

TİP İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN IŞIĞINDAN ETKİN YARARLANMASINA YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Yasemin DURALER¹, Alpin Köknel YENER²

Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi
İstanbul-Türkiye

¹duraler.yasemin@gmail.com, ²yener@itu.edu.tr

ÖZET

Eğitim-öğretim faaliyetlerinin gerçekleştiği ilkökul yapılarında tip projelere başvurulması, öğrencilerin beklenti ve ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak mekanların yaratılmasına sebep olmaktadır. Gün boyu kullanılan dersliklerde öğrencilerin okuma ve yazma gibi aktiviteleri zorlanmadan gerçekleştirebilmesi doğru aydınlatma stratejisinin izlenmesi ile mümkündür. Dersliklerde gün ışığından optimum şekilde yararlanılması görsel konforun, daha iyi sağlık ve öğrenme koşullarının sağlanması ve öğrencilerin performanslarında artış ve yapma aydınlatma ihtiyacının azaltılarak enerji tasarrufunun sağlanması nedeni ile önemlidir. Bu çalışmanın amacı tip ilkökul dersliklerinin gün ışığı performanslarının analiz edilmesi ve bu dersliklerde gün ışığından etkin yararlanılmasına yönelik tasarım alternatiflerinin geliştirilmesidir. Bu bağlamda Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan Asgari Tasarım Kılavuzu doğrultusunda tip okul dersliği tasarlanmış, tasarlanan dersliğin gün ışığından etkin yararlanmasına yönelik alternatifler sunulmuş ve geliştirilen alternatifler uluslararası standartlar doğrultusunda değerlendirilerek uygun çözümler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler- Tip okul, görsel konfor, günışığı performansı.

1. GİRİŞ

Öğrencilerin performanslarının bulundukları çevreden hoşnut olma durumu ile ilişkili olduğu ve okuma yazma gibi görsel aktivitelerin yoğunlukta olduğu göz önüne alındığında eğitim yapılarında aydınlatma sistemi tasarımı dikkatle ele alınması gereken konulardan biridir. Bu noktada doğal aydınlatma ve yapma aydınlatmanın öğrenciler üzerindeki fiziksel ve psikolojik etkileri göz önünde bulundurularak dersliklerde doğal aydınlatmadan en iyi şekilde yararlanan uygulamaların yapılması gerekmektedir [1]. Gün ışığının öğrencilerin sağlığı, ruh halleri ve performansları üzerinde olumlu etkileri olmakla birlikte, gün ışığından etkin yararlanılarak yapma aydınlatma ihtiyacı en aza indirilmekte ve ülke ekonomisine katkıda bulunulabilmektedir.

Aydınlatma sistemi tasarımının yapının ilk tasarım aşamasından itibaren yapının bulunduğu çevre, yapının ve mekanların özellikleri dikkate alınarak yapılması gerekli iken tip projeler öğrencilerin görsel aktiviteleri konforlu bir şekilde yerine getirmelerine olanak sağlamayan, öğrencilerin beklenti ve ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak ortamların yaratılmasına sebep olmaktadır. Doğal aydınlatmadan optimum şekilde yararlanılmaması sonucu yapma aydınlatma ihtiyacının artması ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin artması bir diğer olumsuz sonuç olarak sıralanabilir.

Bu noktada hızlı, pratik ve uygun maliyetli yapı üretimi sağlaması sebebiyle ülkemizde tercih edilen tip okul projelerinin tasarım aşamasında çeşitli ölçümler, hesaplamalar ve simülasyonlar yapılarak gün ışığından etkin

yararlanılmasına yönelik gerekli önlemler alınabilir.

Bu bağlamda çalışmanın hedefi, kullanıcılarının gelişim çağındaki çocuklar olduğu dersliklerde gün ışığından en verimli şekilde yararlanan, çocukların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayan doğal aydınlatma tasarımının yapılmasıdır. Çalışma kapsamında tip okul, görsel konfor ve doğal aydınlatma kavramları ele alınmış, uygun görme koşullarının sağlanması için dersliklerde ele alınması gereken görsel konfor bileşenleri ve bu bileşenler için istenen değerler verilmiştir. İlkokul yapılarında yapma aydınlatma ihtiyacının azaltılmasına yönelik gün ışığından etkin yararlanılmasında etkili tasarım parametreleri ve gün ışığının hacim içerisine alınmasında yararlanılan yöntemler incelenmiştir. Bu kapsamda Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan kılavuz [1] doğrultusunda tasarlanacak olan tip okul projelerinin doğal aydınlatma performansı analiz edilmiş ve örnek çalışma ile tasarım alternatifleri ortaya konmuştur.

2. DERSLİKLERDE GÖRSEL KONFOR

Görsel konfor koşullarının sağlanması için aydınlatmanın niceliksel ve niteliksel özelliklerinin göz önüne alınması gerekir. Aydınlatmanın niceliği gerekli aydınlık düzeyi ile ilgiliyken, aydınlatmanın niteliği ışığın renksel özellikleri, ışığın doğrultusu, gölgeler ve aydınlığın dağılımı ile ilgilidir. Görme işlevinin yerine getirilebilmesi için yeterli ışık miktarının sağlanması, aydınlığın ve parıltının düzgün dağılımı ve kamaşmanın engellenmesi görsel konforun sağlanmasına yardımcı olur [2].

Parıltı (ışıklılık) dağılımı, hedefin görülebilirliğini ve görsel konforu etkiler. Dengeli parıltı dağılımı ile görme

fonksiyonlarının etkinliği artırılabilirken çok yüksek parıltı değerleri kamaşmaya neden olur. Yüksek parıltı kontrastları gözün sürekli adapte olmaya çalışmasından dolayı yorgunluğa yol açabilir. Düzgün bir parıltı dağılımı için mekandaki tüm yüzeylerin dikkate alınması ve malzeme seçiminde yüzeydeki aydınlığa ve yansıtıcılıklara göre karar verilmesi gerekmektedir [3].

Aydınlık düzeyi, aydınlığın niceliği ile ilgili bir değerdir. Eylemin türüne ve gerçekleşeceği mekana göre farklı değerler almakla birlikte görevin detayının artması veya boyutun küçülmesi, kontrastın düşmesi, işin süresinin uzun olması veya görsel kapasitenin normalden düşük olması gibi etkenlere bağlı olarak eylemin konforlu ve doğru bir şekilde gerçekleşmesi için gereken aydınlık düzeyi miktarı da artar. Dersliklerde ortalama aydınlık düzeyi minimum 300lux, konferans salonu, laboratuvarlar ve dersliklerde yazı tahtalarında ortalama aydınlık düzeyi minimum 500 lux olmalıdır [3].

Aydınlığın düzgünlüğü, bir çalışma düzlemindeki en düşük aydınlık düzeyinin, aynı çalışma düzleminde ölçülen ortalama aydınlık düzeyine oranını gösteren çarpan olarak tanımlanır. Görev alanındaki farklı aydınlık düzeyleri sonucu görsel konforda ve dolayısı ile görsel performansta azalma olabilir, dikkatin dağılması sonucu kazalar meydana gelebilir [4]. Gün ışığı ile aydınlanan dersliklerde minimum düzgünlük değeri 0.30 olmalıdır [5].

Kamaşma, görüş alanında gözün adapte olabileceğinden daha yüksek parıltı değerlerine sahip yüzeylerin sebep olduğu rahatsızlık hissi olarak tanımlanmaktadır. [3]. Güneş ışığı ile aydınlatılan hacimlerde doğrudan gelen güneş ışığının kontrol edilmemesi kamaşma problemine yol açabilmektedir. Bu durumun değerlendirilmesine yönelik çeşitli

kriterler geliştirilmiş olup, bakış doğrultusuna bağlı değerlendirmeler yapılması gerekmektedir.

3. İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN IŞIĞI PERFORMANSI

Aydınlatmanın amacı bina kullanıcılarının görevlerini güvenli ve konforlu şekilde yerine getirebilmeleri için gerekli nicelik ve niteliklere sahip aydınlatmayı sağlamak, bununla birlikte yapı formu ve mimari özellikleri ile uyumlu hoş bir ortam yaratmaktır. Doğal aydınlatma mekanlarda hoş ve davet edici bir etki yaratırken, doğru tasarlandığında dinamik ve keyifli ortam yaratarak görsel çevrenin iyileşmesini, çalışan memnuniyetinin artmasını, sirkadyen ritimde iyileşmeyi ve yapma aydınlatma yükünü azaltarak enerji tasarrufunu sağlayabilmektedir [6].

Doğal aydınlatma tasarımı, yapma aydınlatma tasarımına oranla daha ayrıntılı bir bakış açısı gerektirmektedir. Yapma aydınlatma ile doğal aydınlatma arasındaki temel fark yapma aydınlatma durgun özellik sergilerken, doğal aydınlatmanın gün içinde değişkenlik göstermesidir [7]. Doğal aydınlatmanın niceliğini belirleyen en yaygın ölçü günışığı faktörüdür. Gün ışığı faktörü, iç mekan çalışma düzleminde ölçülen aydınlık düzeyinin kapalı gök koşulunda yatay düzlemde ölçülen aydınlık düzeyine oranı olarak ifade edilir. Gün ışığı faktörünün %2'nin altında gerçekleştiği mekanlar yeteri kadar aydınlanmamış, aydınlatmanın yapma aydınlatma ile desteklenmesi gereken mekanlarken, %2 ile %5 arasında gün ışığı faktörü hesaplanan mekanlar doğal aydınlatmanın yeterlilik gösterdiği mekanlardır [6].

Binaların gün ışığından yararlanmalarında yapının çevresine ilişkin parametreler, yapıya ilişkin parametreler ve hacime ilişkin parametreler etkilidir. Yapının çevresine ilişkin parametreler binanın konumu, çevresindeki doğal ve yapma engeller, bu engellerin yükseklikleri ve ışık yansıtıcılık özellikleri olarak sıralanabilir. Yapının çevresine ilişkin parametreler binanın yönelimi, formu ve boyutları ile ilgiliyken, hacime ilişkin parametreler mekanın formu, boyutu, mekanda kullanılan tavan, duvar ve döşeme malzemeleri ve bunların yansıtıcılık özellikleri, mobilyaların konumu ile ilgilidir [8, 9]. Bu parametrelerin doğru şekilde ele alınması ile mekana giren günışığının miktarı, düzgünlüğü ve dağılımı değişmektedir.

4. TİP İLKOKUL DERSLİĞİ TASARIMINDA GÜNİŞİĞİ PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK ALTERNATİFLER

Çalışma kapsamında ele alınan tip ilkokul dersliği, “Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu” nda belirtilen kriterlere uygun olacak şekilde detaylandırılmıştır. 30 kişilik derslik, kişi başı gerekli minimum 1.85 m² brüt alan sağlanacak şekilde 6.5m x 7.5m x 4.0m boyutlarında tasarlanmıştır (Şekil 1). Döşeme ve kaplama kalınlığı 0.3m, dersliğin net yüksekliği 3.7m ve tavandaki 4 adet kirişin yüksekliği 0.4m olarak kabul edilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan ilköğretim dersliği plan ve görünüşü.

Tasarlanan ilköğretim dersliğinin güneşli analizleri ılımlı-nemli iklime sahip İstanbul ili için yapılmıştır. Analizlerde okulun yakın çevresinde yapılar bulunmadığı, dolayısıyla pencerelerin engellenmediği kabul edilmiştir. MEB Tasarım Kılavuzu dikkate alınarak belirlenen değerler Tablo 1’de verilmektedir. Tasarlanan ilköğretim dersliğinin güneşli performansının

belirlenmesinde dikkate alınan kriterler Tablo 2’de verilmektedir. Tasarlanan tip ilköğretim dersliğinin güneşli performansı analizi için öncelikle güneşli faktörü hesaplanmıştır. Dialux Evo programı aracılığıyla CIE Kapalı Gök Koşulları altında, yerden 0.7m yükseklikteki yatay çalışma düzlemi için yapılan simülasyon sonucunda ortalama güneşli faktörü % 2.781 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1: Derslik hacmine ilişkin değerlerin belirlenmesi.

Kriter	İstenen özellikler	Kaynak	Tasarlanan
Pencere/Zemin Oranı	Min. %25	MEB, 2015	%25
Pencere boyutları	Açılır kanat genişliği maksimum 0.85m	MEB, 2015	0.8m+0.6m+ 0.8m
Parapet yüksekliği	Minimum 0.9m	MEB, 2015	0.9m
Yüzeylerin ışık yansıtma katsayıları	Tavan: 0.7 – 0.9 Duvarlar: 0.5 – 0.8 Zemin: 0.2 – 0.4 Mobilyalar: 0.2 – 0.7	EN 12464-1, 2011	Tavan: 0.8 beyaz boyalı Duvarlar: 0.65 grimsi beyaz boyalı Zemin: 0.3 gri dökme mozaik Mobilyalar: 0.4 açık gri
Cam özellikleri	Geçirgenliği yüksek çift cam malzeme	MEB, 2015	Camın ışık geçirme katsayısı: %80 (6+6 Isıcam)

Hesaplanan değer Tablo 2’de verilen %2-%5 arasında olma koşulunu sağlaması üzerine dersliğin gün ışığı aydınlığı hesaplanmıştır. Güneşli aydınlığının ve düzgün dağılımının istenen değerleri

sağlayabilmesi için güneş kontrol elemanı ve ışık rafı uygulamaları önerilmiş, güneş kontrolü elemanlarının ayarlanması ve parçalarının toplanması seçenekleri geliştirilerek farklı yönler için uygun çözümler belirlenmiştir.

Tablo 2: Günişığı performansı için dikkate alınan kriterler.

Kriter	İstenen değer	Kaynak
Gün ışığı faktörü	$\%2 > x > \%5$	IESNA, 2011
Aydınlık Düzeyi (lux)	≥ 300	TS EN 12464-1
Düğünlük (U_o)	0.3-0.4	DFES, 2003

A. Ele alınan yönler için günişığı aydınlığının hesaplanması

Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde tasarlanacak ilkokul yapılarında dersliklerin yönlendirilmesi için MEB'in oluşturduğu kılavuzda dersliklerin yönlenmesi için uygun olarak belirtilmiş güney ve orta uygunlukta olarak belirtilmiş doğu ve batı yönleri için, eğitim yılını temsilen 21 Mart günü saat 9.00, 12.00 ve 15.00 için CIE Ortalama Gök Koşulu altında simülasyonlar yapılmıştır. Bu senaryolar sırasıyla S1, S2 ve S3 olarak adlandırılmıştır. Güney yönüne bakan S1 senaryosunda simülasyon yapılan tüm saatler için ortalama aydınlık düzeyleri Tablo 2'de

verilen 300lx asgari değerinin üzerinde hesaplanmıştır. Ancak, doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sebebi ile pencereye yakın bölgelerde gerçekleşen yüksek değerler sonucu günişığı aydınlığı düğünlük dağılım göstermemektedir. Doğru yönüne bakan derslikler için geliştirilen S2 senaryosunda sabah saatlerinde ve batı yönüne bakan derslikler için geliştirilen S3 senaryosunda ise öğleden sonra benzer durum ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda, S3 senaryosunda sabah saatlerinde pencereden uzak bölgelerde aydınlık düzeyinin istenen değerin altında kaldığı görülmektedir (Tablo 3).

B. Ele alınan yönler için güneş kontrol elemanı tasarlanması

Yapılan simülasyonlar sonucunda güneş kontrolü elemanlarının gerekliliğı ortaya konmuştur. Olgyay & Olgyay [10] grafik yöntemi kullanılarak İstanbul ili için gölgeleme istenen saatler dikkate alınarak profil açısı 45° olan yatay güneş kontrol elemanı cephelerin birbirleriyle uyumunu sağlamak üzere güney, doğu ve batı cephelerine uygulanmıştır.

Tablo 3: S1, S2, S3 senaryoları 21 Mart simülasyon sonuçları.

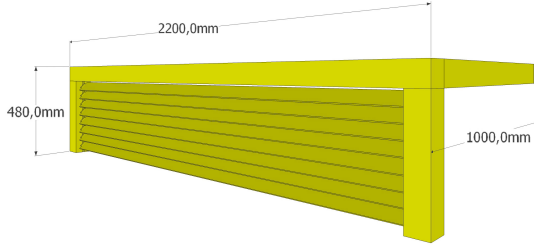
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düğünlük
S1(Güney)	9.00	1428	14.671	325	0.23
	12.00	3712	23.431	667	0.18
	15.00	1814	17.077	416	0.23
S2(Doğu)	9.00	2843	14.372	486	0.17
	12.00	808	2803	256	0.32
	15.00	362	1166	124	0.34
S3(Batı)	9.00	312	1003	106	0.34
	12.00	735	2568	226	0.31
	15.00	2766	16.815	506	0.18

Güneş kontrol elemanı parçaları 6mm kalınlığında ve 60mm yüksekliğinde olup, RAL 1018 toz boyalı alüminyum malzemedir. Güneş kontrol elemanının yatay bölümü 1.0m derinliğinde ve düşey

bölümü 0.48m yüksekliğinde ve 2.2m genişliğindedir (Şekil 2).

Tip ilkokul dersliklerinde güney, doğu ve batı yönleri için güneş kontrol elemanı

kullanıldığı durumlar sırasıyla S4, S5 ve S6 senaryoları olarak adlandırılmıştır. Tüm simülasyonlar eğitim yılını temsilen 21 Mart günü saat 9.00, 12.00 ve 15.00 için CIE Ortalama Gök Koşulu altında simülasyonlar yapılmıştır.



Şekil 2: Tasarlanan güneş kontrol elemanı görünüşü.

Güney yönüne bakan dersliklerde cepheye güneş kontrol elemanının eklendiği S4 senaryosunda doğrudan gelen güneş ışığının büyük ölçüde engellendiği görülmektedir. Pencereye yakın bölgelerdeki aydınlık düzeyi S1 senaryosuna göre düşüş göstermiş olup, ışığın mekanın derinliklerine iletilmemesi sebebi ile aydınlık bu senaryoda düzgün dağılım göstermemekte ve istenen değerin altında kalmaktadır. Doğu yönüne bakan dersliklerde cepheye güneş kontrol elemanlarının eklendiği S5 senaryosunda sabah saatlerinde doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi ile ortalama aydınlık

düzeylerinde S2 senaryosuna göre düşüş gözlemlenmektedir. Öğleden sonra günışığının engellenmesi ile ortalama aydınlık düzeyi dersliklerde istenen minimum 300 lux'un altında hesaplanmıştır. Güneş kontrol elemanının kullanımı ile pencereye yakın bölgelerdeki aydınlık düzeyleri düşmüş olup, aydınlığın mekanın derinliklerine iletilmemesi sebebi ile düzgünlük istenen değerin altında kalmıştır. Batı yönüne bakan dersliklerde cepheye yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı S6 senaryosunda simülasyon yapılan tüm saatlerde ortalama aydınlık düzeyi ve sabah ve öğle saatleri için düzgünlük değerleri S3 senaryosuna göre azalmıştır. Sabah saatlerinde günışığının engellenmesi ile ortalama aydınlık düzeyi dersliklerde istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamamaktadır. Öğleden sonra doğrudan gelen güneş ışığının bir miktar engellenmesi ile S3 senaryosunda pencereye yakın bölgelerde hesaplanan yüksek aydınlık düzeyi düşürülmüş, buna bağlı olarak düzgünlük değeri artmıştır. Gün ışığının mekanın derinliklerine iletilmemesi sebebi ile simülasyon yapılan tüm saatlerde aydınlığın düzgün dağılım göstermediği ve istenen asgari değerleri sağlamadığı görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4: S4, S5, S6 senaryoları 21 Mart simülasyon sonuçları.

Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzgünlük
S4(Güney)	9.00	660	10149	150	0.23
	12.00	1144	19483	212	0.19
	15.00	810	12042	184	0.23
S5(Doğu)	9.00	1353	12279	245	0.18
	12.00	392	936	95	0.24
	15.00	181	418	48.9	0.27
S6(Batı)	9.00	158	364	45	0.28
	12.00	359	857	89.9	0.25
	15.00	1221	14241	235	0.19

C. Ele alınan yönler için ışık rafı tasarlanması

Dersliklerin pencereden uzak bölgelerinde gerçekleşen günışığını arttırmak ve aydınlığın düzgün dağılımını sağlamak amacı ile güneş kontrol elemanlarına ek olarak hacim içine 0.6m derinliğinde ışık rafı eklenmiştir. Zeminden 2.3m yükseklikte yerleştirilen ışık rafları %80 ışık yansıtıcılığa sahip beyaz boyalı alüminyum malzeme olarak tasarlanmıştır. Tüm simülasyonlar eğitim yılını temsilen 21 Mart günü saat 9.00, 12.00 ve 15.00 için CIE Ortalama Gök Koşulu altında yapılmıştır. Güney yönüne bakan dersliklerde dış cepheye yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının iç mekana yerleştirilen ışık rafları ile birlikte kullanıldığı S7 senaryosunda güneş kontrol elemanlarının doğrudan gelen güneş ışığını engellediği, pencereye yakın bölgelerdeki günışığı aydınlığının S1 ve S4 senaryosuna göre düşüş gösterdiği görülmektedir. Işık raflarının gün ışığını mekanın derinliklerine iletmesi ile düzgünlük oranı yükselmekte ve istenen değeri sağlamaktadır. Tasarlanan dersliğin gün ışığından etkin yararlanmasına yönelik geliştirilen alternatifler arasında güney yönüne bakan dersliklerde S7 senaryosu uygun alternatif olarak belirlenmiştir.

Doğu yönüne bakan dersliklerde dış cepheye yerleştirilen güneş kontrol

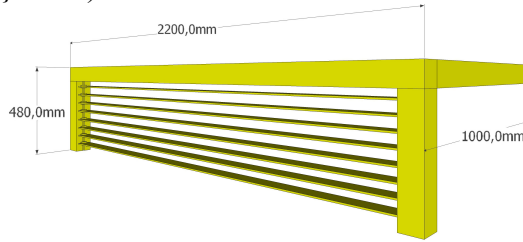
elemanlarının ışık rafları ile birlikte kullanıldığı S8 senaryosunda sabah saatlerinde hesaplanan aydınlık düzeyi S2 ve S5 senaryolarına göre düşüş göstermektedir. Simülasyon yapılan tüm saatlerde düzgünlük oranı artmış olup, saat 9.00 için yapılan hesaplamada düzgünlüğün istenen değer altında olduğu gözlemlenmektedir. Öğlen saat 12.00 için hesaplanan aydınlık düzeyi 300 lux'un üzerinde olup, öğleden sonra güneş kontrol elemanı ve ışık rafının mekana giren günışığını engellemesi sebebi ile hesaplanan aydınlık düzeyi asgari değeri sağlamamaktadır. Batı yönüne bakan dersliklerde dış cepheye yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının ışık rafları ile birlikte kullanıldığı S9 senaryosunda aydınlık düzeyi sabah ve öğle saatlerinde minimum değer olan 300 lux'un altında kalmaktadır. Işık raflarının gün ışığını mekanın derinliklerine iletmesi ile tüm saatlerde düzgünlüğün istenen değerleri sağladığı görülmektedir. Öğleden sonra doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi ve hacim içine yansıtılması sebebi ile S9 kodlu senaryo uygun seçenek olarak belirlenmiştir. Batı yönüne bakan dersliklerde öğleden sonra pencereye yakın bölgelerde doğrudan gelen güneş ışığının yaratacağı olumsuz durumların engellenmesi için ek olarak kullanıcı kontrollü sistemlerin kullanılması önerilmektedir (Tablo 5).

Tablo 5: S7, S8, S9 senaryoları 21 Mart simülasyon sonuçları.

Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlik Düzeyi (lux)	Max. Aydınlik Düzeyi (lux)	Min. Aydınlik Düzeyi (lux)	Düzgünlük
S7(Güney)	9.00	494	9974	160	0.32
	12.00	675	1752	223	0.33
	15.00	608	11882	193	0.32
S8(Doğu)	9.00	966	11245	270	0.28
	12.00	320	932	101	0.32
	15.00	148	408	48.8	0.33
S9(Batı)	9.00	129	357	46.1	0.36
	12.00	291	855	93.1	0.32
	15.00	856	12456	255	0.30

D. Doğu ve Batı yönleri için güneş kontrolü elemanlarının ayarlanması

Doğu ve Batı yönlerinde simülasyon yapılan saatlerde standartlarda belirtilen aydınlık düzeylerinin sağlanamaması sebebi ile güneş kontrol elemanının parçalarının ayarlanması önerilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı durumlarda güneş kontrol elemanı görünüşü.

Aydınlığın azaldığı saatlerde parçaların ayarlanması ile hacim içindeki aydınlık düzeyinin artırılması hedeflenmektedir. Doğu yönüne bakan derslikler için S10 ve batı yönüne bakan derslikler için S11 kodlu senaryolar geliştirilmiş, eğitim yılını temsilen 21 Mart günü saat 9.00, 12.00 ve 15.00 için CIE Ortalama Gök Koşulu altında simülasyonlar yapılmıştır. Güneş kontrol elemanı parçalarının ışığı mekan içine yansıtacak ve içeri geçirecek şekilde ayarlandığı S10 senaryosunda tüm saatlerde hesaplanan ortalama aydınlık

düzeyinin ve düzgünlüğün S8 senaryosuna göre arttığı gözlemlenmektedir. Mekanın düzgünlüğün ve aydınlık düzeyinin önemli ölçüde artması ve istenen değerlerin sağlanması sebebi ile doğu yönüne bakan dersliklerde sabah ve öğle saatlerinde güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlanması önerilmektedir. Sabah saatlerinde pencereye yakın bölgelerde doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi ve aydınlığın düzgün dağılımının sağlanması için hacim içinde ayrıca kullanıcı kontrollü sistemlerin kullanılması önerilmektedir.

Güneş kontrol elemanı parçalarının ışığı mekan içine yansıtacak ve içeri geçirecek şekilde ayarlandığı S11 senaryosunda güneş ışığının engellenmeyerek hacim içine iletilmesi sebebi ile simülasyon yapılan tüm saatlerde aydınlık düzeyi S9 kodlu senaryoya göre artmıştır. Hacim içinde istenen düzgünlüğün ve asgari 300lux'un sağlanması sebebi ile öğle saatlerinde batı yönüne bakan dersliklerde güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlanması önerilmektedir. Parçaların ayarlanması ile sabah saatlerinde görsel aktivitelerin yerine getirilebilmesi için gerekli aydınlık düzeyi sağlanamamaktadır (Tablo 6).

Tablo 6: S10 ve S11 senaryoları 21 Mart simülasyon sonuçları.

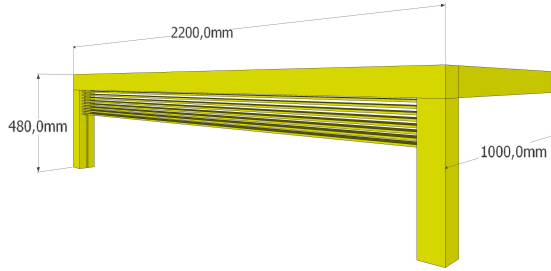
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düğünlük
S10(Doğu)	9.00	1044	11508	331	0.32
	12.00	372	1042	169	0.45
	15.00	172	453	88.3	0.51
S11(Batı)	9.00	150	398	75	0.50
	12.00	340	964	157	0.46
	15.00	1044	12585	331	0.32

E. Doğu ve Batı yönleri için güneş kontrolü elemanı parçalarının toplanması

Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı S10 ve S11 kodlu senaryolarda doğu yönüne bakan

dersliklerde saat 15.00, batı yönüne bakan dersliklerde saat 9.00 için hesaplanan aydınlık düzeylerinin görsel performansın gerçekleştirilebilmesi için yeterli asgari değer sağlanamamaktadır.

Bu sebeple güneş kontrol elemanı parçalarının toplanması önerilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı durumun görünüşü.

Bu senaryolar sırasıyla S12 ve S13 olarak adlandırılmış, eğitim yılını temsilen 21 Mart günü saat 9.00, 12.00 ve 15.00 için CIE Ortalama Gök Koşulu altında

simülasyonlar yapılmıştır. S12 senaryosunda hesaplama yapılan tüm saatlerde aydınlık düzeyi artmış, düzgünlük azalmıştır. Öğleden sonra ortalama aydınlık düzeyi S5 ve S8 senaryosuna göre artmış olup, 281lux olarak hesaplanmıştır. Doğu yönüne bakan dersliklerde öğleden sonra S12 kodlu senaryo uygun seçenek olarak belirlenmiştir. S13 senaryosunda hesaplama yapılan tüm saatlerde aydınlık düzeyi S9 ve S11 kodlu senaryolara göre artmış, düzgünlük azalmıştır (Tablo 7). Batı yönüne bakan dersliklerde sabah saatleri için S13 kodlu senaryo uygun seçenek olarak belirlenmiştir.

Tablo 7: S12 ve S13 senaryoları 21 Mart simülasyon sonuçları.

Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzgünlük
S12(Doğu)	9.00	1955	13561	449	0.23
	12.00	625	2193	223	0.36
	15.00	281	918	108	0.38
S13(Batı)	9.00	242	783	92	0.38
	12.00	568	2007	198	0.35
	15.00	1939	16013	445	0.23

5. SONUÇ

İstanbul ili için tüm yılı temsilen 21 Mart günü ve kullanım saatlerini temsilen 9.00, 12.00 ve 15.00 için yapılan günışığı performansı değerlendirmelerinde MEB Tasarım Kılavuzu'nda belirtilen kriterler doğrultusunda tasarlanan dersliğin uluslararası standartlarda görsel konfor koşullarının sağlanması için hacimlerde istenen minimum %2 gün ışığı faktörünü ve minimum 300 lux günışığı aydınlığını sağladığı hesaplanmıştır. Buna karşılık güney yönüne bakan dersliklerde tüm saatlerde, doğu yönüne bakan dersliklerde sabah saatlerinde ve batı yönüne bakan dersliklerde öğleden sonra doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sebebi ile

pencereye yakın bölgelerde görsel konforu olumsuz etkileyebilecek yüksek aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır. Bu değerleri düşürmek ve aydınlığın düzgünlüğünü arttırmak amacı ile güneş kontrol elemanları ile birlikte ışık rafı kullanılması önerilmiştir. Çalışma kapsamında tüm yönlerde cephe bütünlüğünü bozmayacak birbiri ile uyumlu ve mekanın ihtiyaçları doğrultusunda ayarlanabilir %65 ışık yansıtıcılık değerine sahip güneş kontrol elemanları tasarlanmıştır.

Güney cephesinde güneş kontrol elemanının kullanımı ile doğrudan gelen güneş ışınları engellenebilmekte, aydınlık düzeyi ve düzgünlük gerekli değerlere ulaşmaktadır. Güneş kontrol elemanlarının kullanımı ile doğu cephesinde sabah

saatlerinde düzgünlüğün gerekli değeri sağlamaması ve doğu cephesinde öğleden sonra ve batı cephesinde sabah saatlerinde güneş kontrol elemanları parçalarının gürışığının mekan içerisine geçirilmesini engelleyerek aydınlığı önemli ölçüde düşürmesi sebebi ile bu yönlerde güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlanması önerilmiştir. Doğru yönüne bakan dersliklerde öğleden sonra ve batı yönüne bakan dersliklerde sabah saatlerinde güneş kontrol elemanı parçalarının toplanması, öğle saatlerinde ise bu iki yöne bakan dersliklerde güneş kırıcı panellerin gürışığını mekan içine yansıtacak ve iletecek şekilde ayarlanması ile uygun aydınlık düzeylerinin sağlandığı görülmektedir. Cephe bütünlüğünü bozmayacak, uygulaması pratik bir sistem arayışına gidilmesi sebebi ile tüm yönlerde ihtiyaçlar doğrultusunda ayarlanabilir güneş kontrol elemanı kullanılması önerilmiştir. Önerilen güneş kontrol elemanına ek olarak doğu yönüne bakan dersliklerde sabah saatlerinde ve batı yönüne bakan dersliklerde öğleden sonra doğrudan gelen güneş ışınlarının engellenememesi sebebi ile bu saatlerde kullanıcı kontrollü sistemlerin kullanılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] MEB (2015). *Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu*. Erişim: http://iedb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2015_08/17032245_2015asgaritasarmklavuzu.pdf
- [2] IEA (2000). *Daylight in Buildings A Source Book on Daylighting Systems and Components*. Washington: International Energy Agency.
- [3] EN 12464-1 (2011). *Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces*. CEN/TC 169, European Committee for Standardisation.
- [4] Sirel, Ş. (1997). *Aydınlatma Sözlüğü*, İstanbul: YEM Kitapevi.
- [5] DfES (2003). Building Bulletin 87: Guidelines for Environmental Design in Schools. Erişim tarihi: 05.04.2017, adres <http://science.cleapss.org.uk/Resource/Building-Bulletin-87-Guidelines-for-Environmental-Design-in-Schools.pdf>
- [6] IESNA (2011). *The Lighting Handbook: Reference&Application. 10th Edition*, New York: Illuminating Society of North America, ABD.
- [7] National Research Council (2006) *Green Schools:Attributes for Health and Learning*. Washington: The National Academies Press, 80-89.
- [8] Yener, A. K., Güvenkaya, R. K., Şener, F. (2009). “ İlköğretim Dersliklerinin Görsel Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi ” , *itiüdergisi/a mimarlık, planlama, tasarım*, 8(1) 105-116.
- [9] Ahadi A. A., Hanmohammadi M. K., Masoudinejad M., Alirezaie B. (2016). “Improving student performance by proper utilization of daylight in educational environments (Case study: IUST1 School of Architecture) ”, *Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture*, 59 (1), 1-21.
- [10] Olgyay, A., & Olgyay, V. (1957). *Solar Control and Shading Devices*, Princeton University Press.