

ÇİFT CİDARLI CEPHEDE GÜN IŞIĞI PERFORMANSININ İNCELENMESİ: EGE ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

Mustafa Serhan Ünlütürk¹, Zehra Tuğçe Kazanasmaz²

¹Balıkesir Üniversitesi, Ayvalık Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü

²İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

serhan.unluturk@balikesir.edu.tr; tugcekanasmaz@iyte.edu.tr

Özet

Gün ışığının kullanımı enerji tasarrufuna katkıda bulunduğu gibi kullanıcı konfor ve sağlığı üzerinde olumlu etkiler sergilemektedir. Gün ışığının çalışma performansını ve başarı miktarını da arttırdığı bilinmektedir. Ancak gerekli miktardan fazla olan gün ışığı ise kamaşma problemlerine neden olabilmektedir. Kamaşma problemleri kullanıcı konfor ve sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Günışığının iç mekâna yeteri düzeyde ve homojen bir biçimde alınması kamaşma problemlerinin önüne geçmek açısından önemlidir. Yapılarda termal ve havalandırma performansını arttırmak için geliştirilen hem de görsel açıdan estetik bir cephe sistemi olan çift cidarlı cephe sistemleri aynı zamanda gün ışığını verimli kullanmamızı sağlayan, kamaşma problemlerini azaltan, geleneksel cephe sistemlerine göre gün ışığını iç mekâna daha homojen alan bir cephe sistemi olarak karşımıza çıkar.

Çift cidarlı cepheler, yüksek oranda şeffaflık sağlamakta olup iki cephe arasındaki boşlukta gölgeleme elemanlarının kullanımı sayesinde gerekli düzeyin üzerindeki gün ışığının iç ortama alınımı engellemektedir.

Bu çalışmada çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip odaların günışığı performansını karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amaçlanmaktadır. Bu kapsamda İzmir Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği binasında bulunan çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip özdeş iki ofiste günışığı ve parlıltı ölçümleri alınmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar: Kelimeler: Gün ışığı, çift cidarlı cephe, aydınlık düzeyi, enerji.

1.GİRİŞ

Yapılı çevredeki sürdürülebilir kalkınma ilkelerine göre enerjinin daha verimli kullanılabilmesi için daha verimli bina kabuğu tasarımı yapılması gerekmektedir. İç ve dış ortam arasındaki etkileşimi kontrol eden cepheler bina kabuğunun temel bileşenlerinden biridir Cepheler iç ve dış ortam arasındaki etkileşimi kontrol eden bina kabuğu bileşenidir [1]. Geleneksel ve pencere/duvar oranının yetersiz olduğu cephelerde doğal havalandırmanın yetersiz olması ve termal rahatsızlık problemleri oluşmaktadır. Ayrıca bu cephelerde gün ışığından yeteri düzeyde faydalanmadığından yapay aydınlatma elemanlarına ihtiyaç doğar. Bu sebeplerle iç mekânda optimum termal ve görsel konfor koşullarını sağlayabilmek için kullanılan enerji miktarı artmaktadır. Modern mimari etkisi ile

hayatımıza cephe yüzeyinin büyük kısmının şeffaf olduğu cephelerde kamaşma ve aşırı ısınma problemleri olmakta olup özellikle yaz aylarında artan iç mekân sıcaklığını azaltmak için kullanılacak soğutma yükü artmakta ve kamaşma probleminden dolayı da görsel performans ve kullanıcı sağlığı olumsuz yönde etkilenmektedir. Soğuk iklimlerde ve güneşlenmenin olmadığı gece saatlerinde yüksek güneş ısı kazanımları veya önemli ısı kayıpları olmakta olup bunun bir sonucu olarak ise pencere/duvar oranı yüksek binalarda önemli miktarda enerji tüketimi olduğu gözlenmiştir [2].

Gelişen teknoloji paralelinde yakın dönemde daha iyi termal konfor ve görsel kalite için yeni cephe sistemleri tasarlanmış ve kullanılması hedeflenmiştir [3]. 2 şeffaf cephe katmanı arasında doğal veya mekanik yollarla havalandırılan hava boşluğu bulunan, bir veya birkaç katı kaplayan çift cidarlı cephe sistemi hayatımıza son

dönemlerde girmiştir. Çift cidarlı cephe sistemi iyileştirilmiş ısı ve görsel konfor sağlayan cephelerden biri olup aynı zamanda iç ve dış ortam etkileşimlerini verimli bir şekilde kontrol etmektedir [4]. Havalandırma boşluğunda hava akış yönü yaz ve kış dönemlerinde enerji performansının artırılması açısından değiştirilebilir, yazın ısı kazanımını azaltan “havalandırma” veya kışın ısı yalıtımı sağlayan “hava geçirmez” olarak ikiye ayrılan çift cidarlı cephelerin tipolojileri kavitedeki havalandırma stratejilerine göre sınıflandırılmaktadır [5, 6].

Normal bir bina cephesinin önüne genellikle şeffaf ikinci bir kabuğun yerleştirildiği çift cidarlı cepheler kamaşmayı önleyerek gelişmiş görsel konfor sağladığı gibi tüm yıl boyunca güneş ışığını kontrollü bir şekilde kullanma imkanı sağlayarak yapılarda gün ışığı performansını artırır [7]. Çift cidarlı cephelerde hava akışının sağlandığı iki cephe katmanı arasında mikro iklim koşullarının istenmeyen etkilerine karşı yalıtkan bariyer görevi gören hava boşluğunda bulunan gölgeleme elemanları sayesinde gün ışığı iç mekana daha sağlıklı bir şekilde alınabilir [8]. İki katman arasında bulunan hava boşluğunun genişliği 20 ile 200 cm arasında değişmektedir [9]. Ayrıca çift cidarlı cephe sisteminin görsel ve ısı konforu sağlamanın yanında artan şeffaflığa rağmen estetik bir görünümüne sahip olması ve gürültü kirliliği olan alanlarda yapı akustiklerini iyileştirmesi sebeplerinden dolayı sıklıkla kullanıldığı görülmektedir [8]. Ghaffarianhoseini ve diğ. çalışmasında ise bunlara ek olarak çift cidarlı cephe sisteminin enerji tüketimini azalttığı da vurgulanmaktadır [1].

Cephede sağladığı şeffaflık potansiyeli, termal kazanç ve kayıpları azaltma yeteneklerinin yanında estetik çekiciliğe sahip olan çift cidarlı cephelerin farklı bölge ve iklimlerde termal enerji performansını analiz etmek için farklı çalışmalar yapılmıştır. 2007 yılında Kim ve diğ. Tarafından yapılan çalışmada çift cidarlı cephelerde gün ışığına duyarlı foto sensörlerin farklı hava

koşullarındaki etkilerini araştırmak amacıyla Radiance programı kullanılarak bir simülasyon modeli hazırlanmıştır. Çalışmanın sonucunda ise foto sensörlerin konumlarının gün ışığı performansını önemli bir ölçüde etkilemediği sonucuna varılmıştır [10]. N. Hamza tarafından yapılan çalışmada şeffaf cepheler reaktif cam kullanılan tek cidarlı cephelere kıyasla sıcak ve kurak bölgelerdeki yapılarda aşırı ısınma problemi nedeniyle soğutma yüklerinin artabileceği sonucuna varılmıştır [11]. Pollard tarafından yapılan çalışmada ise çift cidarlı cephe sistemlerinin enerji tasarrufu sağladığına yönelik algının doğru olduğu sonucuna varılmıştır [12].

2013 yılında M. A. Shameri ve diğ. tarafından yapılan çalışmada 12 farklı ülkede bulunan çift cidarlı cephe sistemine sahip ofis yapıları incelenmiş, IESVE programı aracılığıyla gün ışığı performansları simüle edilmiş olup çalışma sonucunda incelenen çift cidarlı cephe sistemlerinin hiçbirinde kamaşma problemi olmadığı görülmüştür [13]. O. Etman ve diğ. Tarafından yapılan çalışmada prototip bir ofis alanında yalıtımsız çift cidarlı cepheler için çeşitli delikli dış kaplamaların ışık kalitesi üzerindeki etkisini parametrik tasarım kullanarak incelemek hedeflenmiş olup bu doğrultuda Grasshopper parametrik simülasyon programı kullanılmıştır. Batı cephesinin etkili bir tasarımı ile gün ışığının potansiyel kullanımını arttırılabileceği, Mısır’da geleneksel olarak kullanılan Maşrabiya cepheden geliştirilen modüller aydınlatma seviyesini %54’ten %78’e yükselttiği sonuçlarına varılmıştır [14].

Çift cidarlı cephe sisteminin gün ışığı performansını inceleyen çalışmalar ele alındığında 2017 yılında Ghonimi tarafından yapılan çalışmada Mısır’da bulunan Benha Üniversitesi’nde çift cidarlı ve tek cidarlı dersliklerde gün ışığı aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmış ve çift cidarlı cephelerde daha iyi gün ışığı performansı sergilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışmanın sonuçlarında çift cidarlı cephelerde gün ışığının iç mekanda daha homojen bir biçimde

yayıldığına da değinilmiştir [15]. Cheng ve diğ. Tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada ise çift cidarlı cephe sisteminde STPV camın etkisini araştırmak amacıyla Daysim programında simülasyon modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda Çin'in soğuk bölgesinde yer alan ofis alanında optimum gün ışığını sağlamak amacıyla %30'luk bir pencere duvar oranı gerekmektedir olduğu ve güneşe bakan cephelerde STPV pencereleri ile enerji tüketimi en aza indirildiği saptanmıştır [16]. Srisamranrungruang tarafından yapılan çalışmada ise farklı mevsim koşullarında çift cidarlı cephelerin gün ışığı performansı simülasyon programları aracılığı ile incelenmiş ve sonbahar aylarında optimum havalandırma ve gün ışığı performansının sağlandığı sonucuna varılmıştır [17].

2022 yılında Zhang tarafından yapılan çalışmada ise çift cidarlı cephelerde termal ve gün ışığı performansını incelemek adına DesignBuilder ve Ecotect programları kullanılarak simülasyon yapılmış ve çalışmanın sonucunda laboratuvar modüllerine PDSF + SC ve PDSF eklenmesi, alanı 100 ila 2000 lüks arasında değişen UDI seviyeleri ile artır ve genel laboratuvar modülünün gün ışığı kalitesini iyileştir [18]. Dewi'nin 2022 yılındaki çalışmasında ise çift cidarlı bir eğitim yapısında pencere/duvar oranının gün ışığı performansına etkisini araştırmak amacıyla Dialux programında gün ışığı simülasyonu yapılmış ve çift cidarlı bir yapıda sırasıyla kuzey ve güney cephesi için gölgeleme katsayısının 0.42 ile %40 pencere/duvar oranı ve gölgeleme katsayısının 0.95 ile %60 pencere/duvar oranı elde edilmiştir [19].

Bu çalışmada çift cidarlı cephenin çalışma alanındaki gün ışığı performansına etkisi ele alınmıştır. Bu kapsamda İzmir Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği binasında bulunan eşit büyüklüklerde, eşit pencere/duvar oranına sahip, aynı cepheye bakan geleneksel ve çift cidarlı cepheye sahip özdeş 2 ofis alan çalışması olarak ele alınmıştır. Bu ofis alanlarında ekinoks tarihlerinde gün ışığı performansını değerlendirmek adı-

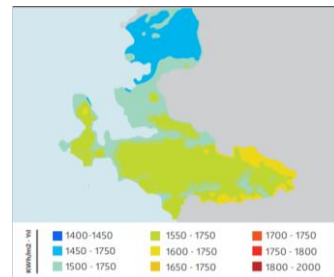
na aydınlık düzeyleri aydınlık ölçer ile ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı olarak verilecektir.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.İklim ve Güneş Özellikleri

Ege bölgesinde bulunan İzmir İli iklimi Köppen İklim Sınıflandırması alt tipi "Csa" dır. (Akdeniz İklimi). Ayrıca TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre ise 1. Derece gün bölgesinde yer almaktadır [20].

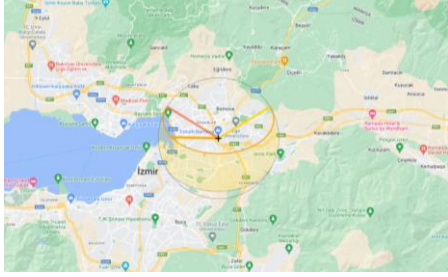
Alan çalışmasının yapılacağı Ege Üniversitesi İzmir ili Bornova ilçesinde yer almaktadır. Bornova ilçesi 38° kuzey enlem ve 27° doğu boylamı üzerinde, İzmir kent merkezinin 8 km kuzeydoğusunda yer almaktadır [21]. Yılın ortalama 300 gününü güneşli geçiren İzmir'in yaz aylarında 12 saate ulaşan güneşlenme süresi vardır. İzmir ilinde ortalama güneşlenme radyasyonu 1500-1600 kwh/m²'dir. Şekil 1'de İzmir'in toplam güneş radyasyonu gösterilmekte olup bu harita İzmir'in yüksek potansiyelini ortaya koymaktadır. İzmir'in kuzeyde bulunan ilçelerinde bile yılda 1500 kwh/m² ortalama gün ışığı radyasyonu bulunmakta iken güney ilçelerinde bu değer yılda 1800 kwh/m² değerine ulaşmaktadır [22].



Şekil 1. İzmir'de toplam gün ışığı radyasyonu haritası [22].

21 Haziran tarihine ait güneş diyagramı verilmiştir. Gündüz süresinin en uzun olduğu bu tarihte güneş 05.48'de doğmakta,

20.39'da batmaktadır. Gündüz süresinin en kısa olduğu 21 Aralık tarihinde ise güneş 08.29'da doğmakta, 18.00'da batmaktadır [23].



Şekil 2. İzmir ilinin 21 Haziran tarihine ait güneş diyagramı [23].

2.2. Alan Çalışması

Alan çalışması kapsamında ele alınan çift cidarlı cepheye sahip ofis ve onunla özdeş özelliklerde olan geleneksel cepheye sahip olan ofis odası İzmir Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Binasında bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği binası güney cephe görünüşü.

Aydınlık düzeyi ölçümlerinin yapıldığı ofisler 3,15 m genişliğinde 3,75 m derinliğinde 11,81 m² büyüklüğündedir. Odaların tavan yüksekliği 3,10 metredir. Geleneksel cepheye sahip olan ofis 1. Katta yer alırken çift cidarlı cepheye sahip olan ofis ise onun tam üzerinde 2.katta yer almakta olup iki ofis odası da güney yönüne bakmaktadır. Ayrıca bu iki odada kullanılan pencerelerin büyüklükleri ve özellikleri aynı olup pencere/duvar oranları da eşittir.

Çift cidarlı cepheye ve geleneksel cepheye sahip ofislerde zemin karosu ve duvar

yüzeyi malzemeleri aynı malzemelerdir. Ofislerde kullanılan zemin karosunun yansıtma çarpanı 0,092, duvar malzemesinin yansıtma çarpanı ise 0,268 olarak elde edilmiştir. Çift cidarlı cepheye sahip ofiste bulunan çalışma masasının yansıtma çarpanı 0,130 iken geleneksel cepheye sahip ofiste bulunan masanın yansıtma çarpanı 0,078 olarak elde edilmiştir. Ayrıca ölçümler sırasında bu ofislerdeki camların özelliğini incelemek adına geçirgenlikleri de hesaplanmıştır. Çift cidarlı cepheye sahip ofiste kullanılan camın geçirgenliği 0,92 iken geleneksel cepheye sahip ofiste kullanılan camın geçirgenliği ise 0,72 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4. Çift cidarlı ofis iç mekân görünüşü.

2.3. Aydınlık Düzeyi ve Parıltı Ölçümleri

Aydınlatma tasarımının çalışma performansı üzerine etkisini düşündüğümüzde özellikle ofislerde bu konu büyük önem taşımaktadır. Çalışılan ofis mekanının aydınlık düzeyi aydınlatma tasarımındaki önemli kriterlerden biri olup faydalı gün ışığı aydınlığına (UDI) göre 500 – 2500 lx. düzeylerinde olması, ayrıca kamaşma problemleri olmamalı ve ışık iç mekanda homojen bir biçimde dağıtılmalıdır [24]. Gün ışığının iç mekana homojen bir şekilde dağıtılabilmesi için güneş rafları, ışık yönlendirme sistemleri gibi pek çok sistem kullanılabilir. İç mekan ile dış ortamı birbirinden ayıran yapı kabuğunun bir elemanı olan cepheler de iç mekan gün ışığı performansına etki etmektedir. Termal ve havalandırma performansını iyileştirmek adına geliştirilen çift cidarlı cephelerin gün ışığı

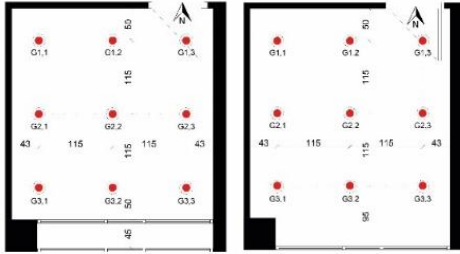
performansına olumlu etkilerinin olduğu literatür taramasında görülmüştür.

Bu çalışmada çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip özdeş ve aynı yöne bakan iki ofis odasında aydınlık ölçer ile aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmış, parlıtlı ölçer ile yüzeylerin parlıtlı düzeyleri ölçülerek iki farklı cephenin iç mekan gün ışığı performansına etkileri karşılaştırılmıştır (Şekil 5).



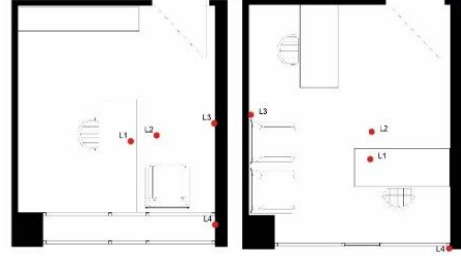
Şekil 5. Aydınlatma ölçer ve parlıtlı ölçer cihazları.

Gün ışığı performansı ölçümleri 21 Haziran 2022, 23 Eylül 2022, 21 Aralık 2022 ve 21 Mart 2023 tarihlerinde yapılmıştır. Ölçümler günün farklı saatlerinde oda içindeki gün ışığı performansını izleyebilmek adına 9.30, 12.30 ve 15.30 saatlerinde yapılmıştır. Aydınlatma düzeyi ölçümleri yatay düzlemde yerden 75 cm. yükseklikte belirlenen referans düzleminde ölçümlerin alınması ile gerçekleştirilmiştir. Ofislerde ölçüm alınan referans noktaları Şekil 5’ te gösterilmiştir.



Şekil 6. Çift cidarlı cepheye ve geleneksel cepheye sahip ofis odalarındaki referans noktaları.

Şekil 7’de çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip ofislerde parlıtlı ölçümlerinin alındığı masa üstü referans noktası (L1), zemin üstü referans noktası (L2), duvar referans noktası (L3) ve pencere geçirgenliği için ölçüm alınan dış duvardaki L4 referans noktaları belirtilmiştir.



Şekil 7. Çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip ofislerdeki parlıtlı ölçümü alınan noktalar.

3.BULGULAR

Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği binasındaki çift cidarlı cepheye ve geleneksel cepheye sahip 2 ofiste gün ışığı performansını değerlendirmek ve bu yeni cephe sisteminin gün ışığı performansına etkilerini incelemek amacıyla sene boyunca güneş açılarının değiştiği ekinoks ve gündönümü tarihlerinde aydınlık düzeyi ölçümleri alınmıştır.

İlk ölçümler 21 Haziran 2022 tarihinde alınmış olup ölçüm sonuçları Tablo 1’de gösterilmektedir. Geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında sabah 9.30’da yapılan ölçümlerde pencere yakınındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 3154 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 586 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise sabah 9.30’da yapılan ölçümlerde pencere yakınındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 1817 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 421 lx. olarak ölçülmüştür.

12.30’da yapılan ölçümler incelendiğinde geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 4232 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 781 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 12.30’da yapılan ölçümlerde pencere yakınındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 2348 lx.

iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 421 lx. olarak ölçülmüştür.

15.30'da yapılan ölçümler incelendiğinde ise geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 3554 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 766 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 15.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 2776 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 501 lx. olarak ölçülmüştür.

21 Haziran tarihindeki ölçüm sonuçlarına göre geleneksel cepheye sahip ofis ortamında günün tüm saatlerinde pencereye yakın referans noktalarında kamaşma probleminin olduğu görülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise pencereye yakın bölgelerde kamaşma problemlerinin olduğu söylenebilir. Ancak çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamındaki aydınlık düzeyleri geleneksel cepheye sahip ofis ortamındaki aydınlık düzeylerinden daha düşük elde edilmiş olup gün boyunca kamaşma probleminin olmadığı görülmüştür. Ayrıca elde edilen ölçüm sonuçlarına göre çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamındaki gün ışığının daha homojen dağıldığı tespit edilmiştir.

Geleneksel ve çift cidarlı cepheye sahip ofislerde yapılan ölçüm sonuçları incelendiğinde günışığın renk sıcaklığı 5600 -7500 K aralığında ölçülmüştür. Gün içerisinde yapılan tüm ölçümlerde iki farklı cepheye sahip ofiste günışığı renkleri arasında farklılığa rastlanmamıştır.

Tablo 1. 21 Haziran 2022 tarihinde alınan ölçümlere göre aydınlık düzeyleri ve renk sıcaklıkları değerleri.

	Geleneksel Cephe	Çift Cidarlı Cephe
9.30	<p>740,8 lx 841,8 lx 586,9 lx 6902 K 6008 K 5844 K</p> <p>1655 lx 1577 lx 957 lx 6477 K 6527 K 6352 K</p> <p>2509 lx 3154 lx 2044 lx 6358 K 6431 K 6318 K</p>	<p>421 lx 543 lx 439 lx</p> <p>757 lx 1053 lx 821 lx</p> <p>1167 lx 1677 lx 1617lx</p>

12.30	<p>797,7 lx 832 lx 781,5 lx 5949 K 5891 K 6164 K</p> <p>1101 lx 1399 lx 1206 lx 6207 K 6463 K 6390 K</p> <p>2527 lx 3293 lx 4232 lx 7094 K 7013 K 7208 K</p>	<p>421 lx 543 lx 530,2 lx 5985 K 5949 K 5985 K</p> <p>862,8 lx 1266 lx 1224 lx 6178 K 6554 K 6334 K</p> <p>1165 lx 2305 lx 2348 lx 6405 K 7504 K 6908 K</p>
15.30	<p>1010 lx 1032 lx 786,9 lx 5670 K 5636 K 5666 K</p> <p>1529 lx 1594 lx 1280 lx 6156 K 6463 K 5968 K</p> <p>3554 lx 3216 lx 2791 lx 7164 K 6451 K 6567 K</p>	<p>501,7 lx 573,4 lx 606,6 lx 6069 K 6128 K 6304 K</p> <p>732,9 lx 1507 lx 1155 lx 6234 K 7305 K 6587 K</p> <p>1155 lx 2257 lx 2776 lx 6834K 7533 K 7261 K</p>

Çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip ofislerde 21 Haziran 2022 tarihinde yapılan parıltı ölçümlerinin sonuçları cd/m2 cinsinden Tablo 2'de gösterilmiştir. Yapılan parıltı ölçümlerinde L1 ve L2 referans noktalarındaki parıltı değerleri çift cidarlı cephede geleneksel cephedeki parıltı değerlerinden yüksek elde edilmiştir. L3 ve L4 noktalarındaki parıltı değerleri karşılaştırıldığında ise geleneksel cephede elde edilen parıltı değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Tablo 2. 21 Haziran 2022 tarihinde alınan ölçümlere göre parıltı değerleri.

	Çift Cephe	Cidarlı	Geleneksel Cephe
L1	242,4		169,7
L2	283,2		82,3
L3	283,2		442,4
L4	1563		1585

23 Eylül 2022 tarihinde alınan ölçüm sonuçları Tablo 3'te gösterilmektedir. Geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında sabah 9.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 6338 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 1310 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise sabah 9.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 1397 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 435 lx. olarak ölçülmüştür.

12.30'da yapılan ölçümler incelendiğinde geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 4936 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 1045 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 12.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 4553 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 1045 lx. olarak ölçülmüştür.

15.30'da yapılan ölçümler incelendiğinde ise geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 6087 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 1663 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 15.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 4703 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 961 lx. olarak ölçülmüştür.

23 Eylül tarihindeki ölçüm sonuçlarına göre geleneksel cepheye sahip ofis ortamında günün tüm saatlerinde pencereye yakın referans noktalarında kamaşma probleminin olduğu görülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 9.30'da kamaşma problemi olmadığı ancak 12.30 ve 15.30 saatlerindeki ölçüm sonuçlarına göre pencereye yakın bölgelerde kamaşma problemlerinin olduğu söylenebilir. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamındaki aydınlık düzeyleri geleneksel cepheye sahip ofis ortamındaki aydınlık düzeylerinden daha düşük elde edilmiş olup geleneksel cephedeki kamaşma probleminin daha fazla olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca elde edilen ölçüm sonuçlarına göre çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamındaki gün ışığının daha homojen dağıldığı tespit edilmiştir.

Geleneksel ve çift cidarlı cepheye sahip ofislerde yapılan ölçüm sonuçları incelendiğinde günışığın renk sıcaklığı 3100 -3500 K aralığında ölçülmüştür. Gün içerisinde

yapılan tüm ölçümlerde iki farklı cepheye sahip ofiste günışığı renkleri arasında farklılığa rastlanmamıştır.

Tablo 3. 23 Eylül 2022 tarihinde alınan ölçümlere göre aydınlık düzeyleri ve renk sıcaklıkları değerleri.

	Geleneksel Cephe	Çift Cidarlı Cephe
9.30	<p>1996 lx 1762lx 1310 lx 3414 K 3450 K 3391 K</p> <p>2110 lx 2431 lx 2464 lx 3509 K 3430 K 3372K</p> <p>3659 lx 6338 lx 4934 lx 3477K 3545 K 3111 K</p>	<p>428,8 lx 449,3 lx 435,7 lx 3175 K 3184 K 3265 K</p> <p>712,4 lx 842,6 lx 810,4 lx 3158 K 3200 K 3220 K</p> <p>927 lx 1217 lx 1397 lx 3239 K 3164 K 3122 K</p>
12.30	<p>2159 lx 2109 lx 1554 lx 3422 K 3436 K 3394 K</p> <p>3783 lx 3784 lx 2285 lx 3337 K 3343 K 3351 K</p> <p>4821 lx 3845 lx 4936 lx 3411 K 3315 K 3415 K</p>	<p>1064 lx 1169 lx 1045 lx 3331 K 3331 K 3354 K</p> <p>3477 lx 2589 lx 1808 lx 3461 K 3240 K 3315 K</p> <p>4553 lx 2847 lx 2367 lx 3468 K 3225 K 3686 K</p>
15.30	<p>1806 lx 1907 lx 1663 lx 3431 K 3414 K 3349 K</p> <p>2767 lx 2774 lx 4650 lx 3324 K 3379 K 3272 K</p> <p>5058 lx 5595 lx 6087lx 3430 K 3465 K 3412 K</p>	<p>961 lx 1129 lx 1134 lx 3361 K 3366 K 3304 K</p> <p>1790 lx 3344 lx 2255 lx 3288 K 3314 K 3263 K</p> <p>1912 lx 4405 lx 4703 lx 3340 K 3451 K 3472 K</p>

Çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip ofislerde 23 Eylül 2022 tarihinde yapılan parıltı ölçümlerinin sonuçları cd/m2 cinsinden Tablo 4'te gösterilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre tüm referans noktalarında geleneksel cephedeki parıltı değerlerinin çift cidarlı cephedeki parıltı değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4. 23 Eylül 2022 tarihinde alınan ölçümlere göre parıltı değerleri.

	Çift Cidarlı Cephe	Geleneksel Cephe
L1	226,4	355
L2	50,23	140,3
L3	244,2	942,1
L4	1060	1786

21 Aralık 2022 tarihinde alınan ölçüm sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir. Geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında sabah 9.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 16380 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 2002 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise sabah 9.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 4988 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 1050 lx. olarak ölçülmüştür.

12.30'da yapılan ölçümler incelendiğinde geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 28440 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 8363 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 12.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 21940 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 2041 lx. olarak ölçülmüştür.

15.30'da yapılan ölçümler incelendiğinde ise geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 27630 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 2703 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 15.30'da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 29241 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 1042 lx. olarak ölçülmüştür.

21 Aralık tarihindeki ölçüm sonuçlarına göre geleneksel cepheye sahip ofis ortamında günün tüm saatlerinde kamaşma problemlerinin olduğu tespit edilmiştir. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında 9.30'daki ölçüm sonuçlarına göre pencereye yakın referans noktalarında, 12.30 ve 15.30 ölçümlerinde tüm ofis ortamında kamaşma

problemleri olduğu görülmüştür. Geleneksel cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeyleri çift cidarlı cepheye göre daha fazladır. Bu tarihte yapılan ölçümlerde hem geleneksel hem de çift cidarlı cepheye sahip olan ofis ortamında homojen aydınlık düzeyi dağılımı görülmemektedir.

Geleneksel ve çift cidarlı cepheye sahip ofislerde yapılan ölçüm sonuçları incelendiğinde günışığının renk sıcaklığı 3300 -3800 K aralığında ölçülmüştür. Gün içerisinde yapılan tüm ölçümlerde iki farklı cepheye sahip ofiste günışığı renkleri arasında farklılığa rastlanmamıştır.

Tablo 5. 21 Aralık 2022 tarihinde alınan ölçümlere göre aydınlık düzeyleri ve renk sıcaklıkları değerleri.

	Geleneksel Cephe	Çift Cidarlı Cephe
9.30	<p>4889 lx 2507 lx 2002 lx 3760 K 3716 K 3689 K</p> <p>6520 lx 4223 lx 2652 lx 3728 K 3609 K 3628 K</p> <p>7632 lx 16380 lx 6530 lx 3504 K 3630 K 3583 K</p>	<p>2293 lx 1149 lx 1050 lx 3533 K 3602 K 3298 K</p> <p>2887 lx 4988 lx 1859 lx 3633 K 3488 K 3521 K</p> <p>527 lx 3693 lx 3014 lx 3641 K 3440 K 3370 K</p>
12.30	<p>8363 lx 22910 lx 23220 lx 3626 K 3724 K 3738 K</p> <p>24780 lx 5349 lx 26190 lx 3572 K 3377 K 3605 K</p> <p>27630 lx 28440 lx 24070 lx 3504 K 3636 K 3623 K</p>	<p>4660 lx 2041 lx 15341 lx 3640 K 3469 K 3501 K</p> <p>19920 lx 20840 lx 21170 lx 3541 K 3541 K 3546 K</p> <p>21130 lx 2647 lx 21940 lx 3534 K 3302 K 3521 K</p>
15.30	<p>2703 lx 3207 lx 18560 lx 3630 K 3569 K 3743 K</p> <p>2198 lx 2924 lx 6449 lx 3591 K 3570 K 3613 K</p> <p>6181 lx 12360 lx 27630 lx 3411 K 4005 K 3676 K</p>	<p>1042 lx 1435 lx 9351 lx 3808 K 3738 K 3846 K</p> <p>1881 lx 9541 lx 4401 lx 3642 K 3875 K 3731 K</p> <p>17661 lx 29241 lx 4818 lx 3487 K 3478 K 3638 K</p>

Çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip ofislerde 21 Aralık 2022 tarihinde yapılan parıltı ölçümlerinin sonuçları cd/m² cinsinden Tablo 6'da gösterilmiştir. Yapılan parıltı ölçümlerinde L1 referans noktasındaki parıltı değeri çift cidarlı cephede geleneksel cephedeki parıltı değerinden yüksek elde edilmiştir. L2, L3 ve L4 noktalarındaki parıltı değerleri karşılaştırıldığında ise geleneksel cephede elde edilen parıltı değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Tablo 6. 21 Aralık 2022 tarihinde alınan ölçümlere göre parıltı değerleri.

	Çift Cidarlı	Geleneksel Cephede
L1	451,2	364,7
L2	138,8	348,6
L3	396,9	1291
L4	1083	6716

21 Mart 2023 tarihinde alınan ölçüm sonuçları Tablo 7’de gösterilmektedir. Geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında sabah 9.30’da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 4590 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 916 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise sabah 9.30’da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 2620 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 395 lx. olarak ölçülmüştür.

12.30’da yapılan ölçümler incelendiğinde geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 7490 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 916 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 12.30’da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 6443 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 651 lx. olarak ölçülmüştür.

15.30’da yapılan ölçümler incelendiğinde ise geleneksel cepheye sahip olan ofis ortamında pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 5333 lx. iken pencereden en uzak referans noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 927 lx. olarak ölçülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 15.30’da yapılan ölçümlerde pencere yakınlarındaki referans noktalarında aydınlık düzeyi en yüksek 6623 lx. iken pencereden en uzak referans

noktalarında en düşük aydınlık düzeyi 899 lx. olarak ölçülmüştür.

21 Mart tarihindeki ölçüm sonuçlarına göre geleneksel cepheye sahip ofis ortamında günün tüm saatlerinde pencereye yakın referans noktalarında kamaşma probleminin olduğu görülmüştür. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında ise 9.30’da kamaşma problemi olmadığı ancak 12.30 ve 15.30 saatlerindeki ölçüm sonuçlarına göre pencereye yakın bölgelerde kamaşma probleminin olduğu söylenebilir. Çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamındaki aydınlık düzeyleri geleneksel cepheye sahip ofis ortamındaki aydınlık düzeylerinden daha düşük elde edilmiş olup geleneksel cephedeki kamaşma probleminin daha fazla olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca elde edilen ölçüm sonuçlarına göre çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamındaki gün ışığının daha homojen dağıldığı tespit edilmiştir.

Geleneksel ve çift cidarlı cepheye sahip ofislerde yapılan ölçüm sonuçları incelendiğinde günışığının renk sıcaklığı 3300 -3800 K aralığında ölçülmüştür. Gün içerisinde yapılan tüm ölçümlerde iki farklı cepheye sahip ofiste günışığı renkleri arasında farklılığa rastlanmamıştır.

Tablo 7. 21 Mart 2023 tarihinde alınan ölçümlere göre aydınlık düzeyleri ve renk sıcaklıkları değerleri.

	Geleneksel Cephe	Çift Cidarlı Cephe
9.30	<p>1202lx 1074 lx 916,9 lx 3451 K 3452 K 3395 K</p> <p>2798 lx 1798 lx 1258 lx 3366 K 3368 K 3408 K</p> <p>4590 lx 3422 lx 2149 lx 3337 K 3248 K 3342 K</p>	<p>481,5 lx 456,3 lx 395,3 lx 3278 K 3232 K 3204 K</p> <p>1285 lx 1266 lx 700,5 lx 3209 K 3136 K 3138 K</p> <p>2620 lx 2174 lx 1368 lx 3307 K 3152 K 3013 K</p>
12.30	<p>1177 lx 989 lx 916,8 lx 2069 K 2070 K 3395 K</p> <p>2540 lx 2102 lx 1817 lx 2028 K 2009 K 2030 K</p> <p>5927 lx 7490 lx 4618 lx 2035 K 2039 K 2082 K</p>	<p>728,9 lx 1106 lx 651,6 lx 2072 K 2117 K 2060 K</p> <p>1408 lx 1588 lx 1070 lx 1999 K 1997 K 2021 K</p> <p>6443 lx 5714 lx 5436 lx 2017 K 2031 K 2013 K</p>

15.30	927 lx 3386 K	1014 lx 3380 K	1079 lx 3348 K	898,9 lx 3389 K	1079 lx 3329 K	1179 lx 3304 K
	2409 lx 3393 K	2515 lx 3306 K	1846 lx 3345 K	1649 lx 3301 K	12181 lx 3256 K	1978 lx 3277 K
	4758 lx 3554 K	5333 lx 3276 K	4331 lx 3227 K	2330 lx 3264 K	3226 lx 3265 K	6623 lx 3278 K

Çift cidarlı ve geleneksel cepheye sahip ofislerde 21 Mart 2023 tarihinde yapılan parıltı ölçümlerinin sonuçları cd/m^2 cinsinden Tablo 8'da gösterilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre tüm referans noktalarında geleneksel cephedeki parıltı değerlerinin çift cidarlı cephedeki parıltı değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan ölçümlerin hepsinde tüm parıltı değerleri birbirine yakın çıkmıştır, parıltı dağılımı düzgündür.

Tablo 8. 21 Mart 2023 tarihinde alınan ölçümlere göre parıltı değerleri.

	Çift Cidarlı Cephe	Geleneksel Cephe
L1	348,6	451,2
L2	78,9	125,4
L3	261	851
L4	1108	1450

4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İzmir Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği binasında bulunan aynı boyutlarda ve özelliklerde olan geleneksel ve çift cidarlı cepheye sahip iki ofis odası alan çalışması olarak ele alınmıştır. Ekinoks ve gündönümü tarihlerinde aydınlık düzeyleri ölçülmüştür. 2017 yılında Ghonimi tarafından yapılan çalışmada çift cidarlı cepheye sahip yapılarda iç mekanda daha homojen gün ışığı dağılımı olduğu sonucuna varılmış olup 21 Haziran ve 23 Eylül tarihlerinde yapılan aydınlık düzeyi ölçümlerinde bu çalışmayı destekleyici sonuçlar elde edilmiştir.

M. A. Shameri'nin yaptığı çalışmada ise 12 farklı ülkede bulunan çift cidarlı cephe sistemine sahip ofis yapıları incelenmiş ve çift cidarlı cephe sistemine sahip yapılarda çift cidarlı cephe sistemlerinin hiçbirinde kamaşma problemi olmadığı görülmüştür. Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Binasında incelenen odanın derinliği 3,75 m pencere yüksekliği 2,20 m olup pencere yüksekliğinin oda derinliğine oranı 0,586'dır. 21 Haziran tarihinde yapılan ölçümlerde çift cidarlı ofis odasında 15.00'da yapılan ölçümde pencereye yakın referans noktasında 2776 lx ile UDI'ye göre kabul edilebilir aralık olan $500 lx < x < 2500 lx$ aralığından daha fazla aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Geleneksel cepheye sahip ofiste ise 9.30, 12.30 ve 15.30 ölçümlerinin hepsinde UDI'ye göre kabul edilebilir aralığın üzerinde kalan aydınlık düzeyleri elde edilmiştir. 21 Haziran'da yapılan ölçümlerde çift cidarlı cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeylerinin geleneksel cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeyine oranı %57 olarak hesaplanmıştır.

23 Eylül tarihinde yapılan ölçümler incelendiğinde çift cidarlı ofis odasında 12.30'da alınan ölçümde pencereye yakın referans noktasında 4553 lx, 15.30'da alınan ölçümde ise 4703 lx gibi aydınlık düzeyi ile UDI'ye göre kabul edilebilir aralık olan $500 lx < x < 2500 lx$ aralığından daha fazla aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Geleneksel cephede alınan aydınlık düzeyi ölçümünde ise 9.30 ölçümünde pencere yakınındaki referans noktalarında 12.30 ve 15.30 ölçümlerinde ise pencereye en uzak referans noktaları hariç tüm referans noktalarında UDI'ye göre kabul edilebilir aralığın üzerinde aydınlık düzeyi sonuçları elde edilmiştir. 23 Eylül'de yapılan ölçümlerde çift cidarlı cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeylerinin geleneksel cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeyine oranı %22 olarak hesaplanmıştır.

21 Aralık tarihinde yapılan ölçümlerde çift cidarlı ofis odasında 9.30'da yapılan ölçüm sonucuna göre pencereye en uzak referans noktaları hariç diğer referans noktalarında,

12.30 ve 15.30 ölçümlerinde ise tüm referans noktalarında UDI'ye göre kabul edilebilir aralık olan $500 \text{ lx} < x < 2500 \text{ lx}$ aralığından daha fazla aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Geleneksel cepheye sahip ofiste alınan ölçüm sonuçlarına göre ise günün tüm saatlerinde alınan ölçümlerde tüm referans noktalarında UDI'ye göre kabul edilebilir düzeyin üzerinde aydınlık düzeyi sonuçları elde edilmiştir. 21 Aralık'ta yapılan ölçümlerde çift cidarlı cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeylerinin geleneksel cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeyine oranı %30 olarak hesaplanmıştır.

21 Mart tarihinde yapılan aydınlık düzeyi ölçümlerinde ise geleneksel cepheye sahip ofis ortamında günün tüm saatlerinde UDI'ye göre kabul edilebilir aralık olan $500 \text{ lx} < x < 2500 \text{ lx}$ aralığından daha fazla aydınlık düzeyi elde edilmiş ve çift cidarlı cepheye sahip ofis ortamında 9.30'daki ölçüm sonuçlarına göre pencereye yakın referans noktalarında, 12.30 ve 15.30 ölçümlerinde tüm ofis ortamında UDI'ye göre kabul edilebilir aralık olan $500 \text{ lx} < x < 2500 \text{ lx}$ aralığından daha fazla aydınlık düzeyi olduğu görülmüştür. 21 Mart'ta yapılan ölçümlerde çift cidarlı cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeylerinin geleneksel cepheye sahip ofiste ölçülen aydınlık düzeyine oranı %86 olarak hesaplanmıştır.

Çift cidarlı cepheye sahip ofiste günışığı dağılımının tüm sene boyunca optimum düzeyde ve homojen dağılımın sağlanabilmesi için çift cidarlı cephenin,

- Hava boşluğu genişliği,
- Güneş kırıcı elemanlar,
- Cam tipi

gibi tasarım parametreleri değiştirilmelidir. Optimum gün ışığı performansını sağlamak adına çift cidarlı cephenin tasarımı aşamasında optimizasyon modeli oluşturulmalıdır. Böylece optimum gün ışığı performansı için çift cidarlı cephenin tasarım parametrelerinin en uygun özellikleri belirlenmiş olacaktır.

5.KAYNAKÇA

[1] A. Ghaffarianhoseini, A. Ghaffarianhoseini, U. Berardi, J. Tookey, D. H. W. Li, S. Kariminia: Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 60(C) (2016), pp 1052-1065.

[2] J. Peng, L. Lu, H. Yang: An experimental study of the thermal performance of a novel photovoltaic double-skin façade in Hong Kong. *Solar Energy*, Vol 97 (2013), pp293–304.

[3] W. Pasut, M. De Carli: Evaluation of various CFD modelling strategies in predicting airflow and temperature in a naturally ventilated double skin façade. *Applied Thermal Engineering*, Vol 37 (2012), pp 267–274.

[4] Belgian Building Research Institute (BBRI) (2002). Source book for a better understanding of conceptual and operational aspects of active facades. Department of Building Physics, Indoor Climate and Building Services, Belgian Building Research Institute. Version no 1. Web address: <http://www.bbri.be/activefacades/index2.htm>

[5] A. Compagno: *Intelligent Glass Facades* (5th revised and updated edition). Berlin: Birkhäuser, (2002).

[6] A. P. Faist, (1998). *Double Skin Walls*. Institut de technique du batiment. Department d' Architecture. École Polytechnique Fédéral de Lausanne (EPFL), Switzerland.

[7] N. Safer, M. Woloszyn, J. Roux: Three-dimensional simulation with a CFD tool of the airflow phenomena in single floor double-skin façade equipped with a venetian blind. *Solar Energy*, Vol 79, (2005), pp 193–203.

- [8] M. Shameri, M. Alghoul, K. Sopian, M. F. M. Zain, O. Elayeb: Perspectives of double skin façade systems in buildings and energy saving. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, Vol 15 (2011), pp 1468–1475.
- [9] Uuttu S., “Study of Current Structures in Double-Skin Facades”, MSc thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology (HUT), Finland, (2001).
- [10] S. Kim, K. Song: Determining Photosensor Conditions of a Daylight Dimming Control System Using Different Double-Skin Envelope Configurations. *Indoor Built Environment*, Vol 16 (2007), pp 411–425.
- [11] N. Hamza: Double Versus Single Skin Facades in Hot Arid Areas. *Energy and Buildings*, Vol 40 (2008), pp 240-248.
- [12] B. Pollard: Double Skin Façades – More is Less? *Royal Australian Institute of Architects*, Vol 29 (2009), pp 1-10.
- [13] M. A. Shameri, M.A. Alghoul, O.K. Elayebb, M. F. M. Zaina, M. S. Alrubaiha, H. Amir, K. Sopian: Daylighting characteristics of existing double-skin facade office buildings, *Energy and Buildings*, Vol 15 (2013), pp 1468-1475.
- [14] O. Etman, O. Tolba, S. Ezzeldin: Double-Skin Facades in Egypt between Parametric and Climatic Approaches, *eCAADe* 31.
- [15] I. Ghonimi: Assessing Daylight Performance of Single vs. Double Skin Façade in Educational Buildings: A Comparative Analysis of Two Case Studies. *Journal of Development*, Vol 10 (2017), pp 133-142.
- [16] Y. Cheng, M. Gao, J. Jia, Y. Sun, M. Yu: An optimal and comparison study on daylight and overall energy performance of double-glazed photovoltaics windows in cold region of China, *Energy*, 2019.
- [17] T. Srisamranrungruang, K. Hiyama: Balancing of natural ventilation, daylight, thermal effect for a building with double-skin perforated facade (DSPF). *Energy and Buildings*, V 210 (2020).
- [18] Y. Zhang, Y. Zhang, Z. Li: A Novel Productive Double Skin Façades for Residential Buildings: Concept, Design and Daylighting Performance Investigate. *Building and Environment*, Vol 212 (2022).
- [19] O. C. Dewi, K. Rahmasari, T. A. Hanjani: Window-to-Wall Ratio as a Mode of Daylight Optimization for an Educational Building with Opaque Double-Skin Façade. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, (2022).
- [20] Weather Base, İzmir, Turkey, İnternet Kaynağı. Erişim adresi: <https://www.weatherbase.com/weather/weather-summary.php3?s=81271&cityname=İzmir,+Turkey> (erişim tarihi: 9.04.2023)
- [21] Bornova, İnternet Kaynağı. Erişim adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Bornova> (erişim tarihi: 14.04.2023)
- [22] İzmir Güneş Enerjisi Sektörü, İnternet Kaynağı. Erişim adresi: <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/zmirde-gunes-enerjisi-sektorunde-yatirim.pdf> (erişim tarihi: 14.04.2023)
- [23] Sun Direction in İzmir, Turkey, İnternet Kaynağı. Erişim adresi: <https://sun-direction.com/city/62010,izmir/> (erişim tarihi: 14.04.2023)
- [24] Z. A. Kılıç, A. K. Yener: Cephe Tasarımının İç Mekan Günışığı Performansına Etkisinin Belirlenmesi, 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı 12 – 13 Nisan 2018, T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi.