-1, Ek-2, Ek-3, Ek-4, Ek-5 de yer almaktadır.



**Şekil 3.5** DesignBuilder proje modellemesi

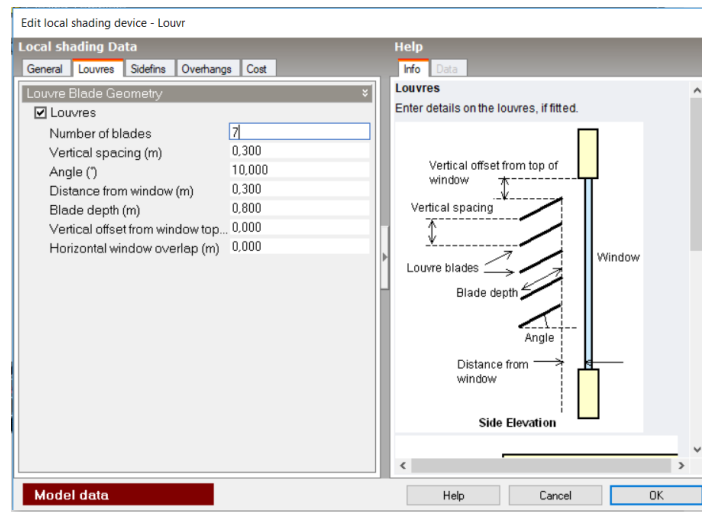
Şekil 3.6'da TS 825 (2013)'e göre U değerlerinin bölgelere göre en fazla alınacak değerleri belirtilmiştir. Bu değerlere göre beş bölge için de duvar için alınan U değeri  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$ , tavan için U değeri  $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ , zemine oturan döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak alınmıştır. Cephelerde kullanılan camın ısı geçirgenlik katsayısı ise  $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak belirlenmiştir.

	$U_D$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )	$U_T$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )	$U_z$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )	$U_p^*$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )
1. Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

$U_D$ : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı  
 $U_T$ : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı  
 $U_z$ : Zemine oturan döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı  
 $U_p$ : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı

Şekil 3.6 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

Analizlerde seçilen gölgeleme elemanında 7 adet panjur kılıcı kullanılmış ve kılıçlar arasındaki açı 10 derece olarak tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan gölgeleme elemanı pencerenin dışında ve binadan 50cm uzağında konumlanmaktadır (Şekil 3.7). Bunun tercih sebebi ise iç ortamda kullanılan gölgeleme elemanının dış ortamda konumlanan gölgeleme elemanlarına göre güneşin etkisi ile ısınıp iç ortamın sıcaklığını etkilememesidir. Yapılan analizin doğru sonuçlar verebilmesi için gölgeleme elemanı bina dışında konumlandırılmıştır.



Şekil 3.7 Simülasyonda kullanılan gölgeleme elemanının özellikleri

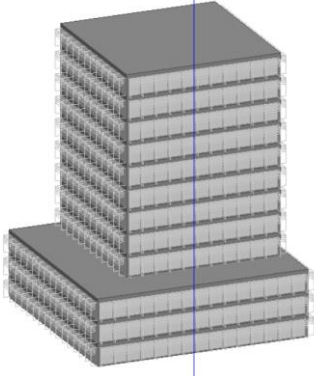
### 3.4. Analiz Çalışması

Yukarıda belirlenen bölgeler ve bina modeline göre simülasyon çalışmaları aşağıda verilmiştir.

- **Antalya (1. İklim Bölgesi) İçin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması**

TS 825 (2013) Antalya ili için, DesignBuilder’da hazırlanan enerji simülasyonuna göre, gölgeleme elemanı kullanılmayan binanın yıllık ısıtma ve soğutma için tüketilen toplam yıllık enerji miktarı 1446484,07 kWh olarak tespit edilmiştir. Bu değer 73200,07 kWh’ı ısıtmada, 1373284,00 kWh’ı soğutma kullanılmaktadır. Binada m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 171,00 kWh/m<sup>2</sup> dir. Aynı binada sabit gölgeleme elemanı kullanıldığında toplam enerji miktarının % 13,33 azalarak 1253562,61 kWh olduğu tespit edilmiştir. Isıtma enerjisi %20 artarak 87920,82 kWh, soğutma enerjisi ise %15 azalarak 1165641,79 kWh değerini almıştır. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 148,19 kWh/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Cephelerde hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında ise binada ısıtma ve soğutmada kullanılan toplam enerji miktarı 1101549,40 kWh’dür. Isıtma enerjisi %4.8 artarak 76792,13 kWh, soğutma enerjisi ise %25 azalarak 1024757,27 kwh değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Hareketli gölgeleme elemanları kullanılarak hazırlanan simülasyonda toplamda m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı 130,22 kWh/m<sup>2</sup>’dir (Çizelge 3.1).

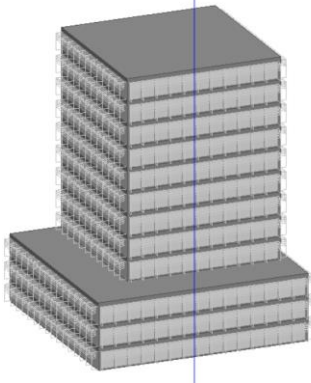
**Çizelge 3.1.** Antalya için ısıtma ve soğutma için gerekli enerji analiz sonuçları

Antalya (1. İklim Bölgesi)	Gölgeleme elemanı kullanılmayan cephelerde enerji analizi	Sabit gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	Hareketli gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	
	73200,07	87920,82	76792,13	Isıtma (kWh)
	1373284,00	1165641,79	1024757,27	Soğutma (kWh)
	1446484,07	1253562,61	1101549,40	Toplam (kWh)
	171,00	148,19	130,22	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )

• **İstanbul (2. İklim Bölgesi) İçin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması**

Çizelge 3.2 de görüldüğü gibi İstanbul için ısıtma ve soğutmada gerekli olan yıllık enerji yükleri toplamı 1246119,03 kWh'dür. Bu değer 203381,42 kWh ini ısıtma, 1042737,61 kWh'ini soğutma yükü oluşturmaktadır. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 147,31 kWh/m<sup>2</sup> dir. Aynı binada sabit gölgeleme elemanı kullanıldığında toplam enerji miktarının 1090869,16 kWh'e düştüğü tespit edilmiştir. Bu da toplamda %12,45 enerji kazanımının varlığını ispatlamıştır. Toplam gerekli enerjinin 232707,82 kWh'i ısıtmada, 858161,34 kWh'i soğutmada kullanılmaktadır. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 128,96 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Aynı binada hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji miktarının 960412,28 kWh olduğu tespit edilmiştir. Bu değer 224534,63 kWh'ini ısıtma, 735874,65kWh'ini soğutma enerjisi oluşturmaktadır. M<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 113,54 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında toplamda % 22,92 enerji kazancının varlığı tespit edilmiştir.

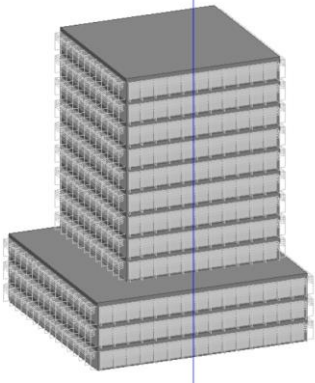
Çizelge 3.2. İstanbul için ısıtma ve soğutma için gerekli enerji analiz sonuçları

İstanbul (2.İklim Bölgesi)	Gölgeleme elemanı kullanılmayan cephelerde enerji analizi	Sabit gölgeleme elamanı kullanılan cephelerde enerji analizi	Hareketli gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	
	203381,42	232707,82	224537,63	Isıtma (kWh)
	1042737,61	858161,34	735874,65	Soğutma (kWh)
	1246119,03	1090869,16	960412,28	Toplam (kWh)
	147,31	128,96	113,54	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )

• **Ankara (3. İklim Bölgesi) İçin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması**

Ankara için yıllık enerji yükleri toplamı 1056793,61 kWh olarak hesaplanmıştır. Isıtma için gerekli olan enerji 316062,54kWh, soğutma için gerekli olan enerji 740731,07 kWh'dir. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 124,93 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Binanın cephelerinde sabit gölgeleme elemanı kullanıldığında toplam enerji miktarı değerinin 936145,16 kWh'a düştüğü tespit edilmiştir. Isıtma için gerekli enerji miktarı 359984,03 kWh, soğutma için gerekli enerji miktarı 576161,13 kWh'dir. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 110,67 kWh/m<sup>2</sup> dir. Sabit gölgeleme elemanı kullanıldığında toplamda % 11.41 enerji kazancının varlığı tespit edilmiştir. Belirlenen binanın cephelerinde hareketli gölgeleme elemanı kullanıldığında toplam enerji miktarı 799124,00 kWh'dir. Bu değer 335247,32 kWh'i ısıtmada, 463876,68 kWh'i soğutmada kullanılmaktadır. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarının ise 94,47 kWh/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımında toplamda enerji miktarı üzerinden %24,38 enerji kazancının varlığı tespit edilmiştir (Çizelge3.3).

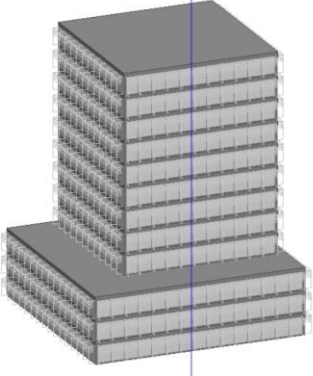
**Çizelge 3.3.** Ankara için ısıtma ve soğutma için gerekli enerji analiz sonuçları

Ankara (3. İklim Bölgesi)	Gölgeleme elemanı kullanılmayan cephelerde enerji analizi	Sabit gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	Hareketli gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	
	316062,54	359984,03	335247,32	Isıtma (kWh)
	740731,07	576161,13	463876,68	Soğutma (kWh)
	1056793,61	936145,16	799124,00	Toplam (kWh)
	124,93	110,67	94,47	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )

• **Sivas (4.İklim Bölgesi) İçin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması**

Çizelge 3.4 de görüldüğü gibi Sivas için enerji yükleri toplamı yıllık 1182519,03 kWh'dür. Bu değer 631272,17 kWh'ini ısıtma, 551246,86 kWh'ini soğutma yükü oluşturmaktadır. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 139,79 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Belirlenen bina cephelerinde sabit gölgeleme elemanları kullanıldığında toplam enerji miktarın 1212224,56 kWh'e yükseldiğini ve toplamda %2.51 enerji kaybının oluşacağı tespit edilmiştir. Isıtma enerjisinin 724142,78 kWh'e yükseldiği, soğutma enerjisinin ise 488081,78 kWh'e düştüğü tespit edilmiştir. Toplamda m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarının ise 143,41 kWh/m<sup>2</sup>'ye yükselmiştir. Belirlenen binanın cephelerinde hareketli gölgeleme elemanı kullanıldığında toplam enerji miktarı 1054260,80 kWh'dir. Bu değer 658497,35 kWh'i ısıtmada, 395763,45 kWh'i soğutmada kullanılmaktadır. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarının ise 124,63 kWh/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımında toplamda enerji miktarı üzerinden %10,84 enerji kazancının varlığı tespit edilmiştir

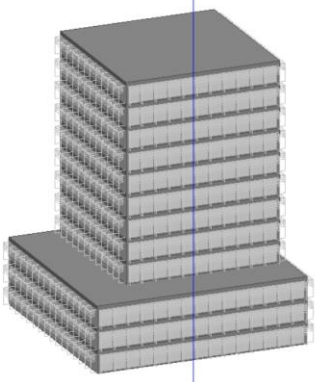
**Çizelge 3.4.** Sivas için ısıtma ve soğutma için gerekli enerji analiz sonuçları

Sivas (4.İklim Bölgesi)	Gölgeleme elemanı kullanılmayan cephelerde enerji analizi	Sabit gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	Hareketli gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	
	631272,17	724142,78	658497,35	Isıtma (kWh)
	551246,86	488081,78	395763,45	Soğutma (kWh)
	1182519,03	1212224,56	1054260,80	Toplam (kWh)
	139,79	143,41	124,63	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )

• **Kars (5. İklim Bölgesi) İçin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması**

Kars için ısıtma ve soğutmada gerekli olan yıllık enerji yükleri toplamı 1593038,98 kWh'dir. Bu değer 1194709,06 kWh'ini ısıtma, 398329,92 kWh'ini soğutma yükü oluşturmaktadır. Kars için m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 188,32 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Binada sabit gölgeleme elemanı kullanıldığında toplam enerji miktarının % 0,91 artarak 1607642,58 kWh olduğu tespit edilmiştir. Isıtma enerjisinin 1395818,27 kWh'e yükseldiği, soğutma enerjisinin ise 211824,31 kWh'e düştüğü belirlenmiştir. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı ise 190,05 kWh/m<sup>2</sup> dir. Aynı bina için hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında toplam enerji miktarı 1407870,62 kWh'e düşmüştür. Bu değer 1208412,31 kWh'i ısıtmada, 199458,31 kWh'i soğutmada kullanılmaktadır. m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarının ise, 166,43 kWh/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımında toplamda enerji miktarı üzerinden % 11,61 enerji kazancı elde edilmiştir (Çizelge 3.5)

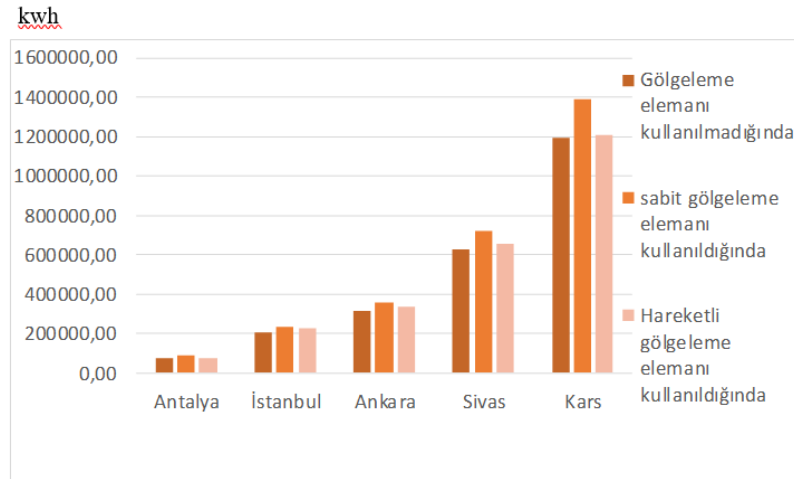
**Çizelge 3.5.** Kars için ısıtma ve soğutma için gerekli enerji analiz sonuçları

Kars (5. İklim Bölgesi)	Gölgeleme elemanı kullanılmayan cephelerde enerji analizi	Sabit gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	Hareketli gölgeleme elemanı kullanılan cephelerde enerji analizi	
	1194709,06	1395818,27	1208412,31	Isıtma (kWh)
	398329,92	211824,31	199458,31	Soğutma (kWh)
	1593038,98	1607642,58	1407870,62	Toplam (kWh)
	188,32	190,05	166,43	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )



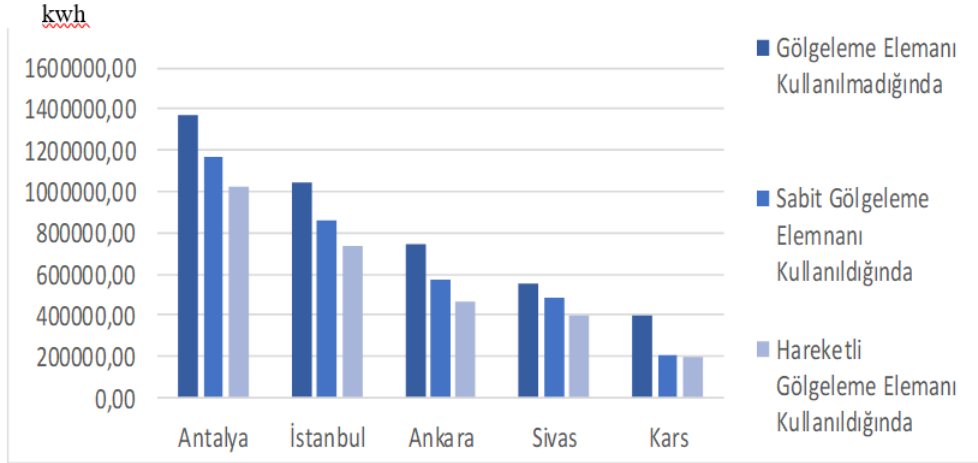
### 3.5.Bölüm Değerlendirmesi

DesignBuilder programında modellenmesi yapılan bir ofis binasının, cephelerde kullanılan gölgeleme elemanlarının türüne göre beş farklı iklim bölgesi için enerji analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre sabit ve hareketli gölgeleme elemanları tüm iklim bölgelerinde binanın yıl boyunca gerekli olan yıllık ısıtma enerjisini arttırmaktadır. Sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarını karşılaştırdığımızda ise hareketli gölgeleme elemanları sabit gölgeleme elemanlarına göre yıllık ısıtma enerjisini daha az arttırmaktadır (Şekil 3.8). Alınan analiz sonuçlarına göre sıcak iklim bölgelerinde sabit gölgeleme elemanları ısıtma enerjisini fazla yükseltmezken soğuk iklim bölgeleri için sabit gölgeleme elemanların kullanımı ısıtma enerjisini diğer bölgelere göre daha fazla yükseltmektedir.



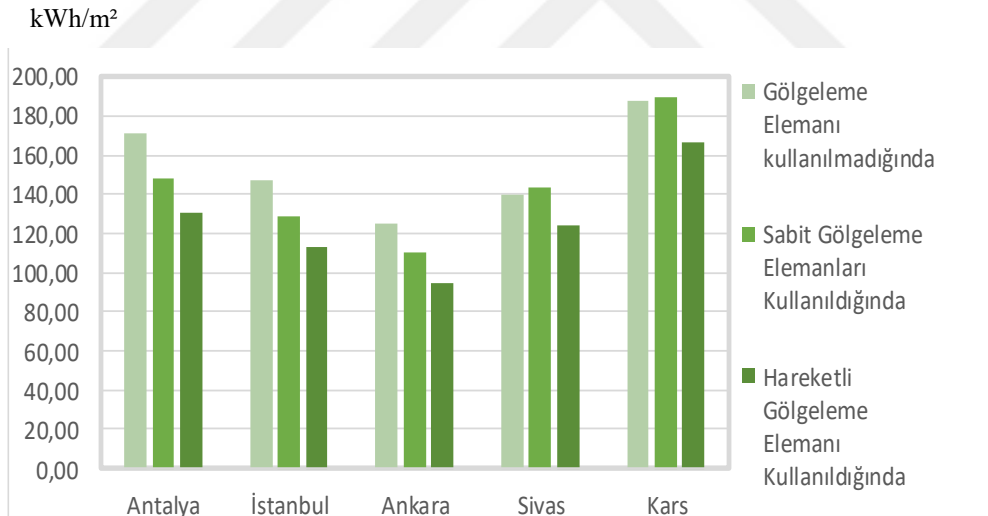
Şekil 3.8. İklim bölgelerine göre ısıtma enerji değişimi

Cephelerde sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımı 5 iklim bölgesi için de soğutma enerjisini azalttığı tespit edilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. İklim bölgelerine göre soğutma enerji değişimi

Şekil 3.10'da gösterildiği gibi sabit gölgeleme elemanlarının Sivas ve Kars illeri için m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer bölgeler için sabit gölgeleme elemanları kullanımı m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarını azaltmaktadır. Hareketli gölgeleme elemanlarının ise 5 iklim bölgesi için de m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarını azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. İklim bölgelerine göre m<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı

Çizelge 3.6.'da görüldüğü üzere DesignBuilder programından alınan enerji analiz sonuçlarına göre Antalya için sabit gölgeleme elemanları kullanılarak %13.33, hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında ise %23.84 enerji kazancı sağlanmaktadır. İstanbul için enerji kazancı sabit gölgeleme elemanlarında %12.45, hareketli gölgeleme elemanlarında %22.92'dir. Ankara için sabit gölgeleme elemanlarının kullanımında enerji kazancı %11.41, hareketli gölgeleme elemanları

kullanımında enerji kazancı %24,38'dir. Sivas için sabit gölgeleme elemanları kullanımında %2.51 enerji kaybının olmasına rağmen hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında %10.84 enerji kazancı elde edilmiştir. Kars için ise sabit gölgeleme elemanları kullanıldığında % 0.91 enerji kaybı olmasına rağmen hareketli gölgeleme elemanları kullanıldığında %11.62 enerji kazancının olacağı tespit edilmiştir.



Çizelge 3.6. DesignBuilder yıllık enerji analiz sonuçları

Gölgeleme elemanlarının türünün bölgelere göre enerji kullanımına etkisi	Gölgeleme Elemanı Kullanılmayan bina enerji analizi (yıllık)			Sabit gölgeleme elemanı kullanılan bina enerji analizi (yıllık)			Hareketli gölgeleme elemanı kullanılan bina enerji analizi (yıllık)		
	Istima (kWh)	Soğutma (kWh)	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )	Istima (kWh)	Soğutma (kWh)	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )	Istima (kWh)	Soğutma (kWh)	m <sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>1. Bölge Antalya</b>	73200,07	1373284,00	171,00	87920,82	1165641,79	148,19	76792,13	1024757,27	130,22
<b>2. bölge İstanbul</b>	203381,42	1042737,61	147,31	232707,82	858161,34	128,96	224537,63	735874,65	113,54
<b>3. bölge Ankara</b>	316062,54	740731,07	124,93	359984,03	576161,13	110,67	335247,32	463876,68	94,47
<b>4. bölge Sivas</b>	631272,17	551246,86	139,79	724142,78	488081,78	143,31	658497,35	395763,45	124,63
<b>5. bölge Kars</b>	1194709,06	398329,92	188,32	1395818,27	211824,31	190,05	1208412,31	199458,31	166,43

#### 4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada DesignBuilder programı kullanılarak bir ofis binasının beş farklı iklim bölgesi için simülasyonları yapılmıştır. Simülasyonlarda öncelikle gölgeleme elemanı kullanılmadan binanın ne kadar enerji harcadığı tespit edilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarının bina enerji tüketimine etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada hareketli gölgeleme elemanlarının çalışma düzeneği, iç ortam sıcaklığını 18-25°C arasında tutacak şekilde programlanmıştır. Hareketli gölgeleme elemanlarının kullanılan programlama komutlarına göre enerji performansı değişmektedir. Bu programlamada güneşin geliş açısına, gün içi saatlere, vb. gibi komutlarla hareket etmesi programlansaydı ortaya çıkan değerler değişecektir.

İklim bölgelerine göre ısıtma ve soğutma enerji yükleri değişmektedir. Soğuk iklim bölgelerinde ısıtma enerjisinin fazla olması, sıcak iklim bölgelerinde ise soğutma enerjisinin fazla olması beklenmekte ve analiz sonuçları da bu varsayımı doğrulamaktadır.

Sonuç olarak;

- Isıtma enerjisinin sabit ve hareketli gölgeleme elemanları kullanılarak yükseldiği tespit edilmiştir. Fakat hareketli gölgeleme elemanlarının sabit gölgeleme elemanlarına göre ısıtma enerjisini daha az yükselttiği görülmüştür.
- Soğutma enerjisini hareketli ve sabit gölgeleme elemanlarının düşürdüğü tespit edilmiştir.
- Cephelerde sabit gölgeleme elemanları kullanıldığında 1., 2. ve 3. iklim bölgeleri için binada kullanılan toplam enerji miktarını düşürdüğü fakat 4. ve 5. iklim bölgesi için toplam enerji miktarını yükselttiği görülmüştür. Bu sebeple sabit gölgeleme elemanlarının kullanımı 4. ve 5. iklim bölgesi için kullanımı uygun bulunmamıştır.
- M<sup>2</sup> başına düşen enerji miktarı incelendiğinde hareketli gölgeleme elemanlarının sabit gölgeleme elemanlarına göre enerji yükünü daha fazla düşürdüğü tespit edilmiştir.
- 5 farklı iklim bölgesi için de hareketli gölgeleme elemanlarının kullanımının toplam enerji miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir.

İleride gölgeleme elemanları ile ilgili yapılacak çalışmalar için;

- Sabit ve hareketli gölgeleme elemanlarının malzeme farklılığında enerji kazançlarının değerlendirilmesi,
  - Farklı parametreler kullanılarak ( nem, rüzgâr, rakım vb.) enerji verimliliğinin değerlendirilmesi,
  - Gerçek ölçümlerle programdan alınan veri sonuçlarının karşılaştırılması,
  - Sabit ve gölgeleme elemanlarının havalandırma ve aydınlatma bağlamında incelenmesi,
  - Gölgeleme elemanlarının farklı bina türlerinde ve farklı işlevlerde değerlendirilmesi,
  - Hareketli gölgeleme elemanlarının yatay, dikey veya hem yatay hem dikey olarak yönlendirilmesi durumunda enerji performanslarının incelenmesi,
  - Gölgeleme elemanları binanın farklı yönlerinde kullanılarak enerji kazançlarının incelenmesi,
- önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, M. M. S., Abdel-Rahman, A. K., Bady, M., Mahrous, E. K. ve Suzuki, M., 2016, Optimum Energy Consumption by Using Kinetic Shading System for Residential Buildings in Hot Arid Areas, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, vol.5 (no.2), 121-128.
- Aktacir, M. A., Nacar, M. A. ve Yeşilata, B., 2011, Binalarda Enerji Verimliliği Amaçlı Yazılımlar Üzerine Kısa bir değerlendirme. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*: 46-50.
- Alemdağ, E. L. ve Aydın, Ö., 2011, Hstahanelerde Cam Giydirme Cephe Sistemlerinin Konfor Koşullarına Etkisi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 126 (55-67).
- Alemdağ, E. L., 2014, Enerji Etkin Tek Tabakalı Cephelerde Güneş Kontrolü, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 144, 5-10.
- Alpur, İ., 2009, Cam Giydirme Cephe Sistemlerinin Bileşenler Yönünden Karşılaştırılması, (Yüksek Lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Altın, M. ve Orhon, A. V., 2014, Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik. *7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014*. İstanbul.
- Altinkaya, T. ve Özgen, A., 2004, Camın Yapısal Kullanımının Tarihsel Gelişimi, Güncel Olanaklar ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Ve Sergisi*, Kongre Bildirileri: 87-97.
- ASHRAE, 2009, Fundamental, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*, 1-36.
- Atmaca, İ. ve Yiğit, A., 2011, Isıl konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*: 543-549.
- Ayçam, İ., 2011, Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 1593-1609.
- Aykal, F. D., Gümüş, B. ve Akça, Y. B. Ö., 2009, Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*. Diyarbakır,9-15.
- Başaran, Ö., 2015, Kinetik Gölgeleme Elemanları Entegre Edilmiş Bir Binanın Enerji Etkinliğinin Attırılması, (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Bavilolyaei, Y., 2016, Çift Cidarlı Cephelerde Farklı Havalandırma Koşullarında Duman Hareketinin Sayısal Yöntemle İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Bayraktar, M., 2015, A Methodology For Energy Optimization of Buildings Considering Simultaneously Building Envelope HVAC And Renewable System Parameters, (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Begeç, H. ve Savaşır, K., 2004, Akıllı Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi. *Çatı ve Cephe Konferansı*. Arıoğlu, N. İstanbul Kültür Üniversitesi 3-6.
- Chousein, Ö., 2013, Biyoklimatik Uygulamaların İncelenmesi- Yunanistan Örneği, (Yüksek Lisans Tez), Trakya Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Çakır, G., 2012, Enerji Etkin Çift Kabuk Cephe Sistemleri. *X. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu*. İstanbul: 2-5.
- Çakmanus, I., Kunar, A., Toprak, G. ve Gulbeden, A., 2010, A Case Study in Ankara for Sustainable Office Buildings. 10. Clima Congress- Clima 2010.
- Çetin, H. G., 2018, Bir Ofis Binasının Enerji Yüklerinin Çift Kabuklu Cephe Sistemi Ve Güneş Kırıcılar İle Azaltılması, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Çetiner, İ., 2002, Çift kabuklu Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Dağıtmaç, S., 2014, Toplu Konutlarda Enerji Etkin Aydınlatma Tasarımı ve Fotovoltaik panellerin Entegrasyonuna İlişkin Bir Uygulama Çalışması, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Darçın, P. ve Balanlı, A., 2012, Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 128, 33-42.
- Dikmen, Ç. B., 2011, Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, *Politeknik Dergisi*, 14, 121-134.
- Döşemeciler, A., 2002, Bina Cephelerinin Ses Yalıtım Performanslarının Değerlendirilmesi: Taksim – Beşiktaş Örneği, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- 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*.
- Ertemli, M., 1998, Büro Binalarında Yapı Kabuğu İşlevinin Belirlenmesi ve Malzeme Seçim Kriterlerinin Araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Erturan, B. ve Eren, Ö., 2011, Akıllı Cepheler, *6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 125-129.



- Erturan, B. ve Eren, Ö., 2018, Bina Cephelerinin Yenilemesine Karar Vermek İçin Kullanılabilecek Bir Değerlendirme Modeli, *Megaron*, 13, 24-38.
- ETKB, 2017. Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü.
- Eyüce, Ö., 2002, Değişen Bina Kabuğu ve Çağdaş Gelişmeler, *Ege Mimarlık*, 44, 4-7.
- Güncü, A. ve Kuşç, A., 2018, Güneş Enerjisine Dayalı Yenilikçi Kinetik Yapı Kabuğu Uygulamaları *Akademik Platform*, 1-10.
- Gür, V., 2001, Hafif Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Analizi ve Değerlendirilmesi İçin Bir Model, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Gür, V., 2007, Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi, (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Güvenli, Ö., 2006, Tarihsel Süreç İçinde Malzeme Cephe İlişkisi ve Giydirmeye Cephe, (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Hansnuwat, R., 2010, Kinetic Facades as Environmental Control Systems: Using Kinetic Facades to Increase Energy Efficiency and Building Performance in Office Buildings, (Master of Building Science), University of Southern California.
- Herzog, T., Krippner, R. ve Lang, W., 2004, Fassaden Atlas, *Papler Aus Verantwortungsvollen Quellen*, .
- İlhan, Y., 2004, "Taşıyıcı Izgara-Cam Pano Arası BAğlantı Mekanizması" Özelindeki Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Değerlendirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- İnan, T. ve Başaran, T., 2013, Çift Cidarlı Cephedeki Etkin Mimari Tasarım ararları, *Sakarya Üniversitesi Dergisi*, 17 (3), 427-436.
- İnan, T. ve Başaran, T., 2014, Çift Cidarlı Cephe Üzerine Bir Araştırma, *Megaron*, 9 (3), 132-142.
- Karamanlıoğlu, Ş., 2011, Enerji Etkin Bina Cephe Sistemlerine Yönelik Yaklaşımların İrdelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kazanasmaz, T. ve Diler, Y., 2018, Gelişmiş cam teknolojileri ile enerji etkinliğin değerlendirmesi, *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü*, <http://docplayer.biz.tr/3954312-Gelismis-cam-teknolojileri-ile-enerji-etkinligin-degerlendirmesi.html> (Erişim Tarihi: 26.04. 2018).
- Kılıç, Z. A., 2018, Cephe Açıklıklarının İç Mekandaki Güneşli Performansına Etkisinin Konut Örneğinde İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Korkmaz, K., 2004, An Analytical Study of the Design Potentials in Kinetic Architecture, (Doctor of Philosophy), İzmir Institute of Technology, *İzmir Institute of Technology*, 6-10.
- Korkmaz, S. Z., 2018. Arşivi, F.
- Kutlu, R., 2010, Ofislerde Enerji Etkin Aydınlatma Sistemleri. "*Tasarımda Genç Bakışlar*" *Ulusal Sempozyum 2010*. İstanbul. 16.
- Kutluay, P., İnan, T. ve Ersoy, U., 2015, Türkiye'den ve Dünya'dan Örnekler Işığında Çift Cidarlı Cephelelerin Gelişimi, *12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 2249-2263.
- Lakot, E., 2007, Ekolojik Ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması, (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Manioğlu, G. ve Oral, G. K., 2010, Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Cephe Tasarımı. *5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 15-16.
- Oraklıbel, A., 2014, Alüminyum Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Bina ile Bütünleşmesinde Kullanılabilecek Performans Ölçütlerinin ve Bağlı Önemlerinin Belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Orhon, A. V., 2013, Akıllı Yapı Kobukları. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*.
- Orhon, A. V., 2014, Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri. *7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*. Beşiktaş/ İstanbul: 1-9.
- Öz, B., 2015, Enerji Verimliliği Kriterlerine Göre Otel Tasarımı ve Enerji Modellemesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Özek, V. ve Yeler, G. M., 2011, Ekosistemin Biçimlenişinden Çıkarımlar. *7. Uluslararası Sinan Sempozyumu*. Edirne: 2-6.
- Özmehmet, E., 2007, Avrupa ve Türkiye'deki Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış, *Journal of Yaşar University*, 2, 809-826.
- Özyer, N. S., 2017, Cepheye Dıştan Kullanılan Gölgeleme Elemanları Ve Uygulama Yöntemlerinin Örnekler Üzerinden İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Sahraei, S., 2013, Az Katlı Ofis Binaları İçin Modüler Çift Kabuk Cephe Sistemi Geliştirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Sönmez, B. ve Kıasf, G. Ç., 2018, Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Bağlamda Akıllı Cephe Sistemlerinin Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 63-98.
- Stack, A., Goulding, J. ve Lewis, J. O., 2013, Shading Systems Solar Shading for the European climates. Energy Research Group, University College Dublin, School of Architecture, Richview, Clonskeagh, Dublin 14, . Ireland.
- Süt, G., 2013, Türkiye Derece Gün Gölgelemlerinde Mevcut Çok Katlı Konut Binalarının Dış Kabuğunda Yapılacak Enerji Etkin Yenileme Stratejileri (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, *Fen bilimleri Enstitüsü*.
- Şahinoğlu, S., 2012, Gölgeleme Elemanlarının Pencerenin Isıtma/Soğutma Enerjisi ve Görsel Konfor Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Tavil, A., 2004, Cephe Sistemlerinde Yeni Teknolojiler Elektrokromik Pencereleler, *İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul*, 1-12.
- Tıkansak, T. E., 2013, Konutlarda Enerji Etkinliği. *International Journal of Architecture and Planning*. 1: 189-200.
- TS825, 2013, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.
- URL-1, 2018, <http://www.spanglefish.com/nationallouvre/index.asp?pageid=484665>: :
- URL-2, 2018, <http://www.ekoyapidergisi.org/3631-esslingen-de-bir-yukse-yapi-festo-otomasyon-merkezi.html>:
- URL-3, 2018, <http://www.sun-set.com.tr/details.php?id=42>:
- URL-4, 2019, <http://www.archiexpo.com/prod/permasteelisa/product-58219-1579899.html>:
- URL-5, 2018, <https://www.yesilodak.com/hindistan-da-enerji-tasarufu-eyler>:
- URL-6, 2019, <https://www.archdaily.com/16863/ex-ducati-mario-cucinella-architects>:
- URL-7, 2018, <http://www.arkitera.com/proje/3207/and1>:
- URL-8, 2019, <https://scandinaviancollectors.com/post/140629566705/marcel-breuer-armstrong-building-aka-pirelli>:
- URL-9, 2019, <http://www.akanyapi.com/page005.aspx>:
- URL-10, 2018, <https://www.archdaily.com/590111/technological-park-of-coruna-university-c-i-c-a-angel-rico-painceiras-y-manuel-vazquez-muino>:

- URL-11, 2018, <https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associes/510bd664b3fc4bd716000c1-q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associes-site-plan>:
- URL-12, 2019, <https://aasarchitecture.com/2014/02/new-conservatory-claude-debussy-by-basalt-architecture.html>:
- URL-13, 2019, <https://www.archdaily.com/476602/music-conservatory-in-paris-17th-arrondissement-basalt-architects/52fc487fe8e44e548200006b-music-conservatory-in-paris-17th-arrondissement-basalt-architects-photo>:
- URL-14, 2018, <http://modulo.net/en/realizzazioni/arab-world-institute>:
- URL-15, 2018, <http://www.pariste.net/arap-dunyasi-enstitusu-institut-du-monde-arabe/>:
- URL-16, 2018, <http://www.skyscrapercenter.com/building/al-bahar-tower-1/9129>:
- URL-17, 2018, <https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/04/04/gunes-koruyucu-paneller/>:
- URL-18, 2019, <https://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/>:
- URL-19, 2019, <https://nexten.com.tr/tr/dunyada-gunes-enerjisi-turkiyenin-potansiyeli/>:
- URL-20, 2019, <http://www.beycan.net/1057/illerin-enlem-ve-boylamlari.html>:
- URL-21, 2019, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA>:
- URL-22, 2019, <http://www.cografya.gen.tr/tr/istanbul/iklim.html>:
- Uygun, V., 2012, Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Cephe Sistemlerinin İncelenmesi ( Yurt içi ve Yurt Dışı Örneklerle), (Yüksek Lisans Tezi), Haliç Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yaşa, E., 2005, Avlulu Binalarda Doğal Havalandırma ve Soğutma Açısından Rüzfar Etkileri ile Ouşacak Hava Akımlarına yüzey Açıklıklarının Etkisinin Deneysel İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yener, A. K., 2007, Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler. *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. İzmir: 231-241.*
- Yeşilli, G., 2016, Gelişmiş Cephe Sistemlerinin Ekolojik Enerji Etkin Tasarım Çerçevesinde İncelenmesi, İklim Verilerine Göre Değişimi ve Geleceğe Yönelik Öngörüler, (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

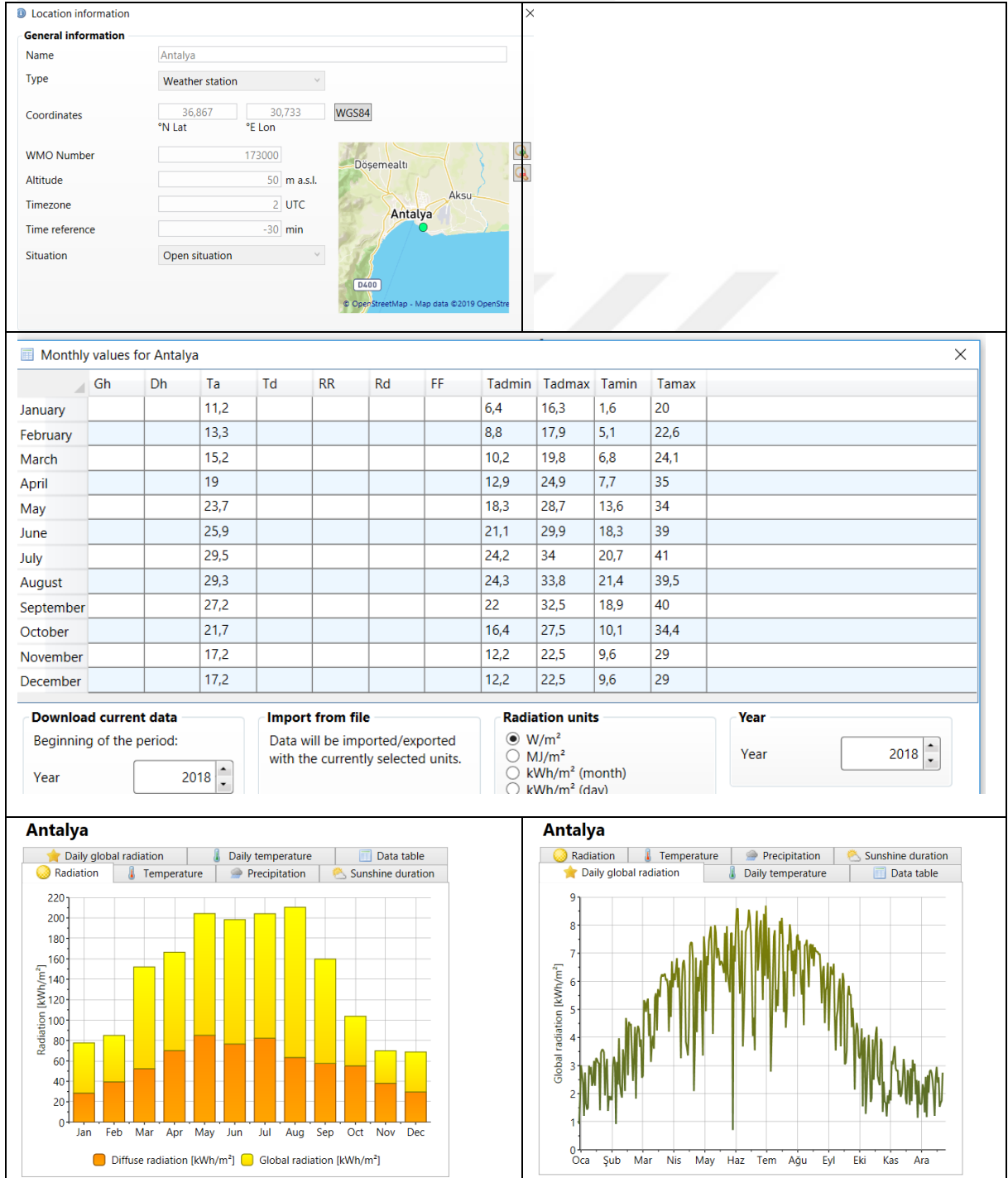
- Yıldız, C., 2016, Çift Kabuk Cephe Sistemleri Üzerindeki Güneş Faktörünün Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi, Haliç Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yılmaz, Ş. Ş., 2016, Güneş Kontrolü Tasarımının Görsel Konfor ve Günışığı Performansına Etkisi: Ofis Binaları, *Online journal of Art and Design*, 4 (4), 47-62.
- Yılmaz, Y. ve Oral, G. K., 2017, An Approach for Cost and Energy Efficient Retrofitting of a Lower Secondary School building, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (1), 393-407.
- Yılmaz, Z., 2006, Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 7-15.
- Yüceer, N. S., 2010, Gölgeleme Elemanı Tasarımına Bir Yaklaşım ve Adana Örneği, *METU JFA*, 2 (27/2), 1-13.

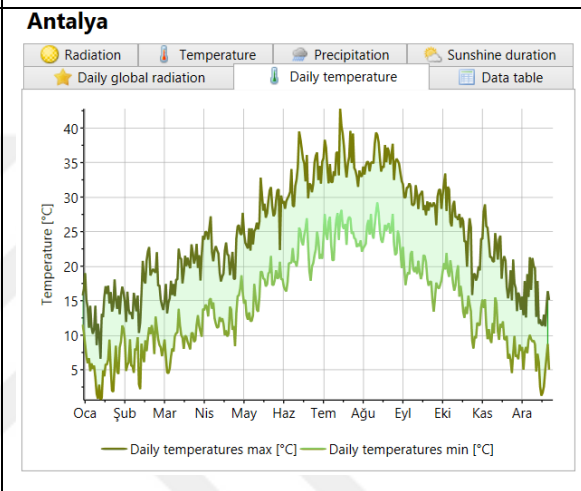
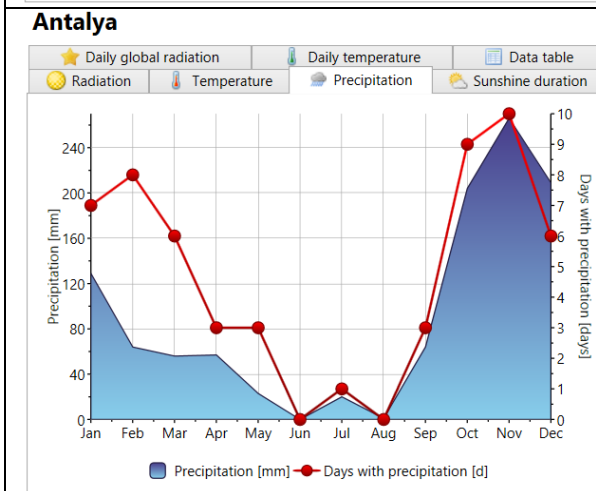
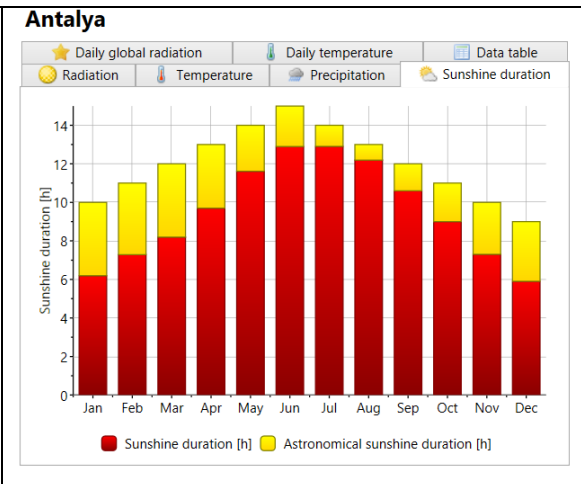
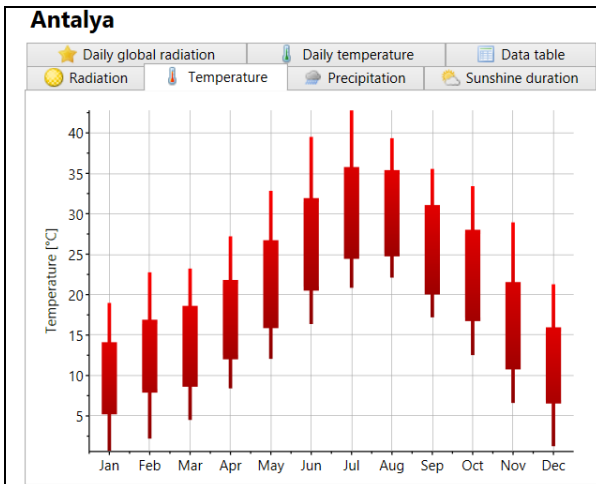
## EKLER

### Ek-1 Antalya İli Meteonorm iklim verileri

#### Result informations

Uncertainty of yearly values: Gh = 3%, Bn = 6%, Ta = 0,3 °C  
 Trend of Gh / decade: - Variability of Gh / year: 4,2%  
 Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)  
 Temperature interpolation locations: -





## Ek-2 İstanbul İli Meteonorm iklim verileri

### Result informations

Uncertainty of yearly values: Gh = 4%, Bn = 8%, Ta = 0,5 °C  
 Trend of Gh / decade: - Variability of Gh / year: 3,5%  
 Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)  
 Temperature interpolation locations: İstanbul/Ataturk Ab (14 km), GOLCUK/DUMLUPINA

**Location information**

**General information**

Name: İstanbul TU

Type: Interpolated city


Coordinates: 41,0175 °N Lat, 28,9715 °E Lon, WGS84

Altitude: 14 m a.s.l.

Timezone: 2 UTC

Time reference: -30 min

Situation: Sea/lake



**Monthly values for İstanbul TU**

	Gh	Dh	Ta	Td	RR	Rd	FF	Tadmin	Tadmax	Tamin	Tamax
January	68,5		8,3					5,4	10,7	0,6	14,1
February	84,8		8,7					6,1	11,9	-1,9	16,5
March	145,2		11					7,3	14,7	-3,3	21,3
April	227,8		15,4					10,6	21,1	7	29,7
May	213,7		19,7					16,4	23,9	10,3	29,1
June	272,2		24					20,1	28,3	16,1	32,6
July	272,8		26,9					23	30,5	18,9	34,1
August	246		27,5					24	31,4	21,1	34,1
September	165,3		23					19,8	26,5	14	33,1
October	108,9		18,5					15	21,5	7,8	26,2
November	58,3		14,2					11,6	16,9	4,1	24,1
December	51,1		14,2					11,6	16,9	4,1	24,1

**Download current data**

Beginning of the period:

Year: 2018

**Import from file**

Data will be imported/exported with the currently selected units.

**Radiation units**

W/m<sup>2</sup>  
 MJ/m<sup>2</sup>  
 kWh/m<sup>2</sup> (month)  
 kWh/m<sup>2</sup> (day)

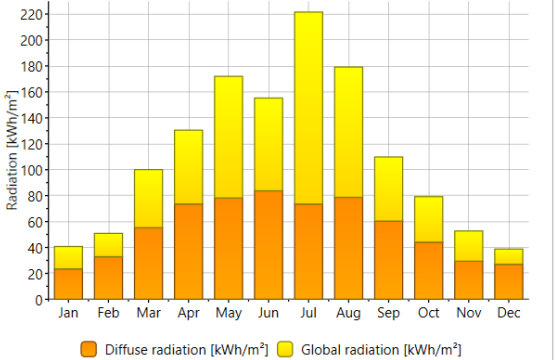
**Year**

Year: 2018

**İstanbul TU**

★ Daily global radiation | 🌡️ Daily temperature | 📄 Data table

☀️ Radiation | 🌡️ Temperature | ☁️ Precipitation | 🌞 Sunshine duration



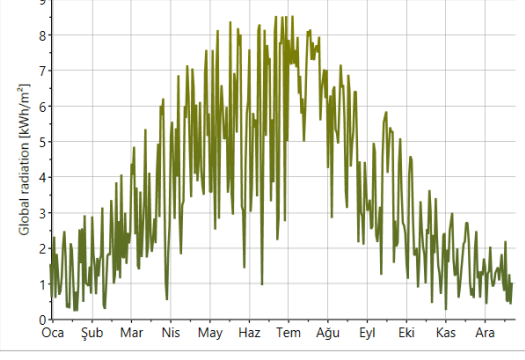
Radiation [kWh/m<sup>2</sup>]

Diffuse radiation [kWh/m<sup>2</sup>] | Global radiation [kWh/m<sup>2</sup>]

**İstanbul TU**

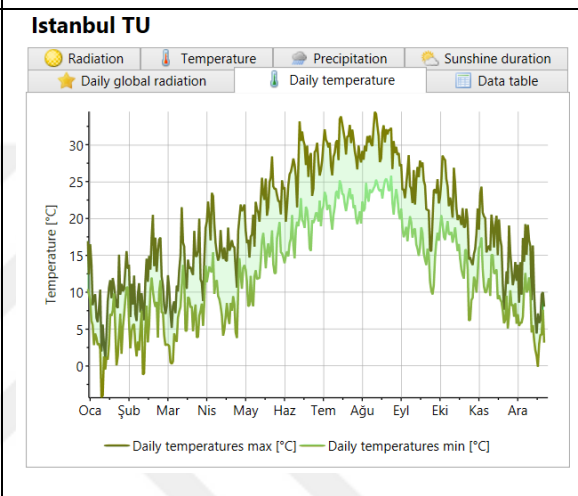
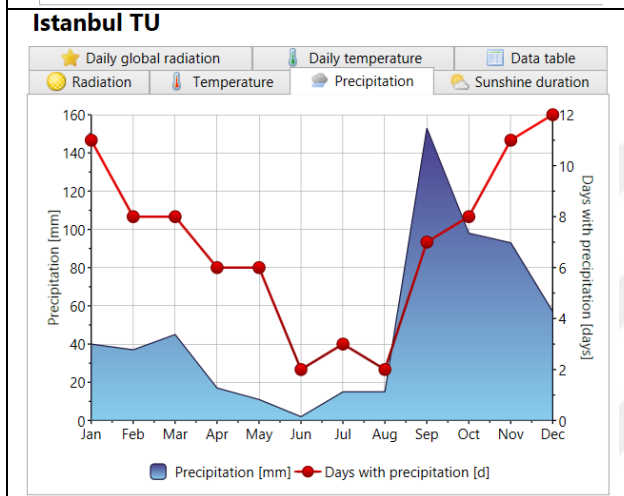
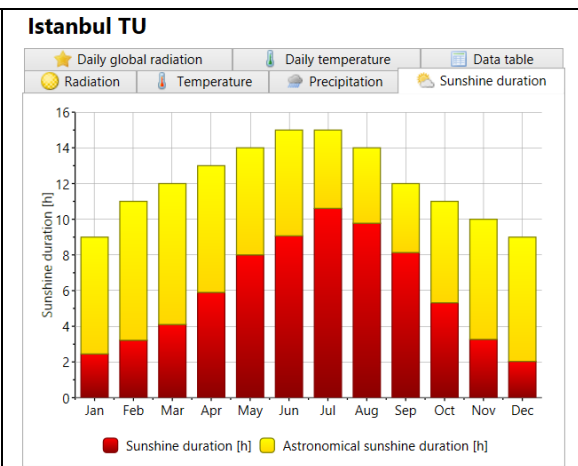
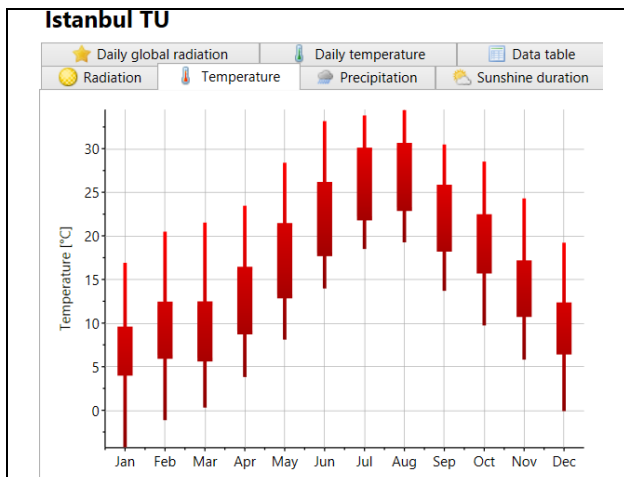
☀️ Radiation | 🌡️ Temperature | ☁️ Precipitation | 🌞 Sunshine duration

★ Daily global radiation | 🌡️ Daily temperature | 📄 Data table



Global radiation [kWh/m<sup>2</sup>]





### Ek-3 Ankara İli Meteorolojik iklim verileri

#### Result informations

Uncertainty of yearly values: Gh = 2%, Bn = 4%, Ta = 0,3 °C  
 Trend of Gh / decade: - Variability of Gh / year: 4,1%  
 Radiation interpolation locations: - (Share of satellite data: 0%)  
 Temperature interpolation locations: ESENBAGA (20 km), ANKARA/GUVERCIN LIK (12 krr)

#### General information

Name:

Type:

Coordinates:   WGS84  
\*N Lat \*E Lon


WMO Number:

Altitude:  m a.s.l.

Timezone:  UTC

Time reference:  min

Situation:



#### Monthly values for Ankara

	Gh	Dh	Ta	Td	RR	Rd	FF	Tadmin	Tadmax	Tamin	Tamax
January			2,2					-1,9	6,2	-7,1	11,2
February			5,4					-0,8	11,5	-6,8	16,2
March			9					2,7	15,1	-4,6	22,3
April			13,7					4,1	22,1	-2	27,5
May			16,9					10	24,1	5,5	28,9
June			20,8					13,4	27,4	9,1	32,2
July			23,7					16	30,4	12,5	34,6
August			24,4					16,3	30,9	11,9	35,1
September			19,1					11,7	25,8	6,7	33,7
October			13,6					7	20,7	-0,8	26
November			8,4					2,6	14,2	-4,3	23,2
December			8,4					2,6	14,2	-4,3	23,2

**Download current data**

Beginning of the period:

Year:

**Import from file**

Data will be imported/exported with the currently selected units.

**Radiation units**

W/m<sup>2</sup>

MJ/m<sup>2</sup>

kWh/m<sup>2</sup> (month)

kWh/m<sup>2</sup> (dav)

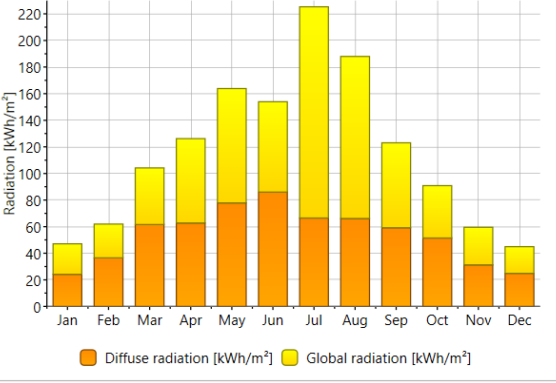
**Year**

Year:

#### Ankara

★ Daily global radiation
🌡️ Daily temperature
📄 Data table

☀️ Radiation
🌡️ Temperature
☔ Precipitation
☀️ Sunshine duration

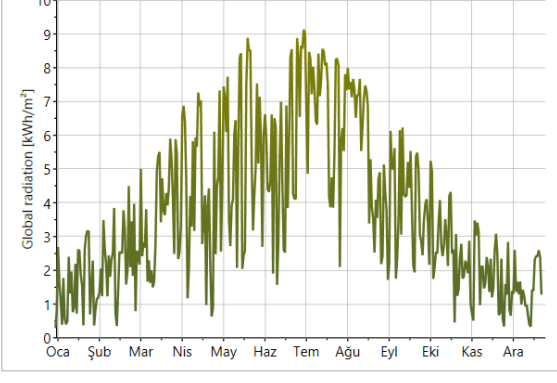


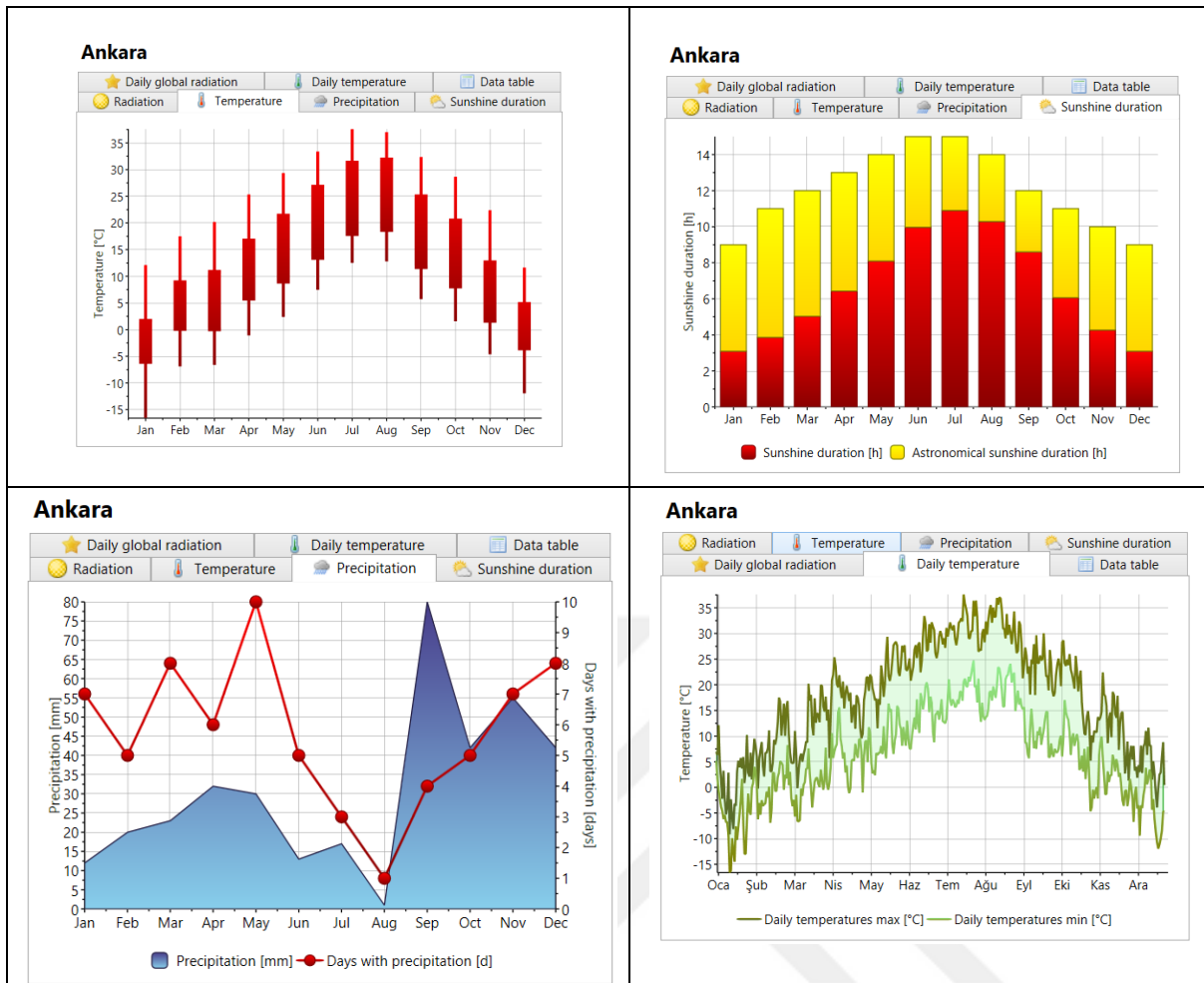
■ Diffuse radiation [kWh/m<sup>2</sup>]
 ■ Global radiation [kWh/m<sup>2</sup>]

#### Ankara

☀️ Radiation
🌡️ Temperature
☔ Precipitation
☀️ Sunshine duration

★ Daily global radiation
🌡️ Daily temperature
📄 Data table

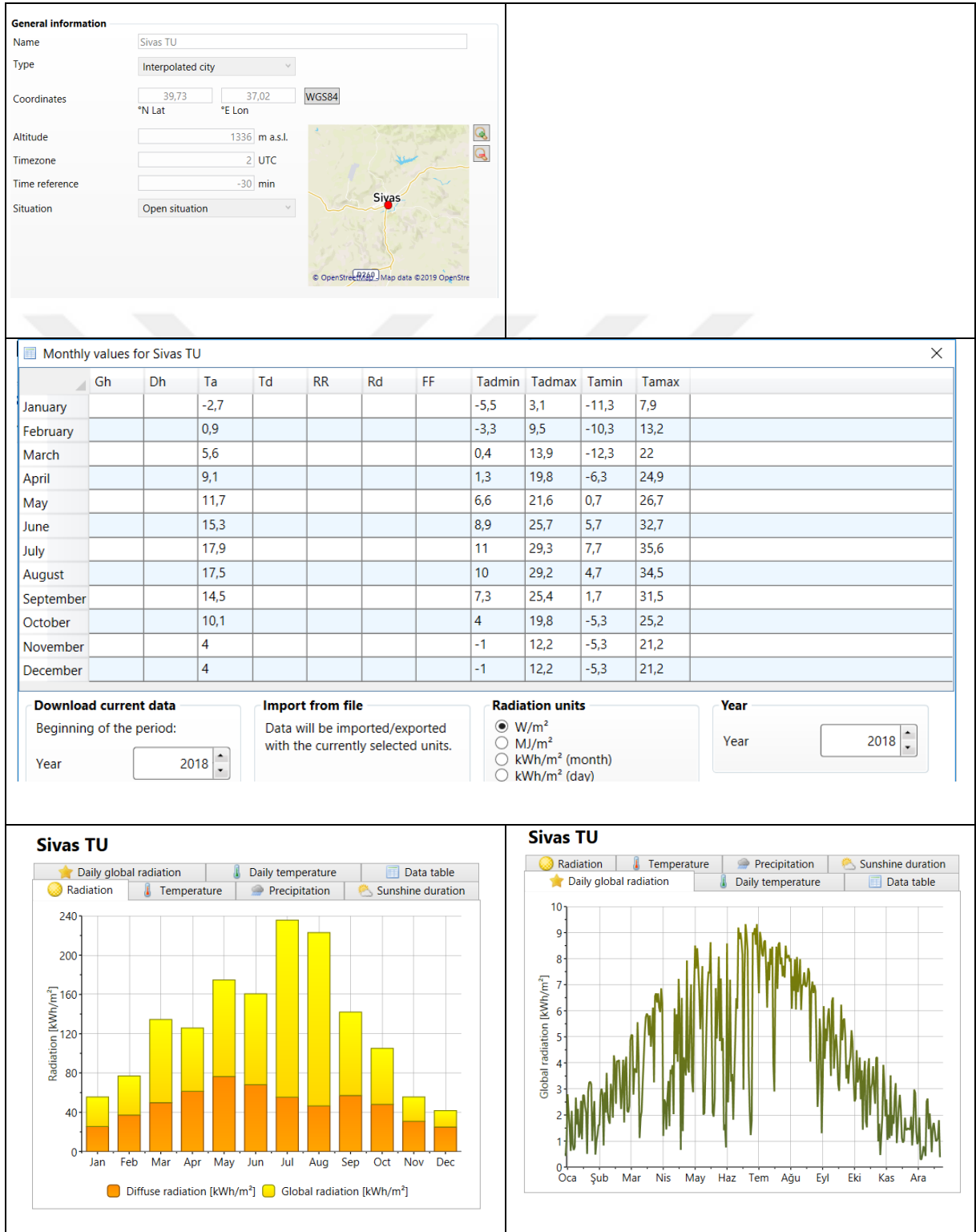


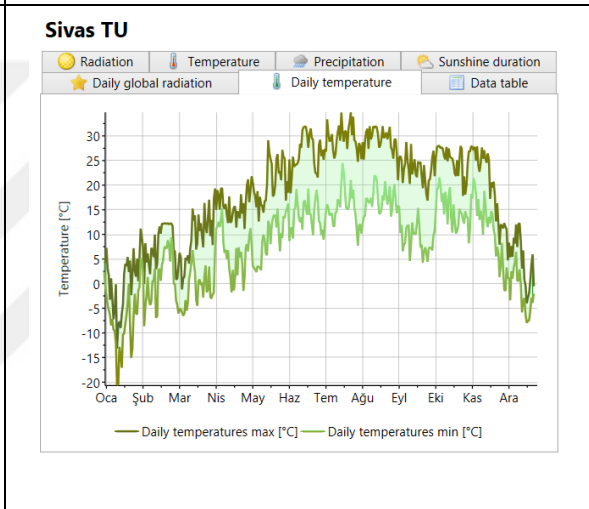
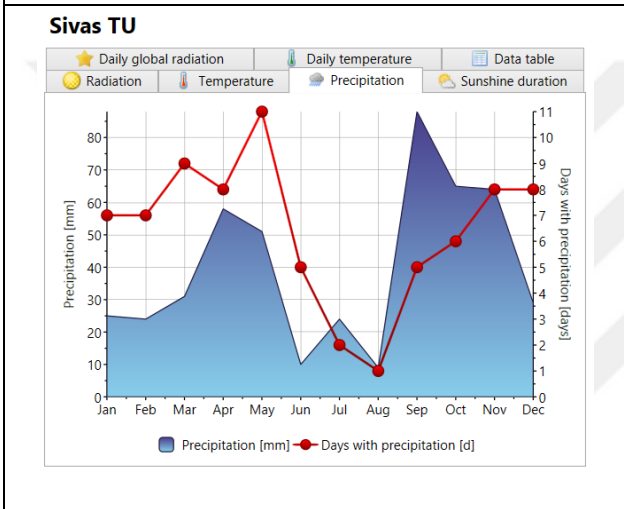
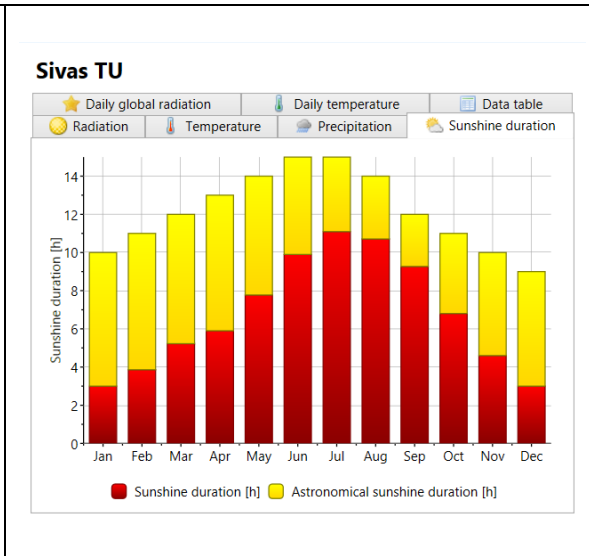
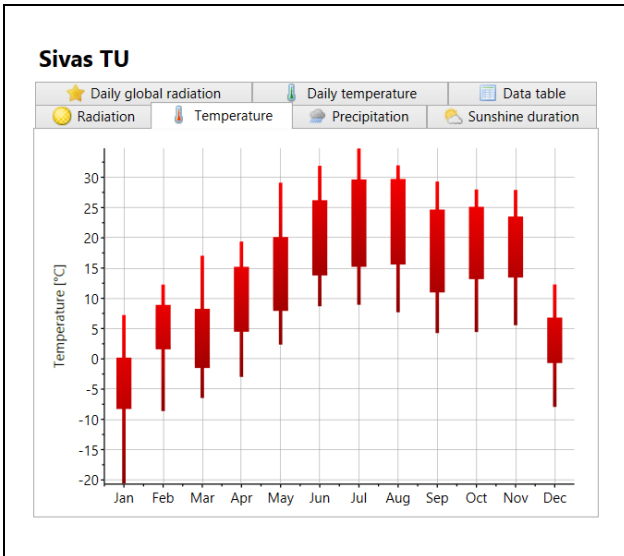


## Ek-4 Sivas İli Meteorolojik iklim verileri

### Result informations

Uncertainty of yearly values: Gh = 8%, Bn = 16%, Ta = 2,4 °C  
 Trend of Gh / decade: - Variability of Gh / year: 3,9%  
 Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)  
 Temperature interpolation locations: -

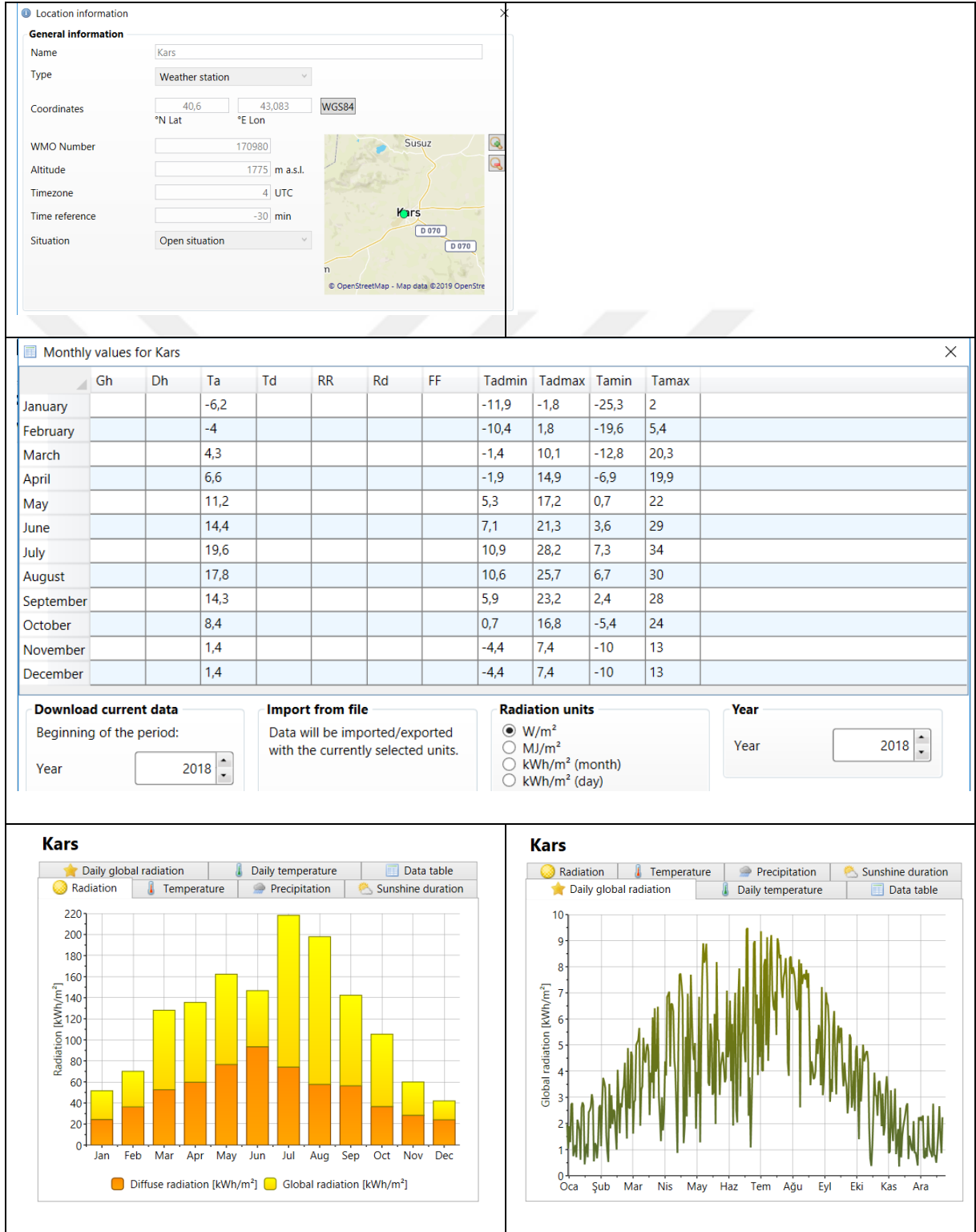


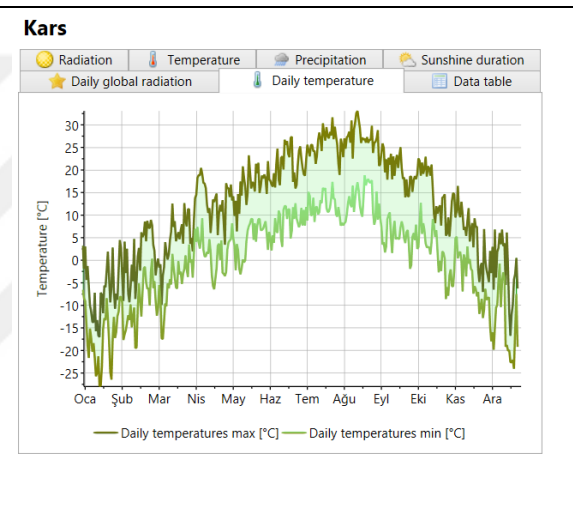
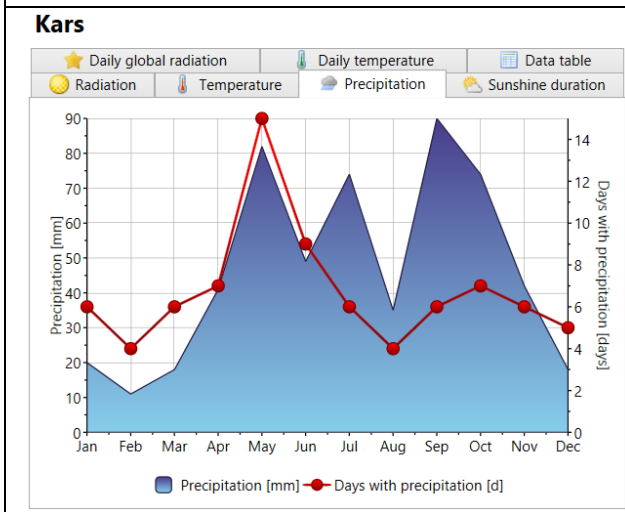
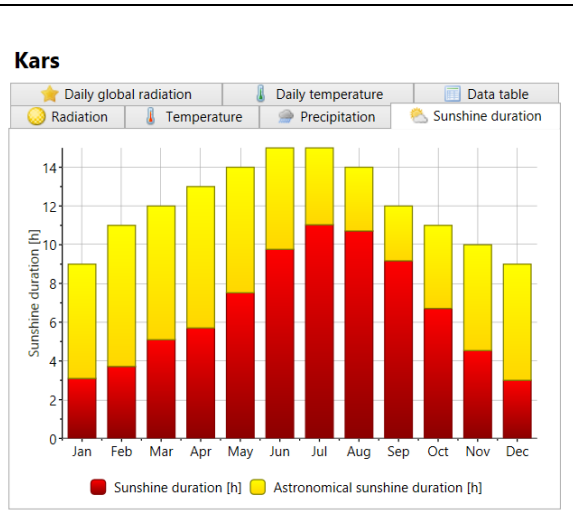
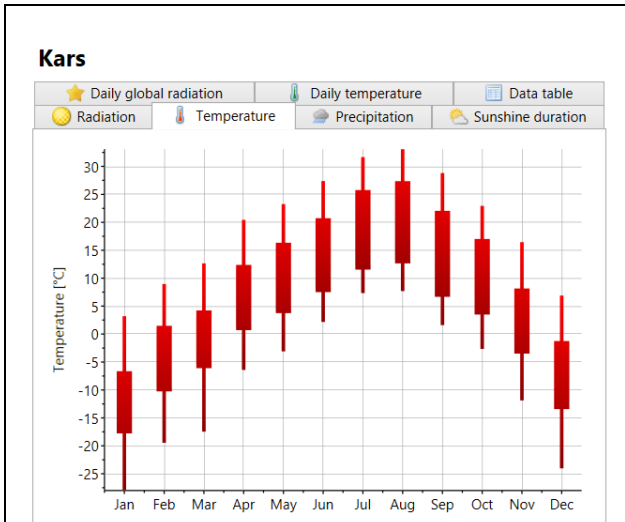


## Ek-5 Kars İli Meteorolojik iklim verileri

### Result informations

Uncertainty of yearly values: Gh = 2%, Bn = 4%, Ta = 0,3 °C  
 Trend of Gh / decade: - Variability of Gh / year: 4,0%  
 Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)  
 Temperature interpolation locations: -





## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Merve Anaç  
**Uyruğu** : TC  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Pazar 07.07.1992  
**Telefon** : 05535387000  
**Faks** :  
**E-Posta** : merve.anac@hku.edu.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	Turhal Şeker Anadolu Öğretmen Lisesi	Turhal	Tokat	2010
Üniversite	Selçuk Üniversitesi	Selçuklu	Konya	2016
Yüksek Lisans	Konya Teknik Üniversitesi	Selçuklu	Konya	2019
Doktora				

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Büyükkaplan A.Ş. (AVM Şantiyesi)	İnce İşler Şefi
2018	Hasan Kalyoncu Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### UZMANLIK ALANI

### YABANCI DİLLER: İngilizce

### YAYINLAR\*

- Analysis of the concept of construction biology in the context of electrification in modern architecture
- Kinetik Cephelerin Tarihi Gelişimi, Avantajları Ve Dezavantajları (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)
- Effect of Kinetic Shading Elements on Energy Performance