

BİNALARDA AYDINLATMA ENERJİ PERFORMANSININ YAPMA AYDINLATMA SİSTEMİ VE FARKLI İKLİM BÖLGELERİ ÜZERİNDEN ANALİZİ

ANALYSIS OF LIGHTING ENERGY PERFORMANCE IN BUILDINGS THROUGH ARTIFICIAL LIGHTING SYSTEM AND DIFFERENT CLIMATE ZONES

Merve KARATAY 

Mimar, Niğde, Turkey

Tuğba İnan GÜNAYDIN 

Assist. Prof. Dr., Department of Architecture, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240 Niğde, Turkey

Geliş Tarihi / Received: 17.06.2021
Kabul Tarihi / Accepted: 29.08.2021

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.623

ÖZET

Mekanın görsel konfor koşullarının sağlanmasında ve enerji tüketiminin hesaplanmasında mimarının önemli öğelerinden biri olan aydınlatma konusu bina enerji performansı sağlanmasında büyük bir rol oynamaktadır. Bu amaçla gün boyu kullanılması, kullanıcı sayısının fazla olması ve enerji tüketiminin yüksek olması nedeniyle çalışma alanı olarak bir ofis binası seçilmiştir. Çalışmada EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı temel alınarak Türkiye için geliştirilmiş olan BEP-TR metodolojisi kısaca tanıtılmıştır. Çalışmada öncelikle seçilen örnek ofise ait kat planı üzerinden yapma aydınlatmalar konumlandırılarak Dialux programında halojen yapma aydınlatma ve Led yapma aydınlatmalarının enerji tüketim ve görsel konfor koşulları analiz edilerek çıkan sonuçlar tartışılmıştır. Sonrasında, seçilen ofis binası üzerinden farklı iklim bölgelerinden şehirler belirlenerek aydınlatma enerjisi performans değerleri ve aydınlatma enerji sınıfı Bep – Tr hesap metodolojisi uyarınca hesaplanarak elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bina Enerji Performansı, Aydınlatma, BEP-TR, Görsel Konfor, İklim

ABSTRACT

Lighting, which is one of the important elements of architecture in providing the visual comfort conditions of the space and calculating the energy consumption, plays a major role in the energy performance of the building. For this purpose, an office building was chosen as the working area due to its use throughout the day, the high number of users and high energy consumption. In the study, based on the EN 15193 Energy Performance of Buildings- Energy Requirements standard for lighting, the method of BEP-TR which was developed for Turkey was introduced briefly. In the study, firstly, the artificial lighting made on the floor plan of the chosen office was positioned and the obtained results by analyzing the energy consumption and visual comfort conditions of the halogen lighting and LED lighting in the Dialux program were discussed. Afterwards, cities from different climatic regions were determined on the selected office building, and the obtained results were discussed by calculating the lighting energy performance values and lighting energy class in accordance with the Bep-Tr calculation method.

Keywords: Building Energy Performance, Lighting, BEP-TR, Visual Comfort, Climate

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde giderek artan enerji ihtiyacına karşın yeterli kaynakların olmayışı, binalarda enerjinin etkin kullanılması ile ilgili çalışmaları gerekli kılmıştır.(Sümengen,2015). Dünyada enerji ihtiyaçları, teknolojik gelişmelerle birlikte artış gösterdiği bilinmektedir. Enerji üretmek için olan kaynakların çoğunun yetersiz olması sebebi ile ve enerji üretim tüketim döngüsünün devamlılığının sağlanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı günümüzde büyük önem

taşımaktadır. Enerji tüketiminde binalar önemli bir paya sahiptir ve bu nedenle her alanda olduğu gibi enerjinin binalarda da verimli kullanılması gerektiği enerji ihtiyaçlarının giderek artması nedeniyle günümüzde hala önemli bir konudur. (Şener ve Ünnü, 2011). Bu konuda dünya genelinde birçok çalışma yapılmıştır. AB ülkeleri bu çalışmalar kapsamında; 2002 yılında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ni yayınlamıştır. Bu yönetmelik kapsamında binaların enerji performansının belirlenebilmesinde ortak bir metodoloji oluşturulmaya çalışılmış ve herhangi bir binanın enerji tüketiminde etkin olan ısıtma, soğutma, aydınlatma konularında çeşitli standartlar yayınlamıştır.(Yener, 2011). Avrupa Birliği Standardı'nda tanımlanan yöntem temel alınarak Türkiye için bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi (BEP-TR) Türkiye koşulları için geliştirilmiştir. Türkiye için geliştirilen bu yöntem, EN 15193 standardında tanıtılan yöntemi esas alarak ofisler, eğitim binaları, hastaneler, oteller, ticari binalar gibi çeşitli tipolojilerdeki mevcut ve yeni binaların aydınlatma enerjisi performansını değerlendirmektedir (Şener ve Ünnü, 2011).

Enerjinin etkin kullanımı ve tasarrufunun sağlanması ile ülke ekonomisine sağlanacak katkı ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. Enerjinin en kolay elde edilme yolu tasarrufunun sağlanması ile olmaktadır. Binalarda aydınlatma enerjisinin etkin kullanımı bina enerji tasarrufunda önemli bir role sahiptir. Aydınlatmada enerji tasarrufu yapılırken iyi bir aydınlatma için gerekli şartlar yerine getirilerek aydınlatma kalitesi düşürülmeden yapılmalıdır. İyi bir aydınlatmada için verimli aydınlatma elemanlarının kullanımı önemlidir. Aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimine olanak sağlayan doğru ve uygun aydınlatma elemanlarının kullanımı ile mümkündür (Perdahçı ve Hanlı, 2010).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yetersiz olması tasarımcıları enerji etkin tasarımlar geliştirmeye yönlendirmiştir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de İklimlendirme ve aydınlatma amaçlı enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin yaklaşık %50'lik bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle binaya ait tüm sistemlerin enerji etkin bakış açısı ile bir bütüncül bir yaklaşımla analiz edilip değerlendirilmesi gereklidir. Bu değerlendirmenin yapının tasarım ve yapım aşamasından, kullanım ve kullanım sonrasına kadar süren süreçleri göz önünde bulundurarak bütüncül bir yaklaşımla enerji etkin tasarım anlayışı içerisinde sağlanması önemlidir (Kutlu, 2016). Ofis binalarının enerji ihtiyacı sürekli artış gösteren bir seyir sergilemekte ve bu tür binalarda enerji kullanımı önemli seviyelere ulaşmaktadır. Bu sebeple ofis binaları enerji tasarrufu için yüksek potansiyel içermekte, ofis binalarında enerji etkin yenileme konusunu gündeme getirmektedir (Şahin, 2016).

Aydınlatmanın bina enerji tüketimindeki önemi aşikardır. Aydınlatmada yapılacak etkili yöntemlerin kullanımı ile bina işletim maliyetlerini %10 azaltılabilmekte, %30'dan fazla enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (Özdeniz, 2018). Aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması verimli aydınlatma elemanları ile mümkündür (Örücü, 2017). Aydınlatmanın verimli kullanımı ile daha çok elektrik enerjisi tasarrufu sağlanacaktır (Meral, Ahmet ve Tümay, 2009). Günümüzde mevcut aydınlatma elemanlarına alternatif olarak %85 enerji tasarrufu sağlayan, LED lambaları kullanmaya başlamak zorunlu hale gelmiştir.

Gün boyu kullanımları, kullanıcı sayılarının fazla olması ve bununla beraber enerji tüketimlerinin yüksek olması sebebiyle ofis binalarının analizi önem taşımaktadır. Bu amaçla bu çalışmada bir ofis binası tasarlanarak görsel konfor koşulları ve aydınlatma enerji tüketimleri yapma aydınlatma ve farklı iklim bölgeleri üzerinden ele alınmıştır. Binalardaki aydınlatma enerjisine ilişkin adımda EN 15193 standardı esas alınarak hesaplamada ofise ait her hacim ile tüm binaya ait yıllık aydınlatma enerji tüketimleri olan BEP-BUY ve Dialux programları ile belirlenmiştir. Dialux programı ile hesaplama yapılırken hem doğal hem yapma aydınlatma bir arada ele alınmıştır. Belirlenen ofis binası üzerinden görsel konfor ve enerji tüketim miktarları hesaplanarak farklı yapma aydınlatma ve farklı iklim bölgelerinde aydınlatma hesap değerleri kıyaslanmıştır.

2. KAPSAM

Çalışmada bir ofis binası tasarlanarak görsel konfor koşulları ve aydınlatma enerji tüketimleri yapma aydınlatma ve farklı iklim bölgeleri üzerinden ele alınmıştır. Öncelikli olarak EN 15193 Binalarda Enerji Performansı –Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı temel alınarak Türkiye için geliştirilmiş olan BEP-TR metodolojisi kısaca tanıtılmıştır. Yapılan çalışmada ofis binası üzerindeki hesaplamaların doğru şekilde değerlendirilebilmesi için farklı yaklaşımlar uygulanmıştır. İlk aşamada tasarlanan ofis binasının Dialux programında modellenmesi yapılmış ve birbirinden farklı yapma aydınlatma elemanları kullanılarak görsel konfor koşulları belirlenmiştir. Analizde halojen tasarımlı yapma aydınlatma ve LED tasarımlı yapma aydınlatma elemanlarının enerji tüketim miktarları kıyaslanarak, ofis binası aydınlatma kriterlerinin görsel konforu sağlayıp sağlamadığı tespit edilmiştir. Sonraki aşamada ise aynı ofis binasının farklı iklim bölgeleri üzerinden konumları değiştirilerek aydınlatma hesaplamaları BEP-BUY programı aracılığıyla belirlenmiştir. Ayrıca tasarlanan ofis binasının tüm hacimlerinde gerçekleştirilen eylem türüne bağlı görsel konfor koşulları, EN 12464-1, Light and Lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places standardında verilen değerlere uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir.

3. YÖNTEM

3.1. Binalarda Enerji Performansı (BEP) ve Enerji Kimlik Belgesi (EKB)

Dünya genelindeki enerji tüketimlerine bakıldığında, binalar inşaat, işletme ve bakım birincil enerjinin % 30-40 miktarda tüketimine ve küresel ölçekte ise sera gazının yayımında % 40 oranında paya sahiptir. Avrupa Birliği uyum yasaları, enerji verimliliği çalışmaları ve KYOTO Protokolü ile gündeme gelen iklim değişikliği tartışmaları sonucunda Meslek Odalarının da içerisinde yer aldığı 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, döneminin ilerisinde sayılabilecek bir adımdı. Kanunda öngörülerek kurulan Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu'nda bir dizi eylem planı doğrultusunda Enerji Yöneticiliği, Enerji Kimlik Belgesi gibi kavramlar ortaya çıkmış ve bu kapsamda birçok kurum eylem planı çerçevesinde görevlendirilmiştir. Bu görevlendirmeye ilişkin ise Binalarda Enerji Performansının değerlendirilmesi için yönetmelik ve tebliğler yayımlanmıştır. Özellikle Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliğinde bina tasarımı ve kimliklendirilmesi için binanın tasarımında yer alan mühendis ve mimarlar yetkilendirilmiştir. Ancak geçen 10 yıllık süreçte Enerji Kimlik Belgesi uygulaması ile ilgili yeterli çalışmanın yapıldığı, uygulamanın etki yarattığı söylenemez. Binalardaki Enerji Verimliliğini sadece dış cephe yalıtımına indirgeyen bir yaklaşım piyasaya egemen olmuş, bina tasarımı, yerleşimi yanında yenilenebilir enerji kullanımı ile merkezi ısıtma sistemleri konut tipi binalarda yaygınlaşmamıştır.

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun amacı enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemesi amacıyla Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği 2008 tarihinde yayımlanmıştır. Yönetmelikte asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belgeye Enerji Kimlik Belgesi (EKB) denilmiştir.

3.2 BEP-BUY Hesaplama Yönteminin Tanıtılması

Binaların aydınlatma enerjisi performansının belirlenmesinde doğal aydınlatma sistemine ilişkin tasarım kararlarının etkisi, yapma aydınlatma sisteminin yükünü azaltabilmek açısından önem taşımaktadır ve bu durum yöntemin çeşitli alt adımlarında ele alınmaktadır. Ayrıca, binanın bulunduğu yere ilişkin dış aydınlık koşulları da binanın gün saatleri içinde doğal ışıktan yararlanabilmesinde etkili olmaktadır ve Eşitlik 1'de verilen tD ve tN değerleri binanın kullanım saatlerinde gün ışığının mevcut olup olmadığını ifade etmektedir. Binada ele alınan herhangi bir hacim veya bölümde aydınlatma hesabı amacıyla; EN 15193; Binalarda Enerji Performansı -

Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri Standardına göre bir hacimde aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenebilmesi için Eşitlik 1 kullanılmaktadır.

$$WL_{t} = \{ (P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)] \} / 1000 \text{ (kWh)} \quad (1)$$

WL_{t} : Yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi (kWh)

P_n : Bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü (W)

F_c : Sabit aydınlık faktörü

t_D : Gün saatleri kullanımı (h)

F_o : Kullanıma bağlı faktör

F_D : Günışığı bağımlılık faktörü

t_N : Gün saatleri dışında kullanım (h)

Yıllık toplam aydınlatma enerjisine bağlı olarak Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi Eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır.

$$AESG = W / A \text{ (kWh/m}^2 \text{ x yıl)} \quad (2)$$

W : Aydınlatma için kullanılan toplam yıllık enerji

A : Binanın toplam kullanılan alanı

Binada acil durum aydınlatması ve otomatik kontrol sistemlerinin bulunması durumunda, binanın toplam aydınlatma enerji tüketiminin bulunması için Eşitlik 1'de hesaplanan WL_{t} 'ye parazit enerjinin WP_{t} eklenmesi ile aydınlatma için kullanılan toplam yıllık enerji W 'ye ulaşılmaktadır.

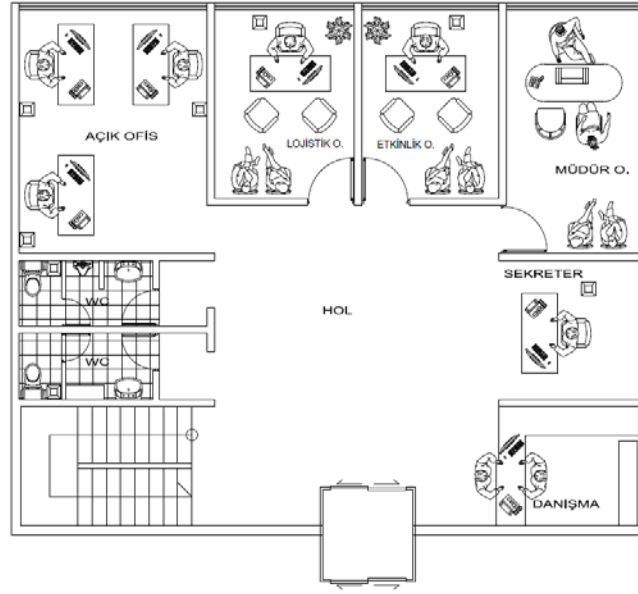
Türkiye için geliştirilmiş BEP-TR yönteminde t_D ve t_N değerlerinin yörelere bağlı olarak belirlenmesi öngörülmüştür. Bina kullanım saatlerine bağlı olarak t_D ve t_N değerlerinin hesaplanabilmesi için gün uzunluklarının Türkiye'deki şehirler için hesaplanması gerekmekte, gün uzunlukları, her ay için ayın 15. gününe ait değerler kullanılarak ortalama değer olarak hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda memleket saatine dönüştürme ve yaz saati uygulamalarının dikkate alınması gerekmektedir.

3.3 Çalışma Alanının Tanıtılması

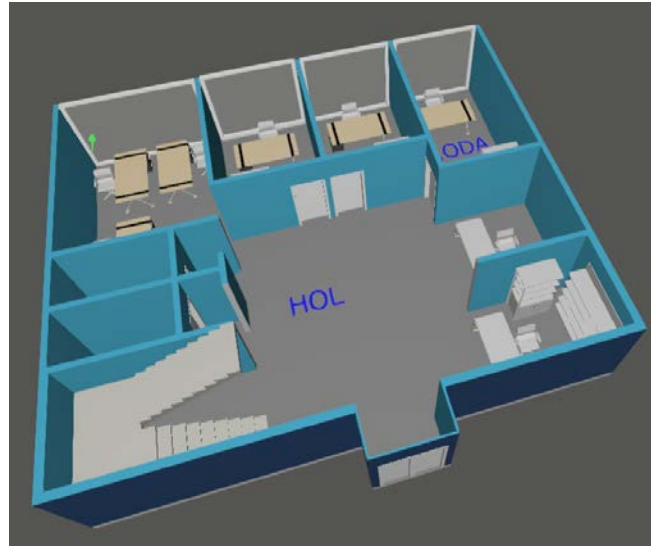
Çalışma için seçilen ofis mekanı tek katlı bir ofis bloğuna aittir ve hayali bir mekan üzerine kurulmuştur. İncelenen ofis hacminin çalışma saatlerinin 09:00-18:00 arasında olduğu kabul edilmiştir. 13.4 m x 11.2 m boyutlarında dikdörtgen forma sahip olan ofis katının net yüksekliği 2.8 m'dir. Ofis katının içinde dört adet ofis odası (açık ofis, lojistik, etkinlik, müdür odası olmak üzere), giriş, danışma, sekreter, merdiven ve iki adet wc bulunmaktadır (Şekil 1-2).

Görsel konfor koşullarının sağlanmasında ve mekanın algılanmasında mimarının önemli öğelerinden biri olan aydınlatma tasarımları gün boyu enerji tüketimleri fazla olan ofis binasının hacimleri üzerinden konfor sağlanması için olması gereken aydınlık düzeyleri bulunmuştur ve bulunan aydınlık düzeylerinin hesaplanması için çalışma kapsamında Dialux programına aktarılmıştır (Tablo 1).

OFİS BİNASI KAT PLANI



Şekil 1. Ofis binası kat planı

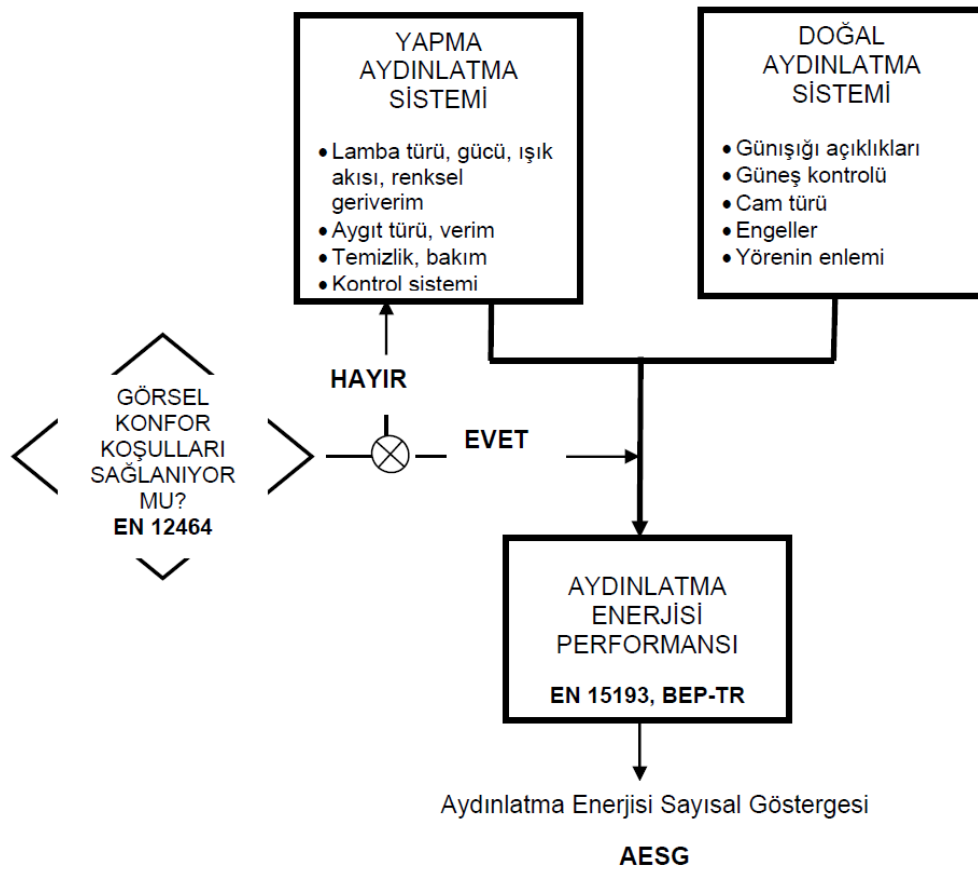


Şekil 2. Ofis binası iç mekan modellemesi

Tablo 1. Ofis hacimlerinde görsel konfor sağlanması için istenilen aydınlık düzeyleri (Pelsan)

Ofis Hacimleri	İşlev	Aydınlık Düzeyleri (lüx)
Açık Ofis	Okuma yazma hesaplama	300
Lojistik odası	Okuma yazma hesaplama	500
Etkinlik odası	Okuma yazma hesaplama	500
Müdür odası	Okuma yazma hesaplama	500
Danışma-bekleme alanı	Genel	200
Wc (2 adet)	Genel	200
Sekreter	Genel	200

Gün içinde enerji tüketimleri fazla olan ofis binalarında verimli çalışmanın artırılması ve görsel konfor koşullarının kullanıcı performansına olumlu katkı sağlaması için hesaplamalarda ilk sorulan soru yapma aydınlatma kullanılmasının ofis binalarında görsel konfor koşullarını yeterince sağlayıp sağlamadığıdır (Şekil 3).



Şekil 3. Binaların Aydınlatma Enerjisi Performansının Belirlenmesi (Yener, 2011)

3.4. Ofis Binasının Yapma Aydınlatma Kullanılarak Görsel Konforlarının Belirlenmesi

Yapılan çalışmada aynı biçim özellikteki ofis binasının görsel konfor koşulları ve aydınlatma enerji tüketimlerinin hesaplanması için seçilen binanın fiziksel verileri sabit tutulup , gün boyu kullanılmaları, kullanıcı sayılarının fazla olması ve bununla beraber enerji tüketimlerinin yüksek olması sebebiyle ofis binası çalışma alanı olarak seçilmiş ve ofis binalarında olması gereken aydınlık hesaplamaları seçilen planda gerçekleştirilmiştir. Aydınlık hesaplamaları binanın tüm değerleri sabit tutularak yapma aydınlatma çeşitlerinin değiştirilmesiyle hesaplanmıştır.

3.4.1 Karma Halojen ya da Floresan Lamba Kullanılarak Görsel Konfor Hesaplama Yöntemi

Çalışma kapsamında aydınlatma enerji performansının belirlenmesinde yapma aydınlatma sistemine ilişkin güç ofis hacimlerinin her birindeki yapma aydınlatma sistemine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışma ele alınan örnek ofis binasının aydınlatma hesaplamalarını ve görsel konfor koşullarını sağlayan yapma aydınlatmaları değiştirilerek yapılan tasarım önerilerinden birisidir. Yapılan hesaplama programında seçilen ofis binası floresan lamba kullanılarak aydınlık düzeyleri belirlenmiştir (Tablo 2).

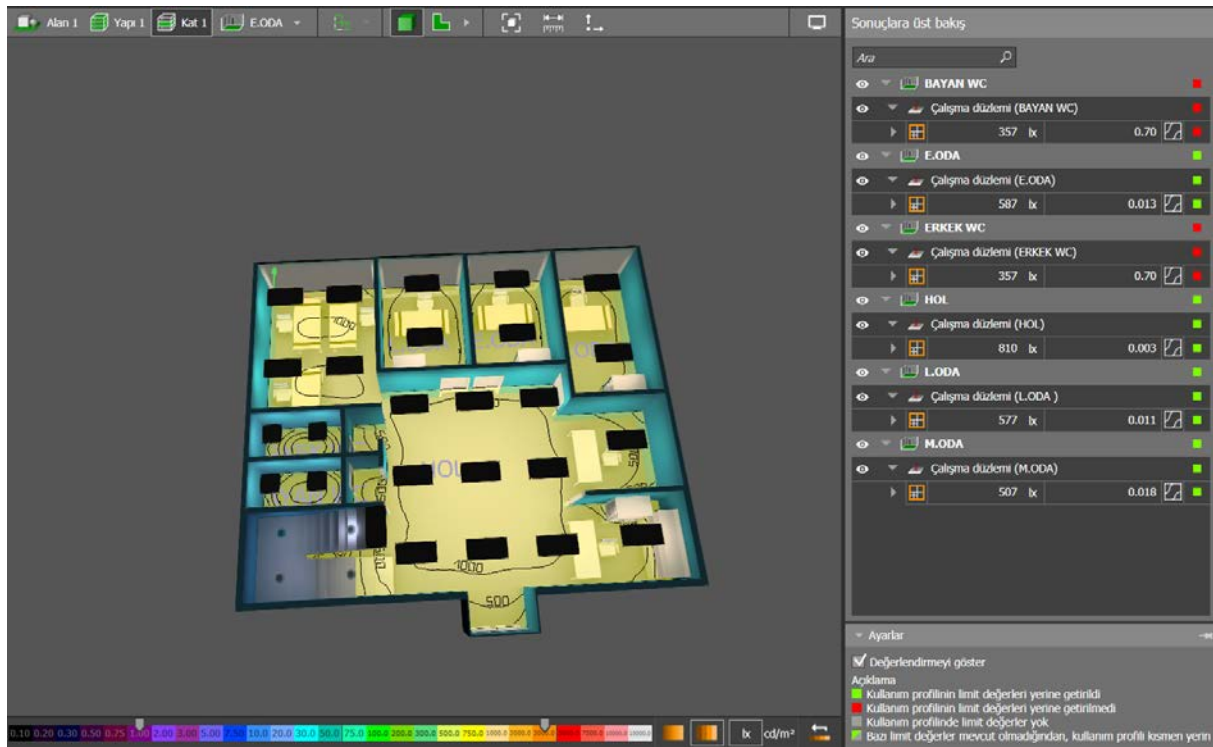
Tablo 2. Hesaplamalarda seçilen floresan lamba ve özellikleri

Yapı 1 · Kat 1

Işıklık listesi

Φ_{toplam} 190507 lm	P_{toplam} 3190.0 W	Işık verimi 59.7 lm/W				
Adt.	Üretici	Ürün No.	Ürün adı	P	Φ	Işık verimi
21	Disano	828	Disano 828 FL 4X36 CEL-F white Comfort - prismatic diffuser	146.0 W	8363 lm	57.3 lm/W
4	FAGERH ULT	23510	Multilume Slim Opal 3K	22.0 W	3211 lm	145.9 lm/W
4	RZB	551086.0 02.12	Mondana-E	9.0 W	510 lm	56.7 lm/W

Hesaplamalar yerden 0.80 çalışma düzlemi olan su basman taban yüksekliğinde olduğu düşünülerek Dialux Evo programında yapılmıştır. Merdiven açıklığında FAGERHULT, wc'lerde RZB marka ve diğer kalan tüm mekanlarda Disano lamba türü kullanılmıştır. Çalışma yönteminde seçilen floresan lambanın ofis ortamında aydınlık düzeylerinin sağlanması için verim olarak yakın değerde olan fakat aydınlatma gücü yüksek floresan lamba seçilerek istenilen konfor sağlanmaya çalışılmıştır. Seçilen floresan lamba çeşidi olan Disano marka floresan lambaların enerji tüketimi hesaplamaya alındığında enerji tüketiminin diğer lamba çeşitlerinden daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4).



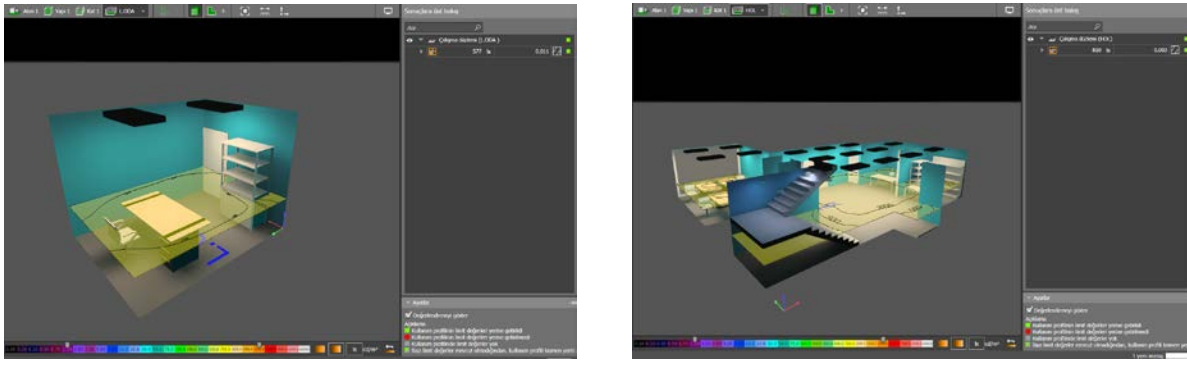
Şekil 4. Dialux programında Floresan lamba kullanılarak yapılan hesaplama değerleri

Hesaplamalarda dikey aydınlatma gücü olan adaptif floresan seçilerek hesaplama sonuçlarında olması gereken aydınlık düzeyleri belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar görsel konforu sağlarken toplam enerji çekim gücü hesaplanan yapma aydınlatma sonucunda diğer floresanlara göre fazla çıkmıştır. Floresan lamba kullanılarak hesaplama yapıldığında güneş ışığı almayan ve armatür kullanılmayan yerler hesaplama dahil edilmemiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Dialux programında hesaplanan aydınlatma güçleri kullanım seviyeleri sonuçları

Kullanım seviyeleri

Özellikler	E (Nominal)	E _{min}	E _{maks}	g ₁	g ₂	İndeks
Çalışma düzlemi (L.ODA) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	577 lx (≥ 500 lx) ✓	6.46 lx	876 lx	0.011	0.007	S2
Çalışma düzlemi (E.ODA) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	587 lx (≥ 500 lx) ✓	7.50 lx	881 lx	0.013	0.009	S4
Çalışma düzlemi (M.ODA) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	507 lx (≥ 500 lx) ✓	8.99 lx	774 lx	0.018	0.012	S6
Çalışma düzlemi (ERKEK WC) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	357 lx (≥ 500 lx) ✗	251 lx	422 lx	0.70	0.59	S8
Çalışma düzlemi (BAYAN WC) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	357 lx (≥ 500 lx) ✗	249 lx	423 lx	0.70	0.59	S10
Çalışma düzlemi (HOL) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	810 lx (≥ 500 lx) ✓	2.70 lx	1420 lx	0.003	0.002	S12



Şekil 5. Çalışma ofis alanı ve açık ofis bekleme alanı aydınlatma hesap değerleri

Ele alınan örnek ofis binası için aydınlatma enerji tüketiminin hesaplanmasında; çalışma kullanıcı faktörünün yoğun kullanım çalışma saatleri sabit kabul edilmiş ve ofis binasında çalışma saatleri dışında enerji tüketimi yok sayılmıştır. Örnek verilen ofis binası için kabul edilen aydınlatma sistemi Şekil 5 belirtilmiştir. Bu sistem tüm lambaların enerji etkin ürünlerden seçilmiş olamayacağını ifade etmek amacıyla floresan lambalardan oluşmaktadır. Seçim yapılan floresan lamba çeşitleri enerji tüketim hesaplamaları açısından diğer lamba çeşitlerinden daha fazla güç harcamaktadır. Fakat ofis binasında görsel konfor sağlama koşullarının diğer aydınlatmalara göre hepsinde aynı olduğu hesaplanmıştır (Tablo 3).

3.4.2 LED Lamba Kullanılarak Görsel Konfor Hesaplama Yöntemi

Son yıllarda, tüm dünyada enerji verimliliğinin artan önemi sonucunda , aydınlatmada verim konusunda bilinç ve çalışmalar artmış, LED aydınlatmaya geçiş başlamıştır. Dünyadaki gidişat diğer teknolojilerde olduğu gibi aydınlatma armatürlerinde de daha verimli , daha uzun ömürlü ,bakım gerektirmeyen, zararlı maddeler içermeyen, gelişen ve değişen teknolojiye uyumlu ve yönetilebilir LED aydınlatma sistemlerine doğru gitmektedir. Ülkemizde yeni projeler haricinde LED ışık kaynaklı armatürlerin yaygın olmaması , halen LED’li armatürlerin birim fiyatlarının yüksek olması, mevcut aydınlatma pazarının, bugünkü durumda bile ,büyük çoğunluğunun bilinen geleneksel ışık kaynaklarıyla yapılmış olması, LED aydınlatma konusunda ciddi fırsat olduğunu göstermektedir (Yılmaz vd., 2019).

Çalışma kapsamında hesaplama yönteminin diğer bir tasarım yöntemi floresan lambaların tamamının LED’e dönüştürülmesi işlemidir. Aydınlatma enerji performansının belirlenmesinde yapma aydınlatma sistemine ilişkin güç ofis hacimlerinin her birindeki yapma aydınlatma sistemine bağlı olarak LED’e değiştirilmektedir. Bu çalışma ele alınan örnek ofis binasının aydınlatma hesaplamalarını ve görsel konfor koşullarını sağlayarak yapılan tasarım önerilerinden birisidir. Yapılan hesaplama programında seçilen ofis binası tamamı LED kullanılarak aydınlık düzeyleri belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Hesaplamalarda seçilen LED lamba ve özellikleri

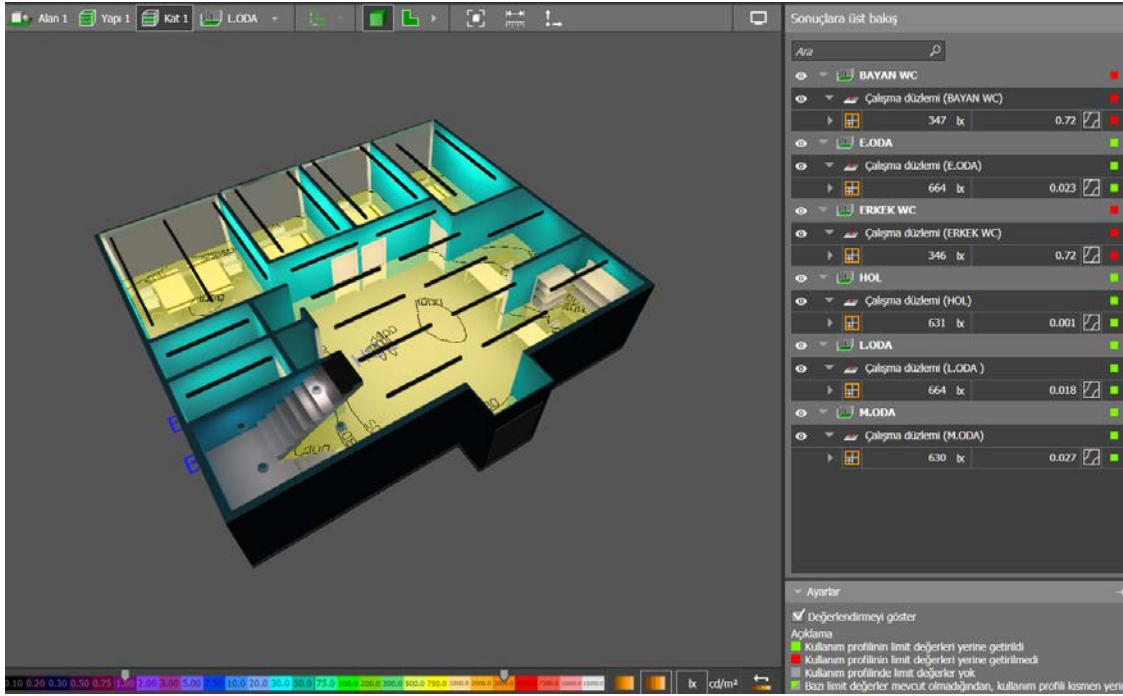
Yapı 1 · Kat 1

İşıklık listesi

Φ_{toplam} 192088 lm	P_{toplam} 1476.0 W	İşık verimi 130.1 lm/W
-------------------------------------	---------------------------------	---------------------------

Adt.	Üretici	Ürün No.	Ürün adı	P	Φ	İşık verimi
32	FAGERH ULT	21894	Notor Rec Opal Dropped 3K 2400 white HL sin/con/end	45.0 W	5938 lm	132.0 lm/W
4	RZB	551086.0 02.12	Mondana-E	9.0 W	510 lm	56.7 lm/W

Hesaplamalar yerden 0.80 çalışma düzlemi olan su basman taban yüksekliğinde olduğu düşünülerek Dialüx Evo programında yapılmıştır. Çalışma yönteminde seçilen LED lambanın ofis ortamında aydınlık düzeylerinin sağlanması için verim olarak yakın değerde olan fakat aydınlatma gücü floresan lambaya yakın seçilerek istenilen konfor sağlanmaya çalışılmıştır. Seçilen LED lamba çeşidi olan Fagerhult marka LED lambaların enerji tüketimi hesaplama alınıldığında bir önceki tasarımda kullanılan floresan lambaya göre enerji çekim gücü daha normal ve optimum seviyede bulunmuştur.



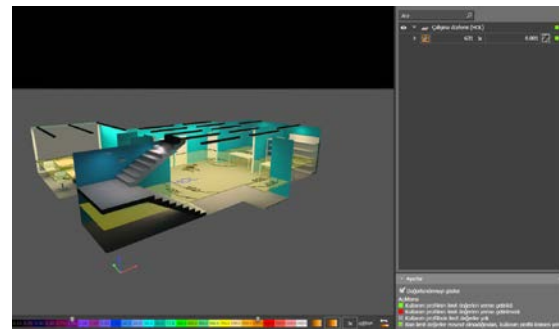
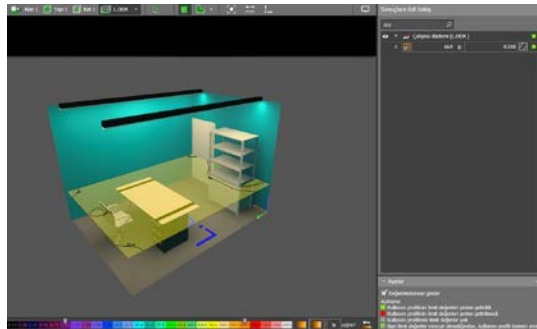
Şekil 6. Dialüx programında LED lamba kullanılarak yapılan hesaplama değerleri

Hesaplanan programda seçilen LED lambanın aydınlık düzeyleri programda hesaplama işi yapılmıştır. Bu hesaplamalarda dikey aydınlatma gücü olan adaptif LED seçilerek hesaplama sonuçlarında olması gereken aydınlık düzeyleri belirlenmiştir (Şekil 6). Çıkan sonuçlar görsel konforu sağlarken toplam enerji çekim gücü hesaplanan yapma aydınlatma sonucunda diğer floresanlara göre fazla çıkmamıştır. Led'ler genel olarak daha nominal ve Optimum seviyedeki değerlerde çıkmıştır. Led lamba hesaplama kullanılarak seçildiğinde güneş ışığı almayan ve armatür kullanılmayan yerler hesaplama dahil edilmemiştir.

Tablo 5. Dialüx programında hesaplanan aydınlatma güçleri kullanım seviyeleri sonuçları

Kullanım seviyeleri

Özellikler	Ė (Nominal)	E _{min}	E _{maks}	g ₁	g ₂	İndeks
Çalışma düzlemi (L.ODA) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	664 lx (≥ 500 lx) ✓	11.8 lx	906 lx	0.018	0.013	S2
Çalışma düzlemi (E.ODA) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	664 lx (≥ 500 lx) ✓	15.6 lx	904 lx	0.023	0.017	S4
Çalışma düzlemi (M.ODA) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	630 lx (≥ 500 lx) ✓	16.8 lx	953 lx	0.027	0.018	S6
Çalışma düzlemi (ERKEK WC) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	346 lx (≥ 500 lx) ✗	249 lx	422 lx	0.72	0.59	S8
Çalışma düzlemi (BAYAN WC) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	347 lx (≥ 500 lx) ✗	249 lx	422 lx	0.72	0.59	S10
Çalışma düzlemi (HOL) Dikey aydınlatma gücü (adaptif) Yükseklik: 0.800 m, Sınır bölgesi: 0.000 m	631 lx (≥ 500 lx) ✓	0.88 lx	1027 lx	0.001	0.001	S12

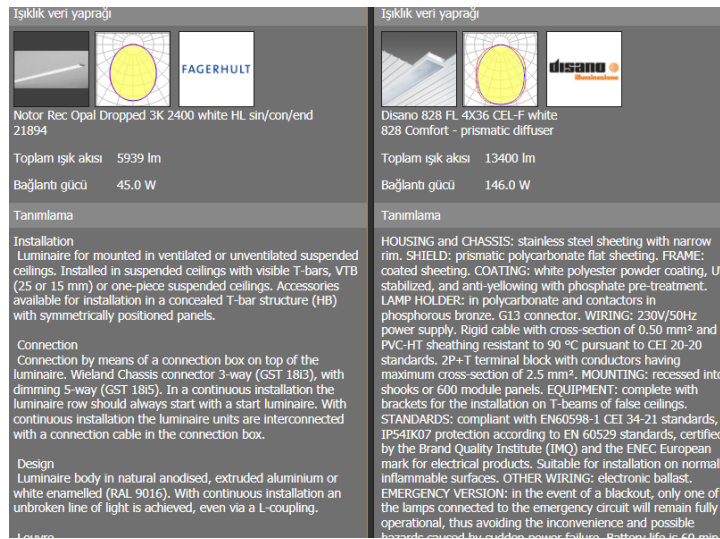


Şekil 7. Çalışma ofis alanı ve açık ofis bekleme alanı aydınlatma hesap değerleri

Farklı bir tasarım kriteriyle ele alınan örnek ofis binası için aydınlatma enerji tüketiminin hesaplanmasında; çalışma kullanıcı faktörünün yoğun kullanım çalışma saatleri sabit kabul edilmiş ve ofis binasında çalışma saatleri dışında enerji tüketimi yok sayılmıştır (Şekil 7). Örnek verilen ofis binası için kabul edilen aydınlatma sistemi görselde belirtilmiştir. Bu sistem tüm lambaların enerji etkin ürünlerden seçilmiş olamayacağını ifade etmek amacıyla LED armatürlerden oluşmaktadır. Seçim yapılan LED lamba çeşitleri enerji tüketim hesaplamaları açısından diğer lamba çeşitlerinden daha tasarruflu enerji harcamaktadır. Fakat ofis binasında görsel konfor sağlama koşullarının diğer aydınlatmalara göre hepsinde aynı olduğu hesaplanmıştır (Tablo 5).

3.4.3 Kullanılan Armatürlerin Enerji Tüketimi Kıyaslamaları

Yapılan çalışmada ele alınan ofis binasında görsel konfor hesaplamaları ve tüketilen enerji miktarlarını hesaplamak için proje kapsamında 2 farklı tasarım önerisi sunulmuştur. Birinci öneride aydınlatma düzeyini hesaplamak için güçlü floresan olarak disano marka armatür seçilmiş, ikinci tasarım önerisinde ise fagerhult marka Led armatür seçilerek görsel konfor hesaplamaları ve enerji tüketim miktarları hesaplanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Ofis binası için seçilen floresan ve Led armatür çeşitleri

Yapılan tasarım önerisinde tasarımlarına göre şebekeden çekilen güç değerlerinin karşılaştırması ve hesaplamasının toplam yapma aydınlatma gücü belirlenmiştir.

Tablo 6.1. Tasarım Önerisinde sonuçlar

Ofis hacmi	Aydınlatma değerleri			
BYN WC	P_{toplam} 44.0 W	A_{oda} 3.92 m ²	Spesifik bağlantı değeri 11.23 W/m ² = 3.15 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 357 lx
E.ODA	P_{toplam} 292.0 W	A_{oda} 11.51 m ²	Spesifik bağlantı değeri 25.36 W/m ² = 4.32 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 587 lx
ERK WC	P_{toplam} 44.0 W	A_{oda} 3.92 m ²	Spesifik bağlantı değeri 11.23 W/m ² = 3.15 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 357 lx
HOL	P_{toplam} 2226.0 W	A_{oda} 92.45 m ²	Spesifik bağlantı değeri 24.08 W/m ² = 2.97 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 810 lx
L.ODA	P_{toplam} 292.0 W	A_{oda} 14.61 m ²	Spesifik bağlantı değeri 19.99 W/m ² = 3.94 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 507 lx
M. ODA	P_{toplam} 292.0 W	A_{oda} 11.74 m ²	Spesifik bağlantı değeri 24.87 W/m ² = 4.31 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 577 lx
TOPLAM GÜÇ	P_{toplam} :3190 watt			

Tablo 7.2. Tasarım Önerisinde;

Ofis hacmi	Aydınlatma değerleri			
BYN WC	P_{toplam} 45.0 W	A_{oda} 3.92 m ²	Spesifik bağlantı değeri 11.49 W/m ² = 3.32 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 347 lx
E.ODA	P_{toplam} 180.0 W	A_{oda} 11.51 m ²	Spesifik bağlantı değeri 15.63 W/m ² = 2.36 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 664 lx
ERK WC	P_{toplam} 45.0 W	A_{oda} 3.92 m ²	Spesifik bağlantı değeri 11.49 W/m ² = 3.32 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 346 lx
HOL	P_{toplam} 846.0 W	A_{oda} 92.45 m ²	Spesifik bağlantı değeri 9.15 W/m ² = 1.45 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 631 lx
E.ODA	P_{toplam} 180.0 W	A_{oda} 11.74 m ²	Spesifik bağlantı değeri 15.33 W/m ² = 2.31 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 664 lx
M.ODA	P_{toplam} 180.0 W	A_{oda} 14.61 m ²	Spesifik bağlantı değeri 12.32 W/m ² = 1.96 W/m ² /100 lx (Oda)	\dot{E}_{yatay} (Çalışma düzlemi) 630 lx
TOPLAM GÜÇ	P _{toplam} : 1466 watt			

Farklı lamba türlerine göre ele alınan ofis binasının yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi 1.tasarım önerisinde 3190W, 2.tasarım önerisinde ise 1466W olarak hesaplanmıştır. Tüm ofis binası ölçeğinde yapılan hesaplama ofis binasının hacimlerinin ihtiyaçlarının eşit olarak kabul edilerek ofis binasında genel alanların aydınlatılması için ihtiyaç duyulan enerjiyle gerçekleştirilmiştir. Ekstra ışık almayan alanlar hesaplama dahil edilmemiştir. Buna bağlı olarak binanın yıllık toplam aydınlatma enerjisi ihtiyacı 1.tasarım önerisinde P_{toplam}:38.28W, 2.tasarım önerisi için ise P_{toplam}:17592W olarak hesaplanmıştır (Tablo 6-7).

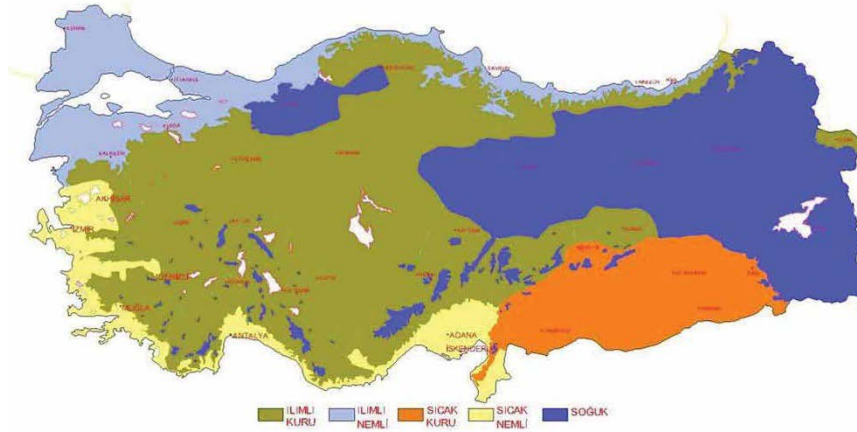
Hesaplanan aydınlatma düzeylerinden de yola çıkarak her iki tasarım önerisinde kullanılan yapma aydınlatma türleri görsel konfor koşullarını her iki hesaplamada da sağlamıştır. Binalarda aydınlatma enerjisi performansının belirlenebilmesi için de ön koşulu görsel konfor koşullarını sağlayıp sağlamadığıdır ve her iki tasarımda da aynı hesaplanmıştır. Fakat enerji tüketim miktarları hesaplama dahil edildiğinde floresan lambanın çekim güçleri daha fazla olduğundan aydınlatma için harcanan güç miktarı LED armatürü kullanılan aydınlatma hesaplamasında daha fazla bulunmuş ve LED armatürün ise optimum seviyede, daha maliyetli ve daha tasarruflu olarak yaklaşık 2/3 kadar daha az hesaplanmıştır.

3.5 Ofis Binasının Farklı İklim Bölgelerinde Aydınlatma Enerjilerinin Belirlenmesi

3.5.1 Çalışma Bölgelerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında BEP-TR Aydınlatma Hesap Yöntemi, EN 15193 Standardında tanımlanan hesap yönteminin Türkiye'ye uyarlanması aşamasında Türkiye'deki farklı coğrafi koşullar göz önünde bulundurularak her şehir için enlem-boylam, gün uzunlukları, enleme bağlı değişen katsayılar gibi değerler ayrı ayrı belirlenmiş ve hesaplamalara dahil edilmiştir. Bu çalışmada, aynı tasarımın farklı iklimsel özelliklere sahip olan şehirlerde uygulanması durumunda aydınlatma enerjisi gereksinimlerinde oluşacak farklılıkları belirlemek amacıyla Türkiye'nin 3 farklı iklim tipini temsil eden şehirler ele alınmıştır. Türkiye'nin iklim bölgelerini ifade eden yerler verilmiştir (Şekil 9). Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin 3 farklı iklim tipini karakterize eden şehirler; Konya (ılımlı-kuru), Antalya (sıcak-nemli) ve Erzurum (soğuk) çalışma bölgeleri belirlenmiştir. Çalışmanın yöntemsel verilerinde BEP-BUY hesaplama yöntemiyle iklimsel analiz verilerinin,

belirlenen ofis binası üzerinden gün ışığının enleme göre farklılıkları kıyaslanmış ve tabloda da şehirlerin enlem boylam değerleri gösterilmiştir (Tablo 8).



Şekil 9. Türkiye'nin iklim bölgeleri

ŞEHİRLER	ENLEM	BOYLAM
Antalya	36° 54'	30° 42'
Konya	36°41'	34°26'
Erzurum	39° 06'	41° 24'

Tablo 8. Çalışma için seçilen şehirler

3.5.2. Seçilen Bölgelerin Aydınlatma Hesaplamalarının BEP-BUY Programında Belirlenmesi

Çalışma kapsamında Türkiye'nin 3 farklı iklim tipini karakterize eden şehirler; Konya (ılımlı-kuru), Antalya (sıcak-nemli) ve Erzurum (soğuk) çalışma bölgeleri olarak belirlenmiştir. Çalışma bölgelerinde diğer tasarım kriterlerinde belirlenen ofis binası üzerinden inceleme yapılmıştır. Tasarım kriterleri olarak çalışmanın BEY-BUY programında enleme bağlı gün ışığı aydınlatma düzeyleri, yıllık enerji tüketim miktarları ve enerji sınıfları EKB sonuçlarına göre analiz edilmiştir. Çalışmada mekan boyutları, mekanın derinliği, mekanın yüksekliği ve mekan içindeki ve dışındaki yüzey renkleri hesaplamaya dahil edilmeyip kapsam dışı bırakılmıştır. Yapılan çalışmada programda hesaplamaları yapılmadan önce aynı biçim özellikteki ofis binası üzerinde farklı ısı yalıtım kat sayıları iklime bağlı olarak farklı değerlerde girilmiştir. Isı yalıtım kalınlığı olarak hesap değerlerine Antalya 6, Konya 8, Erzurum 10 katsayı değerleri girilmiştir. Projenin hesaplama değerlerinde Antalya, Konya, Erzurum bölgeleri için farklı armatürlerle aydınlatma hesap dokümanları BEP-BUY programında bulunmuştur (Tablo 9-11).

Tablo 9.1. HesaplamaYöntemi- BEP-BUY programında Antalya için yapılan hesap değerlerinin excelde gösterimi

ZonId	Zone Area	NetArea	ArmatureType	LampType	LampCount	AI	EI	Intended Lightning Level	Artificial Lightning Level	Fy Value	Fy ValueCr	Needed Lamp Count	Result
1	22.457924	18.972998	A (Çıplak)	Kompakt Floresan (12 W) (630 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	22.84007116	21.89135	21.89135	20.89135036	30.92822
2	12.999314	11.154487	A (Çıplak)	Floresan (13 W) (825 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	50.87415475	9.828173	9.8281731	8.828173116	16.16537
3	12.761291	10.937204	A (Çıplak)	LED20G-200 (20 W) (200 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	12.57814304	39.7515	39.751496	38.75149578	17.57325
4	16.424417	13.352477	A (Çıplak)	LED10G-1000 (10 W) (1000 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	51.5146806	9.705971	9.7059711	8.705971078	20.50871
5	9.4531431	7.8083127	A (Çıplak)	LED5A-250 (5 W) (250 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	22.0229593	22.70358	22.703579	21.70357917	264.4671
6	8.562439	6.4237095	A (Çıplak)	Floresan (24 W) (1700 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	182.0354171	2.746718	2.7467182	1.746718238	234.0388
7	12.91776	11.080925	A (Çıplak)	Halojen (18 W) (220 lümen)	4	FALSE	FALSE	200	54.62601426	3.661259	3.6612592	10.645037	114.3071
8	56.75843	50.688912	A (Çıplak)	Enkandesan (40 W) (450 lümen)	3	FALSE	FALSE	100	18.31950198	5.458664	5.4586637	13.37599103	297.0162
-8	152.33472	130.41903			13	FALSE	FALSE	-1	-1	-1	-1	124.6483158	995.0048

Antalya; flouresan, LED, Halojen, Enkandesankullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 10. 2.Hesaplama Yöntemi- BEP-BUY programında Konya için yapılan hesap değerlerinin excelde gösterimi

ZoneId	ZoneArea	NetArea	ArmatureType	LampType	LampCount	AI	EI	IntendedLightningLevel	ArtificialLightningLevel	FyValue	FyValueCr	NeededLampCount	Result
1	22.457924	19.25943	A (Çıplak)	Kompakt Floresan (12 W) (630 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	22.50038647	22.22184	22.221841	21.22184053	39.90992288
2	12.999314	11.247589	A (Çıplak)	Fluoresan (13 W) (825 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	50.45304188	9.910205	9.9102052	8.91020524	17.53876019
3	12.761291	11.028602	A (Çıplak)	LED20G-200 (20 W) (200 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	12.47390386	40.08368	40.083682	39.08368234	19.05156274
4	16.424417	13.604966	A (Çıplak)	LED10G-1000 (10 W) (1000 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	50.55864357	9.889506	9.8895058	8.889505824	26.10015478
5	9.4531431	7.9005384	A (Çıplak)	LED5A-250 (5 W) (250 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	21.76587747	22.97174	22.971736	21.97173641	267.5323176
6	8.562439	6.5994955	A (Çıplak)	Fluoresan (24 W) (1700 lümen)	1	FALSE	FALSE	500	177.1866712	2.821883	2.8218827	1.821882688	239.881296
7	12.91776	11.173244	A (Çıplak)	Halojen (18 W) (220 lümen)	4	FALSE	FALSE	200	54.17466485	3.691763	3.6917626	10.76705028	114.7162383
8	56.75843	51.142525	A (Çıplak)	Enkandesan (40 W) (450 lümen)	3	FALSE	FALSE	100	18.1570156	5.507513	5.507513	13.52253909	298.3563602
-8	152.33472	131.95639			13	FALSE	FALSE	-1	-1	-1	-1	126.1884424	1023.086613

Konya; flouresan, LED, Halojen, Enkandesan kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 11. 2.Hesaplama Yöntemi- BEP-BUY programında Erzurum için yapılan hesap değerlerinin excelde gösterimi

ZoneId	ZoneArea	NetArea	ArmatureType	LampType	LampCount	AI	EI	IntendedLightningLevel	ArtificialLightningLevel	FyValue	FyValueCr	NeededLampCount	Result
1	22.457924	19.068475	A (Çıplak)	Kompakt Floresan (12 W) (630 lümen)	1	####	FALSE	500	22.72570916	22.00151	22.001514	21.00151364	31.081311
2	12.999314	11.185521	A (Çıplak)	Fluoresan (13 W) (825 lümen)	1	####	FALSE	500	50.73300502	9.855517	9.8555171	8.85551713	16.332266
3	12.761291	10.96767	A (Çıplak)	LED20G-200 (20 W) (200 lümen)	1	####	FALSE	500	12.54320365	39.86222	39.862225	38.86222452	17.7501
4	16.424417	13.43664	A (Çıplak)	LED10G-1000 (10 W) (1000 lümen)	1	####	FALSE	500	51.1920097	9.767149	9.7671493	8.767149266	20.780403
5	9.4531431	7.8390546	A (Çıplak)	LED5A-250 (5 W) (250 lümen)	1	####	FALSE	500	21.93659332	22.79296	22.792965	21.79296483	265.48882
6	8.562439	6.4823047	A (Çıplak)	Fluoresan (24 W) (1700 lümen)	1	####	FALSE	500	180.3899506	2.771773	2.771773	1.77177303	235.9863
7	12.91776	11.111698	A (Çıplak)	Halojen (18 W) (220 lümen)	4	####	FALSE	200	54.47473129	3.671427	3.671427	10.68570805	114.4435
8	56.75843	50.840116	A (Çıplak)	Enkandesan (40 W) (450 lümen)	3	####	FALSE	100	18.26501774	5.474947	5.4749468	13.42484033	297.46294
-8	152.33472	130.93148			13	####	FALSE	-1	-1	-1	-1	125.1616908	999.32563

Erzurum; flouresan, LED, Halojen, Enkandesan kullanılarak hesaplanmıştır.

BEP-TR aydınlatma hesap yönteminde bina kullanım saatlerine (9:00-18:00)bağlı olarak her şehir için yıllık aydınlatma enerjisi tüketiminin hesap sonuçları bulunmuştur. Çalışma kapsamında seçilen şehirler için belirlenen çalışma saatleri verilmiştir. Farklı şehirler için gerçekleştirilen hesaplamalara yönelik olarak elde edilmiş çalışma saatleri içinde yıl boyunca gün saatlerinden en fazla yararlanma potansiyeline sahip şehir yıllık tüketilen aydınlatma enerjisiyle Antalya olurken, en düşük gün saatlerinden yararlanma potansiyelinde olan şehir yıllık tüketilen aydınlatma enerjisi olan Erzurum’da gerçekleşmektedir.

BEP-TR Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 07- Referans Bina Belirleme dokümanında, BEP-TR yöntemi kullanılarak binalarda enerji performansının belirlenmesine ilişkin izlenecek yöntem tariflenmiştir. Buna bağlı olarak belirlenen ofis binası tanımları için hesaplama adımları, bu dokümanda yer almakta, binaların enerji performansının belirlenmesi ve sınıflandırılması, bu doküman ile gerçekleştirilmektedir. Binaların enerji performansını sembolize eden Ep değerleri, farklı şehirlerde yer aldığı kabul edilen binalar için hesaplanarak binaların Aydınlatma Enerjisi sınıfı belirlenmiştir. Bina Enerji Performansı Referans Bina Belirleme Yöntemi’nde yer alan bina performansı değer aralıklarına göre ele alınan ofis binalarının aydınlatma enerjisi performansı Antalya ve Erzurum şehirleri için “C” sınıfı olarak belirlenmiş Konya şehri için “B” sınıfı olarak belirlenmiştir. Hesaplama sonucunda yıllık aydınlatma tüketim miktarları hesaplanmıştır (Şekil-10-12).

1. Hesaplama yöntemi;

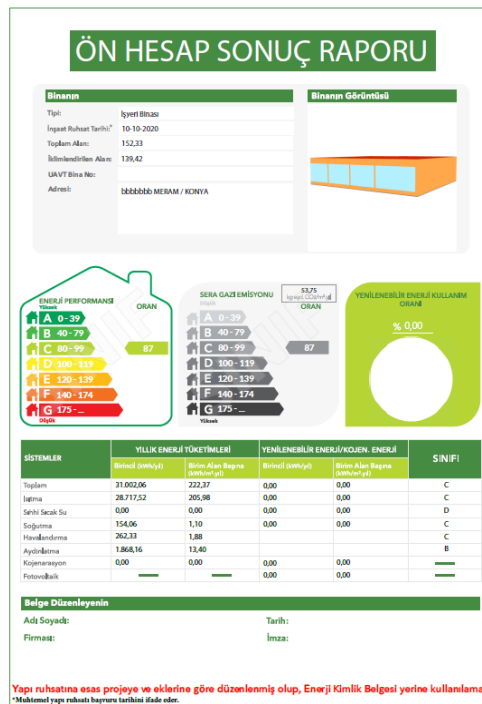
Ofis binası tüketilen yıllık aydınlatma enerjisi ve Ekb belirleme –Antalya



Şekil 10. Antalya-Ekb Yıllık Aydınlatma Hesap Sonuçları

2. Hesaplama yöntemi;

Ofis binası tüketilen yıllık aydınlatma enerjisi ve Ekb belirlenme – Konya



Şekil 11. Konya-Ekb Yıllık Aydınlatma Hesap Sonuçları

3. Hesaplama yöntemi;

Ofis binası tüketilen yıllık aydınlatma enerjisi ve Ekb belirlenme – Erzurum



Şekil 12. Erzurum-Ekb Yıllık Aydınlatma Hesap Sonuçları

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte artan enerji ihtiyaçları ve enerji maliyetleri, dünya genelinde enerjiye olan bağımlılığı gözler önüne sermektedir. Bunun yanı sıra doğaya olumsuz etkileri bulunan CO₂ salımının artmasıyla beraber ülkeler enerji tüketiminin azaltılması ve doğaya olan tahribatın en aza indirgenmesi hedefiyle politikalar geliştirmektedir. Binalarda harcanan enerji, dünya genelinde harcanan enerjinin büyük bir parçasını oluşturmaktadır. Bu nedenle ülkelerde bina enerji performansını belirlemeye yönelik olarak yönetmelikler, standartlar ve enerji belirlemeye yönelik olarak bina enerji performansı sertifikasyon sistemleri geliştirilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin (2002/91/EC) yayınlanması sonucu, aday ülke olan Türkiye de bu direktif gereği BEP-TR bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemini hazırlamıştır.

Bu çalışmada BEP-TR binalarda aydınlatma enerjisi performansının belirlenmesi için geliştirilen yöntem kısaca tanıtarak bu yöntemin örnek bir ofis binası için uyarlanmasına yer verilmiştir. Bu yöntem yapma aydınlatma sisteminin kontrolüne bağlı günışığı bağımlılık faktörünün belirlenmesi, gün uzunlukları ve çalışma saatlerinin belirlenmesi sonucunda AESG -Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi değerinin hesaplanmasıdır. Ele alınan örnek ofis binasında yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucu bina aydınlatma performansı eldesine yönelik olarak gerçekleştirilmesi gereken hesap adımları, ayrıntılı olarak tarif edilmiş Dialüx ve BEP- TR aydınlatma hesap yöntemi üzerinden örnek bir ofis bina üzerinden çalışma kapsamında görsel konfor ve yıllık tüketilen enerji miktarlarının hesaplanması hedeflenmiştir.

Ele alınan bina görsel konfor koşullarının optimum düzeyde sağlanmasının son derece önemli olduğu ve aydınlatmanın bina kullanıcılarına çalışma esnasında psikolojik ve fizyolojik olarak etki edeceği bir bina türü olan ofis binalarıdır. Çalışmada programda iç mekanlarda hesaplanan aydınlık düzeyleri, AB standartlarının izin verdiği seviyededir. Ancak bazı hacimlerde bu değerlerin istenen aydınlık düzeyinden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu gibi durumların aydınlatma enerjisinin artmasına sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle doğru aydınlatma tasarımı seçenekleri ile görsel

konfor koşullarının istenen düzeyde olması ve minimum enerji tüketiminin sağlanması hedeflenmelidir.

Ofislerde aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesi, ofis hacimlerinde gerçekleşen eylemlerin aydınlatma tasarımlarında görsel konfor gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanıcı faktörü ve çalışma saatlerine bağlı olmaktadır. Bu çalışmada, ofis binası üzerinden lamba seçiminin enerji performansı üzerindeki etkisi belirlenmiş, ele alınan 2 farklı öneri için hesaplamalar yapılarak sonuçlar tartışılmıştır. Enerji verimli LED lambaların tercih edildiği 2.tasarım önerisinde geleneksel lamba olan halojen kaynaklı ve flouresan lamba ile gerçekleştirilen 1.tasarım önerisine oranla 1/3 kadar daha düşük enerji gereksinimini sağlamıştır. Enerji kaynaklarının bilinçli tüketilmesi açısından sonuçlar değerlendirildiğinde aydınlatma projelerinin hazırlanması aşamasında tasarımların önceden hesaplanarak görsel konfor koşullarının ve enerji tüketim miktarlarının hesaplanması gerçeğidir. Bu hesaplama çalışmalarında gerçekleştirilen çalışmaların ve çalışma sonuçları ele alındığında görsel konfor koşullarını aynı sağladığını ve enerji tüketim miktarları hesaplandığında aynı ofis binası üzerinden Led kullanılan aydınlatma hesaplamalarının daha verimli sonuçlar verdiğini görmekteyiz.

Tüm bunlar dikkate alındığı zaman daha az güç harcayan, daha az akım çeken ve de aydınlık şiddeti floresan lambalardan daha yüksek olan LED lamba aydınlatması, elektrik enerjisi tasarruf etme elemanlarından biri olacaktır. Özellikle ofis binalarında LED lamba kullanımının yaygınlaştırılması bunun için de sorumluların bilinçlendirilmesi hatta bu konularda eğitimler verilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmaların sonucunda pilot olarak seçilen bölgelerin halojen karma ve floresan lambaların LED ampullerle değiştirilmesi sonucunda yaklaşık %40 oranında tasarruf edilebileceği belirlenmiştir. Bu değer enerji konusunda dışa bağlı olan ülkemiz için oldukça önemlidir. Farklı bölgelerde yapılan çalışma sonucunda belirlenen hesaplamaların gün ışığı etkisinin hesaba girmesiyle enleme bağlı aydınlatma sonuçlarında az da olsa farklılıklar çıktığını görmekteyiz. Çalışma kapsamında elde edilen aydınlatma enerjisi tüketim miktarlarına göre belirlenen enerji sınıfı binanın kimliğini oluşturmaktadır.

Çalışma sonucu olarak bu veriler ışığında; farklı yapma armatür kullanımı ve farklı coğrafi bölgelerin görsel konfor koşullarının ve aydınlatma enerjisi tüketiminin belirlenmesinde etkin bir role sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Geliştirilen ve hesaplanan yaklaşımlarla ofis binalarının aydınlatma enerjisi tasarım aşamasında belirlenerek ,gerekli düzenlemeler sonucunda görsel konfor ve enerji tüketim miktarları açısından uygun aydınlatma tasarımlarının uygulanmasıyla mümkün olmaktadır. Bununla birlikte, geliştirilen yaklaşımın mevcut ofis binalarına uygulanmasıyla aydınlatma enerjisi tüketiminin gerçekçi bir biçimde öngörülmesi sonucunda aydınlatma enerjisi tasarruf potansiyeli belirlenmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

Bedeloğlu, A.Ç., Demir, A., Bozkurt, Y. (2010). Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(2): 43-58.

Sümengen, Ö.(2015). Türkiye için konut binalarının aydınlatma enerjisi gereksinimi açısından değerlendirilmesine ilişkin bir yaklaşım. İTÜ Doktora Tezi.

Perdahçı, C. ve Hanlı, U. (2010). Verimli Aydınlatma Yöntemleri” *3E Electrotech*.

Özdeniz, D. Ofislerde Aydınlatma Otomasyonu, (05.12.2018),
http://www.emo.org.tr/ekler/0d965fca19f20cc_ek.pdf

Örücü, O. (16.08.2017). LED ampullere doğru.
http://www.emo.org.tr/ekler/c132bf75f698eed_ek.pdf?dergi=905

Meral, M. E., Ahmet, T., ve Tümay, M. (2009). Elektrik tesislerinde enerji verimliliği. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 14(1).

Kutlu, R. (2016). Ofislerde enerji etkin aydınlatma sistemleri. İstanbul Kültür Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Ataköy-İSTANBUL

Şahin,C.(2016). Ofis binalarının enerji-etkin yenilenmesi (retrofit) sürecinde kullanıcı memnuniyetinin değerlendirilmesi. İTÜ Yüksek Lisans Tezi

Enerji verimliliği. (16.08.2017).

<https://yenilenebilirenerjiproje.wordpress.com/author/globalproje/page/2/>

Şener, F. Ve Ünnü S.Y,(2011). Binalarda aydınlatma enerjisi performansının bep-tr yöntemi ile belirlenmesi: örnekler. X. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ

Yener,A.(2011). X. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ-İZMİR

Kutlu, R.G., 2008, İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s:27-28

BEP-TR Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 07- Referans Bina Belirleme, 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 2010.

Dialüx evo programı

Yılmaz,E. ,Şahin,İ. Ve Kocadağ,N. (2019). LED Işık Kaynaklı,Enerji Tasarruflu ve Yüksek Verimli Ofis Aydınlatma Armatürü Tasarımı, Ankara.

Kırbas, K.(2019). Binalarda Enerji Verimliliği Uygulamaları:MAKU Mühendislik Mimarlık Fakültesi Örneği, Burdur.

EN 15193 Energy Performance of Buildings-Energy Requirements for Lighting, 2006.

BEP-TR Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 05-Aydınlatma / 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 2010.

EN 12464-1 Light and Lighting-Lighting of Workplaces, 2011.