

## Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Sıcak ve Soğuk İklim Bölgeleri için Isıl Performanslarının İncelenmesi

Elif Nur YÜKSEL<sup>1</sup>, Betül BEKTAŞ EKİCİ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Öğrencisi, Mimarlık ABD, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup> Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

<sup>1</sup> elifnuryksl23@gmail.com, <sup>2</sup> bbektas@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 08/05/2023;

Kabul/Accepted: 29/05/2023)

**Öz:** Çift kabuk cepheler bina enerji performansı ve konfor koşullarının iyileştirilmesi için geliştirilmiş etkin sistemlerdir. Uygun bileşenlerle donatıldıkları, doğru yönlendirilip boyutlandırıldıkları takdirde bina ısı yüklerinin azaltılması, iç hava kalitesinin artırılması, gürültü ve güneş kontrolünün sağlanması noktasında önemli katkılar sağlamaktadırlar. Bu çalışmanın amacı son yıllarda kullanımı yaygınlaşan bu sistemlerinin sıcak ve soğuk iklim bölgeleri için performanslarının değerlendirilmesidir. Bu amaçla farklı derece gün bölgelerinde bulunan Adana (sıcak bölge) ve Erzurum (soğuk bölge) illerine ait coğrafi ve iklim koşullarında bir ofis binası örneği üzerinden simülasyonlar yapılmıştır. Çift kabuk cephelerin her bir bölge için 8 farklı yönelme ve boşluk genişliği ile oluşturulan alternatif durumlarına ait ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçları Design Builder yazılımı ile belirlenmiştir. Sonuç olarak sıcak iklim bölgesindeki Adana koşullarında ısı yükleri içinde %92.91 oranında önemli yer tutan soğutma yüklerinin azaltılması için en uygun yönelmenin kuzey, Erzurum için ise hem ısıtma hem de soğutma amaçlı ihtiyaç duyulan enerji miktarının optimize edilmesi için en uygun yönelmenin güney yönüne doğru olacağı belirlenmiştir. Çift kabuk performansını etkileyen önemli parametrelerden olan boşluk genişliğinin en uygun değerinin iki bölge için de 60 cm olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çift kabuk cephe sistemleri, ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı, yönelme, güneş kazancı.

## Investigation of Thermal Performance of Double Skin Facade Systems for Hot and Cold Climate Regions

**Abstract:** Double skin facades are effective systems developed to improve building energy performance and comfort conditions. If equipped with appropriate components, oriented and dimensioned correctly, they significantly reduce building thermal loads, and improve indoor air quality, noise and solar control. This study aims to evaluate the performance of these systems, which have been widely used in recent years, for hot and cold climate zones. For this purpose, simulations were carried out on an office building example in the geographical and climatic conditions of Adana (hot zone) and Erzurum (cold zone) provinces located in different degree day zones. The heating and cooling energy requirements of the alternative conditions of the double shell facades with 8 different orientations and gap widths for each region were determined by Design Builder software. As a result, it was determined that the most suitable orientation for reducing the cooling loads, which have an important place in 92.91% of the thermal loads in Adana conditions in the hot climate zone, would be towards the north, and for Erzurum, the most suitable orientation for optimizing the amount of energy needed for both heating and cooling would be towards the south. It was determined that the most appropriate value of the gap width, which is one of the important parameters affecting the double shell performance, is 60 cm for both regions.

**Key words:** Double skin facade systems, heating and cooling energy requirement, orientation, solar gain.

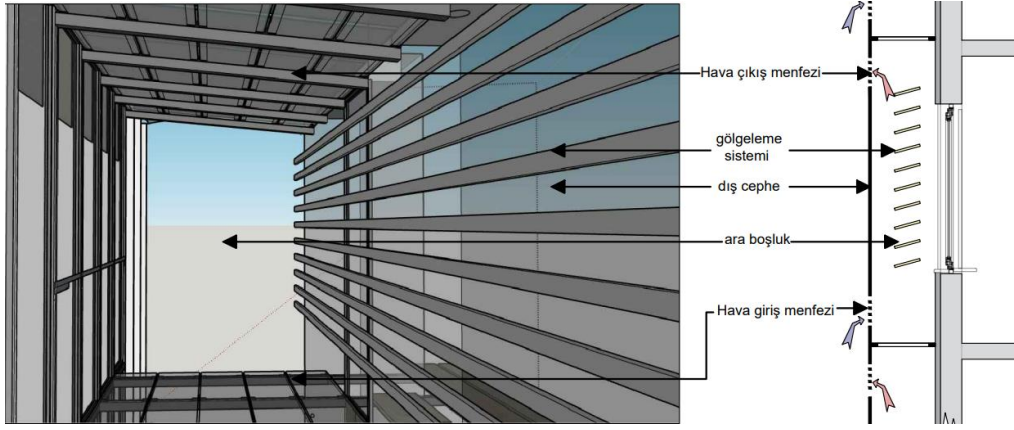
### 1. Giriş

Günümüzde hızla gelişen teknoloji, artan nüfus ve yoğun kentleşme enerji tüketimindeki artışın yanı sıra çevresel sorunlarında başlıca sebepleri arasında sayılmaktadır. Özellikle yapı sektörü, yapım ve kullanım aşamalarındaki yoğun enerji kullanımı nedeniyle bu artışta önemli bir rol oynamaktadır [1-2]. Bunun yanı sıra binalarda iklimlendirme, aydınlatma, su ısıtma vb. konfor koşullarının sağlanması için tüketilen enerji miktarı kullanılan enerjinin büyük bir bölümünün fosil yakıtlardan karşılanması karbondioksit emisyonları, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi ve enerji maliyetlerinin artması gibi olumsuzlukları da beraberinde

\* Sorumlu yazar: [bbektas@firat.edu.tr](mailto:bbektas@firat.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup>0000-0001-8709-0210, <sup>2</sup>0000-0003-0142-0587

getirmektedir [3-6]. İhtiyaç duyulan enerji miktarının toplam tüketim içinde önemli bir paya sahip olması, tüketim miktarlarının azaltılması ilgili çok sayıda araştırmanın yapılmasına da neden olmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmalar genellikle bina tasarımı [7-8], HVAC (ısıtma, soğutma ve iklimlendirme) sistemleri [9-10], malzeme seçimi [11-12], enerji yönetimi [13] gibi başlıklar altında toplanabilir.

Yapı kabuğu bina içindeki sıcaklığın korunmasını, güneş ışınlarının etkisinin azaltılması ve dışarıdaki hava koşullarından kaynaklanan etkileri engellemesi gibi özelliklerinden ötürü enerji tüketimi kontrolünde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle kabuk bileşen için binalarda enerji etkinliği arttıracak yenilikçi teknolojiler ve yöntemlerin kullanılması, enerji tüketimini azaltarak doğal kaynakların korunmasına, enerji maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olmaktadır. Bu uygulamalardan biri olan çift kabuk cam cephe sistemleri, sürdürülebilir bina tasarımında etkili ve popüler bir seçenek olarak tercih edilmektedir. Özellikle yüksek katlı yapı ve ofis binalarının tasarımında iç ortam konforuna olumlu katkıları nedeniyle de enerji etkin projelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. İç cam, ara boşluk ve dış camdan oluşan bu sistem (Şekil 1), kabuklar arasındaki boşluğu kullanarak iç ve dış ortam arasında tampon bölge oluşturur. Bu sayede çevresel değişkenlerin (ısı, gün ışığı, ses vb) etkisine karşı yalıtıcı bir işlev görebilir [14]. Çift kabuk cephe sistemleri, doğal havalandırma, aydınlatma ve kullanıcı kontrolüne de olanak sağlar. Bunun yanı sıra, şeffaflığı sayesinde binaya büyük miktarda gün ışığının girmesine izin verir ve masif kütlelerin etkisini hafifleterek, estetik bir cephe tasarımı fırsatı sunarlar [15].



Şekil 1. Çift Kabuk Cephe Bileşenleri

Çift kabuk cephe sistemlerinin binaların ısı performansları üzerindeki etkileri ile ilgili olarak gerçekleştirilmiş pek çok çalışma mevcuttur. Deneysel, simülasyon ve matematiksel tabanlı olarak literatürde yer alan çalışmalardan bazıları şunlardır. Hülagü vd. [16], tek ve çift kabuk cephe sistemlerinde gerçekleşen ısı transferinin matematiksel olarak modellenmesi için bölgesel analiz yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda çift kabuk cephe sistemlerin iç ortam konforuna katkıda bulunduğu bununla birlikte güneş kaynaklı ısı kazanımını %17 oranında azaltıldığına vurgu yapmışlardır. Göksal Özbalt ve Yıldız [17], çift kabuk cephe sistemlerinin sıcak-nemli iklim koşullarına sahip İzmir ilinde cam tipine bağlı olarak bina soğutma yüklerine etkisini deneysel ve simülasyon yolu ile incelemişlerdir. Kullanılan camların güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) değerlerine bağlı olarak soğutma yüklerinden elde edilebilecek tasarrufun % 7.1 ile % 30.4 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Jankovic ve Goia [18], tek katlı bir cephe düzeneği üzerinde gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada çift kabuklu cephelerin performansını belirlemede mekanik havalandırma ve gölgeleme amaçlı kullanılan jaluzilerin etkileşimini araştırmış ve havalandırma oranı ile akış hızının sistem performansını etkileyen başlıca parametreler olduğunu belirtmişlerdir. Solmaz [19], farklı iklim bölgeleri ve coğrafyalarda bulunan 4 farklı yüksek yapı örneği üzerinden çift kabuk cephe sistemlerinin iç ortam konfor koşullarına olan etkisini değerlendirmiştir. Sistemin doğal havalandırma özelliği ile binaların iç ortam hava kalitesine, günışığının bina içerisine kontrollü alınması ile görsel konfora, cidarlar arasındaki hava boşluğu ile de ısı ve akustik konfora katkıda bulunduğunu ifade etmiştir. Alqaed [20], Suudi Arabistan'ın farklı iklim bölgelerinde yüksek katlı ofis binalarında enerji tasarrufu sağlanması amacıyla basit, çift cidarlı ve çift cidar arası faz değiştiren malzeme kullanılan üç farklı cephe örneğinin performanslarını incelemiştir. Çalışmanın sonucunda özellikle soğuk bölgelerde faz değiştiren malzemelerin kullanıldığı cephelerin tropik bölgelerden çok daha az etkili olduğunu vurgulanmıştır. Kutluay vd. [21], çift kabuk cephelerin tasarım parametrelerini açıklayıp:

yönü, konumu, formu, yapı kabuğunun bileşenlerinin bulunduğu iklim bölgesine göre tasarlanması gerektiğini ve özellikle soğuk iklim bölgelerinde tercih edildiğini belirtmişlerdir.

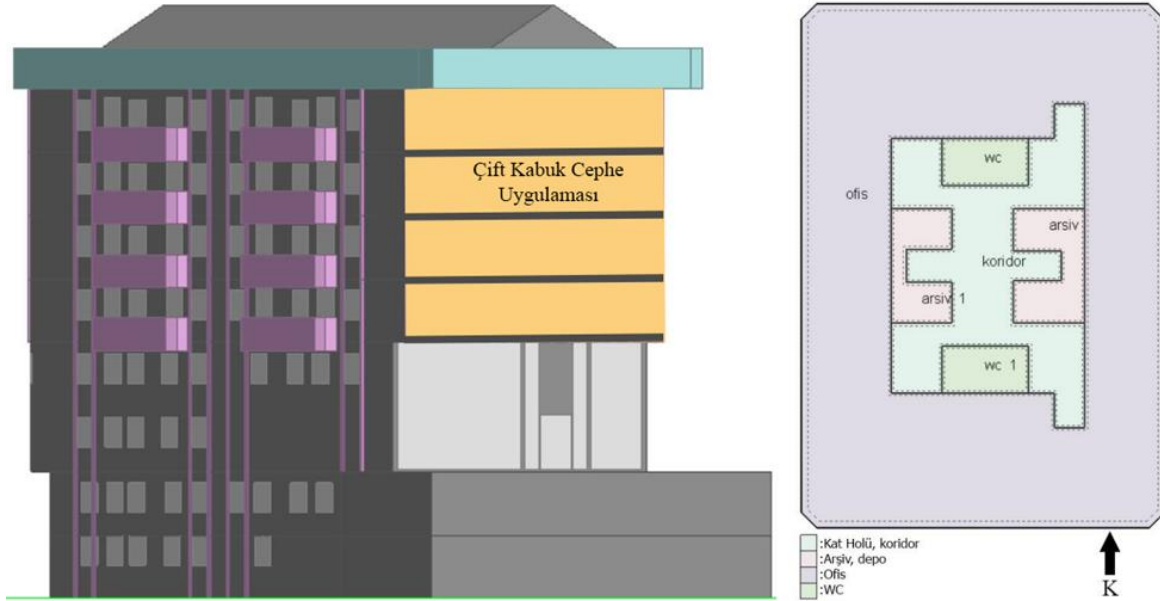
Bu çalışmada, sıcak ve soğuk iklim bölgelerinde bulunduğu kabul edilen bir ofis binasına ait çift kabuk cephe sisteminin farklı yönelme ve boşluk genişlikleri için ısı performansındaki değişim incelenmiştir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında verilen farklı derece gün bölgeleri içerisinde sıcak bölgeleri temsilen Adana, soğuk bölgeleri temsilen ise Erzurum illeri seçilerek, simülasyonlarda bu bölgelere ait iklimsel ve coğrafi veriler kullanılmıştır. Örnek ofis yapılarının enerji performansları Design Builder programı kullanılarak simülasyon yolu ile hesaplanmış, uygulamanın doğrulaması için ise Revit 2021 yazılımı kullanılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Tek ve çift kabuk cephe sistemlerinin sıcak ve soğuk iklim bölgelerindeki performanslarını değerlendirmek için Design Builder yazılımı ile farklı simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra yapılan analizlerin doğruluğunu kanıtlamak amacıyla Autodesk Revit ortamında doğrulama (validasyon) çalışması yapılmıştır. Tek kabuk cephe sistemi yerine farklı yönler yönlendirilmiş ve farklı boşluk genişliklerine sahip çift kabuk cephelerin bina ısı performansları üzerindeki etkileri bir ofis binası örneği üzerinden değerlendirilmiştir.

### 2.1. Örnek Ofis Binasının Özellikleri ve Tanımlanan Değişkenler

Yapı türleri arasında konfor koşullarının sağlanması açısından ofis binaları yüksek aydınlatma, ısıtma ve soğutma yükleri ile enerji tüketimi açısından önemli bir paya sahiptir. Enerji etkin yapı kabuğu tasarımı ile enerji tüketimini azaltılabileceği gerçeğinden hareketle bu çalışmada gerçekleştirilen simülasyonlar için örnek yapı olarak 8 katlı açık planlı bir ofis binası belirlenmiştir. Örnek ofis yapısının yakın çevresinde herhangi bir bina olmadığı ve bitki örtüsü/topoğrafyadan kaynaklı bir gölgelemeye maruz kalmadığı varsayımı yapılmıştır. Toplam inşaat alanı 2400 m<sup>2</sup> olan binanın Design Builder Energyplus yazılımında oluşturulan üç boyutlu modeli ile açık planlı olarak tasarlanan normal kat planı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Örnek ofis yapısının 3D modeli ve normal kat planı

Ofis yapısının betonarme taşıyıcı sisteme sahip olduğu dış ve iç duvarlarının gazbeton olarak üretildiği kabulü yapılmıştır. Çatısı geleneksel kırma çatı olarak oluşturulan binanın diğer bileşenlerine ait özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Bina modelinin oluşturulmasında kullanılan yapı malzemeleri ve fiziksel özellikleri

Yapı Elemanları	Katmanlar (dıştan içe)	Kalınlık (mm)	Isı İletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	U Değeri (W/m <sup>2</sup> K)
<b>Duvar</b>	Sıva	30	0.5	1300	<b>0.557</b>
	Taş Yünü	40	0.03	100	
	AAC Blok	200	0.11	2800	
	Alçı Sıva	20	0.4	1000	
<b>Taban Döşeme</b>	Döşeme Beton	200	1.4	2100	<b>0.471</b>
	Taş Yünü	50	0.03	100	
	Tesviye Beton	60	0.38	1200	
<b>İç Mekan Döşeme</b>	Kaplama Malzemesi	2.5	1.8	2560	<b>0.420</b>
	Döşeme Beton	200	1.4	2100	
<b>Çatı</b>	Kiremit	25	2.00	2243	<b>0.285</b>
	Su Yalıtımı	6	0.190	960	
	Kaplama Tahtası	20	1.340	1010	
	Eğim Beton	50	1.400	2100	
	Isı Yalıtımı	110	0.035	35	
	Su Yalıtımı	5	0.190	960	
	Betonarme D.	150	2.500	2400	
	Tavan Sıvası	25	0.510	1120	
<b>Pencere</b>	Cam	4	SHGC:0.780		<b>2.9</b>
	Hava Boşluğu	12	Işık Geçirgenliği: 0.820		
	Cam	4			

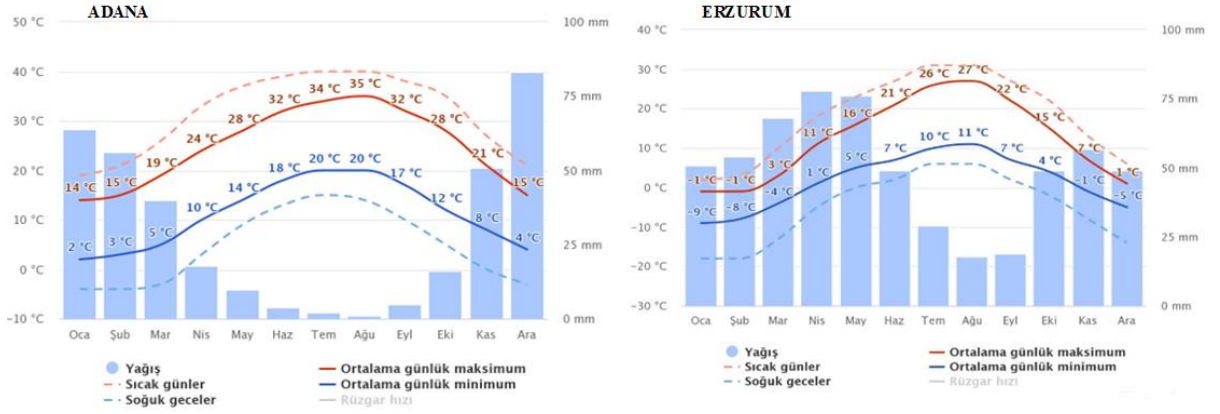
Simülasyonlarda HVAC (Isıtma, soğutma ve iklimlendirme) sistemleri için kullanılan değişkenlere ait değişkenlerden ısıtma sıcaklığı 22°C, soğutma sıcaklığı ise 24°C olarak kabul edilmiştir. Kişi başı dahili kazanç 100 W olarak belirlenirken, güneş kontrolü parametresi ise 400 lux olarak seçilmiştir. Örnek ofis yapısının her mahalinin ilgili fonksiyonlara göre; bina şablonu, kullanıcı yoğunluğu, tatil günleri, yapı kullanım saatleri ve ekipmanlardan iç kazanım Tablo 2’de verilmiştir. Yapının katları arasındaki ısı denge açısından birbirine etki etmemesi için örnek ofis yapısında kat yüksekliğinde çift kabuklu cephe sistemi tercih edilmiştir.

**Tablo 2.** Simülasyonlarda kullanılan örnek binaya ait özellikleri

<b>Bina Şablonu</b>	Açık Planlı Ofis
<b>Kullanıcı Yoğunluğu</b>	0.111 kişi/m <sup>2</sup>
<b>Kişi metabolizma hızı</b>	0.9 (birimsiz)
<b>Tatil günleri</b>	Pazar günleri+15 gün
<b>Ekipmanlardan iç kazanım</b>	11.77 W/m <sup>2</sup>
<b>Yapı Kullanım Saatleri</b>	Hafta içi mesai saatleri 8.00-18.00 arasındadır. Cumartesi 8.00-12.00 arasında mesai olup, Pazar tatil günüdür

## 2.2. Çalışma Alanı

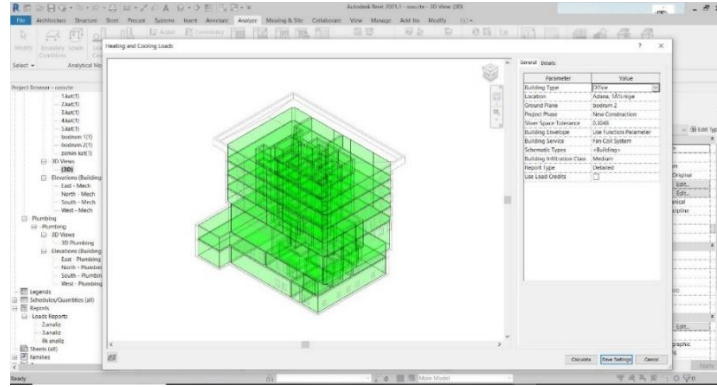
Çift kabuk cephe sistemlerinin özellikle sıcak ve soğuk iklim bölgelerindeki performanslarının değerlendirilmesi bu çalışmanın ana odağıdır. Bu nedenle çalışmada sıcak iklim bölgesini temsilen Adana ili seçilmiştir. 37° kuzey enlemi ile 35°.12' doğu boylamında yer alan şehrin deniz seviyesinden yüksekliği 23 m olarak kabul edilmiştir. Soğuk iklim bölgelerini temsilen seçilen Erzurum ili ise 39.9° kuzey enleminde ve 41°.27' doğu boylamında yer almaktadır. Şehir 1890 m rakım değerine sahiptir. Hesaplamalarda kullanılan bu illere ait son 30 yıllık iklimsel veriler Meteoblue [22]’dan temin edilmiştir. Adana ve Erzurum illeri için kullanılan ortalama iklimsel veriler Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Adana ve Erzurum illerine ait hesaplamalarda kullanılan son 30 yıllık ortalama iklimsel veriler

### 2.3. Doğrulama (Validasyon) Çalışması

Design Builder ile gerçekleştirilen simülasyonların sonuçlarına dair bir doğrulamanın sağlanması için, binanın aynı örnek senaryosuna ait ısıtma ve soğutma yükleri Autodesk Revit 2021 programı ile de benzetimler yapılarak belirlenmiştir. Bu amaçla design builder ortamında oluşturulan model (Şekil 4), Revit ortamında da oluşturularak çevresel ve binaya ait parametreler tanımlanarak sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4. Doğrulama Çalışması için Revit 2021 ortamında hazırlanan bina modeli

Her bir simülasyon aracıyla elde edilen yıllık toplam ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçları ile bunlara ait farklar Tablo 3'te verilmiştir. Örnek binanın Design Builder programından elde edilen ısıtma yükü 19160 kWh iken Revit 2021 yazılımından elde edilen değer % 6.12 oranında bir farkla 17986 olarak hesaplanmıştır. Soğutma yükleri dikkate alındığı durumda ise programların hesaplamış olduğu değerler arasında % 2.09 oranında bir fark olduğu görülmektedir. Sonuç olarak kullanılan iki farklı yazılım ile hesaplanan ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarına ait sonuçların birbirine yakınsadığı ve Design Builder ile yapılan analizlerin kabul edilebilir olduğu görülmüştür [23].

Table 3. Design Builder ve Revit 2017 yazılımlarından elde edilen ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçları

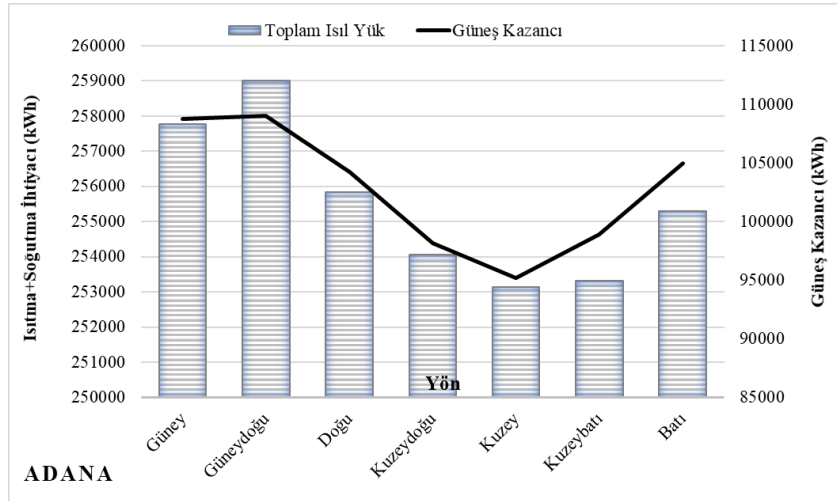
Benzetim programı	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Soğutma Enerjisi İhtiyacı (kWh)
Design Builder	19160	231780
Revit 2017	17986	226925
Fark	%6.12	%2.09

### 3. Bulgular ve Değerlendirme

Çift kabuk cephe sistemlerinin sıcak ve soğuk iklim bölgelerindeki performanslarının değerlendirilmesinde çift kabuk cephesinin yönü ve boşluk genişliğinin etkisi ayrı olarak ele alınmıştır. Hem Adana hem de Erzurum için öncelikli olarak çift kabuk cephelerin yıllık toplam enerji gereksinimini (ısıtma+soğutma) minimum seviyeye indirecek yönlenme alternatifleri belirlenmiştir.

#### 3.1. Çift Kabuk Cephe Sisteminin Yönlendirilmesinin Etkisi

Adana ili için örnek ofis binasının 8 farklı yönlenme durumu için ayrı ayrı simülasyonlar yapılarak bunlara ait sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir. Oluşturulan bütün senaryolara ait elde edilen bulgular değerlendirildiğinde ısıtma yüklerinin toplam ısı yükleri içindeki oranlarına ait ortalama değerler % 7.11 olduğu belirlenmiştir. Örnek binaya ait en düşük ısıtma enerjisi ihtiyacının 16920 kWh olduğu ve binanın çift kabuk olarak tasarlanan cephesinin güneye doğru yönlendirildiği durumda elde edildiği görülmektedir. Buna karşılık en yüksek ısıtma enerjisi ihtiyacı ise çift kabuk cephenin ısıtmanın istendiği dönemde faydalı güneş kazançlarından istifade edemediği kuzeye yönlendirilmiş durumda (güneye yönlendirilmiş duruma göre % 17.96 daha fazla) 19960 kWh olarak elde edilmiştir.



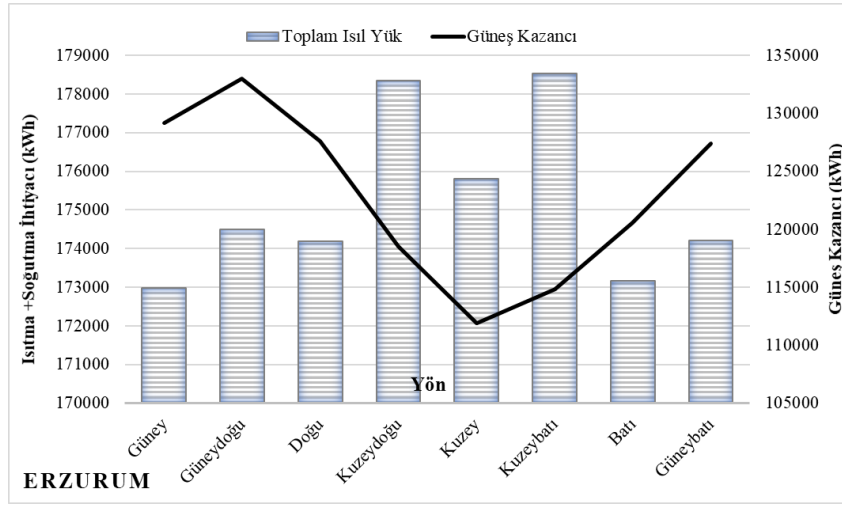
Şekil 5. Adana ili için toplam ısı yükü ve güneş kazançlarının yönlenmeye bağlı değişimi

Bununla birlikte özellikle sıcak iklim bölgesinde yer alan Adana'da en yüksek soğutma enerjisi ihtiyacının yıl boyunca sürekli güneş radyasyonuna maruz kalan cephelerden güneybatı yönünde ve 241650 kWh olarak elde edildiği görülmektedir. Binanın yıllık toplam güneş kazancının 109680 kWh seviyelerine ulaşmasına sebep olan bu yönlenme soğutma ihtiyacının da en önemli sebebidir. Isıtma ve soğutma amaçlı toplam enerji gereksiniminin ortalama olarak % 93'lük bölümünü oluşturan bu durum Adana gibi sıcak iklim bölgeleri için çift kabuk cephelerin güneş kazançlarının kontrol altına alınması için cephenin en az kazanç sağlayacak yön olan kuzeye doğru yönlendirilmesinin uygun olacağı sonucunu da beraberinde getirmektedir. Adana ili için yıllık güneş kazançlarının en düşük değeri (95190 kWh) aldığı kuzeye yönlendirilmiş olan çift kabuk cephe yönlenme alternatifi soğutma yükleri içerisinde 233180 kWh ile en düşük değeri sağlamakla birlikte yıllık toplam ısıtma enerji gereksinimleri arasında 253140 kWh ile yine minimum enerjiye ihtiyaç duyan alternatif olmaktadır. Sıcak iklim bölgelerinde çift kabuk cephe sistemlerinin kuzeye yönlendirilme durumunun mümkün olamayacağı koşullarda ise güneş kazançlarının güneş kontrol elemanları veya yapı kabuğunda alınabilecek önlemlerle sınırlandırılması uygun olacaktır.

Erzurum ili için çift kabuk sistemin uygulandığı bina cephesinin dört ana ve dört ara yöne olmak üzere toplam 8 farklı doğrultuda yönlendirildiği senaryolar için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma enerji gereksinimleri ve güneş kazançları Şekil 6'da verilmiştir. Çift kabuk cephe yönlendirme alternatifleri arasında en



yüksek ısıtma enerjisi ihtiyacına (115710 kWh), güneş kazançlarının yıl boyunca düşük değerlerden birine (114830 kWh) sahip olduğu kuzeybatı yönlenmesinde rastlanmıştır. Çift kabuk cephe sisteminin güneşe yönlendirilmesi durumunda ise bu yönüne göre % 7.7 tasarruf sağlanması mümkün olmakla birlikte bu durumda ihtiyaç duyulan ısıtma enerjisi ihtiyacı ise 106800 kWh'tır. Yıl boyunca uzun güneşlenme süreleri ve buna bağlı olarak binaların güney açıklıklarından elde edilen pasif güneş kazançları diğer yönlere nazaran daha az enerjiye ihtiyaç duyulmasını sağlamaktadır. Erzurum koşullarında ofis yapısına ait senaryolarda ısıtma yüklerinin soğutma yüklerine oranı ortalama 1.70 olarak belirlenmiştir. Başka bir deyişle ısıtma yükleri toplam ısı enerji ihtiyacının ortalama % 63.05'lik bir bölümünü oluşturmaktadır. Farklı yönlendirme durumları için soğutma yüklerinin en yüksek aldığı değer çift kabuk sistemin güneydoğuya yönlendirildiği durumda 68690 kWh olarak belirlenmiştir. Bu soğutmanın en düşük olduğu kuzey yönlendirme durumuna göre % 12.93, güneşe göre ise % 3.8 daha fazla enerji ihtiyacı anlamına gelmektedir. Bu durumda Erzurum gibi soğuk iklim bölgelerinde ısıtma enerjisi ihtiyacının ısıtma dönemindeki faydalı kazançlarla azaltılacağı, aynı zamanda da yaz aylarında doğu ve batı yönlerindeki saydam yüzeylerin güneş radyasyonuna daha dik açılarla maruz kalması sonucu karşılaşılan yüksek soğutma yüklerinin önlenebileceği güneş yönlenmesi en uygun seçenek olmaktadır.

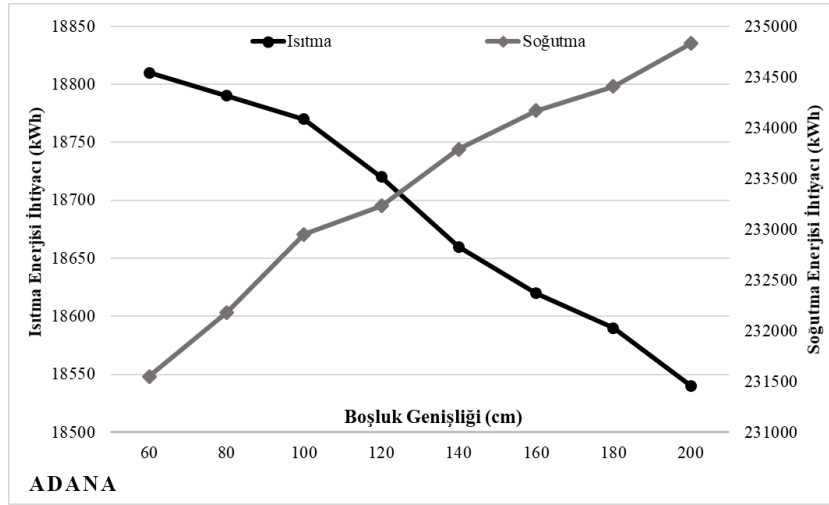


Şekil 6. Erzurum ili için toplam ısı yük ve güneş kazançlarının yönlenmeye bağlı değişimi

### 3.2. Boşluk Genişliğinin Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Performansına Etkisi

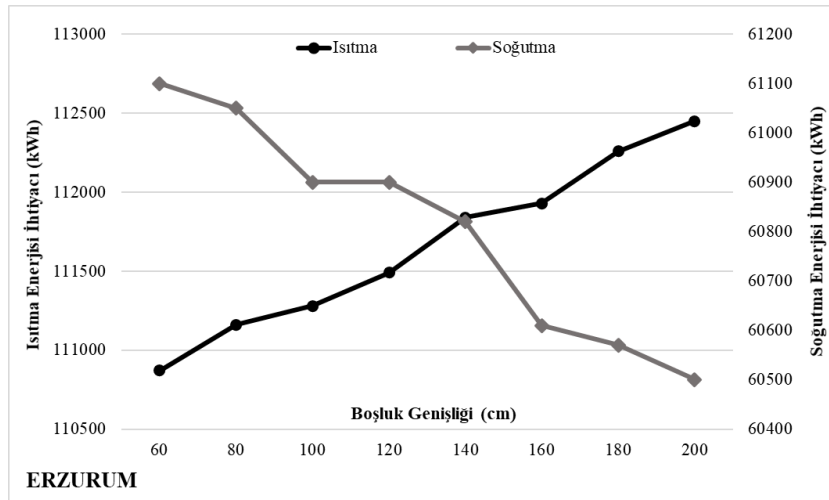
Boşluk genişliğinin çift kabuk cephe sistemlerinin ısı performanslarına etkisi değerlendirmek amacıyla örnek ofis yapısının Adana için optimum yön olarak belirlenen kuzey cephesine, U değeri 2.9 W/m<sup>2</sup>K olan koridor tipli çift kabuk cephe sisteminin farklı alternatifleri eklenmiştir. Boşluk genişliğinin 60 cm ile 200 cm arasındaki 8 farklı değeri için (her 20 cm'lik adım değeri için) hesaplamalar yapılarak en az enerji sarfiyatına sebebiyet verecek cephe alternatifleri belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde boşluk genişliğinin artmasıyla çift kabuk cephelerden kaynaklı bina ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının da kademeli olarak arttığı, bunun aksine soğutma yüklerinin ise azaldığı görülmektedir. Kuzey yönünde yönlendirilen ofis binasının boşluk genişliğinin her 20 cm'lik artışıyla ısıtma enerjisi ihtiyacı ortalama 38.57 kWh değerinde artarken, bunun tam tersi şekilde soğutma enerjisi ihtiyaçları da ortalama 468.57 kWh azalmaktadır. Çift kabuk cephe sisteminden kaynaklanan yapı kabuğunun farklı boşluk genişliğindeki durumlarına göre ısıtma, soğutma enerjisi ihtiyaçları ile güneş kazançlarının değişimi Şekil 7'de yer almaktadır.

Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Sıcak ve Soğuk İklim Bölgeleri için Isıl Performanslarının İncelenmesi



Şekil 7. Adana ili için ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacının boşluk genişliğine göre değişimi

Erzurum iklim koşulları için çift kabuk cephe sistemlerinin farklı boşluk genişlikleri için örnek binanın ısıtma ve soğutma yüklerinin değişimi Şekil 8’de gösterilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı üzere boşluk genişliğinin artması ısıtma yüklerinde bir artışa sebep olurken soğutma yüklerini de düşürmektedir. Bu tampon bölgedeki hava durgun halde iken ısı kaybı ve kazançlarına karşı bir yalıtkan işlevi görmektedir. Ancak boşluk miktarının artması tampon bölgedeki havanın hareketini hızlandırır. Hızlı hareket eden hava ısı kayıplarını artırıp ısıtma yüklerinde artmasına neden olurken, çift kabuğu oluşturan cam yüzeylerin de soğutulmasına fayda sağlamaktadır. Boşluk genişliğine bağlı olarak ısıtma enerjisi ihtiyaçları 90 kWh ile 350 kWh arasında değişen miktarlarda artış göstermektedir. Boşluk genişliğinin her 20 cm’lik artışı binanın soğutma ihtiyacında ortalama 85.71 kWh değerinde bir düşüşün sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Toplam ısıtma ve soğutma yükleri birlikte ele alındığında ise en uygun boşluk genişliği değeri Erzurum için de 60 cm olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Erzurum ili için ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacının boşluk genişliğine göre değişimi

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma çift kabuk cephe sistemlerinin sıcak ve soğuk iklim bölgelerindeki ısı performanslarını değerlendirmek üzere hazırlanmıştır. Çalışmada çift kabuk cephelerin yönlendirilmesi ve kabuklar arasındaki hava



boşluğunun etkisi bir ofis binası üzerinden oluşturulan farklı senaryolar çerçevesinde değerlendirilmiştir. Design Builder yazılımı ile simülasyon yoluyla gerçekleştirilen çalışmanın ana bulguları aşağıda sıralanmıştır.

- Farklı yönlenme durumlarına ait senaryolar değerlendirildiğinde Adana ili için ısıtma yüklerinin soğutma yüklerine oranının ortalama 7.6 olduğu görülmektedir. Güneş kazançlarının bina soğutma yüklerine etkisi değerlendirildiğinde aşırı ısınmaların önlenmesi amacıyla binaların ısıtma ihtiyaçlarının yüksek değerlere ulaşmadığı sıcak iklim bölgelerinde çift kabuk cephe sistemlerinin kuzeye yönlendirilmesi uygun olacaktır. Bu sayede yönlere göre değişmekle birlikte 5930 kWh'a kadar tasarruf sağlamak mümkün olacaktır.
- Erzurum ili için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyaçları yıllık ısı yükleri içerisinde yönlenmeye göre değişmekle birlikte yaklaşık ortalama % 63'lük bir paya sahiptir. Bu durumda ısıtma ve soğutma amaçlı tüketilen enerjinin ve yıl boyunca elde edilecek güneş kazançlarının optimize edilmesi için en uygun yön güney olarak belirlenmiştir.
- Benzer çalışmalarda boşluk genişliğinin 80-100 cm arasında olduğuna [24] rastlanmakla birlikte binanın bulunduğu iklim koşulları dikkate alındığında bu çalışmada en düşük enerji sarfıyatı sıcak ve soğuk iklim bölgeleri için 60 cm boşluk bulunan uygulamalarda elde edilmiştir.
- Çift kabuk cephe sistemlerinin, sıcak iklim bölgeleri ile soğutma ihtiyaçlarının bina ısı yükleri içerisinde önemli seviyeler ulaştığı binalarda güneş kontrol elemanları ile birlikte tasarlanması bina soğutma yüklerini azaltacak alternatif bir uygulamadır. Bu sayede uygun yönlenme koşullarının sağlanamadığı durumlarda yüksek yoğunluklu güneş radyasyonunun engellenmesi mümkün olacaktır.
- Çift kabuk cephe uygulamalarında enerji tüketimini belirleyen dış kabuk cam türü seçimi enerji tüketim miktarlarını değiştirecek önemli bir parametredir. Uygun cam türü seçimi ile ısıtma, soğutma ve aydınlatma yükleri optimize edilebilir.

İleriki çalışmalarda çift kabuk cephe sistemlerinin farklı iklim bölgelerindeki binaların enerji gereksinimlerine olan etkisinin daha geniş perspektiften değerlendirmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla cam türü ve güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı senaryolarda, bina aydınlatma yüklerinin de dikkate alınacağı uygulamalar planlanmaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma, B.B.E. danışmanlığında E.N.Y tarafından hazırlanan 'Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Binaların Isıtma ve Soğutma Yüklerine Etkisinin Farklı İklim Bölgeleri İçin İncelenmesi' başlıklı Yüksek Lisans Tezi kapsamında üretilmiştir.

## Kaynaklar

- [1] Labaran YH, Mathur VS, Farouq, MM. The carbon footprint of construction industry: a review of direct and indirect emission. *J Sustain Const Mater Technol* 2021; 6(3): 101-115.
- [2] Zainordin N, Zahra, DBF. Factors contributing to carbon emission in construction activity. *Aer-Adv Eng Res* (2020); 200: 176-182.
- [3] Yıldız Y. Impact of energy efficiency standard and climate change on summer thermal comfort conditions: a case study in apartment building. *GU J Sci* 2015; 27(3): 1005-1013.
- [4] Akpan UF, Akpan GE. The contribution of energy consumption to climate change: a feasible policy direction. *Int. J. Energy Econ. Policy* 2012; 2 (1): 21-33.
- [5] Aqilah N, Rijal HB, Zaki SA. A review of thermal comfort in residential buildings: comfort threads and energy saving potential. *Energies* 2022; 15(23): 9012.
- [6] Niemann P, Schmitz G. Impacts of occupancy on energy demand and thermal comfort for a large-sized administration building. *Build Environ* 2020; 182: 107027.
- [7] Abanda FH, Byers L. An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling). *Energy* 2016; 97: 517-527
- [8] Lapisa R. The effect of building geometric shape and orientation on its energy performance in various climate regions. *Int J GEOMATE* 2019; 16 (53): 113-119.
- [9] Martinopoulos G, Papakostas KT, Papadopoulos AM. A comparative review of heating systems in eu countries, based on efficiency and fuel cost. *Renew Sust Energ Rev* 2018; 90: 687-699.
- [10] Crespi G, Abba I, Corgnoti SP. Innovative metrics to evaluate HVAC systems performances for meeting contemporary loads in buildings. *Energy Reports* 2022; 8: 9221-9231.

- [11] Alwetaishi M. Impact of glazing to wall ratio in various climatic regions: a case study. *J King Saud Univ Eng Sci* 2019; 31: 6-18.
- [12] Malka L, Kuriqi A, Haxhimusa A. Optimum insulation thickness design of exterior walls and overhauling cost to enhance the energy efficiency of Albanian's buildings stock. *J Clean Prod* 2022; 381: 135160.
- [13] Ghilardi LMP, Castelli AF, Moretti L, Marini M. Co-optimization of multi-energy system operation, district heating/cooling network and thermal comfort management for buildings. *Appl Energ* 2021; 302: 117480.
- [14] Ahmed MMS, Abel-Rahman AK, Ali AHH, Suzuki M. Double skin façade: the state of art on building energy efficiency. *J Clean Energy Technol* 2016; 4(1): 84-89.
- [15] Preet S, Mathur J, Mathur S. (2022). Influence of geometric design parameters of double skin façade on its thermal and fluid dynamics behavior: A comprehensive review. *Sol Energy* 2022; 236: 249-279.
- [16] Hülügü S, Köksal Özbalta T, Başaran T. Çift kabuk cephe sisteminin bina ısıl performansına etkisinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi* 2021; 41(1): 119-132.
- [17] Göksal Özbalta T, Yıldız Y. Sıcak-nemli iklimde çift kabuk cephe enerji performansının incelenmesi. *Metu J Fac Archit* 2019; 36(1): 137-156.
- [18] Jankovic A, Goia F. Control of heat transfer in single-storey mechanically ventilated double skin facades. *Energ Buildings* 2022; 271: 112304.
- [19] Solmaz Z. Yüksek yapılarda çift cidarlı sistemlerin iç ortam konforuna etkisi, *International Journal of Mardin Studies (IJMS)* 2021; 2(2): 57-74.
- [20] Alqaed S. Effect of annual solar radiation on simple façade, double-skin facade and double-skin facade filled with phase change materials for saving energy, *Sustain Energy Technol Assess* 2022; 51:101928.
- [21] Kutluay P, İnan T, Ersoy U, Başaran T. (2015). Türkiye'den ve dünyadan örnekler ışığında çift cidarlı cephenin gelişimi. In: 12. Ulusal Tesisat mühendisliği Kongresi; 6-11 Nisan 2015; İzmir, Türkiye. *Bildiriler Kitabı*, 2249-2263.
- [22] [https://www.meteoblue.com/tr/hava/hafta/erzurum\\_t%c3%bcrkiye\\_315368](https://www.meteoblue.com/tr/hava/hafta/erzurum_t%c3%bcrkiye_315368). Erişim Tarihi:16.02.2023
- [23] Kürekci NA, Kaplan S. Isıtma-soğutma yüklerinin hap ve revit Programlarıyla Hesaplanması. *Tesisat Mühendisliği Dergisi* 2014; 141: 5-15.
- [24] Safer N, Woloszyn M, Roux JJ. 2005. Three-dimensional simulation with a CFD tool of the air flow phenomena in single floor double-skin facade equipped with a venetian blind. *Sol Energy* 79; 79:193-203.