

Eğitim Yapılarının Doğal Aydınlatma Performansı Açısından İncelenmesi

Investigation of Educational Buildings in Terms of Daylighting Performance

İlknur ERLALELİTEPE,¹ Duygu ARAL,¹ Tuğçe KAZANASMAZ¹

Doğal aydınlatma performansı çalışmalarında öncelikle incelenecek binalar arasında eğitim yapıları gelmektedir. Bunun çeşitli sebepleri vardır. Derslikler, gün boyu kullanılan mekânlar olduğu için yeterli ve düzgün dağılımlı doğal aydınlatma olmalıdır. Doğal ışığın yeterli olmadığı durumlarda yapma aydınlatma kullanılması elektrik enerjisi tüketimini artırır. Aynı zamanda, mekân kullanıcılarının da görsel konforlarının sağlanması gerekir. Güneşi ile tasarım, kamaşmaya ve aşırı miktarda doğrudan ısı kazanımına karşı çeşitli gölgeleme elemanlarının incelenmesini gerektirmektedir. Ayrıca ışığın eşit miktarda ve orantılı olarak binanın içinde yayılabilmesi için de galeriler ve çatı ışıklıkları tasarlanabilmektedir. Ancak mimarlar ve ilgili profesyoneller tarafından çeşitli tasarım araçları ile önerilen aydınlatma tasarımlarının, bina kullanıma geçtikten sonra istenildiği ve öngörüldüğü gibi bir aydınlatma performansı gösterip gösteremediği araştırma konusu olmaktadır. Bu çalışma, genel hatlarıyla söz konusu yapılar için doğal aydınlatma tasarım ilkeleri ve yaygın olarak kullanılan tasarım elemanlarını incelemekte, mevcut yapılar için aydınlatma performansı değerlendirme yönteminden bahsetmektedir. İnceleme alanı olarak bir üniversite binası seçilmiştir. Örnek çalışma ile bu binanın doğal aydınlatma performansı değerlendirilmektedir. Doğal aydınlatma performansını belirlemek için örnek olarak seçilen mekanlarda ölçümler yapılmıştır. Ölçülen değerler ile standart değerler karşılaştırılarak, elde edilen bulgular çizelgeler, çizimler ve şekiller aracılığıyla sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Eğitim yapıları; doğal aydınlatma performansı; tasarım.

Educational buildings have the priority among other building types in daylight performance studies. There are several reasons for this. Classrooms which are used during the whole day should have sufficient and homogeneously distributed daylight. In insufficient daylight conditions, the use of electrical lighting increases energy consumption. Users' visual comfort should also be assured, and design incorporating natural light requires the analysis of sun protection devices in order to avoid glare and excessive heat. Also, atriums and skylights can be included in the building design with the aim of distributing light equally and in a relatively balanced manner throughout the building. However, lighting schemes are often proposed by architects and professionals who tend to make use of different design tools, and it would be pertinent to investigate whether these tools perform as desired. This study analyses daylight design principles and design elements in educational buildings. It outlines the method which has been used to analyse the daylight performance of buildings. A university building was selected for the field study. Measurements were taken in sample spaces to determine daylight performance. Utilising comparison between standard values and measured values, findings are presented in the form of tables, drawings and figures.

Key words: Educational buildings; daylighting performance; design.

¹İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İzmir.

Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi'nde sunulmuştur (4-5 Mart 2010, İstanbul).

¹Department of Architecture, Izmir Institute of Technology, Faculty of Architecture, Izmir, Turkey.

Presented at the Building Physics and Sustainable Design Congress (March 4-5, 2010, Istanbul, Turkey).

MEGARON 2011;6(1):39-51

Başvuru tarihi: 31 Ağustos 2010 (Article arrival date: August 31, 2010) - Kabul tarihi: 13 Ocak 2011 (Accepted for publication: January 13, 2011)

İletişim (Correspondence): İlknur ERLALELİTEPE. e-posta (e-mail): ilknurerlalelitepe@iyte.edu.tr, ilknurerla@gmail.com

© 2011 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2011 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Gün boyunca en temel ışık kaynağı olan günışığı (güneş ve gök ışığı) ile aydınlatılan binalarda verimli ve konforlu bir ortamın sağlanması esastır. Eğitim yapıları da söz konusu binalardandır. Eğitim yapılarında gerçekleşen en temel eylem olan “öğrenme”nin gün ışığı ile doğrudan ilişkili olduğu ve gün ışığının öğrencilerin bilgiyi akılda tutmalarında yardımcı olduğu bilinmektedir.^[1] Çalışma masaları ve tezgâhların bulunduğu sınıf ve laboratuvarlarda işlev hacminin her noktasında aynıdır. Bahsedilen mekânların kullanım biçimleriyle ilişkili olarak statik, durağan, düzgün yayılmış bir aydınlık ile kullanıcılar için gerekli olan görsel konfor koşulları sağlanmalıdır.^[2]

Görsel konfor koşullarının istenilen düzeyde olması, derslik, ofis, laboratuvar gibi farklı işlevlerde ve boyutlardaki mekânların bulunduğu üniversite yapılarında, görsel ve ruhsal performansın iyileştirilmesi, öğrenme performansının yüksek tutulması, motivasyonun ve çalışma üretkenliğini artırması bakımından gereklidir.^[3] Yeterli aydınlık düzeyi ile kullanıcıların çevreyi rahat görebilmesi ve algılaması ile yorgunluk hissi azaltılabilir. Bu bağlamda, doğal aydınlatma performansının belirlenmesi, günışığının iç hacimdeki davranışını ve binanın aydınlatılmasının nicel ve nitel bağlamda incelenmesini sağlayan, kapsamlı ve detaylı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal aydınlatma performansını etkileyen parametreler, aydınlık düzeyi,¹ günışığı çarpanı,² ışıklılık³ dağılımları, kamaşmanın önlenmesi, gölgeleme, ışığın yönlendirilmesi ve ışığın rengidir.

Doğal ışık kaynağı olan güneşten yayılan ışık; iç hacmin bulunduğu yerin enlem ve boylamına, atmosferin yapısına ve zamana göre değişim gösterdiği için aydınlatma performansı da aynı etkenlere bağlı olarak farklılık gösterir. Binaların tasarımı sırasında, doğal aydınlatma düzenlerinin; saydamlık oranı, pencere türü gibi kabuk bileşenleri ile güneş kontrol sistemlerinin doğru seçimi, iç hacmin yönlenme durumu gibi parametreler kontrol altında tutularak gün boyu çalışılan hacimlerde yapma aydınlatma enerji tüketimini azaltmak mümkündür.^[4] Yeterli ve düzgün dağılımlı doğal aydınlatmanın sağlanamaması durumunda ise istenen aydınlık düzeyine yapma aydınlatma desteğiyle (veya takviyesiyle) ulaşılması enerji tüketimini arttırmaktadır. Günışığı açısından iyi tasarlanmış bir eğitim yapısında aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi doğal ışık kul-

lanılarak azaltılır; doğal ısı kazancı sağlayarak ise ısıtma ve soğutma için harcanan enerji dengelenerek öğrenciler ve öğretmenler için sağlıklı ve rahat bir çalışma ortamı sağlanabilir.^[5,6] Günışığı aydınlık değerlerinin ve bunların iç mekânlarda dağılımının bilinmesi, mevcut eğitim yapılarında doğal aydınlatma performansının analiz edilerek problemlerin saptanması ve iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesi kullanıcıların görsel konforunun artırılması ve enerjinin etkin kullanımı açısından önemlidir.^[6] Yeterli ve uygun tasarlanmış bir doğal aydınlatma düzeni, öğrencilerin ve öğretmenlerin çevreyi herhangi bir yorgunluk ve görsel rahatsızlık olmadan algılamalarını ve eylemlerini etkin bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlar. Tasarım aşamasından sonra, kullanılmaya başlanılan mevcut binaların doğal aydınlatma performanslarının değerlendirilmesi, varsa görsel konfor koşullarındaki aksaklıkların düzeltilmesi için veya sonraki tasarımlarda kullanılması için geribildirim oluşturur. Bahsedilen sebepler doğrultusunda, araştırma alanı olarak İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Maki-ne Mühendisliği Bölüm Binası seçilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, yaygın olarak kullanılan ve üniversite binasında mevcut olan doğal aydınlatmayla ilgili tasarım elemanlarını incelemek ve görsel konfor koşullarının sağlanması gereken derslik, ofis ve laboratuvarlarda aydınlatma performansını değerlendirme yönteminden bahsetmektir.

Eğitim Yapılarında Doğal Aydınlatma Tasarımı

Eğitim yapılarında doğal aydınlatma tasarımının amacı, kullanıcılar için uygun bir görsel çevre yaratmak ve görsel ihtiyaçlarını etkin, konforlu ve minimum enerji tüketerek karşılamalarını sağlamaktır.^[7,8] Böylece öğrenme performansı artmaktadır. Dersliklerde öğrencilerin yatay düzlemde okuma ve yazma, düşey düzlemde ise tahtaya odaklanabilmeleri için yeterli ışığın sağlanması ve kamaşmaya sebep olacak ışıklılık dağılımının engellenmesi gerekmektedir.^[3] Çalışma ortamı olan ofislerde ise yeterli ışığın sağlanmasıyla çalışanların üretkenliği artırılabilir. Enerji etkin tasarım; doğal ışığı maksimum düzeyde kullanmalı, rahatsız edici parıltıyı engellemeli, en etkin aydınlatma ekipmanı seçimi, planlaması ve donanım kontrolünü birleştirmelidir. Üniversite binalarındaki galeriler günışığını içeri alarak aydınlatma problemlerini çözmekle beraber aynı zamanda ısı konforu sağlamak amaçlı da tasarlanır. Galerilerin tasarımında form, çatısında kullanılan malzemenin (camın) geçirgenliği, duvarların ve zeminin yüzeylerinin yansıtıcılığı ile ışığın galeriyi çevreleyen mekânlara eş dağılımı ve zemine kadar ulaşabilmesi esastır.^[8,9]

¹ Illuminance

² Daylight factor

³ Luminance

Eğitim Yapıları için Aydınlatma Standartları

Yapı yönetmelikleri ve standartlar, yapı kullanıcılarının sağlığını, güvenliğini ve refahını koruma altına almayı amaçlar. Ancak, doğal aydınlatma ile ilgili yönetmelikler, günışığının değişken yapısı ve aydınlatma alanına özgü problemler nedeniyle tam olarak geliştirilememiştir. İç hacmi, görsel alan içerisindeki ışıklılık dağılımına göre görmemize rağmen birçok aydınlatma standardının aydınlık düzeyine göre belirlendiği görülür. Sürekli değişken olan günışığı ile ilgili standartlar da sadece aydınlık düzeyini değil, iç hacimdeki aydınlatma süresini de dikkate almalıdır. Bazı standartlarda, eğitim yapıları için öneriler bulunmaktadır. Bunlar, günışığı çarpanı, aydınlık düzeyleri ve pencere alanı gibi değişkenler esas alınarak hazırlanmışlardır. Her biri incelenirken, önerilen değerlerin yıl içinde hangi süre için ve hacmin hangi bölümlerinde sağlanması gerektiği gibi bilgiler ve bunların ülkelere göre değiştiği dikkate alınmalıdır.

Günışığı çarpanı, "ışıklılık dağılımları bilinen, ya da varsayılan bir gökten dolaysız ya da dolaylı olarak gelen ışığın, verilmiş bir düzlemin bir noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin, hiç engellenmemiş yarı küre biçimindeki gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranını gösteren çarpan" olarak tariflenir.^[10] Bu oran, tasarım koşulları için minimum kabul edilebilir koşullar olarak ele alındığında, CIE kapalı gökyüzü durumunda uygun bir aydınlık düzeyi ölçütüdür. Yapılarda günışığının sayısallaştırılması için bir aydınlık oranı kullanma kavramı 1909'da, Waldram'ın bu yaklaşıma dayanan bir ölçme tekniği yayınladığından beri bilinmektedir. Kesin değerler yerine oranlar kullanılmasının temel sebebi günışığı şiddetindeki sık ve keskin dalgalanmaları çözmedeki zorluğu aşabilmektir.^[11] Günümüzde günışığı çarpanını (GF) temel alan standartlar, özellikli bir aydınlık düzeyi yerine, değişen dış koşullara bağlı bir yüzdeyi esas alır.^[12] Fransa'da 1997'de hazırlanan yönetmelik,⁴ derslikler için, kapalı gök koşulunda minimum %1,5'lik günışığı çarpanı değerini önerir.^[13] İngiltere'de yayımlanan standarda göre,⁵ İngiltere'deki okullarda, özellikle tek yönden ışık alan derslikler için bu değeri, %2 olarak; aydınlık düzeylerini de 300-500 lux arasında önerir.^[13,14]

Aydınlık düzeyi, "bir yüzeyin, bir noktasını çevreleyen sonsuz küçük bir parçacığının aldığı akının, bu yüzey parçacığının alanına bölümüdür".^[10] Birimi lux'tür (lx). Aydınlatma standartları genellikle çalışma düzleminde istenen lux değeri cinsindedir.^[15] Amerika'da kullanılan standart⁶ ise, aydınlık düzeyleri esas alınarak hazırlanmıştır. Buna göre, tüm yaşam alanlarında olması gereken günışığı miktarı, ışığın iç hacme geçtiği

düşey düzlem üzerinde 2691 lux'lük bir aydınlık düzeyi kadar olmalı ve bu da döşemeden yaklaşık 76 cm yükseklikteki bir yatay düzlemde ortalama 65 lux'lük bir aydınlık düzeyi oluşturmalıdır. Bu aydınlık düzeyi sadece günışığı ile değil, yapma aydınlatma ile de sağlanabilir.^[16] Kanada'da ise Bayındırlık ve Yapı İşleri Birimi, ofis hacimlerinin günışığı alan dış çeperinden 3 m derinliğinde bir alan için, ve sabah 8'de başlayıp akşam 5'e kadar süren çalışma saatlerinin %80'i boyunca etkili olacak 200 lux'lük bir günışığı aydınlık düzeyi önerir.^[17] Fransa'da yayımlanan standartlara⁷ göre, çalışma hacimlerinin günışığı ile aydınlatılması üzerinedir. Buna göre, iç hacme yan açıklıklardan (*pencereler*) ulaşan günışığı ofis hacimlerinde kullanılabilir olmalıdır, denilmektedir. Ancak sağlanması zorunlu olan minimum sayısal değerler bulunmamaktadır. Ayrıca dört adet çeşitli işlevli iç hacim için genel aydınlık düzeylerinin (günışığı ve yapma ışık) minimum değerlerinden bahsedilir. Bunlar, herhangi bir zaman için, iç hacmin herhangi bir noktasında sağlanması önerilen değerlerdir. Örneğin, ilk kurulum zamanındaki minimum aydınlık düzeyi ofisler için 210 lux, penceresiz çalışma hacimleri için ise minimum 350 lux'tür.^[18] Almanya'da kullanılan standart⁸ ise, iç hacimde yürütülen işlerin zorluğuna göre farklı günışığı aydınlık düzeyleri önerir. Örneğin, normal zorlukta bir iş için minimum 250-500 lux, zor bir iş için minimum 750-1000 lux, kolay bir iş için ise 60-120 lux aydınlık düzeyleri sağlanmalıdır. Günışığının olması, olumlu karşılanmakta ama zorunluluk getirilmemektedir.^[13] CIBSE, ise ofisler için önerilen ortalama aydınlık düzeyi minimum 300 lux; amfi, laboratuvar ve ders tahtası için minimum 500 lux, giriş holü için minimum 200 lux ve dolaşım alanı için minimum 100 lux'tür.^[19]

Günışığı, yapı boşluklarından geçerek iç hacme ulaşır. Pencereler de bu boşluklardandır. Aydınlık düzeyi veya günışığı çarpanı gibi değerler belirlenirken pencere boyutlarının saptanması gerekir. Günışığının durumuna göre pencere alanı değişir. İç hacimde sağlanması beklenen ortalama bir günışığı aydınlık düzeyi için pencere alanı hesaplanırken, gün boyunca göğün ışıklılığının homojen bir dağılım göstermediği dikkate alınmalıdır. Kabul edilebilir bir ışıklılık değeri alınır. Hacimde olması beklenen aydınlık düzeyini aynı seviye-

⁴ Cahier des Recommendations Techniques de Construction of the French Ministere del'Education

⁵ The Building Research Establishment, BS8206 Part 2: Code of Practice for Daylighting

⁶ BOCA-National Building Code

⁷ Decret no:90/11 , Decret no: 83/721

⁸ DIN 5034-4 standard



Şekil 1. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE), Makine Mühendisliği Fakültesi binası, İzmir.

de tutabilmek için, göğün ışıklılığının az olduğu duruma göre pencere boyutlarının geniş tutulacağı, çok olduğu duruma göre ise pencere boyutlarının küçüleceği açıktır.^[20] Pencerenin şeffaf bir malzeme olması nedeniyle ışık ile birlikte doğrudan güneş ışınımının da hacim içerisine alındığı durumlarda, günışığı binanın ısınmasına yardımcı olur. Pencerenin ısı özellikleri dikkate alındığında binayı oluşturan diğer yapı elemanlarına göre ısı kayıplarının en fazla olduğu malzemelerden biri olduğu unutulmamalıdır. Pencere alanının gerektiğinden büyük olması, kış aylarında ısı kayıplarının artmasına, yaz aylarında ise aşırı ısınma gibi sorunlara neden olacağı bilinmektedir. Ayrıca, bu durumun hacimde ışıklılık dağılımına etkisi olmaktadır; örneğin pencereye yakın alanlardaki aydınlık düzeyi ile hacmin iç kısımlarındaki aydınlık düzeyi arasındaki farklılık da değişmektedir. Işıklılık dağılımı, görsel konfor açısından rahatsızlığa neden olabilir. Dikkat edilmesi gereken diğer bir konu ise pencerenin saydam yüzeylerinin gürültüyü iç hacme iletmesinden kaynaklanan işitsel problemlerdir. Pencere boyutu arttıkça dış ortam gürültüsünün iç hacme ulaşması kolaylaşır. Bu nedenle, pencere alanı ısı kazanç/kayıp oranı ve gürültü miktarı göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Bu bilgiler ışığında, pencere boyutunu temel alan standartların en sık kullanılan standart tipi olduğu söylenebilir. İngiltere'deki standarda göre,⁹ 8 metre derinliğinden az olan odalar için, pencere alanının, pencerenin bulunduğu dış duvar alanının %20'si kadar olması, derinliği 14 metreden fazla olan odalar için ise %35'i kadar olmasının önerildiği görülmektedir.^[13] Ofislerde, dışa bakan duvar yüzeyinin %35'i, kamu binalarında da dış duvarın toplam alanının %25'i pencere alanı olmalıdır.^[21,22] Almanya'da kullanılan standart¹⁰ farklı boyutlardaki odalar için önerilen pencere boyutlarına dayanmaktadır. Örneğin, 2,80 m yüksekliğinde ve 2 x 3 m boyutlarında bir oda için

pencere yüksekliği 1,63 m ise genişliği 1,31 m önerilmektedir. Bu standarda göre, pencerenin, havalandırma ve çıkış işlevinden çok aydınlatma işlevine odaklanarak ele alındığı ve tasarlandığı dikkat çekmektedir.^[13]

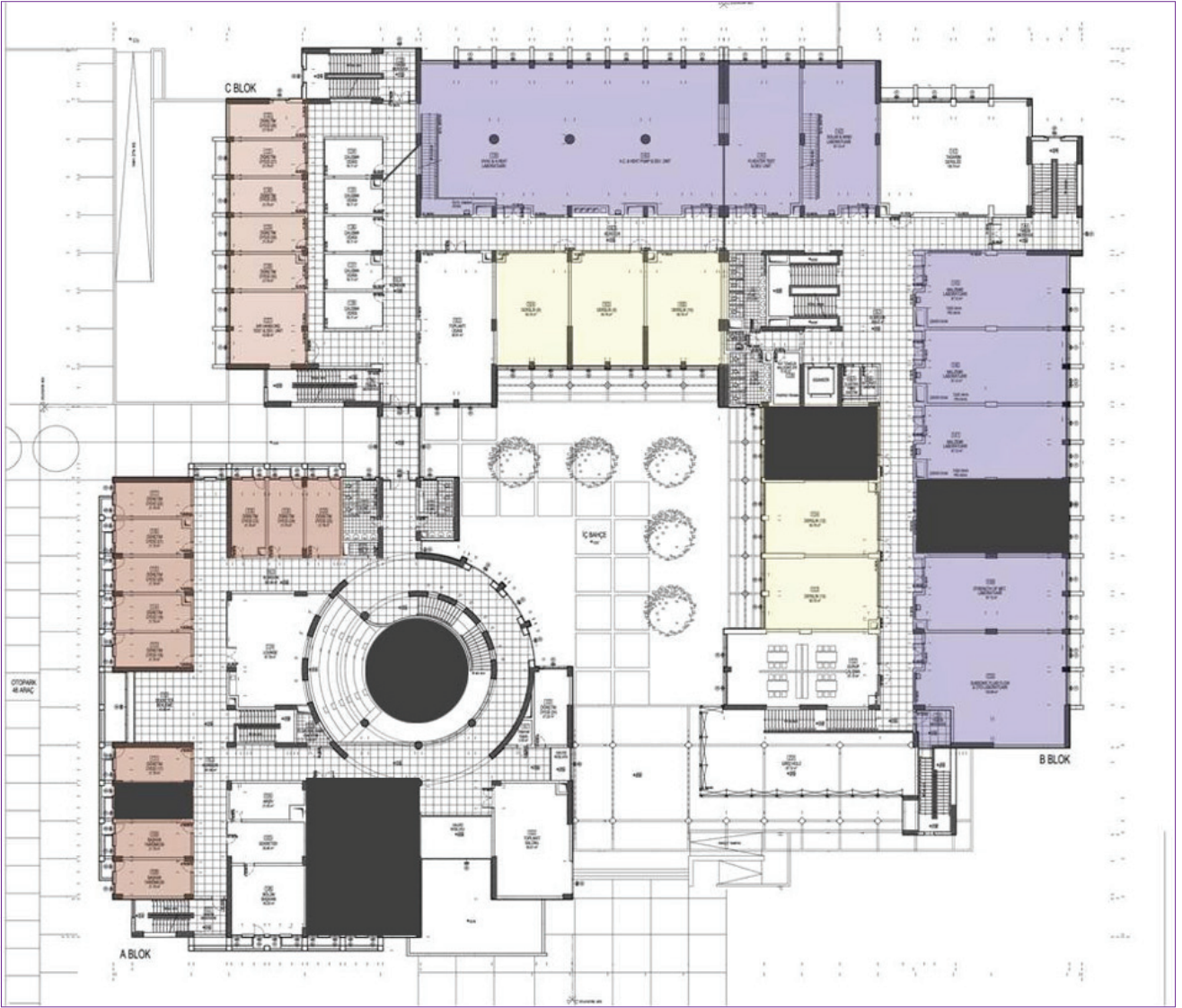
Seçilen Yapının ve İncelenen Mekânların Tanımı

Araştırmaya konu olan yapı, İYTE yerleşkesinde yapımı tamamlanan Makine Mühendisliği Bölümü Binasıdır (Şekil 1). Yapı yerleşkenin güneyinde, 38' 18 kuzey enlemi 26' 36 doğu boylamı üzerinde konumlanmıştır. Yaklaşık 6676 m² kullanım alanına sahip olan yapı, zemin üstünde iki kat ve bir bodrum katından oluşmaktadır. İçeride dönük bir avlu sisteminde örülen yapı, derslikler ve laboratuvarları barındıran eğitim kanadı ile ofisler ve kütüphane, amfi gibi ortak kullanım alanlarını da barındıran yönetim kanadından oluşmaktadır. Derslikler eğitim kanadının avluya bakan güneydoğu ve güneybatı cephelerinde konumlandırılmıştır. Laboratuvarlar ise aynı kanadın kuzeydoğu ve kuzeybatıya açılan dışa dönük bölümünde yer almaktadır. Yönetim kanadında bulunan ofisler güneybatı ve kuzeybatı yönlerine bakmaktadır. Eğitim kanadında kat yüksekliği 3.80 m iken, ofislerde 2,60 m'dir. Şekil 2'de binanın fonksiyon şeması ve çalışma yapılan alanlar plan düzleminde gösterilmektedir.

Yapının genel aydınlık düzeyi hakkında bilgi edinmek amacıyla farklı yönlerde konumlandırılmış, farklı işlevlerde 5 mekân seçilmiştir. Bunlar amfi, derslik, laboratuvar, ofis ve galeridir. Planda ölçüleri 13,00m x 9,82 m olan amfi zemin kattadır ve güneydoğu yönüne açıl-

⁹ The Building Research Establishment, BS8206 Part 2: Code of Practice for Daylighting

¹⁰ DIN 5034-4 Daylight in interiors- Simplified regulation for minimum window sizes



Şekil 2. İYTE Makine Mühendisliği Fakültesi binası fonksiyon şeması ve çalışma yapılan mekanlar.

maktadır. Pencere alanı 127,75 m² olan mekânın pencere alanı 20,9 m²'dir. Pencere alanının taban alanına oranı (pencere oranı) %16 olarak belirlenmiştir. Cephede sabit yatay güneş kırıcılar ve 1.77 m yatay çıkma ile güneş kontrolü sağlanmaya çalışılmıştır. Derslik ise 9,78 m x 6,25 m boyutlarında, ikinci katta ve güneybatı yönüne bakmaktadır. Pencere alanı 60,36 m² olan mekânın pencere alanı 15,95 m²'dir. Pencere oranı %26'dır. Cephenin önünde 2,80 m derinliğinde, yatay elemanlardan oluşan çelik bir saçak (kanopi) bulunmaktadır. Laboratuvar, 12,30 m x 6,35 m boyutunda, ikinci katta ve kuzeydoğu yönündedir. Mekan tek yönlü ışık almaktadır. Taban alanı 78,44 m² olan mekânın pencere alanı 15,95 m²'dir. Pencere oranı %20'dir. Cephede 1 m derinliğinde

de yatay çıkma, 1,5 x 1,1 m boyutlarında düşey gölgeleme duvarları bulunmaktadır. Ofis 6,80 m x 2,97 boyutlarında, ikinci katta ve güneybatı yönündedir. Pencere alanı yine tek duvar yüzeyindedir ve mekan tek yönlü ışık alır Taban alanı 20,19 m² olan mekânın pencere alanı 5,22 m²'dir. Pencere oranı %26'dır. Cephede 1,20 m derinliğinde bir balkon ve balkonun her iki yanında 0,5 x 0,5 m boyutlarında iki kolon bulunmaktadır. Galeri zemin katta ve dairesel plan şemasına sahiptir. Alt pencereleri kuzey yönünde avluya açılan mekânın, 9,30 m yüksekliğinde üst pencereleri dört yönden ışık almaktadır. Mekânın net yüksekliği 10,95 m'dir. Gölgeleyici cephe elemanı kullanılmamıştır. Tablo 1'de, yukarıdaki bilgiler özetlenmiş, çalışma yapılan mekanların iç görüntüleri ile hangi cephe elemanları ile tasarlandıklarını ifade eden dış görüntüleri, mekânın boyut, taban

Tablo 1. Çalışma yapılan mekanların parametrik tanımı

Mekan	Boyut (m)	Taban alanı (m ²)	Pencere alanı (m ²)	Pencere oranı (%)	Cephe yönü	
Amfi 	13,00 x 9,82	127,75	20,9	16	Güneydoğu	
Derslik 	9,78 x 6,25	60,36	15,95	26	Güneybatı	
Laboratuvar 	12,30 x 6,35	78,44	15,95	20	Kuzeydoğu	
Ofis 	6,80 x 2,97	20,19	5,22	26	Güneybatı	
Galeri 	r: 9,90	310,00	127,20	41	Karma	

alanı, pencere alanı, pencere oranı ve cephenin baktığı yön gibi tanımlayıcı bilgilerle birlikte verilmiştir.

Doğal Aydınlatma Performansı Değerlendirme Yöntemi

Binaların doğal aydınlatma performanslarının değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler önerilmektedir.

Bunlardan en yeni olanı, aydınlatılan iç hacim ve kullanılan malzemelere bağlı olarak, pencerelerin günışığı aydınlatma elemanı gibi yapılandırıldığı kabul etmektedir. Yöntem, binaların ve bina bileşenlerinin günışığı karşısındaki davranışının değerlendirilmesine dayanmaktadır. Görsel çevrenin, mekânı kullanan insanların görsel ihtiyaçlarına nasıl uygunluk sağladığının

araştırılmasına yönelik, objektif bir analiz önerilmektedir.^[12,23]

Çoğu zaman dergilerde gördüğümüz iç hacim fotoğraflarına bakarak, gerek fotoğrafçının yeteneği sayesinde gerekse çekim yapılan zamanın iklim koşullarının farklılık göstermesi nedeniyle doğal aydınlatmanın mekân üzerindeki etkisi ve gerçekten aydınlık mı, yoksa karanlık mı olduğu anlaşılamamaktadır. Acaba aydınlık düzeyi binayı kullananların eylemlerine uygun mudur veya güneş kırıcı elemanlar etkin bir şekilde kullanılmakta mıdır? Benzer tüm sorular, binanın doğal aydınlatma açısından 'performansı' kavramını ortaya çıkartmaktadır. Bu, aydınlatmanın kalitesini rapor olarak sunan görsel bir imajın ötesinde bir çalışma gerektirmektedir. Bina, ışığın içinde dağıldığı optik bir sistem olarak kabul edilmektedir. Pencerelemlerin boyutları, yüzeylerin şekil ve yapısal özellikleri bu dağılımı etkilemektedir. Bu nedenle, inceleme sahasında, her bir elemanın söz konusu sistem içindeki rolü tanımlanmalıdır. Böylece her bir elemanın mimari sonuç üzerindeki başarılı ya da başarısız etkisi anlaşılabilir ve tasarımı alanında kullanılabilir bilgi üretilebilmektedir.^[12]

Doğal aydınlatma performansı için mimari, enerji etkinlik, ısı yükler ve maliyet gibi açılardan farklı tanımlar getirilebilir. Doğal aydınlatma performansı, doğal ışık ve yapı formunun görsel olarak uyarıcı, sağlıklı ve üretimi arttırıcı bir iç mekân sağlamak üzere etkileşimidir.^[24] İç hacimlerin doğal aydınlatma performanslarının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken başlıca ışığın niteliğini doğrudan etkileyen kısıtlar arasında aydınlık düzeyi, parlıltı dağılımları, kamaşmanın önlenmesi, ışığın yönlendirilmesi, gölgeleme ve ışığın rengi yer alır.^[25] Görsel çevrenin kullanıcıların görsel ihtiyaçlarını karşılar nitelikte olup olmadığını analiz etmek üzere objektif bir yöntem önerilmiştir. Bu çalışmada, benzer yöntem kullanılmış; aydınlık düzeyi, günışığı çarpanı, pencere boyutu, camın geçirgenliği, parlıltı dağılımı ve kamaşma gibi etkenler gerek ölçümler gerekse hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir.

Aydınlık Düzeyi-Günışığı Çarpanı: Pencere, herhangi bir elektrik aydınlatma aygıtı (lamba) gibi düzenli bir ışık akışı sağlamaz. İç hacim aydınlığı gökyüzünün ışıklılığına bağlıdır. Bir odadaki günışığı aydınlık düzeyi iç ve dış aydınlığın yüzdesi olarak belirtilir ve ölçüm süresince dışarıda ve içeride iki kişi eş zamanlı olarak iki aydınlık ölçer ile ölçüm alınmalıdır. Bir noktanın günışığı çarpanı (GF), aşağıdaki formül (1) ile hesaplanır:^[13]

$$GF = \frac{E_i}{E_{dh}} \times \%100 \quad (1)$$

E_i : Odadaki referans noktasının aydınlık değeri (lux)

E_{dh} : Eş zamanlı dış mekan aydınlık değeri (dışarıda gölgelemeyen yatay düzlem aydınlık değeri) (lux)

Ölçüm Noktalarının ve Günlerinin Belirlenmesi: Ölçüm noktalarının sayısı oda indeksi formülü (2) esas alınarak belirlenmiştir.^[26] "CIBSE ölçüm yöntemi",¹¹ uygulanarak ve yerden 0,80 m yükseklikte olduğu kabul edilen yatay çalışma düzlemi üzerinde yapılmıştır.^[27] Noktalar duvarlardan ve gölge düşüren yüzeylerden en az 0,5 m uzağa yerleştirilmiştir (Şekil 3, 4).

$$Oda\ indeks\ (K) = \frac{L_x W}{H(L + W)} \quad (2)$$

L: İç hacim derinliği, W: İç hacim genişliği, H: İç hacim yüksekliği

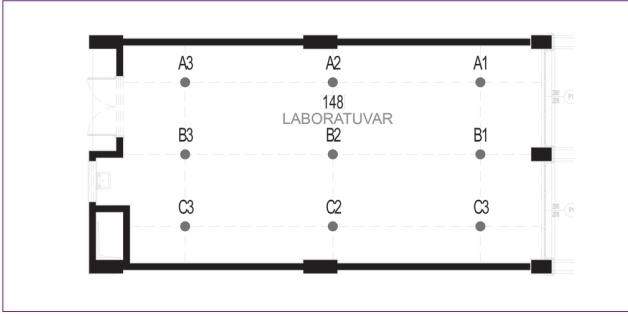
$K < 1 \Rightarrow 4$ nokta, $1 \leq K < 2 \Rightarrow 9$ nokta, $2 \leq K < 3 \Rightarrow 16$ nokta, $3 \leq K < \dots \Rightarrow 25$ nokta

Ölçümler Kasım ve Aralık aylarında, kapalı gökyüzü koşullarını sağlayan; 25 Kasım, 2 Aralık, 9 Aralık ve 23 Aralık günlerinde, 10.00-11.00, 12.30-13.30 ve 16.00-17.00 saat aralıklarında alınmıştır. Şekil 3'te laboratuvarında, Şekil 4'te ise derslikte ölçüm alınan noktalar plan düzleminde görülmektedir.

Pencere Boyutu ve Camın Geçirgenliği: Doğal aydınlatma analizinde değerlendirilen en temel geometrik tanım iç hacmin oranlarına bağlı olarak pencere boyutunun ne olduğudur. Pencere alanının iç hacim taban alanına oranı olarak belirtilen bu parametre (pencere oranı) genel olarak %5-%30 aralığında olması önerilir. Bu oran, mekanın yıllık aydınlatma değeri ile ilgili hızlı bir fikir verebilir ve hacme ait plan ve kesit çizimlerinden hesaplanabilir. Diğer taraftan bitiş malzemelerinin açık renklerde seçilmesi mekânın normalden 2 ya da 3 kat daha aydınlık olmasını sağlayabilir.^[23] Opak ve yarı saydam malzemelerin optik özellikleri tanımlanırken, noktasal (güneş gibi) ve yayınlık (kapalı gök gibi) ışık kaynakları karşısındaki davranış farklılıklarından bahsedilir.

Pencere oranı dışında günışığının iç hacme istenen miktarda geçmesi için önemli bir faktör de cam tipidir. Buna bağlı olarak camın geçirgenliği mekân için hesaplanan günışığı çarpanını etkiler.^[28] Ölçümler boyunca camların, kapalı gök gibi yayınlık ışık kaynağı altında geçirgenliklerinin değerlendirilmesi gerekir. Gün içinde ve değişik gök koşullarında farklılaşan günışığının değerlendirilmesi için kapalı gök durumu ele alınmıştır.

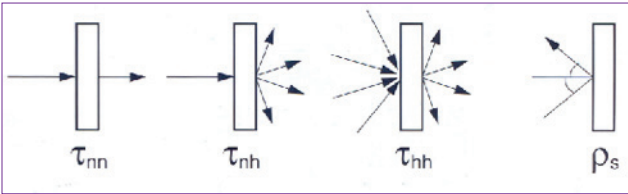
¹¹ The Chartered Institution of Building Services Engineers



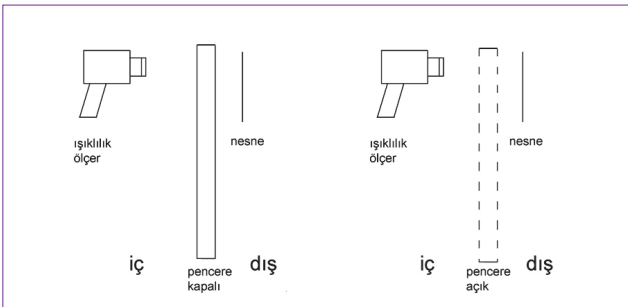
Şekil 3. Laboratuvar mekânı ölçüm noktaları.



Şekil 4. Derslik mekânı ölçüm noktaları.



Şekil 5. Camın geçirgenliği ile ilgili tanımlar: τ_{nn} : düzgün geçirme çarpanı (normal-normal transmittance), τ_{nh} : düzgün-yayınık geçirme çarpanı (sadece yaygın cam -diffusing glazing- için) (normal-hemispherical transmittance), τ_{hh} : yayınık ışık geçirme çarpanı (hemispherical-hemispherical transmittance), ρ_s : yansıtma çarpanı (reflectance of material).^[12]



Şekil 6. Düzgün geçirme çarpanının hesaplanması için hazırlanan ölçme düzeni.

Işığı düzgün geçiren (arkasını net olarak gösteren) camın geçirgenlik değerinin, cam düzlemine dik olacak şekilde, belirlenmesi için düzgün geçirme çarpanı¹² (3) nolu formül ile hesaplanmıştır. Ayrıca bu yöntemden, yayınık ışık kaynağı altında herhangi bir cam yüzeyin (temiz, berrak ve %85 oranında yayınık geçirgenlikte) geçirgenliğini değerlendirmek için de faydalanılır. Uluslararası pencere camı geçirgenliği ölçme ya da hesabı standartlarına dayanarak CIE,¹³ yayınık geçirgenlik durumunu¹⁴ (yani yayınık gelen ışık için geçirgenlik) benimser (Şekil 5).^[12,23,29]

Camın düzgün geçirme çarpanının (τ_{nn}) hesaplanması için camın açık ve kapalı olduğu durumlar için ışıklılık değerleri, ışıklılık ölçer; camın yayınık ışık kaynağı altında, yayınık geçirme çarpanının (τ_{hh}) hesaplanması için ise aydınlık ölçer (lux) kullanılır. Yayınık geçirme çarpanı, camın arkasından ölçülen aydınlık düzeyi ile bina dışında konumlanmış aydınlık ölçer ile camın önünden ölçülen değerlerin oranıdır. (4) nolu formül ile hesaplanır. Bu ölçüm, kapalı gök koşulunda gerçekleştirilir.^[12, 23] Bu çalışmada, aydınlık değerleri Konica Minolta CL 200, ışıklılık değerleri Konica Minolta LS-100 ile ölçülmüştür (Şekil 6).

Camın (temiz, berrak) kullanım yerinde (on-site), düzgün geçirme çarpanının hesaplanması için;^[12]

$$\tau_{nn} = \frac{L_{iç}}{L_{dis}} \quad (3)$$

τ_{nn} = düzgün geçirme çarpanı

$L_{iç}$ = camın arkasında duran bir cismin cam yüzeye dik doğrultuda ölçülen ışıklılık değeri (cd/m²).

L_{dis} = aynı objenin arada cam olmadığı durumda aynı noktadan aynı doğrultuda ölçülen ışıklılık değeri (cd/m²) (Şekil 7).

Camın (temiz, berrak ve %85 oranında yayınık geçirgenlikte) kullanım yerinde yayınık ışık geçirme çarpanının hesaplanması için;^[12]

$$\tau_{hh} = \frac{E_{iç}}{E_{dis}} \quad (4)$$

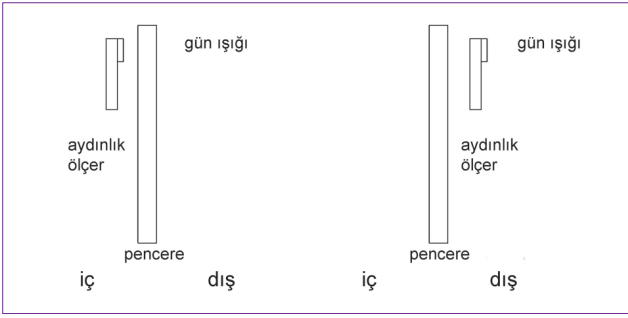
τ_{hh} = yayınık ışık geçirme çarpanı

$E_{iç}$ = camın arkasında ölçülen aydınlık düzeyi (lux)

¹² Normal-normal transmittance

¹³ International Commission of Illumination

¹⁴ Hemispherical-hemispherical transmittance



Şekil 7. Yayınık ışık geçirme çarpanının hesaplanması için hazırlanan ölçme düzeni.

$E_{dış}$ =camın önünde ölçülen aydınlık düzeyi (lux)

Işıklılık Dağılımı: Görsel konforu sağlamak için ışıklılık oranları da uygun seviyelerde sağlanmalıdır. Işıklılık yüzeyin bir özelliğidir ve ışıklılık ölçmesi yüzey dikkate alınarak yapılır. Işıklılık dağılımının dengeli olabilmesi için, bakılan alan, çalışma alanı ve uzak çevre yüzeyler arasında aşılmaması gereken ışıklılık oranları literatürde yer almaktadır. Bakılan alan ile uzak çevre arasındaki ışıklılık farkı on katı geçmemelidir.^[25] Aksi durumda, iç hacimde yer alan bir bölge daha parlak ve göz alıcı olur ve kamaşma problemi görülür. Gözde rahatsızlık ve bozulmalar oluşabilir.^[23] Işıklılık dağılımının homojen olup olmadığını ölçmek üzere, çalışma masaları, zemin kaplamaları, duvarlar ve tahta yüzeylerinden ışıklılık (cd/m^2) ölçümleri alınmıştır.

İç hacimde kullanılan yüzeyler, yaygın ışık (tek bir yönden gelmeyen iç hacim aydınlatması; örneğin karşı yönlerden gelen günışığı) altında, malzemelerin yansıtıcılık değerleri ile tanımlanır. Malzemelerin yaygın ışık altında ve kullanım yerindeki (on-site) yansıtma çarpanına,¹⁵ yüzeyin ışıklılığı ile referans yüzeylerin ışıklılığının (beyaz yüzey ve gri yüzey) karşılaştırılması ile ulaşılır, (5) nolu formül kullanılır.^[12,23] Literatürde önerilen, duvar, çalışma düzlemi, tavan ve taban malzemesi için yansıtıcılık oranları şöyledir; tavan 0,6-0,9, duvarlar 0,3-0,8, çalışma düzlemi 0,2-0,6, taban 0,1-0,5 aralıklarındadır.^[19]

Opak malzemelerin kullanım yerinde ve yaygın ışık altındaki yansıtıcılık oranları için;

$$P_1 = P_{beyaz} \frac{L_{yüzey}}{L_{beyaz}} \quad (5a)$$

$$P_2 = P_{gri} \frac{L_{yüzey}}{L_{gri}} \quad (5b)$$

$$P_{hh} = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (5c)$$

$L_{yüzey}$ =malzeme yüzeyinden yansıyan ışık miktarı

L_{beyaz} =referans yüzeyinden yansıyan ışık miktarı

Örnek Binanın Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, örnek seçilen Makine Mühendisliği binasında ölçüm yapılan mekânların pencere alanının taban alanına oranı standartlarda önerilen değerlere uygun çıkmıştır. Galeri gibi iki kat boyunca devam eden yüksek bir mekân için ise diğer hacimlere oranla daha fazla pencere kullanılarak günışığının iç mekâna alınması ve etrafını çevreleyen koridorların da bu ışıktan faydalanması sağlanmıştır. Amfi, derslik, laboratuvar ve ofislerin yer aldığı cepheler güneybatı ve kuzeydoğu gibi farklı yönlere bakması sebebiyle farklı cephe tasarımları gerçekleştirilmiş olsa da güneşi engellemek için fazla ağır elemanların kullanımı bu dört farklı işleve sahip mekanlarda istenilen aydınlık düzeyinin yakalanamamasına yol açmıştır.

İç hacimde yüzeyleri oluşturan malzemeleri tanımlamak için, kullanım yerlerindeki yansıtma çarpanları, ışıklılık ölçer ile ölçülen değerler ile (5) no'lu formül kullanılarak hesaplanmıştır. Malzemelerin yansıtma çarpanı değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, duvarlar, zemin ve laboratuvar masalarının yansıtma çarpanları, kabul edilir aralıklarda çıkmasına rağmen en fazla zaman geçirilen ofis ve derslikteki masalarınkiler, önerilen değerlerin altında çıkmıştır. Literatürde, değer aralığı 0,2-0,6 olarak belirtilmiş,^[19] ancak yansıtma çarpanı, ölçüm yapılan ofis masasında 0,16, öğrenci masalarında ise 0,03 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Malzemelerin kullanım yerinde yansıtma çarpanı değerleri

Malzeme yüzeyi	Yansıtma çarpanı değerleri
Duvar	0,69
Zemin	0,34
Atriyum zemin	0,08
Atriyum tavan	0,40
Öğrenci masası	0,03
Laboratuvar masası	0,60
Ofis masası	0,16
Denizlik	0,35

¹⁵ Hemispherical-hemispherical reflectance- ρ_{hh}

Tablo 3. Gün ışığı ve yapma aydınlatma ile ortalama değerler

Tarih	Saat	Günüşiğinin sağladığı ortalama değerler (lux)				Günüşiği ve yapma aydınlatmanın birlikte sağladıkları ortalama değerler (lux)				
		Amfi	Ofis	Lab.	Derslik	Atriyum	Amfi	Ofis	Lab.	Derslik
25.11.2009	10:00-11:00	284,28	84,58	126,17	252,51	388,05	715,92	309,58	583,23	615,94
	12:30-13:30	153,09	171,8	68,83	590,94	478,9	532,41	490,22	490,22	684,79
	16:00-17:00	1,11	9,5	34,74	84,49		349,47	245,2	506,24	418,74
2.12.2009	10:00-11:00	37,7	60,25	62,13	10,58	60,25	336,88	226,18	492,8	362,98
	12:30-13:30	35,21	31,7	33,26	33,18	93,88	426,41	325,45	402,09	517,23
	16:00-17:00	5,59	1,37	3,14	0,83		392,73	284,73	502,43	379,62
9.12.2009	10:00-11:00	185,7	27,98	75,44	51,89	227,43	570,07	289,18	541,26	470,76
	12:30-13:30	25,3	84,05	23,35	57,41	59,47	447,41	291,03	483,1	489,93
	16:00-17:00	5,34	0,5	3,41	2,7		385,44	262,75	516,83	407,34
23.12.2009	10:00-11:00	13,64	12,85	34,2	28,72	91,78	414,46	225,03	621,52	423,34
	12:30-13:30	35,36	4,9	32,92	29	80,8	421	244,1	484,62	433,6
	16:00-17:00	8,6	2,23	2,41	2,78	31,2	352,28	218,08	493,78	410,13

İncelenen mekânların kullanım farklılıklarına ve farklı yönlerde konumlanmalarına rağmen aynı cam türünün (film kaplamalı çift cam) kullanıldığı tespit edilmiştir. Düzgün geçirme çarpanı ışıklılık ölçer ile yayınlık ışıktaki geçirme çarpanı ise aydınlık ölçer ölçülmüş; değerlerin sırayla 0,33 ve 0,37 olduğu görülmüştür. Geçirgenlik değerleri oldukça düşüktür. Mekânların içinde tespit edilen referans noktalarının ölçülen aydınlık değerlerinin ortalamaları olarak günlük ve saatlik ortalama aydınlık düzeyleri bulunmuştur (Tablo 3). Standartlarda belirtilen aydınlık değerleri dersliklerde minimum 300 lux, ofislerde minimum 300 lux, laboratuvarlarda ise minimum 500 lux'tür.^[19] Ölçümler, dört gün boyunca, günde üç defa, sabah 10:00-11:00, öğle 12.30-13:30 ve öğleden sonra 16:00-17:00 saatleri arasında yapılmıştır. Aynı hacimde, farklı günlerde ve aynı saatlerde elde edilen aydınlık düzeyi ortalamalarının farklılaşması, bulutluluk durumunun etkili olduğunu düşündürmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, her bir hacim için ölçüm yapılan referans noktaları incelenmiş ve hacimde belirli alanların standartlarda önerilen aydınlık düzeyine ulaştığı görülmüştür. 25 Kasım sabah ölçümlerinde amfinin yaklaşık %55'lik bir alanı, dersliklerde istenen 300 lux'lük aydınlık düzeyini yaklaşık olarak sağlamıştır. Aynı gün öğle saatinde yapılan ölçümlerde yalnızca %11'lik bir alanın yeterli ışık aldığı görülmüştür. Hacmin, gün içerisinde kullanım saatlerinin %45'inde, yukarıda belirtilen alanlarda yeterli konfor koşulları sağlanmaktadır. 2 ve 23 Aralık'ta yeter-

li aydınlık düzeyi sağlanamamış, 9 Aralık sabah ölçümlerinde, hacmin alan olarak %22'sinin yeterli miktarda günüşiği aldığı görülmüştür. Pencere alanı %16 olan ve güneydoğuya bakan amfide, sabah günüşiğinin yeterli olup, öğle saatlerinde hacmin büyük bir kısmında yeterli konfor koşullarının sağlanamaması, dış cephede pencerelerin önünde bulunan güneş kırıcıların öğle saatinde güneşin iç hacme ulaşmasına engel olduğunu göstermektedir.

Ofis de güneybatıya bakan, pencere oranı %26 olan güneş kırıcılı bir hacimdir. 25 Kasım öğle ölçümünde ofisin %50'sinde aydınlık düzeyi, 250-280 lux arasında değişmektedir. Bu değerler, günlük kullanım süresinin %12'lik bir kısmında sağlanmaktadır. Aynı yöne bakan ve aynı pencere oranına sahip derslikte, 25 Kasım sabah saatlerinde %33'lük bir alanın 470-490 lux arasında değişen aydınlık düzeyine sahip olduğu, öğle saatinde ise hacimdeki bu oranın %66'ya ulaştığı, değerlerin ise 400-1600 lux arasında değiştiği görülmüştür. Kullanım süresinin %87'lik bir kısmında günüşiği yeterli düzeydedir. Ofis ile aynı yönde konumlanan bu hacimde, hafif metal (pergole) bir saçak dışında beton elemanlarla tasarlanmış, herhangi bir düşey ve yatay güneş kırıcısının bulunmaması, günüşiğinin doğrudan iç hacme ulaşmasına ve aydınlık düzeyinin daha yüksek olmasına neden olmuştur. Her iki hacimde, de diğer gün ve saatlerde istenilen değerler sağlanamamıştır.

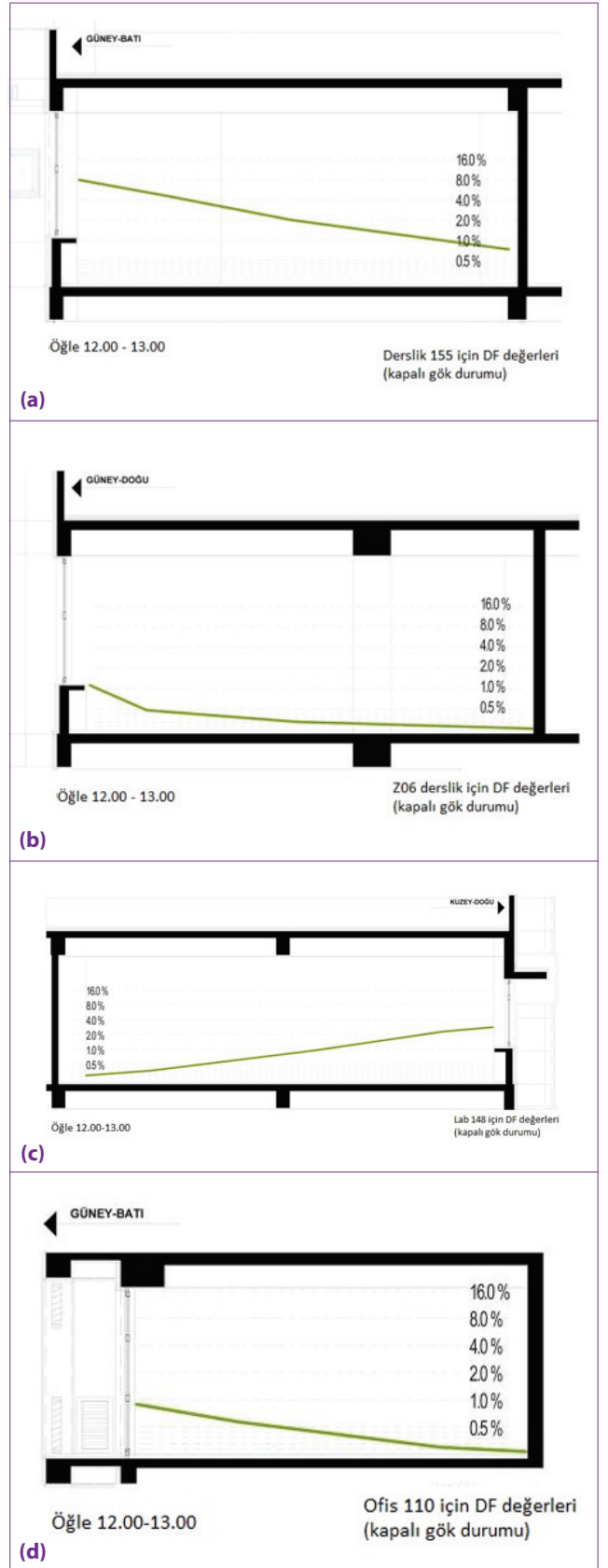
Kuzeydoğu yönünde olan ve pencere oranının %20

olduğu laboratuvarında, 25 Kasım sabah ölçümünde, %30'luk bir alanda 240 ile 290 lux arasında değişen aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Bu değerler, laboratuvarlar için standartlarda belirtilen 500 lux'lük aydınlık düzeyini sağlamamaktadır. Ölçüm yapılan diğer günlerde ve kullanım saatlerinde, hacmin tamamında günışığı yetersiz kalmaktadır. Bunun sebeplerinden biri, hacmin kuzeydoğu yönünde konumlanması olabilir. Diğer bir sebep de, hacimde 500 lux gibi yüksek bir aydınlık düzeyi sağlanması beklenirken, günışığının içeriye ulaşmasını engelleyen güneş kırıcının uygulanması olabilir.

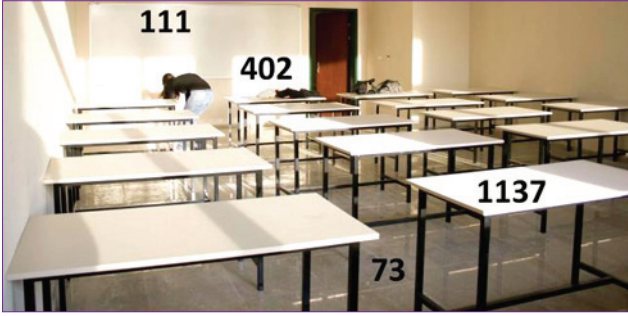
Atriyumda, 25 Kasım sabah ve öğle, 2 Aralık sabah ölçümlerinde, aydınlık düzeyinin görsel konfor açısından yeterli olduğu görülmüştür. Bu değerler, diğer günlerde yetersiz olmaktadır. Günışığının, atriyumun kuzeydoğusunda ve üst kısımlarında yer alan pencere açıklıklarından iç hacme geçtiği düşünülürse, akşam saatlerinde güneşin yatay konumu ve açısı sebebiyle, yeterli ışık olmaması kaçınılmazdır. Tüm mekanlarda yeterli aydınlık düzeyi sağlanamadığı durumda yapma aydınlatmaya başvurulmaktadır. Ölçüm yapılan, aynı saatlerde, yapma aydınlatma açıkken ölçülen değerler de Tablo 3'te verilmiştir. Görsel konfor açısından gerekli değerlerin kullanım saatlerinde ancak yapma aydınlatmanın devreye girmesiyle sağlanabildiği görülmüştür.

Ortalama aydınlık değerlerinin görsel konfor üzerindeki etkisi büyüktür. Ancak ışığın mekânda eş dağılımı da ortalama değer kadar önemlidir. Değişen gökyüzü değerlerine bağlı olarak, mekânlar içersinde günışığı çarpanının değişimi Şekil 6'da görülmektedir. İzmir için güneybatı cephesi oldukça güneş alan bir cephe. Güneybatı'da yer alan 155 nolu derslik dışında hiçbir derslik, laboratuvar ve ofis CIBSE (2002) ve Fransa'da kullanılan standartların önerdiği minimum %1,5'lik günışığı çarpanı değerine ulaşmamaktadır. 155 nolu derslikte ise pencere kenarında %8'lik bir değer ölçülmüş iken mekanın en derinlerinde günışığı çarpanının %1,5'lik değere ulaşamadığı görülmüştür (Şekil 8).

Öğrencilerin gün boyunca görüş alanları içerisindedeki yazı tahtasının yüzeyindeki ışıklılık dağılımı kamaşmanın önlenmesi için kontrol edilmelidir. Tahtanın bir köşesinden diğer köşesine kadar ölçüm yapıldığında, iki köşe arasında ışıklılık dağılımlarında %400'e yakın farklılık bulunmuştur. Yine çalışma masaları (bakılan alan) ile uzak çevrede ölçülen ışıklılık farkının yirmi kat gibi bir değer olduğu ölçülmüştür. Bu ölçümler sürerince, yapma aydınlatma kapalı iken hacimde yeterli aydınlık miktarı olmamasına rağmen kamaşmaya neden olacak alanlar görülmüştür. Sonuç olarak, çalışma alanı ve çevresinde yer alan malzemelerin yüzeylerinde gözlenen ışıklılık dağılımları gözde kamaşmaya ne-



Şekil 8. Günışığı çarpanı değerlerinin kesitte değişimi; (a) derslik, (b) amfi, (c) laboratuvar, (d) ofis.



Şekil 9. Derslikteki yüzeylerin ışıklılık değerleri (cd/m²).



Şekil 10. Ofisteki yüzeylerin ışıklılık değerleri (cd/m²).

den olmaktadır. Şekil 9 ve Şekil 10'da ise ofis ve derslikte ölçülen ışıklılık değerleri örnek olarak verilmiştir.

Sonuç

Eğitim yapılarında görsel konforun iyileştirilmesi, öğrenme performansının yüksek tutulması, çalışanların ve öğrencilerin motivasyonu ve çalışma üretkenliği için günışığı ile tasarım önemlidir. Yeterli günışığının sağlanması ile binanın aydınlatma, ısıtma ve soğutma için harcanan enerjisinden tasarruf edilebilir. Bu çalışmada eğitim yapılarında günışığının öneminden bahsedilmiş ve üniversite binasında yer alan farklı mekânların aydınlık düzeyleri, ışıklılık dağılımları ölçülmüş, pencere oranları belirlenmiş ve bulgular değerlendirilmiştir. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği Binasının ofis, derslik ve laboratuvarlarında en yoğun kullanım olduğu ve özellikle günışığı açısından minimum koşulları temsil ettiği Aralık ayı boyunca ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerde, güneybatı ve güneydoğuya bakan amfi, ofis ve derslikte ölçüm yapılan bir gün için sabah ve öğle saatlerinde, hacmin belirli bölgelerinde yeterli günışığı değerlerine ulaşılmaktadır. Diğer günlerde ise kullanım saatlerinin tamamına yakın bir süre boyunca günışığı yetersiz kalmaktadır. Galeri iki gün

boyunca kullanım süresinin büyük bir bölümünde yeterli miktarda günışığı almaktadır. Işığın yetersiz kaldığı günlerde gök koşullarının, yani bulutluluğun, değiştiği görülmüştür. Genel olarak öğleden sonraki ölçüm değerlerinin çok düşük çıkması, günbatımı saatine yakın bir zamanda ölçüm yapılmasına bağlanabilir. Özellikle pencere oranları ve yönü aynı olan farklı hacimlerde (derslik ve ofis gibi) gerçekleşen aydınlık düzeylerinin birbirleriyle karşılaştırılması ile cephede kullanılan güneş kırıcı elemanların hacimdeki günışığı değerlerine etkisi görülebilmektedir. Cephesinde balkon şeklinde tasarlanan düşey ve yatay güneş kırıcı elemanların olduğu ofisteki değerler, hafif metal bir güneş kırıcısı olan derslikteki değerlerden düşük çıkmıştır. Pencere oranlarının uygun değerlerde olmasına rağmen cephedeki çıkımlar, güneş kırıcılar ile beraber geçirgenliği az olan cam tipinin kullanılması ile standartlara uygun görsel performans değerlerinin yakalanamadığı ve ancak yapma aydınlatma ile minimum aydınlık değerleri sağlanabildiği gözlemlenmiştir. Bu durum, enerji tüketimini artırmaktadır. Işıklılık oranlarının mekan içerisinde yer alan malzemelerde homojen dağılmaması kamaşmaya sebep olmaktadır. Bu da, kullanıcıların görsel konforu için sorun oluşturmaktadır. Üniversite gibi tüm gün kullanılan eğitim yapılarında günışığından maksimum yarar sağlanarak enerji performansı yüksek ve görsel performans koşulları açısından öğrencileri ve öğretmenleri memnun edecek tasarımlar gerçekleştirilmelidir. Ölçüm yapılan mevcut bina için ise güneş kontrolü için farklı cephe elemanları ve cam tipleri kullanarak cephe tasarımının yeniden gözden geçirilmesi konusunda öneriler geliştirilmelidir.

Kaynaklar

1. Winterbottom, M, Wilkins, A., (2009), "Lighting and discomfort in the classroom", Journal of Environmental Psychology, sayı 29, s. 63-75.
2. Sirel, Ş., (1992), Aydınlığın niteliği, Kitapçık no. 4, YFU.
3. Yener, A.K., Güvenkaya, R., Şener, F., (2009), "İlkokul sınıflarında görsel konfor ve enerji verimi", TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, Temmuz- Ağustos, 30-5.
4. Güvenkaya, R., Küçükdoğan, M., (2009), "İlköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetiminde yönler göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi", İTÜ dergisi/a, cilt 8, Sayı 2, s. 77-88.
5. Capeluto, J.G., (2003), "The influence of the urban environment on the availability of daylighting in office buildings in Israel", Building and Environment, sayfa 38, s. 745-52.
6. Leslie, R.P., (2003), "Capturing the daylight dividend in buildings, Why and How?", Building and Environment, sayfa 38, s. 381-5.
7. Kruger, L.E., Dorigo, A.L, (2008), "Daylighting analysis in

- a public school in Curitiba, Brazil”, Renewable Energy, sayfa 33, s. 1695-1702.
8. Kazanasmaz, Z.T., Günaydın, M., Binol, S., (2009), “Binalarda günışığı aydınlık değerlerinin öngörülmesi”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 06-09 Mayıs 2009, İzmir, Makine Mühendisleri Odası, s. 811-22.
 9. Al-Turki, I., Schiler, M., (1997), “Predicting natural light in Atria and Adjacent spaces using physical models”, Solar Energy, sayfa 59, s. 241-5.
 10. Sirel, Ş., (1997), Aydınlatma sözlüğü, YEM Yayın, İstanbul.
 11. Reinhart, C., Mardaljevic, F., Rogers, Z., (2006), “Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design”, Leukos, cilt 3, s. 1, July, s. 1-25 <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc48669/nrcc48669.pdf> [Erişim tarihi: 4 Şubat 2011].
 12. Foytonont, M., (1999), Daylight performance of buildings, Earthscan, s. 177-222.
 13. Boubekri, M.A., (2004), “Overview of the current state of daylight legislation”, Journal of the Human- Environmental System, sayfa 7, s. 57-63.
 14. British Standard Institute (1982), BS8206 Part 2: Code of Practice for Daylighting.
 15. Tregenza, P., Loe, D., (1998), The design of lighting, E&FN Spand, London.
 16. BOCA (1990), The BOCA National Building Code/1990 Building Officials & Code Administrators International Inc., s. 26-127.
 17. Archer, J.W., (1998), “Daylighting and Canadian building codes”, Proc. International Conference on Daylighting Technologies for Energy Efficiency in Building: 287-8.
 18. Ministère de L’éducation (1997), Cahier des Recommendations Techniques de Construction, Editions du Service de L’éducation National, France.
 19. CIBSE (2002), Code for lighting, Oxford, Butterworth-Heinemann.
 20. Şerefhanoglu, M., (1992), “Yapıların iç aydınlatmasında günışığı ile lamba ışığının temel özellikleri ve ayrımları”, Yıldız Mimarlık Fakültesi Yayını, İstanbul.
 21. Department of the Environment, HSMO (1971), Sunlight and daylight planning criteria and design of buildings. HSMO, London, s. 22-6.
 22. Littlefair, P., (1999), “Daylighting and solar control in building regulations”, Building Res. Establish, CR398/99.
 23. Foytonont, M., Berruto, V., (1997), “Daylighting performance of buildings: monitoring procedure”, Right Light, 4, sayı 21, s. 119-27.
 24. Galasiu, A.D., Reinhart, C., (2008), “Current daylighting design practice: a survey”, Building Research & Information, cilt 36, sayı 2, Mart 2008, s. 159-74.
 25. Kazanasmaz, T., (2009), “Binaların doğal aydınlatma performanslarının değerlendirilmesi”, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 07-09 Mayıs 2009, İzmir, Elektrik Mühendisleri Odası, s. 25-36.
 26. Türkoğlu, K., Çalkın, Y., (2006), “Ofis ve işyeri aydınlatmasında standartlar ve standart ölçümler”, 6. Ulusal Aydınlatma Kongresi. Aydınlatma Türk Milli Komitesi, 23-24 Kasım 2006, İTÜ, Taşkışla İstanbul. s. 152-7.
 27. CIBSE No 3.(1996), Working plane illuminance in electrically lit spaces, Oxford, Butterworth-Heinemann.
 28. Danny H.W., Li, Ernest, K.W., Tsang, (2008), “An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong”, Building and Environment, sayı 43, s. 1446-58.
 29. CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) (1970), Günışığı-doğal günışığı hesabı uluslararası tavsiyeler, CIE Yayını no. 16, E3.2 Komitesi, (Çeviri: Ayverdi, A., Ertaman, S.), İstanbul Teknik Üniversitesi.