

OTURMA DÜZENİ ALTERNATİFLERİNE GÖRE DOĞAL AYDINLATMA PERFORMANSININ DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Yasemin ÖZTÜRK¹
yaseminozturk@iyte.edu.tr

Z. Tuğçe KAZANASMAZ¹
tugcekazanasmaz@iyte.edu.tr

¹İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü Gülbahçe Kampüsü, Urla, İzmir

ÖZET

Oturma düzeni, görsel konforu sağlamak ve kamaşma probleminin giderilebilmesi için son derece önemlidir. Gün ışığının geliş açısı ve yönü, kullanıcının görüş alanına direkt olarak yönlendirildiğinde kullanıcı için görsel performansı kötüleştirir. Eğitim binalarının bir bölümü olan amfilerde de öğrenme performansını destekleyecek şekilde yapılan iç mekân tasarımı ile görsel performans birlikte düşünülmelidir. Bu sebeple, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde yer alan mevcut bir amfide aydınlık düzeyi ve parıltı ölçümleri yapılmış olup, iki farklı oturma düzenine göre, aydınlık düzeyi ve parıltı değerleri görsel performans standartları açısından değerlendirilmiştir. Buna göre, pencereye doğru yönelen yeni oturma düzeni, mevcut duruma göre daha düzgün dağılımlı bir aydınlık düzeyine ulaşmış ve yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi ile parıltı dağılım oranları iyileştirilmiştir.

1. GİRİŞ

Eğitim binalarında, doğru tasarlanmış ve gerekli şekilde uyarlanmış olan bir doğal aydınlatma tasarım stratejisinin, diğer tasarım stratejilerine göre olumlu etkisinin daha fazla olduğu görülür. İnsan algısı üzerindeki etkisini görmek, günışığı tasarımının en önemli parçasıdır. Verimlilik ve diğer avantajlarının yanında, iyi tasarlanmış bir gün ışığı sistemi okulda, daha sağlıklı bir fiziksel iç çevre sağlar ve mekânın kullanım oranını artırır [1].

Bir amfi, okuma, sunum ve dinleme aktiviteleri için kullanılabilir. Bu aktivitelerin her biri, farklı ışık yönelimi ve miktarı gerektirdiğinden, amfinin oturma düzeni güneşin yıl içindeki pozisyonunun değişimine göre planlanmalıdır [2].

2. AMFİLERDE GÖRSEL PERFORMANS PARAMETRELERİ

Okul, çocukların ve gençlerin gün içerisinde en çok zaman geçirdiği yerdir. İyi tasarlanmış bir ortam, refah ve verimlilik için esastır.

Eğitim binalarının tasarımında, sağlıklı bir iç ortamın sağlanması genelde göz ardı edilir ve ana ihtiyaç olarak görülmez. Mevcut okul binalarında gelişmiş sistemler ve enerji tasarrufu çözümleri sıklıkla göz ardı edilir [3].

Mimarlar, doğal aydınlatmayı sık sık stil öğelerinden biri olarak kullanırlar. Doğal aydınlatma, mekânın hem ana hem de özelleşmiş bölümlerini dikkate almayı gerektirir. Bunları gerçekleştirmek için tasarımcılar, mevcut binanın aydınlatma koşullarını tanımlama, daha sonra o mekânın yıl içindeki doğal aydınlatma analizi ile ilgili seçenekleri göz önüne alma gibi en yaygın doğal aydınlatma tasarım stratejilerini kullanır. Bu değerlendirmelerin ardından, tasarım rehberlerinde de belirtildiği gibi, gün ışığı gereksinimlerine bağlı olarak günün çoğunun geçirildiği ana mekanlar plan üzerine yerleştirilir. Tüm bu süreç doğal aydınlatma tasarımı olarak tanımlanır ve bu aşamalar, kullanıcının ihtiyaçları için en kullanışlı ve rahat çözümü bulmayı hedefler.

Doğal aydınlatma tasarımı, iç mekâna giren gün ışığına göre belirlenir. Bu değer, istenen aydınlık düzeyi dağılımına göre cam malzemesini ve

çerçeveyi seçmeye yardımcı olur. Aydınlik dağılımı bir mekânda düzgün bir şekilde düzenlenmiş ve önerilen aydınlatma düzeylerine ulaşılabilirse, enerji tüketimi oranlarını düşürmek mümkündür.

Genel olarak, eğitim binalarında belli başlı kullanım senaryoları vardır ve standartlar bu ihtiyaçlara göre belirlenmiştir. Eğitim binaları için önerilen değerler, ilgili ISO ve EN standartlarında belirtilmiş olup yapılan aktiviteye göre 300-500 lux arasında değişmektedir. En yaygın aktivite, standart aydınlık düzeyi olarak 300 lux gerektiren öğretmen ve öğrenciler arasındaki sözlü iletişimdir. Öğretmen yazı tahtasına yazarken, yazıların öğrenciler tarafından rahatça görülmesi için düşey yönde 500 lux'lük aydınlık düzeyi gerekir. Belirli zamanlarda yapılan diğer aktiviteler ise sunumlar, öğrencilerin bilgisayarda çalışmaları olarak sıralanabilir. Bu durumda ise çalışma düzlemi ve yakın çevresinde ortalama aydınlık düzeyinin 300 lux civarında olması gerekir. Bunun dışında sınıfta yapılacak tüm okuma yazma aktiviteleri için TS EN 12464-1 En Az Aydınlik Düzeyleri Tablosuna göre, sınıf ve uygulama odaları için minimum 300 lux'lük aydınlık düzeyi olmalıdır[4]. Grup etkinliği çalışmaları gibi diğer durumlarda, öğrencilerin çevreyi yeterli bir şekilde görebilmeleri için en az 50 lux yeterlidir [5].

Parıltı, bir yüzeye belirli bir kaynaktan, belirli bir yönde gelen ışığın, 1 birim alan içerisinde gözlenen ışık şiddetinin niceliğidir. Dolayısıyla, bir yüzeyde görülen aydınlık miktarının göstergesidir ve o yüzeyin gözlemciler için ne kadar aydınlık olduğunun ölçütüdür, birimi cd/m^2 'dir.

Eğitim mekanlarında farklı aktivitelerin gerçekleştirilmesi için, yüzeyler üzerinde ölçülen parıltı değerleri standartlar aralığında tutulmalıdır. Hordijk ve Groot, dersliklerde gözlenen parıltı seviyesinin en çok $3000 cd / m^2$

olmasını önermiştir. Ayrıca bakılan alan ve çevresi arasındaki parıltı oranlarının en az 1: 30 olması gerektiğini belirtmiştir [5].

Parıltı dağılımının IES tarafından önerilen değerleri Tablo 1'de verilmiştir [6]. Parıltı ölçümleri bu oranlara göre hesaplandığında, mekanlarda ışığın düzgün düzgün dağılıp dağılmadığının bir göstergesi haline gelir ve görsel performans koşullarına dair yorum yapılabilir.

Tablo 1. IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) Aydınlatma El Kitabı'na göre önerilen parıltı oranları [6]

Gözlenen durum	Parıltı oranı
Çalışma düzlemi ve yakın çevresi arasında maksimum değişim	3:1
Çalışma düzlemi ile uzaktaki daha koyu renkli yüzeyler arasında maksimum değişim (ör. Duvarlar, tavan, panorama)	10:1
Işık kaynakları ve çevresi arasındaki parlaklıkta maksimum değişim	20:1
Maksimum zıtlık (dekoratif öğeler hariç)	40:1

Eğitim binalarında aydınlık düzeyinin düzgün dağılması, görsel konforu etkileyen bir diğer unsurdur.

Bir çalışma düzlemindeki gün ışığı faktörlerinin (DF) düzgün dağılımı iki şekilde hesaplanabilir. Birincisi DF_{min} / DF_{ort} arasındaki oran ve ikincisi DF_{min} / DF_{maks} arasındaki orandır (Tablo 2). Düzgün dağılımın varlığını saptayabilmek için DF_{min} / DF_{ort} arasındaki oran en az 0.4 olmalıdır veya minimum noktasal günışığı faktörü en az %0,8 olmalıdır [7].

Malzemelerin ışığı yansıtma katsayıları (yansıtma çarpanı-%), seçilen yüzeyden yansıtılan ışığın oranını verir. Yansıtma

çarpınları her bir malzeme yüzeyi için farklıdır (Tablo 3) ve aydınlatma simülasyonlarında hacim içerisinde yansıyan ışığın hesaplara katılmasında etkilidir [7].

Tablo 2. Çalışma düzlemi üzerindeki aydınlığın düzgün dağılım oranları [8]

Kaynak Doküman	Çalışma Düzlemi Üzerindeki Düzgün Dağılım Oranları
CIBSE	0.8 min. / ortalama
BS 8206	0.7 min. / maksı 0.8 min. / ortalama
DIN 5035	0.67 min. / ortalama
CIE Guide (1986)	0.8 min. / ortalama

Tablo 3. Örnek malzemeler ve ışık yansıtma özellikleri [9]

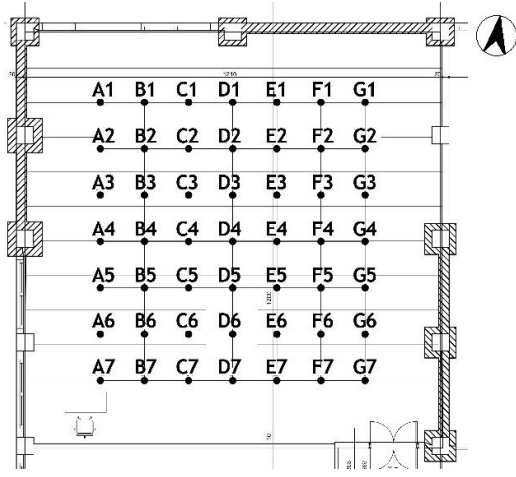
Malzeme Açıklaması	Yansıtma çarpanı (%)	Saydamlık (%)	Pürüzlülük (%)	Ayna efekti (%)
Ahşap zemin	59	0	10	0
Halı (bej)	44	0	20	0
Halı (koyu gri)	18	0	20	0
Tavan panelleri (beyaz)	70	0	50	0
Pencere camı (beyaz plastik çerçeveli)	10	90	0	100
Kaba sıva (beyaz)	50	0	50	0
Tuğla duvar (kırmızı)	23	0	15	0

3. ÖRNEK BİR AMFİNİN DOĞAL AYDINLATMA DAĞILIMININ İNCELENMESİ

3.1. Aydınlık Düzeyi Ölçümü

Amfilerde görsel performans değerlerinin saptanmasının ardından, bu dağılımın değerlendirilmesi için İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi'nden 134.1 m² alana sahip, dikdörtgen şekilde, kuzey ve batı yönlerine cephesi olan örnek bir amfi seçilmiştir. Öncelikle, gün ışığı simülasyon modellemesini oluşturmak ve doğrulamak için seçilen amfinin doğal aydınlatma koşulları ölçülmüştür. Alan ölçümleri için iki gün seçilmiştir. İlki, 30 Eylül 2016, açık gök koşulu ve 4 Kasım 2016, bulutlu gök koşulu altındadır. Günışığı ölçümleri, CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) rehberliğinde gerçekleştirilmiştir.

Alan ölçümleri, referans noktalarındaki aydınlatma değerleri elde edilerek gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktalarının sayısı, dağılımı ve yerleşimi, CIBSE gerekliliklerine göre hesaplanmıştır. Ölçüm düzeni duvarlardan yaklaşık 120 cm içeriye yerleştirilmiş ve ortada kalan alan 7x7'lik bir grid oluşturacak şekilde eşit karelere bölünmüştür. x (A1-G1) ve y (A1-A7) akslarına göre noktalar arasındaki mesafe ortalama 130 cm'dir ve toplamda 49 nokta bulunur [10]. Ölçüm noktalarının yerleşim düzeni Şekil 1' de verilmektedir.

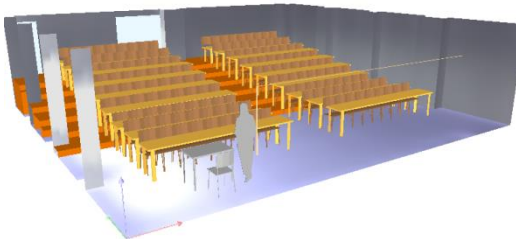


Şekil 1. Ölçüm noktalarının yerleşimi

Alanda yapılan doğal aydınlatma ölçümleri, CIBSE standartlarına göre gerçekleştirildi. Referans noktalarındaki değerleri belirlemek için iki ana ölçüm cihazı, Konica Minolta T-10 ışık ölçer ve Konica Minolta LS-110 parıltı ölçer kullanıldı. Çalışma alanına düşen gün ışığının aydınlık düzeyini ölçmek için ışık ölçer kullanılır. Parıltı ölçer ise, yüzeylerin yansımalarını hesaplamak veya beyaz tahta üzerindeki parıltı değerlerini ölçerken kullanılmıştır.

3.2. Simülasyon Modelinin Hazırlanması

Doğal aydınlatma simülasyon modeli DIALux programı ile hazırlanmıştır (Şekil 2). İlk aşamada, alanın geometrisi, ilgili planlardan ve yerinde alınan ölçülerden yararlanılarak üç boyutlu olarak modellenmiştir.



Şekil 2. DIALux modeli

DIALux malzeme kütüphanesinden mevcut kaplama türlerine uygun olanlar, alan ölçümünde elde edilen

parıltı (L) ve aydınlık düzeyi (E) değerlerine uygun şekilde tespit edilmiş ve yüzeylere atanmıştır (Tablo 4). Alan ölçüm günü, saat ve gökyüzü koşulları programa tanımlanmıştır. Cam seçenekleri ve dış çevre hakkında bilgi simülasyonda tanımlanmıştır.

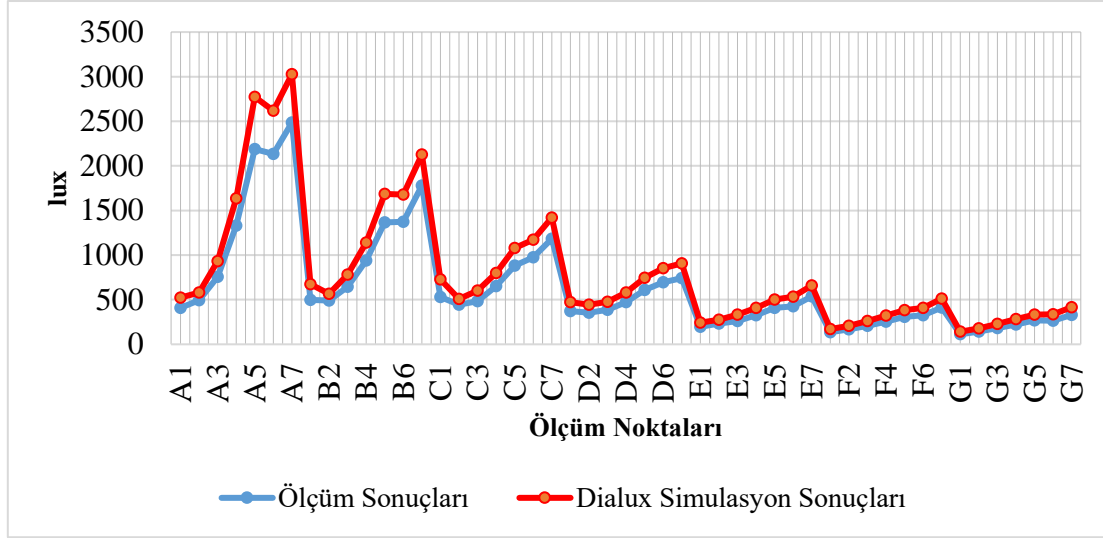
Tablo 4. Alan ölçümlerinde alınan değerler ve yansıtma çarpanları

Malzeme	L (cd/m ²)	E (lux)	Yansıtma Çarpanı (ρ)
Duvar	747,9	2541	0,924
Kapı	16,66	299,3	0,174
Beyaz tahta	223,8	936,2	0,750
Öğrenci sırası	335,1	1848	0,569
Mermer zemin	448,2	2196	0,640
Vinil zemin	50,34	538,5	0,293

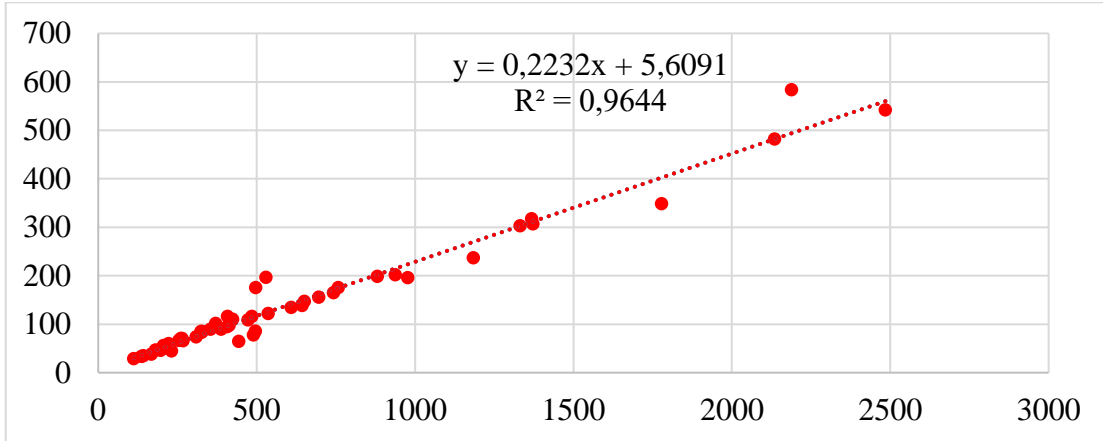
Öncelikle bu model çalıştırılmış ve hatalar kontrol edilmiştir. Sonraki adımlarda, simülasyon modelinin genel hataları düzeltilerek, sonuçlar alan ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. DIALux modeli ile alan ölçümleri arasındaki değerlerin her referans noktası için karşılaştırılması, grafiksel olarak Şekil 3'te sunulmuştur. Buradan anlaşılacağı üzere, simülasyon sonuçları, ölçüm tarihlerinde ölçülen ve kaydedilen değerlerden daha yüksektir. Modeli doğrulamak için, yansıtma çarpanı değerleri ve gökyüzü koşullarının ayrıntıları ölçüm günlerinin gözlemlenen koşullarına uyacak şekilde değiştirilmiştir ve buna göre hesaplanan göreceli hata oranı bulunmuştur. Buna göre, ortalama göreceli hatalar 30.09.2016 10: 30-11: 30 aralığı için %2,75, aynı gün 15.00-16.00 saatleri aralığı için %3,28 ve 04.11.2016, 12: 00-13: 00 aralığı için %7,13 olarak hesaplanmıştır.

Bu doğrulama süreci ile ilgili olarak, 30 Eylül'de 10.30 ve 15.00'da tüm simülasyonlar için doğruluk katsayısı

(R^2) değerleri %79 ve %96 arasında değişmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Alan ölçümleri ve simülasyonun karşılaştırması: 30.09.2016 15.00-16.00 aralığı (güneşli gün)



Şekil 4. Simülasyonun doğrulanması için dağılım diyagramı

Ayrıca, 4 Kasım saat 12.00-13:00 aralığına denk gelen simülasyon modelinin de yüksek doğruluk oranına sahip olduğu görülmüştür.

Bu, sonuçlar, simülasyonun belirli bir noktadaki aydınlık düzeyini %79-96 oranında doğru tahmin edebildiği anlamına gelmektedir.

3.3. Oturma Düzeni Alternatiflerinin İncelenmesi

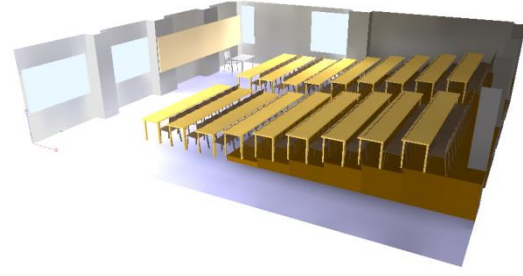
Bir odanın ışık dağılımı, güneşli ve bulutlu günlerde yapılan aydınlatma ölçümlerinden belirlenebilir. Mevcut durumda amfinin oturma düzeni güneye yönlendiğinden, havanın güneşli ve açık gök koşullarının geçerli olduğu günlerde, sabah dersleri sırasında yazı tahtası ve öğretim görevlisinin konumu, olması gerekenden daha karanlık hale

gelir. Öğleden sonra ise güneş in pozisyonu, batı bölümdeki pencerelere yakın olan öğrenci sıralarını etkilemektedir (A5-C5, A6-C6, A7-C7 ölçüm noktaları). Bu yüzden, o bölgede kamaşma problemi oluşur ve sınıfın geri kalanı ise hala tavsiye edilen değerlere göre daha karanlıktadır. Bu durum ise, günışığının homojen olmayan bir şekilde dağılmasına neden olur. Çözüm olarak, oturma düzeni değiştirilebilir ve yükseltilmiş zemin uygulanması mümkün olan diğer yönlere şekilde yerleştirilebilir. Ardından sunum alanı, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi ve ışık dağılımı kalitesi mevcut konum ile karşılaştırılacaktır.

Oturma düzeninin yerleşimi, istenilen yönden gün ışığının alınmasını sağlayabilir [11]. Böylece sınıfın mevcut oturma düzeni, beyaz tahtanın yerleştirilmesi için de uygun olan yönlere göre değerlendirilmiştir. Mevcut durumda güneye yönüne bakan amfi oturma düzeni, amfiye giriş ve tahta yerleşimi problemlerinden ötürü kuzey doğrultusuna çevrilememektedir. Bu sebeple oturma düzeni seçenekleri batı ve doğu yönlerine bakacak şekilde yeniden tasarlanmıştır. Bu oturma düzenleri sırasıyla SL1 ve SL2 olarak adlandırılmıştır.

3.3.1. Birinci Oturma Düzeni Alternatifi- SL1 modeli

Batı yönüne doğu bakan modelde, beyaz tahta kolonların üzerine takılarak sağ tarafa yerleştirilmiştir (Şekil 5). Pencerelere herhangi bir fiziksel müdahalede bulunulmamıştır.

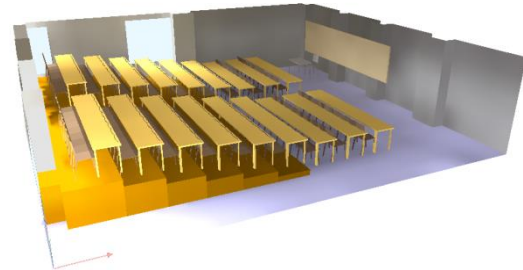


Şekil 5. Batıya bakan oturma düzeninin DIALux modeli (SL1)

Bu şekilde, ana pencerelerden ikisinden gelen gün ışığı, sunum alanını aydınlatabilmektedir. Buna ek olarak, doğu yönde kalan duvara da yükseltilmiş döşeme üzerine oturma alanı yerleştirilmiş ve böylece, en az engel ile gün ışığı almak için avantajlı bir durum oluşturulmuştur.

3.3.2. İkinci Oturma Düzeni Alternatifi – SL2 Modeli

Benzer şekilde, SL2 modelinde ise oturma alanı doğuya bakan konuma getirilmiştir. Bu modelde, gün ışığı oturma alanının arkasından gelir (Şekil 6).

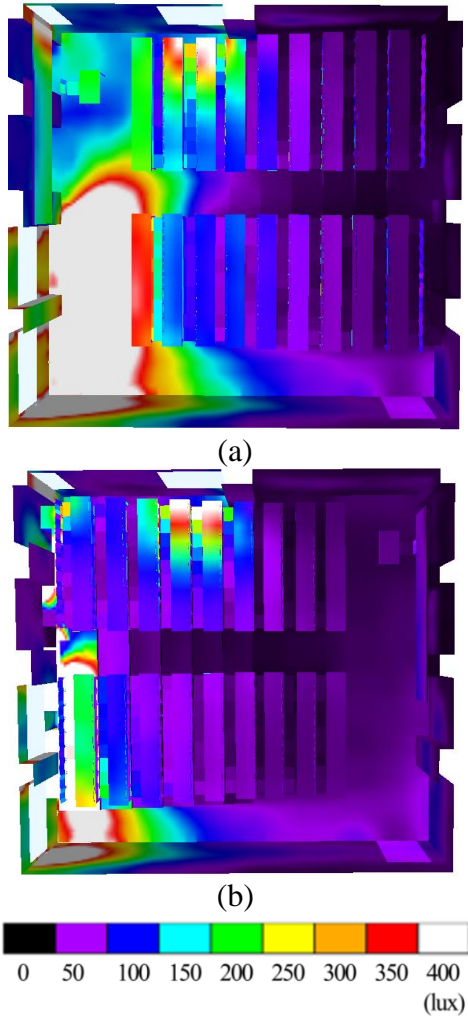


Şekil 6. Doğuya bakan oturma düzeninin DIALux modeli. (SL2).

Bu modeller zıt yönlere bakacak şekilde seçilmiş ve oturma alanının yönlendirmesinin etkilerini görmek için hazırlanmıştır. Böylece ışık kaynağının amfinin yanlarına veya arkasına yerleştirilmesinin etkilerini görmek mümkündür.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Beyaz tahta yerleşimine göre, batıya ve doğuya bakan SL1 ve SL2 oturma düzenleri tasarlanmıştır. SL1 30 Eylül'de simülasyonlarına göre elde edilen en yüksek aydınlık düzeyi 406 lux iken, bu değer SL2 düzenindeki maksimum değer, SL1'in neredeyse yarısıdır ve 254 lux olarak hesaplanmıştır (Şekil 7). Genel olarak her iki model de bu amfide elde edilmesi gereken ortalama 300 lux doğal aydınlık düzeyine ulaşamamıştır (Şekil 8).

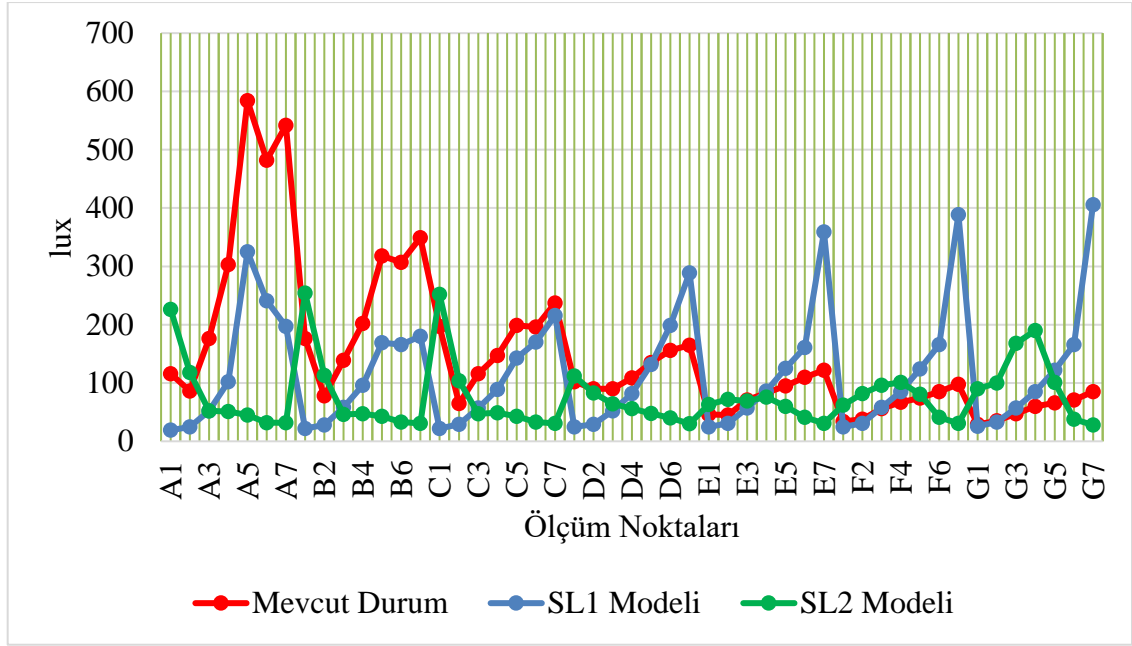


Şekil 7. SL1 (a) ve SL2 (b) için aydınlık düzeyi dağılımları

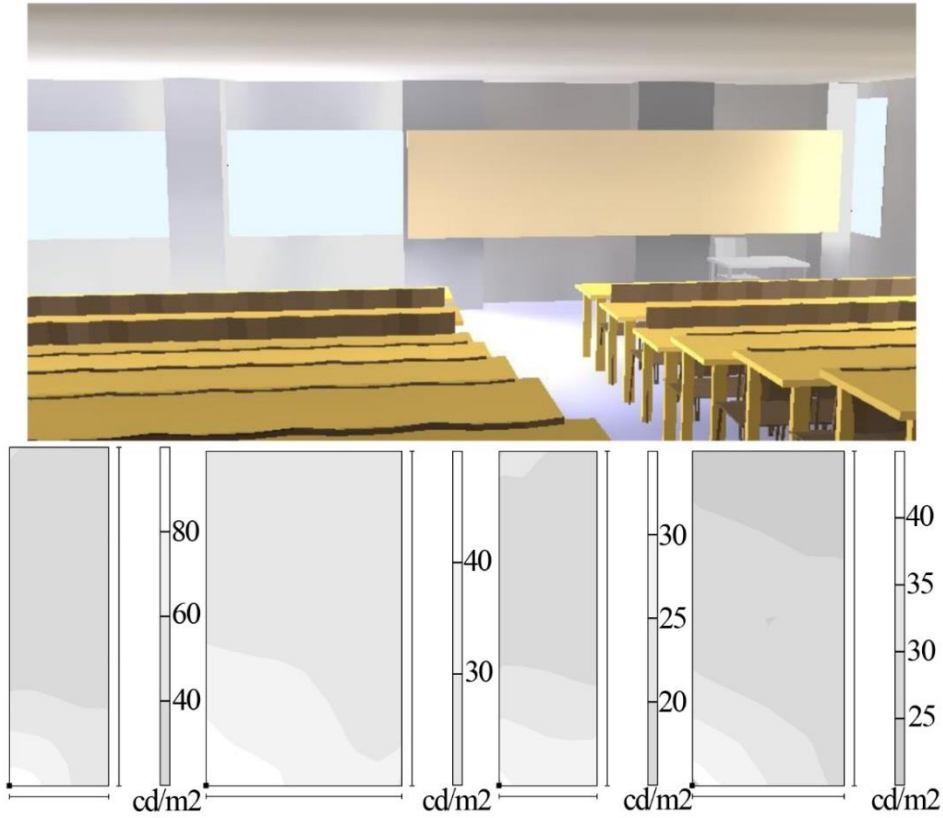
Öte yandan, çalışma düzleminin tamamındaki aydınlatma değerlerinin azalması ile düzgün dağılım oranı artarak 0.15'den 0.36'ya yükselmiştir. Ayrıca, doğal aydınlatma ışık kaynağının SL1 düzeninde sunum alanına daha hâkim oluşu mevcut durumla karşılaştırıldığında, amfideki doğal aydınlatmanın düzgün dağılım oranının arttığı gözlemlenmiştir.

Beyaz tahta üzerindeki parlaklık değerleri düşük olduğu için, SL2 düzeninin kamaşmaya neden olmadığı görülmüştür. Işık kaynağının amfinin arka bölümünde olduğu SL2 düzeninde yükseltilmiş platform, gün ışığının daha derindeki bölümlere ulaşmasını engellemiş ve aydınlık düzeyinin ortalama 76 lux'e düşmesine sebep olmuştur. Bu sebeple beyaz tahta ve sunum alanının da iyi aydınlatılamadığı görülür.

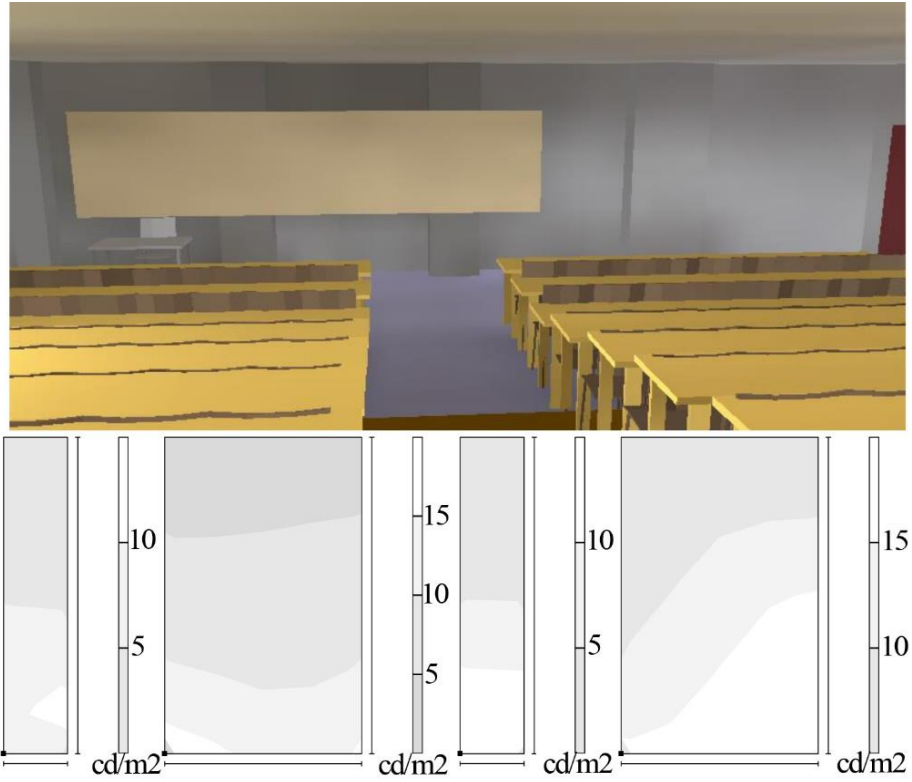
Şekil 9 ve 10, beyaz tahta üzerindeki düşey düzlem aydınlatma düzeyi ve parlaklık dağılımı hakkında bilgi vermektedir. Karşılaştırma ayrıntılı olarak incelendiğinde, SL1 düzeninde ortalama aydınlatma düzeyi 119 lux ve SL2 düzeninde sadece 76 lux olarak hesaplanmıştır. Görünüşe göre SL1, çalışma düzleminde ve beyaz tahta yüzeyi üzerinde SL2'ye kıyasla daha iyi bir aydınlatma dağılımına sahiptir. Çünkü, SL1 düzeni gün ışığının amfinin daha derindeki bölümlerine yansımaya izin vermekte ve yükseltilmiş platform, arka tarafların aydınlatılması için engel haline gelmemektedir.



Şekil 8. Mevcut durum ile SL1 ve SL2 modellerinin aydınlık düzeylerinin 30.09.2016, saat: 15.00-16.00 (güneşli gün) için karşılaştırılması



Şekil 9. Beyaz tahta üzerinde SL1 düzeninde görülen parlıltı dağılımı (birim: cd / m^2)



Şekil 10. Beyaz tahta üzerinde SL2 düzeninde görülen parlaklık dağılımı
(birim: cd / m^2)

SL1 yerleşiminde pencere yüzeyleri beyaz tahtaya en yakın konumdadır. Ayrıca gün ışığının doğrudan beyaz tahtaya üzerine düşmemesi ve parlaklık oranının 0,20'nin üstünde olması sebebiyle, kamaşma problemi oluşturmayan ve iyi aydınlatılmış bir sunum alanı oluşturulmuştur. Yapılan çalışma, pencerelerde herhangi bir fiziksel müdahalede bulunulmadan, sadece iç mekandaki oturma düzeninin değişimine odaklanarak yürütülmüştür. Ayrıca pencereden kaynaklanan gün ışığı kontrol çözümleri dahil edilmemiştir. Bununla birlikte, SL2 yerleşiminde, beyaz tahta daha karanlık tarafta konumlanmış ve yükseltilmiş platform günışığının gelişini engellemektedir. Bu nedenle, SL1 ve SL2 aydınlatma açısından karşılaştırıldığında SL1'in durumunda beyaz tahta üzerindeki değerlerin standartlarda önerilen değerlere daha yakın olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] R. P. Leslie, "Guide for Daylighting Schools," North Carolina, 2004.
- [2] A. Köknel Yener, R. Kutlu Güvenkaya, and F. Şener, "İlköğretim dersliklerinin görsel konfor açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi," *itü Derg.*, vol. 8, no. 1, pp. 105–116, 2009.
- [3] F. R. d'Ambrosio Alfano *et al.*, "REHVA-Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools-Part 1," *Brussels: REHVA*, vol. 2010, pp. 1–121, 2010.
- [4] EMO, "http://www.emo.org.tr/ekler/2cf8d98dca2b9de_ek.xls?tipi=34," 2011. .
- [5] T. de Bruin-Hordijk and E. Ellie de Groot, "Lighting in schools," *IEA ECBCS Annex*, vol. 45, 2010.
- [6] M. S. Rea, *The IESNA lighting*

- handbook: reference & application.* Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
- [7] Zumtobel- *The Lighting Handbook*, 4th ed. 2013.
- [8] M. Boubekri, "On the Issue of Illuminance Requirement as a Design Criterion," *J. Human-Environmental Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 71–76, 1999.
- [9] DIALux, "Material: (Reflection,Transmission, Absorption): Knowledge Base DIALux 4," 2016. .
- [10] CIBSE No:3, "Measurement of illuminance in electrically lit spaces," *Soc. Light Light.*, vol. 3, 2012.
- [11] D. Loe, N. Watson, E. Rowlands, K. Mansfield, and A. Wilkins, *BB90 - Lighting Design for Schools*. London: United Kingdom for The Stationery Office, 1999.