

## DERSLİKLERDE GÖRSEL KONFOR VE ETKİN ENERJİ KULLANIMI – BİR ÖRNEK DERSLİK AYDINLATMASI

Tuba BOSTANCI BASKAN<sup>a</sup>\*, Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> T. Philips Tic. A.Ş. Y.Dudullu Organize San. Böl. 2. Cad. No:22 Ümraniye, İstanbul.  
[tuba.baskan@philips.com](mailto:tuba.baskan@philips.com)

<sup>b</sup> YTÜ, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı, Beşiktaş, İstanbul  
[serefhan@yildiz.edu.tr](mailto:serefhan@yildiz.edu.tr)

### ÖZET

İnsanlar çevreyi ışık, renk, ses, ısı- nem ve koku gibi fiziksel uyartılar aracılığıyla algılar. Bu algılamalar arasında görme, olayı önemli bir yer tutar. Görsel algılama, öğrenmede önemli olduğundan iyi görme koşullarının ve dolayısıyla görsel konforun sağlanması gerekmektedir. Öğrenmede etkin rolü olan okullar, aydınlatmada görsel konforun sağlanması gereken eğitim mekanlarını kapsar. Bu hacimlerin aydınlatma düzenleri, etkin enerji kullanımı dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Bu bağlamda Ayazağa Işık Lisesi sınıflarındaki mevcut aydınlatma düzenleri incelenmiş, ölçümler ve anket sonuçları ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, daha iyi koşullar sağlayan aydınlatma düzenleri oluşturulmuş ve aydınlatma düzenleri arasındaki farklar karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Derslik, aydınlatma, görsel konfor, etkin enerji kullanımı

### ABSTRACT

#### Visual Comfort and Efficient Energy Use in Classrooms Lighting – A Field Study of Classrooms Lighting

Human perceives the environment by physical stimulation of sense organs such as light, colour, acoustics, heat-humidity, odor. Seeing comprises the biggest rate in this perception. Consequently, visual perception has an important role in learning. For this purpose, providing good visual conditions and also visual comfort is very important. Schools, having an effective role in learning, are the educational spaces where are needed to take care of providing visual comfort in lighting. Also, it is necessary to obtain use of efficient energy in these lighting designs. In this context, existing lighting designs in the classrooms of Ayazağa Işık High School have been examined and evaluated by means of measurements and questionnaires. Besides, other lighting designs which provide more suitable conditions have been done and differences between these systems have been compared.

**Keywords:** Classrooms, lighting, visual comfort, using efficient energy

---

\* Bu makale, birinci yazar tarafından YTÜ Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Bir Tasar Ölçütü Olarak Dersliklerde Görsel Konfor ve Optimum Enerji Kullanımı İçin Bir Yaklaşım" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır.

## 1. GİRİŞ

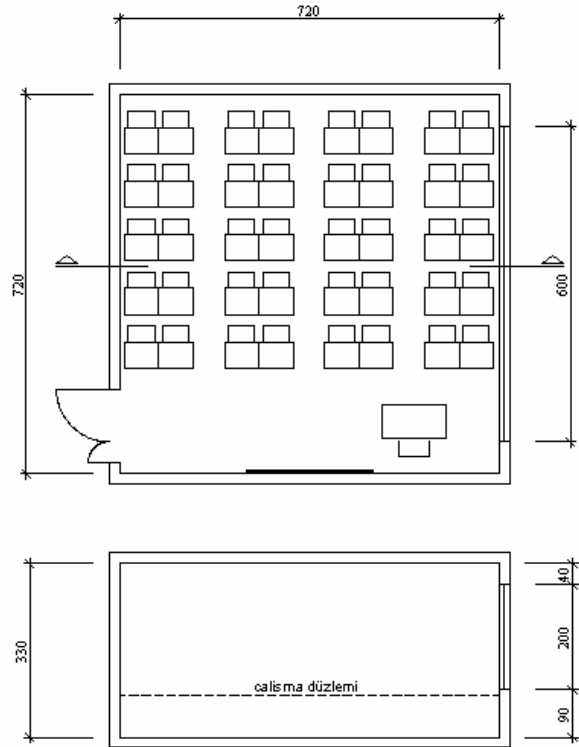
Eğitim, tüm dünyada ve özellikle, gelişmekte olan ülkelerde, büyük önem taşımakta eğitim yapıları da mimari alanda önemli yapı gruplarını oluşturmaktadır. Eğitim yapılarının en önemli ve genel fiziksel mekanı olan derslikler ise, insanların, ilk çocukluktan, gençliğe kadar olan süreçte, yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri mekanlardır. Öğrencilerin, buldukları derslik hacimlerinde, yaptıkları işlerin niteliğine göre, olabildiğince yorulmadan, istekli ve verimli bir biçimde çalışmalarının sağlanması; bir başka deyişle, uygun fizik ortam koşullarının oluşturulması gerekmektedir. Fizik ortamı oluşturan, ses, ışık, renk, ısı ve nem gibi öğelerin, insanların gerçekleştirdikleri çeşitli eylemlerin özelliklerine göre, nicel ve nitel yönden en uygun duruma getirilmesi ve korunması, konforun sağlanması açısından önemlidir. Eğitim sürecinde, görsel algılamının öğrenmedeki katkısı, öteki duyu organlarının katkılarından daha fazladır. Dolayısıyla, öğrenmenin tam, eksiksiz, doğru, yorulmadan ve çok fazla çaba harcamadan yapılabilmesi, büyük oranda, **iyi görme koşullarının** yani **görsel konforun** sağlanmasına bağlıdır. Bu ise, aydınlatmanın, **nicelik** ve **nitelik** yönünden gerektirdiği koşulların yerine getirilmesiyle olanaklıdır. Aydınlatmada etkin enerji kullanımı da göz ardı edilmemesi gereken bir başka önemli etmendir. Özellikle, okullar gibi, gün boyunca kullanılan yapılarda, görsel konfordan ödün vermeden sağlanan etkin enerji kullanımı ile büyük oranda enerji tasarrufu elde edileceği açıktır.

Bu çalışmada, tip bir derslik belirlenerek aydınlatma tekniği yönünden uygun olanlardan seçilen değişik nitelikte aydınlatma aygıtları kullanılarak, birbirinden farklı düzenler oluşturulmuştur. Bu düzenler, görsel konfor ve etkin enerji kullanımı yönlerinden incelenip,

değerlendirilmiştir. Ayrıca, örnek bir derslik hacmi (Ayazağa Işık Lisesi'nden) ele alınarak, varolan aydınlatma düzeni ve önerilen yeni aydınlatma düzeni, yapılan ölçme ve anketler ile değerlendirilmiştir.

## 2. DERSLİKLERDE GÖRSEL KONFOR VE ETKİN ENERJİ KULLANIMINA YÖNELİK AYDINLATMA DÜZENLERİ

Görsel konfor ve etkin enerji kullanımını olanaklı kılacak aydınlatma düzenleri kurmak amacıyla, 7.20m. x 7.20m. x 3.30m. boyutunda olan, mimari tasarım yönünden standartlara uygun boyutlarda bir derslik hacmi belirlenmiştir. Hacmin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları, tavan: 0.70, duvarlar: 0.50, döşeme: 0.30 olarak alınmıştır. Çalışma düzleminin yüksekliği, 0.80 m.dir (Bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Tip derslik hacminin plan ve kesiti

## 2.1. Aydınlatma Düzenleri ve Aydınliğın Niceliği

Belirlenen derslik hacminde, değişik tip yansıtıcı ve yayıcı aygıtlarla yapma aydınlatma düzenleri oluşturulmuştur. Bu düzenlerde, genel aydınlatma için kullanılan aygıtlar:

- paletli, tek parabolik yansıtıcı,
- paletli, çift parabolik yansıtıcı,
- opal yayıcı

olarak seçilmiştir. Genel aydınlatmaya ek olarak, yazı tahtası üzerinde yeterli nicelik ve uygun nitelikte aydınlığın elde edilmesi amacıyla, ayrıca, dikkatin yazı tahtasına ve öğretmene yoğunlaşması için, buraya özgü asimetrik yansıtıcı aygıt ile bölgesel aydınlatma uygulanmıştır. Belirlenen derslik

hacminde kullanılan 10 ayrı tip aydınlatma aygıtlarının özellikleri, Tablo 1’de verilmiştir. Bu aygıtlar kullanılarak oluşturulan yapma aydınlatma düzenlerinde, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi değerleri, bilgisayar programı aracılığı ile hesaplanmıştır. Derslikler için ortalama aydınlık düzeyi,  $E_{ort}=500 \text{ lm/m}^2$  olarak saptanmış ve aydınlatma düzenleri buna göre belirlenmiştir. Bu düzenlerde, hem seçilen aygıtların ışık dağılım özellikleri nedeniyle, hem de günışığı ile lamba ışığının birbirini görsel konfor ve enerji kullanımı yönünden desteklemesi amacıyla, bakış doğrultusuna ve pencere konumuna paralel ışık bantları oluşturulmuştur. Seçilen değişik tip aydınlatma aygıtları, bu düzene göre yerleştirilmiş ve hesaplamalar, bu doğrultuda yapılmıştır.

Tablo 1. Belirlenen derslik hacminde kullanılan aydınlatma aygıtları

Aygıt tipi		Yansıtıcı tipi	Aygıt geriverimi	Lamba sayısı	Lamba tipi	Lamba renk sıcaklığı (K)	Lamba ömrü (saat)	Balast tipi
1	A1	Paletli (tek parabolik)	0.67	2	TL-D 36W	4000	13000	Manyetik
2	A2		0.69	4	TL-D 18W	4000	13000	Manyetik
3	B1		0.67	2	TL-5 28W	4000	20000	Elektronik
4	B2		0.70	4	TL-5 14W	4000	20000	Elektronik
5	C1	Paletli (çift parabolik)	0.63	2	TL-D 36W	4000	13000	Manyetik
6	C2	CIBSE LG3 cat.3	0.62	4	TL-D 18W	4000	13000	Manyetik
7	D1	Paletli (OLC) CIBSE LG3 cat.2	0.74	2	TL-5 28W	4000	20000	Elektronik
8	D2		0.75	4	TL-5 14W	4000	20000	Elektronik
9	E1	Opal yayıcı	0.60	2	TL-D 36W	4000	13000	Manyetik
10	E2		0.62	4	TL-D 18W	4000	13000	Manyetik
F		Asimetrik y. (Yazı Tahtası)	0.70	1	TL-D 58W	4000	13000	Manyetik

Yapılan hesaplamalar sonucunda, tüm aydınlatma düzeninde, temel olarak, nicelik yönünden gerekli minimum ortalama aydınlık düzeyi,  $500 \text{ lm/m}^2$ ’nin üzerinde sağlanmıştır. Bu düzenler, aydınlığın niteliği ve enerji harcaması yönünden de incelenip, değerlendirilmiştir.

## 2.2. Aydınliğın Niteliği

- **İşığın rengi:** Tüm düzenlerde kullanılan lamba tipleri, ışık rengi, renk sıcaklığı ve renksel geriverim yönlerinden derslikler için uygun lambalardır. TL-D ve TL-5 tipi lambaların renk sıcaklıkları 4000K ve renksel geriverimleri  $R_a > 80$  olarak

seçilmiştir. Renksel geriverim sınıfı, 1B'dir. Ayrıca, bu lambaların verimleri yüksek ve ömürleri uzundur.

• **Işığın doğrultusal yapısı ve gölge niteliği:** E1 ve E2 tipi aygıtlarla kurulan düzenlerde, aygıtın opal yayıncılı olması nedeniyle, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi paletli aygıtlar kullanılan düzenlere göre, daha yayıncı ışık alanı elde edilmektedir. Dolayısıyla, gölge niteliği de gölgesiz aydınlığa yakın bir özellik göstermektedir.

• **Aydınlık düzeyi dağılımları:** Bütün aydınlatma düzenlerinde, yatay çalışma düzlemi ve düşey yazı tahtası üzerinde, en az aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine oranı ile tanımlanan düzgünlük değeri  $E_{min}/E_{ort} > 0.70$  olarak hesaplanmıştır. Böylece, tüm düzenlerde, kabul edilebilir düzgün yayılmış bir aydınlık sağlanmıştır. E1 ve E2 tipi aygıtlarla kurulan düzenlerde, yine, aygıtın opal yayıncılı olması nedeniyle, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi paletli aygıtlar kullanılan düzenlere göre, duvar yüzeyleri daha düzgün yayılmış ve daha yüksek aydınlık düzeyleri elde edilmiştir. A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi aygıtlarla kurulan düzenlerde, arka duvar üzerinde pano, tablo vb. sergi alanına olanak veren aydınlık dağılımları oluşturulmuştur.

• **Çevrede yer alan yüzeylerin özellikleri:** Hacim iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları,  $r_{tav}$ : 0.70;  $r_{duv}$ : 0.50;  $r_{döş}$ : 0.30 ve yazı tahtasının yansıtma çarpanı, bulunduğu duvarın yansıtma çarpanından daha yüksek (beyaz renkli,  $r_{yazı}$  tahtası : 0.80) olarak belirlenmiştir.

• **Işıklılık ve kamaşma:** Aydınlatma düzenlerinde, iç yüzey ortalama ışıklılık değerleri incelendiğinde, E1, E2 aygıtları ile kurulan düzenlerde, ışıklılık değerlerinin, standartlarda [1] verilen değerlere uygun olduğu görülmektedir. A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi aygıtların kullanıldığı düzenlerde ise, bu değerler, ışık dağılım özelliklerinden ötürü, uygun değerlere yakın, kabul edilebilir değerlerde

hesaplanmıştır. Her hacimde, yazı tahtasının bulunduğu duvar olan, ön duvarların ışıklılık değerleri, öteki duvarların değerlerine göre, daha yüksektir. Yazı tahtasının yansıtma çarpanı, bulunduğu duvar yüzeyinin yansıtma çarpanından daha yüksek olarak alındığından, ışıklılığı da daha yüksektir. Bu durumda bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığı, 3/1-1 oranları [2] arasında sağlanmıştır. C1, C2 ve D1, D2 tipi paletli aygıtlar, kamaşma sınıfı olarak, görme alanı içinde, aydınlatma aygıtının kamaşmasının en aza indirilmesi açısından, öteki aygıtlara göre daha olumludur. A1, B1, C1, D1 ve E1 tipi aygıtlar, çizgisel olmaları açısından da bakış doğrultusuna paralel olarak yerleştirilebilmeleri nedeniyle, A2, B2, C2, D2 ve E2 tipi aygıtlara göre aydınlatma tekniği açısından daha olumludur.

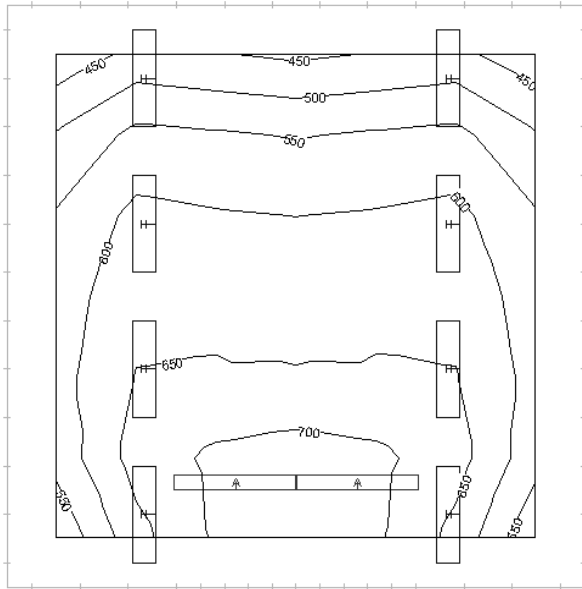
### 2.3. Enerji Kullanımı

Aydınlatma düzenleri enerji harcaması yönünden incelendiğinde, her bir düzende, 1  $lm/m^2$  aydınlık düzeyini sağlamak için, harcanan güç değerleri, Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Değişik aydınlatmalarla, 1  $lm/m^2$  aydınlık düzeyini sağlamak için, harcanan güç değerleri

Aygıt tipi	Ortalama aydınlık düzeyi ( $lm/m^2$ )	Sistem gücü (W)	1 $lm/m^2$ için harcanan güç ( $W/lm/m^2$ )	
1	A1	580	862	1.49
2	A2	596	1042	1.75
3	B1	598	782	1.31
4	B2	585	802	1.37
5	C1	561	862	1.54
6	C2	555	1042	1.88
7	D1	588	654	1.11
8	D2	563	670	1.19
9	E1	565	1042	1.84
10	E2	528	1132	2.14

Buna göre, TL-D lamba ve manyetik balast kullanılan düzenler arasında, en az enerji harcaması, A1 tipi aygıtla; en çok enerji harcaması, E2 tipi aygıtla yapılmıştır. TL-5 lamba ve elektronik balast kullanılan düzenler arasında ise, en az enerji harcaması, D1 tipi aygıtla; en çok enerji harcaması ise, B2 tipi aygıtla gerçekleşmiştir. Genel olarak, TL-5 lamba ve elektronik balastın kullanıldığı D1 tipi aydınlatma aygıtının kullanıldığı düzende, 1  $lm/m^2$  aydınlık düzeyini sağlamak için, 1.11 W güç harcanmaktadır. Böylece, lamba ve balast tipi olarak da uzun ömürlü bir sistem sağlayan bu düzen, ilk yapım sırasında, enerji harcaması yönünden en uygun durumu ortaya koymaktadır. Nitelik ve enerji harcaması yönünden yapılan değerlendirmeler sonucunda, en uygun çözümü sunan aydınlatma düzeni olarak, D1 tipi aygıtın kullanıldığı düzen belirlenmiş, Şekil 2'de bu düzenin aygıt yerleşimi ve çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi dağılımı gösterilmiştir.



**Şekil 2.** D1 tip aygıt düzeni ve aydınlık düzeyi dağılımları.

### 3. ALAN ÇALIŞMASI - BİR DERSLİK ÖRNEĞİ

İncelenen düzenler arasında en uygun sonucu veren aydınlatma düzeninin uygulamadaki durumunun incelenmesi ve denetlenmesi amacıyla, bir alan çalışması planlanmıştır. Çalışmada, gün boyunca, aydınlatma ile ilgili ölçümler ve öğrencilerle anket çalışması yapılacağından, dersliğin gün boyu aynı öğrenciler tarafından kullanıldığı tek öğretimli bir okul olan Ayazağa Işık Lisesi'nden bir derslik örnek seçilmiştir. Bunun yanı sıra, alan çalışması yapılacak okuldaki derslik boyutlarının, seçilen tip derslik boyutlarına yakın olmasına da özen gösterilmiştir. Dersliğin boyutları, 7.40 m. x 7.40 m. x 3.10 m. olup, Şekil 3'de planı ve varolan aydınlatma düzeni ve aydınlık düzeyi dağılımı gösterilmiştir.

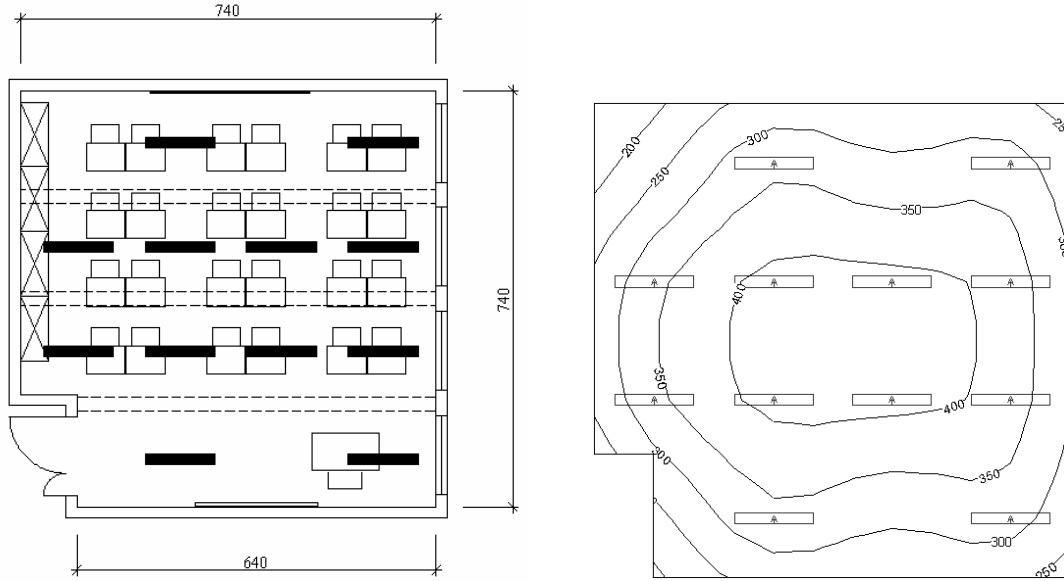
Söz konusu derslik hacminde, aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçümleri, yatayda, döşemeden 0.80m. yüksekliğindeki çalışma düzlemi üzerindeki 16 noktada; düşeyde de, duvar yüzeyleri üzerinde, yaklaşık 1.40 m. olan göz seviyesindeki toplam 12 noktada yapılmıştır. Duvar yüzeylerinde yapılan ölçmeler, görüş alanı içine giren yüzeylerin ışıklılığının uygun olup, olmadığını ve duvarların sergi amaçlı kullanımına olanak tanıyıp, tanımadığını saptamak için yapılmıştır. Ölçmelerde, LMT B360 (Aydınlık ölçer), Minolta LS110 (Işıklılık ölçer) marka ölçme aletleri kullanılmıştır.

#### 3.1 Varolan Aydınlatma Düzeninin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

İncelenen derslikte, aydınlatma aygıtları, Şekil 3'te görüldüğü gibi, tavanda yer alan kirişlerin aralarına, pencere düzlemine dik olarak yerleştirilmiştir. Aygıtlar, yansıtıcısız olup, içinde 40W gücünde, TL-D 54 tipi çizgisel flüoresan lamba bulunmaktadır. TL-D 54 flüoresan lambanın renk sıcaklığı: 6200K, renksel geriverim indeksi: 72 ve

renksel geriverim sınıfı 2A'dır. Işık akısı: 2500 lümen olan bu tip flüoresan lambanın

ömrü 13000 saattir.



Şekil 3. İncelenen derslik hacminin mevcut aydınlatma düzeni ve aydınlık düzeyi dağılımı

- **Aydınlığın niceliği:**

Derslikte yapma aydınlatma düzeninde, çalışma düzleminin üzerinde ölçüm yapılan noktalardaki aydınlık düzeyleri 200 – 400  $lm/m^2$  arasında değişmekte, aydınlık düzeyi dağılımı düzgün yayılmış bir özellik göstermemektedir. Yazı tahtası üzerinde ise, yaklaşık 180  $lm/m^2$  olarak ölçülen aydınlık düzeyi, bölgesel aydınlatma için yeterli değildir.

- **Aydınlığın niteliği:**

- **Işığın rengi:** Aydınlatma aygıtlarının içinde bulunan TL-D 54 tipi çizgisel flüoresan lambanın renksel geriverimi 72 ve renksel geriverim sınıfı 2A'dır. Bu değer, standartlarda renksel geriverimin 80 ve renksel geriverim sınıfının 1B olması gerektiği belirtilen derslik hacimleri için uygun değildir. Lambanın renk sıcaklığının ise, standartlarda, 2900K - 4300K arasında olması gerektiği belirtilirken, bu hacimde kullanılan lambanın renk sıcaklığı 6200K'dir.

- **Işığın doğrultusal yapısı ve gölge niteliği:** Hacimde, belli oranda yayınlık bir ışık alanı söz konusudur. Aydınlatma aygıtları, bakış doğrultusuna dik olarak

yerleştirildiğinden, lambaların ışık dağılım özelliklerine ters düşmektedir.

- **Aydınlık düzeyi dağılımları:**

Aydınlatma aygıtları, hacim içinde düzgün bir biçimde yerleştirilmediğinden, çalışma düzlemi ve iç yüzeyler üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımları düzgün değildir.

- **Çevrede yer alan yüzeylerin özellikleri:** İncelenen hacmin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları,  $r_{tav} : 0.70$ ;  $r_{duv} : 0.50$  ve  $r_{döş} : 0.40$  olarak belirlenmiş olup, olması gereken sınırlar içindedir. Ancak yazı tahtası, üzerinde bulunduğu duvara göre daha koyu renkli olması nedeniyle, ışıklılığı daha düşük olduğundan, aydınlatma tekniği açısından olumsuzdur. Parlak malzeme ile kaplı masa yüzeylerinin, yansıma ile kamaşmaya neden olduğu da gözlenmiştir.

- **Işıklılık ve kamaşma:** Hacimde, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde ölçülen ışıklılık değerleri incelendiğinde, bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığının, 3/1-1 oranları arasında olduğu görülmektedir. Aydınlatmada lambalar, önünde paletvb.nesnelerle maskelenmeyip, çıplak olarak kullanıldığından, tavanda yer



alan girişler belli ölçüde engellese bile, görme alanı içine girmekte ve dolaysız kamaşmaya neden olmaktadır. En arka sıradan, yazı tahtasına doğru bakıldığında, görme alanı içine giren lambaların ışıklılığı,  $8000 \text{ cd/m}^2$  olarak ölçülmüştür.

• **Enerji harcaması:**

Varolan aydınlatma düzeninde, aygıtların, yansıtıcısız olarak kullanılması nedeniyle, ışık çalışma düzlemi yerine başka doğrultulara giderek, genelde belli bir bölümü boşa harcanıp, enerji kullanımı açısından olumsuz bir durum oluşturmaktadır. Söz konusu düzende, içinde birer adet 40W gücünde flüoresan lamba bulunan 12 adet aydınlatma aygıtı bulunmaktadır. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ortalama aydınlık düzeyi yaklaşık  $300 \text{ lm/m}^2$ 'dir. Sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 588 W'dır. Buna göre,  $1 \text{ lm/m}^2$  yi elde etmek için harcanan güç, 1.96 W olarak hesaplanmıştır. Şekil 4 incelenen derslikteki mevcut aydınlatma düzenini göstermektedir.

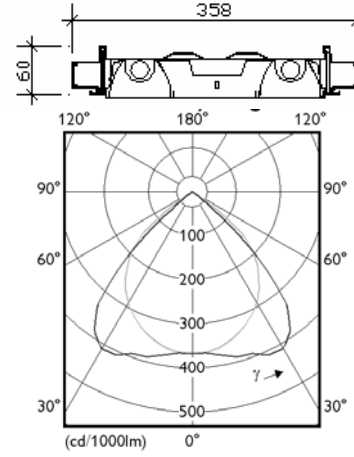


Şekil 4. İncelenen derslik hacminin mevcut durumunu gösteren fotoğraf.

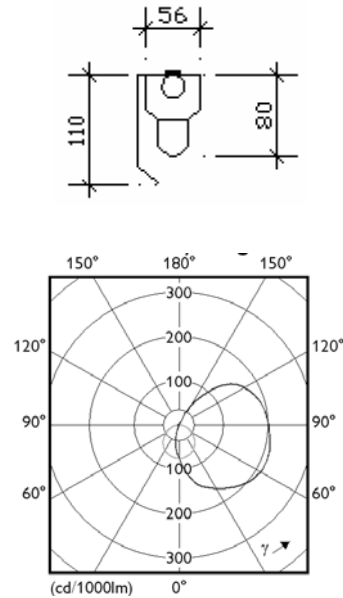
### 3.2 Önerilen Aydınlatma Düzeninin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

Söz konusu derslik hacminde, varolan aydınlatmayı, yapılan değerlendirme doğrultusunda, nicelik ve nitelik yönünden iyileştirmek ve uygun enerji kullanımı sağlamak amacıyla, yeni bir yapma aydınlatma düzeni önerilmiş ve uygulanmıştır. Önerilen yeni düzende, genel ve bölgesel aydınlatma için seçilen aygıtların kesit özellikleri ve ışık dağılımları Şekil 5' te gösterilmiştir.

#### D1 Tipi Aygıt



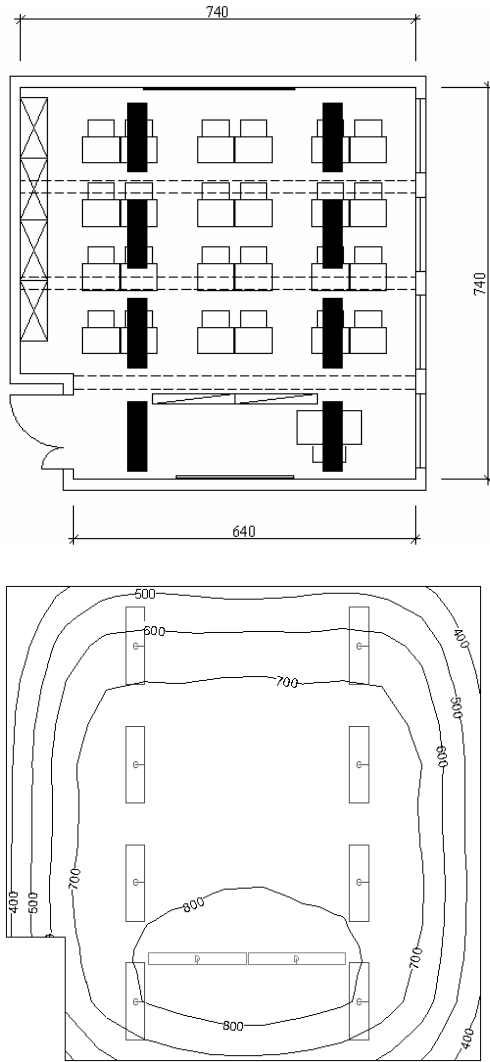
#### F Tipi Aygıt



Şekil 5. Kullanılan aydınlatma aygıtları ve ışık dağılımları.

• **Aydınlığın niceliği:**

Önerilen aydınlatma düzeninde, çalışma düzleminin üzerinde ölçüm yapılan noktalardaki aydınlık düzeyi değerleri,  $500 \text{ lm/m}^2$ 'nin üzerinde saptanmıştır. D1 tipi aygıtla kurulan bu düzende oluşan aydınlık dağılımı Şekil 6' da görüldüğü gibi oldukça düzgün yayılmıştır. Duvar yüzeylerinde ölçme yapılan noktalardaki aydınlık düzeyleri, ön duvarda,  $510\text{-}560 \text{ lm/m}^2$  arasında, öteki duvar yüzeylerinde,  $240\text{-}380 \text{ lm/m}^2$  arasında değişmektedir. Bu değerler, düzgün bir dağılım göstermekte sergi alanı olarak uygun yüzeyler oluşturmaktadır. Yazı tahtası üzerinde ise, yaklaşık  $510 \text{ lm/m}^2$  olarak ölçülen aydınlık düzeyi, bölgesel aydınlatma için kabul edilebilir bir düzeydir.



Şekil 6. Önerilen aydınlatma düzeni ve aydınlık düzeyi dağılımı

• **Aydınlığın niteliği:**

• Seçilen aydınlatma aygıtlarının içinde bulunan TL-5 tipi çizgisel flüoresan lambanın renksel geriverimi  $R_a > 85$ , renksel geriverim sınıfı 1B ve renk sıcaklığı ise, 4000K'dir. Bu değerler, standartlara göre, derslik hacimleri için uygundur.

• Önerilen düzende, hacim içinde, yayınlık ışık alanı ve gölgesiz aydınlığa yakın bir nitelik oluşturulmuştur.

• Önerilen aydınlatma düzeninde, yatay çalışma düzlemi ve düşey yazı tahtası üzerinde, en az aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine oranı ile tanımlanan düzgünlük değeri  $E_{\min}/E_{\text{ort}} > 0.70$  olarak hesaplanmıştır. Böylece, hacimde, kabul edilebilir düzgün yayılmış bir aydınlık sağlanmıştır. Aynı zamanda, arka duvar üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımı, pano, tablo vb. sergi alanına olanak vermesi açısından olumludur.

Yazı tahtasının yansıtma çarpanının, bulunduğu duvar yüzeyinden daha yüksek, dolayısıyla daha yüksek ışıklılıkta olması önemlidir. Bu nedenle, beyaz renkli yazı tahtası kullanılması daha doğru olur. Aynı zamanda, beyaz renkli yazı tahtası üzerinde yüksek karşıtlık oluşturmak amacıyla koyu renkli kalem kullanılması, görsel algılamayı kolaylaştıracak ve dikkatin daha kolay yoğunlaşmasını sağlayacaktır.

• Önerilen yapma aydınlatma düzeninde, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde ölçülen ışıklılık değerleri incelendiğinde, bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığının, 3/1-1 oranları arasında olduğu görülmektedir. Işıklılık dağılımı ise, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde düzgün yayılmış bir özellik göstermektedir. Önerilen düzende aydınlatma aygıtları, paletli olarak kullanıldığından, görme alanı içinde dolaysız kamaşma oluşturmamaktadır. En arka sıradan, yazı tahtasına doğru bakıldığında, görme alanı içine giren aygıtların ışıklılığı,  $200 \text{ cd/m}^2$  olarak ölçülmüştür.



• Seçilen bu aygıt, bakış doğrultusundaki ışıklılığının düşük olması nedeniyle, yani, kamaşma kontrolü olduğundan, bilgisayar kullanılan derslikler için de uygundur. Böylece, monitör (VDU) ekranı üzerinde aygıt görüntüsünün oluşarak maskeleye yansımaya neden olma durumu denetlenmiştir.

• **Enerji harcaması:**

Önerilen aydınlatma düzeninde, aygıtlar, yansıtıcı ve paletli olarak kullanıldığından, aydınlık, daha çok çalışma düzlemine yönelmiş, enerji kullanımı açısından olumlu bir durum oluşmuştur. Önerilen düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 10; lamba adedi ise 16 adet 28W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 18'dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ortalama aydınlık düzeyi yaklaşık  $700 \text{ lm/m}^2$  (ilk yapım sırasında ölçülen aydınlık düzeyi) olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte,  $654 \text{ W}$ 'dır. Buna göre,  $1 \text{ lm/m}^2$  yi elde etmek için harcanan güç,  $0.93 \text{ W}$  olarak hesaplanmıştır. Bilindiği gibi ilk yapım sırasında ölçülen bu aydınlık düzeyi, belli bir kullanım süresi sonunda, önerilen düzeye doğru azalma gösterecektir. Mevcut ve önerilen aydınlatma düzenlerinin, ortalama aydınlık düzeyi, sistem gücü ve  $1 \text{ lm/m}^2$  için harcanan güç açısından karşılaştırması Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Varolan ve önerilen aydınlatma düzenlerinin enerji harcaması yönünden karşılaştırması

Aydınlatma düzeni	Ortalama aydınlık düzeyi ( $\text{lm/m}^2$ )	Sistem gücü (W)	$1 \text{ lm/m}^2$ için harcanan güç ( $\text{W/lm/m}^2$ )
Varolan	300	588	1.96
Önerilen	700	654	0.93

Yeni düzende harcanan güç ( $654 \text{ W}$ ), varolan düzende harcanan güce ( $588 \text{ W}$ ) göre, %11 oranında artmasına karşın, hacimde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi, % 133 oranında artarak, standartlarca

belirlenen düzeye çıkarılmıştır. Bu durumda, derslikte,  $1 \text{ lm/m}^2$  yi sağlamak için harcanan güç, önerilen aydınlatma düzeni ile, % 52 oranında azaltılarak,  $1.96 \text{ W}$ 'tan,  $0.93 \text{ W}$ 'a düşürülmüştür. Önerilen düzende, kullanılan lamba tipinin elektronik balastlı ve uzun ömürlü (20000 saat) olması nedeniyle de, sistemin bakım kolaylığı sağlanmış ve bakım maliyeti en aza indirilmiştir. Sonuç olarak, söz konusu derslik hacminde, yeni önerilen düzen ile, hem standartlarca uygun nicelik ve nitelikte aydınlatma ile görsel konfor oluşturulmuş, hem de enerji harcaması azaltılarak, uygun enerji kullanımı sağlanmıştır. Şekil 7 incelenen derslikte önerilen aydınlatma düzenini gösterilmektedir.



Şekil 7, İncelenen derslik hacminin önerilen aydınlatma düzenini gösteren fotoğraf.

#### 4. ANKET ÇALIŞMASI

Alan çalışmasının uygulandığı derslik hacminde, varolan aydınlatma düzeni ve önerilen aydınlatma düzeni ile ilgili olarak, bir yandan ölçme, inceleme gibi bilimsel çalışmalar yapılırken, öte yandan öğrencilerin de görüşlerini almak amacıyla, her iki durum için, anket çalışması yapılmıştır.

Her iki anket çalışmasına da 100 öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin 58' i erkek, 42' si kız olup, yaşları 15- 17 arasında değişmektedir.

Anketlerin genel değerlendirmesi ile ilgili yanıtlar, aydınlığın niceliği yani aydınlık düzeyi için incelendiğinde varolan durumda:

- öğrencilerin %42' si, masa üzerindeki aydınlık düzeyini çok ve yeterli bulurken, %58' i az ve çok az olarak değerlendirmiştir.
- Yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi, %48 oranında, yeterli bulunmuştur. Öneri durumunda ise,
- masa üzerindeki aydınlık düzeyi, %88 oranındaki öğrenci tarafından yeterli ve çok, %12 oranındaki öğrenci tarafından ise, az ve çok az olarak değerlendirilmiştir.
- Yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi ise % 83 oranında yeterli bulunmuştur.

Bu değerlendirmelere göre, öğrencilerin büyük bir çoğunluğu, aydınlığı nicelik yönünden, varolan durumda, yetersiz; önerilen aydınlatma düzeninde ise, yeterli bulmaktadır.

Aydınlığın niteliği yönünden konuya yaklaşıldığında ise, varolan durumda, öğrencilerin

- %57' si, yazı tahtası üzerinde, lamba ışığından kaynaklanan parlamalar olduğunu,
- %65'i, masaların üzerindeki parlamalardan rahatsız olduklarını,
- %60'ı masaların üzerinde gölgeden yakındıklarını,
- %66'sı yazı tahtasına ya da öğretime bakıldığında, tavandaki lambaların parlaklığının kamaşma yarattığını belirtmişlerdir.
- Işığın rengi yönünden günışığı ile karşılaştırıldığında varolan düzende, %51 oranında aynı olarak belirtilmiştir.
- Aydınlatma nedeniyle, rahatsızlık duyanların oranı ise %55' tir. Öneri durumunda ise, öğrencilerin
- %20'si, yazı tahtası üzerinde, lamba ışığından kaynaklanan parlamalar olduğunu
- %19'u, masaların üzerindeki parlamalardan rahatsız olduklarını
- %15'i masaların üzerinde gölgeden yakındıklarını

- %18'i öneri düzende seçilen aygıt tipi ile, yazı tahtasına ya da öğretime bakıldığında, tavandaki lambaların parlaklığının kamaşma yarattığını belirtmişlerdir.

- Işığın rengi yönünden günışığı ile karşılaştırıldığında varolan düzende, %63 oranında aynı olarak belirtilmiştir.

- Öneri düzende, aydınlatma nedeniyle, rahatsızlık duyanların oranı ise %22 olarak belirlenmiştir.

Aydınlığın niteliği ile ilgili değerlendirmelere göre, varolan aydınlatma düzeninde, rahatsızlık duyulan pek çok konu, öneri aydınlatma düzeni ile iyileştirilmiş ve rahatsızlık duyanların oranı çok azalmıştır.

## 5. SONUÇ

Öğrenmenin temeli olan eğitim ve okullar, tüm dünyada olduğu gibi, özellikle gelişmekte olan ülkeler için vazgeçilmez öğelerdir. Derslikler ise, öğrenme sürecinde temel birimleri oluşturmakta ve öğrencilerin günlerinin büyük bir bölümü, bu hacimlerde geçmektedir. Bu nedenle, fiziksel uyartılar arasında yer alan ışığın oluşturduğu aydınlık, öğrenmede en büyük paya sahip olan görsel algılamaya ile ilgili olarak görsel konforun sağlanmasında büyük önem taşımaktadır.

Ülkemiz, gelişmekte ve genç nüfusu çok olan bir ülke olarak, eğitime ve dolayısıyla okula olan gereksinimi çok fazladır. Bu nedenle, gelişmiş öteki ülkelerle arasındaki farkı kapatması için bir yandan okullaşma kapasitesinin artması, öte yandan da niteliklerinin iyileştirilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, ülkemizin Avrupa Birliği' ne giriş süreci içinde olması nedeniyle, uluslararası standartlara uygunluğunun sağlanması da söz konusudur.

Bu çalışmada, dersliklerde, yeterli nicelik ve uygun nitelikte aydınlatma ile görsel konforu sağlayan, aynı zamanda da enerjinin optimum kullanımını olanaklı kılan yapma

aydınlatma düzenleri oluşturulmasında temel etmenler belirlenerek, on ayrı tip aydınlatma incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Görsel konfor ve optimum enerji kullanımı yönlerinden en iyi sonucu veren aydınlatma düzeninin uygulamadaki durumunu incelemek amacıyla, bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Seçilen derslikte, önerilen düzen uygulanmadan önce, varolan aydınlatma düzeni incelenmiş, aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçmeleri yapılmıştır. Daha iyi nitelikli bir aydınlatma ve optimum enerji kullanımı sağlamak amacıyla, bir yapma aydınlatma düzeni önerilmiş ve uygulanmıştır. Bu düzenle ilgili aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçmeleri değerlendirilmiştir. Ayrıca dersliklerin kullanıcıları olan öğrencilerin de eski ve yeni aydınlatma düzenleri ile ilgili görüşleri de anketlerle saptanmış, anket sonuçlarına göre, önerilen düzenin öğrenciler tarafından da uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Tüm bu değerlendirmeler sonucunda elde edilen veriler, dersliklerde görsel konfor ve optimum enerji kullanımına ilişkin bir yaklaşım olup, gerek mimari tasarım aşamasında bir tasarım ölçütü olarak, gerekse varolan aydınlatma düzenlerinin iyileştirilmesinde yararlanmaya yönelik olarak kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Anon, Philips Lighting Manual, 5. Edition, Netherlands, 1993.
2. Anon., (1986), "CIE Guide For Interior Lighting", Second Edition, Austria.
3. Anon., (1987), "IES Lighting Handbook, Application Volume".
4. Anon., (1993), IES Lighting Handbook, 8th Edition, Illuminating Engineering Society, New York.
5. Anon., (1994), "CIBSE Code For Interior Lighting", London.
6. Anon., (1998), "Proceedings of the First CIE Symposium on Lighting Quality", Canada.
7. Anon., (1967), "Lighting in Schools", Department of Education and Science, Building Bulletin 33, London.
8. Bergem-Jansen, P. M. , (1997), "Acceptance of an Energy – Efficient Lighting System", Lux Europa 1997, 1180-1187.
9. Bostancı, M. T., (1996), "Büroların Aydınlatma Düzenleri Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
10. Boyce, P. R. ve Eklund, N. H. , (2000), "Evaluating Lighting Quality", 189-198, Right Light Three-3rd European Conference on Energy – Efficient Lighting.
11. Einhorn, H. D. , 1982, "School Lighting – A New Approach", ILR 1982/4.
12. Şerefhanoglu, M., 1972, Konutlarda Aydınlatma, Karaca Ofset Basımevi, İstanbul.
13. Şerefhanoglu, M., 1982, Yapı İçi Aydınlatmasında Enerjinin Optimum Kullanımı, Y.Ü. Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul.