

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİP İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN IŞIĞINDAN ETKİN
YARARLANMASI AÇISINDAN TASARLANMASINA YÖNELİK BİR
ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasemin DURALER

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

HAZİRAN 2017

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİP İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN IŞIĞINDAN ETKİN
YARARLANMASI AÇISINDAN TASARLANMASINA YÖNELİK BİR
ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Yasemin DURALER
(502141523)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER

HAZİRAN 2017

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502141523 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Yasemin DURALER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TİP İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN İŞİĞİNDAN ETKİN YARARLANMASI AÇISINDAN TASARLANMASINA YÖNELİK BİR ÇALIŞMA” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Rengin ÜNVER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 4 Mayıs 2017
Savunma Tarihi : 6 Haziran 2017





Aileme ve sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca beni destekleyen ve yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Alpin Köknel Yener'e ve bu süreçte beni yalnız bırakmayan, her zaman yanımda olan çok sevdiğim aileme ve dostlarıma teşekkür ederim.

Mayıs 2017

Yasemin DURALER
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Çalışmanın Hedefi ve Kapsamı	2
1.3 Çalışmanın Yöntemi	3
2. TÜRKİYE'DE İLKÖĞRETİM	5
2.1 Eğitim ve Okul Kavramı.....	5
2.2 İlköğretim Kavramının Tarihçesi	6
2.3 İlköğretim Yapılarında Tip Proje Kavramı.....	8
3. AYDINLATMA VE GÖRSEL KONFOR KAVRAMLARI	11
3.1 Aydınlatma	11
3.2 Görsel Konfor	12
3.2.1 Parıltı dağılımı	12
3.2.2 Aydınlık düzeyi.....	13
3.2.3 Kamaşma.....	16
3.2.4 Renksel özellikler.....	17
3.2.4.1 Renk sıcaklığı ve ışık rengi	17
3.2.4.2 Renksel geriverim	18
4. İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN IŞIĞI PERFORMANSI.....	21
4.1 Gün Işığı Performansını Etkileyen Tasarım Parametreleri.....	25
4.1.1 Yapının çevresine ilişkin parametreler	26
4.1.2 Yapıya ilişkin parametreler	27
4.1.3 Hacime ilişkin parametreler	28
4.2 Gün Işığının Hacim İçine Alınmasında Yararlanılan Yöntemler	29
4.2.1 Pencereler	29
4.2.2 Çatı ışıklıkları.....	33
4.2.3 Atriumlar	35
4.2.4 Cam türü.....	36
4.2.5 Işık rafları.....	40
4.2.6 Işık tüpleri	42
4.2.7 Gölgeleme elemanları	43
5. ÖRNEK ÇALIŞMA: TİP İLKOKUL DERSLİĞİ GÜN IŞIĞI PERFORMANSININ ANALİZİ VE TASARIM ALTERNATİFLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....	47

5.1 Ele Alınan Derslik Hacminde Ortalama Gün IşığI Faktörünün Hesaplanması	50
5.2 Ele Alınan Derslik Hacminde Ortalama Gün IşığI AydınIığının Hesaplanması	51
5.3 Ele Alınan Derslik Hacmi için Güneş Kontrol Elemanının Tasarlanması.....	58
5.4 Ele Alınan Derslik Hacmine Işık Rafı Eklenmesi	68
5.5 Ele Alınan Derslik Hacminde Doğu ve Batı Yönleri için Ek Alternatiflerin Geliştirilmesi.....	76
5.6 Ele Alınan Derslik Hacmi için Uygun Tasarım Alternatiflerinin Belirlenmesi	86
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ	105



KISALTMALAR

ASE	: Annual Sunlight Exposure
BRE	: British Research Establishment
BREEAM	: British Research Establishment Environmental Assessment Method
CIE	: International Commission on Illumination
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
sDA	: Spatial Daylight Autonomy
USGBC	: U.S. Green Building Council





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Eğitim yapılarında bazı birimler için gerekli minimum aydınlık düzeyi değerleri (EN 12464-1, 2011).	14
Çizelge 3.2: Eğitim yapılarında bazı birimler için gerekli minimum düzgünlük değerleri (EN 12464-1, 2011).	15
Çizelge 3.3: Görev alanı- yakın çevre aydınlık düzeyi ilişkisi (EN 12464-1, 2011).	15
Çizelge 3.4: Eğitim yapıları bazı birimler için maksimum kamaşma değerleri (EN 12464-1, 2011).	16
Çizelge 3.5: Renk sıcaklıkları (IESNA, 2011).	18
Çizelge 3.6: Eğitim yapıları bazı birimlerinde kullanılacak lambalar için minimum renksel geriverim değerleri (EN 12464-1, 2011).	19
Çizelge 4.1: Ilımlı-nemli iklim bölgesi mekan-yön tablosu (MEB, 2015).	27
Çizelge 4.2: Tek taraflı pencere ile aydınlanan mekanlarda oda derinliğine bağlı pencere-duvar oranı ilişkisi (BS 8206-2, 2008).	33
Çizelge 5.1: Derslik hacmine ilişkin değerlerin belirlenmesi.	48
Çizelge 5.2: Derslik hacmine ilişkin tasarım değişkenleri için önerilen değerler	50
Çizelge 5.3: Gün ışığı performansı için incelenen parametreler.	50
Çizelge 5.4: Gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.	51
Çizelge 5.5: S1 senaryosu simülasyon sonuçları.	52
Çizelge 5.6: S2 senaryosu simülasyon sonuçları.	54
Çizelge 5.7: S3 senaryosu simülasyon sonuçları.	56
Çizelge 5.8: Güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.	60
Çizelge 5.9: S4 senaryosu simülasyon sonuçları.	61
Çizelge 5.10: S5 senaryosu simülasyon sonuçları.	63
Çizelge 5.11: S6 senaryosu simülasyon sonuçları.	66
Çizelge 5.12: Güneş kontrol elemanı ve ışık rafının birlikte kullanıldığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.	69
Çizelge 5.13: S7 senaryosu simülasyon sonuçları.	69
Çizelge 5.14: S8 senaryosu simülasyon sonuçları.	72
Çizelge 5.15: S9 senaryosu simülasyon sonuçları.	74
Çizelge 5.16: Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.	77
Çizelge 5.17: S10 senaryosu simülasyon sonuçları.	77
Çizelge 5.18: S11 senaryosu simülasyon sonuçları.	79
Çizelge 5.19: Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.	82
Çizelge 5.20: S12 senaryosu simülasyon sonuçları.	82
Çizelge 5.21: S13 senaryosu simülasyon sonuçları.	84
Çizelge 5.22: Güneye bakan derslikler için geliştirilen tasarım alternatiflerinin gün ışığı performansı analizi sonuçları.	87

Çizelge 5.23: Doğuya bakan derslikler için geliştirilen tasarım alternatiflerinin gün ışığı performansı analizi sonuçları.....	89
Çizelge 5.24: Batıya bakan derslikler için geliştirilen tasarım alternatiflerinin gün ışığı performansı analizi sonuçları.....	91
Çizelge 6.1: Yönlere göre uygun bulunan senaryolar.....	95



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1: Yetersizlik kamaşması (CHPS, 2002).	17
Şekil 3.2: Farklı renksel geriverim değerlerine sahip lambalarla aydınlatılmış nesnelerin renk görünimleri (URL-6).	18
Şekil 4.1: Çevre yapıdan yansıyan gün ışığının niteliğinin değişmesi (URL-9).	26
Şekil 4.2: Yüksek gün ışığı erişimli bina form örnekleri (PWC, 2002).	28
Şekil 4.3: İlkokul dersliği pencere–dış görüş ilişkisi (URL-11).	30
Şekil 4.4: İlkokul dersliği göz hizası penceresi (URL-12).	31
Şekil 4.5: Tek taraflı pencerelerde farklı ışık dağılımları (DfEE, 1999).	32
Şekil 4.6: Yüksek pencere örneği (CHPS, 2002).	32
Şekil 4.7: İlkokullarda yatay çatı ışıklığı kullanımı örneği (URL-13).	34
Şekil 4.8: İlkokullarda düşey çatı ışıklığı kullanımı örneği (URL-14).	34
Şekil 4.9: Testere dişli çatı ışıklığı örneği (URL-15).	34
Şekil 4.10: Farklı açılardaki çatı ışıklıklarının sağladığı ışık dağılımı (URL-16).	35
Şekil 4.11: Atriumlu yapıda ışık dağılımı (Kenny ve Lewis, 1994).	35
Şekil 4.12: Holografik optik elemanların ışığı yönlendirmesi (IEA, 2000).	37
Şekil 4.13: Lazer kesim panellerin güneş kırıcı sistem olarak kullanılması (IEA, 2000).	37
Şekil 4.14: Prizmatik paneller ile ışığın yeniden yönlendirilmesi (IEA, 2000).	38
Şekil 4.15: Termokromik cam (URL-17).	39
Şekil 4.16: Çeşitli ışık rafı kombinasyonları (Robbins, 1986).	40
Şekil 4.17: Sınıflarda ışık rafının kullanımı (URL-18).	41
Şekil 4.18: Işık raflarının farklı açılarda kullanımı (Wulfinghoff, 1999).	42
Şekil 4.19: Ortaokul binasında ışık tüpü örneği (URL-19).	43
Şekil 4.20: Yatay gölgeleme elemanları örnekleri (URL-20).	44
Şekil 4.21: Lise binasında düşey gölgeleme elemanlarının kullanımı (URL-21). ...	44
Şekil 4.22: Azimut açısı (URL-22).	45
Şekil 5.1: Tasarlanan ilkökul dersliği planı.	48
Şekil 5.2: Tasarlanan ilkökul dersliği kesiti.	48
Şekil 5.3: Tasarlanan ilkökul dersliği cephesi.	49
Şekil 5.4: Gün ışığı faktörü dağılımı.	51
Şekil 5.5: S1 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	52
Şekil 5.6: S1 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	53
Şekil 5.7: S1 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	54
Şekil 5.8: S2 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	55
Şekil 5.9: S2 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	55
Şekil 5.10: S2 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	56
Şekil 5.11: S3 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	57
Şekil 5.12: S3 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	57
Şekil 5.13: S3 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	58
Şekil 5.14: Güneş kontrol elemanı profil açısının belirlenmesi.	59
Şekil 5.15: Tasarlanan güneş kontrol elemanı kesiti.	60

Şekil 5.16: Tasarlanan güneş kontrol elemanı görünüşü.	60
Şekil 5.17: S4 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	61
Şekil 5.18: S4 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.....	62
Şekil 5.19: S4 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	63
Şekil 5.20: S5 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	64
Şekil 5.21: S5 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	64
Şekil 5.22: S5 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	65
Şekil 5.23: S6 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	66
Şekil 5.24: S6 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	67
Şekil 5.25: S6 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	67
Şekil 5.26: Işık rafının hacim içinde konumlanması.	68
Şekil 5.27: S7 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	70
Şekil 5.28: S7 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	70
Şekil 5.29: S7 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	71
Şekil 5.30: S8 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	72
Şekil 5.31: S8 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	73
Şekil 5.32: S8 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	73
Şekil 5.33: S9 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	74
Şekil 5.34: S9 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	75
Şekil 5.35: S9 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	76
Şekil 5.36: Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı durumlarda güneş kontrol elemanı görünüşü.	77
Şekil 5.37: S10 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	78
Şekil 5.38: S10 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	78
Şekil 5.39: S10 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	79
Şekil 5.40: S11 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	80
Şekil 5.41: S11 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	80
Şekil 5.42: S11 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	81
Şekil 5.43: Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı durumun görünüşü.	82
Şekil 5.44: S12 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	83
Şekil 5.45: S12 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	83
Şekil 5.46: S12 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	84
Şekil 5.47: S13 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	85
Şekil 5.48: S13 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	85
Şekil 5.49: S13 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.	86

TİP İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN IŞIĞINDAN ETKİN YARARLANMASI AÇISINDAN TASARLANMASINA YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

ÖZET

Artan ihtiyaçlar karşısında hızlı ve kolay üretim imkanı sağlayan tip proje kavramı çağın ihtiyaçlarına cevap vermekten uzak, standart projeler üretilmesine sebep olmaktadır.

Gelecek kuşakların yetiştirildiği sosyal mekanlar olan eğitim yapılarında öğrenmeye teşvik edici, hoş mekanların yaratılması sadece estetik değil aynı zamanda fiziksel koşulların sağlanması açısından teknik yaklaşım gerektirmektedir.

Eğitim-öğretim faaliyetlerinin gerçekleştiği ilkökuller 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 konfor, sağlık koşulları ve enerji tasarrufunun sağlanması nedeni ile önemlidir.

Bu çalışmanın amacı tip ilkökuller dersliklerinin gün ışığından etkin yararlanması açısından tasarlanmasına ilişkin tasarım alternatifleri geliştirerek, kullanıcıların görsel aktiviteleri zorlanmadan yerine getirebilmeleri için uygun çözümlerin belirlenmesidir.

Bu çalışma kapsamında ilkökuller dersliklerinin gün ışığından etkin yararlanılmasına yönelik tasarım kriterleri ve gün ışığının mekan içerisine alınmasında yararlanılan yöntemler incelenmiş, tip ilkökuller dersliği tasarlanarak tip okul projelerinde gün ışığından etkin yararlanılmasına yönelik tasarım alternatifleri geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda bu alternatifler gün ışığı performansı açısından karşılaştırma yapılarak en uygun çözümler belirlenmiştir.

Çalışma 6 bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde çalışmanın amacı, hedefi, kapsamı ve yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde eğitim ve okul kavramlarının önemi belirtilmiş, ilköğretim kavramı tarihsel süreci içinde incelenmiştir. Bu bölümde ülkemizde sıkça başvurulanan tip okul kavramı açıklanmıştır. Eğitim yapılarında tip projelere başvurulmasının yarattığı problemler ana hatları ile ortaya konmuş ve Türkiye’de tip okul kavramının tarihçesi özetlenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde aydınlatma ve görsel konfor kavramları ele alınmıştır. Bu bölümde görsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli

parametreler tanımlanmış ve bu parametreler için EN 12464-1 standardında istenen değerler ilgili tablolarda verilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde eğitim yapılarının gün ışığından etkin yararlanmasını etkileyen tasarım parametreleri incelenmiş, bu yapılarda gün ışığının hacim içerisine alınmasında yararlanılan yöntemler açıklanmış ve örneklendirilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan kılavuz doğrultusunda tip ilkokul dersliği tasarlanmış ve bu dersliğin doğal aydınlatma performansı uluslararası standartlarda belirtilen kriterler doğrultusunda incelenmiştir. Tasarlanan dersliğin gün ışığından etkin yararlanılmasına yönelik tasarım alternatifleri sunulmuş ve geliştirilen alternatifler standartlar doğrultusunda değerlendirilerek uygun çözümler belirlenmiştir.

Çalışmanın altıncı bölümünde çalışmanın sonucu, çalışmanın önemi ve ileride yapılacak çalışmalarda incelenebilecek konular hakkında bilgi verilmiştir.



A DESIGN APPROACH FOR DAYLIGHT UTILIZATION IN TYPICAL SCHOOL CLASSROOMS

SUMMARY

Good learning environment promotes better learning. A well designed school environment encourages students for learning, increase students' performances and shape their perception about the society they are in. Schools must satisfy physical and psychological needs and expectations of children. For all the reasons mentioned above, schools must be designed very carefully.

The concept of typical project provides fast and easy production. However typical projects create outmoded and standardized projects. The application of typical project concept in primary school buildings where educational activities performed create spaces that can not fulfill needs and expectations of children.

Visual activities like writing and reading are carried out in educational buildings and appropriate lighting conditions must be achieved in order to perform these activities accurately, precisely and quickly. Optimum use of daylight in classrooms has number of positive effects such as ensuring visual comfort, better health conditions, better learning environment, encouraging children to outperform in schools, also energy saving by reducing the demand for artificial lighting.

The aim of this study is;

- Daylighting analysis of primary school classroom designed by following the design guide criteria prepared by Ministry of Education of Turkey,
- To demonstrate design alternatives for better utilization of daylight in typical elementary school classrooms,
- To demonstrate the possibility of presenting simple but effective design solutions for improving daylight performance of classrooms that faces different directions.

In this study, design criteria for effective utilization of daylight in classrooms are discussed and design alternatives are developed for classrooms in typical primary schools. Appropriate solutions are determined by comparison data obtained from the simulations following the criteria in standards.

The study consist of six chapters.

The purpose, scope and methods of the study is mentioned in Chapter 1.

The concept of education and typical projects are discussed in Chapter 2. Historical process of primary education system in Turkey is reviewed. Information about the concept of typical project is discussed and disadvantages of using this concept in educational premises are stated. Historical process of typical project concept in Turkey is also reviewed in this chapter.

The concept of lighting and visual comfort are discussed in Chapter 3. Parameters affecting visual comfort are described. Illuminance, uniformity, glare, luminance, color aspects are described and recommended values for these parameters are given according to the data gathered from the standard of EN 12464-1.

Concept of daylighting is discussed in Chapter 4.

Positive effects of daylight on health, performance and child psychology are argued. Studies conducted to demonstrate these positive effects are introduced in this chapter. Design parameters affecting the daylight performance of a building are explained. Each parameter was explained according to the issue of daylight utilization in elementary schools. These parameters are classified in 3 groups as it follows:

- Parameters related to the environment of the building,
- Parameters related to the building,
- Parameters related to the indoor space.

Methods for introducing daylight into a space are also discussed in this chapter. These methods are classified in 6 groups as it follows:

- Sidelighting
- Rooflighting
- Atriums
- Glazing
- Light pipes
- Light shelves
- Shading devices

In Chapter 5, a typical classroom is designed in accordance with the design guide criteria prepared by Ministry of Education of Turkey.

In the scope of this study, daylight factor, illumination level and uniformity ratio are examined. For daylight factor, simulations are carried out for overcast sky conditions. For daylighting simulations, 21st of March is selected as representative day, and 9.00 a.m., 12.00 a.m. and 3.00 p.m. are selected as representative hours. Daylighting simulations are carried out at average sky conditions on 21st of March, at the time of 9.00 a.m., 12.00 a.m. and 3.00 p.m. respectively. All simulations are performed for İstanbul, representing the temperate climate region. Daylighting simulations are performed by using Dialux Evo 7 programme software.

The simulation results showed that the required level of illumination for visual comfort and the daylight factor value for a daylit classroom can be achieved by following the design guide criteria prepared by the Ministry of Education of Turkey. Although the required values for illumination level and the daylight factor are provided, it's been determined that the illumination was not uniformly distributed since direct sunlight was not obstructed. For this purpose design alternatives are developed in order to ensure visual comfort in classrooms. To ensure facade integrity and the solar control, same type of adjustable shading devices in south, east and west orientation are proposed and using light shelves uniform distribution of illumination is aimed. Simulations are made for each scenarios and appropriate alternatives are identified by comparing. Findings are;

- The direct sunlight is to be obstructed by using horizontal shading devices that provide 45 profile angle in south facing classrooms. Values for illumination level and the uniformity ratio is provided by using this scenario.
- For the classrooms facing east and west directions, due to the changing angles of sun it is recommended to adjust the inner parts of the shading device. Also it is recommended to use manual devices inside the classrooms during morning hours in west facing classrooms and during afternoon hours in east facing classrooms.

Conclusions of the study are discussed in Chapter 6. Recommended scenarios for each directions and for representative hours are given in table. The contribution of the study and topics that can be examined for future studies are also identified in this section.





1. GİRİŞ

Toplumun gelişmişlik düzeyini etkileyen etmenlerden biri olan eğitim adil ve dürüst toplum yapısının yaratılmasında ve toplumun refah düzeyinin artırılmasında önemli rol oynar. Eğitim-öğretim aktivitelerinin gerçekleştiği öğrenme ortamları işlevsel, estetik ve gerekli fiziksel koşulların sağlandığı mekanlar olarak tasarlanmalıdır. Bu mekanlar doğru tasarlandığında öğrencilerin fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşıladığı gibi öğrencilerin içinde bulunduğu çevreye dair algılarının şekillenmesinde, farkındalıklarının artmasında rol oynarlar (Çukur, 2004).

Aydınlatma bu etkinin yaratılmasına en önemli etkenlerden biridir. Öğrencilerin performanslarının bulundukları çevreden hoşnut olma durumu ile ilişkili olduğu ve okullarda 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 etkisi göz önünde bulundurularak en doğru uygulamanın yapılması gerekmektedir. Gün ışığının öğrencilerin sağlığı, ruh halleri, performansları üzerinde olumlu etkileri olmakla birlikte, gün ışığından etkin yararlanılarak yapma aydınlatma ihtiyacı en aza indirilmekte ve ülke ekonomisine katkıda bulunulabilmektedir. Aydınlatma sistemi tasarımı yapı özelinde ele alınması gereken konulardan biri olup, birçok parametreye bağlı olarak farklı çözümler gerektirmektedir.

Ülkemizde tip okul projelerinin hayata geçmesi yapı üretiminde standardizasyon sağlarken, yöreye uygun olmayan çözümlerin üretilmesine neden olmaktadır. Aydınlatma sistemi tasarımının yapının tasarım aşamasından itibaren yapının bulunduğu çevre, yapının ve ilgili birimlerin 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.

1.1 Çalışmanın Amacı

Eğitim yapılarında en yoğun kullanıma sahip birimler olan dersliklerin, görme aktivitesinin zorlanmadan, eksiksiz ve konforlu bir şekilde yapılmasına olanak sağlayacak fiziksel ortamı sağlaması gerekmektedir. Bu ortamın sağlanmasına yönelik ilk tasarım aşamasından itibaren günümüz teknolojisinden yararlanarak doğal aydınlatma simülasyonlarının yapılması ve bu simülasyonlardan çıkan sonuçlar yardımı ile gerekli önlemlerin alınarak öğrencilerin hem fiziksel hem de psikolojik ihtiyaçlarına cevap veren dersliklerin tasarlanması mümkündür. Bu doğrultuda yürütülen çalışmanın amacı;

- Derslik hacimlerinin gün ışığından etkin yararlanmasında etkili tasarım parametrelerinin ortaya konması,
- Bakanlık tarafından yayımlanan ve ilkokullarda uyulması gereken asgari standartların belirtildiği kılavuz doğrultusunda tasarlanan ilkokul dersliğinin gün ışığı performansının analizi,
- Farklı yönlerde bakan dersliklerin gün ışığı performansının iyileştirilmesine yönelik basit ama etkili çözüm önerisinin sunulmasının mümkün olduğunun gösterilmesi

olarak sıralanabilir.

1.2 Çalışmanın Hedefi ve Kapsamı

Günümüzde enerji kaynaklarının azalması, enerji tüketimini azaltacak pasif sistemlerden yararlanmayı önemli hale getirmiştir. En temel ışık kaynağı olan gün ışığından etkin yararlanmak, kullanıcıların sağlığı ve ruh halleri üzerinde olumlu etkileri olduğu gibi yapma aydınlatma ihtiyacını azaltarak enerji tasarrufu sağlar.

Bu bağlamda çalışmanın hedefi, kullanıcılarının gelişim çağındaki çocuklar olduğu dersliklerde gün ışığından en verimli şekilde yararlanan, çocukların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçları karşılayan fiziksel ortamların yaratılmasıdır. 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 doğrultusunda tasarlanacak olan tip okul projelerinin doğal aydınlatma performansı analiz edilmiş ve örnek çalışma ile tasarım alternatifleri ortaya konmuştur.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında ulusal ve uluslararası literatür taraması yapılmış, tip okul kavramı ve doğal aydınlatma kavramları incelenerek ilkokulların gün ışığından etkin yararlanmasına yönelik tasarım parametreleri belirlenmiştir. Eğitim tesislerinde sağlanması gereken asgari kriterlerin belirtildiği 2015 yılında yayımlanan Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu doğrultusunda tip ilkokul dersliği tasarlanmış, kılavuzda istenen asgari kriterlerin yeterliliği incelenmiştir. Bu bağlamda tasarlanan dersliğin gün ışığı performansı Dialux Evo 7 programında simüle edilerek, uluslararası standartlar doğrultusunda yeterliliği incelenmiş ve tip ilkokul dersliğinde kullanıcıların görsel konfor koşullarını sağlayan uygun doğal aydınlatma sistemi tasarımının gerçekleştirilmesine yönelik tasarım alternatifleri sunulmuştur.



2. TÜRKİYE’DE İLKÖĞRETİM

Çalışmanın bu bölümünde eğitim ve okul kavramları incelenmiştir. Eğitimin amaçları ve önemi hakkında bilgi verilmiş, Türkiye’deki ilköğretim kavramı tarihsel süreci içinde incelenmiştir. Bu bölümde ayrıca tip projelerin uygulanma sebepleri ve tip proje kavramının okul yapılarında uygulanmasının getirdiği olumsuz sonuçlar hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Eğitim ve Okul Kavramı

Eğitimin amacı yeni kuşakları gerekli bilgi ve becerileri kazandırmak yoluyla hayata hazırlamak ve alınan bilgi, beceri ve değerler ile toplumun refah düzeyini yükseltmektir (Memişoğlu ve İsmetoğlu, 2013). Ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleyen etmenlerden biri olan eğitimin çağın ihtiyaçlarına ve toplumun sosyal, ekonomik, politik ve kültürel yapısına uygun olması gerekmektedir (Gök, 1999). Bu nedenle de ülkelerin izlediği eğitim politikaları ve buna bağlı olarak eğitimin süresi, şekli, amacı ve kapsamı farklılıklar göstermektedir (Varol ve İmamoğlu, 2014).

1973 yılında çıkarılan 1739 sayılı Milli Eğitim Temel Kanunu Madde 2’de Türk Milli Eğitiminin amaçları şu şekilde tanımlanmıştır:

Türk Milletinin bütün fertlerini,

1. Atatürk inkılap ve ilkelerine ve Anayasada ifadesini bulan Atatürk milliyetçiliğine bağlı; Türk Milletinin milli, ahlaki, insani, manevi ve kültürel değerlerini benimseyen, koruyan ve geliştiren; ailesini, vatanını, milletini seven ve daima yüceltmeye çalışan, insan haklarına ve Anayasanın başlangıcındaki temel ilkelere dayanan demokratik, laik ve sosyal bir hukuk Devleti olan Türkiye Cumhuriyetine karşı görev ve sorumluluklarını bilen ve bunları davranış haline getirmiş yurttaşlar olarak yetiştirmek;

2. Beden, zihin, ahlak, ruh ve duygu bakımlarından dengeli ve sağlıklı bir kişiliğe ve karaktere, hür ve bilimsel düşünme gücüne, geniş bir dünya görüşüne sahip, insan haklarına saygılı, kişilik ve teşebbüse değer veren, topluma karşı sorumluluk duyan; yapıcı, yaratıcı ve verimli kişiler olarak yetiştirmek;

3.İlgi, istidat ve kabiliyetlerini geliştirerek gerekli bilgi, beceri, davranışlar ve birlikte iş görme alışkanlığı kazandırmak suretiyle hayata hazırlamak ve onların kendilerini mutlu kılacak ve toplumun mutluluğuna katkıda bulunacak bir meslek sahibi olmalarını sağlamak; Böylece bir yandan Türk vatandaşlarının ve Türk toplumunun refah ve mutluluğunu arttırmak, öte yandan milli birlik ve bütünlük içinde iktisadi, sosyal ve kültürel kalkınmayı desteklemek ve hızlandırmak ve nihayet Türk Milletini çağdaş uygarlığın yapıcı, yaratıcı ve seçkin bir ortağı yapmaktır (URL -1).

Okullar eğitim-öğretim faaliyetlerinin gerçekleştiği fiziksel ortamlardır. Eğitim sisteminin çağın gereksinimlerini yakalayan, toplumsal, kültürel ve ekonomik gelişmeyi sağlayıcı olması zorunluluğu, okulların kullanıcılarının fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde tasarlanması zorunluluğunu beraberinde getirir. Okullar yeni nesilleri öğrenmeye, tartışmaya, paylaşmaya teşvik edici, eğitim sisteminin öngördüğü metodların sağlıklı şekilde uygulanabileceği donanımlı fiziksel mekanlar olmalıdır. Bu sebeplerle okul tasarımı gerek görsel gerekse teknik bir bütünlük içinde ele alınmalıdır (Atabay, 2014).

2.2 İlköğretim Kavramının Tarihçesi

19. yy ortalarına kadar Osmanlı İmparatorluğu'nda faaliyet gösteren farklı okullar olmakla birlikte bu okulların ortak noktası din odaklı eğitim veriyor olmaları idi. İmparatorluk dönemi eğitim yapıları medreseler, sıbyan mektepleri, enderun ve acemioğlan kışlaları olmak üzere 4 bölümde incelenebilir. Sıbyan mektepleri 5- 13 yaş aralığındaki halk çocuklarının devam ettiği karma eğitim veren, padişah, sadrazam veya halkın her kesiminden hayırsever zenginler tarafından yaptırılan okullardı. Her mahallede açılması sebebi ile Mahalle Mektebi de denilen bu okulların temel hedefi İslam dininin ve Kuran-ı Kerim'in öğretilmesi idi. Medreseler imparatorluğun ana eğitim kurumları idi. İlk olarak Orhan Gazi tarafından kurulan medreseler, Fatih Sultan Mehmet tarafından ilk, orta ve yüksek eğitim olmak üzere farklı kademelere ayrılmıştır. Acemioğlan kışlaları devşirme Hristiyan çocukların askeri odaklı eğitildikleri eğitim kurumlarıdır. Enderun mektepleri Türk olmayan azınlıkların bünyesinde eğitim alarak saray hizmetinde yararlanılmak üzere yetiştirildiği kurumlardı (Karamuk, 1973).

19. yy eğitimde reformların yapılmaya başlandığı dönemdir. Bu yüzyılda kaybedilen savaşların çözümü modern eğitim kurumlarının açılması ve teknik donanıma sahip bireylerin yetişmesinde aranmıştır. 1824 yılında II. Mahmut'un yayınladığı ferman

ile ilk kez ilköğretim zorunlu hale getirilmiştir (Aslan, 1991). Modern eğitim kurumlarına geçiş ise Tanzimat Dönemi ile gerçekleşmiştir. 1839 Tanzimat fermanı ile askeri okullardan başlanmak üzere Avrupa tipi okullar açılmıştır. 1839 yılında rüştiyeler açılmış, 1846 yılından itibaren sıbyan mekteplerinde yenileşme hareketine gidilmiştir (Gök, 1999; Karamuk, 1973). 29 Nisan 1857 yılında Maarifi Umumiye Nezareti (Milli Eğitim Bakanlığı) kurulmuş, 1 Eylül 1869 yılında yürürlüğe giren Maarif-i Umumiye Nizamnamesi (Genel Eğitim Tüzüğü) ile merkezi bir eğitim-öğretim sistemi amaçlanmıştır. Öğrenim ilkokul seviyesindeki sıbyan mektepleri ve rüştiyeler, ortaokul seviyesindeki idadi ve sultaniler ve yükseköğrenim seviyesindeki Darülfünun ve yüksek okullar olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. 1913 yılında çıkarılan Tedrisat-ı İptidaiye Kanun-u Muvakkatı ile sıbyan mektepleri ile rüştiyeler birleştirilerek ilkokul seviyesindeki İptidai Mektepleri açılmış ve eğitim süresi zorunlu olarak 6 yıla çıkarılmıştır (Karamuk, 1973). Tanzimatla başlayan eğitimde modernleşme hareketinde modern eğitim kurumları ile geleneksel eğitim kurumlarının birbirinden farklı eğitim sistemi benimsemeleri sebebi ile eğitimde ikilik meydana getirmiştir.

Cumhuriyetin ilanına kadar halkın devlet yönetiminde söz sahibi olması söz konusu olmadığı için eğitim-öğretim devletin önem verdiği konulardan değildi. Cumhuriyetin ilanı ile halkın okuma-yazma öğrenmesi, toplumu ileri götürecek bilgi birikimine sahip olması önem kazandı. 3 Mart 1924 Tevhid-i Tedrisat Kanununun kabulü ile medreseler kapatılmış ve tüm eğitim kurumları Maarif Vekaleti'ne (Milli Eğitim Bakanlığı'na) bağlanmıştır. Eğitimde ikiliğe son veren bu kanun ile eski eğitim kurumları terk edilmiştir. 1924 yılında yapılan İkinci Heyet-i İlmiye Toplantısı'nda ilköğretim 5 yıla indirilmiştir (Okur, 2005).

1961 anayasasında ilköğretimin zorunlu ve parasız olduğu maddeleri yer almaktadır (Karamuk, 1973). Ayrıca bu anayasa ile Devlet Planlama Teşkilatı kurulmuştur. 1963 yılı itibari ile 3 dönem boyunca 5'er yıllık kalkınma planları yapılarak 15 yıllık eğitim sistemi planlanmıştır (Aytaç, 1967). 1973 yılında 1739 sayılı Milli Eğitim Temel Kanunu ile eğitim sistemi yaygın ve örgün eğitim olmak üzere iki bölüme ayrılmış ve ilköğretim okulları zorunlu olan dört yıl süreli ve zorunlu olmayan fakat tercihe imkan veren dört yıl süreli olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Mecburi ilköğretime başlangıç çağı çocuğun 5 yaşını bitirdiği yılın eylül ayı olarak belirtilmiştir (URL-2). 16 Ağustos 1997 yılında çıkarılan 4306 sayılı yasa ile zorunlu ilköğretim beş yıldan

kesintisiz sekiz yıla çıkarılmıştır (Köse ve Barkul, 2007). 30/03/2012 tarihinde 6287 sayılı İlköğretim ve Eğitim Kanunu ile Bazı Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile zorunlu eğitim 12 yıla çıkarılmıştır. 4+4+4 olarak da bilinen ve ilkokul, ortaokul ve lise olmak üzere 3 farklı bölümden oluşan bu sistemde ilköğretim kademesi çocuğun 5. yaşını bitirdiği yılın eylül ayında başlamaktadır (URL-3).

2.3 İlköğretim Yapılarında Tip Proje Kavramı

Çocukların ailelerinden uzak toplumsal yaşama katıldığı ilk ortam olan okullar sadece eğitimin yapıldığı mekanlar değil aynı zamanda iletişim kurma, uyum sağlama, problem çözme gibi deneyimlerin yaşandığı öğrenim mekanlarıdır. Bu deneyimler sadece sosyal ilişkilerle sınırlı değildir. Çocukların zamanlarının büyük bölümünü geçirdiği okulların fiziksel özellikleri çocukların yaşadıkları toplumu ve çevreyi algılamalarında etkili olabilir. Bu özellikleri ile okullar fiziksel, psikolojik ve sosyal etkiler göz önüne alınarak tasarlanmalıdır (Çukur, 2004).

1968-1972 yıllarını kapsayan II. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda inşaat maliyetlerinde düşüş ve inşa sürelerinde azalma sağlamak için standartlaşmaya gidilmesi ve bu kapsamda her türlü eğitim yapısı için asgari standartların geliştirilmesi hedeflenmiştir (URL-4). 1997 yılında zorunlu eğitimin 8 yıla çıkarılması ile okul ihtiyacı artmış ve buna bağlı olarak Milli Eğitim Bakanlığı bazı üniversitelerin mimarlık fakültelerine ve bazı müşavir firmalara okul projeleri hazırlatmıştır. Yapım sistemi ve malzemede standardizasyon sağlamak, proje ve yapım maliyetlerini düşürmek ve hızla artan bina talebini kısa sürede karşılamak okullarda tip projelere başvurulmasının başlıca sebepleri olarak sıralanabilir (Köse ve Barkul, 2012).

Artan ihtiyaçlara hızlı çözüm üretmek üzere tip projelere başvurulması beraberinde o yöreye uygun olmayan, kullanıcıların farklı ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz standart mekanlar sunmaktadır. Özellikle çocukların toplumsal hayata katılım sağladıkları ilkokullarda bu standardizasyon çocukların hem fiziksel hem de psikolojik ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır (Yılmaz, 2012).

Ülkemizde 2012 yılında uygulamaya başlanan ve 4+4+4 olarak bilinen yeni eğitim sistemine hızlı geçiş eski ve yeni sistemin beraber uygulandığı okullarda çeşitli altyapı sorunlarını da beraberinde getirmiştir.

Okulların ve sınıfların yeterli büyüklükte olmaması, sınıfların ve okul binalarının fiziksel yetersizlikleri yeni eğitim sistemine geçişte eğitim yapılarında karşılaşılan altyapı sorunlarından bazıları olarak sıralanabilir (Memişoğlu ve İsmetoğlu, 2013; Epçaçan, 2014).

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan 2015 tarihli Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu, eğitim yapısının türüne göre ihtiyaç programlarının ve projelerde uyulması gereken standartların belirtildiği el kitabıdır. Yeni yapım, ek yapım veya tadilatı planlanan tüm eğitim yapılarında bu kılavuza, yürürlükte bulunan bütün yönetmeliklere ve mevzuatlara, Türk Standartlarına, ilgili oda şartlarına, Avrupa Birliği ve Uluslararası kalite standartlarına uyulması gerekmektedir (MEB, 2015).

Ülkemizde ilkokullar Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Milli Eğitim Bakanlığı ve İl Özel İdaresi tarafından yaptırılmaktadır (Köse, 2010).



3. AYDINLATMA VE GÖRSEL KONFOR KAVRAMLARI

Çalışmanın bu bölümünde aydınlatma ve görsel konfor kavramları ele alınmıştır. Bu bölümde görsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli parametreler tanımlanmış ve bu parametreler için EN 12464-1 standardında istenen değerler ilgili tablolarda verilmiştir.

3.1 Aydınlatma

Aydınlatma; “nesnelere, bunların çevrelerine ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, görülebilmeleri için ışık yollamaktır” (Sirel 1997, s. 18). Görünürlük amacı taşıyan ışıklı objeler veya reklam panoları bu tanımın dışında kalırlar (Sirel, 2005). Aydınlatmanın amacı ışık kaynağını görülür kılmak değil, nesnenin görülebilirliğinin sağlanması, iyi bir görüntünün elde edilmesi veya görüntünün gereği gibi olmasıdır. Görünürlüğün sağlanmasındaki amaç aydınlığın niceliği ile ilgiliyken, iyi bir görüntünün elde edilmesinde aydınlığın niteliği önemlidir ve doğru görüntünün elde edilebilmesi için aydınlatma tekniğinin uygulanması gerekir. İyi bir görüntünün elde edilmesi ile, nesnenin biçimi, yüzey dokusu, rengi, detayları ve yapısal özellikleri kolayca algılanabilir (Sirel, 2001). Görüntünün gereği gibi olması; “Belli bir amaca, bir isteğe uygun olması, konuya yalnızca teknik açıdan değil, buna ek olarak sanatsal ve mimari açıdan da yaklaşmayı zorunlu kılar” (Sirel, 2001, s.2).

Aydınlatma gereksinimleri üç temel insan ihtiyacı olan görsel konfor, görsel performans ve güvenlik göz önüne alınarak belirlenir. Görsel konfor, çalışanların sağlığını olumlu etkiler. Verimliliğin ve işin kalitesinin artması ile ekonomik yarar sağlar. Görsel performans çalışanların zor şartlar altında veya uzun sürelerle görsel görevlerini yerine getirebilmelerine yardımcı olur, kazaları azaltır (EN 12464-1, 2011). Aydınlık ortamlar suçun daha az işlendiği veya caydırıcı özellik taşıyan, insanlara kendilerini güvenli hissettiren ortamlar yaratırlar. Aydınlatma ayrıca insanların birbirlerini görebilmeleri ve iletişim kurabilmeleri için önemli bir etkidir.

Gerekli performansı sağlayan aydınlatma için, niceliksel ve niteliksel özelliklerin sağlanması gerekir. Aydınlatmanın sayısal özellikleri yani niceliği gerekli aydınlık

düzeyi ile ilgiliyken, aydınlatmanın niteliği istenen aydınlık düzeyine ulaşmak için kullanılabilecek aydınlatma teknikleri ile ilgilidir. Görsel performansın sağlanması için büyük aydınlık düzeyleri gerekmebilir. Bazı görevler düşük aydınlık düzeyleri ile tamamlanabilmektedir. Nicelik olarak yeterli miktarda fakat kötü uygulanmış bir aydınlatma tasarımı ile iyi görme koşulları sağlanamayabilir (EN 12464-1, 2011).

Aydınlatma tekniğinde, görsel algılamayı en iyi şekilde sağlamak için aydınlatmanın nicel ve nitel özelliklerinin kullanılmasının yanı sıra ekonomik, mimari ve teknik bir yaklaşım söz konusudur (Sirel, 1991).

Aydınlığın nitel ve nicel özellikleri ile birlikte yapılan işin özelliklerine de uygun olması gerekmektedir (Sirel, 2001).

3.2 Görsel Konfor

Görsel konfor bileşenleri mevcut aydınlatma koşullarının görmeye ve görülebilir olmaya elverişli olduğuna karar verilmesine yardım eder ve gözün fizyolojisi ile doğrudan ilişkilidir. Görme işlevinin yerine getirilebilmesi için yeterli ışık miktarının sağlanması, aydınlığın ve parıltının düzgün dağılımı, kamaşmanın engellenmesi ve gerektiğinde renklerin doğru algılanması için uygun tayfsal içeriğin sağlanması görsel konforun sağlanmasına yardımcı olur (IEA, 2000).

3.2.1 Parıltı dağılımı

Parıltı (ışıklılık) “Bir yüzeyin az ya da çok ışık yayımlar görünmesine bağlı görsel duyulanması olarak tanımlanmaktadır” (Sirel, 1997, s.116). Parıltı dağılımı hedefin görülebilirliğini etkileyen gözün adaptasyon seviyesini kontrol eder ve görsel konforu etkiler. Dengeli parıltı dağılımı ile görme fonksiyonlarının etkinliği arttırılabilirken çok yüksek parıltı değerleri kamaşmaya neden olur. Yüksek parıltı kontrastları gözün sürekli adapte olmaya çalışmasından dolayı yorgunluğa yol açabilir. Bununla birlikte parıltının çok az ya da çok fazla olması donuk ve uyarıcı olmayan bir çalışma ortamı yaratılmasına neden olacağı için bu durumdan kaçınılması gerekir (EN 12464-1, 2011).

Gerçekleştirilen eylem için ihtiyaç duyulan dikkatin sürdürülebilmesi ve özellikle çalışma alanlarında dikkat dağılması ve göz yorgunluğunu engellemek için çalışma alanına yakın arka planın parıltısı önemlidir. Yüksek konsantrasyon gerektiren

işlerde görev alanı parıltısının yakın arka plan parıltısına oranı genellikle yüksekken, ayrıntı içermeyen işlerin gerçekleştiği alanlarda parıltı oranı düşebilir (IESNA, 2011).

İyi bir parıltı dağılımı için mekandaki tüm yüzeylerin dikkate alınması ve malzeme seçiminde yüzeydeki aydınlığa ve yansıtıcılıklara göre karar verilmesi gerekmektedir. Karanlıktan kaçınmak ve bina kullanıcılarının adaptasyonunu artırarak konforlarını sağlamak için özellikle duvar ve tavan olmak üzere iç mekanda yansıtıcılık değerleri yüksek renklerin kullanımı tercih edilmelidir (EN 12464-1, 2011).

EN 12464-1 standardında iç mekandaki önemli yüzeyler için önerilerilen ışık yansıtma katsayıları aşağıdaki gibidir.

Tavan: 0.7 – 0.9

Duvarlar: 0.5 – 0.8

Zemin: 0.2 – 0.4

Mobilya ve ekipmanlar: 0.2 – 0.7 (EN 12464-1, 2011).

3.2.2 Aydınlık düzeyi

Aydınlik düzeyi, “Noktayı içeren yüzey parçacığına gelen ışık akısının, bu yüzey parçacığının bölünmesi ile elde edilen büyüklük” (Sirel, 1997, s.19) olarak tanımlanmaktadır. Birimi lux’tür. “E” harfi ile sembolize edilir.

- **Görev Alanı Aydınlik Düzeyi**

Aydınlik 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 (EN 12464-1, 2011). Çizelge 3.1’de eğitim yapılarında birimlerinde görsel konforun sağlanması için gerekli minimum aydınlık düzeyi değerleri verilmektedir. Ortamdaki aydınlık düzeyi, cisimlerin net ve kolay bir şekilde algılanarak görsel işlevin yerine getirilebilmesi için önemlidir.

Çizelge 3.1 : Eğitim yapılarında bazı birimler için gerekli minimum aydınlık düzeyi (EN 12464-1, 2011).

Aktivite türü	$E_m(\text{lux})$
Sınıflar	300
Konferans Salonu	500
Tahta	500
Laboratuvar	500
Giriş	200
Koridorlar	100

Yeterli aydınlık düzeyinin sağlandığı ortamlarda cisimler detaylı ve net bir şekilde görülebileceken, düşük aydınlık düzeyindeki ortamlarda istenen görsel performans sağlanamayacaktır. Bir ortamdaki aydınlık düzeyi, çalışma düzlemindeki ışık dağılımı ve ortamın özellikleri insanların çevrelerini algılamalarını, eylemleri güvenli ve konforlu bir biçimde yerine getirmelerini sağlar. Özellikle eğitim yapılarında aydınlık düzeylerinin yeterli olması, öğretmen ve öğrencilerin görsel konforunun sağlanması ve görsel aktivitelerin zorlanmadan yerine getirilebilmesi açısından önemlidir.

Hacmin tüm noktalarında aydınlık düzeyinin aynı olması hedeflenmekle birlikte genellikle farklı aydınlık düzeyleri oluşur. Bu durum göz önüne alınarak aydınlık düzeyi tavsiyeleri çalışma düzleminde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi ve ortalama değerin sapmalarını sınırlayan düzgünlük değeri olmak üzere iki unsurdan oluşur (Slater ve Boyce, 1990). Düzgünlük, 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 (Sirel, 1997). Aydınlık düzeylerinde aniden ortaya çıkabilecek farklılıkları engelleyen düzgünlük faktörü, görsel konforun sağlanması için gerekli minimum değerleri gösterir (Çizelge 3.2). Dersliklerde gerçekleşen okuma, yazma, problem çözme gibi farklı eylemler tahta, sıra, öğretmen masası, ekran gibi farklı alanlara odaklanmayı gerektirir. Bu mekanlarda hem öğrencilerin hem de öğretmenlerin görsel konforunun sağlanması ve görsel performanslarının iyileştirilmesi için gerçekleşen farklı eylemlere gözün adaptasyonun rahat olması gerekmektedir.

Düzensünlük faktörünün standartlarda belirtilen minimum değeri altıda kalması durumunda aydınlık ve karanlık dengesizliği oluşur (Kazanasmaz, 2015).

Çizelge 3.2 : Eğitim yapılarında bazı birimlerinde sağlanması gereken minimum düzensünlük değeri (EN 12464-1, 2011).

Mekan	U_o
Sınıflar	0.60
Siyah, yeşil veya beyaz tahtalar	0.70
Bilgisayar derslikleri	0.60
Giriş Holü	0.40
Sirkülasyon alanları	0.40
Kütüphane (Okuma alanları)	0.60
Teknik Çizim Derslikleri	0.70

Görev alanlarında ortalama aydınlık düzeylerinin standartlarda verilen değeri altına düşmemesi gerekir.

- Yakın Çevre Aydınlik Düzeyi

Yakın çevre, görev alanına bitişik 0.5m genişlikteki alanı ifade eder. Yakın çevre aydınlık düzeyi ile görev alanı aydınlık düzeyi iyi dengelenmiş olmalıdır. İki aydınlık düzeyinin değeri aydınlatmanın amacına göre birbirinden farklı değeri alabilir, yakın çevre ile görev alanı aydınlık düzeyi arasındaki ani ve şiddetli bir değişim konforsuzluk yaratabilir. Görev alanının çevresindeki aydınlık düzeyi görev alanının aydınlık düzeyinden daha düşük olabilir. Çizelge 3.3'te minimum çevre aydınlık düzeyi değeri verilmiştir (EN 12464-1, 2011).

Çizelge 3.3 : Görev alanı -yakın çevre aydınlık düzeyi ilişkisi (EN 12464-1, 2011).

Görev alanı aydınlık düzeyi (E_{task}) lx	Çevre Alan aydınlık düzeyi lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{task}
100	E_{task}
≤ 50	E_{task}

- Arka Plan Aydınlik Düzeyi

İç mekan çalışma alanlarında, özellikle gün ışığından mahrum alanlarda, faal çalışma alanının çevresindeki geniş alan aydınlatılmalıdır. Bu alan 'arka plan' olarak adlandırılır. Yakın çevreye bitişik 3m genişlikte alanı işaret eder ve yakın çevre aydınlık düzeyinin 1/3'ü oranında aydınlatılmalıdır (EN 12464-1, 2011).

3.2.3 Kamaşma

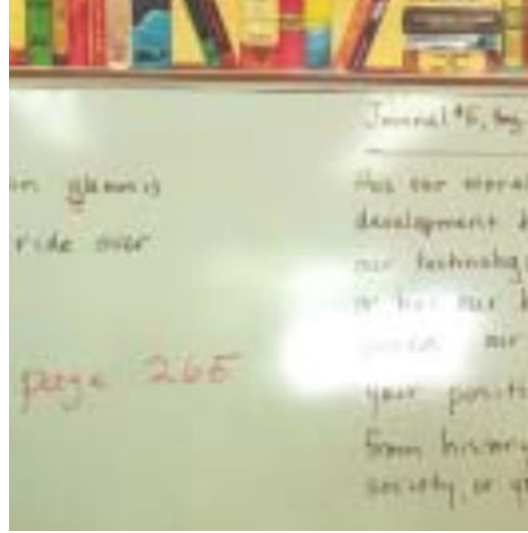
Kamaşma, görüş alanında gözün adapte olabileceğinden daha yüksek parlıtlı değerlerine sahip yüzeylerin sebep olduğu rahatsızlık hissi olarak tanımlanmaktadır. Standartlarda verilen kamaşma değerleri maksimum değerleri gösterir (Çizelge 3.4) ve bu değerlerin aşılması görsel konforu olumsuz olarak etkilemekte hatalara, yorgunluğa ve kazalara sebep olmaktadır (EN 12464-1, 2011).

Çizelge 3.4 : Eğitim yapılarında bazı birimler için maksimum kamaşma değerleri (EN 12464-1, 2011).

Aktivite türü	UGR
Sınıflar	19
Konferans Salonu	19
Tahta	19
Laboratuar	19
Giriş	22
Koridorlar	25

Yüksek parlıtlı değerleri, güçlü ışık kaynağı, düşük arka plan parlıtlısı ve görüş hattına yakınlık kamaşmayı arttıran unsurlardır. Kamaşma problemi yetersizlik kamaşması ve konforsuzluk kamaşması olarak iki şekilde ortaya çıkabilir. Konforsuzluk kamaşması parlıtlının eşit dağılmaması sonucu kişide oluşan konforsuzluk hissidir ve göz yorgunluğu ve baş ağrısı yaşanmasına sebep olabilir. Kamaşma kaynağının parlıtlı değeri, kamaşma kaynağının boyutu, kaynağın bakış açısına göre pozisyonu ve arka plan parlıtlısı konforsuzluk kamaşmasına neden olabilir (IESNA, 2011). Etkiler anında veya uzun süreli maruz kalındıktan sonra belirebilir (Winterbottom ve Wilkins, 2009). Yetersizlik kamaşması görsel performansın azalmasına yol açar (IESNA, 2011). Yetersizlik kamaşmasının yaşandığı durumlarda nesnenin detayları ile birlikte doğru algılanamaması veya görev alanındaki farklı veya yüksek parlıtlı dağılımı nedeni ile eylemin gerçekleşmesi zorlaşarak görsel algılama bozulur (Winterbottom ve Wilkins, 2009; Yağmur ve Sözen, 2016) (Şekil 3.1).

Dersliklerde öğretmen ve öğrencilerin konforlu bir şekilde eylemlerini gerçekleştirebilmeleri için kamaşmanın engellenmesi gerekmektedir. Gün ışığından yararlanılan dersliklerin pencerelerinde güneş kontrol elemanları kullanılmalıdır. Yapay aydınlatmanın devreye girdiği zamanlarda kamaşma probleminin yaşanmaması için aygıtlar bakış açısının dışında tutulmalı ve örtücü gereçler kullanılarak yüksek parlıtlı engellenmelidir (Yağmur ve Sözen, 2016).



Şekil 3.1 : Yetersizlik kamaşması (CHPS,2002).

3.2.4 Renksel özellikler

Yapma veya doğal aydınlatmanın renk kalitesi, ışığın renk görünümü ve kişinin veya objenin renk görünümünü etkileyen ışığın renksel geriverim kapasitesi ile karakterize edilir (EN 12464-1, 2011).

3.2.4.1 Renk sıcaklığı ve ışık rengi

“Aydınlatmada, aydınlatan ışığın rengi ile aydınlanan nesne ve yüzeylerin renkleri arasındaki ilişkiler çok önemlidir. Değişik spektrumlu ışıklar, özdeksel renklerde çok büyük renk türü değişikliklerine neden olabilir” (Sirel, 1996, s. 6).

Bir lambanın renk görünümü yayılan ışığın görünen rengini ifade eder ve ilişkili renk sıcaklığı ile niceliği belirtilir (EN 12464-1, 2011). Renk sıcaklığı, belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılan siyah cisimden yayılan ışığın Kelvin derece cinsinden ölçülen ışık rengidir (URL-5). Çizelge 3.5’te renk sıcaklığı, renk görünümü ve algılanan renk arasındaki ilişki verilmiştir. Renk sıcaklığı psikolojiyi ve mekanın algılanışını değiştirebilir. Doğru renk sıcaklığının seçilmesinde ortamdaki aydınlık düzeyi, mekanda gerçekleştirilen eylemler, iç mekan dekorasyonu, yöre iklimi gibi bileşenler etkilidir. Sıcak iklimlerde genellikle soğuk ışık rengi tercih edilirken, soğuk iklimlerde sıcak renkli ışık tercih edilmektedir (EN 12464-1, 2011). Aydınlatan ışık gün ışığı özelliğinde bir ışık olmadığı sürece nesnelerin görünen rengi ile algılanan rengi arasında farklar olabilir. Örneğin beyaz, gri gibi türsüz renkler aydınlatan ışığın renginde görünürler.

Çizelge 3.5 : Renk sıcaklıkları (IESNA, 2011).

	Renk Sıcaklığı	Görünüm	Algılanan
Ilık beyaz	3300K>	Kırmızımsı beyaz	Ilık
Orta beyaz	3300K-5300K	Beyaz	Doğal
Soğuk beyaz	5300K<	Mavimsi beyaz	Soğuk

Gün ışığı soğuk renk sıcaklığında olup, öğleden sonra yüksek açılı güneş ışığında genellikle yaklaşık 5000 K renk sıcaklığındadır. Açık gökyüzü koşulunda gün ışığının renk sıcaklık değeri yüksektir, güneşle ilişkili olarak yönelime göre renk sıcaklığı 20000 K’i aşabilir. Kapalı gök koşullarında gün ışığının renk sıcaklığı genellikle 5500 K değerindedir. Sadece gündoğumu ve günbatımına yakın doğrudan güneş ışığının etkisi ile renk sıcaklığı 2000K’e kadar düşebilir. Genellikle gün ışığının renk sıcaklığı değeri 5000K’in üzerindedir ve güneş, gökyüzü ve yeryüzünden yansıyan ışık miktarı ile yönelim bu değerlerin oluşmasında etkilidir (IESNA, 2011).

3.2.4.2 Renksel geriverim

Renksel Geriverim İndeksi, bir objenin aynı renk sıcaklığında bir ışık kaynağı ile aydınlatılması ile referans ışık kaynağı tarafından aydınlatılmasının karşılaştırılarak renk değişimi derecesinin ölçümüdür (IESNA, 2011). Renksel Geriverim İndeksi 1 ile 100 arası değerler ile ifade edilir ve renksel geriverim 1A, 1B, 2, 3 ve 4 olmak üzere 5 farklı grupta sınıflandırılır (CIBSE, 1994). Ra değeri 100 olan bir ışık kaynağı altında nesneler gerçek renkleri ile algılanırlar. Ra değeri düştükçe renklerin doğru algılanması da azalır (Şekil 3.2). Kimi eylemler için renk algılamasının tam ve doğru olması beklenmezken baskı, boya gibi konularda çalışan işkollarında renklerin doğru algılanması büyük önem taşır. Bir başka deyişle renksel geriverim, ışık kaynağının renkleri doğal ışık altındaki görünümüne ne kadar yakın gösterdiğini ifade etmektedir.



Şekil 3.2 : Farklı renksel geriverim değerlerine sahip lambalarla aydınlatılmış nesnelerin renk görünümüleri (URL-6).

Eğitim yapılarında tasarım veya sanat çalışmalarının yapıldığı dersliklerde kullanılan lambaların renksel geriverim özelliklerinin yüksek olması gerekmektedir (EN 12464-1,2011). Çizelge 3.6’da eğitim yapılarında kullanılacak lambalar için gerekli minimum renksel geriverim değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Eğitim yapıları birimlerinde kullanılacak lambalar için minimum renksel geriverim değerleri (EN 12464-1, 2011).

Aktivite türü	Ra
Sınıflar	80
Konferans Salonu	80
Tahta	80
Sanat okullarındaki resim atölyeleri	90
Giriş	80
Koridorlar	80

Gün ışığının tayfsal özellikleri yüksek kaliteli renk geriverimi sağlar. Kimi gök koşulları yüzeylerin renk görünümlerini değiştirmesine rağmen, renklerin gün ışığında doğal tonlarında görünmeye meyilli olduğu söylenebilir (IESNA,2011).



4. İLKOKUL DERSLİKLERİNİN GÜN IŞIĞI PERFORMANSI

Aydınlatma günlük faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için önemli bir etkidir. Aydınlatmanın amacı kullanıcıların görevlerini güvenli ve konforlu şekilde yerine getirebilmeleri için gerekli nicelik ve niteliklere sahip aydınlatma koşullarını 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 sağlayabilir (IESNA, 2011).

Doğal aydınlatmanın insan sağlığını etkileyen biyolojik ritimleri düzenleyici etkisi vardır. Gün ışığı doğru miktarda, özellikte, yayılımı ve sürede ışık sağlayarak sirkadyen ritim olarak bilinen 24 saatlik periyodlar halinde tekrarlanan uyku-uyanıklılık döngüsünün düzenlenmesinde görev alır (Acosta ve Figueiro, 2015). Sirkadyen ritim tanımı ilk olarak 1950'lerde Haldberg ve arkadaşları tarafından ortaya atılmış olup, Latince yaklaşık anlamına gelen circa ve gün anlamına gelen dies sözcüklerinden türetilmiştir (Engwall ve diğ., 2014). Beynin kontrol merkezi olan hipotalamus vücut ile iletişimde bulunarak ne zaman uykuya d alınacağını veya ne zaman uyanma hormonu üreterek günlük aktivitelere hazır hale gelineceğini iletmek için sinyaller alır. Işık, bu kontrol merkezinin aldığı en önemli sinyaldir. Bu yeniden başlatım gerektiren günlük bir döngüdür ve dış dünyadan gelen uyarılarla düzenlenen bu işleme 'entrainment' denir. Sirkadyen ritim, gün ışığı gibi kısa dalga boylu ışığa daha duyarlıyken, görsel sistem orta dalga boylu ışığa daha duyarlıdır (Acosta ve Figueiro, 2015). Erken saatlerde gün ışığı alındığında serotonin ve kortizol hormonu üretilir. Bu iki hormon uyanık, enerjik ve tetikte hissettirir. Düşük ışık seviyeleri veya karanlık gece hormonu olarak da bilinen melatonin hormonunun üretimini sağlar. Melatonin epifiz bezleri tarafından üretilen, sirkadyen ritmin uyarılmasında, uykunun başlamasında rol oynayan bir hormondur. Hormonun kandaki konsantrasyonu gün içinde azalırken, akşam saatlerinde artmaya başlar.

Melatonin üretilmediğinde yorgunluk ve uyku hali başlar. Bu gece-gündüz döngüsel ritmi vücut saatimizin ana düzenleyicisidir (Boubekri ve Shishegar, 2016).

Sirkadyen ritimdeki bir aksama diyabet, obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi uzun vadeli sağlık riskleri ile bağlantılıdır (Acosta ve Figueiro, 2015). Sirkadyen sistemin bozulmasının bilinen sonuçlarından biri de Mevsimsel Duygu Bozukluğu olarak adlandırılan olgudur ve kış mevsiminde ışığın azlığı nedeniyle kuzey enlemlerinde yaşayan insanlar arasında yüksek yüzdelerde görülür (Boubekri ve Shishegar, 2016). Günümüz dünyasında insanlar neredeyse 24 saatini iç mekanlarda geçirirken, gece ve gündüz yapay aydınlatmanın kullanılması ile gece ve gündüz arasındaki fark bulanıklaşmakta ve bu durum sirkadyen ritimde aksamalar meydana getirebilmektedir (Acosta ve Figueiro, 2015).

Gün ışığının insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Boubekri ve arkadaşları (2014) yaptıkları bir çalışmada gün ışığının ofis çalışanlarının genel sağlık ve uyku kalitesi üzerindeki etkisi incelemişlerdir. Penceresiz ortamda çalışan 27 ofis çalışanı ve pencere ortamda çalışan 22 ofis çalışanı ile yapılan araştırmada iş yerinde daha yüksek miktarda ışığa maruz kalan ofis çalışanlarının daha iyi uyku kalitesi, daha fazla fiziksel aktivite ve daha yüksek yaşam kalitesi puanlarına sahip olduklarını saptanmıştır. Bu çalışma ayrıca daha aydınlık ofiste çalışanların pencere veya gün ışığı olmayan ofislerde çalışanlara göre daha uzun süre uyuduklarını ortaya koymuştur. Yapılan başka bir çalışmada yeterli gün ışığı almayan sınıfta öğrenim gören öğrencilerin melatonin seviyelerinin daha iyi aydınlatılmış sınıfta öğrenim gören öğrencilerin melatonin seviyelerinden daha yüksek olduğu ve bunun sonucunda öğrencilerin uyku halinin artarak performanslarının düştüğü ortaya konmuştur (Leslie ve diğ., 2010). 2009 yılında yapılan bir çalışmada, 71 okulun fiziksel ortamı sirkülasyon ve yaklaşım, doğal aydınlatma, manzara ana başlıkları altında 10'lu Likert sisteminde ayrı ayrı değerlendirilmiş ve her okul için toplam bir puan oluşturulmuştur. Bu okullardaki öğrencilerin matematik, sosyal bilimler, fen bilimleri, sözcük okuma, yabancı dil başarıları okulların fiziksel ortamlarının değerlendirilmesi sonucu çıkan toplam puanlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda doğal aydınlatma ile fen bilimleri ve sözcük okuma arasında önemli bir ilişki bulunmuştur (Tanner, 2008).

Az aydınlatılmış ve penceresiz sınıflar öğrencilerde ve öğretmenlerde bedensel ve psikolojik problemlere sebep olabilir (Tanner, 2006). İlköğretim dersliklerinde gün

ışığının öğrencilerin ruh halini ve sağlığını etkilediği çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur. İsveç'te yapılan bir araştırmada, gün ışığı seviyesi ile ilkököl öğrencilerinin stres hormonu seviyeleri ve davranışları arasında önemli bir ilişki bulunmuştur (Kuller ve Lindsten, 1992). Ankara'da farklı seviyelerde gün ışığına maruz kalan öğrencilerin ruh halleri ve başarıları üzerinde yapılan çalışmada gün ışığından daha iyi yararlanan sınıflarda öğrencilerin ruh hallerinin daha iyi olduğu ve türkçe ve matematik derslerinde daha iyi performans gösterdikleri ortaya konmuştur (Şansal, 2013)

Doğru aydınlatılmış derslikler öğrencilerin daha iyi performans göstermeleri için motivasyon ve teşvik kaynağı olabilir (Samani, 2012). Okuma ve yazma okullarda gerçekleşen temel eylemlerdir ve aydınlatma bu eylemlerin gerçekleşmesinde oldukça önemlidir. Bu nedenle aydınlatma sistemi öğrencilerin herhangi bir konforsuzluk yaşamadan verimli bir öğrenim süreci geçirmesine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmalı ve tüm kullanıcılarının fizyolojik ve psikolojik gereksinimlerini yerine getirmelidir. İran'da yürütölen bir çalışmada gün ışığının öğrenci performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda farklı cephelere bakan ve farklı pencere boyutlarına sahip dersliklerde yerinde ölçüm yapılmış ve bu derslikleri kullanan 82 üniversite öğrencisine anket yapılmıştır. Yapılan çalışmada gün ışığı aydınlık değerinin 400 ile 750 Lux arasında olduğu sınıflarda yorgunluk ve rahavetin azaldığı, öğrencilerin daha yüksek not aldıkları, daha iyi performans gösterdikleri ve memnuniyet derecelerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ahadi ve diğ., 2016).

Gün ışığının yukarıda bahsedilen tüm olumlu etkileri sebebi ile okullarda aydınlatma sistemi yapının ilk tasarım aşamasından itibaren dikkatle planlanmalıdır. Kullanıcıların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılamak ve enerji tasarrufu sağlamak için okul yapılarında gün ışığından olabildiğince yararlanılmalı, gün ışığının yetersiz kaldığı durumlarda yapma aydınlatma devreye girmelidir.

Doğal aydınlatma tasarımı, yapma aydınlatma tasarımına oranla daha detaylı bir anlayış gerektirmektedir. Yapma aydınlatma ile doğal aydınlatma arasındaki temel fark yapma aydınlatma durgun özellik sergilerken, doğal aydınlatmanın gün içinde değişkenlik göstermesidir (National Research Council, 2006).

Doğal aydınlatmanın niceliğini belirleyen en yaygın ölçü gün ışığı faktörüdür. Gün ışığı faktörü, iç mekan çalışma düzleminde ölçölen aydınlık düzeyinin kapalı gök

koşulunda yatay düzlemdeki çalışma düzleminde ölçülen aydınlık düzeyine oranı olarak ifade edilir (IESNA, 2011). Gün ışığı faktörü hesaplamaları güneşin pozisyonunun, günlük veya mevsimsel değişimlerin hesaba katılmadığı hesaplamalardır (Acosta ve diğ., 2016; Korsavi ve diğ., 2016). Kapalı gök koşullarında gün ışığı faktörünün %2 'nin altında hesaplandığı 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 (IESNA, 2011).

Farklı gök koşullarını hesaba katan hesaplamalar, iklimsel bazlı ölçümler olarak adlandırılan yapının konumu, yönelimi ve kullanım saatlerinin de hesaba katıldığı detaylı hesaplamalardır (Korsavi ve diğ., 2016). En yaygın kullanılan ölçütler ise Mekansal Gün Işığı Otonomisi (sDA) ve Yıllık Güneş Işınımı Alma Miktarı (ASE) 'dır (Acosta ve diğ., 2016). Mekansal Gün Işığı Otonomisi (sDA), bir iç mekanın maruz kaldığı kabul edilebilir gün ışığı miktarını tarif eder (IESNA, 2011). Buna göre sDA, bir mekanın aydınlık düzeyinin yalnızca gün ışığı ile sağlandığı kullanım saatleri toplamının en az yarı süresinde aydınlık düzeyi en az 300 lux ölçülen zemin alanını, yıllık güneş ışıınımı alma miktarı ASE ise 250 kullanım saati boyunca 1000 lux veya daha fazla doğrudan güneş ışığına maruz kalan alan yüzdesini ifade eder (BRE Global, 2014).

İstenen doğal aydınlatma performansının sağlanabilmesi uluslararası sürdürülebilir bina sertifikasyonlarının alınabilmesi için sağlanması gereken koşullardan biridir. 1990 yılında BRE tarafından İngiltere'de tanıtılan BREEAM dünyanın ilk sürdürülebilir bina derecelendirme sistemidir. Günümüzde 77 ülkede kullanılan çevresel değerlendirme metodu olan BREEAM, projelerin üretim, tasarım, inşaat ve operasyonel süreçlerini değerlendirmektedir. Sertifika sistemine binaların yapım, kullanım ve yenileme aşamalarında başvurulabilmektedir. Binalar yönetim, sağlık ve konfor, enerji, ulaşım, su, malzeme, atık, arazi kullanımı, kirlilik ve yenilik kategorilerinde değerlendirilir ve toplamda alınan puanlara göre geçer, iyi, çok iyi, mükemmel ve üstün olarak sertifikalandırılırlar (URL-7). İsteğe bağlı olarak başvuru alan sistemde, her büyüklük ve işlevdeki yapılar için değerlendirme mevcuttur. BREEAM derecelendirme sisteminin İngiltere içindeki konut, ofis binaları, satış alanları, endüstriyel binalar, eğitim yapıları, sağlık yapıları, hapishaneler, adliye binaları ve diğer binalar ve farklı ülkelerde yapılacak binalar

için olmak üzere farklı kategorileri mevcuttur. BREEAM derecelendirme sisteminde doğal aydınlatma sağlık ve konfor kategorisi altında değerlendirilir. Bu kategori altında puan alınabilmesi için saydamlık oranı, düzgünlük değeri, gün ışığı faktörü, aydınlık düzeyi gibi kriterlerin istenen asgari değerleri sağlaması ve kamaşma kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bu kriterlerin yerine getirilmesi durumunda bu kategorilerden toplam 4 puan alınır (BRE Global, 2014).

LEED, USGBC tarafından 1998 yılında tanıtılan ve dünya çapında başvuru alan sertifikasyon sistemidir. Konut, okul, mağazacılık, konaklama, sağlık yapıları, fabrika gibi farklı bina türleri için kategoriler mevcuttur. Tasarım ve Uygulama, Operasyon ve Bakım, İç Mekan Tasarımı ve Uygulama, Çevre Geliştirme ve Evler gibi farklı aşamalarda projelerin sertifikalandırılmasına izin veren sistemde Konum ve Ulaşım, Sürdürülebilir Arazi, Su Etkinliği, Enerji ve Atmosfer, Malzeme ve Kaynak, İç Ortam Kalitesi, ve Yenilik kategorilerinden istenen puanların alınması durumunda Sertifikalı olmaya veya Gümüş, Altın, Platin sertifika almaya hak kazanılmaktadır (URL-8). Doğal aydınlatmanın İç Ortam Kalitesi kategorisi altında değerlendirildiği sertifikasyon sisteminde doğal aydınlatma başlığı altında tüm kriterlerin sağlanması durumunda 3 puan verilmektedir. Leed sertifikasyon sisteminde doğal aydınlatma başlığı altından puan alınabilmesi için Mekansal Gün Işığı Otonomisinin ve Yıllık Gün Işığı Alma Miktarının belirtilen oranlarda sağlanması, belirtilen gün ve saatler için açık gök koşulu altında yapılan simülasyonlarda 300 lux ile 3000 lux arasındaki aydınlık düzeyinin mekanda belirtilen oranlarda sağlanması veya belirtilen tarihlerde yerinde ölçüm yapılarak istenen değerlerin sağlandığının belgelendirilmesi gibi 3 farklı seçenek sunulmaktadır. Bununla birlikte ayarlanabilir güneş kontrol elemanları ile kamaşmanın engellenmesi gerekmektedir (LEED, 2016).

4.1 Gün Işığı Performansını Etkileyen Tasarım Parametreleri

Binaların gün ışığından yararlanmalarında binanın konumu, çevresindeki doğal ve yapma engeller ve bu engellerin yükseklikleri, ışık yansıtıcılık özellikleri gibi *yapının çevresine ilişkin parametreler*, binanın yönelimi, formu ve boyutları gibi *yapıya ilişkin parametreler*, mekanın formu, boyutu, mekanda kullanılan tavan, duvar ve döşeme malzemeleri ve bunların yansıtıcılık özellikleri, mobilyaların konumu gibi *hacime ilişkin parametreler* etkilidir (Yener ve diğ., 2009; Ahadi ve diğ., 2016).

Bu parametrelerin doğru şekilde ele alınması ile mekana giren gün ışığının miktarı, düzgünlüğü ve dağılımı değişecektir.

4.1.1 Yapının çevresine ilişkin parametreler

Gün ışığından etkin yararlanmak için izlenecek stratejilerde güneş, gökyüzü, çevre binalar gibi dış çevreden gelen aydınlık dağılımından yararlanır. Dış çevreye ait bu unsurların varlığı mekana ulaşan gün ışığı miktarını ve dağılımı etkiler.

Gün ışığı aydınlığının niceliği yapının bulunduğu enleme bağlıdır. Yüksek enlemlerde yaz kış mevsimi arasında belirgin farklılıklar mevcutken, düşük enlemlerde gün ışığı seviyesinde mevsimlere bağlı değişim daha azdır. Yüksek enlemlerde kışın gün ışığı miktarı düşükken tasarımcılar binalardaki gün ışığı yayılımını en üst düzeye çıkarmayı hedefler. Buna karşılık gün ışığı seviyesinin yıl boyunca fazla olduğu tropik iklimlerde tasarımcılar aşırı ısınmayı önlemek için yapıya giren gün ışığını sınırlandırmaya yönelik tedbirler alırlar.

Yapıların yapma aydınlatma tasarımında ışık kaynağı mekanın içine konumlandırıldığından yapıların yüksekliği, yapıların birbirleri arasındaki mesafeler ve dağ, tepe gibi doğal engeller hesaba katılmaz. Doğal aydınlatma tasarımı gün ışığından optimum şekilde yararlanmayı gerektirir ve özellikle şehirlerde doğal aydınlatma tasarımı yapılırken çevredeki engeller, yapıların yükseklikleri ve birbirleri arasındaki mesafeler ele alınması gereken temel unsurlardır (Marks and Woodwell, 1914). Çevre yapılar gün ışığının mekana alınmasını engelleyebilirken aynı zamanda cephede kullanılan malzeme ve renk özellikleri mekan içine giren doğal ışığın niceliğini veya niteliğini değiştirebilir (Şekil 4.1). Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda ilkokul binası tasarımında güneş ışınlamalarının engellenmesine sebep olabilecek doğal ve yapay engellerden kaçınılması gerektiği belirtilmektedir (MEB, 2015).



Şekil 4.1 : Çevre yapıdan yansıyan gün ışığının niteliğinin değişmesi (URL-9).

4.1.2 Yapıya ilişkin parametreler

Binanın yönlendirilmesi, görsel konforun sağlanması ve gün ışığından en iyi şekilde yararlanılması için tasarım aşamasında doğru bir şekilde ele alınması gereken önemli faktörlerdendir. Dünya'nın Güneş etrafındaki günlük hareketi sonucu gece ve gündüz, yıllık hareketi sonucu mevsimler oluşur. Dünya'nın kendi eksenini etrafında hareketi sonucu gün içinde güneş ışınlarının geliş açısı değişim gösterir. Sabah ve akşam saatlerinde güneş ışınlarının düşük açı ile gelirken öğle saatlerinde yüksek açı ile gelir. Buna bağlı olarak farklı yöneliş biçimleri farklı tasarım anlayışı getirebilir (IEA, 2000).

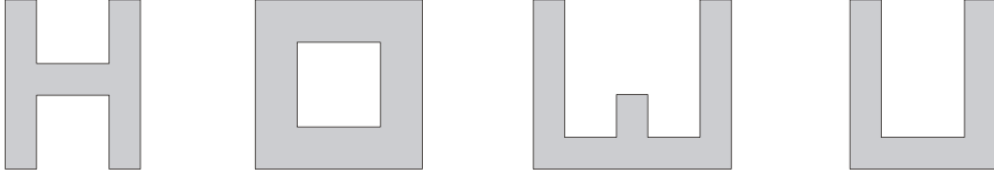
Doğru yönlendirilmiş bir yapı doğal aydınlatmadan en iyi şekilde yararlanmayı sağlarken, istenmeyen ısı kazançlarını en aza indirger (CHPS, 2002). Bu noktada bina yönelmesini etkileyen en önemli faktörlerden biri yapının bulunduğu iklim bölgesidir. Ilımlı iklim bölgesinde bulunan okulların cephe yönlendirmesinde güney yönü tercih edilmelidir (MEB, 2015).

Yapı içindeki birimlerin işlevlerine ve ihtiyaçlarına uygun olarak konumlandırılmaları tasarım sürecinde ele alınması gereken önemli konulardan biridir. Çocukların yıl içinde oldukça uzun saatler geçirdiği ve doğal aydınlatmanın gerekli olduğu derslik birimlerinin güneye yönlendirilmesi güneş ışığından en iyi şekilde yararlanılmasına olanak sağlar. Çizelge 4.1'de Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda ılımlı-nemli iklim bölgelerinde yer alan okullar için belirtilen derslik-yön ilişkisi verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Ilımlı-nemli iklim bölgesi mekan-yön tablosu (MEB, 2015).

Mekanlar	Yönler							
	G	GB	B	KB	K	KD	D	GD
Derslik	İyi	İyi	Orta	Kötü	Kötü	Kötü	Orta	İyi

Yapı formu gün ışığından en iyi şekilde yararlanmayı sağlayacak, istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını minimize edecek şekilde tasarlanmalıdır. Avlulu yapılar gün ışığının yapının iç kısımlarına iletilmesini sağlar. Avlusuz büyük binalarda, binanın iç kısımlarına konumlandırılmış mekanlar gün ışığından yararlanamaz, bu alanlara gün ışığından yararlanma ihtiyacı olmayan birimler yerleştirilmelidir. Şekil 4.2'de yüksek gün ışığı erişimli bina formu örnekleri verilmiştir.



Şekil 4.2 : Yüksek gün ışığı erişimli bina form örnekleri (PWC,2002).

MEB tarafından 2015 tarihinde yayımlanan Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda Marmara Bölgesi gibi ılımlı-nemli iklim bölgelerinde bulunan okullar için bina formunun ısı kaybını azaltacak, dengeli yüzey alanına sahip dikdörtgen gibi geometrik formlar olması önerilmektedir.

4.1.3 Hacime ilişkin parametreler

Hacmin boyutu ve formu, hacimde kullanılan bitiş malzemelerinin yansıtıcılık değerleri ve mobilya yerleşimi, hacim içinde istenen aydınlık düzeyi üzerinde etkilidir (Yener ve diğ., 2009; Ahadi, 2016). Hacmin formuna ve boyutlarına bağlı olarak ışığın mekan içinde dağılımı farklılık gösterebilir.

Hacim yüksekliği hacime giren ışığın dağılımını etkileyen faktörlerden biridir. MEB İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı tarafından yayınlanan Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda verilen bilgilere göre (2015) eğitim binaları yüksekliğinin 4m olarak planlanması gerekmektedir.

Işığın dağılımına yardımcı olan yansıtıcı yüzeylerin düzenlenmesi düzgün bir aydınlık düzeyi sağlamak için gün ışığı açıklıklarının düzenlenmesi kadar önemlidir. Duvarlar ve tavanlar gün ışığı tasarımının bir parçasıdır. Gelişmiş gün ışığı tasarımlarında mekan içinde ışığın dağılımını şekillendirmek için iç ve dış mekandaki yüzeylerin yansıtıcılıklarından yararlanılır (CHPS, 2002). Mekan içinde açık renkli yüzeylerin kullanılması ile gün ışığı yansıtılarak daha aydınlık bir mekan elde edilebilir. Buna karşılık ışık yansıtma katsayıları yüksek renklerin kullanıldığı yüzeylerde kamaşma problemi meydana gelebilir (Yener, 2009; CHPS, 2002).

Mekan içerisindeki mobilyalar gün ışığının mekan içerisindeki dağılımını engellemeyecek ve mekan kullanıcılarının gün ışığından en iyi şekilde yararlanmasını sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Eğitim yapılarında sınıflar güneş ışığı öğrencilerin sol tarafından gelecek şekilde tasarlanmalıdır (MEB, 2015).

4.2 Gün Işığının Hacim İçine Alınmasında Yararlanılan Yöntemler

Binaların tükettiği enerji miktarı, toplam enerji tüketiminin üçte birinden fazlasını oluşturmaktadır (Shaikh ve diğ., 2014). Türkiye OECD ülkeleri arasında enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke olmakla birlikte, Çin'den sonra dünyada elektrik ve doğalgaz talep artışının en hızlı gerçekleştiği ükedir (URL-10). İnsanların zamanlarının büyük bölümünü binalarda geçirdiği göz önüne alındığında doğru tasarımların uygulanmasıyla tüketilen enerji miktarının azaltılması mümkündür. Gün ışığından etkin şekilde yararlanılarak binalardaki yapma aydınlatma gereksiniminin en aza indirilmesi elektrik enerjisi tüketiminin yanı sıra ısıtma ve soğutma yüklerini de azaltarak iç mekan kalitesinin artmasına ve toplam enerji tüketiminin azaltılarak ülke ekonomisine katkı sağlar (Ahmad ve diğ., 2016). Gün ışığının mekan içine alınmasında pencere, çatı ışıklıkları ve atriumlar en yaygın kullanıma yöntemlerdir.

4.2.1 Pencereler

Mekan algısını değiştiren, mekanı daha hoş, ferah ve davetkar hale getiren pencerelerin en önemli özelliği bina kullanıcılarının dış dünya ile iletişim kurmalarını ve zaman ve hava durumunda yaşanan değişimler hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamalarıdır (Manning, 1967). Penceresiz karanlık mekanlar genellikle yasadışı işlerin yapıldığı kişiye güvenlik hissi vermeyen mekanlardır (İnan, 2013).

Dış dünya ile görsel iletişim kurabilmenin insan sağlığı ve psikolojisi üzerindeki olumlu etkileri yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Heerwagen (1990) doğal manzaraya erişim imkanının muayenahaneleri ziyaret eden hastalardaki kaygı ve kan basıncı oranını azalttığını ortaya koymuştur. Bir başka çalışmada 615 ofis personeline çalışma ortamı, iş memnuniyeti, doğal manzara ile ilgili sorular yöneltilmiş, penceresiz ofislerde çalışan personellerin çalışma ortamlarından daha çok şikayetçi oldukları, pencereli ofislerde çalışan personellerin ise çalışma ortamlarından memnuniyetlerini belirttikleri ortaya konmuştur (Kaplan, 1993). Karmel (1965) pencereli ve penceresiz sınıflarda öğrenim gören ortaokul öğrencileri üzerinde yaptığı çalışmada öğrencilerden bir kağıda okul binası çizmelerini istemiş, ve çizilen resimler uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda penceresiz sınıflarda eğitim gören öğrencilerin, pencereli sınıflarda eğitim gören akranlarına göre daha yüksek oranda pencereli okullar çizmişlerdir.

Penceresiz sınıfların öğrencilerin okullarına yönelik olumsuz hisler yarattığı sonucuna ulaşılmıştır.

Pencerenin insanlar üzerinde olumlu etkisi kanıtlayan çalışmalara karşılık bir başka görüşe göre ise pencereler esnek olmayan bir sınıf kullanımı sağlarlar. Penceresiz sınıflar tahta, ekran ve kitaplıklar için daha fazla alan ve esnek yerleşim imkanı sağlamalarının yanı sıra dış ortam gürültüsünden ve dikkat dağıtıcı etkilerden uzaktırlar. Bu görüşe karşın çoğu ebeveyn pencerenin kendisinin bile çocukta değişim, zenginlik ve farkındalık yaratarak eğitici bir deneyim olduğunu savunmaktadırlar (Nimnicht, 1966). Pencereler öğrencilere güneşin hareketlerini öğretmek için yararlanılan bir kaynak olabilir (CHPS, 2002).

Pencereler dış dünya ile görsel iletişim kurulmasına yardımcı olarak kısa veya daha uzun süreliğine yöneltilen dikkatin dinlendirilmesini ve kişilerin rahatlamasını sağlarlar (Kaplan, 1993). Bu rahatlatma pencerelerin sağladığı görüş hattı ile ilişkili olmakla birlikte defteri karalamak veya resim çizmek gibi dikkati toplayan aktivitelerden daha az dikkat gerektirir. Dış dünyaya yönlendirilen bu dikkat, göz kaslarının rahatlamasını, kapatılmış hissinin yerini rahatlamaya bırakılmasını sağlar (Ne'eman and Hopkins, 1970). Öğrencilerin pencereden dışarı bakmak gibi hafif dikkat gerektiren aktivitelerden sonra dikkatlerini tekrar öğretmenleri üzerinde toplamaları daha yoğun dikkat gerektiren aktivitelere göre daha kolaydır (Tanner, 2008).

Pencerelerin öğrenciler üzerindeki olumlu etkileri sebebiyle pencerenin sağladığı manzara kısıtlanmamalı, sabit elemanlar veya posterlerle kapatılmamalıdır. Pencerenin park, dağ, gökyüzü gibi doğa manzarası sunması önerilmekle birlikte yapılan bir çalışmada doğal manzara imkanı olduğu sürece bakılan manzaranın otopark veya bina olmasının herhangi bir fark yaratmadığını saptamıştır (Kaplan, 1993) (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : İlkokul dersliği pencere–dış görüş ilişkisi (URL-11).

Küçük pencereler bir dereceye kadar dışarıyı görme arzusunu tatmin etmekle birlikte, penceresiz ortamlar bu arzuyu tamamen tatminsiz bırakmaktadır (Tikkanen, 1970). Uzaktaki nesneler tüm detayları ile görülemeyeceği için küçük açıklıklar merakı gidermekte yeterlidir.

Pencereler, “Bir yapının dış kabuğunda gün ışığının girmesi için oluşturulmuş, düşey ya da yaklaşık olarak düşey oluşturulmuş açıklıklardır” (Sirel, 1997, s.117). Projelerin ilk aşamalarından itibaren ele alınan pencere tasarımı gereği gibi yapılmadığı takdirde zayıf görsel koşullar, verimsiz havalandırma, gürültülü ve çekici olmayan mekanlar oluşabilir. Bununla birlikte açık gökyüzü koşullarında veya güneşli günlerde kamaşmanın meydana gelmesi ile rahatsızlık hissine sebep olabilirler.

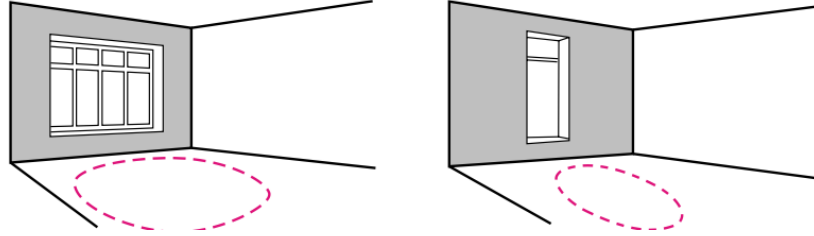
Pencereler mekandaki konumlarına göre göz hizası ve göz hizası altında konumlandırılan pencereler ile görüş hizasının üzerinde yer alan yüksek pencereler (clerestorey) olarak adlandırılırlar (Moore, F., 1991). Göz hizası pencereleri görüş hattında olup, dış ortam ile görsel bağlantıyı sağlarlar (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : İlkokul dersliği göz hizası penceresi (URL-12).

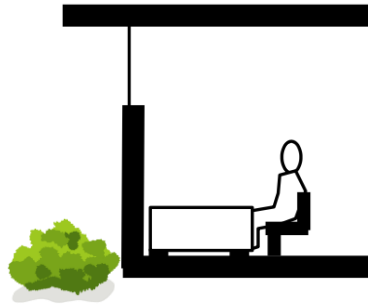
Göz hizası penceresinin bulunduğu bir mekanda mekanın derinliklerine gidildikçe aydınlık düzeyi düşer. Bu pencerelerde pencere üst kotu ayakta duran bir kişi için göz hizasının yukarısında olması ve pencere alt kotunun oturan bir kişi için göz hizasının altında olması gerekmektedir (BS 8206-2, 2008). Pencereler zeminden minimum 90cm yükseklikte olmalı, 70cm yükseklikteki çalışma düzleminde oturur vaziyette dış ortamın görülmesini sağlayacak pencere tasarımı yapılmalıdır (MEB, 2015; CIBSE, 1999).

Tek bir duvara konumlandırılan pencere ile doğal aydınlanan bir mekanda gün ışığının nüfuz edeceği alan miktarı sınırlıdır (Şekil 4.5). Bununla birlikte pencereye yakın bölgelerde kamaşma ve parıltı kontrastları oluşabilir. Bu nedenle tek taraflı pencerelerden gelen gün ışığından daha verimli yararlanabilmek için yüksek pencereler, çatı ışıklıkları veya çağdaş gün ışığı sistemlerinden yararlanılabilir.



Şekil 4.5 : Tek taraflı pencerelerde farklı ışık dağılımları (DfEE, 1999).

Duvar yüksekliğinin yeterli olduğu durumlarda görüş hizasından yukarıda konumlandırılan yüksek pencereler kullanılabilir. Yerden yaklaşık 2- 2,5m yüksekte konumlandırılan yüksek pencereler ile gün ışığı mekanın derinliklerine kadar iletilebilirken pencere yüksekliğinin görüş hizasının yukarısında olması sebebi ile dış ortam ile görsel bağlantının sağlanamadığı durumlar oluşabilir (Şekil 4.6). Yüksek pencerelerin kullanımı ile göz hizası pencerelere göre gün ışığı mekanın derinlerine girerek daha düzgün bir dağılım gösterirken, yapma aydınlatma ihtiyacı azaltılabilmektedir (Yener, 2007).



Şekil 4.6 : Yüksek pencere örneği (CHPS, 2002).

Mekanın formuna, büyüklüğüne ve istenen aydınlık düzeyine bağlı olarak pencere oranı artırılabilir. Mekanın derinliği arttıkça pencere oranı artırılarak gün ışığının mekanın derinliklerine iletimi sağlanabilir. Buna karşın pencere-duvar oranının yüksek değerlerde olması ısı kayıp ve kazançlarını beraberinde getireceğinden gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Çizelge 4.2’de tek taraflı pencere ile aydınlanan mekanlarda oda derinliğine bağlı pencere-duvar ilişkisi oranı verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Tek taraflı pencere ile aydınlanan mekanlarda oda derinliğine bağlı pencere-duvar oranı ilişkisi (BS 8206-2, 2008).

Oda Derinliği (m)	Pencere / Duvar alanı oranı (%)
< 8	20
$8 \leq x \leq 11$	25
$11 \leq x \leq 14$	30
≥ 14	35

Pencere-zemin oranı ise gün ışığının mekan içinde düzgün dağılımını sağlayan bir diğer faktördür. Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda ilköğretim dersliklerinin pencerelerin taban alanına oranı en az % 25 olması gerektiği belirtilmiştir (MEB, 2015).

Pencere tasarımında binanın bulunduğu yörenin coğrafi konumu ve iklimsel verileri göz önüne alınarak öncelikle doğru yönlerde pencere boşlukları bırakılmalı, ikinci aşama olarak doğru boyut ve malzeme seçilmelidir. İlkokul yapılarında pencerelerin konumlandırılmasında güneşten en iyi şekilde yararlanmak için güney yönü tercih edilmeli, doğal aydınlatmayı, manzarayı ve havalandırmayı engellemeyecek şekilde kuzey cephesinde minimum boşluk oranı tercih edilmelidir (MEB, 2015)

Pencere tasarımı aynı zamanda binanın havalandırma stratejisinin bir parçası olabilir. Doğal havalandırılan bir yapıda açılabilen pencereler sıcak günlerde aşırı ısınmayı önlemeye yardımcı olur.

4.2.2 Çatı ışıklıkları

Çatı ışıklıkları, gökyüzünden gelen ışığı genellikle herhangi bir engelle karşılaşmadan mekanın içine getiren, düşey veya eğimli açıklıklardır (Yener, 2007; DFEE, 1999). Canlı ve uyarıcı bir iç mekan ortamı yaratırken aynı zamanda dış ortamdan korunma sağlayan basit çatı ışıklıkları yapının sadece en üst katını aydınlatmaktadır. Duvarların kullanımında serbestlik sağlamalarının yanı sıra mekan içindeki erişilebilir açıklığı azaltarak daha güvenli bir ortam sağlarlar (CHPS, 2002).

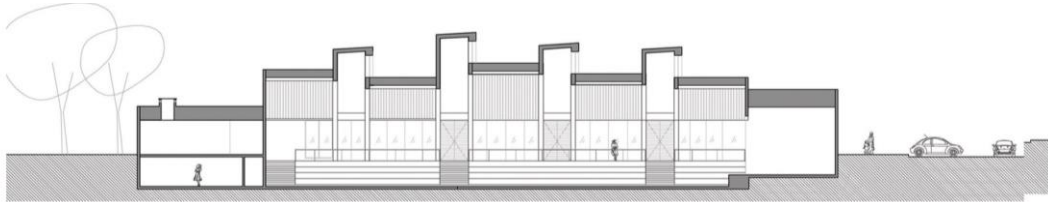
Çatı ışıklıkları mekan içinde düzgün dağılmış bir aydınlık düzeyi sağlarlar, fakat çatı ışıklığı tasarımında çatının strüktürü, çatı ışıklığının yönelimi ve kullanılan cam malzeme özellikleri ele alınarak tasarım yapılmalıdır (Sharples ve Shea, 2000). Çatı ışıklıklarının doğrudan gelen güneş ışığını mekan içine almayarak kamaşmayı engelleyecek biçimde tasarlanması gerekmektedir. Yapının bulunduğu iklim bölgesine göre çatı ışıklığının kullanım amacı veya alınması gereken önlemler

farklılık gösterir. Kuzey yarım kürede bulunan bir yapı için, güneye yönlendirilmiş çatı ışıklıkları ile kış mevsiminde ısı kazancı sağlanması istenen bir durumken, yaz aylarında aşırı ısı kazançlarına termal konforsuzluğa sebep olabilir

Çatı ışıklıkları konumlandıkları düzleme göre yatay (Şekil 4.7) veya düşey (Şekil 4.8), yapının işlevine ve strüktürüne göre ise sürekli açıklıklar, baca tipi çatı ışıklıkları, testere dişli çatı ışıklıkları (Şekil 4.9) veya fenerler gibi farklı tiplerde ve boyutlarda kullanılabilir (Yener, 2007).



Şekil 4.7 : İlkokullarda yatay çatı ışıklığı kullanımı örneği (URL-13).

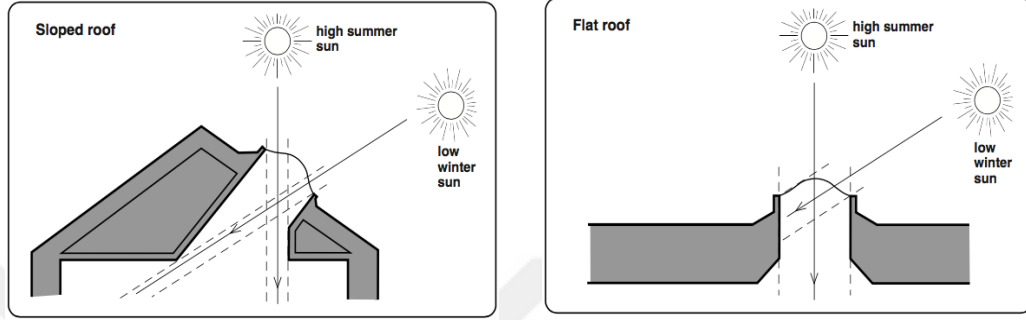


Şekil 4.8 : İlkokullarda düşey çatı ışıklığı kullanımı örneği (URL-14).



Şekil 4.9 : Testere dişli çatı ışıklığı örneği (URL-15).

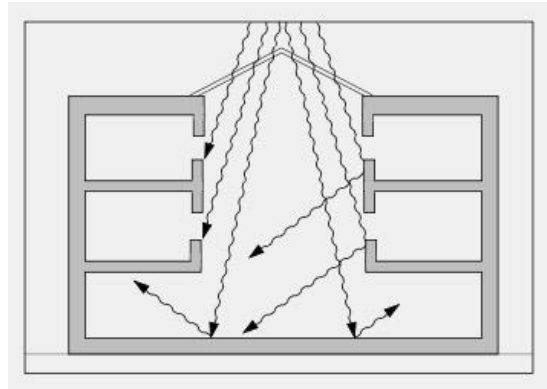
Çatı ışıklılığının biçimi mekana giren gün ışığının miktarını etkileyebilir (Şekil 4.10). Düz bir çatıda yatay konumlanan çatı ışıklılığı güneşin tepede olmadığı zamanlarda gün ışığını mekan içine almakta yeterince başarılı olmazken, açılı yerleştirilmiş ve doğru tasarlanmış bir çatı ışıklılığı gün ışığını mekan içine almada daha başarılı olabilir (IEA, 2000). Bazı sistemlerde çatı ışıklıkları, havalandırma amaçlı kullanılabilir.



Şekil 4.10 : Farklı açılardaki çatı ışıklıklarının sağladığı ışık dağılımı (URL-16).

4.2.3 Atriumlar

Atriumlar kullanıcıların dış koşullardan etkilenmeden yararlanabilecekleri yarı açık mekanlar yaratırlar. Gün ışığının mekanın derinliklerine ulaşmasına yardımcı olmalarının yanı sıra çekici ve ferah mekanlar yaratırken birden fazla katlı yapılarda gün ışığının tüm katlara ulaştırılabilmesi için yapı kullanım alanının azaltılması gerekmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 : Atriumlu yapıda ışık dağılımı (McNicholl ve Lewis, 1994).

Duvar yüzeylerinin kullanım gerektirdiği kütüphane benzeri yapılarda, pencerelerin doğal aydınlatma konusunda yetersiz kalacağı geniş açıklıklı yapılarda, dış ortam ile bağlantının istenmediği hastane benzeri yapılarda tercih edilebilir (Robbins, 1986). Atrium kullanımı ile mekan içinde aşırı aydınlık düzeyi, kamaşma, ısı kazancı kaybı

ve kazançları meydana gelebilir. Atrium kullanımı yapının tasarım aşamasında kararlaştırılarak atriumun aydınlattığı mekanların tipolojileri ile atriumun yönlendirilmesi, formu, büyüklüğü ve kullanılan malzemelerin özellikleri yukarıdaki olumsuz sonuçlardan kaçınılacak şekilde tasarlanmalıdır. Doğru tasarlandığında atriumlar korunaklı bir iç mekan yaratırken aynı zamanda yapma aydınlatma ihtiyacını en aza indirir.

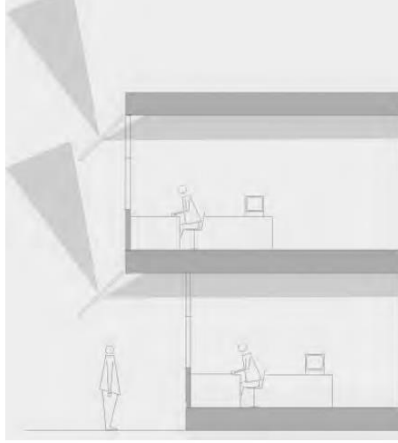
4.2.4 Cam türü

Gün ışığından en iyi şekilde yararlanmak ve enerji tasarrufu sağlamak için yapıda kullanılacak cam türlerinin doğru seçilmesi yapının gün ışığından yararlanma performansını etkileyen faktörlerden biridir. Özellikle yeni cam türleri ile çağdaş gün ışığı sistemlerinin birlikte ve doğru kullanımı güneş kontrolü sağlarken, yapma aydınlatma ve soğutma yükünü azaltır (IEA, 2000).

Renkli camlar, camın içerisine renk veren maddelerin katılması ile elde edilirler ve kullanılan camın rengine ve niteliğine göre güneş ışıınımı miktarı değişir. Renkli camlarda cam kalınlığı arttıkça ısı ve ışık iletimi azalır (CIBSE, 1999). Hava tabakalı camlar (çift cam), araları hava veya yalıtkan ve ışık iletim özelliğı gösteren materyaller ile doldurulmuş iki ya da daha fazla sayıdaki cam tabakasının birleştirilmesi ile elde edilmektedir (İlhan ve Aygün, 2005; Sezer, 2005). Cam yüzeylerin araları genellikle hava ile doldurulmakla birlikte argon veya kripton gibi nem engelleyici asal gazlar da kullanılmaktadır (IESNA, 2011). Low-E camlar yalıtımlı camın iç veya dış yüzeyine güneş ışıınımını yansıtıcı özellikte metal veya metal oksit kaplama yapılması yolu ile üretilirler (CIBSE, 1999). Mekanda var olan ışıınım enerjisini içeride tutar, güneş ışıınım enerjisini içeri geçirirken kızılötesi ve morötesi ışıınları absorbe ederek veya yansıtarak termal kontrol ve güneş kontrolü sağlarlar (İlhan ve Aygün, 2005; Ayçam ve Utkutuğ, 1999). Yansıtıcı (Reflektif) camlar doğrusal güneş ışıınımını yansıtarak güneş kontrolü sağlayan camlardır. Yansıtıcı tarafından bakıldığında ayna etkisi gösteren bu camların yansıtıcı özelliğı sebebiyle yaya ve sürücüler için sorun yaratan cam tipidir (IESNA, 2011; CIBSE, 1999).

Holografik Optik Elemanlar, lamine cam katmanları arasına ışık yansıtıcı holografik film kaplamalarının yerleştirilmesi ile elde edilen sistemlerdir. Bu sistemler doğrudan gelen güneş ışığını yansıtırken yaygın gök ışığını yeniden yönlendirerek

geçirici özelliktedirler (Manav ve diğ., 2009). Holografik Optik Elemanlar pencere içinde tasarlanabileceği gibi güneş kırıcı sistemin elemanı olarak da tasarlanabilir (Şekil 4.12).



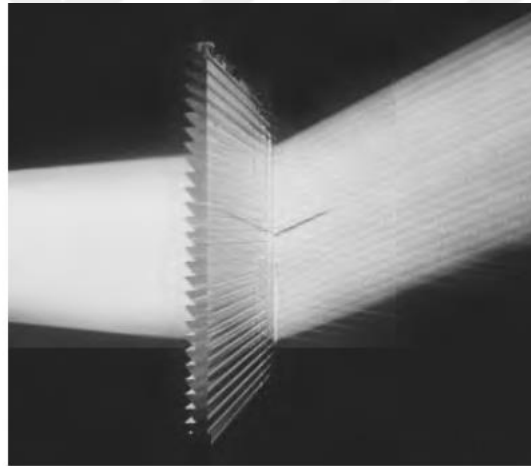
Şekil 4.12 : Holografik optik elemanların ışığı yönlendirmesi (IEA, 2000).

Lazer Kesim Paneller saydam akrilik panellere lazer kesim makinesinde ince ve paralel kesiklerin atılması ile geliştirilmiş olup bu sistemde yaygın gün ışığı iç mekana geçirilirken doğrudan gelen güneş ışığı geniş açı ile mekan içinde yansıtılmaktadır (Manav ve diğ., 2009). Işığın geniş açı ile yansıtılması sebebi ile panellerin göz hizasının üzerinde kullanılması ile kamaşma engellenebilir. Lazer kesim paneller ile ışığın mekanın derinliklerine iletilmesi ile mekanda düzgün bir aydınlık düzeyi sağlanması mümkündür. Pencerelelerde kullanılması yanı sıra bu camlar dış mekanda güneş kırıcı sistemler olarak kullanılabilir (Şekil 4.13). Çift cam arasına yatay olarak yerleştirilen lazer kesim paneller gelen güneş ışığını dış mekana yansıtmak amaçlı kullanılabilir (Kazanasmaz ve diğ., 2011).



Şekil 4.13 : Lazer kesim panellerin güneş kırıcı sistem olarak kullanılması (IEA, 2000).

Prizmatik dişli paneller yansıtıcılığı yüksek dişli bölümlerin dışarıya gelecek şekilde iki cam tabakası arasına yerleştirilmesi ile oluşan sistemlerdir. Işığı yönlendiren prizmatik panellerin ana işlevi doğal ışığın mekanın derinine nüfuz etmesini sağlamaktadır. Prizmatik paneller ışığı kırarak ve yansıtarak gün ışığı kontrolü sağlar. Sistem belirli bir açı ile gelen ışığın kırılması, başka bir açı ile gelen ışığın yansıtılması prensibi ile tasarlanabilir (IEA, 2000). Prizmatik dişli paneller ile yayınlık gök ışığı mekan içine iletilirken, doğrudan gelen güneş ışığının bir kısmı yeniden yönlendirilerek mekan içine yansıtılmakta, önemli bir bölümü ise dışarıya yansıtılmakta ve absorbe edilmektedir (Şekil 4.14). Bu nitelikleri ile sistem gölgeleme elemanı özelliğı göstermektedir. Doğrudan gelen güneş ışığının büyük bölümü yansıtıldığından kamaşmayı engelleyen bu sistemin kapalı gök koşulunun hakim olduğı bölgelerde kullanılması ile yapma aydınlatmaya ihtiyaç duyulabilir. Dış görüş sağlayan fakat bozulmalar meydana getiren prizmatik paneller sabit veya hareketli olarak kullanılabilir (Manav ve diğ., 2009).



Şekil 4.14 : Prizmatik paneller ile ışığın yeniden yönlendirilmesi (IEA, 2000).

Tek bir ön cam arkasına veya çift cam arasına yerleştirilen silikon veya ince bir film tabakasının güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmesi prensibine dayalı fotovoltaik paneller, yapıya ilk yapılış aşamasında veya sonrasında eklenebilmekte, çatıda veya cephede sabit veya hareketli sistemler olarak kullanılabilir. Yerleştirme açısı yapının bulunduğı enleme göre değışmekle birlikte, güneş ışığından en iyi faydanılacak yönde ve açıda yerleştirilmesi uygundur (Manav ve diğ., 2009; Soyyiğit ve Bostancıoğlu, 2012).

Akıllı camlar, dış uyarıcılar yardımıyla optik özelliklerini değıştiren camlardır. Akıllı camlar; kapılar, pencereler, bölücü duvarlar gibi geniş kullanım alanına sahip bir

üründür. Akıllı camlar pasif ve aktif olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılır. Pasif akıllı camlar elektriksel uyarıcıya gereksinim duymadan ısı veya ışık gibi uyarıcılar ile harekete geçerken, aktif akıllı camlar elektriksel uyarım ile harekete geçmektedir (Sottile, 2008).

Yarı saydam ve saydam olmak üzere iki farklı duruma sahip sıvı kristalli camların elektriksel uyarım sonrasında serbest kalan sıvı kristalleri ışığı dağıtarak iç mekanda mahremiyet sağlayabilir (Kazanasmaz ve Diler, 2011; Arutjunjan ve diğ., 2003).

Elektrokromik camlar 5 katmandan oluşmaktadırlar. Voltaj uygulanması sonucu renkli durumdan tamamen renksiz duruma geçebilirler. Geniş ışık geçirgenlik aralığı sunan elektrokromik camların, çevre koşullarını ve hava şartlarının hızlı bir şekilde değiştiği bölgeler için kullanımı uygundur (Kazanasmaz ve Diler, 2011). Gazokromik camlar elektrokromik camların çalışmasına benzer şekilde çalışan camlardır. Cam katmanları arasında ince filmlerin yerleştirildikten sonra katmanlar arasına hidrojen gazı verilmesi sonucu cam renklenirken, oksijen gazının katmanlar arasına verilmesi sonucu cam ilk haline geri döner (Yener, 2007). Termokromik camlar herhangi bir elektriksel uyarım gerektirmeyen, katmanları arasına sürülen jel tabakasının sıcaklığa bağlı olarak camın saydamlığını değiştirdiği cam türüdür (Şekil 4.15). Fotokromik camlar, pasif morötesi ışınımına maruz kaldığında rengi koyulaşan pasif akıllı camlardır (IESNA, 2011).



Şekil 4.15 : Termokromik cam (URL-17).

Az miktarda enerji uygulanması ile devreye girebilen akıllı camların pencerelerde kullanımı kullanıcılara herhangi bir manzara kaybı olmadan gelen ışık, ısı ve kamaşma üzerinde kontrol sahibi olmalarına olanak verirken enerji tüketimini ve karbondioksit emisyonunu azaltarak binada enerji tasarrufu sağlanmasına yardımcı olabilir (Sottile, 2008; Arutjunjan ve diğ., 2003).

Cam malzemenin seçiminde yapının bulunduğu iklim bölgesi ve yapının yönlenmesi önemli faktörlerdir. Soğuk iklim bölgelerinde güneş enerjisi geçirgenliği yüksek cam türleri tercih edilebilirken, sıcak iklim bölgelerinde güneş enerjisini dışa yansıtarak binanın soğutma yükünü ve kamaşmayı azaltan cam türleri tercih edilebilir (Sezer, 2005).

Eğitim yapılarında sağlanması gereken kriterlerin belirtildiği Asgari Tasarı Kılavuzu'nda ılımlı-nemli iklim bölgelerinde bulunan eğitim yapıları pencerelerinde çift cam kullanılması gerektiği belirtilmiştir (MEB, 2015).

4.2.5 Işık rafları

Işık rafları pasif gün ışığı kontrol sistemlerinden biridir. Yüksek pencerelerde görüş hizasının üst bölümlerine yerleştirilerek dış görüş engellenmeden gün ışığının mekanın derinliklerine iletilmesine olanak sağlayan yatay paneller, çarpan ışığı tavana yansıtarak mekan içinde düzgün bir parıltı dağılımı sağlar ve kamaşmayı azaltır (CHPS, 2002; Moazzeni ve Ghiabaklou, 2016). Işık rafları mekanın içine, dışına veya hem içine hem dışına olacak şekilde farklı şekillerde yapının ilk uygulama aşamasında veya sonrasında yerleştirilebilirler (Yener, 2007) (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 : Çeşitli ışık rafı kombinasyonları (Robbins,1986).

Pencerenin dış yüzeyine yerleştirilen ışık rafları aynı zamanda görüş penceresi hizasında yüksek açılı güneş ışığını yansıtarak gölgeleme sağlar. İç yüzeye yerleştirilen ışık rafları özellikle kış aylarında düşük açılı güneş ışığını mekan

içerisine yansıtarak kış güneşinden yararlanmayı sağlar. Işık rafları görüş hizasının üzerinde yerleştirildiği ve yansıyan gün ışığının mekan içine iletilmesi prensibi ile kullanılan sistemler olduğu için derin ve yüksek hacimlerde kullanılmaları daha etkilidir (Yener, 2007).

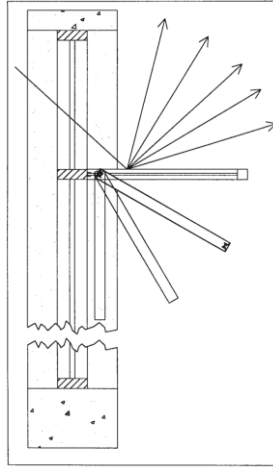
Işık raflarının okul binalarında kullanılması sınıflarda gün ışığından yararlanmayı arttırarak yapma aydınlatma ihtiyacını azaltabilir (Şekil 4.17). Kuzey yarım kürede güney yönünde iç veya dış mekana konumlandırılan ışık rafları ile kamaşma en aza indirilebilir ve daha düzgün bir aydınlık dağılımı sağlanabilir (Moazzeni ve Ghiabaklou, 2016). Işık rafları opak veya yarı saydam olup, ahşap, metal, cam elyaf takviyeli beton, plastik, kumaş veya akustik tavan malzemelerinden üretilebilirler. Malzeme seçimi yapılırken panelin yansıtıcılığı, dayanımı, maliyeti, bakım kolaylığı, ve dayanıklılığı göz önüne alınmalıdır (CHPS, 2002).



Şekil 4.17 : Sınıflarda ışık rafının kullanımı (URL-18).

Işık raflarının verimli kullanımı için çeşitli tasarım kriterlerinin göz önüne alınarak tasarlanması büyük önem taşır. Işık raflarının boyutu yapının bulunduğu enleme, yönelime, pencere yüksekliğine, mekanın derinliğine göre tasarlanmalıdır. Işık rafının üzerindeki pencerede renkli veya yansıtıcı cam malzemeler kullanılarak güneş ışığının yansıtıldığı durumlarda ışık raflarından istenen verim alınamaz (Wulfinghoff, 1999). Tavanda yansıtıcılık katsayısı yüksek malzemelerin kullanımı ışık raflarından elde edilen verimin arttırılmasında önemlidir.

Işık rafları sabit sistemler olabileceği gibi, güneş ışığının geliş açısına bağlı olarak düşey düzlemde açisal hareket edebilen otomatik sistemler olarak tasarlanabilir (Wulfinghoff, 1999) (Şekil 4.18).



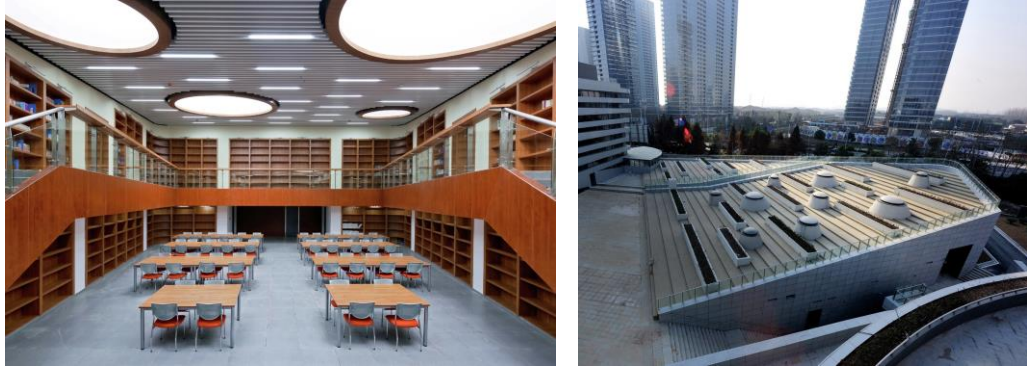
Şekil 4.18 : Işık raflarının farklı açılarda kullanımı (Wulfinghoff 1999).

Işık raflarının gölgeleme elemanları ile birlikte kullanılması durumunda gölgeleme elemanı ile doğrudan gelen güneş ışığının mekan içinde konforsuzluk yaratması engellenirken, ışık rafı pencerenin belirli bir bölümünden gelen ışığı mekan içinde yansıtarak mekan içinde gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasına yardımcı olur. Sistemin ışık yansıtıcılığının istenen performansı göstermesi açısından üst yüzeylerinin düzenli bakımının yapılmasına dikkat edilmelidir (Tregenza ve Wilson, 2011).

Işık raflarından alınan verim kullanıldığı pencerelerin baktığı yöne göre değişiklik göstermektedir. Kuzeye bakan pencerelerde ışık rafının kullanıldığı durumlarda ışık rafının gün ışığının mekan içerisine alınmasını engellemesi ve hacim içi aydınlık düzeyini düşürmesi sebebi ile ışık raflarından istenen verim alınamaz. Doğu ve batı cephelerinde doğru boyut ve malzemede ışık raflarının kullanımı ile ışık rafları gölgeleme elemanı görevi görerek doğrudan gelen güneş ışığını önemli ölçüde engelleyerek kamaşmayı önler. Işık raflarının güney cephesinde kullanımı ile doğrudan gelen güneş ışığı mekan içerisine yansıtılarak aydınlığın düzgün dağılımı sağlanmaktadır (Moazzeni ve Ghiabaklou, 2016).

4.2.6 Işık tüpleri

Işık tüpleri çatıya yerleştirilen yarım kubbeli elemanın topladığı güneş ışığının yansıtıcı kanallar ile mekan içine iletildiği pasif gün ışığı sistemidir (Şekil 4.19). Üç bileşenden oluşan sistemde ilk bileşen polikarbon veya akrilik malzemeden, genellikle saydam yarım kubbe biçiminde olmakla birlikte altıgen, sekizgen piramit veya kare prizma formlarda da kullanılan bir toplayıcıdır (Yener, 2007).



Şekil 4.19 : Ortaokul binasında ışık tüpü örneği (URL-19).

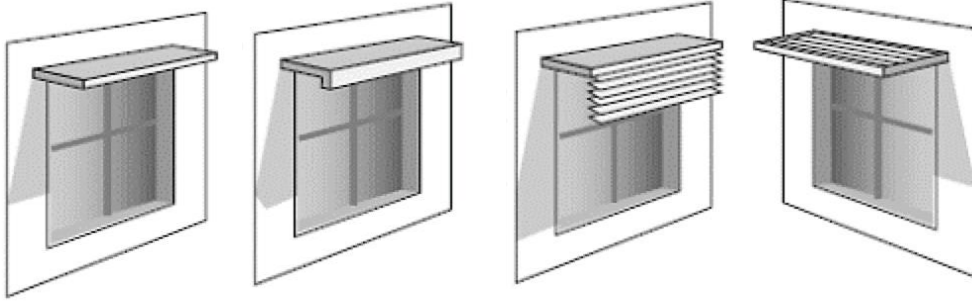
Toplayıcı bileşen ultraviyole ışınlarını geri yansıtır, tozun ve yağmur suyunun kanal içine girmesini engeller. İkinci ve üçüncü bileşen sırasıyla iç yüzeyi alüminyum veya lamine gümüş film ile kaplanan yüksek yansıtıcılık özellikle kanal ve dış mekandan toplanan güneş ışığını mekan içinde düzgün dağıtan dağıtıcıdır (Tregenza ve Wilson, 2011). Işık tüpleri açık gök koşulunun hakim olduğu bölgelerde daha iyi performans sağlarlar. Özellikle tuvalet, soyunma odası, mutfak, iç koridorlar, kapalı çalışma alanları gibi küçük iç mekanlarda kullanılan ışık tüpleri ile doğal aydınlatmanın sağlanamadığı mekanlarda yapma aydınlatma ihtiyacının azaltılarak enerji tasarrufu ve kullanıcı konforu sağlanması hedeflenir (Yener, 2007). Işık tüplerinde kanal boyu uzadıkça mekana verilen gün ışığı miktarı azalmaktadır. Işık tüpleri, hava durumundaki değişiklikler sebebiyle dalgalanmalar göstermekle birlikte genellikle dengeli ve düzgün bir ışık dağılımı sağlarlar (CHPS, 2002).

Çoğunlukla düşey kullanılan ışık tüplerinin yatay kullanımı mevcuttur. Kanal veya yansıtıcı eleman içinde gün ışığı duyarlı eleman yerleştirilmesi ile doğal aydınlatma-yapma aydınlatma entegrasyonu sağlanabilir (Yener, 2007; CHPS, 2002).

4.2.7 Gölgeleme elemanları

Gölgeleme elemanları mekanın iç veya dış yüzeylerine konumlandırılan, sabit veya ayarlanabilen, yatay, düşey veya farklı açılarda kullanılarak güneş ışığının doğrudan mekanın içine girmesini engelleyerek görsel ve termal konforun sağlanmasının amaçlandığı sistemlerdir (Miran ve Abdullah, 2016) (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).

Binalarda saçaklar, yatay ve düşey panjurlar, perdeler gölgeleme elemanları olarak kullanılabileceği gibi ışık rafları da mekana giren ışık miktarını azaltarak gölgeleme elemanı işlevi görür.



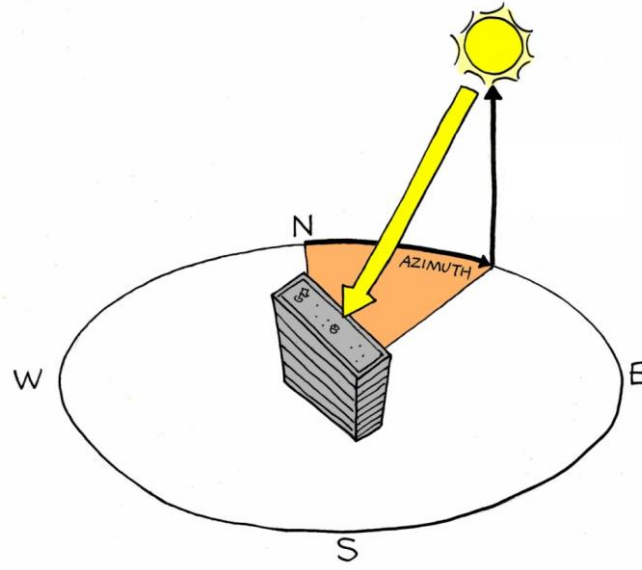
Şekil 4.20 : Yatay gölgeleme elemanları örnekleri (URL-20).



Şekil 4.21 : Lise binasında düşey gölgeleme elemanlarının kullanımı (URL-21).

Gölgeleme elemanı seçiminde yapılırken belirlenen amaç doğrultusunda elemanın yansıtıcılık özellikleri, boyutu gibi teknik özellikler dikkate alınmalıdır.

Binalarda kullanılacak gölgeleme elemanı seçimi yapılırken binanın işlevi, yönelimi, büyüklüğü gibi kriterler göz önüne alınmalıdır (McNicholl ve Lewis, 1994). İlköğretim okullarında kullanılacak öğrencilerin dış dünya ile iletişimini koparmayan, aynı zamanda sınıflarda kamaşma, istenmeyen ısı kayıp ve kazançları ve yüksek aydınlık düzeylerini engelleyerek öğrencilerin görsel ve termal konforlarını sağlayacak gölgeleme elemanlarının seçilmesi önemlidir. Gölgeleme elemanının güneşin pozisyonunun dikkate alınarak tasarlanması, kullanıcıların mekanın kullanım saatlerinde güneşten istenmeyen etkilerinden korunmalarına olanak sağlar. Güneş kontrol elemanı tasarımı aşamasında Olgyay& Olgyay (1957) grafik yöntemi kullanılarak gölgeleme yapılmak istenen saatlerde güneşin geliş açısına bağlı olarak gerekli gölgelemeyi sağlayacak eleman tasarlanabilir. Bu yöntemde güneşin ufuk düzlemi ile arasındaki açıyı ifade eden güneşin yükseklik açısı ile güneşin yatay düzlemdeki izdüşümünün kuzey-güney doğrultusu ile yaptığı açı olarak ifade edilen azimut açısından yararlanılır (Naamandadin, 2016) (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 : Azimut açısı (URL-22).

Kuzey yarım kürede güneye bakan cephelerde yatay gölgeleme elemanları kullanımı ile dik gelen güneş ışığı engellenirken, batı cephesinde öğleden sonra ve doğu cephesinde sabah saatlerinde düşük açıyla gelen güneş ışığının ve ısı kazançlarının engellenmesi ve kamaşma kontrolünün yapılması için düşey gölgeleme elemanları veya hareketli elemanlar tercih edilmelidir (IESNA, 2011).

İç gölgeleme elemanları kullanıcıların kamaşma veya aydınlık düzeyindeki ani değişimlere müdahale etmesine olanak sağlarken dış mekan gölgeleme elemanları güneş ışınımını mekana girmeden engelleyerek ısı kazanımlarını azaltmada iç gölgeleme elemanlarına oranla daha iyi performans göstermektedirler (McNicholl ve Lewis, 1994; CIBSE, 1999). İç mekan gölgeleme elemanları mahremiyetin sağlanmasında daha etkili, kolay takılabilen ve bakım yapılabilen sistemlerdir. Dış mekana konumlandırılan gölgeleme elemanları yapıya sonradan dahil edilebilmekle birlikte, yapı bütünlüğünü bozmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Sabit gölgeleme elemanları güneş ışığını sadece belirli açılarda engellemekle birlikte, yayınlık gök ışığını da engellemektedir (McNicholl ve Lewis, 1994). Ayarlanabilir sistemler kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda manuel ayarlanabilir tasarlanabileceği gibi; güneşin geliş açısı veya aydınlık düzeyindeki değişikliklere tepki veren otomatik sistemler olarak da tasarlanabilir. Konutlarda veya kullanıcı sayısının az olduğu konut dışı yapılarda manuel ayarlanabilen gölgeleme elemanları kullanıcıların ihtiyaçlarının karşılanmasında yeterli performansı gösterebilir fakat kullanıcı sayısının yüksek olduğu binalarda manuel ayarlanan sistemler kullanıcıların farklı

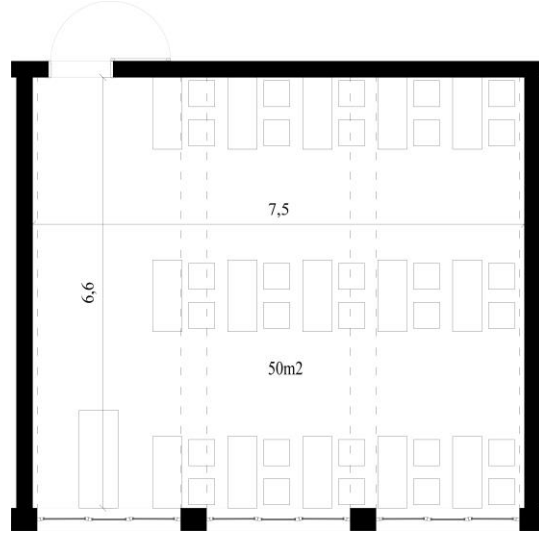
ihtiyaçlarını için optimum bir çözüm önermez (Selkowitz ve Lee, 2004). Bu gibi binalarda otomatik ayarlanan gölgeleme elemanlarının kullanımı çok sayıdaki kullanıcının müdahalesini engelleyerek istenmeyen ısı kayıp veya kazançlarını önler, zaman ve enerji tasarrufu sağlar.

İlkokul dersliklerinde öğrencilerin görsel konforun sağlanması için kamaşma kontrolü yapılmalı, fiziksel konforunun sağlanması için ise aşırı ısınma engellenmelidir. Bu kriterlerin sağlanması için ilkokul binalarında doğrudan güneş ışığını engelleyici sistemlerin yapılması gerekmektedir (MEB, 2015). Bu sistemler yukarıda bahsedildiği gibi mekanın içine veya dışına konumlandırılabilceği gibi hareketli veya sabit sistemler olarak tasarlanabilir. Aydınlık düzeyi, güneş ışığının geliş açısına veya dış ortam sıcaklığına bağlı olarak otomatik devreye giren sistemler, sabah ve öğle saatlerinde faal olarak kullanılan ilkokul dersliklerinde konforlu bir mekan yaratılması yardımcı olur.

5. ÖRNEK ÇALIŞMA: TİP İLKOKUL DERSLİĞİ GÜN IŞIĞI PERFORMANSININ ANALİZİ VE TASARIM ALTERNATİFLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Çalışma kapsamında tip ilkokul dersliği gün ışığı performansının analizi yapılmış, dersliğin gün ışığından etkin yararlanmasına yönelik tasarım alternatifleri ortaya konmuş ve alternatifler uluslararası standartlar doğrultusunda birbirleri ile karşılaştırılarak uygun çözümler belirlenmiştir. Bu amaçla yapım kolaylığı sebebi ile ülkemizde sıkça başvurulmuş tip proje kavramından yararlanılmış ve 2015 yılında MEB tarafından yayımlanan Asgari Tasarım Standartları Kılavuzunda verilen bilgiler doğrultusunda asgari kriterleri yerine getiren ilkokul derslik tasarımı yapılmıştır. Yeni veya onarımı yapılacak eğitim öğretim tesislerinin mevzuatlara ve günümüz şartlarına uygun yaptırılması için hazırlanan kılavuz anaokulu, ilkokul, ortaokul, lise ve yurt binaları gibi eğitim tesislerinin tasarımında uyulması gereken standartların belirtildiği el kitabı niteliği taşımaktadır. Milli Eğitim Bakanlığı tarafından ilk olarak 2013 yılında basımı yapılan ve dijital ortamda yayımlanan kılavuz, 2015 yılında tekrar revize edilmiştir (MEB, 2015).

Çalışma kapsamında doğal aydınlatma performansı analizi yapılan tip ilkokul dersliği kılavuzda verilen kriterlere uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Derslik boyutları kılavuzda verilen bilgiler dahilinde geliştirilmiştir. 30 kişilik derslik, kişi başı gerekli minimum 1.85 m^2 brüt alan sağlanacak şekilde dikdörtgen formu, $6.5\text{m} \times 7.5\text{m}$ boyutlarında ve 50m^2 olarak tasarlanmıştır (Şekil 5.1). Zemin kat ve üst katlarda bulunan ilkokul dersliklerinin kat yükseklikleri Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda 4m olarak belirlenmiştir (MEB, 2015). Bu kriter doğrultusunda döşeme ve kaplama kalınlığı 0.3m olarak kabul edilen dersliğin net yüksekliği 3.7m olup, tavandaki 4 adet kirişin yüksekliği 0.4m olarak kabul edilmiştir (Şekil 5.2). Derslik içindeki mobilyalar 15 adet öğrenci masası, 15 adet ikili oturma grubu ve 1 adet öğretmen masası ve sandalyeden oluşmaktadır.



Şekil 5.1 : Tasarlanan ilkokul dersliği planı.



Şekil 5.2 : Tasarlanan ilkokul dersliği kesiti.

Tasarlanan ilkokul dersliğinin gün ışığı analizleri ılımlı-nemli iklime sahip İstanbul ili için yapılmıştır. Analizlerde okul çevresi engelsiz olarak kabul edilmiş ve simülasyonlar bu kabul doğrultusunda yapılmıştır. Derslik hacmine ilişkin değerler MEB Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu dikkate alınarak belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 : Derslik hacmine ilişkin değerlerin belirlenmesi.

Kriter	İstenen özellikler	Kaynak	Tasarlanan
Pencere/Zemin Oranı	Minimum %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

MEB tarafından ilkokul binalarının tasarımında ve uygulamasında dikkat edilmesi gereken asgari standartları içeren kılavuzdaki bilgiler dikkate alınarak tasarlanan dersliğin pencere boyutları, yükseklikleri, pencere alanı gibi nitelikler bu kılavuz doğrultusunda asgari kriterleri sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Zeminden 0.9m yukarıda konumlandırılan göz hizası pencere sırası açılır kanat genişliği 0.8m, sabit kanatlar 0.6m olmak üzere açılır kanat- sabit kanat- açılır kanat olarak tasarlanmıştır. Zeminden 2.3m yükseklikte yüksek pencereler tasarlanarak aydınlığın mekanın iç noktalarına ulaşması hedeflenmiştir. Yüksek pencereler 0.5m yüksekliğinde ve sabit kanat olarak tasarlanmıştır. Tek bir pencere sırasının toplam genişliği 2.2m olup, cephede 3 sıra pencere bulunmaktadır (Şekil 5.3). Derslik pencere alanının derslik taban alanına oranı ilkokul dersliklerinde istenen %25 oranını sağlamaktadır (Çizelge 5.1). Bu oranı sağlayan pencere alanı kabul edildiğinde saydamlık oranı %45 olup, BS8206-2 standardında 8m ‘den daha az derinliğe sahip tek pencere ile doğal aydınlanan hacimlerde istenen minimum %20 saydamlık oranını sağlamaktadır.



Şekil 5.3 : Tasarlanan ilkokul dersliği cephesi.

Derslik mekanına ilişkin kriterler başlığı altında incelenen tavan, duvar ve zemin yansıtıcılık değerleri EN 12464-1 standardında belirtilen aralıkların ortalaması olarak alınmış, mobilyaların yansıtıcılık değeri 0.4 olarak kabul edilmiştir. Cam malzeme %80 geçirgenlik katsayısına sahip 6mm + 6mm Isıcam olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 5.2 : Derslik hacmine ilişkin tasarım değişkenleri için önerilen değerler.

Kriter	İstenen Özellikler	Kaynak	Tasarlanan
Yüzeylerin yansıtıcılık özellikleri	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 malzeme özellikleri	Geçirgenliği yüksek çift cam malzeme	MEB, 2015	Camın geçirgenlik katsayısı: %80 (6+6 Isıcam)

Tasarlanan ilkökul dersliğinin gün ışığı performansı analizi kapsamında farklı parametler incelenmiş ve yorumlanmıştır. İncelenen parametreler Çizelge 5.3’te verilmiştir.

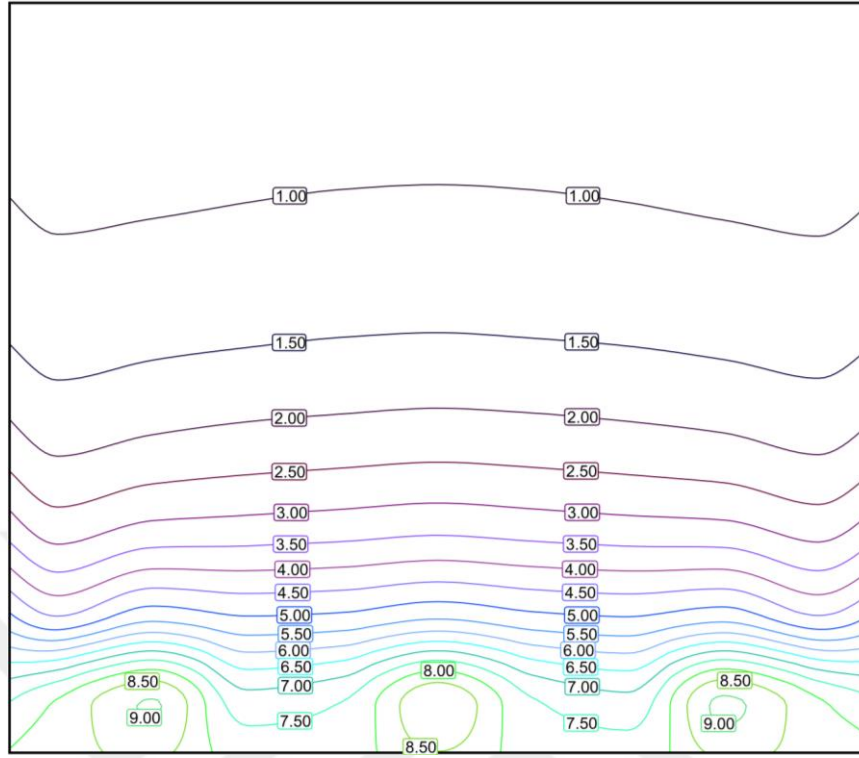
Çizelge 5.3 : Gün ışığı performansı için incelenen parametreler.

Kriter	İstenen değer	Kaynak
Gün ışığı faktörü	$\%2 > x > \%5$	IESNA, 2011
Aydınlık Düzeyi (lux)	≥ 300	TS EN 12464-1
Düvgünlük (U_0)	0.3-0.4	DfES,2003

5.1 Ele Alınan Derslik Hacminde Ortalama Gün Işığı Faktörünün Hesaplanması

Tasarlanan tip ilkökul dersliğinin doğal aydınlatma performansının analizi için ilk olarak gün ışığı faktörü değeri hesaplanmıştır. Sınıflarda sıra ve sandalyelerin duvara yaslandığı düşünülerek çalışma düzlemi tüm sınıf alanı olarak kabul edilmiştir. Kılavuz doğrultusunda tasarlanan hacim için kabul edilen değerlerin istenen gün ışığı miktarının sağlanmasındaki yeterliliğini saptamaya yönelik bu adımda CIE Kapalı Gök Koşulları altında Dialux Evo programında 0.7m olarak kabul edilen çalışma düzleminde, 21 Mart günü için simülasyon yapılmış ve ortalama gün ışığı faktörü % 2.781 olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.4).

Ele alınan derslik hacmi için belirlenen tasarım değişkenlerinin değerlerine bağlı olarak yapılan simülasyonla elde edilen ortalama gün ışığı faktörü istenen değer aralığında hesaplanmıştır.



Şekil 5.4 : Gün ışığı faktörü dağılımı.

5.2 Ele Alınan Derslik Hacminde Ortalama Gün Işığı Aydınlanmasının Hesaplanması

Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde tasarlanacak ilkokul yapılarında dersliklerin yönlendirilmesinde Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda uygun yön olarak belirtilmiş güney yönü ve orta uygunlukta olarak belirtilmiş doğu ve batı yönü için simülasyonlar yapılmıştır. Eğitim yılını temsilen 21 Mart günü saat 9.00, 12.00 ve 15.00 için CIE Ortalama Gök Koşulu altında simülasyonlar yapılmıştır. Yapılan doğal aydınlatma simülasyonunda çalışma düzlemi sıra ve sandalyelerin sınıflarda duvara yaslandığı göz önünde bulundurularak tüm sınıf alanı olarak kabul edilmiştir. Analizi yapılan senaryolar Çizelge 5.4 'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.

Senaryolar	Yön	Saat		
S1	Güney	9.00	12.00	15.00
S2	Doğu	9.00	12.00	15.00
S3	Batı	9.00	12.00	15.00

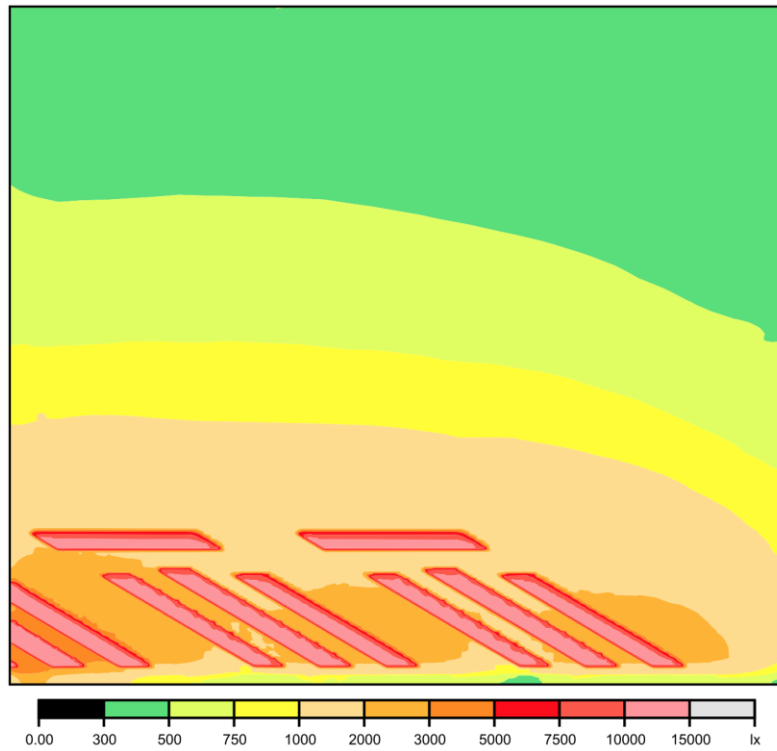
S1 senaryosunda simülasyon yapılan tüm saatler için ortalama aydınlık düzeyleri standartlarda istenen asgari değerlerin üzerinde hesaplanmıştır.

Güneye bakan dersliklerde doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sebebi ile aydınlık düzgün dağılım göstermemektedir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : S1 senaryosu simülasyon sonuçları.

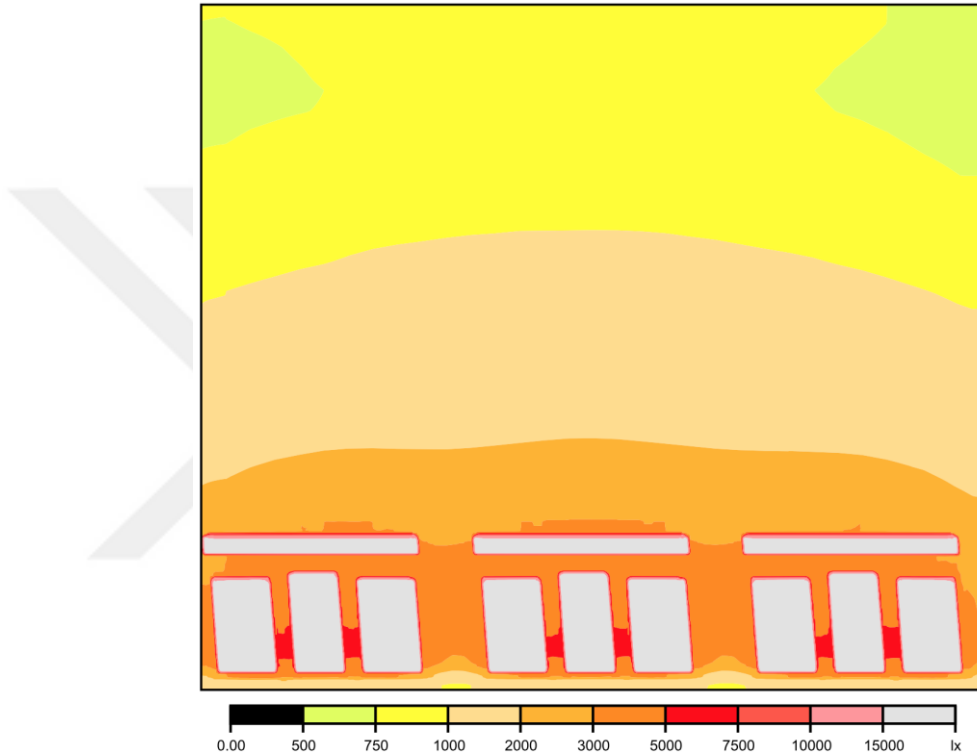
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik
S1	9.00	1428	14671	325	0.23
	12.00	3712	23431	667	0.18
	15.00	1814	17077	416	0.23

S1 senaryosunda sabah 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 1428 lux hesaplanmıştır. Pencerelelerden uzak bölgelerde aydınlık düzeyinin minimum 325 lux'e düşmesine karşın, pencereye yakın bölgelerde yüksek aydınlık düzeyinin düşürülmesi ve aydınlığın düzensiz dağılımının sağlanmasına yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir (Şekil 5.5). Bu saat için yapılan simülasyonda aydınlığın istenen düzensizlikte olmadığı görülmektedir.



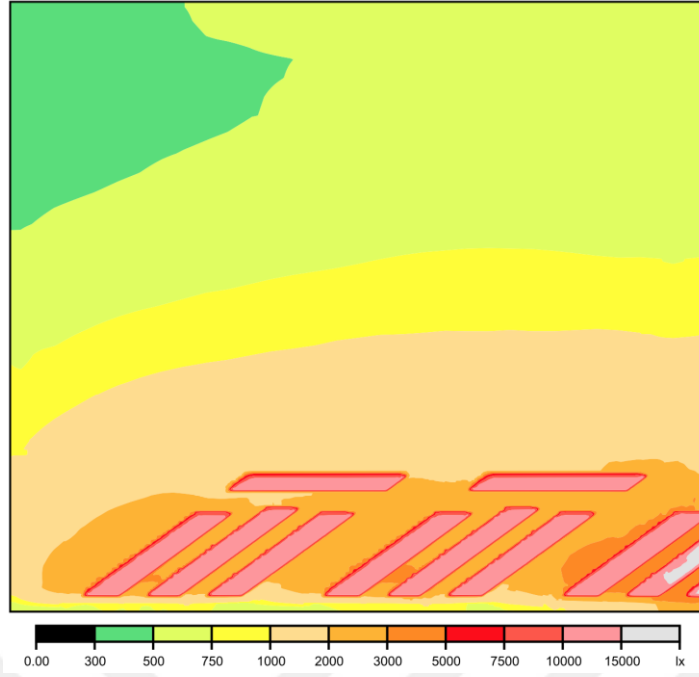
Şekil 5.5 : S1 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S1 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 3712 lux hesaplanmıştır. Öğle saatlerinde dik açıyla gelen güneş ışınlarının engellenmemesi sebebiyle düzgünlük sabah saatlerine göre düşük değerde hesaplanmış, ve hesaplanan değer standartlarda istenen asgari değeri sağlamamaktadır (Şekil 5.6). Bu saatlerde güneş kontrol elemanlarının kullanımı ile doğrudan gelen güneş ışığı engellenerek hacimde oluşan yüksek aydınlık düzeylerinin engellenmesi gerekmektedir.



Şekil 5.6 : S1 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S1 senaryosu saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 1814 lux hesaplanmıştır (Şekil 5.7). Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi 17077 lux hesaplanmıştır. Pencereden uzaklaştıkça bu değer minimum 416 lux'e düşmektedir. Hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi ile minimum aydınlık düzeyi arasındaki farklılık nedeni ile düzgünlük değeri istenen değer aralığının altında hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde kamaşma görsel performansı olumsuz etkileyeceği ve konforsuzluk yaratacağı için güneş kontrol elemanının kullanılması ve aydınlığın düzgün dağılımının sağlanması gerekmektedir.



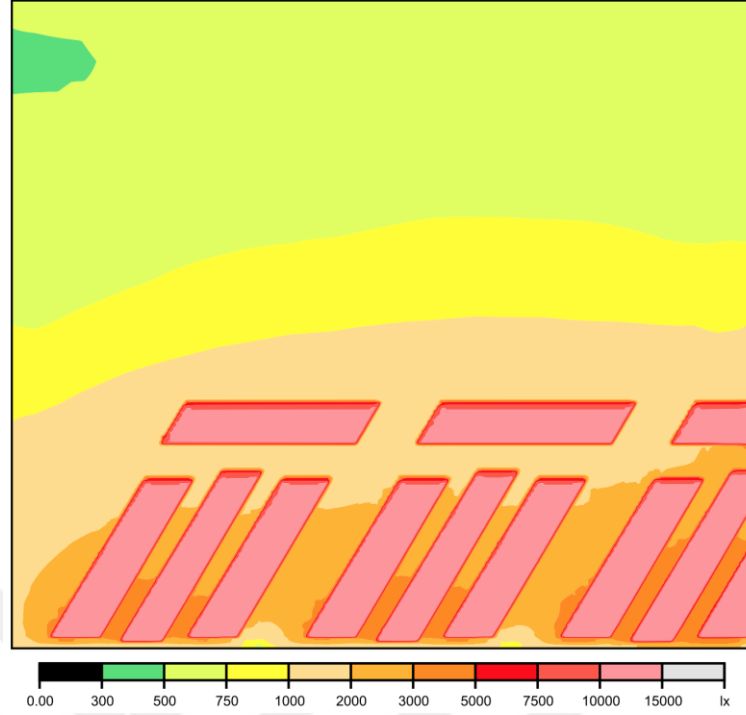
Şekil 5.7 : S1 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Doğuya bakan dersliklerin gün ışığı performansı analizi için geliştirilen S2 senaryosunda yapılan simülasyonlarda sabah saatlerinde doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sonucu düzgünlük değeri diğer saatlere göre düşük değerde hesaplanmıştır (Çizelge 5.6). Sabah saatlerinde kamaşmanın engellenmesi için güneş kontrol elemanlarının kullanılması önerilmektedir. Günün ilerleyen saatlerinde ortalama aydınlık düzeyleri ve düzgünlük değeri istenen değer aralığına düşmektedir.

Çizelge 5.6 : S2 senaryosu simülasyon sonuçları.

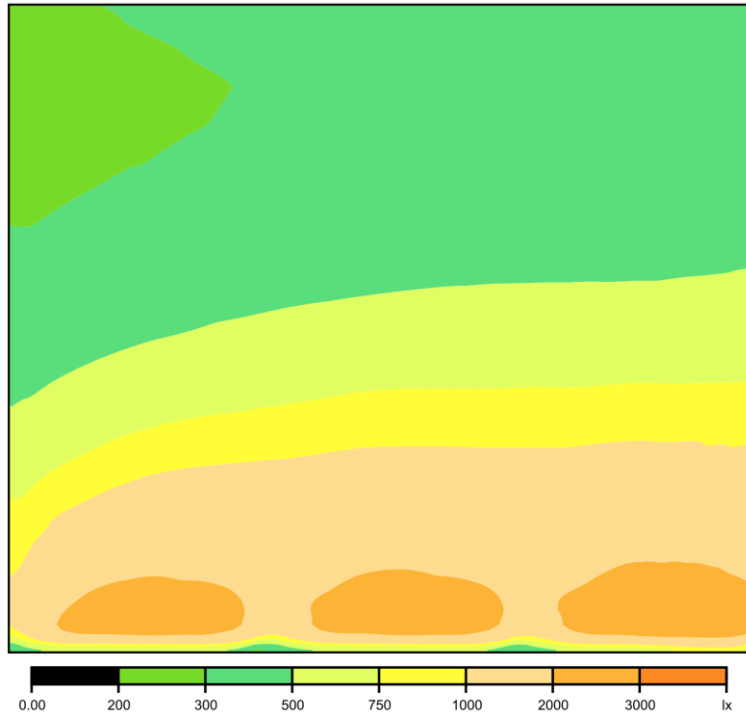
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzgünlük
S2	9.00	2843	14372	486	0.17
	12.00	808	2803	256	0.32
	15.00	362	1166	124	0.34

S2 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 2843 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerdeki aydınlık düzeyi 14372 lux'e çıkmaktadır. Sabah saatlerinde doğuya bakan dersliklerde görsel konforun sağlanması ve görsel aktivitelerin zorlanmadan yerine getirilebilmesi için güneş kontrol elemanları kullanılarak doğrudan güneş ışığının engellenmesi gerekmektedir (Şekil 5.8).



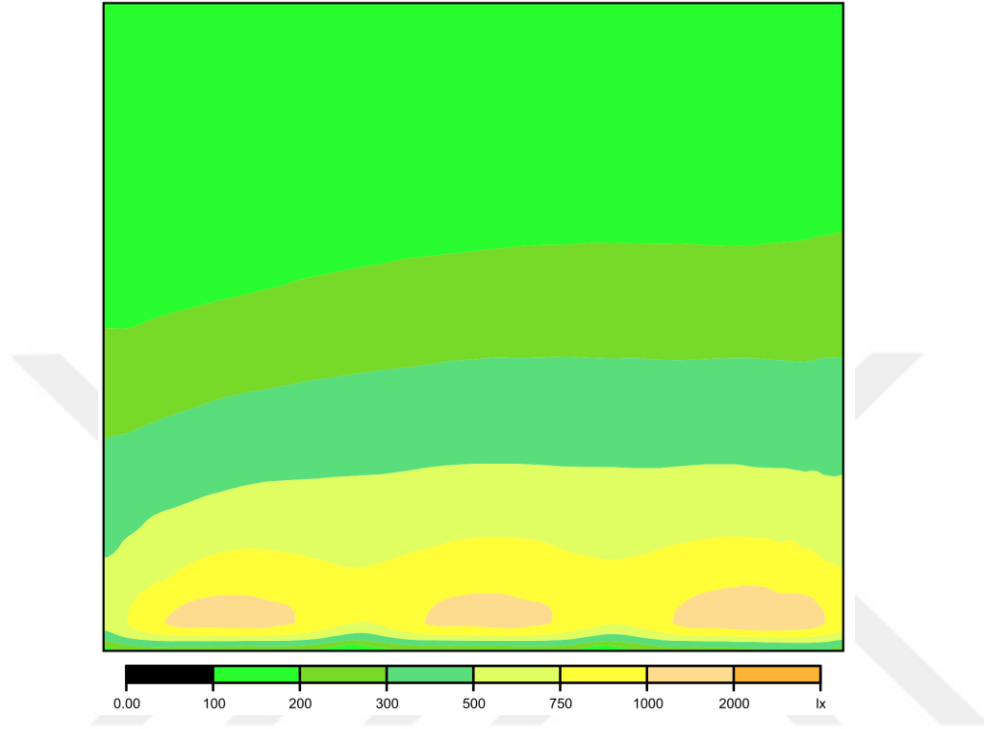
Şekil 5.8 : S2 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S2 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 808 lux hesaplanmıştır. Aydınlık düzeyinin sabah saatlerine göre düşüş göstermesi ile aydınlığın daha düzgün dağılım gösterdiği gözlemlenmektedir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : S2 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S2 senaryosu saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 362 lux hesaplanmıştır. Pencereden uzak bölgelerde aydınlık düzeyi 300 lux'ün altına düşmektedir. Hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi istenen asgari değeri sağlamaktadır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 : S2 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

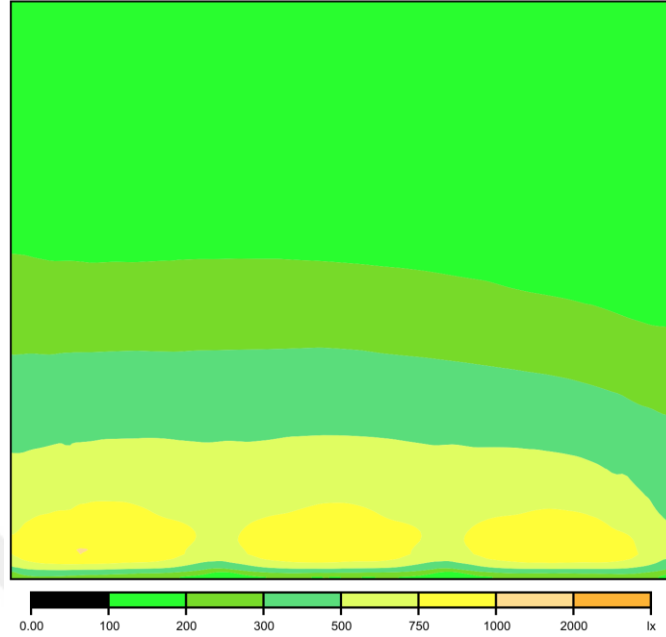
S3 senaryosu için yapılan simülasyonlarda batıya bakan dersliklerin gün ışığı performansı analiz edilmiştir. Sabah saatlerinde pencereden uzak bölgelerde aydınlık düzeyinin istenen değerinin altında kaldığı hesaplanmıştır (Çizelge 5.7). Öğleden sonra doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sonucu yüksek aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.7 : S3 senaryosu simülasyon sonuçları.

Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik
S3	9.00	312	1003	106	0.34
	12.00	735	2568	226	0.31
	15.00	2766	16815	506	0.18

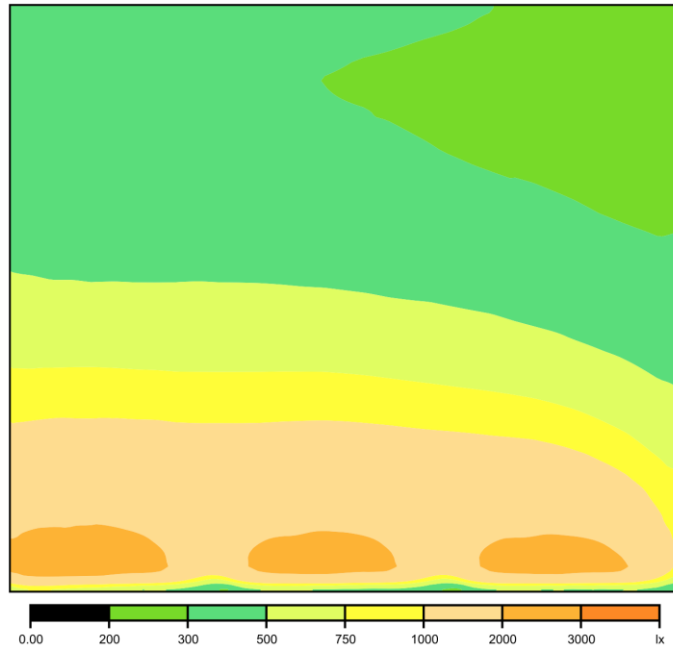
S3 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 312 lux hesaplanmıştır. Hesaplanan değer derslikler için istenen asgari değeri sağlamaktadır (Şekil 5.11).

Pencereye yakın bölgelerde maksimum aydınlık düzeyi 1003 lux hesaplanmış olup, pencerelerden uzaklaştıkça bu değer 300 lux'ün altına düşmektedir.



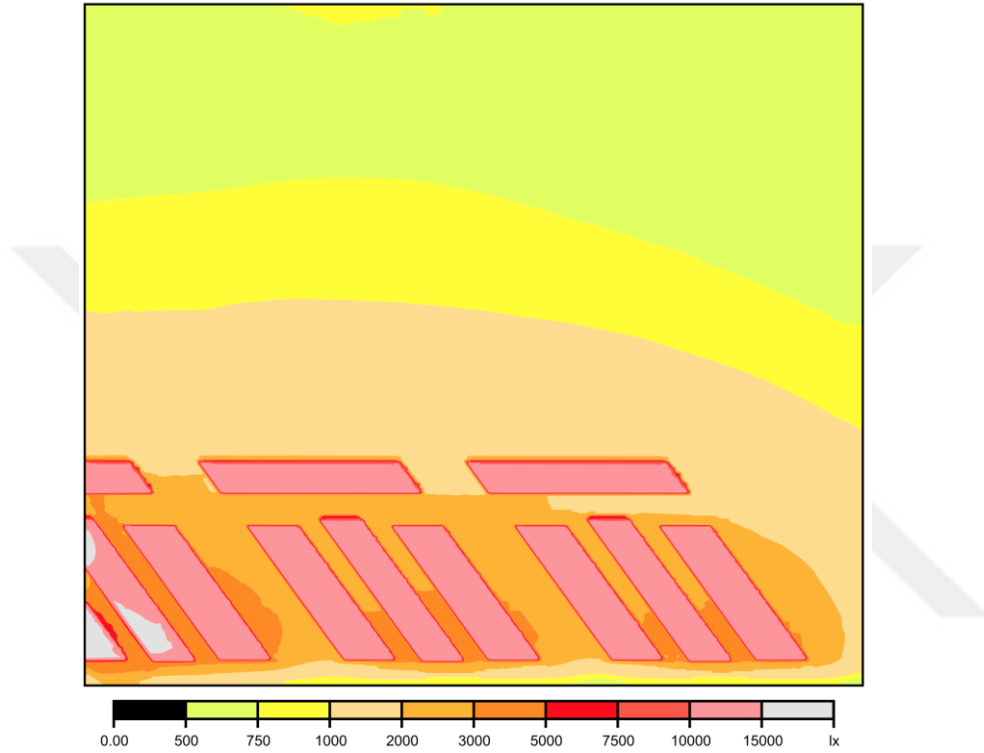
Şekil 5.11 : S3 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S3 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 735 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi 2000 lux'ün üzerine çıkmakta, pencereden uzaklaştıkça bu değer 300 lux'ün altına düşmektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 : S3 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S3 senaryosu saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 2766 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde 16815 lux değerine çıkan aydınlık düzeyi görsel konforu olumsuz etkileyecek değerdedir. Pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi düşmekle birlikte bu saatlerde doğrudan gelen güneş ışığı engellenerek pencereye yakın bölgelerde kamaşmanın önlenmesi için güneş kontrol elemanlarının kullanımı önerilmektedir (Şekil 5.13).



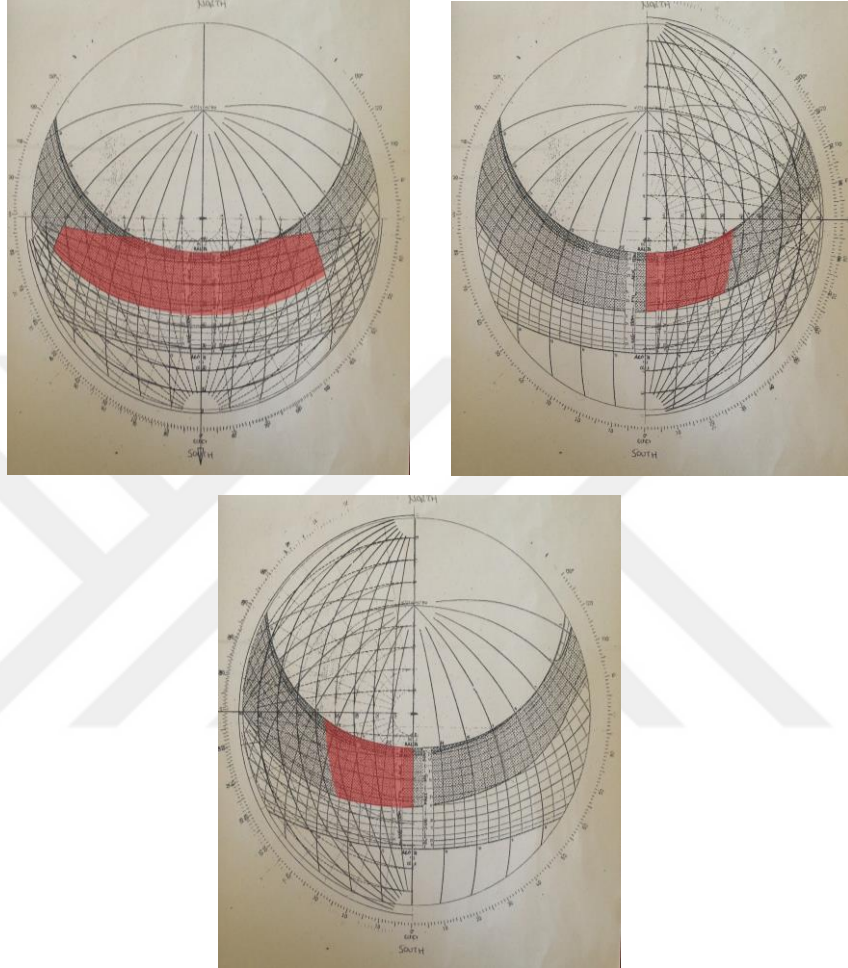
Şekil 5.13 : S3 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Tasarlanan dersliğin saydamlık oranı, pencere-zemin oranı, gün ışığı faktörü değerleri doğal aydınlanan mekanlarda istenen asgari değerleri sağlamakla birlikte görsel konforun sağlanması için güneye bakan dersliklerde simülasyon yapılan tüm saatlerde, doğuya bakan dersliklerde sabah saatlerinde ve batıya bakan dersliklerde öğleden sonra doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi gerekmektedir.

5.3 Ele Alınan Derslik Hacmi için Güneş Kontrol Elemanının Tasarlanması

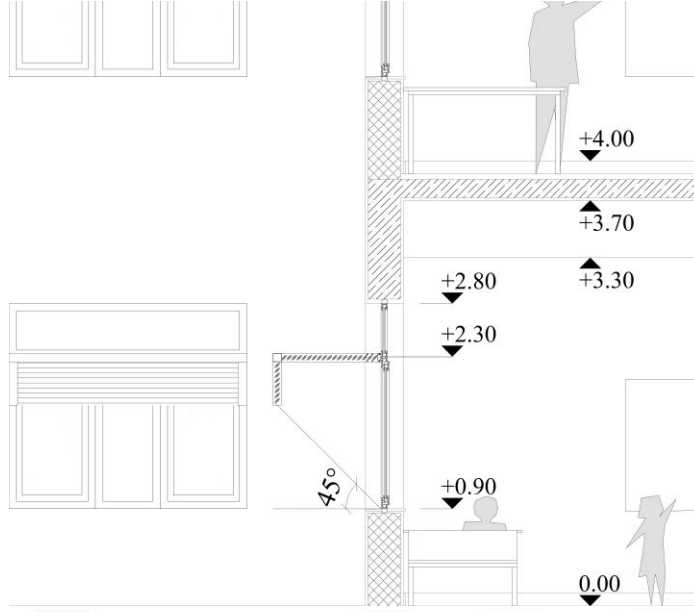
Yapılan simülasyonlar sonucunda güney cephesinde tüm kullanım saatleri boyunca, doğu cephesinde sabah saatlerinde ve batı cephesinde öğleden sonra pencereye yakın bölgelerde doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi için güneş kontrolünün yapılması gerekliliği ortaya konmuştur. Güneş kontrol elemanının tasarımında

Olgay & Olgay (1957) grafik yöntemi kullanılarak İstanbul ili için tasarlanan okulun kullanım saatleri dikkate alınarak profil açısı 45° olarak belirlenmiştir (Şekil 5.14). Cephe tasarımında birlik sağlamak için tüm cephelerde tek tip güneş kontrol elemanı kullanılmasına karar verilmiştir.

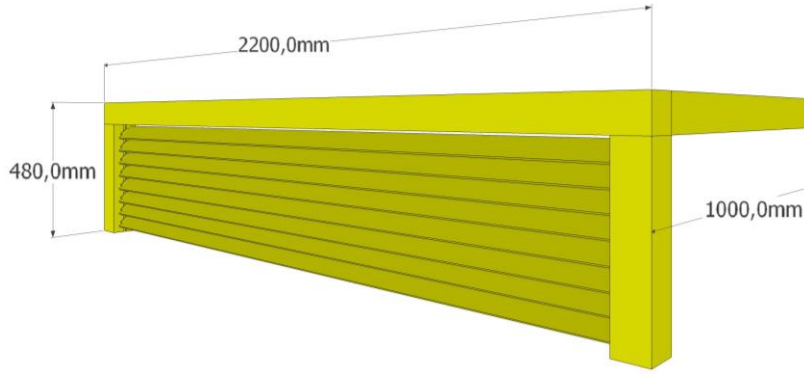


Şekil 5.14 : Güneş kontrol elemanı profil açısının belirlenmesi.

Olgay & Olgay (1957) grafik yöntemi kullanılarak belirlenen profil açısını sağlayan güneş kontrol elemanı yatayda 19 adet, düşeyde 8 adet 45° açılı %65 yansıtıcılık değerine sahip parçalardan oluşmaktadır (Şekil 5.15). Parçalar 6mm kalınlığında ve 60mm yüksekliğinde olup, güneş kontrol elemanı RAL 1018 toz boyalı alüminyum malzemedir. Güneş kontrol elemanının yatay bölümü 1m derinliğinde ve düşey bölümü 0.48m yüksekliğinde ve 2.2m genişliğindedir (Şekil 5.16). Cepheye eklenen güneş kontrol elemanının kullanımı ile doğrudan gelen güneş ışığı engellenerek pencereye yakın bölgelerdeki yüksek aydınlık düzeylerinin düşürülmesi ve aydınlığın düzgün dağılımının sağlanması hedeflenmektedir.



Şekil 5.15 : Tasarlanan güneş kontrol elemanı kesiti.



Şekil 5.16 : Tasarlanan güneş kontrol elemanı görünüşü.

Tasarlanan güneş kontrol elemanlarının derslik hacminin gün ışığı performansına etkisini incelemek için simülasyonu yapılan senaryolar Çizelge 5.8 'de verilmiştir.

Çizelge 5.8 : Güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.

Senaryolar	Yön	Saat		
S4	Güney	9.00	12.00	15.00
S5	Doğu	9.00	12.00	15.00
S6	Batı	9.00	12.00	15.00

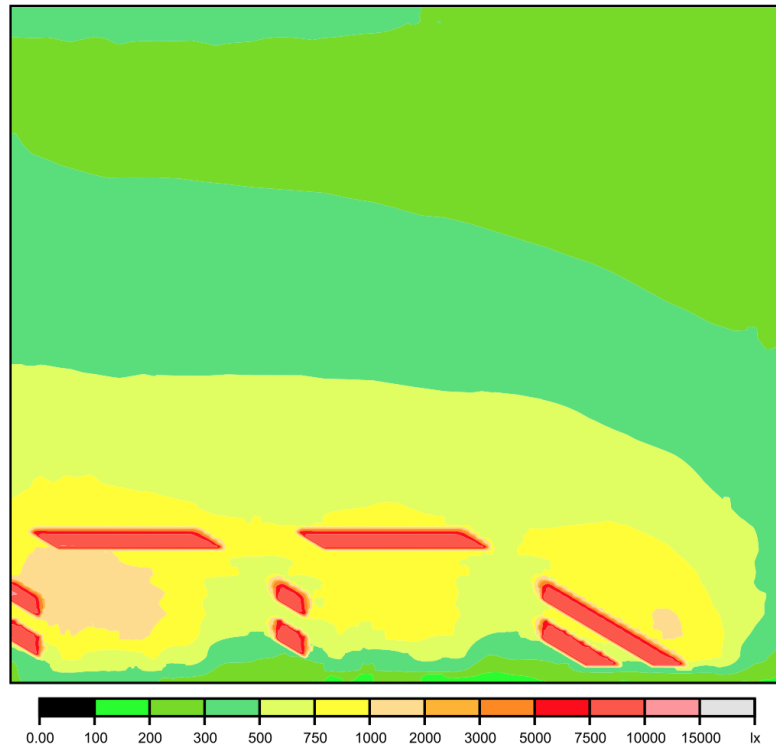
S4 senaryosu için yapılan simülasyonlarda güneye bakan dersliklerde güneş kontrol elemanının kullanımı ile pencereye yakın bölgelerdeki doğrudan gelen güneş ışığı engellenerek aydınlık düzeyinin güneş kontrol elemanlarının kullanılmadığı S1 senaryosuna göre düştüğü, düzgünlük değerinin saat 9.00 ve 15.00 için aynı değerde

kaldığı, saat 12.00 için yapılan simülasyonda düzgünlük değerinin S1 senaryosunda hesaplanan düzgünlük değerine göre artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 5.9). Simülasyon yapılan tüm saatler için hesaplanan düzgünlük değeri istenen değerin altında kalmaktadır.

Çizelge 5.9 : S4 senaryosu simülasyon sonuçları.

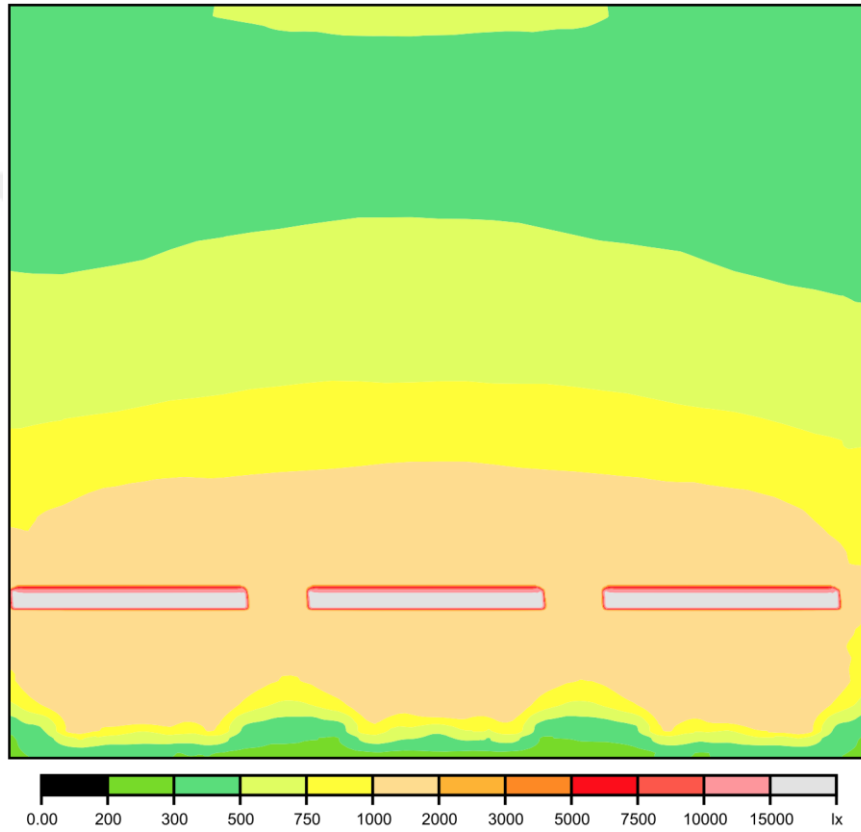
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzgünlük
S4	9.00	660	10149	150	0.23
	12.00	1144	19483	212	0.19
	15.00	810	12042	184	0.23

S4 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 660 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi 10149 lux'e çıkmaktadır (Şekil 5.17). Güneş kontrol elemanının kullanımı ile doğrudan gelen güneş ışığı önemli ölçüde engellenerek ortalama aydınlık düzeyi düşürülmüştür. Pencereye yakın bölgelerde yüksek aydınlık düzeyleri gözlemlenmektedir. Aydınlık güneş kontrol elemanı kullanılmadığı S1 senaryosuna göre daha düzgün dağılım göstermekte buna karşın düzgünlük istenen minimum değerin altında kalmaktadır.



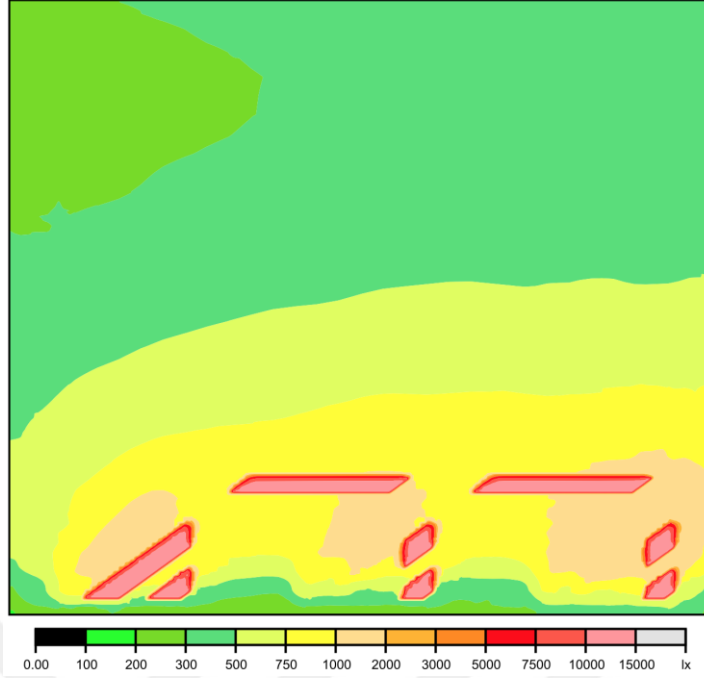
Şekil 5.17 : S4 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S4 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 1144 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde güneş ışınlarının engellenmemesi sebebi ile hacim içinde hesaplanan en yüksek aydınlık düzeyi 19483 lux'e çıkmaktadır (Şekil 5.18). Ortalama aydınlık düzeyinin güneş kontrol elemanlarının kullanılmadığı S1 senaryosuna göre önemli ölçüde düştüğü hesaplanmasına karşın, tek taraflı pencere ile doğal aydınlanan mekanlarda istenen düzgünlük değeri sağlanamamakta ve hacimde aydınlık düzgün dağılım göstermemektedir.



Şekil 5.18 : S4 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S4 senaryosu saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 810 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi maksimum 12042 lux 'e çıkmaktadır (Şekil 5.19). Pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyinin uygun değerlere düştüğü gözlemlenmektedir. Hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi ile minimum aydınlık düzeyi arasındaki farklılık nedeni ile düzgünlük değeri istenen değer aralığının altında hesaplanmıştır. Güneye bakan dersliklerde gün ışığını mekanın derinliklerine iletimini sağlayacak önlemlerin alınması gerekmektedir.



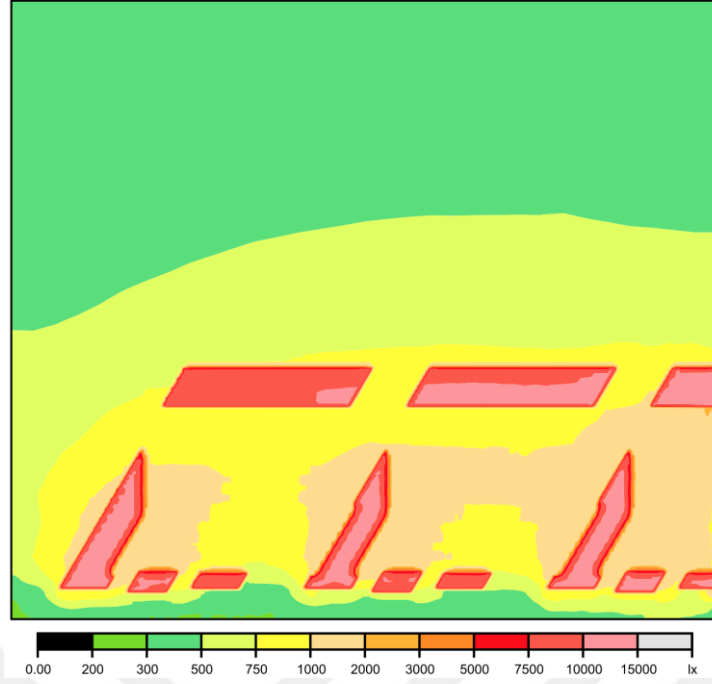
Şekil 5.19 : S4 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Doğuya bakan dersliklerde güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı durumlarda gün ışığı performansının analizi için yapılan S5 senaryosunda sabah saatlerinde ortalama aydınlık düzeyi 300 lux'un üzerinde hesaplanmıştır (Çizelge 5.10). Öğleden sonra hacim içinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi önemli ölçüde azalmakla birlikte asgari değeri sağlamakta ve düzgün bir dağılım göstermektedir. Doğuya bakan dersliklerde öğleden sonra aydınlık düzeyinin düşmesi sebebiyle görsel aktivitelerin zorlanmadan gerçekleştirilebilmesi için doğal aydınlatmanın yapma aydınlatma ile desteklenmesi gerekmektedir.

Çizelge 5.10 : S5 senaryosu simülasyon sonuçları.

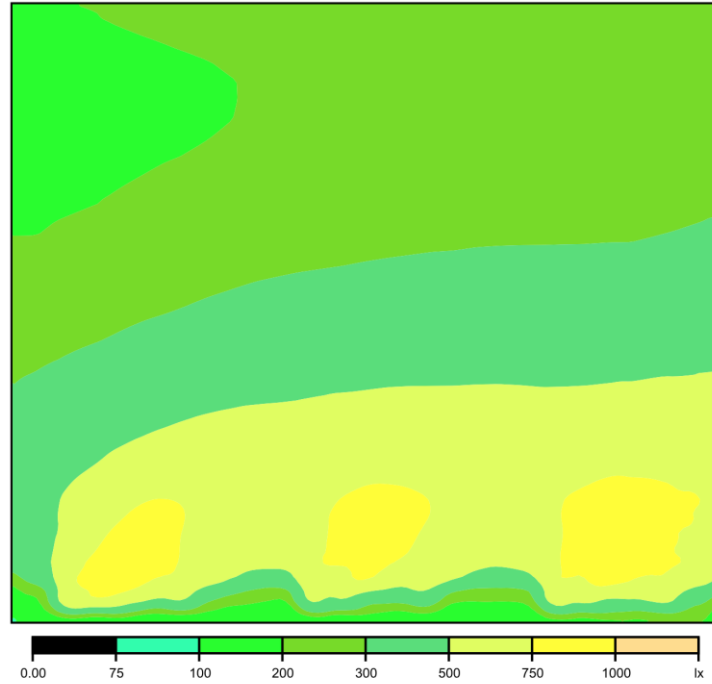
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik
S5	9.00	1353	12279	245	0.18
	12.00	392	936	95	0.24
	15.00	181	418	48.9	0.27

S5 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 1353 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi maksimum 12279 lux'e çıkmaktadır (Şekil 5.20). Doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi ile S5 senaryosunda S2 senaryosuna göre aydınlık düzeyi önemli ölçüde düşmüş, düzensizlik artmıştır.



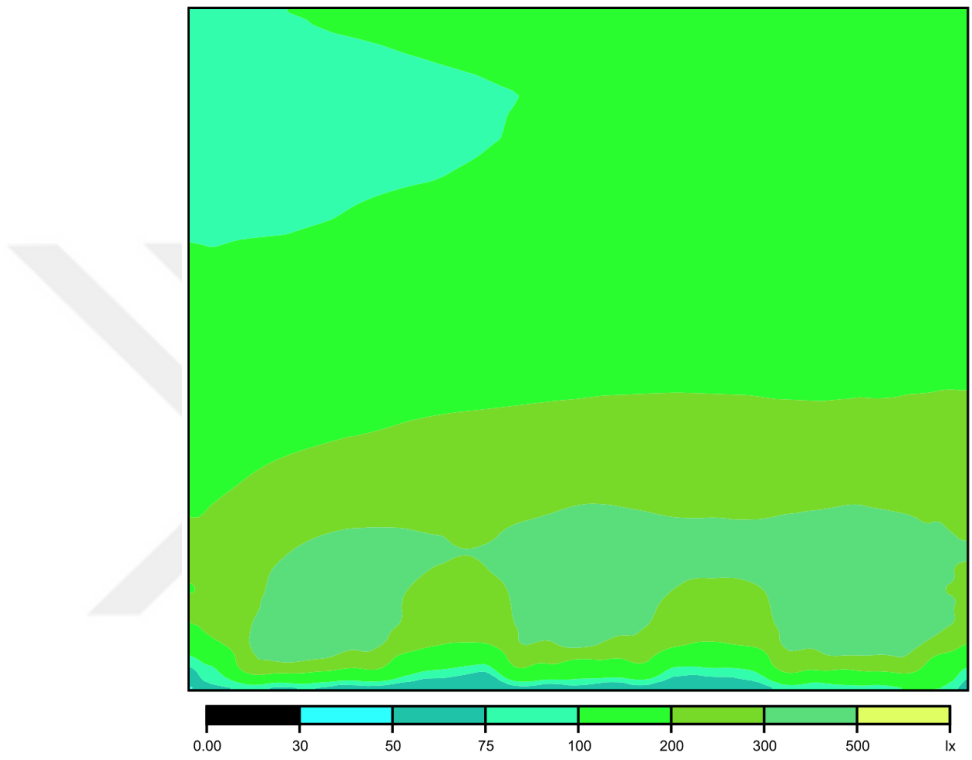
Şekil 5.20 : S5 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S5 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 392 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde maksimum aydınlık düzeyi 936 lux olarak hesaplanmış olup pencereden uzaklaştıkça bu değer 300 lux'ün altına düşmektedir (Şekil 5.21).



Şekil 5.21 : S5 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S5 senaryosu saat 15.00 yapılan simülasyon sonucunda ortalama aydınlık düzeyi 181 lux hesaplanmıştır. Hesaplanan değer dersliklerde görsel aktivitelerin yerine getirilebilmesi için uluslararası standartlarda belirtilen asgari değerin altında kalmaktadır (Şekil 5.22). Hesaplanan düzgünlük değeri istenen asgari değerin altında kalmaktadır. Doğuya bakan dersliklerde öğleden sonra gün ışığının mekanın derinliklerine iletimi sağlanarak aydınlık düzeyinin arttırılması gerekmektedir.



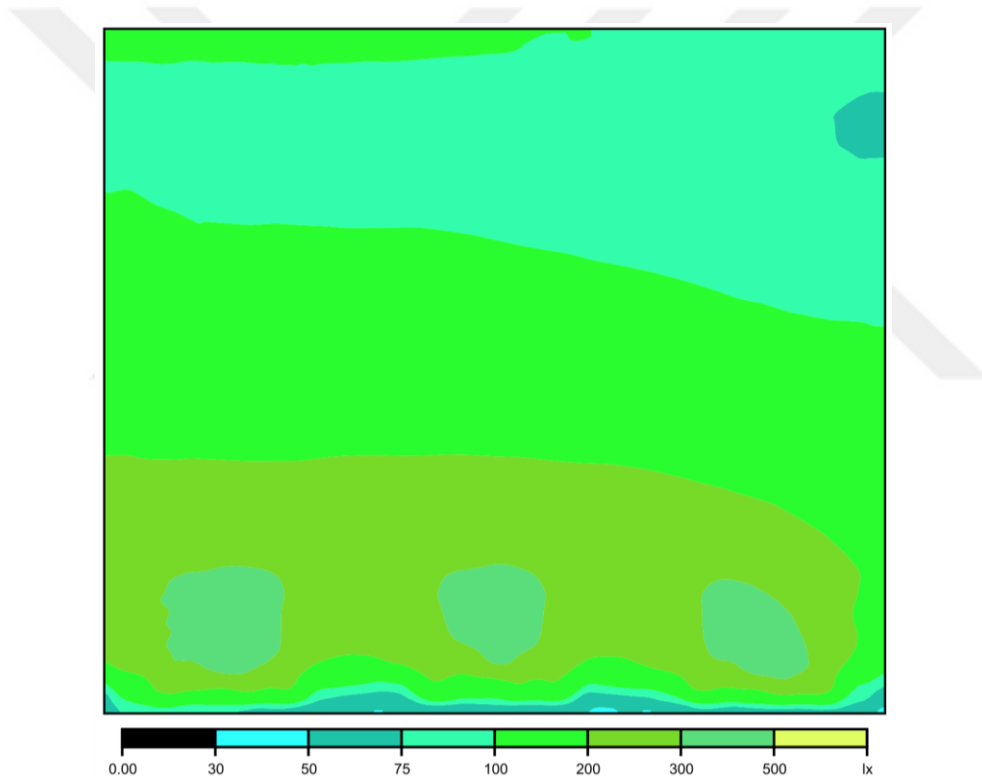
Şekil 5.22 : S5 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Batıya bakan dersliklerde güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı durumların analiz edildiği S6 senaryosunda sabah saatlerinde gün ışığının mekan içine alınamaması sebebiyle ortalama aydınlık düzeyinin görsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli değerin altında kaldığı hesaplanmıştır (Çizelge 5.11). Güneş kontrol elemanlarının kullanılması durumunda batıya bakan dersliklerde sabah saatlerinde doğal aydınlatma yapma aydınlatma ile desteklenmelidir. Öğle saatlerinde ve öğleden sonra aydınlık düzeyi istenen asgari değerleri sağlamakla birlikte, öğleden sonra güneş kontrol elemanının düşük açıyla gelen güneş ışığını engelleyememesi nedeni ile pencereye yakın bölgelerde konforsuzluk yaratacak yüksek aydınlık düzeyleri oluşmaktadır. Simülasyon yapılan saatlerde düzgünlük değeri istenen asgari değerin altında kalmaktadır.

Çizelge 5.11 : S6 senaryosu simülasyon sonuçları.

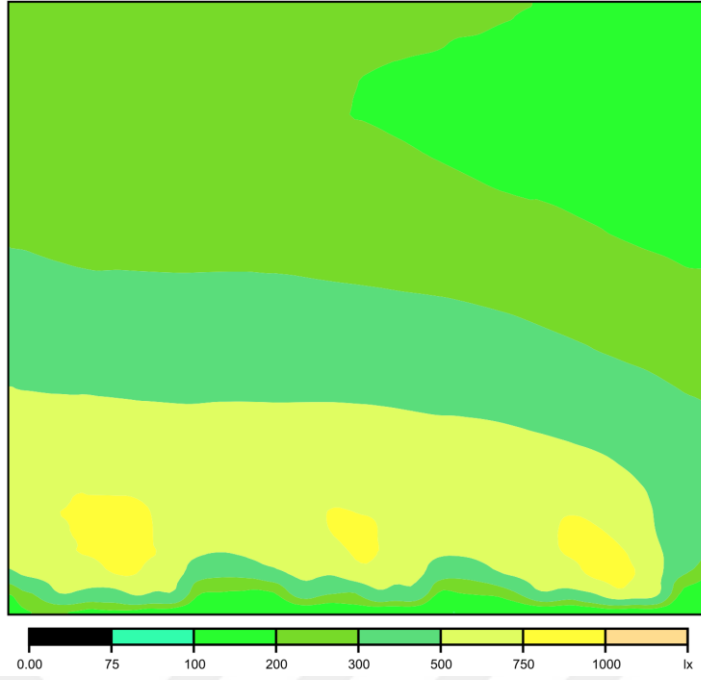
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik
S6	9.00	158	364	45	0.28
	12.00	359	857	89.9	0.25
	15.00	1221	14241	235	0.19

S6 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyon sonucunda ortalama aydınlık düzeyi 158 lux hesaplanmıştır. Bu değer dersliklerde görsel aktivitelerin zorlanmadan yerine getirilebilmesi için gerekli asgari değerin altında kalmaktadır (Şekil 5.23). Sabah saatlerinde batıya bakan dersliklerde gün ışığının mekanın derinliklerine iletimini sağlayacak önlemlerin alınması gerekmektedir.



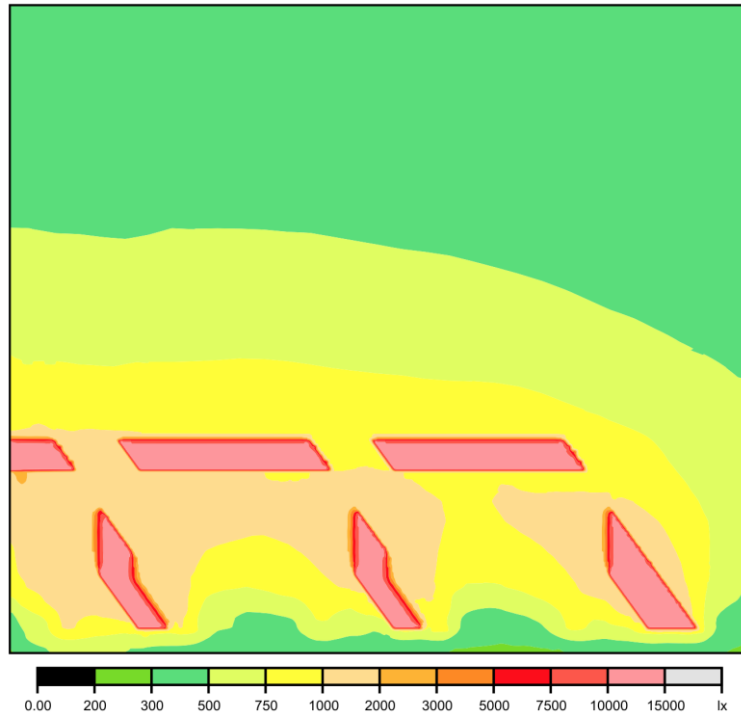
Şekil 5.23 : S6 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S6 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 359 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde hesaplanan maksimum aydınlık düzeyi 857 lux iken pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyinin 300 lux'ün altına düştüğü gözlemlenmektedir (Şekil 5.24). Gün ışığının hacim içine iletilmemesi sebebiyle düzensizlik değeri istenen asgari değerin altında kalmaktadır.



Şekil 5.24 : S6 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S6 senaryosu saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 1221 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi maksimum 14241 lux 'e çıkmakta, bu değer pencereden uzaklaştıkça 300 lux'ün altına düşmektedir (Şekil 5.25). Hacimde hesaplanan en düşük değer pencereye yakın köşe bölgelerde görülmektedir.



Şekil 5.25 : S6 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Güneş kontrol elemanlarının kullanımı ile tüm cephelerde doğrudan gelen güneş ışığı engellenerek pencereye yakın bölgelerdeki maksimum aydınlık düzeyleri önemli ölçüde düşürülmüştür. Güney, Doğu ve Batı cephesi için hesaplanan minimum aydınlık düzeyleri istenen asgari değerlerin altında kalmakla birlikte, özellikle Doğu cephesinde öğleden sonra ve Batı cephesinde sabah saatlerinde ortalama aydınlık düzeyinin 300 lux'ü sağlamaması sebebi ile hacim içindeki aydınlık düzeyini arttırmaya yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Güneş kontrol elemanı kullanılan Güney, Doğu ve Batı yönüne bakan dersliklerin doğal aydınlatma performanslarının analiz edildiği S4, S5 ve S6 senaryolarında aydınlığın düzgün dağılmadığı, istenen değerlerin altında kaldığı hesaplanmıştır.

5.4 Ele Alınan Derslik Hacmine Işık Rafı Eklenmesi

Hacim içindeki minimum aydınlık düzeylerini arttırmak ve aydınlığın düzgün dağılımının sağlanması amacı ile güneş kontrol elemanlarına ek olarak hacim içine ışık rafı eklenmiştir (Şekil 5.26). İç mekanda ışık rafının kullanımı ile doğrudan gelen güneş ışığını engellenmesi ve yüksek pencereye gelen güneş ışığının mekanın derinliklerine iletilmesi ile aydınlığın düzgün dağılımının sağlanması hedeflenmektedir. Zeminden 2.3m yükseklikte 0.6m derinlikte tasarlanan ışık rafları %80 ışık yansıtıcılığa sahip beyaz boyalı alüminyum malzeme olarak tasarlanmıştır.



Şekil 5.26: Işık rafının hacim içinde konumlanması.

Işık raflarının güneş kontrol elemanları ile birlikte kullanıldığı durumlar için geliştirilen senaryolar Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12 : Güneş kontrol elemanı ve ışık rafının birlikte kullanıldığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.

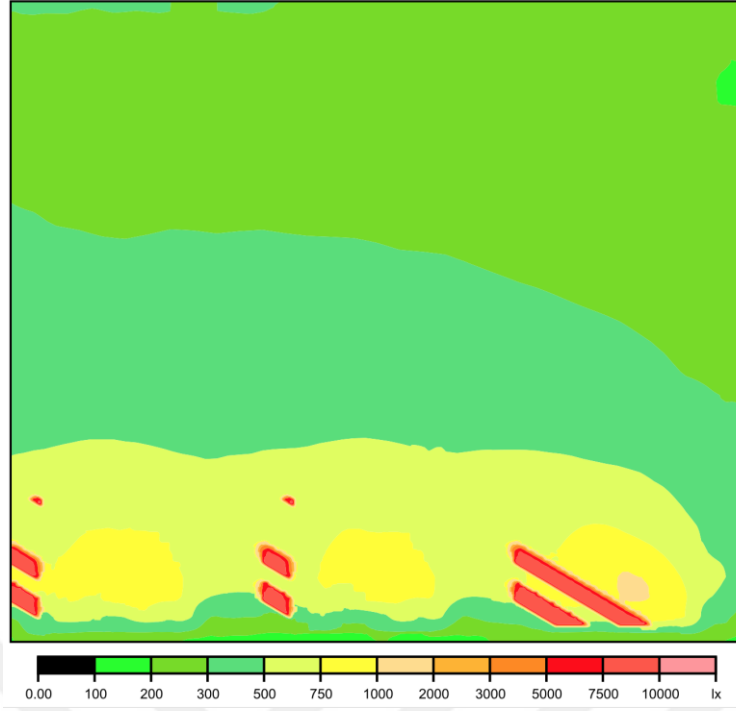
Senaryolar	Yön	Saat		
S7	Güney	9.00	12.00	15.00
S8	Doğu	9.00	12.00	15.00
S9	Batı	9.00	12.00	15.00

Güneye bakan derslikler için yapılan simülasyonlarda ışık rafı kullanımı ile güneş ışınlarının hacmin iç noktalarına iletiminin sağlandığı ve hesaplanan en düşük aydınlık düzeyi değerlerinin arttığı görülmektedir (Çizelge 5.13). Tüm saatler için hesaplanan maksimum aydınlık düzeyleri, yüksek pencereye gelen güneş ışınlarının engellenmesi sebebi ile ışık rafının kullanılmadığı S4 senaryosuna göre düşüş göstermiş olup, ortalama aydınlık düzeyinin azalması ve en düşük aydınlık düzeyi değerlerinin yükselmesi ile hesaplanan düzgünlük değeri artış göstermiştir. Işık rafının kullanımı ile tek taraflı pencereler ile doğal aydınlanan mekanlarda istenen minimum düzgünlük değeri tüm saatlerde sağlanmaktadır.

Çizelge 5.13 : S7 senaryosu simülasyon sonuçları.

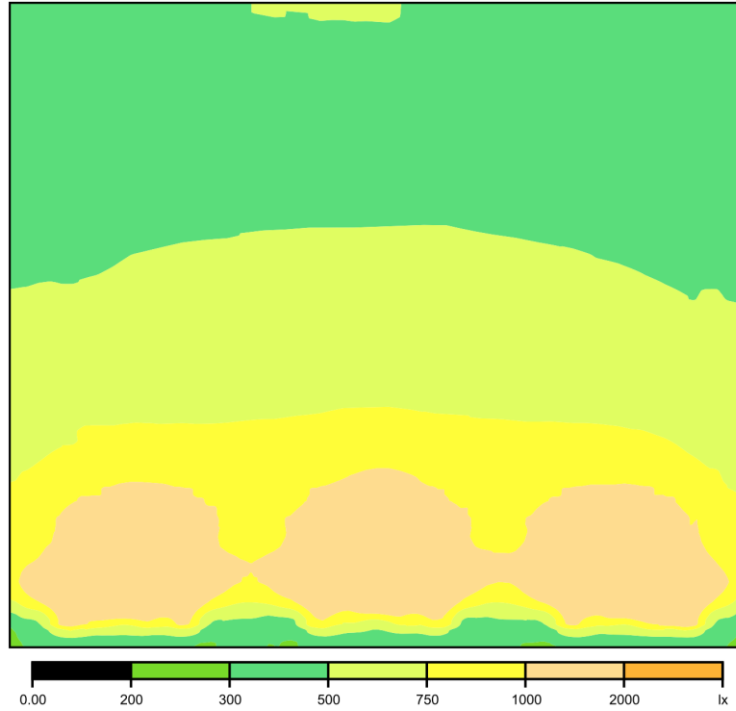
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzgünlük
S7	9.00	494	9974	160	0.32
	12.00	675	1752	223	0.33
	15.00	608	11882	193	0.32

S7 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 494 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde maksimum aydınlık düzeyi 9974 lux hesaplanmıştır (Şekil 5.27). Yüksek pencereye doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi ve güneş ışığının hacmin iç noktalarına iletilmesi ile ışık rafının kullanılmadığı S4 senaryosuna göre aydınlığın daha düzgün dağıldığı ve istenen asgari değeri sağladığı görülmektedir. Hacimde ölçülen en düşük aydınlık düzeyinin güneye bakan derslikler için geliştirilen diğer senaryolara göre artış gösterdiği görülmektedir.



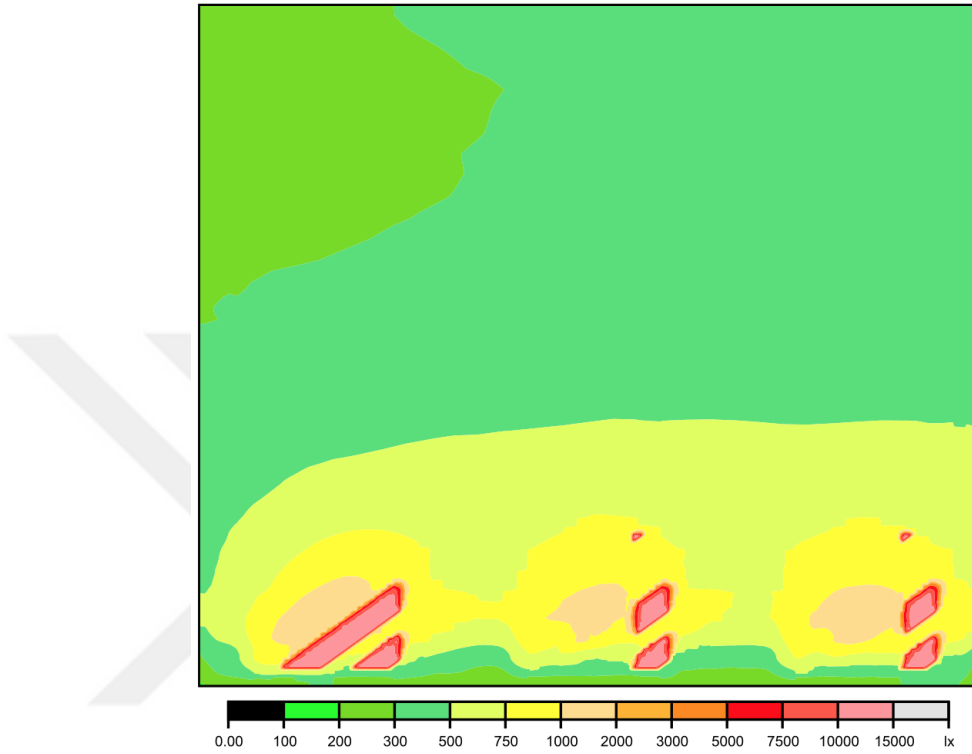
Şekil 5.27 : S7 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S7 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 675 lux hesaplanmıştır. Saat 12.00 'da doğrudan gelen güneş ışığının güneş kontrol elemanı ve hacim içindeki ışık rafı tarafından engellenmesi ile hacim içindeki aydınlığın düzgün dağılım gösterdiği ve ışık rafının kullanılmadığı S4 senaryosuna göre düzgünlük değerinin arttığı görülmektedir (Şekil 5.28).



Şekil 5.28 : S7 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S7 senaryosu saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 608 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi maksimum 11882 lux hesaplanmış olup, aydınlık mekan içerisinde ışık rafının kullanılmadığı S4 senaryosuna göre daha düzgün dağılım göstermektedir (Şekil 5.29).



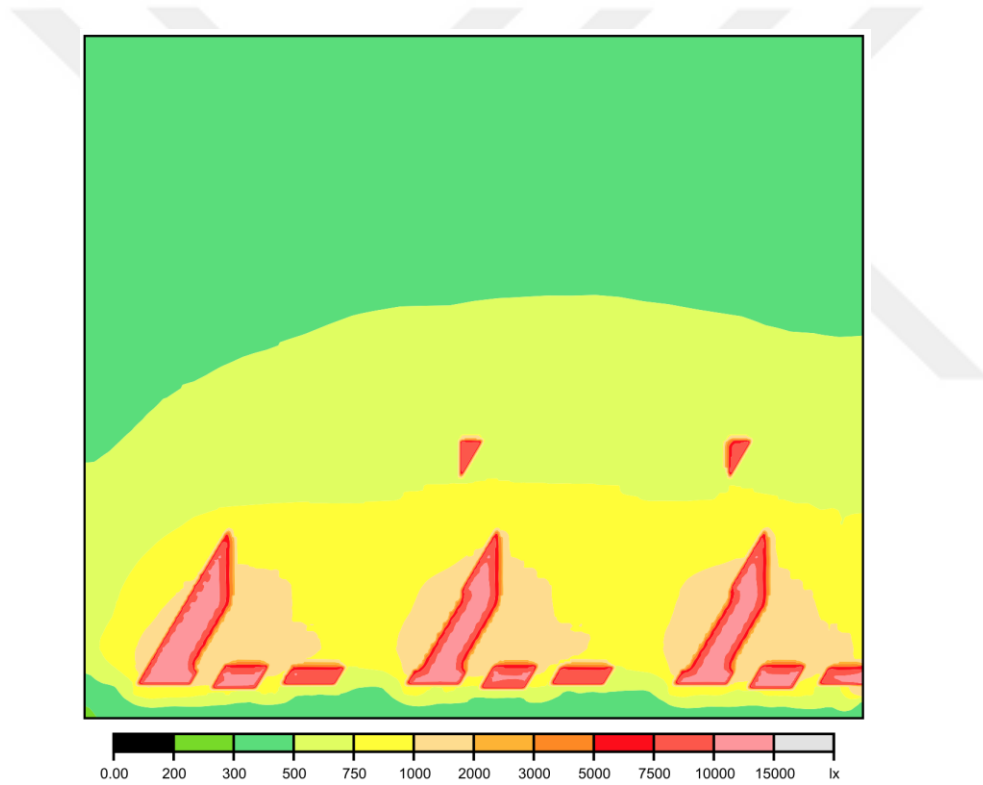
Şekil 5.29 : S7 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Doğuya bakan dersliklerde güneş kontrol elemanlarının ışık rafları ile birlikte kullanıldığı durumlarda sabah saatlerinde ortalama aydınlık düzeyi görsel konfor koşullarını sağlayacak uygun değerler arasında hesaplanmıştır (Çizelge 5.14). Öğleden sonra hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi S2 ve S5 senaryolarına göre önemli ölçüde düşüş göstermiştir. Işık rafının kullanılmadığı S5 senaryosuna göre hacim içinde hesaplanan minimum aydınlık düzeyleri artmış, ortalama aydınlık düzeyinin azalması ile düzgünlük değerleri simülasyon yapılan tüm saatlerde S5 senaryosuna göre artış göstermiştir. Öğle saatlerinde ve öğleden sonra hesaplanan düzgünlük değerleri istenen değerleri sağlamasına karşın sabah saatlerinde düzgünlük değeri istenen değer aralığının altında kalmaktadır. Işık rafının yüksek pencereye gelen gün ışığını engellemesi sebebi ile öğleden sonra aydınlık düzeyi önemli ölçüde düşmekte, görsel konforun sağlanması için istenen değerlerin altında kalmaktadır.

Çizelge 5.14 : S8 senaryosu simülasyon sonuçları.

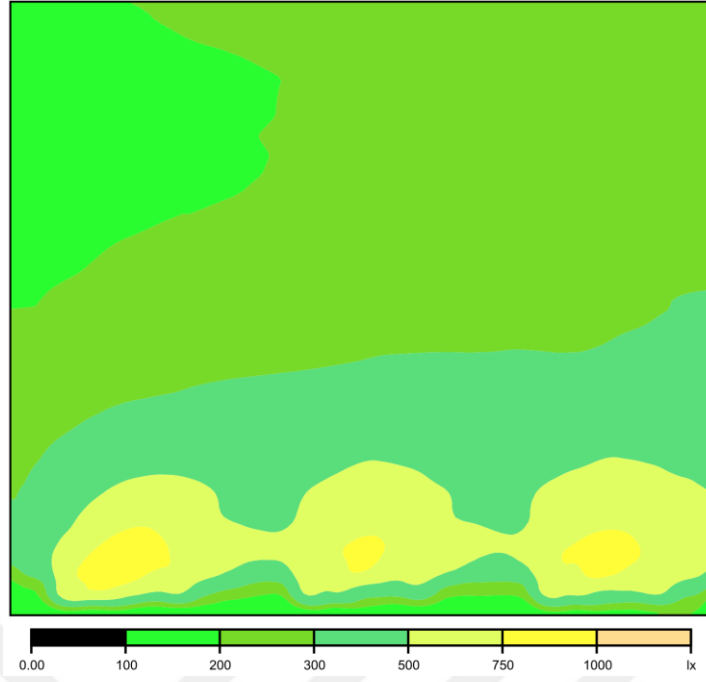
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik
S8	9.00	966	11245	270	0.28
	12.00	320	932	101	0.32
	15.00	148	408	48.8	0.33

S8 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 966 lux hesaplanmıştır. Hacimde hesaplanan minimum aydınlık düzeyi değeri 270 lux olmakla birlikte bu değer pencereye yakın köşe bölgede hesaplanmıştır (Şekil 5.30). Pencereye yakın bölgelerde doğrudan gelen güneş ışığının engellenememesi sebebi ile düzensizlik değeri istenen değer aralığının altında kalmaktadır.



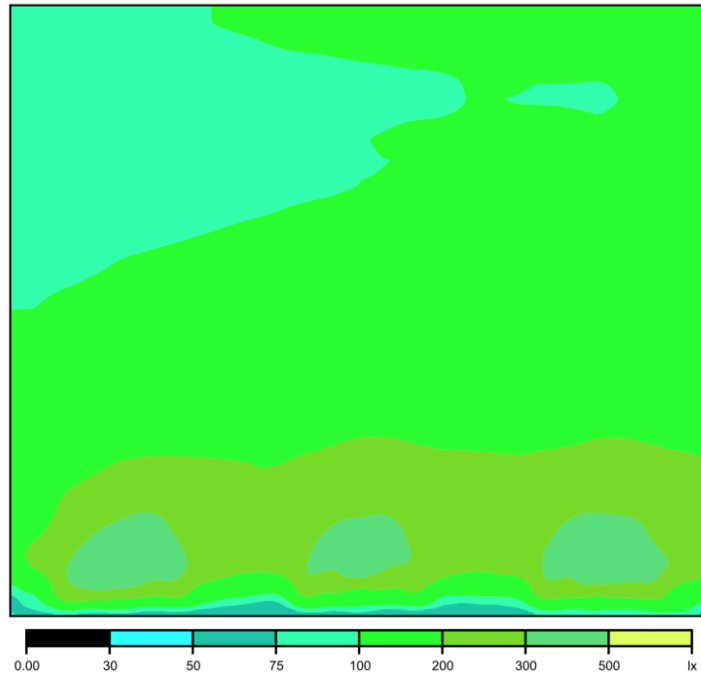
Şekil 5.30 : S8 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S8 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 320 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde maksimum aydınlık düzeyi 932 lux hesaplanmış olup, pencereden uzaklaştıkça bu değer 300 lux'un altına düştüğü gözlemlenmektedir (Şekil 5.31). Aydınlık hacim içinde düzgün dağılım göstermekte ve düzensizlik istenen asgari değeri sağlamaktadır.



Şekil 5.31 : S8 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S8 senaryosu saat 15.00 yapılan simülasyon sonucunda ortalama aydınlık düzeyi 148 lux hesaplanmıştır. Bu değer dersliklerde görsel konforun sağlanması için gerekli olan asgari değer altındadır (Şekil 5.32). Ortalama aydınlık düzeyi ile hesaplanan en yüksek aydınlık düzeyi arasındaki farkın azalması sebebi ile düzgünlük değeri artmıştır.



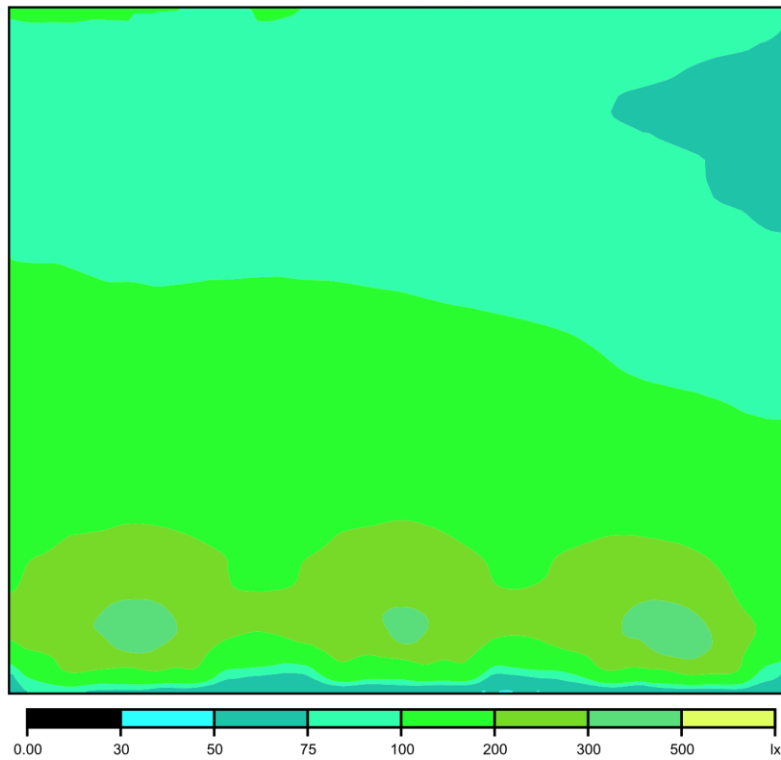
Şekil 5.32 : S8 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Batıya bakan dersliklerde güneş kontrol elemanlarının ışık rafları ile birlikte kullanıldığı durumların analiz edildiği S9 senaryosunda sabah saatlerinde gün ışığının engellenmesi sebebi ile ortalama aydınlık düzeyi değerinin görsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli değer altındadır hesaplanmıştır (Çizelge 5.15). Işık raflarının kullanımı ile aydınlığın düzgün dağılım gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 5.15 : S9 senaryosu simülasyon sonuçları.

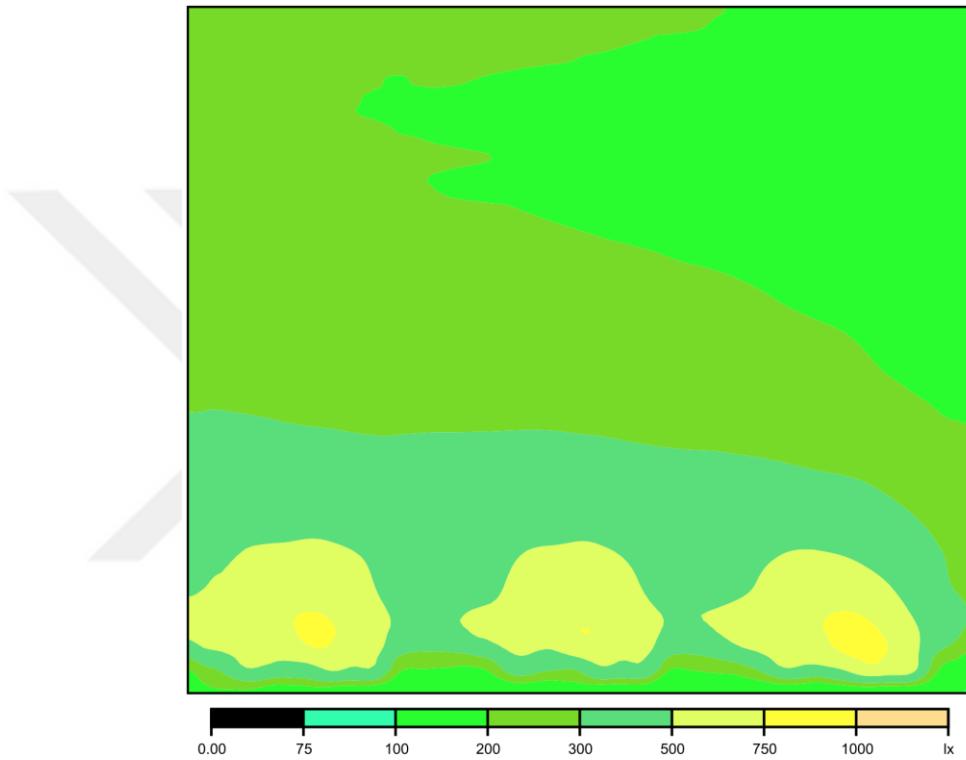
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik
S9	9.00	129	357	46.1	0.36
	12.00	291	855	93.1	0.32
	15.00	856	12456	255	0.30

S9 senaryosu saat 9.00 için yapılan simülasyon sonucunda ortalama aydınlık düzeyi 129 lux hesaplanmıştır. Bu değer derslikler için gerekli minimum aydınlık düzeyi değerinin altında olup, sabah saatlerinde gün ışığının mekanın derinliklerine iletimine yardımcı önlemlerin alınması veya doğal aydınlatmanın yapma aydınlatma ile desteklenmesi gerekmektedir (Şekil 5.33).



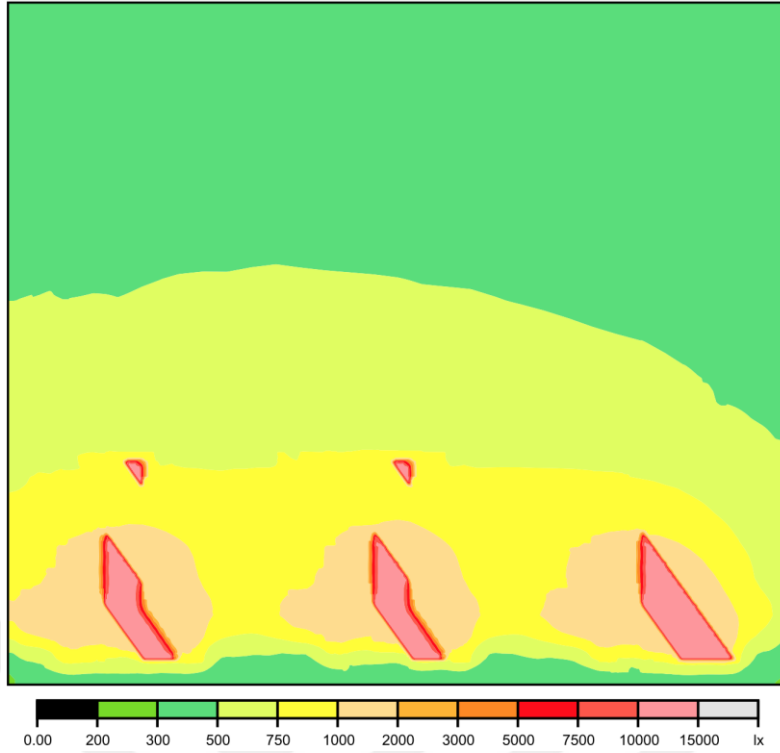
Şekil 5.33 : S9 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S9 senaryosu saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 291 lux hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi dersliklerde görsel aktivitelerin zorlanmadan yerine getirilebilmesi için istenen asgari değerin altında kalmaktadır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi maksimum 855 lux hesaplanmış olup, pencereden uzaklaştıkça bu değer 300 lux'ün altına düşmektedir (Şekil 5.34). Öğle saatlerinde aydınlığın düzgün dağılım gösterdiği ve düzgünlük değerinin istenen asgari değeri sağladığı görülmektedir.



Şekil 5.34 : S9 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

S9 senaryosu saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 856 lux hesaplanmıştır. Hacimde hesaplanan minimum aydınlık düzeyi 255 lux olup, bu değer cephe duvarının köşe bölgelerinde ve pencereden uzakta arka sıranın olduğu bölge için hesaplanmıştır (Şekil 5.35). Işık rafının kullanılmadığı S6 senaryosuna göre ortalama aydınlık düzeyi düşüş göstermiş, hacimde hesaplanan en düşük aydınlık düzeyi artmıştır. Aydınlık hacim içinde S3 ve S6 senaryosuna göre daha düzgün dağılım göstermekte ve hesaplanan düzgünlük değeri istenen asgari değeri sağlamaktadır.



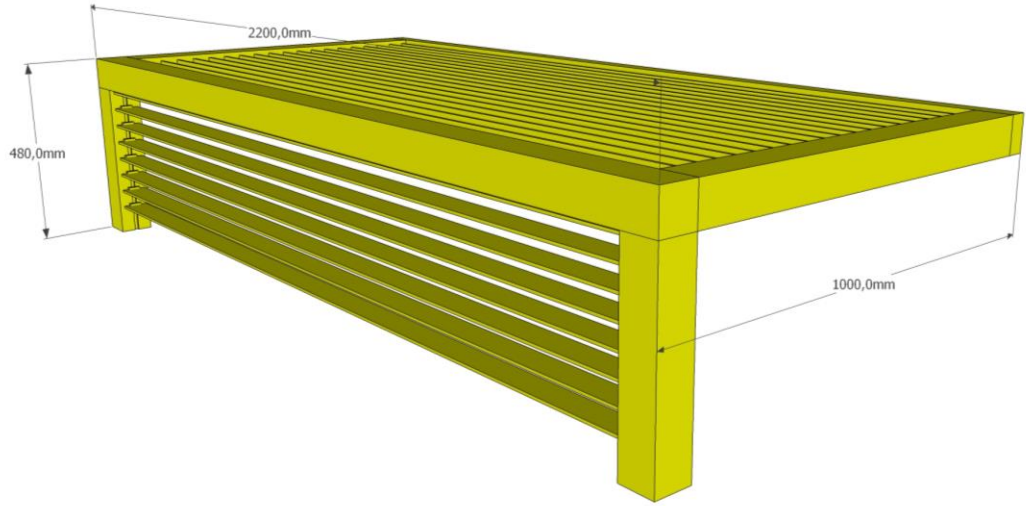
Şekil 5.35 : S9 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Işık rafının kullanıldığı S7, S8 ve S9 kodlu senaryolarda tüm cephelerde aydınlığın daha düzgün dağılım gösterdiği, S7 kodlu senaryoda güney cephesinde pencereye yakın bölgelerdeki aydınlık düzeyi dağılımının S4 kodlu senaryoya göre uygun değerlere düştüğü görülmektedir.

Güneş kontrol elemanının doğuya bakan dersliklerde kullanıldığı S8 kodlu senaryoda saat 15.00'da, güneş kontrol elemanının batıya bakan dersliklerde kullanıldığı S9 kodlu senaryoda ise saat 9.00 ve 12.00'da çalışma düzleminde dersliklerde istenen minimum aydınlık düzeyinden düşük değerler hesaplanmıştır.

5.5 Ele Alınan Derslik Hacminde Doğu ve Batı Yönleri için Ek Alternatiflerin Geliştirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde yukarıda belirtilen saatlerde Doğu ve Batı yönüne bakan dersliklerde aydınlık düzeyinin uygun değerleri sağlaması için önerilen güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlanması önerilmiştir (Şekil 5.36). Aydınlığın azaldığı saatlerde parçaların sisteme dik ayarlanması ile hacim içindeki aydınlık düzeyinin arttırılması hedeflenmektedir.



Şekil 5.36 : Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı durumlarda güneş kontrol elemanı görünüşü.

Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı durum için aşağıdaki senaryolar simüle edilmiştir (Çizelge 5.16). Tüm simülasyonlarda ışık raflarının olduğu kabul edilmektedir.

Çizelge 5.16 : Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.

Senaryolar	Yön	Saat	Saat	Saat
S10	Doğu	9.00	12.00	15.00
S11	Batı	9.00	12.00	15.00

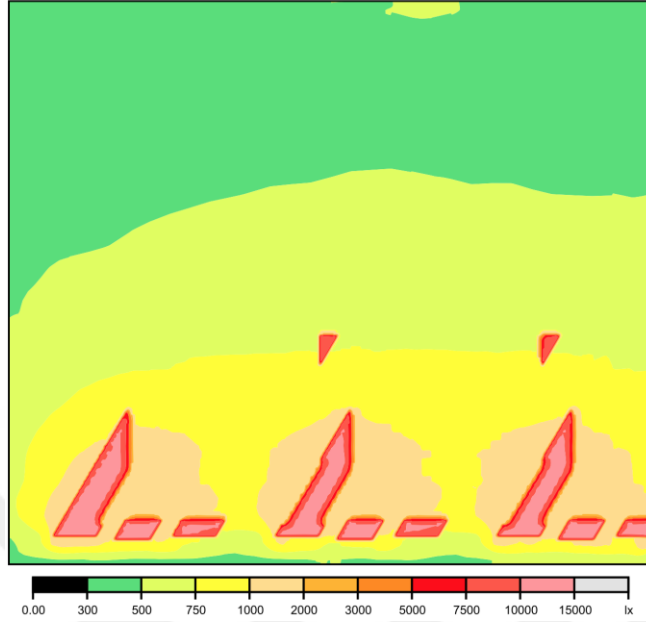
Doğuya bakan derslikler için yapılan S10 kodlu simülasyonda güneş kontrol elemanı parçalarının sabah saatlerinde düşük açıyla gelen güneş ışığını engellememesi, hacim içine doğrudan ve yansıyan ışığın alınması sebebi ile aydınlık düzeyinin simülasyon yapılan tüm saatlerde S8 kodlu senaryoya göre artış göstermiştir (Çizelge 5.17).

Çizelge 5.17 : S10 senaryosu simülasyon sonuçları.

Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik k
S10	9.00	1044	11508	331	0.32
	12.00	372	1042	169	0.45
	15.00	172	453	88.3	0.51

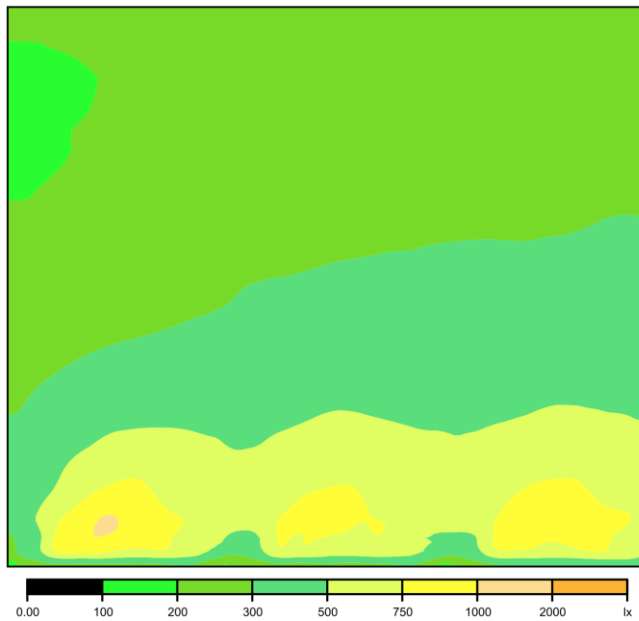
Doğuya bakan dersliklerde saat 9.00 için ortalama aydınlık düzeyi 1044 lux hesaplanmıştır. Güneş kontrol elemanı parçalarının sabah saatlerinde düşük açıyla gelen güneş ışığını engellememesi ve hacim içine iletmesi sebebi ile aydınlık düzeyi S8 kodlu senaryoya göre artmış, pencereye yakın bölgelerde maksimum aydınlık

düzeyi 11508 lux hesaplanmıştır (Şekil 5.37). Sabah saatlerinde pencereye yakın bölgelerde görsel konforun sağlanması için kullanıcı kontrollü sistemlerin kullanılması önerilmektedir.



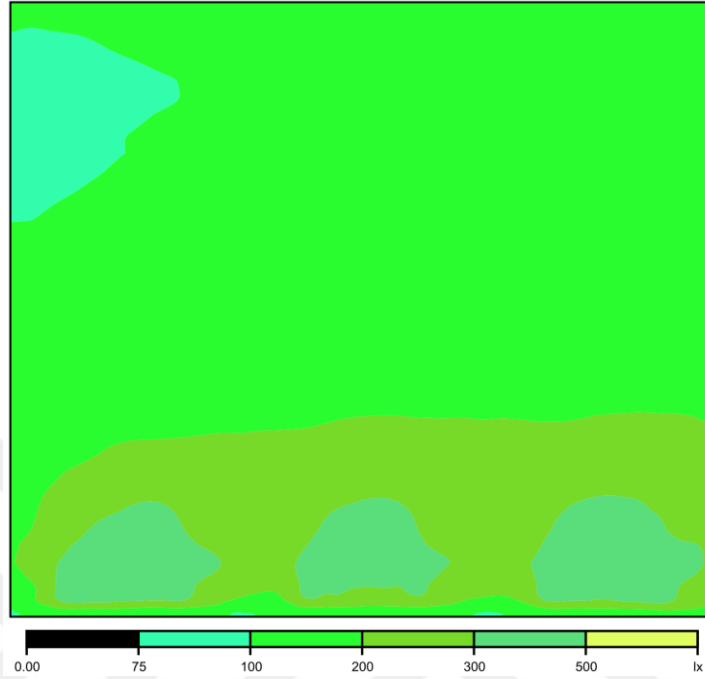
Şekil 5.37 : S10 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 372 lux, en düşük aydınlık düzeyi 169 lux hesaplanmıştır. Hacmin büyük bölümünde aydınlık düzeyi 200-500 lux arasında olup, S8 senaryosuna göre ortalama aydınlık düzeyi ve düzgünlük değerleri artış göstermektedir (Şekil 5.38).



Şekil 5.38 : S10 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 172 lux hesaplanmış olup, aydınlık düzeyinin S8 kodlu senaryoya göre arttığı görülmektedir. Hesaplanan değer dersliklerde istenen asgari değerin altında kalmaktadır (Şekil 5.39).



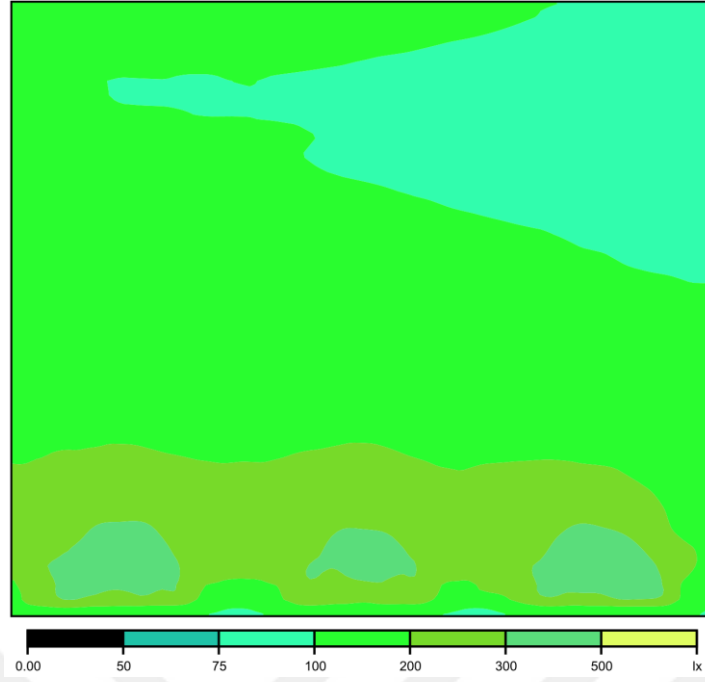
Şekil 5.39 : S10 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Batıya bakan derslikler için yapılan S11 kodlu simülasyonda güneş kontrol elemanı parçalarının sabah saatlerinde düşük açıyla gelen güneş ışığını engellememesi, güneş ışığının doğrudan ve yansyarak hacim içine alınması sonucu aydınlık düzeyinin simülasyon yapılan tüm saatlerde S9 kodlu senaryoya göre arttığı görülmektedir (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.18 : S11 senaryosu simülasyon sonuçları.

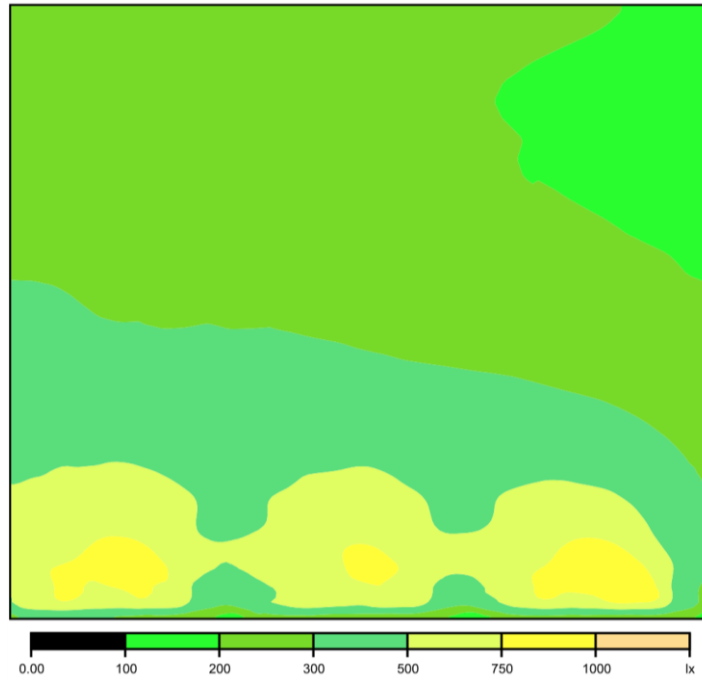
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzensizlik
S11	9.00	150	398	75	0.50
	12.00	340	964	157	0.46
	15.00	927	12585	330	0.36

Saat 9.00 için ortalama aydınlık düzeyi 150 lux hesaplanmıştır. Parçaların ayarlanması ile gün ışığı mekan içerisine iletildiğinden aydınlık düzeyi S9 kodlu senaryoya göre artmaktadır. Buna karşın hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi derslikler için istenen değerin altında kalmaktadır (Şekil 5.40).



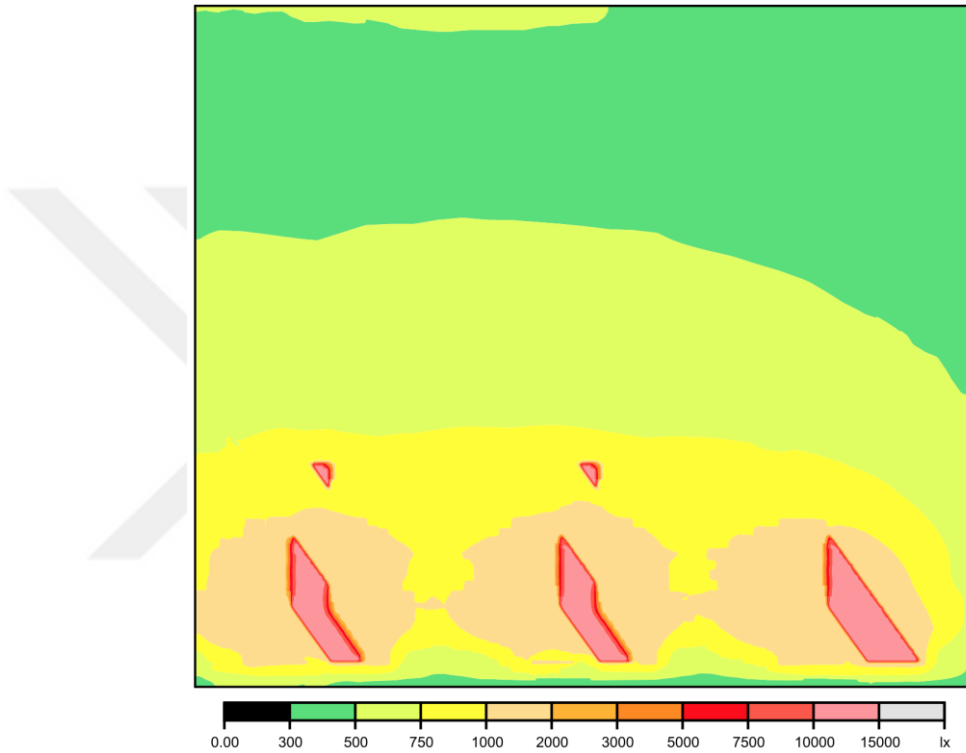
Şekil 5.40 : S11 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 340 lux hesaplanmıştır. Pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi 300 lux'ün altına düşmekte, bu değer dersliklerde görsel aktivitelerin zorlanmadan yerine getirilebilmesi için gerekli değeri sağlamamaktadır (Şekil 5.41).



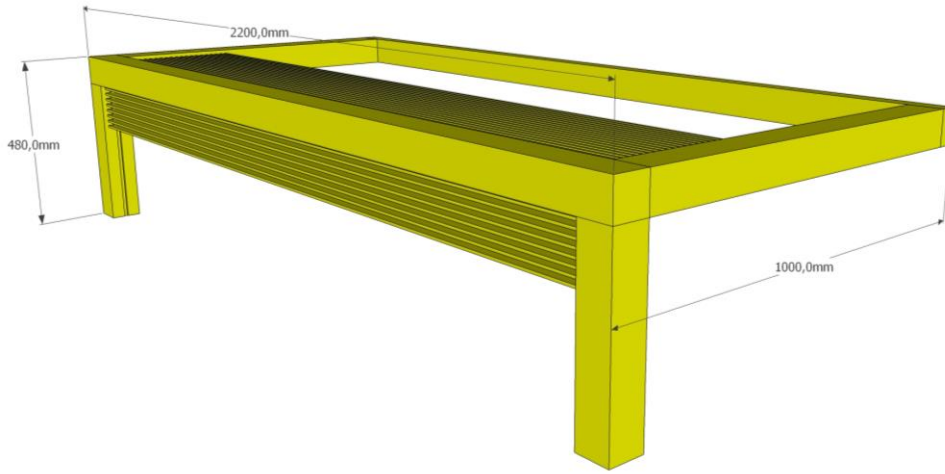
Şekil 5.41 : S11 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 927 lux hesaplanmıştır. Parçaların öğle saatlerinde düşük açıyla gelen güneş ışınlarını engellemeden mekan içine alması ve hacim içine yansıtması nedeniyle ortalama aydınlık düzeyi S9 senaryosuna göre artış göstermiştir. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi maksimum 12.585 lux hesaplanmıştır (Şekil 5.42). Güneş kontrol elemanı parçalarının doğrudan gelen güneş ışınlarını hacmin derinliklerine iletilmesi sebebiyle düzgünlük değeri önceki senaryolara göre artış göstermiştir.



Şekil 5.42 : S11 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlandığı S10 ve S11 kodlu senaryolarda ortalama aydınlık düzeyi ve düzgünlük S8 ve S9 kodlu senaryolara göre artmıştır. Güneş kontrol elemanı parçalarının gün ışığını engellemesi sebebi ile doğuya bakan dersliklerde saat 15.00, batıya bakan dersliklerde saat 9.00’da hesaplanan aydınlık düzeyleri görsel aktivitelerin zorlanmadan gerçekleştirilebilmesi için yeterli asgari değeri sağlamamaktadır. Gün ışığının mekan içine alınmasının sağlanması için güneş kontrol elemanı parçalarının yatay ve dikey sistemde toplanması önerilmiştir (Şekil 5.43).



Şekil 5.43 : Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı durumun görünüşü.

Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı durum için gün ışığı performansı analizi yapılan senaryolar Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19 : Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı durumlarda gün ışığı performansı analizi için geliştirilen senaryolar.

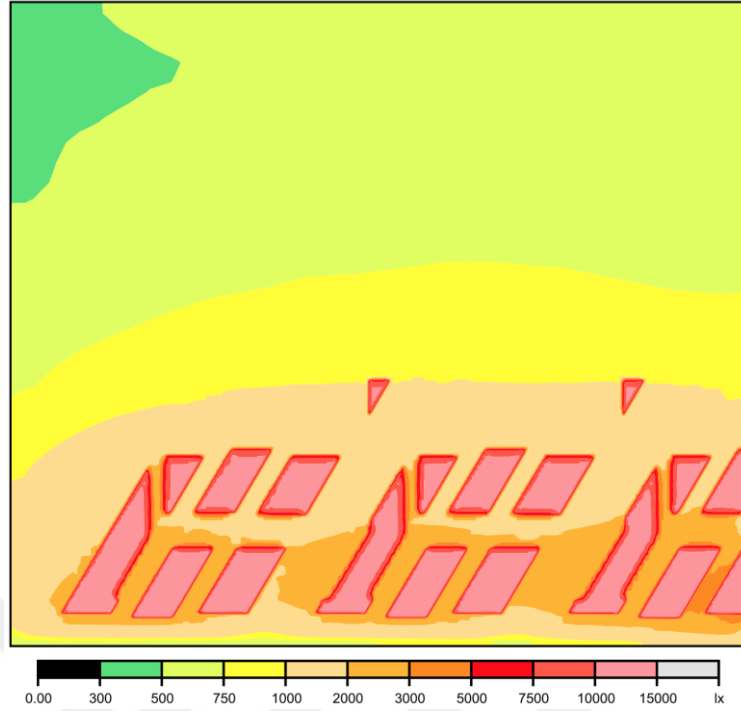
Senaryolar	Yön	Saat		
S12	Doğu	9.00	12.00	15.00
S13	Batı	9.00	12.00	15.00

Doğuya bakan derslikler için yapılan S12 kodlu simülasyonda güneş kontrol elemanının gün ışığını engellemeden hacmin içine iletmesi sebebi ile tüm saatlerde ortalama aydınlık düzeyleri artmıştır, düzgünlük azalmıştır (Çizelge 5.20).

Çizelge 5.20 : S12 senaryosu simülasyon sonuçları.

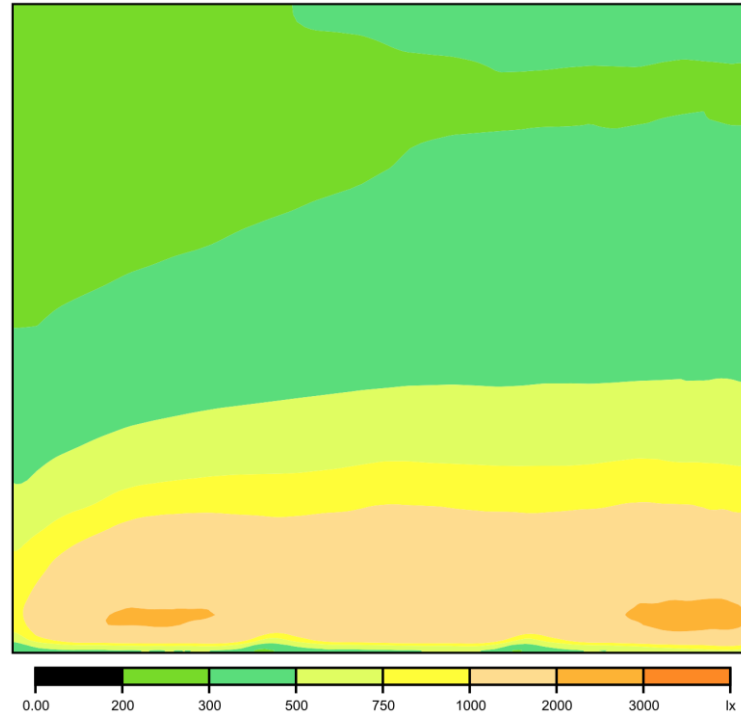
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düzgünlük
S12	9.00	1955	13561	449	0.23
	12.00	625	2193	223	0.36
	15.00	281	918	108	0.38

Saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeylerinin S8 ve S10 kodlu senaryolarına göre arttığı hesaplanmıştır. Doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sebebi ile pencereye yakın bölgelerde oluşan yüksek aydınlık düzeyleri düzgünlüğün azalmasına sebep olmaktadır. Sabah saatlerinde pencereye yakın bölgelerde güneş ışığının engellenmemesi sebebi ile ortalama aydınlık düzeyinin önemli ölçüde arttığı görülmektedir (Şekil 5.44).



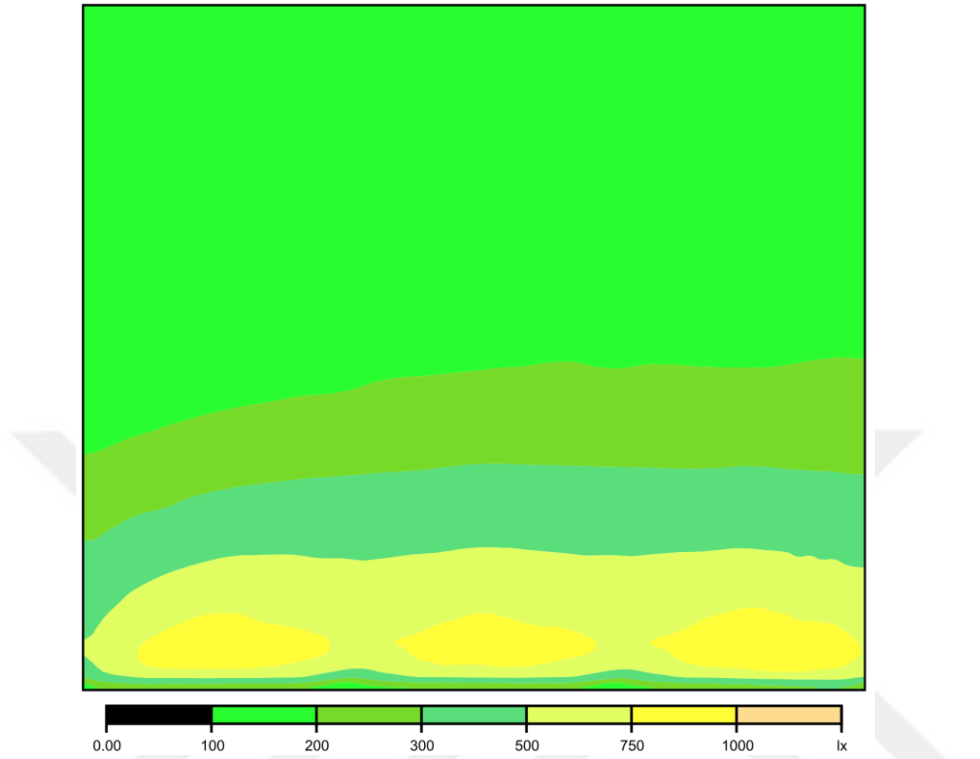
Şekil 5.44 : S12 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 625 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi 2193 lux hesaplanmış olup, pencerelerden uzaklaştıkça bu değer 300 lux'ün altına düşmektedir (Şekil 5.45).



Şekil 5.45 : S12 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 281 lux hesaplanmış olup, aydınlık düzeyi S8 ve S10 kodlu senaryolara göre önemli ölçüde artmıştır (Şekil 5.46).



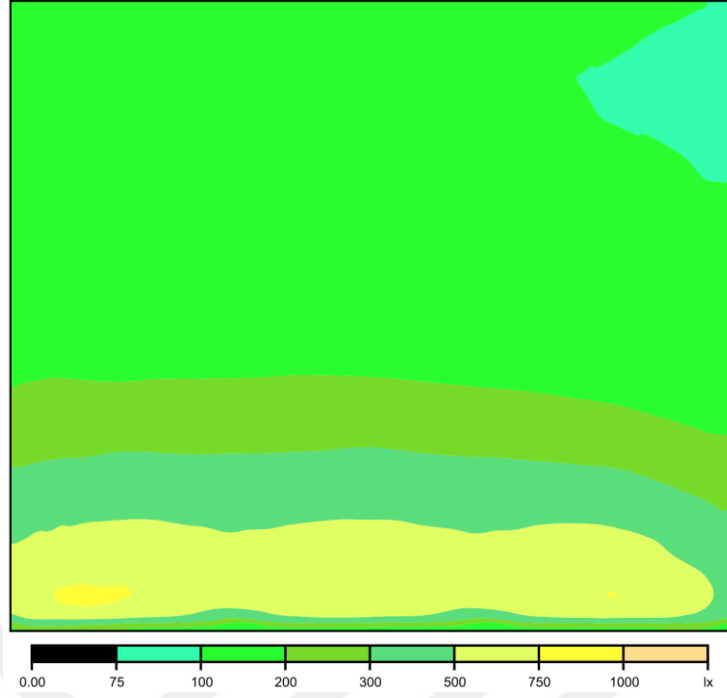
Şekil 5.46 : S12 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Batıya bakan derslikler için geliştirilen S13 kodlu senaryoda güneş kontrol elemanının güneş ışığını engellemeden hacmin içine iletmesi sebebi ile tüm saatlerde ortalama aydınlık düzeyleri artmış, düzgünlük değerleri S11 kodlu senaryoya göre düşmüştür (Çizelge 5.21).

Çizelge 5.21 : S13 senaryosu simülasyon sonuçları.

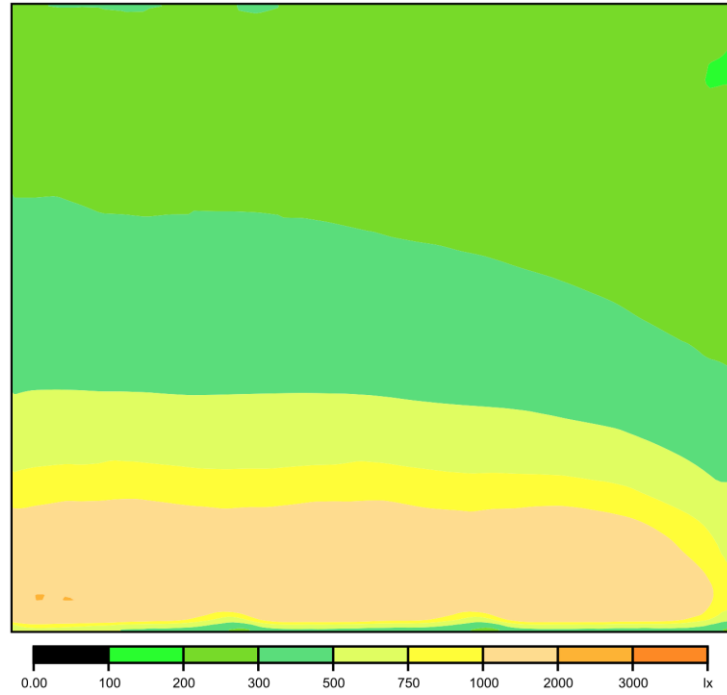
Senaryo	Saat	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)	Max. Aydınlık Düzeyi (lux)	Min. Aydınlık Düzeyi (lux)	Düğünlük
S13	9.00	242	783	92	0.38
	12.00	568	2007	198	0.35
	15.00	1939	16013	445	0.23

Saat 9.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 242 lux olarak hesaplanmış olup, ortalama aydınlık düzeyi S9 ve S11 kodlu senaryolara göre önemli ölçüde artmıştır. Pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi 300 lux'ün altına düşmektedir (Şekil 5.47).



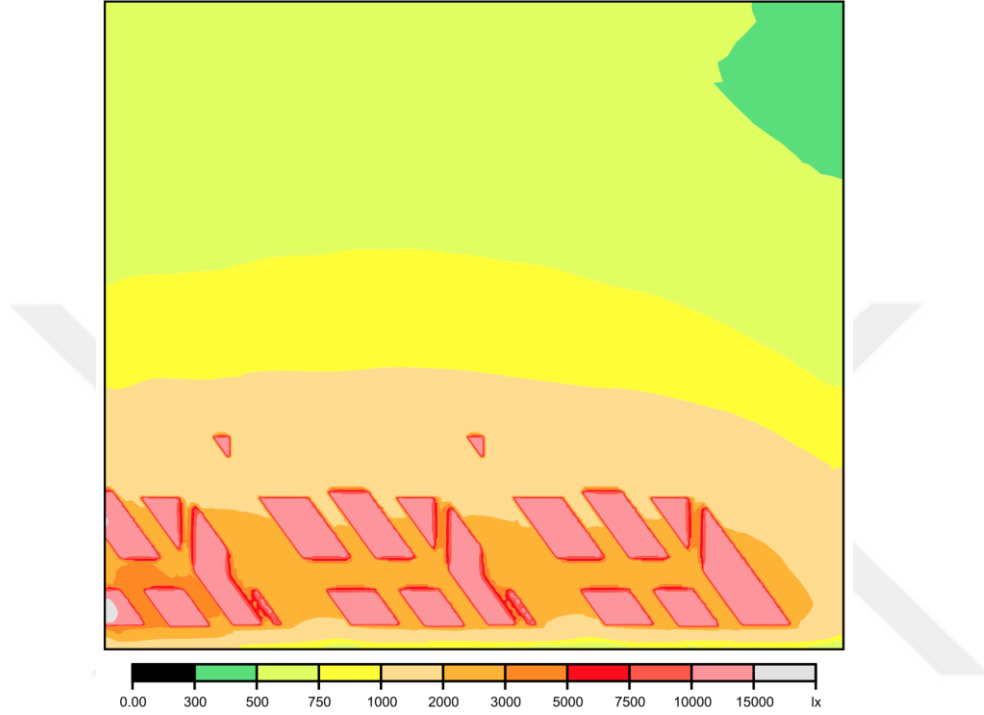
Şekil 5.47 : S13 senaryosu saat 9.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 12.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 568 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi maksimum 2007 lux hesaplanmış olup, pencereden uzaklaştıkça bu değer 300 lux'ün altına düşmektedir (Şekil 5.48).



Şekil 5.48 : S13 senaryosu saat 12.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

Saat 15.00 için yapılan simülasyonda ortalama aydınlık düzeyi 1939 lux hesaplanmıştır. Pencereye yakın bölgelerde öğleden sonra düşük açıyla gelen güneş ışığının engellenmemesi sebebi ile aydınlık düzeyi maksimum 16013 lux'e çıkmaktadır (Şekil 5.49). Batıya bakan dersliklerde öğleden sonra görsel konforun sağlanması için doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi gerekmektedir.



Şekil 5.49 : S13 senaryosu saat 15.00 aydınlık düzeyi dağılımı.

5.6 Ele Alınan Derslik Hacmi için Uygun Tasarım Alternatiflerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında MEB tarafından hazırlanan Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda verilen bilgiler doğrultusunda tip ilkokul dersliği tasarlanmış, gün ışığından etkin yararlanılmasına yönelik tasarım alternatifleri geliştirilmiştir. Tasarlanan alternatiflerin gün ışığı performansı analizi için temsilen 21 Mart günü, saat 9.00, 12.00 ve 15.00 için, derslikler kılavuzda uygun yönler olarak belirtilen güney, doğu ve batıya yönlendirilerek simülasyonlar yapılmıştır.

Derslik pencerelerinin güneye baktığı S1 senaryosunda doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sonucu ortalama aydınlık düzeyi EN 12464-1 standardında istenen minimum 300 lux'ün üzerinde olup, pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi 10.000 lux'ün üzerine çıkmakta, aydınlık düzgün dağılım göstermemektedir. Doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi kamaşmaya neden olarak

konforsuzluk yaratacağından güney cephesine bakan dersliklerde güneş kontrol elemanlarının kullanılması gerekmektedir.

Güneye bakan dersliklerde dış 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 düzgünlük istenen değer aralığının altında kalmaktadır.

Güneye 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 aydınlık düzeyi değerlerinin S1 ve S4 senaryosuna göre düşüş gösterdiği görülmektedir. Işık raflarının gün ışığını mekanın derinliklerine iletmesi ile düzgünlük değerleri artış göstermekte, ve istenen değerleri sağlamaktadır. Tasarlanan dersliğin gün ışığından etkin yararlanmasına yönelik geliştirilen alternatifler arasından Güneye bakan dersliklerde S7 senaryosu uygun alternatif olarak belirlenmiş ve Çizelge 5.22’de sarı ile işaretlenmiştir.

Çizelge 5.22 : Güneye bakan derslikler için geliştirilen tasarım alternatiflerinin gün ışığı performansı analizi sonuçları.

Senaryo	Yön	Saat	E _{ort}	E _{max}	E _{min}	U
S1 (Güneş Kontrol Elemanı yok)	Güney	9.00	1428	14671	325	0.23
	Güney	12.00	3712	23431	667	0.18
	Güney	15.00	1814	17077	416	0.23
S4 (Güneş Kontrol Elemanı var)	Güney	9.00	660	10149	150	0.23
	Güney	12.00	1144	19483	212	0.19
	Güney	15.00	810	12042	184	0.23
S7 (Güneş Kontrol Elemanı +Işık Rafı)	Güney	9.00	494	9974	160	0.32
	Güney	12.00	675	1752	223	0.33
	Güney	15.00	608	11882	193	0.32

Doğuya bakan dersliklerde güneş kontrol elemanlarının kullanılmadığı S2 senaryosunda sabah saatlerinde doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sonucu pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi 10.000 lux'ün üzerinde hesaplanmış olup, düzgünlük değeri istenen değer aralığının altında hesaplanmıştır. Öğle ve öğleden sonra için yapılan simülasyonlarda aydınlık düzeyi ve düzgünlük değerleri görsel konforun sağlanması için standartlarda verilen minimum değerlerin üzerinde hesaplanmıştır.

Doğuya bakan dersliklerde dış 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 gün ışığının engellenmesi ile ortalama aydınlık düzeyi dersliklerde istenen minimum 300 lux'ün altında hesaplanmıştır. Güneş kontrol elemanının kullanımı ile pencereye yakın bölgelerdeki aydınlık düzeyleri düşmüş olup, aydınlığın mekanın derinliklerine iletilmemesi sebebi ile düzgünlük değerleri istenen değer aralığının altında kalmıştır.

Doğuya 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 değeri artmış olup, saat 9.00 için yapılan hesaplamada düzgünlüğün istenen değer aralığının altında olduğu gözlemlenmektedir. Öğlen saat 12.00 için hesaplanan aydınlık düzeyi 300 lux'ün üzerinde hesaplanmış olup, öğleden sonra güneş kontrol elemanı ve ışık rafının mekana giren gün ışığını engellemesi sebebi ile hesaplanan aydınlık düzeyi asgari değeri sağlamamaktadır.

Güneş kontrol elemanı parçalarının ışığı mekan içine yansıtacak ve içeri geçirecek şekilde ayarlandığı S10 senaryosunda tüm saatlerde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyinin ve gün ışığının mekanın derinliklerine iletilmesi ile düzgünlüğün S8 senaryosuna göre arttığı gözlemlenmektedir. Mekanda düzgünlüğün ve aydınlık düzeyinin önemli ölçüde artması ve istenen değerlerin sağlanması sebebi ile sabah ve öğle saatlerinde güneş kontrol elemanı parçalarının ayarlanması önerilmektedir. Sabah saatlerinde pencereye yakın bölgelerdeki yüksek aydınlık düzeylerinin engellenmesi ve aydınlığın düzgün dağılımının sağlanması için hacim içinde kullanıcı kontrollü sistemlerin kullanılması önerilmektedir.

Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı S12 senaryosunda hesaplama yapılan tüm saatlerde aydınlık düzeyi artmış, düzgünlük azalmıştır. Öğleden sonra aydınlık düzeyi S5 ve S8 senaryosuna göre artmış olup, 281 lux olarak hesaplanmıştır. Öğleden sonra güneş kontrol elemanı parçalarının toplanması ile hacim içindeki aydınlık düzeyi önemli ölçüde artırılabilir. Gün ışığından etkin yararlanılmasına yönelik geliştirilen alternatifler arasında doğuya bakan dersliklerde simülasyon yapılan saatler için uygun seçenekler Çizelge 5.23'te sarı ile işaretlenmiştir.

Çizelge 5.23 : Doğuya bakan derslikler için geliştirilen tasarım alternatiflerinin gün ışığı performansı analizi sonuçları.

Senaryo	Yön	Saat	E _{ort}	E _{max}	E _{min}	U
S2 (Güneş Kontrol Elemanı yok)	Doğu	9.00	2843	14372	486	0.17
	Doğu	12.00	808	2803	256	0.32
	Doğu	15.00	362	1166	124	0.34
S5 (Güneş Kontrol Elemanı var)	Doğu	9.00	1353	12279	245	0.18
	Doğu	12.00	392	936	95	0.24
	Doğu	15.00	181	418	48.9	0.27
S8 (Güneş Kontrol Elemanı +Işık Rafi)	Doğu	9.00	966	11245	270	0.28
	Doğu	12.00	320	932	101	0.32
	Doğu	15.00	148	408	48.8	0.33
S10 (Güneş Kontrol Elemanı Ayarlanmış +Işık Rafi)	Doğu	9.00	1044	11508	331	0.32
	Doğu	12.00	372	1042	169	0.45
	Doğu	15.00	172	453	88.3	0.51
S12 (Güneş Kontrol Elemanı Toplanmış+Işık Rafi)	Doğu	9.00	1955	13561	449	0.23
	Doğu	12.00	625	2193	223	0.36
	Doğu	15.00	281	918	108	0.38

Batıya bakan dersliklerde güneş kontrol elemanlarının kullanılmadığı S3 senaryosunda sabah ve öğle saatlerinde ortalama aydınlık düzeyi ve düzgünlük değerleri istenen asgari değerleri sağlamaktadır. Öğleden sonra doğrudan gelen

güneş ışığının engellenmemesi sonucu pencereye yakın bölgelerde aydınlık düzeyi 10.000 lux'ün üzerinde hesaplanmış olup, düzgünlük değeri istenen değer aralığının altında hesaplanmıştır.

Batıya bakan dersliklerde dış cepheye yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı S6 senaryosunda güneş kontrol elemanlarının mekan içerisine giren gün ışığını engellemesi sonucu simülasyon yapılan tüm saatlerde ortalama aydınlık düzeyi ve sabah ve öğle saatleri için düzgünlük değerleri S3 senaryosuna göre azalmıştır. Sabah saatlerinde gün ışığının 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.

Batıya bakan dersliklerde dış cepheye yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının ışık rafları ile birlikte kullanıldığı S9 senaryosunda ışık raflarının gün ışığını engellemesi sebebi ile simülasyon yapılan tüm saatlerde aydınlık düzeyleri S3 ve S6 kodlu senaryolara göre düşmüş olup, sabah ve öğle saatlerinde hesaplanan aydınlık düzeyi dersliklerde görsel aktivitelerin zorlanmadan yerine getirilebilmesi için gerekli minimum değer olan 300 lux'ün 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. Batıya bakan dersliklerde öğleden sonra pencereye yakın bölgelerde doğrudan gelen güneş ışığının yaratacağı olumsuz durumların engellenmesi için 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. Parçaların ayarlanması ile öğle saatlerinde ortalama aydınlık düzeyi 300 lux'ün üzerinde hesaplanmış olup, parçaların ayarlanması öğleden sonra görsel aktivitelerin yerine getirilebilmesi için gerekli aydınlık düzeyinin sağlanması için yeterli gelmemektedir. Gün ışığının mekanın

derinliklerine iletilmesi sebebi ile tüm saatlerde aydınlığın düzgün dağılım gösterdiği görülmektedir. Parçaların ayarlanması ile düzgünlük ve aydınlık düzeyinin istenen değerlerde hesaplanması ile öğle saatleri için S11 kodlu senaryo uygun seçenek olarak belirlenmiştir.

Güneş kontrol elemanı parçalarının toplandığı S13 senaryosunda hesaplama yapılan tüm saatlerde aydınlık düzeyi S9 ve S11 kodlu senaryolara göre artmış, düzgünlük azalmıştır. Batıya bakan dersliklerde sabah saatleri için S13 kodlu senaryo uygun seçenek olarak belirlenmiştir. Gün ışığından etkin yararlanılmasına yönelik geliştirilen alternatifler arasında batıya bakan dersliklerde simülasyon yapılan saatler için uygun seçenekler Çizelge 5.24’de sarı ile işaretlenmiştir.

Çizelge 5.24 : Batıya bakan derslikler için geliştirilen tasarım alternatiflerinin gün ışığı performansı analizi sonuçları.

Senaryo	Yön	Saat	E _{ort}	E _{max}	E _{min}	U
S3 (Güneş Kontrol Elemanı yok)	Batı	9.00	312	1003	106	0.34
	Batı	12.00	735	2568	226	0.31
	Batı	15.00	2766	16815	506	0.18
S6 (Güneş Kontrol Elemanı var)	Batı	9.00	158	364	45	0.28
	Batı	12.00	359	857	89.9	0.25
	Batı	15.00	1221	14241	235	0.19
S9 (Güneş Kontrol Elemanı +Işık Rafi)	Batı	9.00	129	357	46.1	0.36
	Batı	12.00	291	855	93.1	0.32
	Batı	15.00	856	12456	255	0.30
S11 (Güneş Kontrol Elemanı Ayarlanmış +Işık Rafi)	Batı	9.00	150	398	75	0.50
	Batı	12.00	340	964	157	0.46
	Batı	15.00	927	12585	330	0.36
S13 (Güneş Kontrol Elemanı Toplanmış+Işık Rafi)	Batı	9.00	242	783	92	0.38
	Batı	12.00	568	2007	198	0.35
	Batı	15.00	1939	16013	445	0.23



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal aydınlatma stratejisi binaların tasarım aşamasında ele alınması gereken konulardan biridir. Günümüzde dünyada ortaya çıkan enerji sorunu binaların tükettiği enerji miktarını azaltacak pasif sistemlerin kullanımını daha da önemli hale getirmiştir. Doğal aydınlatmadan optimum şekilde yararlanmak ve yapma aydınlatma ihtiyacını en aza indirmek binaların tükettiği enerji miktarını azaltarak hem çevreye hem de ülke ekonomisine yarar sağlamanın yanı sıra bina kullanıcılarının insanların sağlığını, psikolojilerini ve performanslarını etkileyen gün ışığından en iyi şekilde yararlanmalarına olanak sağlar.

Eğitim-öğretimin gerçekleştiği mekanlarda öğrencileri araştırmaya, öğrenmeye teşvik edici, psikolojik ve fizyolojik ihtiyaçların karşılandığı fiziksel ortamların yaratılması eğitim kalitesini etkileyen unsurların başında gelir. Öğrencilerin çocukluk çağından gençlik çağına değin sıklıkla kullandıkları derslik mekanlarında okuma yazma gibi görsel aktivitelerin yoğunlukta olduğu göz önüne alınarak gerçekleştirilen aktivitelerin zorlanmadan, tam ve doğru şekilde yapılmasına olanak sağlayacak fiziksel koşulların sağlanması gerekmektedir. Öğrencilerin beklenti ve ihtiyaçları göz önüne alınarak tasarlanan derslikler öğrenme faaliyetleri için gerekli fiziksel koşulları sağlamanın yanı sıra çocukları öğrenmeye teşvik edici ve bulundukları ortamdan hoşnut olmalarını sağlayan mekanlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda öğrencilerin psikolojileri ve performansları üzerinde olumlu etkileri ortaya konmuş gün ışığı birçok parametreye bağlıdır. Arazi özellikleri, iklim koşulları, bina yönelişi, bina formu gibi unsurlara bağlı olarak farklı önlemler gerektiren doğal aydınlatma sistemi tasarımı her proje için ayrı ele alınması gereken konudur.

Bina üretiminde standardizasyonu sağlayan tip okul kavramı ise değişen ihtiyaçlara ancak belirli kalıplar dahilinde çözüm sunarak birçok problemi beraberinde getirir. Artan ihtiyaçlar doğrultusunda hızlı ve kolay üretim sağlayan tip proje kavramı zamanın, yörenin ve kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamaktan uzak tek tip okul binalarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Arazi ve çevre koşullarının gözardı

edildiği tip projelerin uygulanması yapma aydınlatma ihtiyacını arttırarak enerji tüketimine neden olurken, öğrencilerin fiziksel ve psikolojik gelişimleri için gerekli gün ışığından doğru şekilde yararlanamamalarına sebep olmaktadır.

Ülkemizde MEB tarafından 2015 yılında yayımlanan Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu, eğitim tesislerinin yapımında kullanılacak malzemeler, mekan boyutları ve ihtiyaçları ile ilgili genel çerçeve çizerken, tanımlanan ihtiyaçların detaylandırıldığı ve uygulamaların değerlendirildiği bir kaynak bulunmamaktadır.

Bu çalışma kapsamında tip ilkököl dersliklerinin gün ışığından etkin yararlanılması için tasarım kriterleri incelenmiş ve tasarlanan tip okul dersliği bu kriterler çerçevesinde incelenerek doğal aydınlatma performansının iyileştirilmesine yönelik tasarım alternatifi sunulmuştur.

İstanbul ili için tüm yılı temsilen 21 Mart günü ve kullanım saatlerinin temsilen 9.00, 12.00 ve 15.00 için yapılan hesaplamalarda kılavuzda verilen kriterler doğrultusunda tasarlanan dersliğin uluslararası standartlarda görsel konfor koşullarının sağlanması için hacimlerde istenen minimum 300 lux değerini ve gün ışığı ile aydınlanan mekanlarda istenen minimum gün ışığı faktörü değerlerini sağladığı hesaplanmıştır. Buna karşılık güneye bakan dersliklerde tüm saatlerde, doğuya bakan dersliklerde sabah saatlerinde ve batıya bakan dersliklerde öğleden sonra doğrudan gelen güneş ışığının engellenmemesi sebebi ile pencereye yakın bölgelerde görsel konforu olumsuz etkileyebilecek yüksek aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır. Ortalama aydınlık düzeylerini düşürmek ve aydınlığın düzgünlüğünü arttırmak amacı ile ışık rafı ve güneş kontrol elemanlarının birlikte kullanılması önerilmiştir. Tip proje kavramının hayatımıza getirdiği standardize ve çekicilikten yoksun çözümlerin aksine bu çalışmada tüm yönlerde cephe bütünlüğünü bozmayacak birbiri ile uyumlu ve mekanın ihtiyaçları doğrultusunda ayarlanabilir güneş kontrol elemanları tasarlanmıştır.

Güneyde düşey güneş kontrol elemanın kullanımı ile doğrudan gelen güneş ışınları engellenebilmekte, aydınlık düzeyi ve düzgünlük gerekli değerlere ulaşmaktadır. Güneş kontrol elemanlarının kullanımı ile doğuda sabah ve batıda öğleden sonra düzgünlüğün gerekli değeri sağlamaması, ve doğuda öğleden sonra ve batıda sabah saatlerinde güneş kontrol elemanları parçalarının gün ışığının mekan içerisine geçirilmesini engelleyerek aydınlığı önemli ölçüde düşürmesi sebebi ile bu yönlerde güneş kontrol elemanı parçalarının kontrol edilebilir olması önerilmiştir. Doğuya

bakan dersliklerde öğleden sonra ve batıya bakan dersliklerde sabah saatlerinde güneş kontrol elemanı parçalarının toplanması, öğle saatlerinde ise bu iki yöne bakan dersliklerde güneş kırıcı panellerin gün ışığını mekan içine yansıtacak ve iletecek şekilde ayarlanması ile uygun aydınlık düzeylerinin sağlandığı görülmektedir (Çizelge 6.1). 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 doğuya bakan dersliklerde sabah saatlerinde ve batıya bakan dersliklerde öğleden sonra düşük açı ile gelen güneş ışınlarının engellenememesi sebebi ile bu saatlerde kullanıcı kontrollü sistemlerin kullanılması gerekmektedir.

Çizelge 6.1 : Yönlere göre uygun bulunan senaryolar.

Yön	Saat	Senaryo	E _{ort}	E _{max}	E _{min}	U
Güney	9.00	S7	494	9974	160	0.32
Güney	12.00	S7	675	1752	223	0.33
Güney	15.00	S7	608	11882	193	0.32
Doğu	9.00	S10	1044	11508	331	0.32
Doğu	12.00	S10	372	1042	169	0.45
Doğu	15.00	S12	281	918	108	0.38
Batı	9.00	S13	242	783	92	0.38
Batı	12.00	S11	340	964	157	0.46
Batı	15.00	S9	856	12456	255	0.30

Bu çalışma ilkökul dersliklerinin doğal aydınlatmadan etkin şekilde yararlanan, görsel konforun sağlandığı ve öğrencilerin beklenti ve ihtiyaçlarının karşılandığı çekici mekanlar olarak tasarlanmalarında izlenecek yolu göstermesi bakımından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada yapının doğal aydınlatma sistemi tasarımı yapının ilk tasarım aşamasından itibaren ele alınmıştır. Ancak mevcut yapılarda görsel konfor koşullarının sağlanmadığı durumlarda doğal aydınlatma performansının iyileştirilmesine yönelik farklı önlemler alınabilir. Bu çalışma İstanbul ili için ve tüm yılı temsilen bir gün için ele alınmış olup, ileride yapılacak çalışmalarda detaylı çalışma gerektiren gün ışığı performansı için aylık analizler yapılarak dersliklerin yıllık performansı analiz edilebilir, farklı iklim bölgelerinde bulunan ilkökul dersliklerinin doğal aydınlatma performansları incelenerek farklı iklim bölgeleri için gün ışığından etkin yararlanma konusunda tasarımcıları yönlendirecek bir rehber hazırlanabilir.



KAYNAKLAR

- Acosta, I. ve Figueiro, M.** (2015). Analysis of Circadian Stimulus Allowed by Daylighting in Hospital Rooms, *Lighting Research and Technology*, 49, 49–61.
- 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.
- Ahmad, M. W., Mourshed, M., Rezgui, Y.** (2016). Optimal Scheduling Strategy for Enhancing Indoor Air Quality, Visual and Thermal Comfort Using a Genetic Algorithm, *ASHRAE IAQ 2016 Defining Indoor Air Quality: Policy, Standards and Best Practices*, Alexandria, VA, USA: 12-14 Eylül 2016.
- Arutjunjan, R. E., Halopenen, I. Y., Maksimov, I. K., Tutunnikov, A. I., Yanush, O.V.** (2003). Thermochromic Glazing for ‘Zero Net Energy’ House, *International conference on architectural and automotive glass; Glass processing days*, Tampere: 18-21 Haziran.
- Aslan, B.** (1991). İlköğretim Kurumlarında Çalışan Sınıf Öğretmenlerinin Teftiş Raporu ile Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Atabay, S.** (2014). *Vitra Çağdaş Mimarlık Dizisi 3: Eğitim Yapıları*. İstanbul: YEM Yayınları.
- Ayçam, İ. ve Utkutuğ, G. S.** (1999). Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performanslarının İncelenmesi ve Enerji Etkin Pencere Seçimi, *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir: 4-7 Kasım 1999.
- Aytaç, K.** (1967). Türkiye’de Eğitim Sistemi ve Eğitim Seviyeleri, *Araştırma Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*, 5 (1), 1-31.
- Boubekri, M., Cheung, B. A., Reid, K. J., Kuo, N., Wang, C., Zee, P. C.** (2014). Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers- A Case-Control Pilot Study, *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(6), 603-611.
- Boubekri, M. ve Shishegar, N.** (2016). Sustainability with Health in Mind: A Case for Daylighting, *The International Journal of the Constructed Environment*, 8 (2), 1-13.
- BRE Global** (2014). *BREEAM International New Construction Technical Manual: SD5075*.

- BS 8206-2** (2008) Light for Buildings Part 2: Code of Practice for Daylighting, British Standard Institute, London.
- CHPS** (2002). *Best Practices Manual: Daylighting*. Erişim tarihi 20.02.2017, adres <https://tr.scribd.com/document/274465632/Daylighting-and-Fenestration-Design-CHPS-Best-Practices-Manual-2002>
- CIBSE** (1994). Code for Interior Lighting, London.
- CIBSE** (1999). Lighting Guide LG10: 1999: Daylight and Window Design. Erişim <https://nowalcott.files.wordpress.com/2010/03/daylighting-and-window-design.pdf>
- Çukur, D.** (2004). Çocukların Kentsel Mekanda Temsili Bağlamında Eğitim Yapılarının İrdelenmesi: İzmir Örneği, *Mimarist*, 11, 54-59.
- Department for Education and Employment (DfEE).** (1999). *Design for Schools*, (1999) London: Architects and Building Branch.
- 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>
- EN 12464-1** (2011). *Light and Lighting of Workplaces: Part 1-Indoor Workplaces*. CEN/TC 169, European Committee for Standardisation.
- Engwall, M., Fridh, I., Bergbom, I., Lindahl, B.** (2014). Let There Be Light And Darkness Findings From a Prestudy Concerning Cycled Light in the Intensive Care Unit Environment, *Crit Care Nurs Q*, 37 (3), 273-298.
- Epçaçan, C.** (2014). İlkokul ve Ortaokul Öğretmen ve Yöneticilerin 4+4+4 Eğitim Sistemine İlişkin Görüşleri (Siirt ili Örneği), *EKEV Akademi Dergisi*, 58, 505-522.
- Gök, F.** (1999). *75 Yılda İnsan Yetiştirme: Eğitim ve Devlet*, Bilanço-98 Serisi (pp. 1-8). İstanbul: Tarih Vakfı Yayınları.
- Heerwagen, J. H.** (1990). The Psychological Aspects of Windows and Window Design. *Proceedings of the 21st Annual Conference of the Environmental Design Research Association*. Oklahoma City, OK: Environmental Design Research Association.
- IEA** (2000). *Daylight in Buildings A Source Book on Daylighting Systems and Components*. Washington: International Energy Agency.
- IESNA** (2011). *The Lighting Handbook: Reference&Application. 10th Edition*, New York: Illuminating Society of North America, ABD.
- İlhan Y. ve Aygün M.** (2005). Cephe Sistemlerinde Kullanılan Yalıtım Camı Kombinasyonları, 2. *Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, İstanbul: 25-26 Mart.
- İnan, T.** (2013). An Investigation on Daylighting Performance in Educational Institutions, *Structural Survey*, 31(2), 121-138.
- Kaplan, R.** (1993). The Role of Nature in the Context of the Workplace. *Landscape*

- and Urban Planning*, 26(1-4), 193-201.
- Karamuk, Z.** (1973). *Cumhuriyetin 50. Yılında Milli Eğitimimiz*. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.
- Karmel, L. J.** (1965). Effects of Windowless Classroom Environment on High School Students. *Perceptual & Motor Skills*, 20(1), 277-278.
- Kazanasmaz, T.** (2015). Okullarda Aydınlatma ve Görsel Konfor, Erişim 12.01.2017, adres <http://www.iccevrekalitesi.net/pdf/4.pdf>
- Kazanasmaz, T., Diler, Y.** (2011). Gelişmiş Cam Teknolojileri ile Enerji Etkinliğinin Değerlendirilmesi, *VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 24-25 Kasım 2011, 44- 56, İzmir.
- Kazanasmaz, T., Fırat, P., Tosun, M.** (2011). Prizmatik ve Lazer Kesim Panellerin Doğal Aydınlatma Performansı Açısından Değerlendirilmesi, *VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 24-25 Kasım 2011, 44- 56, İzmir.
- Korsavi S. S., Zomorodian Z. S., Tahsildoost, M.** (2016). The Effect of Window Configuration on Daylight Performance in Classrooms: A Field and Simulation Study, *International Journal of Architectural Engineering&Urban Plan*, 2 6(1), 15-24.
- Köse, Ç.** (2010). *İlköğretim Yapılarında Tip Proje Uygulama Sorunları* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Köse, Ç. ve Barkul, Ö.** (2012). İlköğretim Yapılarında Tip Proje Uygulama Sorunları Üzerine Bir İnceleme, *Megaron*, 7 (2), 94-102.
- Kuller R. ve Lindsten C.** (1992). Health and Behavior in Classrooms with and without Windows. *Journal of Environmental Psychology*, 12 (1), 305-317.
- LEED** (2016). Reference Guide for Building Design and Construction, *U.S. Green Building Council*, Washington DC.
- Leslie, R., Smith, A., Radetsky, L., Figueiro, M., Yue, L.** (2010). Patterns to Daylight Schools for People and Sustainability. New York: Rensselaer Polytechnic Institute Erişim http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/pdf/DaylightingPatternBook_Final.pdf
- Manav, B., Kutlu, R., Küçükdoğu M. Ş.** (2009). Mimaride Kullanılan Cam Türlerinin Aydınlatma Açısından İncelenmesi, *V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, Ulusal Elektrik Tesisat Kongresi*, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir: 7-10 Mayıs.
- Manning, P.** (1967). Windows, Environment and People”, *Interbuild/Arena*, Ekim, 20-25.
- Marks, L. B. ve Woodwell J. E.** (1914). Planning for Daylight and Sunlight in Buildings, *Daylight in Buildings*, Illuminating Engineering Society, Erişim tarihi 13.02.2017, adres <https://www.ies.org/PDF/100Papers/029.pdf>

- McNicholl, A. ve J.O. Lewis** (ed.) (1994). *Daylighting in Buildings. EC DG XVII Thermie*, University College, Dublin: Energy Research Group.
- MEB** (2015). *Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu*. Erişim: http://iedb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2015_08/17032245_2015asgaritasarmklavuzu.pdf
- Memişoğlu, S. P. ve İsmetoğlu, M.** (2013). Zorunlu Eğitimde 4+4+4 Uygulamasına İlişkin Okul Yöneticilerinin Görüşleri, *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2 (2), 14-25.
- Miran, F.D. ve Abdullah, H.K.** (2016). Evaluation of the Optimal Solar Shading Devices for Enhancing Daylight Performance of School Building, *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*, 28 (2), 580-598.
- Moazzeni, M. H., Ghiabaklou, Z.** (2016). Investigating the Influence of Light Shelf Geometry Parameters on Daylight Performance and Visual Comfort, a Case Study on Educational Space in Tahrán, Iran, *Buildings*, 6 (3), 26, 1-16.
- Moore, F.** (1991). *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*, Canada: Van Nostrand Reinhold.
- Naamandadin, N. A., Sopian, A. R., Mohd Noor, S. N. A.** (2016). Site Planning and Orientation for Energy Efficiency: A Comparative Analysis on Three Office Buildings in Kuala Lumpur to Determine a Location for Building Shading Device, *Key Engineering Materials*, 700, 247-255.
- National Research Council** (2006). *Green Schools: Attributes for Health and Learning*. Washington: The National Academies Press, 80-89.
- Ne'eman, E. ve Hopkinson, R.G.** (1970). Critical Minimum Acceptable Window Size: a Study of Window Design and Provision of a View, *Lighting Research and Technology*, 2(1), 17-27.
- Nimmicht, G. P.** (1966). Windows and School Design, *Phi Delta Kappan*, 47, 305-307.
- Okur, M.** (2005). Türkiye’de Milli ve Modern Bir Eğitim Sistemi Oluşturma Çabaları, *Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi* 4 (11). 93-109.
- Olgyay, A., & Olgyay, V.** (1957). *Solar Control and Shading Devices*, Princeton University Press.
- PWC** (2002). *Daylighting Guide for Canadian Commercial Buildings*. Canada: Public Works and Government Services Canada.
- Robbins, C.L.** (1986). *Daylighting: Design and Analysis*, New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Samani, S.A.** (2012). The Impact of Indoor Lighting on Students’ Learning Performance in Learning Environments: A Knowledge Internalization Perspective, *International Journal of Business and Social Science* ,3 (24) ,127-136.
- Selkowitz, S. ve Lee, E.** (2004). Integrating Automated Shading and Smart Glazing with Daylight Controls, *International Symposium on Daylighting Buildings (IEA SHC Task 31)*, Tokyo, Japonya, Erişim: 1 Mart 2017,

<http://gaia.lbl.gov/btech/papers/54567.pdf>

- Sezer, F. Ş.** (2005). Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 15-21.
- Shaikh, P. H., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I.** (2014). A Review on Optimized Control Systems for Building Energy and Comfort Management of Smart Sustainable Buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 409-429.
- Sharples, S. ve Shea, A.D.** (1999). Roof Obstructions and Daylight Levels in Atria: A Model Study Under Real Skies, *Lighting Research and Technology*, 31 (4), 181-185.
- Sirel, Ş.** (1996). Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar, Erişim: 13.12.2016, adres <http://sazisirel.com/booklets/booklet-07.pdf>
- Sirel, Ş.** (1997). *Aydınlatma Sözlüğü*, İstanbul: YEM Kitapevi.
- Sirel, Ş.** (2001). Aydınlatma ve Mimarlık, Erişim: 13.12.2016, adres <http://sazisirel.com/booklets/TasDer110-AydveMim.pdf>
- Sirel, Ş.** (2005). Aydınlatma, Erişim: 13.12.2016, adres <http://sazisirel.com/booklets/AYDINLATMA.pdf>
- Slater, A. I. ve Boyce, P. R.** (1990). Illuminance Uniformity on Desks: Where is the Limit, *Lighting Research and Technology*, 22 (4), 165-174.
- Sottile, G.M.** (2008). Cleantech Daylighting Using Smart Glass: A Survey of LEED Accredited Professionals, *Clean Technology Conference*, Massachusetts, ABD: 1-5 Haziran.
- Soyyigit, S. ve Bostancıoğlu, E.** (2012). Giydirmeye Cepheli Büro Binalarında Cam Seçimi, 6. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Uludağ Üniversitesi, Bursa: 12-13 Nisan 2012.
- Şansal, K.E.** (2013). Effects on Natural Light on the Psychological Well-Being and Performance in a Population of School Children, 9. *Ulusal Aydınlatma Kongresi*, (ss.285-288). İDTM, İstanbul, 19-20 Nisan.
- Tanner, C.K.** (2006). Effects of the School's Physical Environment on Student Achievement, *Educational Planning*, 15 (2), 25-44.
- Tanner, C.K.** (2008). Effects of School Design on Student Outcomes, *Journal of Educational Administration*, 47(3), 381-399.
- Tregenza, P. ve Wilson, M.** (2011). *Daylighting Architecture and Lighting Design*, ABD: Routledge.
- Tikkanen, K. T.** (1970). *Significance of Windows in Classrooms*, (Yüksek Lisans Tezi), University of California, Berkeley.
- Varol, Y. K. ve İmamoğlu, A. F.** (2014). Türk ve İngiliz Eğitim Sistemlerine İlişkin Sayısal Verilerin Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 406-418.
- Winterbottom, M. ve Wilkins, A. J.** (2009). Lighting and Discomfort in the Classroom, *Journal of Environmental Psychology*, 29, 63-75.

- Wulfinghoff, D.R.** (1999). *Energy Efficiency Manual* (Bölüm 8.3, 1000-1005), Wheaton, Md.: Energy Institute Press.
- Yağmur Ş. A. ve Sözen M. Ş.** (2016), Dersliklerde Görsel Konfor ve İç Yüzeylerin Etkisi, *Megaron*, 11(1), 49-62.
- Yener, A. K.** (2007). Binalarda Gün Işığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler, *VIII: Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. İzmir: 25-28 Ekim.
- Yener, A. K., Güvenkaya, R. K., Şener, F.** (2009). İlköğretim Dersliklerinin Görsel Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, *itüdergisi/a mimarlık, planlama, tasarım*, 8(1) 105-116.
- Yılmaz, A.** (2012). İlköğretim Okullarının Fiziksel Yapılarının Eğitim ve Öğretim Açısından Değerlendirilmesi, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28 (15), 77-107.
- URL-1**<http://mevzuat.meb.gov.tr/html/temkanun_0/temelkanun_0.html>, erişim tarihi 12.02.2017.
- URL-2**<<http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.1739.pdf>>, erişim tarihi 12.03.2017.
- URL-3**< <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120411-8.htm> >, erişim tarihi 9.3.2017.
- URL-4**< <http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Kalkinma%20Planlar/Attachments/8/plan2.pdf>>, erişim tarihi 9.3.2017.
- URL-5**< <https://ilumi.co/blogs/pulse/86601543-light-iq-color-temperature-and-cri>>, erişim tarihi 06.02.2017.
- URL-6**<<http://www.usa.philips.com/c-m-li/led-lights/quality-of-light-led-lighting>>, erişim tarihi 13.03.2017.
- URL-7** <<http://www.breeam.com>> erişim tarihi 05.03.2017.
- URL-8** < <http://www.usgbc.org/credentials#ap>>, erişim tarihi 17.04.2017.
- URL-9** <<http://livebuilding.queensu.ca/files/images/lightBounce.preview.jpg>>, erişim tarihi 13.03.2017.
- URL-10**<<http://www.mfa.gov.tr/turkeys-energy-strategy.en.mfa>>, erişim tarihi 05.03.2017.
- URL-11**<<http://www.archdaily.com/357933/cebes-school-oval/5164ca14b3fc4b644d00003b-cebes-school-oval-photo>>, erişim tarihi 13.03.2017.
- URL-12**<<https://www.realsimple.com/work-life/family/kids-parenting/green-landscape-school-performance-study>>, erişim tarihi 11.04.2017.
- URL-13**<http://www.archdaily.com/570044/kirkmichael-primary-school-holmes-miller/546eb6a4e58ece1d36000129-2706_kirkmichael_ps_7-jpg>, erişim tarihi 13.03.2017.
- URL-14**<<http://www.archdaily.com/798244/gymnasium-dunalastair-school-penalolen-patricio-schmidt-plus-alejandro-dumay/58116d7be58ece3701000070>>

gymnasium-dunalastair-school-penalolen-patricio-schmidt-plus-alejandro-dumay-section >, erişim tarihi 13.03.2017.

URL-15 <<http://architizer.com/blog/saw-tooth-roofs/>>, erişim tarihi 13.03.2017.

URL-16 <<https://web.stanford.edu/group/narratives/classes/08-09/CEE215/ReferenceLibrary/EDR%20Design%20Briefs/sg-2-design.pdf>>, erişim tarihi 13.03.2017.

URL-17 <<http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic260272.files/Group03.SwitchableGlazings.pdf>>, erişim tarihi 14.03.2017.

URL-18 <<http://www.archdaily.com/326114/the-8-things-domestic-violence-shelters-can-teach-us-about-secure-school-design/51097d03b3fc4b37db000045-the-8-things-domestic-violence-shelters-can-teach-us-about-secure-school-design-photo>>, erişim tarihi 14.03.2017.

URL-19 <<http://www.archdaily.com/621088/liyuan-middle-school-minax-architects>>, erişim tarihi 14.03.2017.

URL-20 <<https://windows.lbl.gov/pub/designguide/section5.pdf>>, erişim tarihi 14.03.2017.

URL-21 <<http://www.archdaily.com/617692/york-house-senior-school-acton-ostry-architects>>, erişim tarihi 14.03.2017.

URL-22 <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/sites/default/files/styles/large/public/core-page-inserted-images/azimuth_n_altitude_-_revised.jpg>, erişim tarihi 14.03.2017.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Yasemin Duraler
Doğum Tarihi ve Yeri : 1990, İstanbul
E-posta : duraler.yasemin@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık
- **Yükseklisans** : 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013-2016 yılları arasında ATÜ Turizm İşletmeciliği A.Ş.'de çalışmıştır.