

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN VERİMLİLİK VE İŞ GÜVENLİĞİ
ESASLARINA GÖRE TASARLANMASI**

Ali Emre ASKER

UZMANLIK TEZİ

NİSAN 2017



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN VERİMLİLİK VE İŞ GÜVENLİĞİ
ESASLARINA GÖRE TASARLANMASI**

Ali Emre ASKER

UZMANLIK TEZİ

**Tez Danışmanı (Kurum)
Tek.Uzm.Murat Kerim UYAN**

**Tez Danışmanı (Üniversite)
Prof.Dr.M.Cengiz TAPLAMACIOĞLU**

Ali Emre ASKER tarafından hazırlanan ‘‘Aydınlatma Sistemlerinin Verimlilik ve İş Güvenliği Esaslarına Göre Tasarlanması’’ adlı tez çalışması aşağıdaki Yeterlik Sınav Kurulu tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile UZMANLIK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

| | Unvanı | Adı ve Soyadı | İmzası |
|--------|------------------------|-------------------------|--------|
| Başkan | Genel Müdür Yardımcısı | Salih YILMAZ | |
| Üye | Daire Başkanı | Hüseyin TÖREN | |
| Üye | Daire Başkanı | Hakkı ÇIRAK | |
| Üye | Daire Başkanı | Orhan IŞIK | |
| Üye | Daire Başkanı | Doç. Dr. Birol KAYRANLI | |

Tez Savunma Tarihi : 03.04.2017

| Tez Danışmanı (Kurum) | Tez Danışmanı (Üniversite) |
|---------------------------|---------------------------------|
| Tek.Uzm. Murat Kerim UYAN | Prof.Dr. M.Cengiz TAPLAMACIOĞLU |

ETİK BEYAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ali Emre ASKER

3 Nisan 2017

Aydınlatma Sistemlerinin Verimlilik ve İş Güvenliği Esaslarına Göre Tasarlanması

(Uzmanlık Tezi)

Ali Emre ASKER

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

Nisan 2017

ÖZET

Bu çalışmada İller Bankası A.Ş. tarafından yaptırılmakta olan, Hizmet Binaları, Atıksu Arıtma Tesisleri, İçmesuyu Depoları ve Terfi Merkezlerinde örnek olarak seçilen alanlarda, enerji verimliliği ve iş güvenliği esaslarına göre, aydınlatma tasarımlarının yapılması hedeflenmiştir. Türkiye'de iş kazalarının sıkça yaşanması, işyerlerindeki çalışma koşullarının kapsamlı bir şekilde düzenlenmesi ve denetlenmesi ihtiyacını doğurmuştur. 20.06.2012 tarih ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ile konulan kurallar ve zorunluluklar neticesinde, çalışma ortamlarının daha sağlıklı ve güvenli hale getirilmesine verilen önem artmıştır. Yürürlükte bulunan bir diğer kanun ise 18.04.2007 tarih ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'dur. Enerjinin verimli kullanımı için gerekli stratejilerin belirlenmesi, uygulanması ve gerekirse revize edilerek yeni önlemlerin alınmasını sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında, İller Bankası A.Ş. tarafından yapımı sürdürülen binaların aydınlatma tasarımı için gereken kriterleri belirlemek amacıyla, ulusal ve uluslararası standartlara değinilmiş, mevzuatta yer alan hükümler belirtilmiştir. Aydınlatması yapılacak binalarda seçilen alanlar, iş sağlığı ve güvenliği bakımından değerlendirilmiş, verimliliği artıracak yöntemler belirlenmiş ve bu doğrultuda aydınlatma hesapları gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Aydınlatma, güvenlik, verimlilik, dialux, atıksu
Sayfa Adedi : 73
Tez Danışmanları : Teknik Uzm. Murat Kerim UYAN (Kurum)
Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU (Üniversite)

Design Of Lighting Systems Based On Efficiency And Occupational Health

(ILBANK Expertise Thesis)

Ali Emre ASKER

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

April 2017

ABSTRACT

In this study; it is intended to make the lighting designs of selected areas inside work places, wastewater treatment plants, clean water tanks and water pump stations as a reference being built by the ILBANK A.Ş., according to energy efficiency and safety principles. As work accidents become to happen frequently in Turkey, it is required to organise and control working conditions comprehensively at the workplaces. The importance given working environments is increased to make them safer and healthier places with the rules and obligations established by the 20.06.2012 dated, No. 6331 Occupational Health and Safety Law. The another law in force is 18.04.2007 dated, No. 5627 Energy Efficiency Law. It aimed to determine the strategies for efficient use of energy, implementation and revision of these strategies when it is required and provide the adoption of new measures. To determine lighting design criterias for the selected areas in the buildings being built by ILBANK A.Ş., national and international standards are discussed as well as the relevant content of the national legislation is explained. Lighting of the buildings has been evaluated in terms of occupational health and safety and the methods that increase efficiency are identified. The lighting calculations have been made in these directions.

Key Words : Lighting, safety, efficiency, dialux, wastewater
Page Number : 73
Supervisors : Technical Specialist Murat Kerim UYAN (Corporate)
Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU (University)

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın meydana getirilmesinde, değerli yardım ve yönlendirmeleriyle katkı sunan Gazi niversitesi'nden Danıőman Hocam Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOğLU'na; çalıőmalarım sırasında desteğini ve yardımını benden esirgemeyen İller Bankası Anonim Şirketi'nden Danıőmanım Teknik Uzman Murat Kerim UYAN'a teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ..... | vi |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ..... | vii |
| RESİMLERİN LİSTESİ..... | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | ix |
| GİRİŞ | 1 |
| 1. AYDINLATMA VE İNSAN ETKİLEŞİMİ | 3 |
| 1.1.Aydınlatmanın İnsan Biyolojisine Etkisi | 3 |
| 1.2.Aydınlatmanın Çalışan Verimliliği Üzerindeki Etkileri | 4 |
| 1.3.Aydınlatmanın İş Kazaları Üzerindeki Etkisi | 5 |
| 1.4.Aydınlatma ve Kamu Güvenliği Etkileşimi | 6 |
| 2. AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ MEVZUATI..... | 9 |
| 2.1.Standartlar | 9 |
| 2.1.1.Kapalı çalışma alanlarının aydınlatılması | 9 |
| 2.1.2.Bina dışı iş yerlerinin aydınlatılması | 12 |
| 2.2.Yönetmelikler | 13 |
| 2.2.1.İşyeri bina ve eklentilerinde alınacak sağlık ve güvenlik önlemlerine ilişkin yönetmelik..... | 13 |
| 2.2.2.Elektrik iç tesisleri yönetmeliği..... | 14 |
| 2.2.3.Kuvvetli akım tesisleri yönetmeliği..... | 15 |
| 2.2.4.Genel aydınlatma yönetmeliği | 16 |
| 2.2.5.Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik..... | 16 |
| 3. AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE VERİMLİLİK | 19 |
| 3.1.Aydınlatmanın Enerji Tüketimindeki Payı | 19 |
| 3.2.Verime Etki Eden Parametreler | 20 |
| 3.3.Verimliliğin Artırılmasında Kullanılabilecek Önlem ve Yöntemler | 22 |
| 3.3.1.LED aydınlatma sistemleri | 22 |
| 3.3.2.Flüoresan aydınlatma sistemleri ve balastlar | 24 |
| 3.3.3.Doğal aydınlatma | 25 |
| 3.3.4.Akıllı sistemler..... | 27 |

| | |
|--|----|
| 3.3.5.Yenilenebilir enerji sistemleri..... | 31 |
| 3.4.Enerji Verimliliği Mevzuatının İncelenmesi..... | 32 |
| 3.4.1.Enerji verimliliği kanunu | 32 |
| 3.4.2.Binalarda enerji performansı yönetmeliği | 33 |
| 3.4.3.Enerji kaynaklarının ve enerji kullanımında verimliliğin artırılmasına dair yönetmelik..... | 36 |
| 4. İÇ MEKANLARDA AYDINLATMA HESABI VE TERMİNOLOJİ..... | 37 |
| 4.1.Aydınlatmada Kullanılan Terimler | 37 |
| 4.2.Aydınlatma Türleri..... | 41 |
| 4.3.Aydınlatma Hesabının Yapılması | 42 |
| 5. İLLER BANKASI TARAFINDAN YAPTIRILAN TESİSLERDE AYDINLATMA HESAPLARININ YAPILMASI..... | 47 |
| 5.1.Atıksu Arıtma Tesislerinde Çevre Aydınlatması | 47 |
| 5.2.Hizmet Binalarında Ofis Aydınlatması..... | 53 |
| 5.3.Depo ve Terfi Merkezi Aydınlatması | 56 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 63 |
| KAYNAKLAR | 67 |
| ÖZGEÇMİŞ | 73 |

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge | Sayfa |
|--|--------------|
| Çizelge 3.1. Sanayi tesisleri enerji tüketiminde elektriğin ve aydınlatmanın payı | 20 |
| Çizelge 3.2. Farklı tipte balastlar için güç sınırı değerleri | 24 |
| Çizelge 3.3. Gün ışığı tüplerinde boru çapları ve toplanan akı miktarları | 27 |
| Çizelge 4.1. Oda endeksine göre verim faktörleri tablosu | 44 |
| Çizelge 5.1. Su ve atıksu tesisleri aydınlatması için standartta yer alan değerler | 48 |
| Çizelge 5.2. Çalışma alanlarında ve çevreleyen alanda elde edilen aydınlık değerleri ... | 54 |
| Çizelge 5.3. Armatür sayısının artırılması ile elde edilen UGR değerleri | 55 |

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 1.1. Gün içinde melatonin ve kortizol seviyelerinin değişimi | 4 |
| Şekil 1.2. Aydınlik düzeyi ve iş kazaları arasındaki ilişki..... | 6 |
| Şekil 3.1. Farklı tipte lambaların etkinlik faktörleri | 23 |
| Şekil 3.2. Flüoresan lambalarda verimliliği artıran yöntemler | 25 |
| Şekil 3.3. Aydınlatma otomasyonu maliyet ve tasarruf kıyaslaması..... | 29 |
| Şekil 3.4. DALI aydınlatma sistemi topolojisi..... | 30 |
| Şekil 4.1. Farklı değerlerdeki renk sıcaklıklarının görünümü | 37 |
| Şekil 4.2. Aydınlatma türlerinde ışığın dağılımı ve yansıma oranları | 42 |
| Şekil 4.3. Armatürlerin oda içerisinde yerleşimi | 45 |
| Şekil 5.1. Atıksu arıtma tesisi vaziyetplanı üstten görünümü..... | 49 |
| Şekil 5.2. Kum tutucu yapısı aydınlatma seviyesi ve düzgünlük değerleri | 53 |
| Şekil 5.3. Ofis çalışma alanlarındaki UGR değerleri..... | 55 |
| Şekil 5.4. Manevra odasındaki gözlemci için UGR değerleri | 61 |
| Şekil 5.5. Çalışma yüzeyi için hesaplanan aydınlık düzeyi ve ortalama düzgünlük | 61 |

RESİMLERİN LİSTESİ

| Resim | Sayfa |
|---|--------------|
| Resim 2.1. Standartta belirtilen alanların gösterimi..... | 10 |
| Resim 2.2. Acil durum aydınlatmasının kullanıldığı bölgeler | 13 |
| Resim 2.3. Yüksek gerilim hücreleri | 15 |
| Resim 3.1. Gün ışığı tüpünün toplayıcı ve yansıtıcı yapısı..... | 26 |
| Resim 3.2. Gün ışığı tüplerinin hipermarket ve ofis aydınlatmasında uygulanması | 27 |
| Resim 3.3. Gün ışığı sensörü ile ihtiyaç duyulan kısımların aydınlatılması..... | 28 |
| Resim 3.4. Bina cephesinde kullanılan bütünleşik panel uygulaması | 31 |
| Resim 3.5. Binalarda bulundurulması zorunlu olan enerji kimlik belgesi..... | 34 |
| Resim 4.1. Trafikte meydana gelen kamaşma örneği | 38 |
| Resim 4.2. Noktasal ışık kaynağı ve küre..... | 39 |
| Resim 4.3. Renksel geriverimi farklı lambalarla yapılan yol aydınlatması..... | 40 |
| Resim 5.1. Atıksu arıtma tesisi vaziyet planı 3 boyutlu görünüm | 50 |
| Resim 5.2. Çevre aydınlatmasında kullanılan armatüre ait veri yaprağı | 51 |
| Resim 5.3. Arıtma tesisi aydınlatmasının DIALux renk gösterimi çıktısı..... | 52 |
| Resim 5.4. DIALux programında oluşturulan ofis benzetimi | 54 |
| Resim 5.5. Terfi istasyonu üstten görünümü | 56 |
| Resim 5.6. Terfi istasyonu DIALux renk gösterimi çıktısı..... | 57 |
| Resim 5.7. Terfi merkezinde kullanılan armatüre ait veri yaprağı | 58 |
| Resim 5.8. DIALux programında 200 m3 hacimli deponun benzetimi..... | 59 |
| Resim 5.9. Depo ve manevra odasında DIALux renk gösterimi çıktısı | 60 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler | Açıklamalar |
|-----------------|-------------------------------|
| cd | Candela |
| Em | Ortalama aydınlatma yoğunluğu |
| K | Kelvin |
| lm | Lümen |
| lx | Lüks |
| Ra | Renkli görünme indisi |
| Uo | Ortalama düzgünlük |
| UGR | Birleşik kamaşma endeksi |
| W | Watt |

| Kısaltmalar | Açıklamalar |
|--------------------|---|
| CIE | International Commission on Illumination |
| EN | European Norm |
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| IEEE | The Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| ISO | International Organization for Standardization |
| İLBANK | İller Bankası Anonim Şirketi |
| PV | Fotovoltaik |
| TS | Türk Standartları |
| TEP | Ton Eşdeğer Petrol |

GİRİŞ

Aydınlatma, temel bir ihtiyaç olması nedeniyle yaygın bir kullanım alanına ve geniş ürün yelpazesine sahiptir. Aydınlatma tasarımında hedeflenen, seçilen ortamın yeterli düzeyde aydınlatılmasıdır. Ortamın kullanım amacına göre, aydınlatmanın karşılayacağı ihtiyaçlar belirlenir. Havalimanı ve ameliyathane gibi ortamlarda can ve mal güvenliğini sağlamada önemli bir rol oynarken; mağazalarda, müzelerde, kütüphanelerde farklı öncelikler için kullanılmaktadır.

İşyerlerindeki aydınlatmanın yeterli düzeyde olması, hem çalışan sağlığı için hem de iş kazalarının önüne geçilmesi bakımından önem arz etmektedir. Türkiye'de iş kazalarının yaygın olarak yaşanması, işyerlerindeki çalışma koşullarının kapsamlı bir şekilde düzenlenmesi ve denetlenmesi ihtiyacını doğurmuştur. 20.06.2012 tarih ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesi, çalışma ortamlarının daha sağlıklı ve güvenli hale getirilmesi için atılan önemli bir adımdır. Yapılan düzenlemeler, aydınlatmanın çalışan sağlığı üzerindeki etkisini ve iş kazalarının önlenmesindeki rolünü ön plana çıkarmıştır.

Aydınlatmanın vazgeçilmez olması, enerji tüketimindeki payının sürekli varolmasına neden olmaktadır. Türkiye'deki enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan fosil yakıtların büyük bir kısmının yurtdışından ithal edildiği düşünülürse, ülkenin politik ve stratejik konularda daha avantajlı hale gelmesi için bu kaynakların daha etkin kullanılması ve dışa bağımlılığın azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle aydınlatma için tüketilen enerji miktarı önemli bir parametredir. 18.04.2007 tarih ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile enerjinin verimli kullanımı için gerekli stratejilerin belirlenmesi, uygulanması ve gerekirse revize edilerek yeni önlemlerin alınmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada; İller Bankasınca tesis edilen hizmet binası ofisleri, atıksu arıtma tesisi çevre aydınlatması, su depoları ve terfi merkezlerindeki aydınlatma tesisatları ele alınmıştır. Mevzuatta bulunan hükümlere yer verilmiş, verimliliğin artırılması için kullanılacak yöntemler incelenmiştir. Tesislerin işletilmesi sırasında ortaya çıkan enerji maliyetlerinin azaltılması ve bu yapılarda iş güvenliğinin sağlanması adına aydınlatma hesapları yapılmıştır.

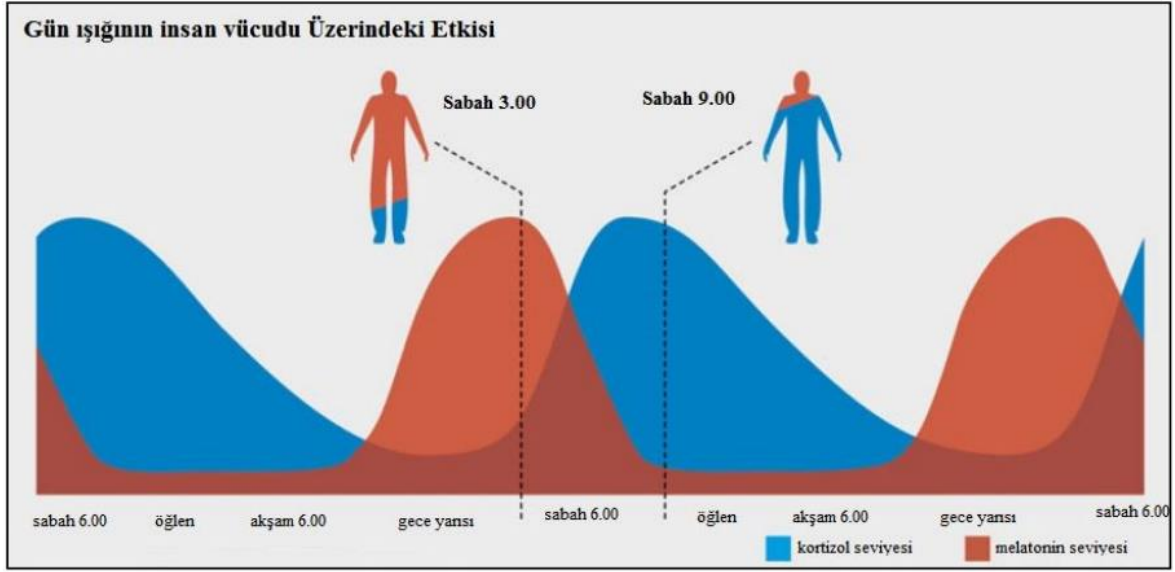
1 AYDINLATMA VE İNSAN ETKİLEŞİMİ

1.1. Aydınlatmanın İnsan Biyolojisine Etkisi

Aydınlatmanın kalitesi, kişilerin hem fiziksel sağlığını hem de ruh hallerini doğrudan etkiler. Işık şiddetinin yeterli düzeyde olmaması, aydınlatmanın homojen dağılmaması, ışığın gözü kamaştırması gibi durumlar, aydınlatma kalitesini düşürür. Böyle ortamlarda göz sinirleri ve göz bebeği, retinaya yeterli ışık gelmediğinden sürekli olarak daralıp genişleyerek gözün yorulmasına sebep olur. Yorulan göz, yeterli seviyede odaklanamamaya ve bulanık görmeye başlar. Gözün yorulması ile birlikte göz ağrısı, baş ağrısı ve migren ağrıları da tetiklenir. Aydınlatmanın kalitesiz olması, çalışanların erken yorulmalarına neden olur. Bu nedenle iş gücündeki verim düşer. Ayrıca çalışma ortamında yapılan hataları artırarak iş kazalarının yaşanmasına da neden olur [1].

Ofislerde aydınlatma düzeyinin yetersiz seviyede olması, çalışma düzlemine daha yakın olma ihtiyacı doğurur. Bu da oturuş şeklinin değişmesine sebep olur. Gözün rahat görebilmesi için oturuş pozisyonunda bozukluklar meydana gelir. Uzun süre bu olumsuz etki altında çalışanların kas ve iskelet sistemlerinde geçici veya kalıcı rahatsızlıklar oluşmaktadır [2].

Aydınlatma konusunda yapılan çalışmalar da, vücudun ritmini etkileyen hormon sentezinin gün ışığına bağlı olarak tetiklendiğini ortaya koymuştur. Sabahları gün ışığına bağlı olarak, serotonin ve kortizol hormonları sentezlenirken, havanın kararmasıyla yorgunluk hissi ve uyku haline geçilmesinde etkili olan melatonin sentezi başlar. Bu ritim her gün tekrar ederek vücudun, kan şekeri, bağışıklık, vücut ısısı, açlık düzeylerini ayarlar. Işığın etkisiyle sentezlenen melatoninin yeterli düzeyde olmaması, depresyondan kansere kadar birçok hastalığı tetikleyebileceği mevcut çalışmalarda belirtilmektedir. Işığın bu etkisi, mevsimsel ve mevsimsel olmayan depresyon hastalıklarında, hastayı belirli periyotlarla parlak ışığa maruz bırakarak tedavi amaçlı kullanılmaktadır [3].



Şekil 1.1. Gün içinde melatonin ve kortizol seviyelerinin değişimi [4]

Gün ışığına bağlı olarak insan vücudundaki kortizol ve melatonin seviyelerinin değişimi Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Mavi renkle gösterilen kortizol seviyesi sabah saatlerinde tepe değerine ulaşırken, gece yarısı minimum seviyededir. Melatonin sentezinin de gece yarısından sonra tepe değerine ulaştığı gösterilmektedir.

Gece vardiyasında çalışanlar gün ışığından yeterince faydalanamadıkları için vücut ritimleri bozulmakta ve bu duruma bağlı rahatsızlıklar yaşamaktadır. Bunun önüne geçmek için gün ışığını taklit eden sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler sabah, öğle ve akşamları gün ışığının parlaklığı ve rengi nasıl değişiyorsa, aynı etkiyi yapay aydınlatma ile sağlamaktadır. Böylece çalışanların vücut ritimleri korunarak, yorgunluk hissini ve çalışma ortamındaki hataların azaltılması, verimin artırılması amaçlanmaktadır [3].

1.2. Aydınlatmanın Çalışan Verimliliği Üzerindeki Etkileri

İyi bir aydınlatma çalışanların psikolojisi ve vücut ritmi üzerinde olumlu etki yaratacağından performansı artırıcı yönde etkiler. Yetersiz aydınlatma nedeniyle görme fonksiyonunda meydana gelen bozukluklar ve buna bağlı diğer rahatsızlıkların önüne geçilebilir. Çalışanların daha geç yorulmaları ve kendilerini sağlıklı hissetmeleri çalışma verimini olumlu yönde etkileyecektir. Motivasyonları daha yüksek olacaktır [5].

Çalışma ortamının iyi aydınlatılması hem üretim araçlarının kullanılmasında hem de kalite kontrolünün yapılması için önemli bir ihtiyaçtır. Detayların net görülebilmesi, imalattaki hata oranlarını düşürür. Yapılan faaliyetlerin daha çabuk ve daha hatasız gerçekleştirilmesinde aydınlatmanın önemi yadsınamaz [5].

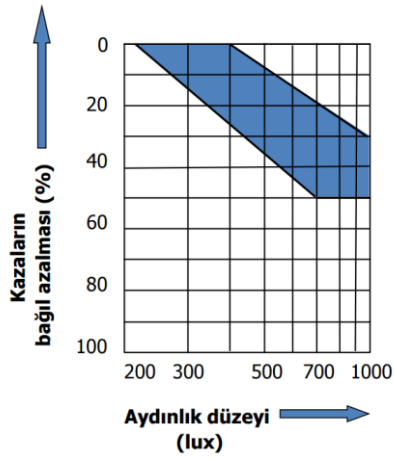
İşyerlerindeki aydınlatmanın; performans, verimlilik ve hatalı ürün maliyetine etkisi konusunda yapılan çalışmalar, yetersiz düzeydeki aydınlatmanın normal seviyelere çıkarılmasıyla gelişen olumlu neticeleri ortaya koymaktadır. Bu çalışmalarda aydınlık düzeyi 200 lüksten 500 lükse çıkarılan bir endüstriyel tesisin veriminin %3,1 arttığı görülmüştür. 15 işyerini kapsayan başka bir çalışmada ise aydınlık düzeyinin artırılmasıyla verimlilikte %4-%35 artış gözlemlenmiştir. Benzer başka çalışmalarda da yetersiz aydınlatma düzeyindeki artışla hata kayıplarının azaldığı, üretimin ve verimliliğin arttığı gözlemlenmiştir [6, 7].

1.3. Aydınlatmanın İş Kazaları Üzerindeki Etkisi

İş kazalarına sebep olan faktörlere bakıldığında, kazaların %71,1 oranında yorgunluk, dalgınlık, ihmalkarlık gibi insan davranışına bağlı nedenlerden kaynaklandığı, %28,9 oranında ise gürültü, yetersiz aydınlatma, teçhizat gibi fizik ve mekanik çevre koşullarına bağlı nedenlerden kaynaklandığı görülmüştür [8].

Aydınlatmadaki olumsuzluklar iş kazalarının yaşanmasına sebep olmaktadır. Yetersiz aydınlatma, çalışanların çabuk yorulmalarına neden olarak, buna bağlı dikkatsiz davranışları ve dalgınlıkları meydana getirir. Oluşan bu durumlar iş kazalarının yaşanmasına neden olan faktörler arasında %71,1 paya sahiptir. Ayrıca %28,9'luk çevre koşullarına bağlı meydana gelen kazalarda da aydınlatmanın payı bulunmaktadır. İnsan psikolojisi ve davranışı üzerinde etkili olan aydınlatma, çevresel koşulları da etkileyerek iş kazalarının yaşanmasına neden olmaktadır [5].

Aydınlatma düzeyinde yapılan iyileştirmelerle, iş kazalarının yaşanma riskini azaltmak mümkündür. Aydınlatma düzeyindeki artışa bağlı olarak, iş kazalarının yaşanma sıklığındaki azalma oranı Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Şekle bakıldığında, aydınlık düzeyi yaklaşık 200 lüks olan bir iş mahallindeki aydınlatmanın 700 lüks düzeyine çıkarılması sonucu, yaşanan iş kazalarında %20 - %50 arasında bir azalma olacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 1.2. Aydınlık düzeyi ve iş kazaları arasındaki ilişki [9]

Makine ve teçhizat kullanımında detayların yeterince görülememesi, uzuv kayıplarına yol açabilir. Tehlikenin hızlı algılanması ve kişinin koruma refleksi göstermesi açısından aydınlatmanın yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Hareket alanlarında yaşanan çarpma, düşme gibi kazaların önüne geçilmesi için ortamdaki aydınlatmanın yeterli seviyede olması gerekir. Bina içi boşluklara, merdiven ve asansör boşluklarına düşerek yaşanan kazalarda, korkuluğun olmaması ile birlikte aydınlatmanın da etkisi büyüktür.

Yapılan çalışmalarda, tüm iş kazalarının %5'inin yetersiz aydınlatma sonucu meydana geldiği belirtilmektedir. Bir ağır sanayi fabrikasında yapılan çalışmada, aydınlatma şiddetinin 200 lükse yükseltilmesi sonucu, kazaların %32 azaldığı, duvarların ve tavanın beyaza boyanmasıyla %16,5 ilave bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir [7].

1.4. Aydınlatma ve Kamu Güvenliği Etkileşimi

Trafikte seyir halindeki sürücülerin, yolu tüm ayrıntısıyla fark edilebilmesi olası bir kazanın yaşanma ihtimalini azaltacaktır. Keskin virajların seçilmesi, yayaların fark edilebilmesi, anayola bağlanan yolların görülmesi, sürücünün ve diğer kişilerin can ve mal güvenliği için önemlidir. Yol aydınlatmasının iyileştirilmesi için yapılan çalışmalarla, New York'taki gece kazalarında %36,4 azalma görülürken, Paris'te yıllık kaza sayısı 8'den 2'ye düşmüştür [6].

Ulaşımın yanında kamu güvenliğinin sağlanması için de yeterli aydınlatma yapılmalıdır. Kişilerin can ve mal güvenliğini tehdit altında bırakan hırsızlık, gasp, alıkoyma gibi suçlar için ideal ortam karanlık ve kalabalık olmayan yerlerdir. Suçlular yakalanma veya fark edilme kaygılarından dolayı karanlık ortamları tercih ederler. Aydınlik ortamlar ise daha kalabalık ve kolay fark edilebilir olacağından bu tür suçların engellenmesine katkıda bulunur. Şehir içi aydınlatmasının daha yaygın hale getirilmesiyle, bir bölgede meydana gelen suç işleme oranında %20, şiddette ise %40 düşüş olduğu ifade edilmektedir [10].

2 AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ MEVZUATI

2.1. Standartlar

2.1.1. Kapalı çalışma alanlarının aydınlatılması

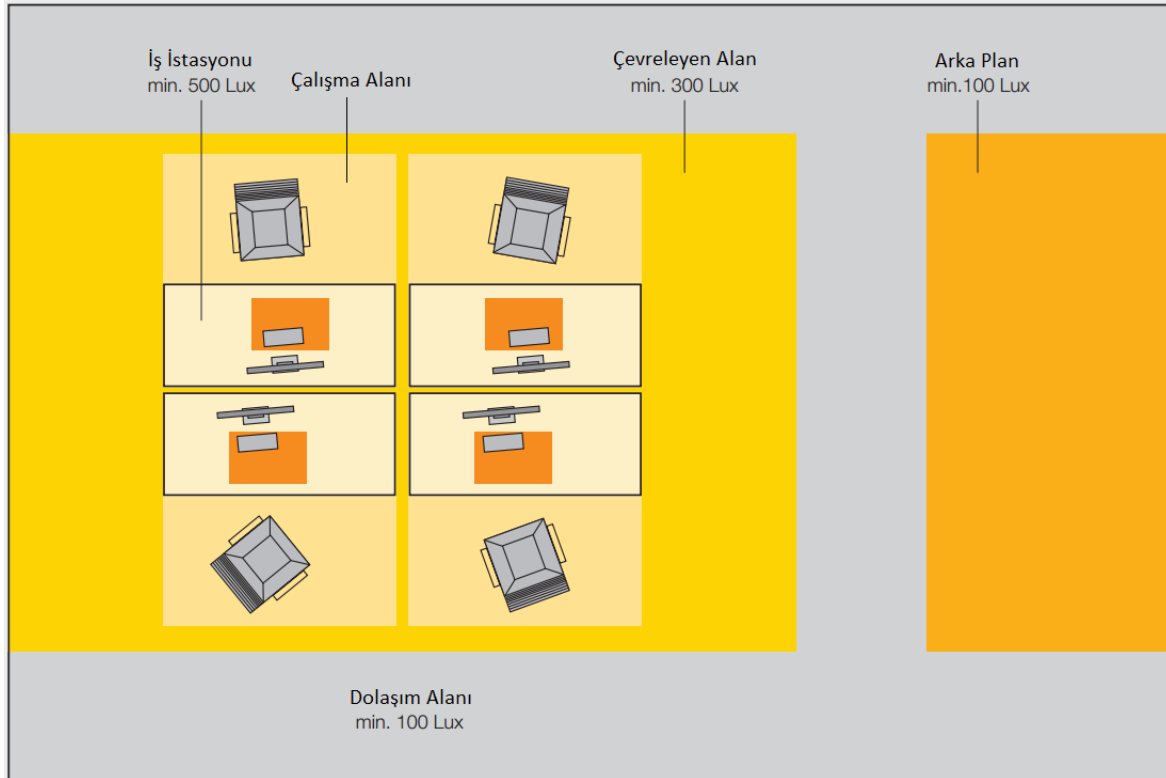
Kapalı çalışma alanlarında kişilerin rahat görebilmesi ve gereken performansı gösterebilmesi için gerekli aydınlatma kuralları, nitelik ve nicelik olarak TS EN 12464-1 standardında belirtilmiştir [60]. Standardın kapsam bölümünde, iş sağlığı ve güvenliği için gerekli koşulların, bu standarda uyulduğunda genel olarak sağlanabileceği ancak işçi sağlığı ve güvenliği kurallarını kapsamadığı belirtilmiştir. Aydınlatma kurallarının belirlenmesindeki amaçların, ortam güvenliğinin sağlanması, görme performansının zor koşullardan ve uzun periyotlardan etkilenmemesi, işçilerin iyi hissedecekleri görme rahatlığına kavuşması olduğu belirtilmiştir. Kapalı alanların aydınlatılması standardında ve açık alanların aydınlatılması standardında yer alan terim ve tarifler başka bir standart içerisinde (TS EN 12665 Aydınlatma Kurallarını Belirleyen Temel Tarifler ve Kriterler) detaylı olarak verilmiştir.

Standartta, ışık yoğunluğu dağılımının, kamaşma ve göz uyumu gibi olumsuzluklara neden olabileceği, bu nedenle iyi bir dağılım oluşturmak için tüm yüzeylerin ışık yoğunluklarının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Faydalı yansıtıcılık tavan için 0,7-0,9 arasında, duvarlar için 0,5-0,8 arasında, zemin için 0,2-0,4 arasında olmalıdır. Yüzeylerdeki yansıtma şiddeti duvarlarda $U_o \geq 0,10$, $E_m > 50$ lx, tavanda ise $U_o \geq 0,10$, $E_m > 30$ lx değerlerinde olmalıdır [11].

U_o değerinin tanımı, aydınlatma yoğunluğu tekdüzeliği olup; aydınlatılan yüzeyin minimum değeri ile ortalama değeri arasındaki orandır. Bu oran yüzeydeki aydınlık dağılımının ne kadar homojen olduğunun belirlenmesinde kullanılmaktadır. E_m değeri ise, standartta ortalama aydınlatma yoğunluğu olarak ifade edilmiştir. Yüzeye düşen toplam ışık akısının, yüzey alanına bölümünden elde edilmektedir.

Aydınlatma yapılacak yerdeki çalışma alanını ve bu alanı çevreleyen alanları tanımlarken genişliğe göre sınıflandırma yapılmıştır. Bunun sonucunda oluşan alanlar; iş

alanı, yakın çevreleyen ve arka plan alanı olarak ayrılmıştır. Bu alanlar Resim 2.1’de örnek bir çalışma ortamı içerisinde gösterilmiştir. İş alanı sınırından 0,5 m uzaklıkta bulunan alan yakın çevreleyen alandır. Yakın çevreleyen alana komşu olan, en az 3 m genişliğindeki alan ise arka plan alanı olarak tanımlanmıştır. Eğer çalışma alanı bilinmiyorsa tüm alan iş alanı olarak kabul edilecek ve tüm alan için tekdüzelik değeri (U_0) 0,4 değeri üzerinde aydınlatılacaktır. Alan biliniyorsa, yakın çevreleyen alanda $U_0 \geq 0,4$ arka plan alanında ise $U_0 \geq 0,10$ olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının bilindiği durumda aydınlatma yoğunluğu ölçeğine bakılarak çevreleyen alanın aydınlatma yoğunluğu belirlenebilir. Çalışma alanı için belirlenen değerlerin bir alt değeri aydınlatma yoğunluğu ölçeğinden bulunarak çevreleyen alan için kullanılır. Aydınlatma yoğunluğu ölçeğinde algısal fark için kullanılacak adımlar 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000 lx olarak verilmiştir. Arka plan alanı, çevreleyen alanın en az 1/3’üne eşit bir aydınlatma yoğunluğu ile aydınlatılmalıdır [11].



Resim 2.1. Standartta belirtilen alanların gösterimi [12]

Standartta göz kamaşmasından sakınılması gerektiği, çünkü kamaşmanın hatalara, yorgunluğa ve kazalara neden olduğu belirtilmiştir. Pencelerden gelen gün ışığı nedeniyle yaşanan göz kamaşmasını belirlemede standartlaşmış bir yöntem bulunmamaktadır. Armatürlerden kaynaklanan kamaşma, CIE tarafından belirlenen formül yardımıyla çizelge

oluşturularak belirlenebilir. Standartta kamaşma için belirtilen UGR sınır değeri adımları 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 olarak belirtilmiştir.

Lambalar renk görünümlerine göre 3 ayrı grupta ele alınmıştır. Sıcak renge sahip ortamlarda lambanın renginin soğuk olması, soğuk renkli ortamlarda ise lamba renginin sıcak olması tercih edilmektedir. Nesnelerin doğal renklerine ne kadar yakın aydınlatıldığını belirlemede lambanın renkli görünme indisi (Ra) kullanılmakta olup, en büyük değeri 100'dür. Bu değer, nesnelerin doğal gün ışığı altındaki gibi görüldüğü değerdir.

İş istasyonlarında kullanılan gösterim ekranları armatürlerin etkisiyle parlama yapabilmekte, bu durum fizyolojik ve rahatsız eden göz kamaşmasına neden olabilmektedir. Bunun için standartta, ekrandan yansıyan aydınlatma armatürleri için ortalama ışık yoğunluğu sınırları verilmiştir. Gösterim ekranı bulunan iş istasyonlarının, okuma, yazma ve klavye kullanımına uygun olması gerekmektedir.

Lambaların, aydınlatma armatürlerinin ve diğer bileşenlerin kirlenmesine bağlı olarak ışık akısının sınırlanmaktadır. Bu nedenle değişim ve temizlenme aralıkları için planlama yapılması gerekmektedir. Bu bakım işlemlerinin enerji verimliliği üzerinde etkisinin büyük olduğu belirtilmiştir.

Standartta değinilen bir başka konu da enerji verimliliğidir. Verimlilik için görsel hususlardan ödün verilmemesi gerektiği, gün ışığından doğru şekilde faydalanılması gerektiği, yapay aydınlatma ve gün ışığı arasındaki dengeyi sağlamada, otomatik veya manuel anahtarlamaların kullanılabilmesi belirtilmiştir. Binaların aydınlatılmasında enerji performansının hesaplanmasında EN 15193 standardını işaret etmektedir.

Standardın son kısımlarında farklı ihtiyaçlar için kullanılan kapalı alanlar, yapılan işlerin niteliğine göre sınıflandırılarak tablo haline getirilmiştir. Bu alanların yeterli aydınlatılması için gerekli Ortalama Aydınlik Yoğunluğu (Em), Birleşik Göz Kamaşması Değeri (UGR_L), Aydınlatma Yoğunluğu Tekdüzeliliği (U_o) ve Renkli Görünme İndisi (Ra) sınır değerleri verilmiştir. Ayrıca bu parametrelerin ölçümünün yapılmasında ve doğrulanmasında kullanılacak yöntemler verilmiştir.

2.1.2. Bina dışı işyerlerinin aydınlatılması

Dış mekanlarda, özellikle geceleri, aydınlatmanın ihtiyaç duyulan düzeylerde yapılması amacıyla oluşturulan standart, kişilerin konforu, performansı ve güvenliğinin sağlanması ihtiyaçlarını gözeterek gerekli koşullara yer vermektedir. Trafik alanları, yürüyüş alanları, kanalizasyon tesisleri gibi alanlardaki aydınlık düzeyi, düzgünlük değeri, renksel geriverim ve kamaşma kriterleri bu ihtiyaçlara göre belirlenmiştir [13].

Açık yerlerdeki çalışma alanı ve çevreleyen alan için tıpkı kapalı çalışma alanlarında olduğu gibi aydınlatma yoğunluğu ölçeği kullanılmıştır. Işık kirliliğinin önüne geçilmesi için bu iki alan arasındaki aydınlatma yoğunluğu farkı kapalı alanlardakine göre daha yüksektir. Örneğin çalışma alanı için belirlenen aydınlık şiddeti 500 lx veya üzerinde ise, çevreleyen alan aydınlık şiddeti 100 lx olarak belirtilmiştir [13].

Kamaşmanın hesaplanmasında kullanılacak formül standartta verilmiş olup bu formülde L_{vl} armatür ve lamba tarafından, L_{ve} ise çevredeki yüzeylerden yansıyan ışığın oluşturduğu engelleyici parıltıdır. Kamaşmanın engellenmesi için armatürün çalışılacak alana uygun konumlandırılması ve uygun özelliklerdeki reflektörün seçilmesi gerekmektedir.

Işık kirliliğinin önüne geçilmesi için, dış mekanlar aydınlık düzeylerine göre sınıflandırılmıştır. E1 sınıflandırması, milli parklar ve koruma altındaki yerler gibi tamamen karanlık ortamları tanımlamak için kullanılırken, E4 sınıflandırması, şehir merkezi ve ticari alanlar gibi aydınlık düzeyinin maksimum olduğu alanları tanımlamak için kullanılmıştır. Bu alanlarda yapılacak aydınlatmada, sağlanması gereken ışık parametreleri, standartta tablo halinde yer almaktadır.

Kapalı çalışma alanları standardının değinmiş olduğu, renkli görünme indisi, renk sıcaklığı, verimlilik ve bakım faktörü gibi konulara bina dışı işyerleri standardında da benzer şekilde yer verilmiştir. Farklı ihtiyaçlar için kullanılan açık alanlar, yapılacak işin niteliğine göre sınıflandırılmış, bu alanların aydınlatılmasında gerekli E_m , UGR_L , U_o , R_a değerleri verilmiştir.

2.2. Yönetmelikler

2.2.1. İş yeri bina ve eklentilerinde alınacak sağlık ve güvenlik önlemlerine ilişkin yönetmelik

Yönetmelik 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa dayanarak çıkarılmış olup, yönetmelikte açıklayıcı bir hüküm bulunmadığı takdirde Türk Standartları, Avrupa Standartları ve Uluslararası Standartların dikkate alınacağı belirtilmiştir. Yönetmeliğin 5. Maddesine göre, aydınlatma, havalandırma ve termal koşulların sağlanması, işveren sorumluluğundadır [14].

Yönetmelikte elektrik tesisatı ile ilgili olarak, cihazların ortam koşullarına uygun şekilde seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle, aydınlatma yapılacak alanda ortamın tozlu, nemli, yanıcı olması durumuna göre uygun koruma sınıfında armatür seçilmelidir.

Binada elektrik kesintisi yaşanması durumunda, acil çıkış yolunda ve kapılarında kullanılan aydınlatma tesisatının bu kesintiden etkilenmemesi gerektiği, bunu sağlamak için tesisatın ayrı bir kaynaktan enerji alması gerektiği yönetmeliğin 10. maddesinde yer almaktadır. Resim 2.2’de acil durum aydınlatması kullanılması gereken bölgeler gösterilmektedir.



Acil durum anında kullanılacak tüm çıkış kapılarında



Acil çıkış işaretlerinin yanında



Dışarı çıkış noktalarında

Resim 2.2. Acil durum aydınlatmasının kullanıldığı bölgeler [15]

Yönetmelikte aydınlatma başlığı altında yer alan 22-23-24. maddeler aydınlatma konusuyla ilgili doğrudan hükümler içermektedir. Yönetmeliğin 22. maddesinde aydınlatma yapılırken gün ışığından yeterli seviyede faydalanılması, aksi halde aydınlatmanın yapay olarak sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca işyerlerindeki aydınlatmalarda TS EN 12464-1: 2013 ve TS EN 12464-1.2011: 2012 standartlarının geçerli olacağı belirtilmiştir. Yönetmeliğin 23. ve 24. maddesinde ise aydınlatmanın kaza riski oluşturmayacak şekilde yerleştirilmesi gerektiği ve aydınlatmanın kesilmesi durumunda risk oluşturan yerlerde ayrı bir kaynağa bağlı acil aydınlatma sisteminin tesis edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Soyunma yerlerinde, tuvaletlerde, lavabolarda, duşlarda ve barınma yerlerinde, uygun aydınlatma koşullarının sağlanması gerektiğine, açık çalışma alanlarında günışığı yetersiz ise aydınlatılması gerektiğine diğer maddelerde yer verilmiştir.

2.2.2. Elektrik iç tesisleri yönetmeliği

Bir aydınlatma tesisatında kullanılacak kablo tipi, bunların nasıl monte edileceği, aydınlatma aygıtlarının hangi niteliklere haiz olacağı ve gerilim düşümü gibi konulara, yönetmelikte geniş ve detaylı bir yer verilmiştir.

Aydınlatma hesabı gerektiren binalarda, hesap sonucu aydınlatma gücü belirlenirken, diğer yapılarda m² başına en az 12W olarak belirlenmiştir. Dış mekan aydınlatmasında kullanılacak malzemelerin suya karşı korumalı olması gerekmektedir. Armatür kullanım amacına uygun seçilmeli, ortam sıcaklığına karşı dayanımını dikkate alınmalıdır.

Alternatif akımla çalışan deşarj lambaları, şebeke frekansının iki katı hızda yanıp sönmeye ortamı aydınlatırlar. İnsan gözü lambadaki bu titreşimi algılayamasa da, hareketli makine parçalarının yavaşladığı, durduğu, ters döndüğü gibi göz yanılmalarına yol açmaktadır. Yönetmelikte makine ve hareketli parçaların aydınlatılmasında strokobik etkilerin engellenmesi gerektiği ve bunun için alınabilecek önlemlere değinilmektedir. Bu önlemler arasında, yönetmelik dekalörlü balast kullanılması veya çok fazlı besleme yapılması yer almaktadır. Floresan, civa ve sodyum buharlı lambaların kondansatörlü olması gerektiği belirtilmiştir [16].

Yangın ıkma riskinin yüksek olduğu yerlerde armatür gövdesinin, zor tutuŐan, kapalı tipte ve mekanik etkilere karşı koruyucusu bulunan (kafes veya cam) türde seçilmelidir.

2.2.3. Kuvvetli akım tesisleri yönetmeliği

Kuvvetli akım tesisleri, elektriğin üretilmesi, dağıtılması, depolanması gibi işlemlerin yapımında kullanılan tesislerdir. Bu tesisler, insanların ve diğer canlılar için riskli düzeyde enerji barındırdığından çevresel koşulların güvenlik açısından yeterli düzeyde olması gerekir. Bu nedenle yönetmelikte yer alan 23. maddede bu tesislerin iyi biçimde gün ışığı ile aydınlatılması, yeterli ve düzgün bir aydınlatmanın tesis edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Resim 2.3’de içerisinde yüksek gerilim hücreleri bulunan bir oda yer almaktadır. Yönetmelikte trafo odaları için aydınlık düzeyi 150 lx, yüksek gerilim hücrelerinde ve alçak gerilim pano odalarında 250 lx olarak belirlenmiştir. Açık hava tesisleri için aydınlık seviyesinin 60 lx’den az olmaması istenmiŐtir. Yapı içindeki tesislerde ise bu değer 250 lx olarak belirtilmiştir [17].



Resim 2.3. Yüksek gerilim hücreleri [18]

Trafo merkezi aydınlatmasında, acil durumlar için en az bir adet akülü lamba veya aküye bağlı lamba grubu tesis edilerek, kesintilerde otomatik devreye girmesi sağlanmalıdır.

2.2.4. Genel aydınlatma yönetmeliği

Yönetmelik kamu kurumlarının, elektrik dağıtım şirketlerinin sorumluluğunda bulunan cadde, sokak gibi genel aydınlatma ihtiyacı olan yerleri kapsamaktadır. Bu alanlarda aydınlatmanın nasıl tesis edileceği, ödemenin nasıl yapılacağına dair hükümler bulunmaktadır.

Genel aydınlatmada kullanılan lambaların dimlenebilir özellikte olması istenmekte, enerji tasarrufu amacıyla gece 02:00'den sonra yüzde elli oranında düşürüleceği, yönetmeliğin 6. maddesinde belirtilmektedir. Ayrıca düşük kayıplı balastların kullanılacağı belirtilmiştir. Lambaların otomatik devreye girmesini ve çıkmasını sağlayan, algılayıcı veya zaman rölesinin bulunması sağlanacaktır. Aydınlatma standartlara uygun şekilde yapılacaktır [19].

Yönetmeliğin 7. maddesinde tesislerin tasarımın aşamasından işletilmesine kadar mevcut bütün süreçlerde, TSE, EN tarafınca yayınlanan standartlar ile IEC ve ISO standartlarındaki kuralların geçerli olacağı belirtilmiştir. Bunun yanında IEEE ve benzeri kurumlarca oluşturulan teknikler de geçerli olacaktır. 7. maddede yer alan diğer bir husus da, standart dışı malzeme kullanılmayacağıdır.

2.2.5. Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik

Yönetmelik acil kaçış yolları ile acil durum aydınlatmalarında kullanılacak malzemelerin TSE standartlarına uygun olması gerektiğini belirtilmiştir. Kaçış yolu aydınlatması, acil durum aydınlatması ve acil durum yönlendirmeleri için yönetmelikte çeşitli maddeler bulunmaktadır.

Kaçış yollarında doğal aydınlatmanın yeterli kabul edilmeyeceği, binanın geneline bağlı bir tesisat ile gerekli tüm zamanlarda aydınlatmanın yapılacağı belirtilmiş, bu alanlarda aydınlatma seviyesi 10 lx olarak sınırlandırılmıştır. Toplantı amaçlı binalardaki

gösterimler sırasında ise bu değer en az 2 lx olabilir. Kaçış yollarındaki armatürlerin yerleşiminin, arıza durumunu gözeterek yapılacağı, tasarım yapılırken, bir armatürün devre dışı kalması halinde 2 lx değerindeki aydınlatma seviyesinin altına düşmeyecek şekilde yapılması gerektiği belirtilmiştir [20].

Kaçış yolu üzerindeki acil durum aydınlatması seviyesi ise en az 1 lx olacak şekilde yapılacak ve aydınlatma seviyesinin minimum ve maksimum olduğu noktalarda oran 40:1 değerinden fazla olmayacaktır. Yüksek riskli alanlarda için sınır değer 15 lx olarak belirlenmiş, minimum ve maksimum seviyeler arasındaki oranının 10:1 değerinden fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir.

Acil durum aydınlatmaları şebekenin herhangi bir nedenle kesilmesini takiben 3 saniye içerisinde devreye girerek gereken aydınlatmayı en az 1 saat karşılayacaktır. Bu süre 100 kişiden fazla olan yerlerde 2 saat, 500 ve üzeri yerlerde 3 saat olarak belirtilmiştir. Acil durum aydınlatması yapılacak yerler arasında kaçış yolları, asansörler, elektrik dağıtım odaları, pompa istasyonları gibi alanlar bulunmakta olup, buna benzer diğer yerler yönetmelikte listelenmiştir [20].

Acil durumlar için kullanılan yönlendirme işaretleri, kişi sayısının 100'den az olduğu alanlarda 1 saat, 100 kişiden fazla olan alanlarda 2 saat, 500 ve üzeri kapasitedeki yerlerde ise 3 saat, kesintiye rağmen çalışabilir olması gerekmektedir.

3 AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE VERİMLİLİK

3.1. Aydınlatmanın Enerji Tüketimindeki Payı

TÜİK tarafından yayınlanan istatistiklere göre 2014 yılında, yalnızca genel aydınlatma için kullanılan mevcut elektrik aboneleri, toplam 207.375 GWh'lik yıllık elektrik tüketiminin %1,9'unu oluşturmaktadır [21].

Konutlarda aydınlatma için yapılan tüketim incelendiğinde, akkor flamanlı lamba kullanımında konuttaki toplam elektrik tüketiminin %28.4'ünün, kompakt flüoresan lamba kullanıldığında ise %7.4'ünün aydınlatma için harcandığı belirlenmiştir [22].

Ofislerdeki enerji tüketimi incelendiğinde ısıtma, soğutma ve aydınlatmanın oluşturduğu toplam tüketim içinde, aydınlatmanın payının %40 oranında olduğu belirtilmektedir. Mağazalarda ise bu oran %30 olarak ifade edilmektedir [23].

Çizelge 3.1'de çeşitli sanayi tesislerinin enerji tüketim miktarları verilmiştir. Çizelgede, elektrik tüketiminin toplam enerji tüketimine oranı ile aydınlatma tüketiminin toplam elektrik tüketimine oranı yer almaktadır. Sanayide kullanılan aydınlatmanın enerji tüketimindeki payı incelendiğinde, tesisteki ekipmanların toplam enerji tüketimine bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Tesiste enerji sarfiyatının yüksek olması, aydınlatmanın yüzdelik diliminde düşüşe neden olsa da, tüketim miktarı kWh olarak ifade edildiğinde yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu nedenle sanayide aydınlatma için tüketilen elektriğin, toplam elektrik tüketimine oranı %1 ila %13 arasında değişkenlik göstermektedir [24].

Çizelge 3.1. Sanayi tesisleri enerji tüketiminde elektriğin ve aydınlatmanın payı [24]

| Tesis kodu | Toplam Enerji Tüketimi (TEP) | Elektrik / Toplam Enerji (%) | Aydınlatma / Elektrik (%) |
|-------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Tekstil 1 | 2913 | 15,5 | 13,3 |
| Tekstil 2 | 2767 | 94,8 | 4,7 |
| Tekstil 3 | 1495 | 100 | 2,5 |
| Tekstil 4 | 643 | 62,2 | 5,2 |
| Mak.-Teç. 1 | 38168 | 47,4 | 9,2 |
| Mak.-Teç. 2 | 2745 | 39,9 | 8,2 |
| Cam | 53289 | 17,7 | 4,0 |
| Gıda | 18275 | 22,5 | 1,7 |
| Çimento | 36025 | 40,0 | 0,9 |
| Rafineri | 699800 | 13,9 | 0,4 |

Aydınlatmanın küresel olarak elektrik tüketiminde %20 dolaylarında paya sahip olduğu, 2030 yılına kadar bina aydınlatmalarında yapılabilecek tasarruf potansiyelinin, 2013 yılında Afrika'daki toplam elektrik tüketimine eşdeğer olacağı bildirilmektedir [25].

3.2. Verime Etki Eden Parametreler

Aydınlatmada kullanılan lambaların etkinlik faktörleri, gün ışığından faydalanma ölçüsü ve duvarların yansıtma katsayıları tarafından etkilenmektedir. Bunun yanında, gereksiz kullanımın önüne geçmeyi sağlayan fotoseller ve gün ışığına göre dimlenebilir sistemler de verimliliğe katkıda bulunmaktadır.

Açık ve güneşli havada çevrenin aydınlanma seviyesi 100.000 lx değerini bulurken, ofislerdeki 500 lx seviyesinin oldukça üzerinde bir aydınlatma imkânı sunar. Dolayısı ile binaların gün ışığından faydalanma düzeyi aydınlatma verimliliğini ve kalitesini etkilemektedir. Gün ışığından faydalanmak, binaların aydınlatma tüketiminde %30'lara varan tasarruf potansiyeli sunmaktadır. Gün ışığı ayrıca çalışan psikolojisini olumlu yönde etkilemekte ve nesnelere doğal renklerinde görünmesini sağlamaktadır [26].

İç hacimlerdeki duvar ve tavan yüzeylerinin açık renklerde olması, yansıtma çarpanlarını yükselterek, ışığın hacim içerisinde daha az yutulmasını, koyu yüzeylerle kıyaslandığında ortamın daha aydınlık olmasını sağlayacaktır. Pencerelerden giren gün

ışığı da duvarlardan yansiyarak çalışma düzlemine ulaşacağından istenilen aydınlık seviyesi için her iki durumda da daha az enerji kullanılacaktır [27].

Aydınlatmaya ihtiyaç duyulmadığı zamanlarda lambaların devrede olması enerji sarfiyatını artırmaktadır. Hareket sensörü, fotosel gibi kontrol sistemleri ile tuvaletlerde, sınıflarda, ofislerde %70'e varan tasarruf potansiyeli bulunmaktadır. Ayrıca gün ışığı şiddetine bağlı olarak lambaların aydınlık şiddetlerini ayarlayan sistemlerle günün her saatinde yeterli aydınlatma sağlanmaktadır. Bu sistemler hareket sensörüyle desteklenerek ortamda kullanıcı olmadığında lambaları devre dışı bırakabilir. Gün ışığına duyarlı sistemlerin kullanımı aydınlatma tüketimini %35 oranında düşürebilmektedir. Ayrıca lambaların daha uzun ömürlü kullanımına imkan sağlar [27].

Verimi etkileyen hususlardan biri de armatürlerin bakım faktörüdür. Aydınlatmada kullanılan armatürler zaman içerisinde ortam koşullarına bağlı olarak kirlenir. Bu durum armatürün yansıtıcılığını ve geçirgenliğini olumsuz etkileyerek ışık akısını düşürür. Armatürlerin düzenli olarak bakımının yapılması, koruma sınıfı yüksek, bakım faktörü düşük olan armatürlerin kullanılması verimliliğe katkıda bulunmaktadır.

Işığın geliş şekli ve armatür pozisyonu verimliliği etkileyen faktörler arasındadır. Endirekt aydınlatmada ışık, yüzeylere yansiyarak ortama dağıldığından yansıtma katsayısına bağlı olarak kayba uğramaktadır. Direkt aydınlatmada ise ışık akısının büyük bir kısmı doğrudan alıcı ortama gönderilmektedir. Verimlilik açısından aydınlatmanın endirekt olarak kullanımından kaçınılmalıdır [28].

Verimliliği en büyük oranda etkileyen şüphesiz aydınlatmada kullanılacak armatür ve lambaların seçimidir. Lambaların etkinlik faktörleri, ürettiği ışık akısı ile tükettiği güç arasındaki oranı tanımlamaktadır. Lumen/Watt olarak ifade edilen bu değer, lambaların verimliliklerini kıyaslamak için kullanılmaktadır. Aynı ışık akısını veren iki lamba arasında, etkinlik faktörü yüksek olan daha düşük enerji tüketmektedir. Enkandesan lambalar, tükettikleri enerjinin büyük bir kısmını ısıya çevirdiği için, etkinlik faktörleri düşüktür. Tüp flüoresan ve kompakt flüoresan lambaların etkinlik faktörleri ise enkandesan lambalara kıyasla çok daha fazladır [29].

Lamba seçimi yapılırken, etkinlik faktörü yüksek olanlar tercih edilmelidir. Etkinlik faktörü ile beraber dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da lambanın ekonomik ömrüdür. Ekonomik ömür, lambanın yaydığı ışık akısının azalarak %80 seviyesine düştüğü zaman zarfındaki saatlik toplam kullanım süresidir. Enkandesan lambalarda ekonomik ömür 1000 saat, tüp flüoresan lambalarda 20000 saat, LED lambalarda ise 50000 saate ulaşmaktadır. Maliyet analizi yapılırken, etkinlik faktörü ile beraber kullanım ömrü de değerlendirmeye alınır [30].

Enerji tüketimini etkileyen bir başka faktör, lambalarla birlikte kullanılan balast kayıplarıdır. Manyetik ve elektronik balastlar kıyaslandığında, manyetik balastlarda meydana gelen elektriksel kayıplar, elektronik balastlara göre daha fazladır. Manyetik balastların, güç katsayılarının düşük olması yanında, dimleme özelliği bulunmamaktadır. Elektronik balastlar, starter kullanmadan ateşleme sağlar ve lambanın ömrünü uzatır. Elektronik balast kullanımıyla flüoresan lambalarda %5-45 değerleri arasında tasarruf sağlanabilmektedir [31].

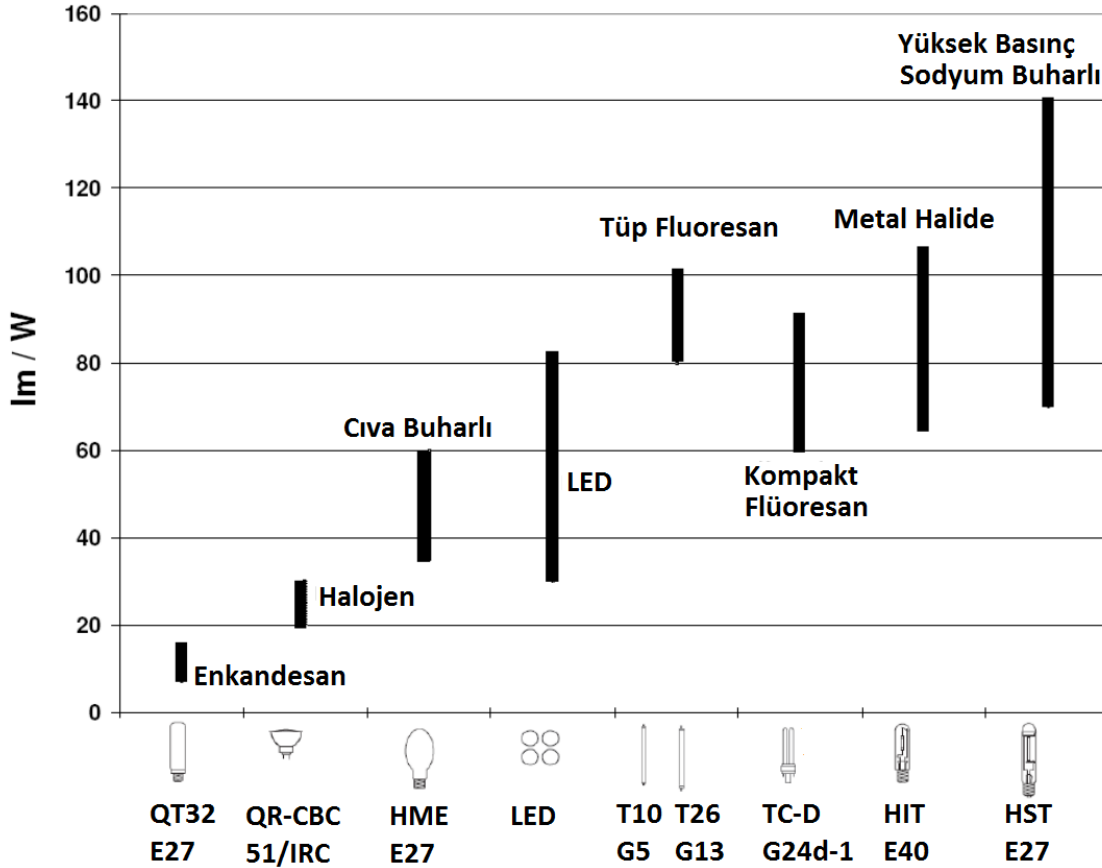
Lamba reflektörünün aydınlatma yapılacak ortama uygun olarak seçilmesi, ışığın ihtiyaç duyulan alanlara kayıpsız ulaşmasını sağlayarak aydınlatma tüketiminin azalmasına imkan sağlar. Lambaların reflektörsüz kullanımı, ışığı farklı yönlere dağıtarak kayıplara yol açacaktır [32].

3.3. Verimliliğin Artırılmasında Kullanılabilecek Önlem ve Yöntemler

3.3.1. LED aydınlatma sistemleri

Aydınlatma sistemlerinde LED armatür kullanımı, diğer sistemlere kıyasla birçok avantajının bulunması nedeniyle tercih edilmektedir. Bu avantajlar arasında, bakım maliyetlerinin düşük olması, 50000 saate varan ekonomik ömürleri ve renksel geri verimlerinin yüksek olması bulunmaktadır. Şekil 3.1'den LED lambaların diğer lambalara göre etkinlik faktörü kıyaslanabilir. İlerleyen teknoloji ile LED lambaların etkinlik faktörleri günümüzde 50-150 lm/w aralığında değişebilmektedir. LED lambalar dimlenebilir yapıda olmaları sayesinde otomasyon sistemleriyle de uyumludur. Ayrıca fiziksel darbelerden daha az etkilenmekte ve farklı renk seçenekleri sunabilmektedir [33].

Şekil 3.1’de farklı lamba tiplerine ait etkinlik faktörleri gösterilmektedir. Şekilde flüoresan lambaların etkinlik faktörlerinin 80 – 100 lm/W, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ise 50 – 140 lm/W arasında olduğu belirtilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı tipte lambaların etkinlik faktörleri [29]

LED aydınlatma sistemleri ile flüoresan aydınlatma sistemlerini kıyaslamak için yapılan bir çalışmada, etkinlik faktörü 29.3 lm/w olan 4x18 W tüp flüoresan lambalar, 82.3 lm/w değerindeki LED panel armatürlerle değiştirilmiş ve %59 oranında bir tasarruf elde edilmiştir. Etkinlik faktörü 50 lm/w elektronik balastlı tüp armatürlerle kıyaslandığında ise enerji tüketiminin %26 ve %35 dolaylarında azaltılabileceği yapılan çalışmalarla görülmektedir [34].

Resim 4.3’de gösterilmiş olan bir başka çalışmada ise sodyum buharlı lambaların ile LED armatürler arasındaki renksel geriverimlerin yol aydınlatmasındaki etkisi gösterilmektedir. Sodyum buharlı lambaların renksel geriverimleri 25-70 değerleri arasında

bulunurken, LED lambalarda ise 65-99 arasında değişmektedir [35].

LED lambalar flüoresan lambalara kıyasla, ışıpta titreme olmaması, kızılötesi ve ultraviyole ışın yaymaması açısından da avantajlıdır.

3.3.2. Flüoresan aydınlatma sistemleri ve balastlar

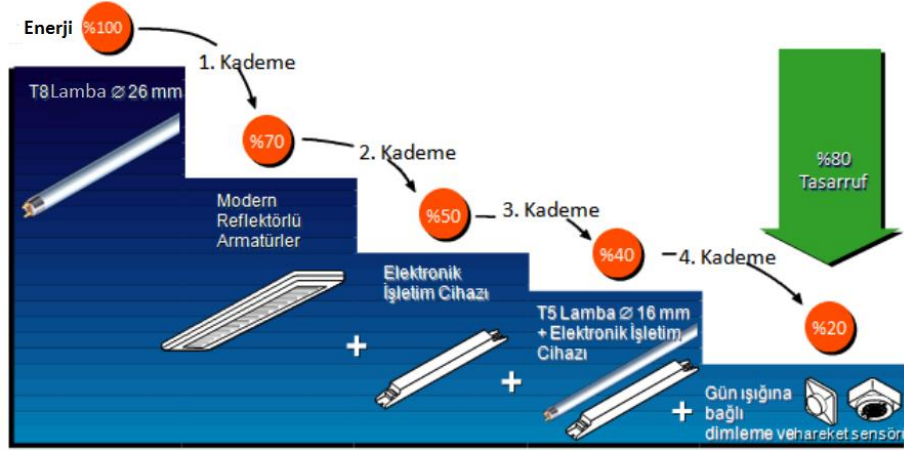
Flüoresan lambalarda kullanılan balastlar tüketim değerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Çizelge 3.2’de lamba gücü ile balast kaybının değerleri toplamı verilmiştir. 18 W gücündeki flüoresan lambada D sınıfı balast kullanıldığında toplam tüketimin 28 W ve üzeri değerde olacağı belirtilmiştir. Burdan D sınıfı balastın güç tüketiminin 10 W ve üzeri değerde olacağı anlaşılmaktadır. A1, A2, A3 tipi balastlar elektronik balastları ifade etmektedir. A1 tipi balastlar dimleme özelliği bulunan balastlardır. B1, B2, C ve D sınıfı balastlar manyetik balastlardır. Güç kayıplarındaki artışa uygun olarak harflendirme yapılmıştır. C ve D sınıfı balastların kullanımı, güç kayıplarının fazla olması nedeniyle Avrupa Birliği’ne üye ülkelerde durdurulmuştur [36].

Çizelge 3.2. Farklı tipte balastlar için güç sınırı değerleri [36]

| 26 mm çaplı tüp fluoresan lambalarla kullanılan balast sınıfları ve güç sınırlamaları | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|-----|
| | Fluoresan Lamba ve Balast Devresi Gücü (W) | | | | | | |
| Fluoresan Lamba Gücü (W) | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | C | D |
| 18 | 10.5 | =<19 | =<21 | =<24 | =<26 | =<28 | >28 |
| 36 | 19 | =<36 | =<38 | =<41 | =<43 | =<45 | >45 |
| 58 | 29.5 | =<55 | =<59 | =<64 | =<67 | =<70 | >70 |

Düşük verimli manyetik balastların kullanımının yerine elektronik balastlar tercih edilmelidir. 38 mm ve 26 mm çaplı flüoresan lambaların yerine 16 mm T5 flüoresan lambaların kullanılması hem daha fazla ışık akısı sağlamakta, hem de tüketimi azaltmaktadır.

Şekil 3.2’de flüoresan lambaların bulunduğu bir aydınlatma sisteminin nasıl daha verimli hale getirilebileceği kademeli olarak gösterilmektedir. Modern reflektörlü armatürlerle birlikte T5 flüoresan lambaların, gün ışığı veya hareket sensörleri ile birlikte kullanımı sonucu %80 oranında tasarruf edilebileceği belirtilmiştir [9].



Şekil 3.2. Flüoresan lambalarda verimliliği arttıran yöntemler [9]

3.3.3. Doğal aydınlatma

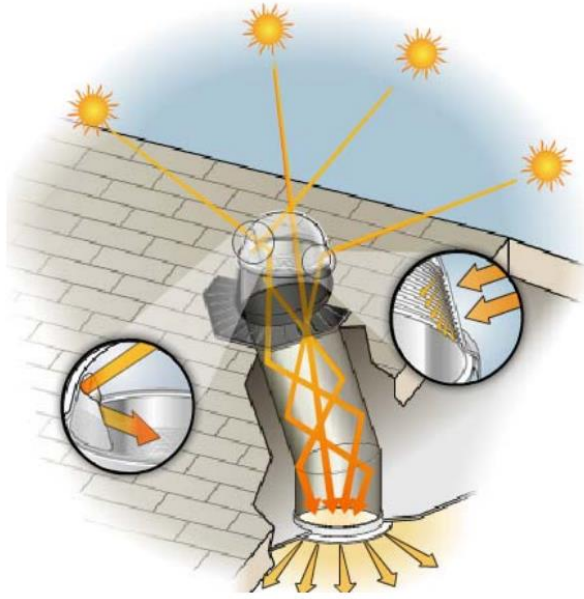
Bir binada gün ışığından yararlanma ölçüsünde aydınlatma tüketimi azaltmak mümkündür. Gün ışığından yararlanmanın gerekliliği hem yönetmeliklerde hem de ilgili standartlarda belirtilmiştir. Hem enerji tüketimi açısından hem de çalışanların verimliliği açısından gün ışığından faydalanmak zaruridir. Bununla ilgili tasarım yaparken, ışığın çalışma ortamını aydınlatması, doğrudan göze gelmemesi, mönitör üzerinde kamaşmaya neden olmamasına dikkat edilmelidir.

Gün ışığından iyi seviyede yararlanan yapılara tarihi camiler, hamamlar örnek verilebilir. Bu yapılar kubbe şeklindeki kısımlarında bırakılan açıklık ve pencereler sayesinde aydınlatma ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabilmektedir. Bunun yanında hastanelerdeki hasta odalarında da önemli ölçüde gün ışığından yararlanılmakta ve pencere alanı ile döşeme alanı arasındaki oranın en az %10 olması gerekmektedir [37].

Gün ışığı faktörü aydınlatma hesaplarında, bir ortama giren gün ışığı miktarını belirlemede kullanılır. CIE tarafından tanımlanan bu değer, %2 ve %5 arasında olması

ortamın yeterli düzeyde gün ışığından faydalandığını göstermektedir. Bu oranlar standartlar ile sınırlandırılmış ve %10 üzerinde olması kamaşma yaşanacağı ve konforda azalmaya sebep olacağından tavsiye edilmemektedir [38].

Pencerenin olmadığı alanlarda ya da ortamdaki bütün alanı eşit derecede gün ışığı ile aydınlatmak istendiğinde gün ışığı sistemlerinden yararlanılabilir. Bu sistemlerin temel prensibi dışardan gelen ışığı yansıtıcı borular kullanarak istenilen ortama aktarmaktır.



Resim 3.1. Gün ışığı tüpünün toplayıcı ve yansıtıcısı yapısı [39]

Resim 3.1’de bir gün ışığı tüpünün çatı uygulamasındaki şekli gösterilmiştir. Gün ışığı tüplerinin, çatı veya duvara üzerinde kalan kısımlar şeffaf yarım küre şeklinde olup, açık havadaki ışığı toplar. Işık, yansıtma katsayıları çok yüksek olan tüplere iletilir. Gerekli hallerde ışığın aktarımı için 90 dereceye kadar boru açıları ayarlanabilmektedir. Yansıtma katsayısının %98 dolaylarında olması nedeniyle ışık kaybı çok azdır. Tüplerden iletilen ışık istenilen ortama girerken, ışığın ortama eşit yayılmasını sağlayacak paneller bulunmaktadır [39].

Resim 3.2’de gün ışığı tüplerinin kullanımı ile aydınlatması yapılan hipermarket ve ofise ait fotoğraflar verilmiştir.



Resim 3.2. Gün ışığı tüplerinin hipermarket ve ofis aydınlatmasında uygulanması [39]

Gün ışığı tüplerinin farklı uzunluklarda ve boru çaplarında sağlayabildiği ışık akısı değerleri Çizelge 3.3’de yer almaktadır.

Çizelge 3.3. Gün ışığı tüplerinde boru çapları ve toplanan akı miktarları [39]

| <i>BORU ÇAPI</i> | <i>AYDINLATMA ALANI</i> | <i>POTANSİYEL MAKSİMUM UZUNLUK</i> | <i>TOPLANAN IŞIK AKISI (LÜMEN) Ortalama-max</i> |
|------------------|-------------------------|------------------------------------|---|
| 250 mm | 14-19 m ² | 6m | 3,000 - 4,600 |
| 350 mm | 23-28 m ² | 9m | 6,000 - 9,100 |
| 530 mm | 38-40 m ² | 15m | 13,500- 20,8500 |

Bu sistemler enerji tüketimini azaltmakla birlikte, gün ışığındaki ultraviyole ve sıcaklığın iletimini engellemektedir [39].

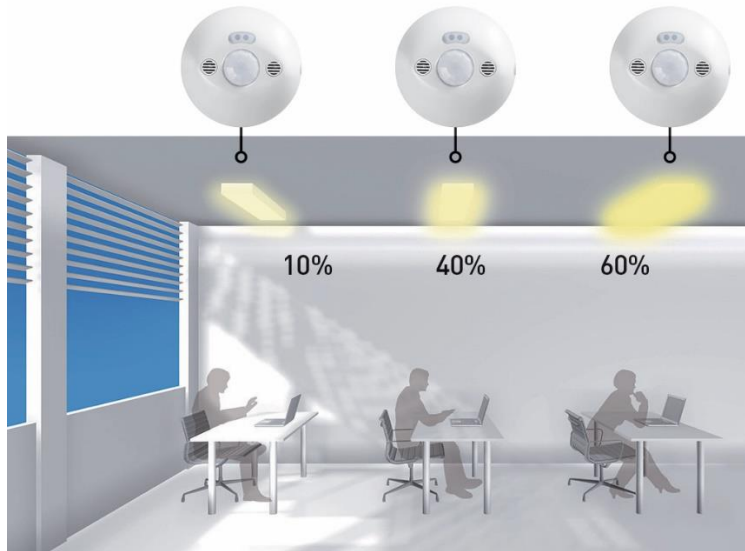
Türkiye’de güney cephede gün ışığının daha çok alınması nedeniyle, toplayıcı çanakların bu cepheye yerleşimi gereken ışık miktarını elde etmede avantaj sağlayacaktır.

3.3.4. Akıllı sistemler

Aydınlatmada akıllı kontrol sistemleri ortamın aydınlık seviyesinin gerekli düzeyde tutulmasını otomatik olarak ayarlayarak, enerji tüketiminin %30 dolaylarında azalmasını

sağlamaktadır. Çalışma saatlerinde gün ışığının değişken olması, kapalı havalarda ve akşam saatlerinde azalmasıyla aydınlatma şiddetinin artırılması ihtiyacı doğmaktadır. Gün ışığı ile bütünleşik olarak çalışan bu sistemlerde, mevcut aydınlık düzeyi sensörler ile ölçülerek ihtiyaç duyulan seviyenin altında olup olmadığı kontrol edilir. Eğer altında ise sistemde kullanılan dimmer cihazları sayesinde lambanın şiddeti gerekli miktarda artırılır. Sistem ayrıca, pencereye yakın kısımların aydınlık, uzak kısımların karanlık olması durumunda, karanlık kısımlardaki aydınlatma araçlarının devreye alarak oda içerisinde dengeli bir aydınlatma seviyesi oluşturmaktadır.

Resim 3.3’de gösterilen odada gün ışığı sensörü sayesinde pencereye yaklaştıkça lambalardaki ışık şiddetinin azaldığı görülmektedir. Aydınlatmanın ihtiyaç duyulduğu kadar kullanılması tasarruf sağlanmasında etkindir. Bunun yanında kullanıcıların aydınlatma için açma kapatma işlemlerine vakit harcamayacak olması zaman kaybının da önüne geçmektedir [27].

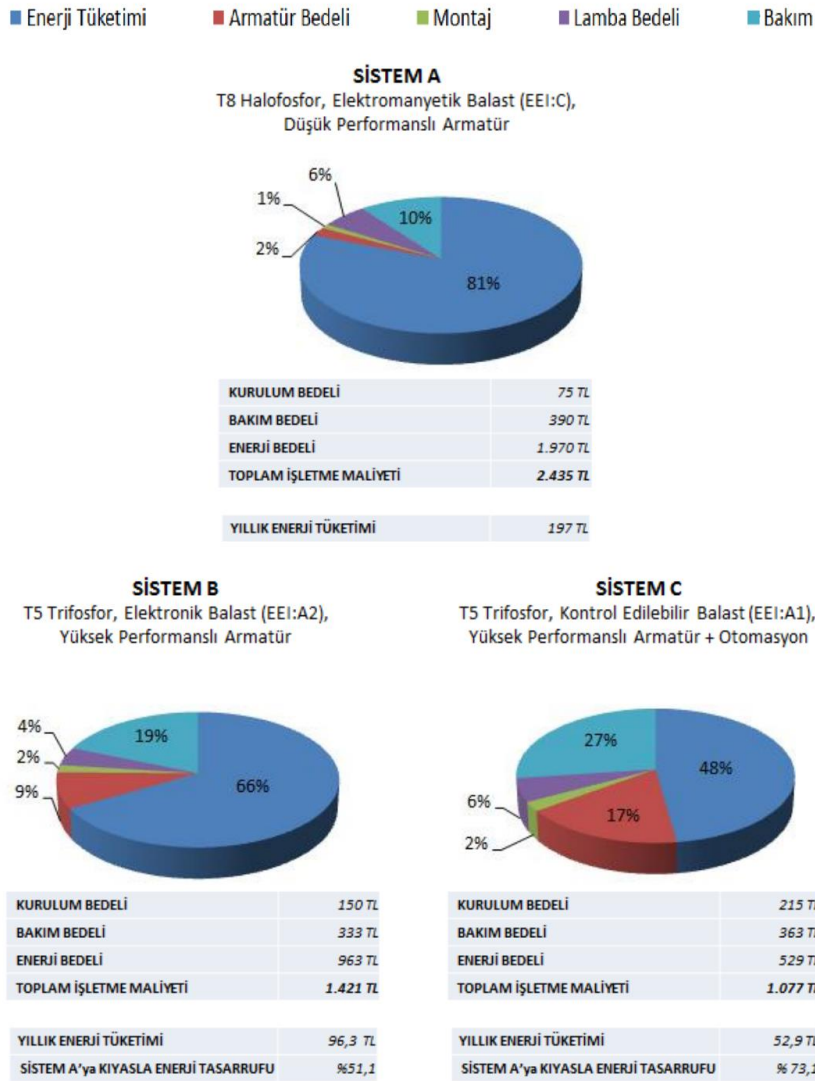


Resim 3.3. Gün ışığı sensörü ile ihtiyaç duyulan kısımların aydınlatılması [40]

Bu sistemlerde kullanılan varlık dedektörleri, odalarda kullanıcı olup olmadığını algılayarak çalışmanın olmadığı mekanlarda tasarruf moduna geçebilmektedir. Yalnızca varlık dedektörlerinin kullanılmasıyla kısa süreli ve sık kullanılan alanlarda %70 düzeyine varan enerji tasarrufuna ulaşmak mümkün olmaktadır. Varlık dedektörleri gereksiz

tüketimin olabileceği, kullanıcı sayısının az olduğu bölgelerde kullanılmalıdır. Çevre aydınlatmasında ise zaman saatleri veya fotoseller yardımıyla ışıklandırmanın ihtiyaç duyulmayan sürelerde kapanması sağlanmaktadır [41].

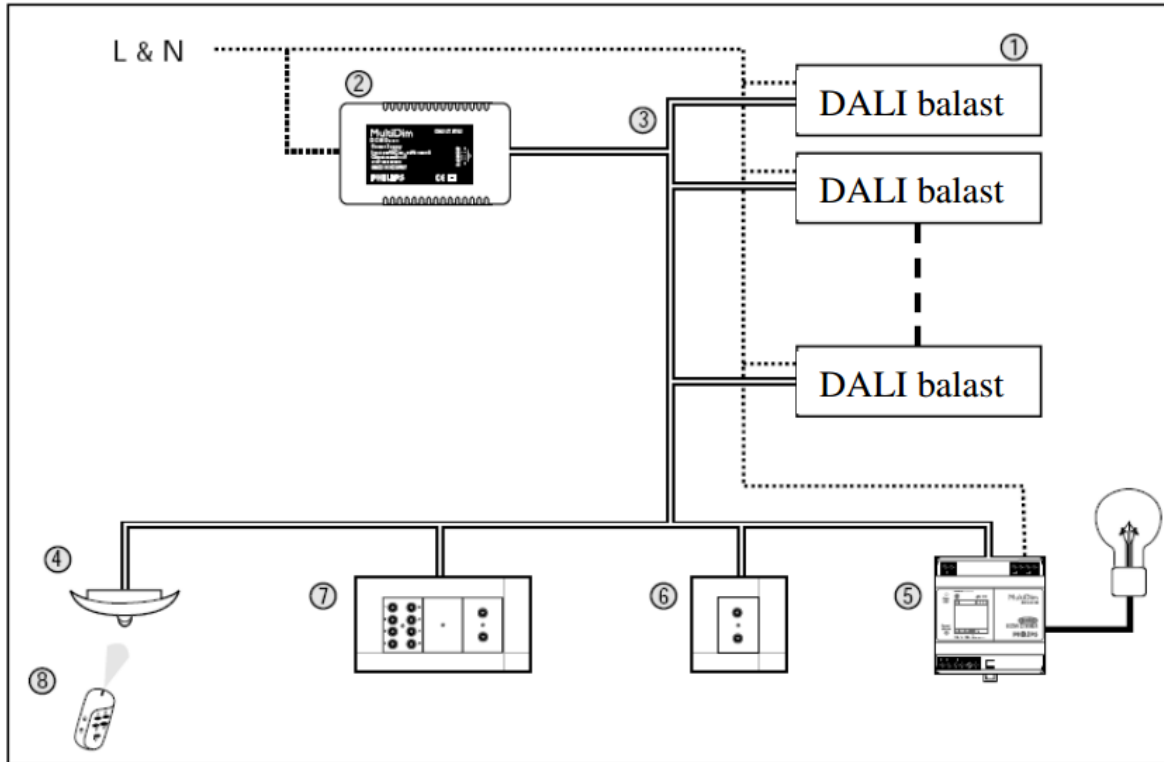
Şekil 3.3’de bir hastane aydınlatmasında kullanılabilecek farklı aydınlatma araçlarının maliyet ve enerji tasarrufu oranları kıyaslanmaktadır.



Şekil 3.3. Aydınlatma otomasyonu maliyet ve tasarruf kıyaslaması [42]

Aydınlatma için yüksek verimli T5 Trifosfor ve A1 sınıfı elektronik balast, otomasyon sistemi ile birlikte kullanıldığında, mevcut yapıya göre %73.1 enerji tasarrufu sağlamaktadır [42].

Günümüzde aydınlatma kontrolünde kullanılan sistemler için farklı protokoller oluşturulmuş, DALI (Digital Addressable Lightning Interface) protokolü için bir standart oluşturulmuştur. Bu protokol, sistemde kullanılan sensör ve lambalar arasındaki haberleşmenin ne şekilde yapılacağını belirlemektedir. Sistemde kullanılan kontrol hattı, enerji kablosundan bağımsız olduğu için mevcut sistemlere kolay entegre edilebilir. Veri kaybının yaşanmadığı ve ekransız kablo kullanımına ihtiyaç bulunmayan bu sistemde aydınlatma ekipmanları otomatik olarak algılanmaktadır. Aydınlatmada kullanılan en yaygın protokol olması nedeniyle üretici firmaların DALI simgesi ile ürettiği cihazlar sistem tarafından tanınmaktadır. Anahtarlama, dimleme, lambalar gruplandırılması, lambalar için acil durum senaryolarının oluşturulması gibi seçenekler sunmaktadır [43]. Şekil 3.4’te bir DALI sisteminin yapısı ve yer alan cihazlar gösterilmektedir.



Şekil 3.4. DALI aydınlatma sistemi topolojisi [43]

Sistemde balast, güç kaynağı, iletişim hattı, parlaklık açma ve kısma butonu, kumanda ve algılayıcısı bulunmaktadır. Haberleşmede kullanılan hat 2 iletkenlidir. Senaryo oluşturarak, bir odada olması gereken aydınlık seviyesine ulaşmaya kadar lambaların parlaklıkları artırılır. İstenen seviyeye gelindiğinde kaydedilen senaryo ile

DALI sistemi bu parametreye göre ortamın aydınlık seviyesini gün içerisinde ayarlamaktadır. Farklı mekanlar için farklı senaryolar oluşturulabilir. Örneğin toplantı odalarında sunum esnasında önceden kaydedilmiş farklı bir aydınlatma senaryosu kullanılabilir [44].

3.3.5. Yenilenebilir enerji sistemleri

Sürdürülebilir yapıların artması, kendi enerji ihtiyacını karşılarken çevreye verilen zararın azaltılmasını sağlamaktadır. Bu amaçla yapılarda fotovoltaik paneller kullanılabilir. Bu paneller şebekeden bağımsız olabilecekleri gibi enerji fazlası olması halinde şebekeye enerji verebilir. Bu şekilde kendi kullandığı elektrik enerjisini amorti edebilen yapılar mevcuttur.

Panellerin yerleşimi tasarım aşamasında belirlendiği takdirde bina ile daha bütünleşik bir görsellik sunmaktadır. Sonradan ilave edilen sistemlerde genellikle çatı kaplaması uygulaması yapılmaktadır. Bunun dışında cephe kaplamaları, güneş kırın olarak çeşitli kullanım şekilleri bulunmaktadır. Resim 3.4’de bir binanın cephe kaplamasında kullanılan fotovoltaik paneller gösterilmektedir. Bu panellerden en yüksek verim güney cephesine konuşturularak elde edilmektedir [45].



Resim 3.4. Bina cephesinde kullanılan bütünleşik panel uygulaması [45]

Fotovoltaik sistemlerin sık kullanıldığı dış aydınlatma üniteleri, geceleri kullanılması nedeniyle, ihtiyaç duyduğu enerjiyi gündüzleri depolayarak enerji sarfiyatını

düşürmektedir. Karayolu, park ve bahçe aydınlatmalarında kullanılan bu sistemler enerjilerini gün ışığından sağlar.

Güneş paneli ömürlerinin 20 yılı bulması, sisteme yapılan yatırımın amortisman süresini karşılmasına ve karlılığa geçmesine imkan sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarla 570 adet 125 W aydınlatma direklerinin solar enerjili düzeneğe geçirilmesiyle %63 oranında tasarruf edeceği ve 4 yıl içerisinde kendisini amorti edeceği belirtilmektedir [46].

Çevreye zarar veren fosil yakıtların, rezervlerinin gün geçtikçe azalması ve fiyatlarının artması, alternatif enerji yatırımlarının ivme kazanmasına neden olmaktadır.

3.4. Enerji Verimliliği Mevzuatının İncelenmesi

3.4.1. Enerji verimliliği kanunu

Türkiye’de enerji verimliliği kanunu enerji kullanımında etkin politikaların belirlenmesi, enerji maliyetlerinin neden olduğu ekonomik yükün azaltılması amacıyla çıkarılmış olup, verimlilik konusundaki bilincin artırılması ve verimlilik faaliyetlerinin desteklenmesini içermektedir.

Türkiye’deki tasarruf potansiyelinin %30’dan daha yüksek bir oranda olduğu bilinmektedir. Ayrıca 2020 yılı için beklenen enerji tüketim değerlerinde konusunda yapılan araştırmalar %15 oranında bir tasarruf potansiyeli olacağını belirtmektedir [47].

Kanunda yer alan destekler arasında enerji yoğunluğunu azaltma taahhüdünde bulunan işletmelere 200 000 Lira tutarında teşvik desteği bulunmaktadır. Bu taahhüt 3 yıl içerisinde enerji yoğunluğunun %10 azaltılmasıdır. Enerji verimliliği projelerinde 1 000 000 Lira tutarına kadar, 5 yıl ve daha kısa geri ödeme süreli projelerde 300 000 Lira tutarına kadar maliyetin %30’u oranında destek verilmektedir. Kobilere ise etüt ve danışmanlık giderleri için 30 000 Liraya kadar destek verilmektedir [48].

Kanun ile enerji verimliliği danışmanlığı yapabilecek şirketler, yetkilendirilmiş kurumlar tarafından yetki belgesi alarak, verimlilik artırıcı projelerin etüt, izleme, finansman, eğitim ve bakım onarımlarının yapılmasında görev alacaklardır. Yapılan etütler

sonucunda, verimliliğin sağlanması için proje hazırlanarak uygulamaya geçirilecektir. Gerekli finansmanın sağlanmasında, söz konusu danışmanlık şirketinin işletmeye taahhüt ettiği tasarruf miktarının parasal değeri kullanılacaktır. Sözleşme ile garanti edilen miktar danışmanlık masraflarının dışında tutulmaktadır [48].

Kanun kapsamında yapılan çalışmalar içerisinde, 2008 yılında yayınlanan genelge ile tüm kamu kurum ve kuruluşlarındaki akkor lambaların, kompakt flüoresan lambalarla değiştirilerek, elektrik tüketiminde 102 Mw'lık bir azalma elde edilmiştir. Bu değişim, kamu kurumlarının yıllık enerji maliyetlerinde 41 milyon liralık kazanç sağlamaktadır [49].

3.4.2. Binalarda enerji performansı yönetmeliği


Yönetmelik, binaların enerji tüketimlerine göre sınıflandırılarak belgelendirilmesini ve bu işlemin 2017 yılı sonuna kadar tamamlanmasını hedeflemektedir. Yetkili kuruluşlar tarafından binanın ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. sistemlerinde kullandığı enerji miktarı belirlenerek A, B, C, D, E, F, G şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu çalışma ile enerji tüketimi yüksek binalarda gerekli revizyonlar yapılması ve tüketimin uygun seviyelere düşürülmesi hedeflenmektedir.

Enerji kimlik belgesi, yapı kullanımına ilişkin izin alma sırasında ilgili idareye sunulacaktır. Yeni yapılacak yapılarda ise tüketim sınıfının C sınıfının altında olmaması gerekmektedir. Yeni binalar, aydınlatma, soğutma ve sıcak su için enerji tüketim değerlerinin birbirinden ayrı ölçülmesi ve izlenmesine olanak sağlamalıdır. Mevcut binaların enerji kimlik belgesi bulundurmaları için tanınan 10 yıllık süre 2 Mayıs 2017 tarihinde son bulacaktır [50].

Yönetmelikte, aydınlatmaya ilişkin kontrolün, konut olarak kullanılan alanların dışında, zaman, gün ışığı ve kullanıma göre yapılması istenmektedir. Yapay aydınlatma araçlarının gereksiz kullanımını engellemek için, fotosel, uzaktan kumanda ve zaman ayarlı sistemlerin kullanılacağı belirtilmiştir. Gün ışığının yeterli olduğu saatlerde ise bu cihazların kapalı konumlarını sürdürmesi istenmektedir. Değinilen bir başka konu da, akkor flamanlı lambaların kullanılmaması, A ve B sınıfı elektronik balastlarla birlikte

flüoresan lambaların kullanımının tercih edilmesidir. Aydınlatmada tüketilen enerji miktarının EN 15193 standardında belirtilen yöntem ile hesaplanması gerekmektedir [50].

Enerji kimlik belgesindeki nihai tüketim, katı, sıvı, gaz yakıtlarla birlikte elektrik tüketimini içerirken, birincil tüketim değerinde kullanılan elektriğin üretilmesi ve dağıtımındaki kayıplar da dahil edilmektedir. Resim 3.5’de standart bir enerji kimlik belgesinin formatı yer almaktadır.



ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Binanın

Tipi :
 İnşaat Yılı :
 Kapalı Kullanma Alanı :
 Ada, Parseli :
 Adresi :


Bina Sahibinin

Adı Soyadı :
 Adresi :

Müşterek Tesisatların Sahibi (gerekliyse)

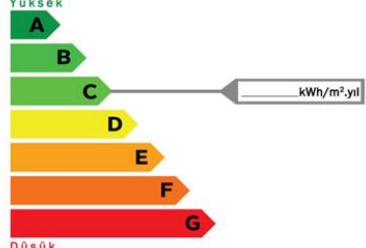
Adı Soyadı :
 Adresi :

Binanın Resmi



Enerji Performansı

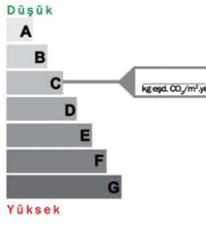
Yüksek



Düşük

SEG Emisyonu

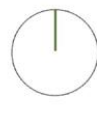
Düşük



Yüksek

Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı

%



| Enerji Kullanım Alanı | Kullanılan Sistem | Yıllık Enerji Tüketimleri | | | Sınıfı |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------------|----------|
| | | Nihai (kWh/yıl) | Birincil (kWh/yıl) | Kullanım Alanı Başına (kWh/m2.yıl) | |
| TOPLAM | | | | | ABCDEF G |
| ISITMA | | | | | ABCDEF G |
| SİHHİ SICAK SU | | | | | ABCDEF G |
| SOĞUTMA | | | | | ABCDEF G |
| HAVALANDIRMA | | | | | ABCDEF G |
| AYDINLATMA | | | | | ABCDEF G |

Açıklamalar

Belgenin

Numarası :
 Veriliş Tarihi :
 Son Geçerlilik Tarihi :

Belgeyi Düzenleyenin

Adı Soyadı :
 Firması :
 Oda Sicil Nosu :

İmza

Resim 3.5. Binalarda bulundurulması zorunlu olan enerji kimlik belgesi [51]

BEP-TR (Bina Enerji Performansı Yazılımı) ile binanın coğrafi konumu ve mimari yapısı programa girilerek aydınlatma enerji performansı belirlenebilmektedir. Bu program standartlarda tanımlanan yöntemlere uygun şekilde hesaplama yapabilmektedir. Ayrıca programa işlenen veriler sayesinde yapılar, ulusal veri tabanına kaydedilmektedir.

Aydınlatma enerjisi performansının hesaplanması için kullanılacak yöntemler, 07.12.2016 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ ekinde verilmiştir. Buna göre, bina içi bir mekanda yıllık aydınlatma enerjisi tüketim miktarı, parazit güç için harcanan enerji ile aydınlatma için harcanan enerjinin toplamından oluşur.

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \text{ (kWh)}$$

Eşitlikte bulunan $W_{L,t}$ ifadesi aydınlatma için harcanan enerjiyi, $W_{P,t}$ ifadesi ise sisteminde parazit güç olarak tüketilen enerjiyi belirtmektedir. Aydınlatma için harcanan enerji ($W_{L,t}$) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$W_{L,t} = \sum \{ (P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)] \} / 1000 \text{ (kWh)}$$

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)

Parazit güç için harcanan enerji ($W_{P,t}$) ise aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$W_{P,t} = \sum \{ (P_{ppc} \times [t_y - (t_D + t_N)]) + (P_{em} \times t_{em}) \} / 1000 \text{ (kWh)}$$

P_{ppc} : Bir hacimdeki toplam parazit güç

t_y : Bir yıl içindeki toplam süre(h)

t_D : Gün saatleri kullanımı (h)

t_N : Gün saatleri dışında kullanım (h)

P_{em} : Acil durum aydınlatma aygıtlarının şarj güçlerinin toplamı

t_{em} : Acil durum aydınlatma aygıtlarının şarj süresidir (h)

3.4.3. Enerji kaynaklarının ve enerji kullanımında verimliliğin artırılmasına dair yönetmelik

Yönetmeliğin önemli maddelerinden biri, kamu kurum ve kuruluşlarındaki enerji tüketiminin 2023 yılına kadar %20 oranında düşürüleceğidir. Bunun ölçülmesinde, kuruluşların Elektrik İşleri Etüt İdaresine bildirdikleri birim faaliyet başına tükettikleri enerji miktarları esas alınacaktır.

Yönetmelikte yer alan diğer bir husus da enerji yöneticisi bulundurma yükümlülüğündeki kamu binalarında verimliliğin artırılmasına yönelik etütlerin yapılacağı veya yaptırılacağıdır. Bu etütler sonucu alınması gereken önlemlere ve uygulamalara, ilgili bakım onarım ödeneklerinin kullanımı sırasında öncelik verecektir.

Kamu kurum ve kuruluşları ile birlikte üretim, sağlık, okul gibi sektörlerde faaliyet gösteren kuruluşların, geriye dönük 3 yıllık enerji tüketim miktarlarını Elektrik İşleri Etüt İdaresine bildirme zorunluluğu bulunmaktadır. Bu bildirim 5 yılda bir yapılacaktır. Enerji yöneticisi bulundurma yükümlülüğündeki işletmeler ise her yıl formata uygun olarak bu işlemi yapacaktır [53].

Yönetmelikte, enerji tüketiminin azaltılması için alınabilecek tedbirler arasında, flüoresan veya LED'li lambaların kullanılması, yüksek yansıtıcıli armatürlerin kullanılması, gün ışığının yansıdığı kısımlarda bulunan lambalar ile diğer kısımlardaki lambaların birbirinden ayrı kontrolünün sağlanması yer almaktadır [53].

4 İÇ MEKANLARDA AYDINLATMA HESABI VE TERMİNOLOJİ

4.1. Aydınlatmada Kullanılan Terimler

Işık rengi: Siyah metal bir cisim ısıtıldığında çevreye yaydığı ışınım önce kırmızı renkte görünürken, sıcaklığın artmasıyla 3200 Kelvin civarında bu rengin sarıya ve 5000 Kelvinden sonra ise maviye dönüştüğü gözlenmiştir. Gün ışığının spektrumu da prizma ile renklerine ayrıldığında kırmızıdan maviye farklı dalga boylarından oluştuğu görülmüştür. Bu nedenle ışığın renk sıcaklığı ifade edilirken hangi renk tonuna daha yakın olduğu Kelvin birimiyle ifade edilir. TS EN 12464 standardın lambaların renk görünüm grupları 3'e ayrılmış, 3300 K altındaki renkler sıcak, 5500 üstü renkler soğuk ve bu iki değer arasında kalan renkler ara renk olarak tanımlanmıştır [54]. Şekil 4.1'de farklı tipte lambaların renk sıcaklığı değerleri ve görünüşleri yer almaktadır.

| Lamba Rengi | Görünüm | Referans Işık Kaynağı | Renk Sıcaklığı Kelvin (K) |
|-------------|-----------|-----------------------|---------------------------|
| Mavi | | Bulutlu Gökyüzü | 8.000 |
| | | | 7.500 |
| | | | 7.000 |
| Gün Işığı | | | 6.500 |
| | | | 6.000 |
| | | | 5.500 |
| | | | 5.000 |
| Soğuk | Açık Mavi | Gün Ortası Gökyüzü | 4.500 |
| | | | 4.000 |
| | | | 3.500 |
| Nötr | Beyaz | | 3.000 |
| | | | 2.500 |
| Ilık | Sarı | | 2.000 |
| | | | 1.500 |
| Kırmızı | Turuncu | Gün doğumu | 2.000 |
| | | | 1.500 |
| Kırmızı | | Mum ışığı | 1.500 |
| | | | 1.000 |

< Günışığı Floresant, Ra84
< Şeffaf Civa Buharlı Lamba, Ra15-55
< Günışığı metal halide, Ra 70-80

< Soğuk Beyaz Floresant, Ra 60-90
< Şeffaf Metal Halide, Ra 65-80

< 4000 K Floresant, Ra 70-80
< Kendinden Balastlı Civa Buharlı, Ra 50
< Ilık Beyaz Metal Halide, Ra 65
< Quartz Halogen Lamba, Ra 80

< 3000 K Floresant, Ra 70-80
< Enkandesen Lamba, Ra 99+

< Yüksek Basınçlı Sodyum, Ra10-70

< Alçak Basınçlı Sodyum Lamba, Ra 0-20

Şekil 4.1. Farklı değerlerdeki renk sıcaklıklarının görünümü [55]

Kamaşma: Işık dağılımının uygun şekilde yapılmaması ve aşırı kontrastın oluşması halinde, gözün ışığa adaptasyonu güçleşmektedir. Bu durum, görme yeteneğini kısıtlayarak, nesnelerin ve detayların yeterince algılanamamasına neden olmaktadır. İleri yaşlarda gözün uyum yeteneği daha da azalmaktadır. Rahatsız edici kamaşmaya örnek olarak, trafikte arkadan gelen araç farının gözü rahatsız etmesi veya fotoğraf makinası flaşının patlaması gibi durumlar gösterilebilir. Resim 4.1’de görme yeteneğinin kısıtlandığı, bir kamaşma örneği gösterilmektedir. Bu durumun yaşanmaması için kamaşma değerinin belirli sınırlar içerisinde olması gerekir. CIE tarafından belirlenen ve standartta yer alan hesaplama yöntemi birleşik kamaşma değerini logaritmik yöntemle ifade etmektedir [54].

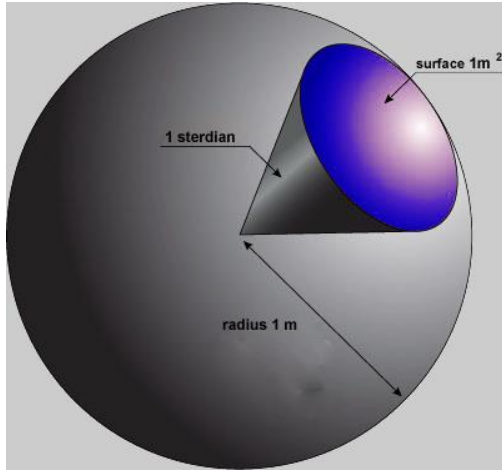


Resim 4.1. Rahatsız edici kamaşma örneği [56]

Işık Akısı: 1 metre yarıçapındaki kürenin merkezine ışık kaynağının konulduğunda, kürenin yüzeyinden geçen toplam ışık miktarı ölçülür. Yarıçap 1 m olarak alındığından kürenin yüzey alanı 4π m² olacaktır. Bu değer ışık ışık şiddeti ile çarpımı küreden geçen ışık akısı miktarını verir. Işık şiddeti I sembolü ile gösterilirse ışık akısı formülü $4\pi * I$ olacaktır. Formül sonucu ışık akısı değeri Lümen cinsinden elde edilir [54].

Işık Şiddeti: Işık akısının belirlenmesinde kürenin bütün yüzeyinden geçen ışık miktarı kullanılırken, ışık şiddetinin belirlenmesinde yalnızca birim yüzey alanına düşen ışık miktarı kullanılır. Işık akısından yola çıkarak ışık şiddeti belirlenmek istenilirse, 1 m yarıçaplı kürenin yüzeyi $4\pi \text{ m}^2$ olacaktır. Eğer ışık akısı 1 lümen olarak alınırsa, $(1 \text{ lümen}) / (4\pi \text{ m}^2)$ işleminin sonucu, ışık kaynağı şiddetini candela cinsinden verecektir. Bu yöntem ışığın her yöne eşit olarak yayılması durumunda geçerlidir. Günümüzde armatürlerin ışık dağılımlarını gösteren fotometrik eğrilerde, bu değer farklı açılar için farklı şiddetlerde betimlenmektedir [54].

Resim 4.2’de küre merkezindeki noktasal ışık kaynağının akısının, 1m^2 ’lik alana düşen kısmı gösterilmektedir. Bu değer aynı zamanda ışık şiddetini verir.



Resim 4.2. Noktasal ışık kaynağı ve küre [57]

Aydınlık Düzeyi: Yüzey alanı 1 m^2 olan yer için, ışık akısının bulunmasıyla aydınlık düzeyi lüx cinsinden elde edilir. Işık şiddeti ile aydınlık düzeyi arasındaki fark, ışık şiddeti elde edilirken yüzeyin kaynağa olan uzaklığının sabit 1m olarak ifade edilmesidir. Aydınlık düzeyinde ise bu uzaklık aydınlatılacak alanın kaynaktan ne kadar uzak olduğuna bağlı olarak değişmektedir. Işık şiddetinden yola çıkarak, aydınlık düzeyi hesaplanmak istenilirse, I/r^2 formülüyle, aydınlık düzeyinin kaç lux olduğu bulunabilmektedir. Akıdan yola çıkıldığında, toplam akının yüzey alanına bölünmesiyle elde edilir [54].

Renksel Geriverim: Doğal gün ışığı referans olarak alındığında, aydınlatılan alandaki nesnelerin renkleri, yapay ışığın etkisiyle olduğundan farklı algılanabilir.

Renklerin ne derece doğru algılandığının belirlenmesi için renksel geriverim endeksi karşılaştırması yapılır. Gün ışığının geriverim endeksi 100 olarak kabul edilmiş olup, renksel geriverimi bu değere yakın ışık kaynakları altında, renkler doğal görünümüleriyle algılanabilmektedir. Renksel geriverim için sınır değerler yapılan işin niteliğine göre değişmekte ve standartlarda yer almaktadır. İnce işlerin yapıldığı ve detayların önemli olduğu alanlarda sınır değeri yüksek, genel aydınlatma alanlarında ise sınır değeri daha düşüktür [54].

Resim 4.3’de, yol aydınlatması için kullanılan, farklı renksel geriverime sahip lambalar görülmektedir. Soldaki resimde renksel geriverimi düşük sodyum buharlı lambalar, sağdaki resimde ise renksel geriverimi yüksek olan LED lambalar kullanılmıştır. LED lambalar ile yapılan aydınlatmada nesnelerin doğal renklerinin daha net algılandığı görülmektedir.






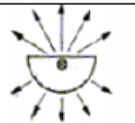

Resim 4.3. Renksel geriverimi farklı lambalarla yapılan yol aydınlatması [58]

Parıltı: Işık bir yüzeyden yansırken, gözlemcinin bulunduğu noktaya göre ışığın geliş açısı, yansıyan ışığın miktarı ve yüzeyin görünen kısmı değişiklik gösterir. Ayrıca yüzeylerin yansıtma katsayıları da yansıma miktarında etkilidir. Bu da aydınlık düzeyi ile gözün algıladığı düzey arasında farklılık yaratmaktadır. Gözlemcinin konumuna ve yüzeyin yansıtma katsayısına göre hesaplanan parıltı değeri birim alandan yansıyan ışık miktarıdır. Birimi cd/m^2 dir [54].

4.2. Aydınlatma Türleri

Aydınlatma için, kullanıldığı mekana göre, kullanım amacına göre ve ışığın geliş şekline göre farklı gruplandırmalar yapılmıştır. Mekana göre ele alındığında, iç aydınlatma ve dış aydınlatma olarak sınıflandırılırken, kullanım amacına göre değerlendirildiğinde, dekoratif amaçlı, fizyolojik amaçlı, dikkat çekme amaçlı aydınlatma sistemleri bulunmaktadır.

Lamba armatürleri, ışığın yönünü farklı doğrultulara yönlendirerek kullanım amacına uygun bir aydınlatma yapılmasını sağlar. Işığın %90 ve üzeri bir oranda doğrudan aydınlatılacak yüzeye gönderildiği aydınlatma şekli direkt aydınlatma olarak tanımlanır. Spot lambaları, fabrika, atölye gibi alanlarda kullanılır. Endirekt aydınlatmada ışığın %90 ve üzerindeki büyük kısmı tavana yansıtılır. Işığın daha loş olması gereken yerlerde, dinlenme salonlarında ya da dekorasyonun öne çıktığı alanlarda kullanılmaktadır. Yarı direkt aydınlatma %60 ila %90 arasında ışık aydınlatılacak yüzeye yansıtılırken, geri kalan kısım tavana yansımaktadır. Yarı endirekt aydınlatmada ise ışık %10 ile %40 oranında alt yarı uzaya, kalan kısmı da üst yarı uzaya yansıtılır. Yansıma ve kamaşmayı azaltıp görme konforunu artırdığı için tercih edilirler [59].

| AYDINLATMA ŞEKLİ | AYDINLATMA ARACI TİPİ | IŞIĞIN YAYILIŞI | |
|--|--|-----------------|------------|
| | | YUKARI | AŞAĞI |
| Direkt (Dolaysız) |  | % 0 - 10 | % 90 - 100 |
| Yarı Direkt (Yarı Dolaysız) |  | % 10 - 40 | % 90 - 60 |
| Dağınık (Yayınık) (Karma) (Homojen) |  | % 40 - 60 | % 60 - 40 |
| Yarı Endirekt (Yarı Dolaylı) |  | % 60 - 90 | % 40 - 10 |
| Endirekt (Dolaylı) |  | % 90 - 100 | % 10 - 0 |

Şekil 4.2. Aydınlatma türlerinde ışığın dağılımı ve yansıma oranları [60]

Şekil 4.2’de aydınlatma türüne bağlı olarak ışık akısının yukarı ve aşağı yöndeki dağılım oranları gösterilmektedir.

4.3. Aydınlatma Hesabının Yapılması

Aydınlatma hesabı yapılırken odanın en, boy uzunlukları ile armatürün çalışma zeminine uzaklığında yararlanılarak oda indeksi değeri bulunur.

$$k = (A \times B) / (h \times (A + B))$$

A: Odanın eni (m)

B: Odanın boyu (m)

h: Aydınlatılacak yüzey ile armatür arasındaki mesafe (m)

H: Odanın yüksekliği (m)

Bu hesabın gerçekleştirilmesi için oluşturulan bir oda için aşağıdaki bilgiler verilmiştir:

Yüksekliği 3 metre, eni 3 metre, boyu 4 metre olan bir odada, aydınlatılacak yüzeyin yerden yüksekliği 0,85 metredir. Armatür tij boyu 0,4 metre ve aydınlık düzeyinin 300 lüks olması istenmektedir. Odanın tavan, duvar ve zemin için yansıtma katsayıları sırasıyla 0,8 ; 0,5 ; 0,3 olarak belirlenmiştir. Oda 32 W flüoresan lamba ile aydınlatılacaktır. Bu durumda:

$$h = H - (\text{Çalışma yüzeyinin yüksekliği} + \text{Tij boyu})$$

$$h = 3 \text{ m} - (0,85 \text{ m} + 0,4 \text{ m})$$

$$h = 1,75 \text{ m}$$

olarak bulunur. Oda indeksi değeri ise:

$$k = (A \times B) / (h \times (A + B))$$

$$k = (3 \text{ m} \times 4 \text{ m}) / (1,75 \text{ m} \times (3 \text{ m} + 4 \text{ m}))$$

$$k = 0,98$$

olarak elde edilir.

Örnekte verilen yansıtma faktörleri ile oda indeksi değerine bakılarak Çizelge 4.1'den verim faktörü bulunur.

Duvar, tavan ve zeminde, ışığın hangi oranda yansıtacağı yansıtma faktörü ile ifade edilir. Yansıtma faktörü, yüzeyde kullanılan malzemeye ve yüzey rengine göre 1.00 ile 0.00 arasında bir değer alabilir. Beyaz renkli duvar boyasında yansıtma faktörü 0,30-0,70 değerleri arasında yer almaktadır [61].

Örnek olarak belirlenen odada, yansıtma faktörleri tavan, duvar ve zemin için sırasıyla 0,8; 0,5 ve 0,3 olarak verilmiş, oda indeksi değeri 0,98 olarak bulunmuştur. Bu durumda verim faktörü Çizelge 4.1’den yararlanılarak yaklaşık 0,36 olarak bulunur.

Çizelge 4.1. Oda endeksine göre verim faktörleri tablosu [62]

| VERİM TABLOSU | | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tavan | 0.80 | | | | 0.50 | | | | 0.30 | |
| Duvar | 0.50 | | 0.30 | | 0.50 | | 0.30 | | 0.10 | 0.30 |
| Zemin | 0.30 | 0.10 | 0.30 | 0.10 | 0.30 | 0.10 | 0.30 | 0.10 | 0.30 | 0.10 |
| Oda indeksi $k = \frac{axb}{lx(a+b)}$ | VERİM FAKTÖRÜ η | | | | | | | | | |
| 0.60 | 0.24 | 0.23 | 0.18 | 0.18 | 0.20 | 0.19 | 0.15 | 0.15 | 0.12 | 0.15 |
| 0.80 | 0.31 | 0.29 | 0.24 | 0.23 | 0.25 | 0.24 | 0.20 | 0.19 | 0.16 | 0.17 |
| 1.00 | 0.36 | 0.33 | 0.29 | 0.28 | 0.29 | 0.28 | 0.24 | 0.23 | 0.20 | 0.20 |
| 1.25 | 0.41 | 0.38 | 0.34 | 0.32 | 0.33 | 0.31 | 0.28 | 0.27 | 0.24 | 0.24 |
| 1.50 | 0.45 | 0.41 | 0.38 | 0.36 | 0.36 | 0.34 | 0.32 | 0.30 | 0.27 | 0.26 |
| 2.00 | 0.51 | 0.46 | 0.45 | 0.41 | 0.41 | 0.38 | 0.37 | 0.35 | 0.31 | 0.30 |
| 2.50 | 0.56 | 0.49 | 0.50 | 0.45 | 0.45 | 0.41 | 0.41 | 0.38 | 0.35 | 0.34 |
| 3.00 | 0.59 | 0.52 | 0.54 | 0.48 | 0.47 | 0.43 | 0.43 | 0.40 | 0.38 | 0.36 |
| 4.00 | 0.63 | 0.55 | 0.58 | 0.51 | 0.50 | 0.46 | 0.47 | 0.44 | 0.41 | 0.39 |
| 5.00 | 0.66 | 0.57 | 0.62 | 0.54 | 0.53 | 0.48 | 0.50 | 0.46 | 0.44 | 0.40 |

Ulaşılması hedeflenen aydınlık düzeyi ve oda alanının çarpımıyla gerekli ışık akısına ulaşılır. Ancak oda yüzeylerindeki kirlenme faktörü, gerekli akı miktarını artıracığından, kirlenme faktörü de çarpım şeklinde denkleme katılır. Gereken akı miktarının, lambanın akısı ve oda verimine bölünmesiyle kaç adet lamba gerektiği bulunur [61].

$$n = (d \times E \times A) / (\varphi \times \eta)$$

n: Gerekli armatür sayısı

d: Kirlenme faktörü

E: İstenilen aydınlık düzeyi (lx)

A: Odanın alanı (m²)

φ : Lambanın ışık akısı (lm)

η : Odanın verim faktörü

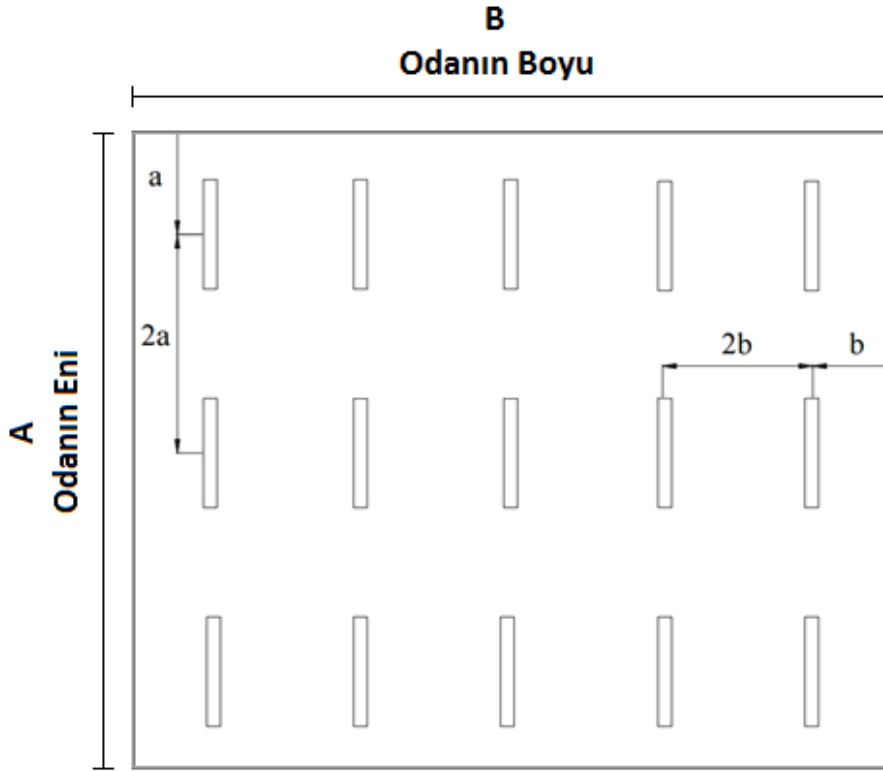
Örnek olarak bilgileri verilen odada, 32 W flüoresan lamba kullanılacağı belirtilmiştir. Bu durumda üretici firma kataloğuna bakılarak ışık akısı belirlenir. Işık akısı 1400 lümen, oda alanı 12 m² olarak belirlenmiştir. Kirlenme faktörü 1,25 olarak alınmıştır. Bu durumda kullanılacak lamba adedi 15 olarak bulunur.

$$n = (d \times E \times A) / (\phi \times \eta)$$

$$n = (1,25 \times (500 \text{ lx}) \times (12 \text{ m}^2)) / ((1400 \text{ lm}) \times 0,36)$$

$$n = 14,88 \approx 15 \text{ adet}$$

Lambalar konumlandırılırken, lamba ve duvar arasında 1 birim, iki lamba arasında 2 birim mesafe olacak şekilde konumlandırılır. Bu durum Şekil 4.3’de 15 adet armatür için gösterilmektedir. Şekilde “a” olarak ifade edilen değer, odanın eni eksenindeki lambaların arasındaki mesafedir. “b” olarak ifade edilen değer ise odanın boyu eksenindeki lambaların arasındaki mesafedir.



Şekil 4.3. Armatürlerin oda içerisinde yerleşimi [63]

5 İLLER BANKASI TARAFINDAN YAPTIRILAN TESİSLERDE AYDINLATMA HESAPLARININ YAPILMASI

5.1. Atıksu Arıtma Tesislerinde Çevre Aydınlatması

Bir atıksu arıtma tesisinin işletilmesinde hem açık alanlarda hem de kapalı alanlarda işlem yapmaktadır. Suyun tesise alınması, arıtılması ve deşarj edilmesine kadar gerçekleşen işlemlerin hemen hepsi açık alan havuzlarında ve kanallarında gerçekleşmektedir. Bu yapılarda bulunan mekanik ekipmanlar arasında pompalar, bant konveyörler, yağ sıyrıcılar, vanalar, hareketli köprüler bulunmaktadır. Hareketli mekanik sistemlerin ve havuzların bulunduğu bu yapılarda, işletme personelinin sağlıklı ve güvenli bir şekilde hareket edip işlem yapabilmesi için bu alanların yeterli düzeyde aydınlatılması önemlidir. Tesisin işletilmesi sırasında bu ekipmanların gözetim altında tutularak açma kapama işlemlerinin yapılması, arıza durumunda müdahale edilmesi gerekmektedir.

Açık alanlarda gündüz güneş ışığından faydalanılmakta, akşamları çevre aydınlatması devreye girmektedir. Çevre aydınlatması, çalışma saati ve kurulu güç bakımından incelendiğinde, tesisin kapalı alanlarına göre hem daha uzun kullanılmakta hem de daha fazla güç tüketmektedir. Bu nedenle aydınlatma verimliliğinin sağlanmasında çevre aydınlatması armatürlerinin seçimi ve doğru pozisyonlandırılması daha büyük bir rol oynamaktadır.

Açık alanların aydınlatılmasında uygulanan TS EN 12464-2 standardında, su ve atık su tesislerindeki alanlar, 3 farklı kategoriye ayrılarak gerekli aydınlatma düzeyleri belirlenmiştir. Bu düzeyler Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Su ve atıksu tesisleri aydınlatması için standartta yer alan değerler [13]

| Tablo 5.15 — Su ve Atıksu Tesisleri | | | | | |
|-------------------------------------|--|-----|------|----|----|
| Ref. no. | Alan – Görev – Aktivite Türleri | lx | UGRL | U0 | Ra |
| 5.15.1 | Servis aletlerinin kullanımı, manuel vanaların kullanımı, motorların çalıştırılması – durdurulması, filtrasyon ve sıyırıcı yapılarında | 50 | 0,4 | 45 | 20 |
| 5.15.2 | Kimyasalların kullanılmasında, su kaçağı tespitinde, pompa değişiminde, genel bakım çalışmalarında, enstrümanların okunmasında | 100 | 0,4 | 45 | 40 |
| 5.15.3 | Elektrikli cihazların ve motorların tamirinde | 200 | 0,5 | 45 | 60 |

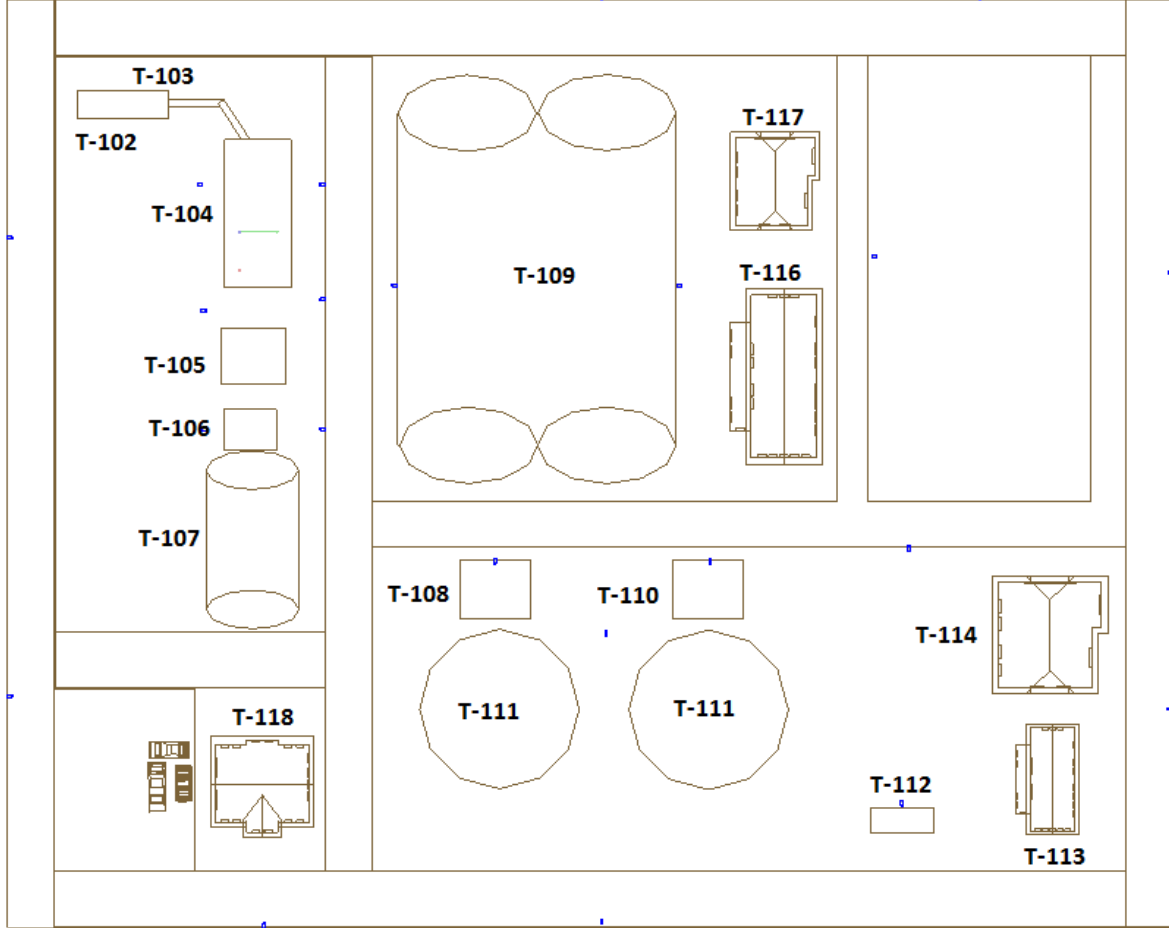
Görüldüğü gibi tesisin doğru şekilde aydınlatılması için açık alanların kullanım amacına göre sınıflandırılması ve aydınlatma tasarımı yapılırken belirtilen kriterlere ulaşılması gerekmektedir.

Tesis içindeki taşıt yolunda araçların hızlı gitmesi mümkün olmayıp, ilgili standartta maksimum 10 km/sa hızla hareket eden araçlar için belirlenen aydınlatma düzeyi 10 lüks olarak belirtilmiştir. Yaya yollarında $E_m = 5$ lüks, havuz ve tankların bulunduğu alanlar için $E_m = 5$ lüks $R_a = 20$ olarak belirlenmiştir.

Arıtma tesisi çevre aydınlatmasını yaparken simülasyon programı kullanılması hesaplamada kolaylık sağlamamakla beraber, farklı armatür ve direk tiplerini denemekte kolaylık sağlamaktadır. Aydınlatması yapılan yüzeylerdeki aydınlık düzeyleri, ortalama aydınlık düzgünlükleri gibi bilgiler, program çıktısı olarak alınabilmektedir. Böylece simülasyon ortamında armatür yerleşimi yapıldıktan sonra yüzeylerdeki aydınlatma verilerine kısa sürede ulaşılmasına imkan sağlamaktadır. Tesisin aydınlatma simülasyonu için DIAL GmbH şirketi tarafından sağlanan DIALux isimli program seçilmiştir. DIALux, bütün tasarımcılara ücretsiz olarak sunulan bir aydınlatma hesabı programıdır. Ulusal ve uluslararası aydınlatma standartlarına uygun biçimde tasarım yapılmasına imkan sağlar. Aydınlatma sektöründeki üretici firmalar, ürettikleri armatürler için ışık dağılım eğrilerini DIALux programının formatına uygun şekilde oluşturmaktadır. Böylece tasarımı yapılacak ortamda farklı armatür tipleri denenebilir ve kıyaslama yapılabilir.

Arıtma tesisinin genel yerleşim planı DIALux programı üzerinde hazırlanarak aydınlatma armatürleri istenen pozisyonlara yerleştirilmiştir. Program çıktısı olarak tesisin

bütün kısımlarındaki aydınlatma şiddeti 3 boyutlu olarak elde edilmiştir. Şekil 5.1 ve Resim 5.1’de 100 m uzunluğunda ve 125 m genişliğinde bir arıtma tesisinin DIALux programında hazırlanmış vaziyet planının üstten görünümü ve 3 boyutlu görünümü sunulmuştur.



Şekil 5.1. Atıksu arıtma tesisi vaziyet planı üstten görünümü

Tesiste yer alan binalar şunlardır:

- T102 - Kaba Izgara ve Yaklaşım Kanalı
- T103 - İnce Izgara
- T104 - Kum Tutucu
- T105 - Giriş Terfi Merkezi
- T106 - Dağıtma Yapısı
- T107 - Anaerobik Havuzlar
- T108 - Dağıtma Yapısı – 2

- T109 - Havalandırma Havuzları
- T110 - Dağıtma Yapısı – 3
- T111 - Son Çökeltme Havuzları
- T112 - Debimetre ve Numune Alma Yapısı
- T113 - Geri Devir Terfi Merkezi
- T114 - Çamur Susuzlaştırma Binası
- T116 - Blower Binası
- T117 - Trafo-Jeneratör Binası
- T118 - İdare Binası

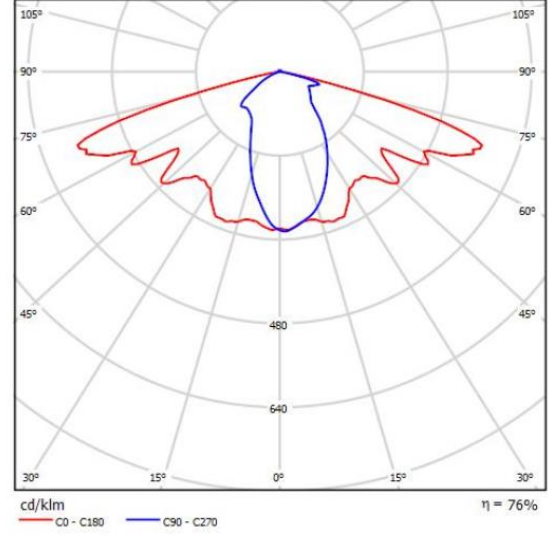


Resim 5.1. Atıksu arıtma tesisi vaziyet planı 3 boyutlu görünüm

Tesisin çevre aydınlatmasında etkinlik faktörü 93.7 olan, 100W gücünde yüksek basınç sodyum buharlı lamba kullanılmıştır. Armatüre ait ışık dağılım eğrisi Resim 5.2’de verilmiştir. Bu bilgiler DIALux programında veri yaprağı olarak aşağıdaki şekilde tutulmaktadır.



Işık yayımı 1:



Işık sınıfı sınıflandırma, CIE: 98
CIE Akı Kodu: 44 74 97 98 76

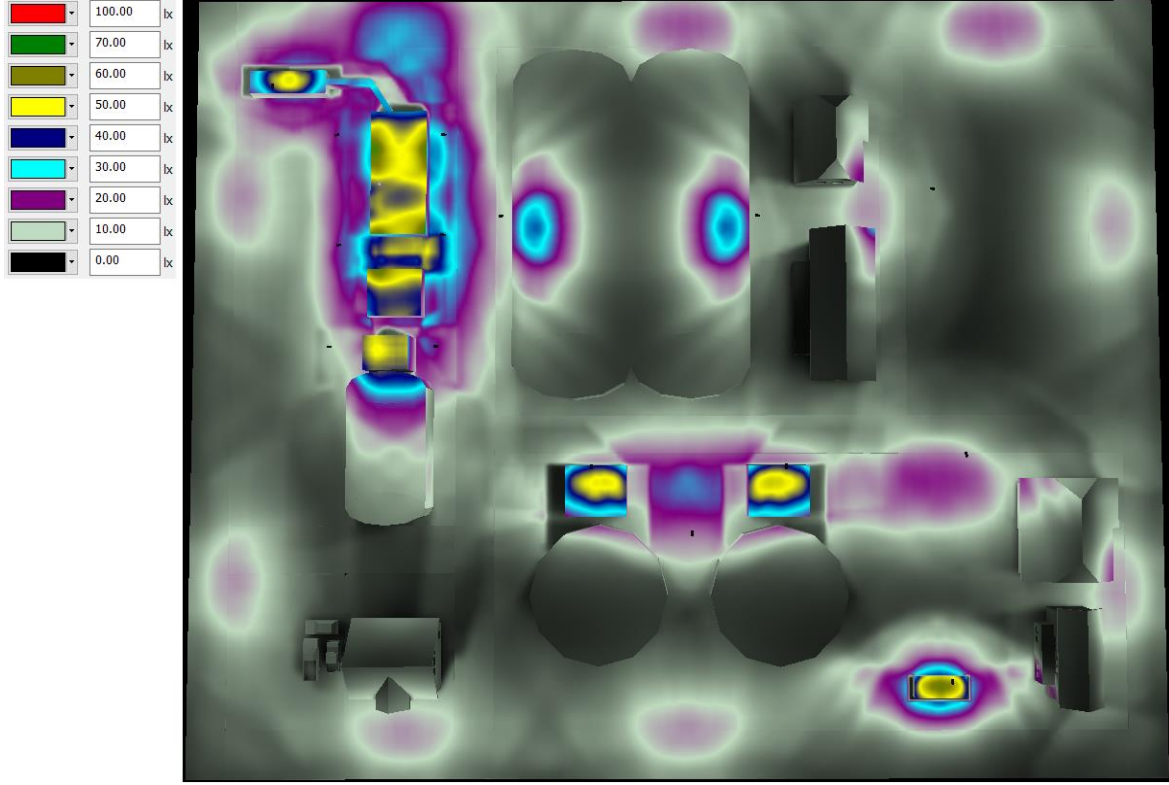
Yol ve Cadde Armatürü

Simetri özelliği olmaması nedeniyle bu ışıklık için UGR-çizelgesi gösterilemiyor.

Resim 5.2. Çevre aydınlatmasında kullanılan armatüre ait veri yaprağı

Çevre aydınlatması için toplam 24 adet armatür kullanılmıştır. Kayıplar hariç çevre aydınlatması için enerji tüketim miktarı 2400 Wh olmaktadır.

Şekil 5.1’de gösterilmiş olan yerleşim planındaki armatürlerin konumları mavi noktalarla işaretlenmiştir. Tesisin giriş kısmında bulunan yapılarda (kaba ızgaralar, ince ızgaralar, kum tutucu yapısı giriş terfi merkezi vb.) motorların açılıp kapatılması, ızgaraların temizlenmesi, servis aletlerinin kullanılması nedeniyle aydınlatma düzeyi ilgili standartta 50 lüks olarak belirlenmiştir. Bu nedenle tesisin diğer kısımlarına kıyasla aydınlık düzeyi daha fazladır. Giriş kısmındaki yapıların yüksekliğine bağlı olarak 8 metre ve 12 metre yüksekliğindeki armatürler karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. Resim 5.3’de arıtma tesisi çevre aydınlatmasından elde edilen aydınlık düzeylerinin renksel olarak gösterimi yer almaktadır. Aydınlatmanın 50 lüks düzeyinde olduğu alanlar sarı renkle gösterilmiştir. 10 lüks düzeyindeki alanlar gri renkle gösterilmiştir.

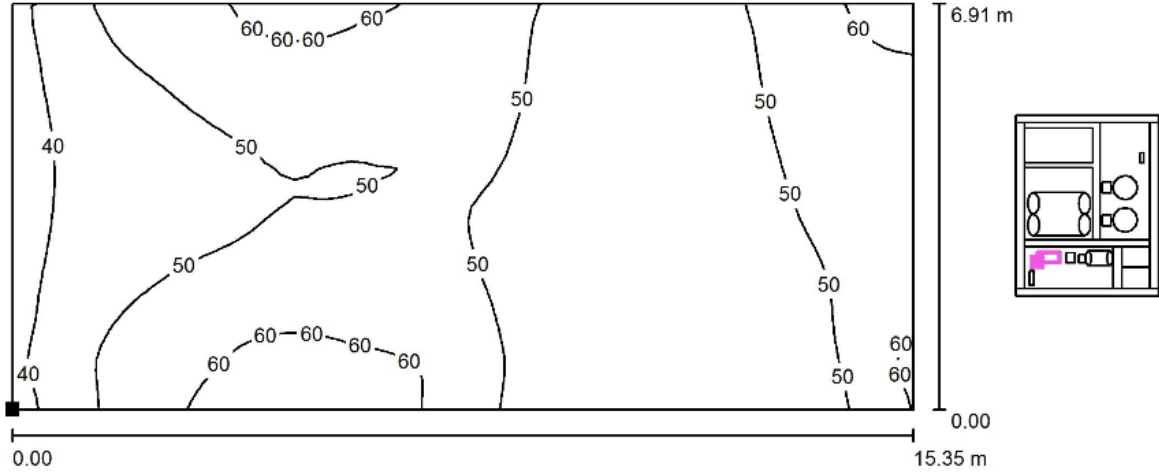


Resim 5.3. Arıtma tesisi aydınlatmasının DIALux renk gösterimi çıktısı

Tesiste bulunan diğer 2 dağıtım yapısında ve numune alma yapısında manuel vanaların ve servis aletlerinin kullanılması gerektiğinden 50 lüks aydınlatma şiddeti gerekmektedir. Bu nedenle tesisin diğer kısımlarından ayrı olarak ilave armatürler eklenmiştir.

Armatürlerin yüksekliği, aydınlatılacak yapının yüksekliğine göre değişmektedir. Dağıtım yapısının yüksek olması nedeniyle armatür yüksekliği 12 m, numune alma yapısının daha alçak olması sebebiyle armatür yüksekliği 7 m olarak seçilmiştir. Tesisin servis yolu için armatür yüksekliği 12 m olarak belirlenmiş, 10 lüks'lük aydınlatma şiddeti yakalanmıştır. Taşıt yolu için ortalama düzgünlük değerinin 0.4 ve üzerinde olması gerektiği ilgili standartta belirtilmiştir.

Şekil 5.2’de kum tutucu yapısının aydınlatma seviyesi ve düzgünlük değerleri gösterilmektedir. Ortalama düzgünlük 0.739 olarak bulunmuş ve standarttaki değeri sağlamaktadır. Ortalama aydınlık seviyesi 50 lüks olarak hesaplanmıştır.



Ağ: 64 x 32 Noktalar

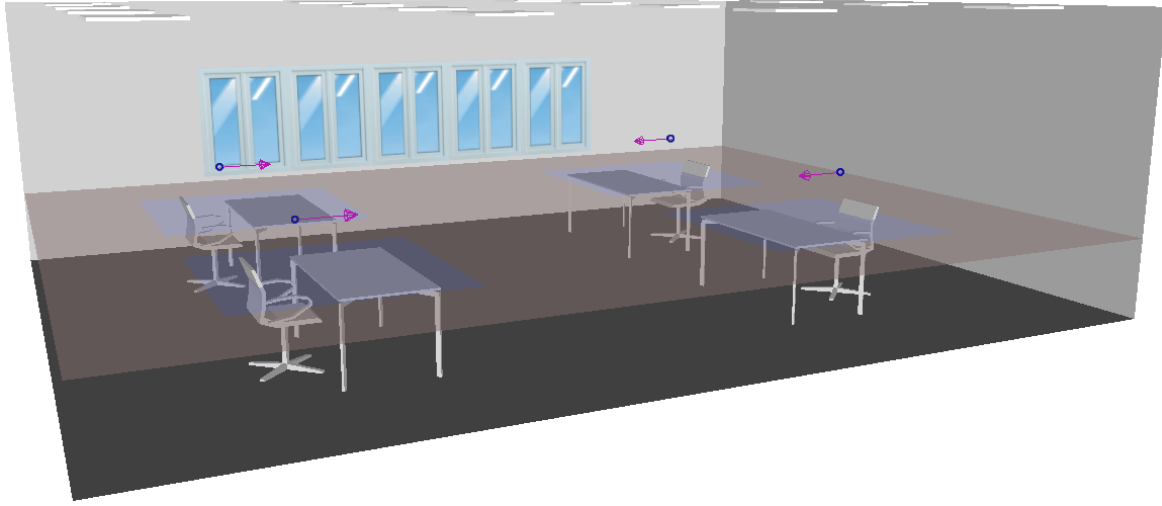
| | | |
|------------|-----------------|----------------------|
| E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{maks} [lx] |
| 50 | 37 | 67 |
| | E_{min} / E_m | E_{min} / E_{maks} |
| | 0.739 | 0.554 |

Şekil 5.2. Kum tutucu yapısı aydınlatma seviyesi ve düzgünlük değerleri

5.2. Hizmet Binalarında Ofis Aydınlatması

Ofisler için aydınlatma düzeyleri ise yapılan işin niteliğine göre değişmekte olup, yazma, tape, okuma ve veri işleme gibi işler için ilgili standartta, $E_m = 500$ lüks, $R_a = 80$ olarak verilmiştir. Ofisin uzunluk, genişlik ve yüksekliği sırasıyla 9m, 7m, 2.8 m’dir. Tavan, duvar ve zemin yansıtma katsayıları sırasıyla, %70, %50 ve %20 alınmıştır.

12 adet 42 w gücünde sıva altı LED ofis armatürü kullanılarak DIALux programında oluşturulan ofis benzetimi Resim 5.4’de verilmiştir.



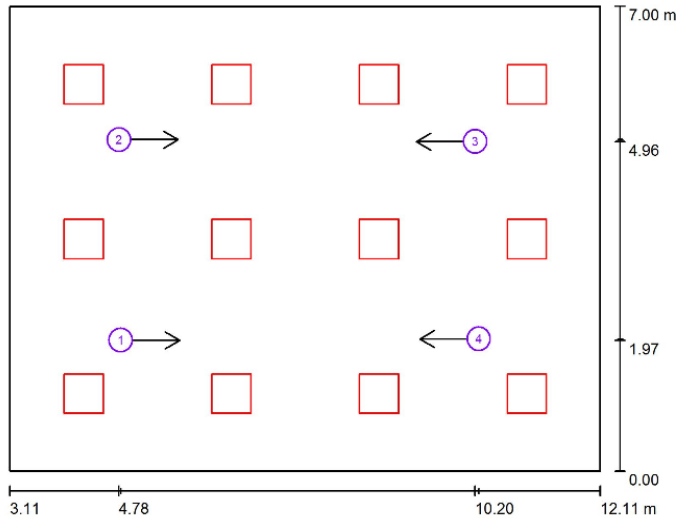
Resim 5.4. DIALux programında oluşturulan ofis benzetimi

Çizelge 5.2'den görülebileceği gibi, dört çalışma yüzeyi için de elde edilen ortalama aydınlık düzeyi 500 lx değerinin üzerindedir. Ortalama düzgünlük oranı minimum 0.792 olarak bulunmuştur. Çevreleyen alanda ise, ortalama aydınlık düzeyi 482 lx, ortalama düzgünlük 0.585 değerindedir.

Çizelge 5.2. Çalışma alanlarında ve çevreleyen alanda elde edilen aydınlık değerleri

| Belirtim | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{maks} [lx] | E_{min} / E_m | E_{min} / E_{maks} |
|-------------------|------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Çalışma bölgesi 1 | 530 | 466 | 584 | 0.878 | 0.797 |
| Çalışma bölgesi 3 | 522 | 413 | 580 | 0.792 | 0.712 |
| Çalışma bölgesi 4 | 529 | 436 | 590 | 0.824 | 0.739 |
| Çalışma bölgesi 5 | 538 | 460 | 595 | 0.856 | 0.774 |
| Ortam bölgesi | 482 | 282 | 624 | 0.585 | 0.452 |

Ofislerde, birleşik göz kamaşması değer sınırı ilgili standartta 19 olarak belirtilmiştir. Ancak yapılan DIALux benzetiminde bu değerlerin 21 ve 22 seviyesinde olduğu Şekil 5.3'de gösterilmektedir. Mevcut düzenek her ne kadar ortalama düzgünlük ve aydınlık seviyesini karşılasa da, istenilen UGR değerini sağlayamamaktadır.



Ölçek 1 : 75

UGR Hesap noktası listesi

| Nr. | Belirtim | Konum [m] | | | Bakış yönü [°] | Değer |
|-----|---------------------|-----------|-------|-------|----------------|-------|
| | | X | Y | Z | | |
| 1 | UGR hesap noktası 1 | 4.804 | 1.971 | 1.200 | 0.0 | 20 |
| 2 | UGR hesap noktası 1 | 4.776 | 4.992 | 1.200 | 0.0 | 21 |
| 3 | UGR hesap noktası 1 | 10.204 | 4.964 | 1.200 | 180.0 | 21 |
| 4 | UGR hesap noktası 1 | 10.260 | 1.990 | 1.200 | 180.0 | 20 |

Şekil 5.3. Ofis çalışma alanındaki UGR değerleri

Bu nedenle UGR değerini istenilen seviyeye indirebilmek için armatür sayısı 16'ya çıkarılmış, 36 w güç tüketen aynı ebatlardaki armatürler kullanılmıştır. Önceki düzeneğe göre toplam güç 72 w artmıştır. Çizelge 5.3'de UGR değerinin 4 farklı gözlemci için 19 değerine düştüğü ve ortalama düzgünlüğün daha iyi hale geldiği görülmüştür.

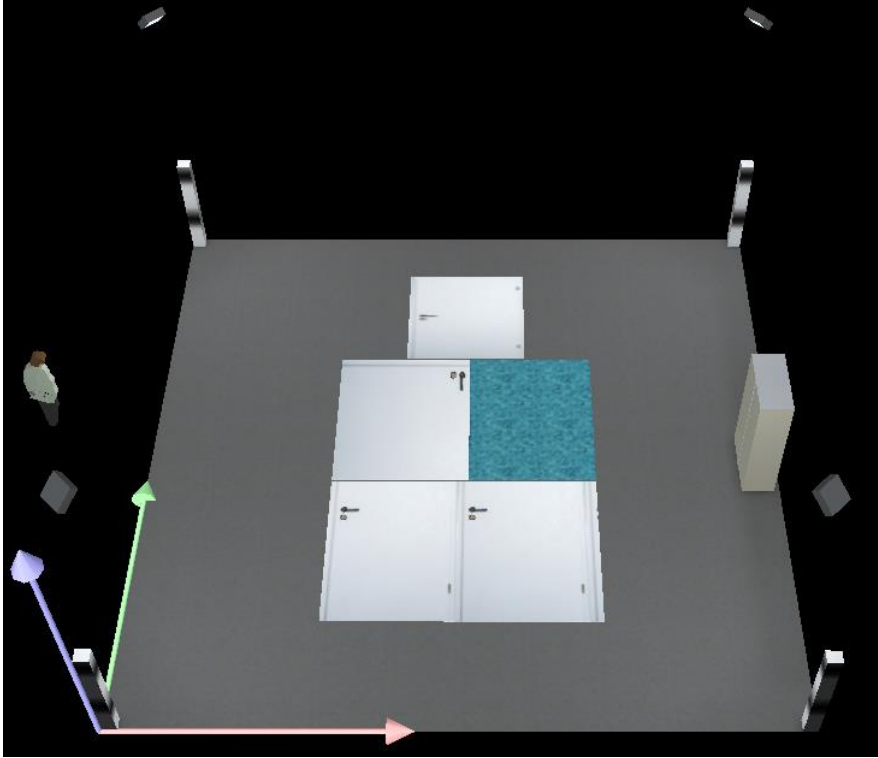
Çizelge 5.3. Armatür sayısının artırılması ile elde edilen UGR değerleri

| Nr. | Belirtim | Konum [m] | | | Bakış yönü [°] | Değer |
|-----|---------------------|-----------|-------|-------|----------------|-------|
| | | X | Y | Z | | |
| 1 | UGR hesap noktası 1 | 4.884 | 4.983 | 1.200 | 0.0 | 19 |
| 2 | UGR hesap noktası 1 | 4.939 | 1.938 | 1.200 | 0.0 | 19 |
| 3 | UGR hesap noktası 1 | 10.075 | 4.943 | 1.200 | 180.0 | 19 |
| 4 | UGR hesap noktası 1 | 10.260 | 1.990 | 1.200 | 180.0 | 19 |

Ofislerdeki aydınlatmada DALI aydınlatma protokolünün kullanılması, gün ışığına göre aydınlatmanın uygun seviyede tutulmasını sağlamakla beraber, varlık sensörü ile gereksiz tüketimlerin önüne geçilebilir. Bu açıdan hem verimlilik hem de iş sağlığı açısından kazanım sağlayacaktır. İç mekan yüzeylerinde açık renk boya kullanılması, yansıtma katsayısını artıracağından verimliliğin artırılmasında fayda sağlamaktadır.

5.3. Depo ve Terfi Merkezi Aydınlatması

Su kuyuları ve bu alanlarda sık kullanılan merdivenler için ilgili standartta $E_m = 20$ lüks, $R_a = 20$ olarak belirtilmiştir. Ancak terfi merkezlerinde normal kuyulara ilave olarak, atıksu ızgaralarının temizlenmesi, elektrik motorlarına yol verilmesi gibi işlemler gerektiğinden, bu işler için standartta yer alan 50 lüks değerinin baz alınması gerekir. Terfi merkezleri işletme personelinin sürekli bulunmadığı yerler olup, aydınlatma cihazlarının anahtarlı veya hareket dedektörü ile beraber kullanılması enerji tasarrufu açısından fayda sağlayacaktır. Bu sayede, renksel geriverimi sodyum buharlı lambalardan daha yüksek olan LED lambaların kullanılması sağlanabilir.

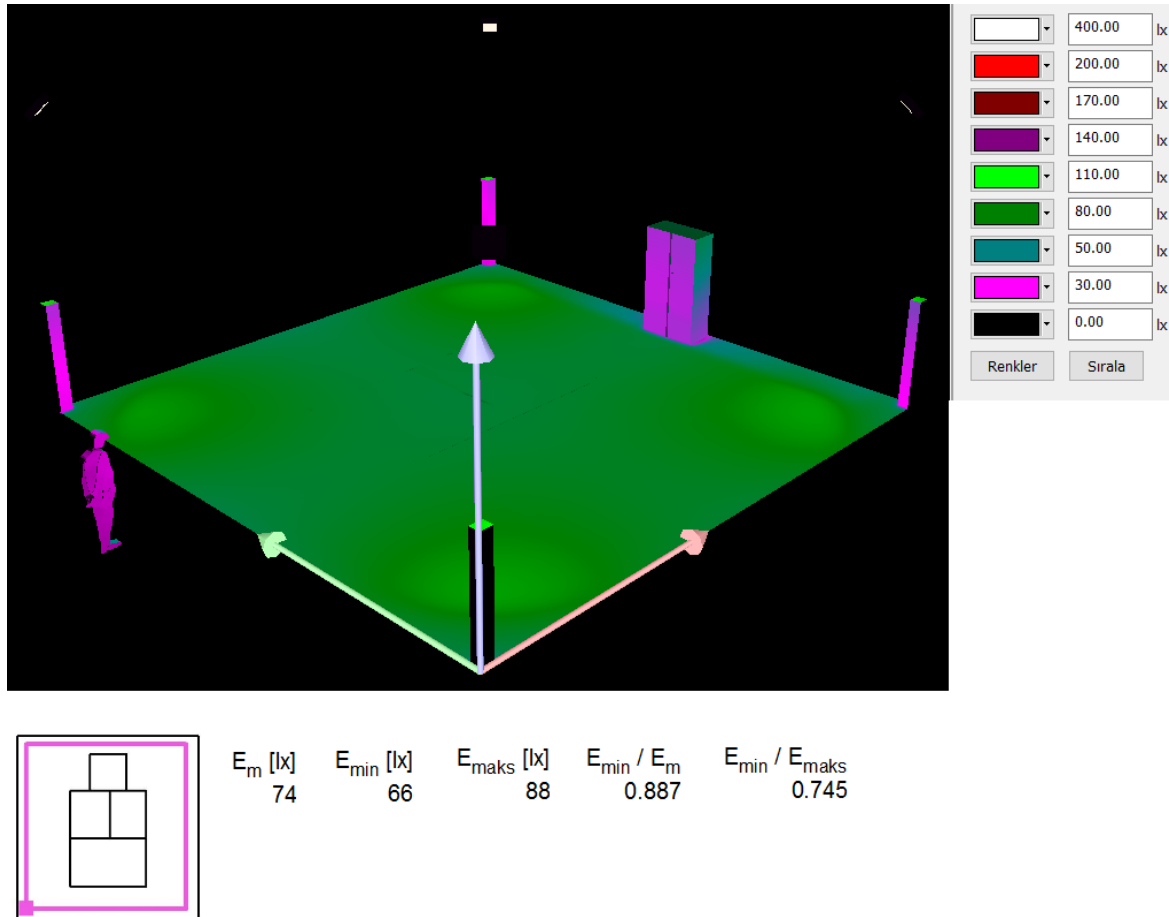


Resim 5.5. Terfi istasyonu üstten görünümü

DIALux üzerinde oluşturulan üst yapısız terfi istasyonunun üstten görünüşü Resim 5.5’de verilmiştir. 50 lüks şiddetindeki aydınlatmanın sağlanması için 4 adet 58 wattlık LED projektör seçilmiş, olup armatür yüksekliği 5 m olarak belirlenmiştir. Zemin ile armatür arasında 45 derecelik açı vardır. Terfi merkezlerinde kullanılacak armatürler açık havanın olumsuz etkilerine maruz kalacağından koruma sınıfı IP 65 olarak seçilmiştir.

IP koruma sınıfı, elektrikli cihazların çevresel etkilere karşı dayanıklılığını belirlemek için Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (GENELEC) tarafından oluşturulan uluslararası bir standarttır. Armatür seçiminde tercih edilen IP 65 koruma sınıfında yer alan 6 rakamı cihazın toz geçirmediğini, 5 rakamı ise su püskürmelerine karşı korumalı olduğunu ifade etmektedir.

DIALux programı üzerinde elde edilen, ortalama aydınlık düzeyi ve ortalama düzgünlük değerleri Resim 5.6'da gösterilmiştir. Tek armatür kullanmak yerine 4 adet armatür kullanılması, ortalama düzgünlük oranını olumlu etkilemiş ve 0.887 olarak hesaplanmıştır. Ortalama aydınlık düzeyi ise 74 lx olarak bulunmuştur.



Resim 5.6. Terfi istasyonu DIALux renk gösterimi çıktısı

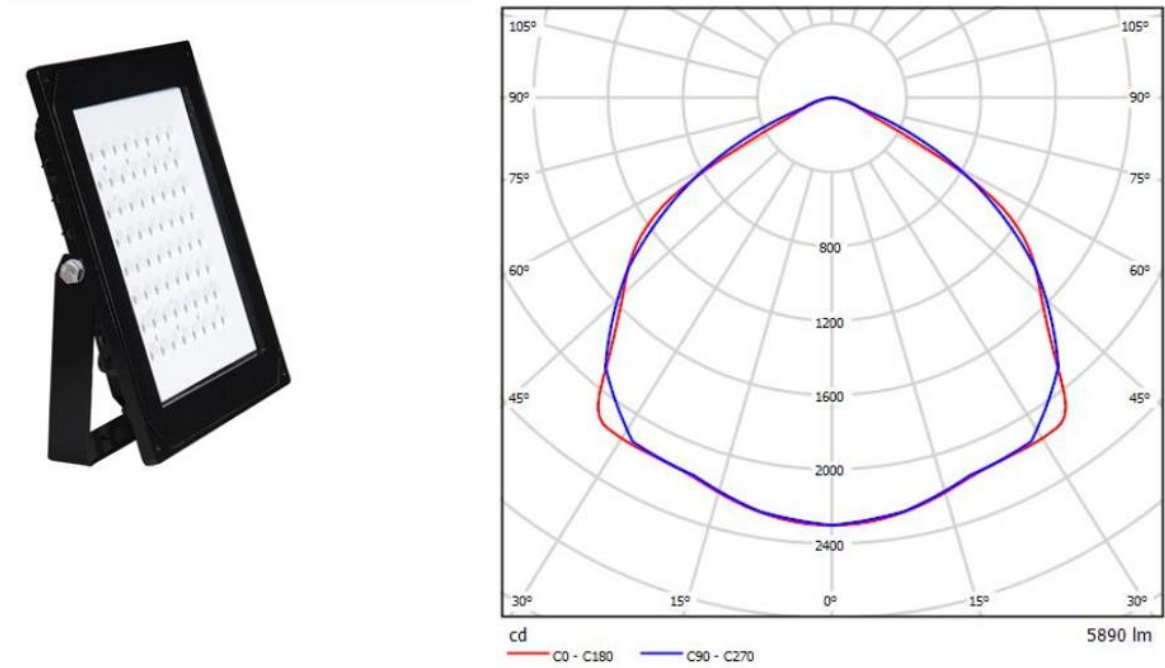
Aydınlatma için LED armatürlerin kullanılması sonucu renksel geriverim 80 değerinin üzerindedir. Armatüre ait ışık veri yaprağı Resim 5.7'de gösterilmektedir.

Sistemin hareket dedektörüne bağı olarak çalışması, enerji tasarrufu açısından fayda sağlayacaktır.

58 W Led Projektör

Işık Veri Yapağı

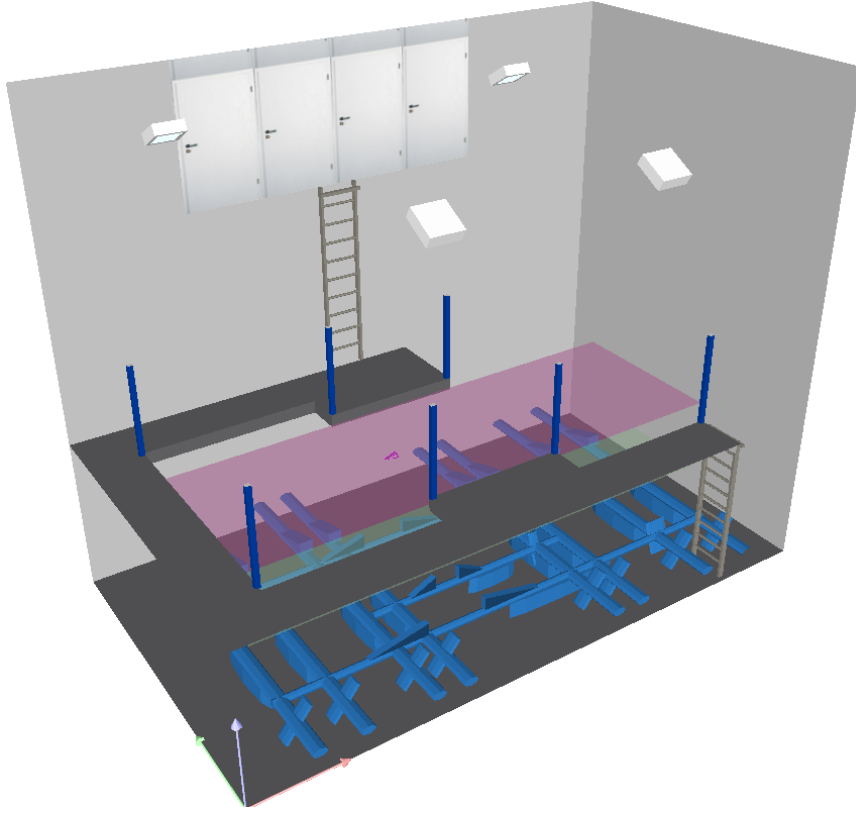
Işık yayımı 1:



Resim 5.7. Terfi merkezinde kullanılan armatüre ait veri yapağı

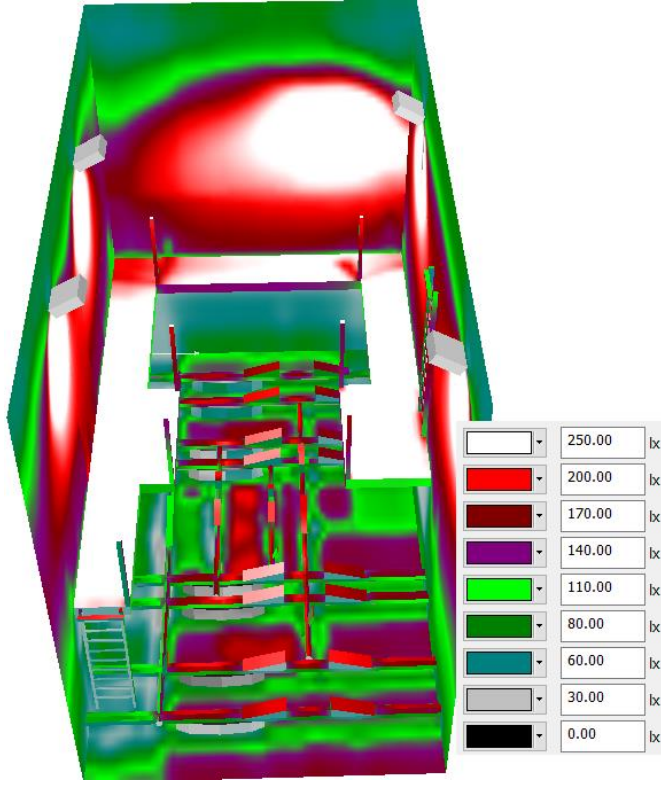
İçmesuyu depolarında, deponun tahliye edilebilmesi, giriş veya çıkış suyunun kesilmesi için kullanılan vanalar sebebiyle bu alanlardaki aydınlık şiddetinin, ilgili standartta motor ve makina odaları için verilen kriterlerin sağlanması uygun olacaktır. İlgili standartta motor ve makina odaları için aydınlık düzeyi $E_m = 200$ lüks, $R_a = 80$ olarak verilmiştir.

200 m³'lük deponun DIALux ortamında oluşturulan benzetimi Resim 5.8'de verilmiştir. Deponun eni, boyu ve yüksekliği sırasıyla 4m, 7m, 5.7 m'dir. Tavan, duvar ve zemin yansıtma katsayıları sırasıyla, %70, %50 ve %20'dir.



Resim 5.8. DIALux programında 200 m3 hacimli deponun benzetimi

Armatürlerin yerleşimi sonucu DIALux programında elde edilen renk çıktısı Resim 5.9'da gösterilmektedir. Çalışma alanında 200 lüks şiddetindeki aydınlatmanın sağlanması için 4 adet 58 wattlık LED projektör seçilmiş, olup zeminden yüksekliği 5 metredir. Çalışma düzleminde 246 lx aydınlatma düzeyi elde edilmiştir.

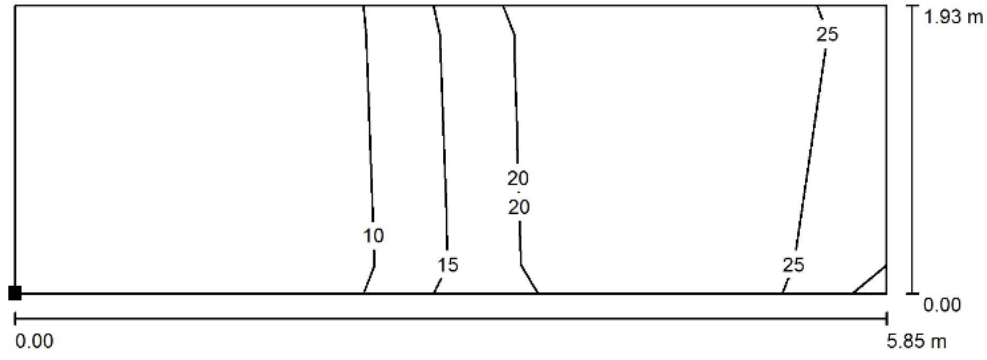


Resim 5.9. Depo manevra odasında DIALux renk gösterimi çıktısı

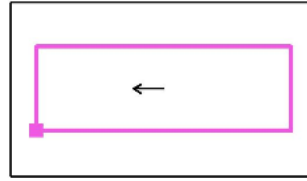
Depolarda su buharının yoğun olarak bulunması nedeniyle, armatürlerin koruma sınıfı IP 65 olarak seçilmiştir. Lambanın renksel geriverimi minimum 80 seviyesindedir.

Şekil 5.4’de gösterilen, çalışma ortamındaki birleşik kamaşma oranı maksimum değeri 25’dir. Ortalama düzgünlük değeri çıktısı Şekil 5.5’de gösterildiği üzere 0.546 olarak hesaplanmıştır.

Depolar gün içerisinde sık kullanılan yapılar olmayıp, enerji tüketimi düşük yapılardır. Tüketilen elektrik, otomasyon sisteminin haberleşmesinde, aktüatörlü vanalarda ve aydınlatmada kullanılmaktadır. Bu nedenle depolardaki verimlilik potansiyeli, arıtma tesisi çevre aydınlatması ve ofislerle kıyaslandığında daha düşüktür.

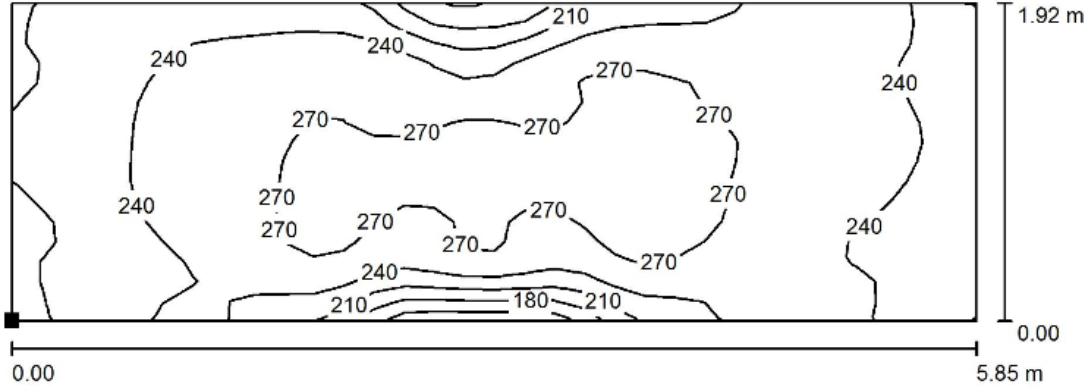


Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (0.597 m, 1.053 m, 1.700 m)



Maks
25

Şekil 5.4. Manevra odasındaki gözlemci için UGR değerleri



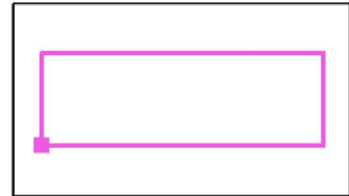
E_m [lx]
246

E_{min} [lx]
134

E_{maks} [lx]
281

E_{min} / E_m
0.546

E_{min} / E_{maks}
0.479



Şekil 5.5. Çalışma yüzeyi için hesaplanan aydınlık düzeyi ve ortalama düzgünlük

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma ortamlarındaki aydınlatmanın niteliği, çalışanların ruhsal ve fiziksel sağlıklarına önemli derecede etki etmektedir. Göze gelen ışığın, hormon sentezini tetikleyerek vücudün biyolojik ritminin ayarlanmasında etkili olduğu görülmüştür. Yetersiz aydınlatmadan kaynaklanan yorgunluğun önüne geçilmesi ve yapılan işin detaylarının doğru seçilebilmesi hata oranını azaltarak verimliliği artıracaktır. Yetersiz aydınlatma, insan davranışına bağlı olarak gelişen iş kazalarını da etkilemektedir. Erken yorulma ve bunun getireceği dikkatsizlik, yetersiz aydınlatmanın sebep olabileceği durumlardır. Çalışanların buldukları ortamdaki aydınlatmanın, kaza riski oluşturmayacak seviyede olması ve ilgili standartlara uyulması 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında çıkarılan “İş Yeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik”te belirtilmiştir.

Kapalı çalışma alanlarının aydınlatılmasında 2013 yılında yürürlüğe giren TS EN 12464-1 standardı, açık alanlarda ise 2014 yılında yürürlüğe giren TS EN 12464-2 standardı kullanılmaktadır. Bu standartlarda aydınlatmanın yapılacağı alanlar sınıflandırılarak, yapılan işin niteliğine göre gereken aydınlatma düzeyi, kamaşma değeri, ortalama düzgünlük, renksel geriverim değerlerinin hangi seviyede olacağı belirtilmiştir. Aydınlatma tasarımının bu standartlarda belirtilen değerlere uygun şekilde yapılması gerekmektedir.

Aydınlatma konusuna değinen diğer yönetmelikler arasında Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği, Genel Aydınlatma Yönetmeliği ve Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik bulunmaktadır. Bu yönetmeliklerde, standartlara ilave olarak belirtme ihtiyacı görülen maddelere yer verilmiştir.

Aydınlatmanın dünya genelinde elektrik tüketimindeki payının %20 olduğu belirtilmektedir [25]. Türkiye genelinde sadece genel aydınlatma amacıyla kullanılan elektrik aboneliklerinin toplam elektrik tüketimindeki payı %1,9’dur [21]. Bu nedenle aydınlatmada enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak hem işletmeler için hem de ülke ekonomisi için önem arz etmektedir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalarda, etkinlik faktörü yüksek uzun ömürlü armatürlerin tercih edilmesi ve doğal aydınlatmadan olabildiğince çok

miktarda faydalanılması gerekir. Gereksiz kullanımdan kaçınmak için zaman saati, fotosel, ışık sensörü gibi araçlardan faydalanılabileceği gibi, gün ışığına bağlı olarak aydınlık düzeyini ayarlayan otomasyon sistemleri de kullanılabilir. Bu sistemlerle aydınlatmada mevcut yapılara göre %73,1 oranında enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [42]. Yenilenebilir enerji sistemleri bina cephelerinde kullanılabilir hale gelmiştir. Yaklaşık 20 yıl ömrü bulunan güneş panellerinin binalarda ve açık alanlarda kullanılması enerji yükünün azaltılmasında etkili olacaktır.

Türkiye’de 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ile bu konuda yapılacak proje, etüt ve danışmanlık teşvikleri sağlanmıştır. 3 yıl içerisinde enerji yoğunluğunu %10 azaltmayı taahhüt eden işletmelere 200 000 Lira tutarında teşvik verilmektedir. Ayrıca yapılacak projelerde maliyetin %30’u kadar, etüt ve danışmanlık için de 30 000 Liraya kadar destek verilmektedir. Kanun kapsamında çıkarılan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ile binaların enerji tüketimleri belirlenmesi amacıyla enerji kimlik belgesi uygulamasına geçilmiştir. Yönetmeliğe göre yeni yapılacak yapılarda tüketim sınıfının C sınıfının altında olmaması gerekmektedir.

Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında çıkarılan “Enerji Kaynaklarının ve Enerji Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliği” ile birlikte kamu kurum ve kuruluşlarının enerji tüketimini 2023 yılına kadar %20 düşürmesi istenmektedir. Gerekli etütlerin yapılarak veya yaptırılarak bakım onarım ödeneklerinin kullanımında öncelik verileceği belirtilmiştir.

Gelişen teknoloji ile birlikte aydınlatma hesaplarının yapılması için farklı yazılımlar geliştirilmiştir. Bu yazılımlar vasıtasıyla aydınlatılacak ortamın üç boyutlu olarak görüntülenmesi, armatürün ışık dağılımının görülmesi, yüzeylerdeki aydınlık düzeyinin ölçülmesi mümkün olmaktadır. Tasarımın standartlara uygunluğu daha kolay test edilirken, zaman açısından ve elde edilen verilerin netliği açısından da avantaj sağlamaktadır. Aydınlatma yazılımlarının kullanımı ile hesap zorluklarından kaynaklanan yetersiz sayıda veya göz kararı ile armatür yerleşiminin önüne geçilebilir.

İller Bankası A.Ş. tarafından yaptırılan atıksu arıtma tesislerinde çevre aydınlatmasının tesisteki diğer aydınlatma sistemlerine göre daha yüksek elektrik tüketimi gerektirdiğinden DIALux programında simüle edilmiştir. Tesisteki açık alanların “TS EN

12464 – 2 Bina Dışı İş Yerleri” standardında kullanım amacına göre sınıflandırıldığı görülmüş ve bu standartta belirtilen değerler göz önüne alınmıştır. Yapıların yüksekliklerine göre armatür yükseklikleri belirlenmiştir. 7 m, 8 m ve 12 metre yüksekliğinde armatürler konumlandırılmıştır. İlgili standartta renksel geriverim değeri 20 olarak belirtilmiş olup kullanılacak sodyum buharlı lambalar bu değeri karşılamaktadır. Etkinlik faktörünün yüksek olması, ışık dağılım eğrisinin çevre aydınlatmasına daha uygun olması nedeniyle 24 adet 100 W gücünde yüksek basınç sodyum buharlı lambalar kullanılmıştır. Toplam enerji tüketimi, 2400 W olan çevre aydınlatmasıyla, iş sağlığı ve güvenliği koşulları sağlanarak standartlara uygun hale getirilmiştir. Verimliliğin sağlanması için gereksiz aydınlatmadan kaçınılmış ve etkinlik faktörü yüksek armatürler kullanılmıştır.

Çevre aydınlatmasında, alternatif enerji sistemlerinden faydalanarak bu tüketim değerini düşürmek mümkündür. Direk üstü güneş panelleri veya merkezi güneş paneli sistemi ile kendi ihtiyacını enerji ihtiyacını karşılayan sistemlere yer verilmelidir. Bakım onarım çalışması gerektiren açık alanlara ilave armatürler konulmuştur. Bu armatürlerin işlem gerektirmeyen zamanlarda kapalı kalması için buton veya hareket sensörü ile birlikte kullanılması tasarruf sağlamak açısından önemlidir.

İller Bankası A.Ş. tarafından yaptırılan, depo ve terfi merkezleri için DIALux üzerinde oluşturulan tasarımlarda yine standartlarda belirtilen değerler baz alınarak aydınlatma simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Terfi merkezinde ve depoda aydınlatma verimliliğinin sağlanması için LED projektörler kullanılmış olup aydınlatma enerji tüketimleri yaklaşık 230 W olarak bulunmuştur. Standartta belirtilen ortalama düzgünlük, kamaşma ve renksel geriverim değerlerine uygun değerler elde edilmiştir.

Hizmet binaları ve ofisler için oluşturulan simülasyonda “TS EN 12464 – 1 Kapalı Çalışma Alanları” standardına uygun nitelikte aydınlatma sistemi oluşturulmuştur. Uzun ömürlü olması, bakım gerektirmemesi, titreşim yapmaması gibi avantajlarından dolayı LED armatürler tercih edilmiştir. Sistemin toplam kurulu gücü 576 W olarak belirlenmiştir. Enerji tüketiminin azaltılmasında gün ışığı ile tümleşik otomasyon sistemlerinin kullanılması ve hareket sensörlerinin bulunması etkili olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Camkurt, M. Z. (2007). İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi. *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 20(6), 99-101.
2. Dedeler, H. (2008). *Bir İşletmede İşyeri Fiziksel Risk Etmenlerinin Çalışanların Sağlığına Olan Etkisinin Saptanması Ve Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 25.
3. Şahin, D. (2012). *Aydınlatma Tasarımının Kullanıcı Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri Açısından İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 35-44.
4. Şahin, D. (2012). *Aydınlatma Tasarımının Kullanıcı Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri Açısından İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 36.
5. Coşkuner, S., Öztop H. (2016). Farklı Kullanım Alanlarının Aydınlatılması: Verimlilik ve Temel İlkeler. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 9 Nisan 2016, 5-7.
6. Onur, B. (2012). *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Aydınlatma*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 16-17.
7. Kürkçü, E.A., Çakar, İ., Zeyrek, S. (2014). İşyerlerinde Aydınlatma. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları Rehberi*, Yayın No: 9, 18.
8. Gedik, T., İlhan, A. (2014). Sakarya ili mobilya imalatçılarında iş sağlığı ve iş güvenliği üzerine bir inceleme. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15(2), 126.
9. Onaygil, S. (2015, 7 Ekim). *Sanayide Verimlilik, Enerji Yönetimi ve Tasarruf*, 5. Ulusal Verimlilik Kongresinde sunuldu, Ankara.
10. Onaygil, S., Güler, Ö. (2005, 23-25 Kasım). *Şehirçi Yol Aydınlatma Tesisatlarının İyileştirilmesi*, 3. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisinde sunuldu, Ankara.
11. Türk Standartları Enstitüsü. (2013). *TS EN 12464 – 1 Işık ve Aydınlatma - Çalışma Yerlerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Çalışma Alanları*, 21 Şubat 2013.
12. licht.de die Fördergemeinschaft Gutes Licht. (2011). *Guide to DIN EN 12464-1*. Frankfurt: lich.de, 9.
13. Türk Standartları Enstitüsü. (2014). *TS EN 12464 – 2 Işık ve Aydınlatma - İş Yerlerinin Aydınlatılması - Bölüm 2: Bina Dışı İş Yerleri*, 29 Nisan 2014.

14. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2013). İşyeri Bina Ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik. *T.C. Resmi Gazete*, 28710, 17 Temmuz 2013.
15. Öz, M. (2009, 7-10 Mayıs). *Acil Durum Aydınlatması Temel Bilgiler, Standartlar, Tasarım ve Yeni Sistemler*, Elektronik Güvenlik Sistemleri Sempozyumunda sunuldu, İzmir.
16. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (1984). Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği. *T.C. Resmi Gazete*, 18565, 4 Kasım 1984.
17. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2000). Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği. *T.C. Resmi Gazete*, 24246, 30 Kasım 2000.
18. Onur, B. (2012). *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Aydınlatma*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 36.
19. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2013). Genel Aydınlatma Yönetmeliği. *T.C. Resmi Gazete*, 28720, 27 Temmuz 2013.
20. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2007). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik. *T.C. Resmi Gazete*, 26735, 19 Aralık 2007.
21. İnternet: T.C. Kalkınma Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu resmi internet sitesi, Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı, URL: <http://www.webcitation.org/6l0pqJxVA>, Son Erişim Tarihi: 4 Ekim 2016.
22. Bayrak, Y., Aktürk Sezer, H.R. (2009, 21-23 Ekim). *Konut Aydınlatmasında Elektrik Tasarrufu ve Toplam Türkiye Tüketimine Etkisi*, Türkiye 11. Enerji Kongresinde sunuldu, İzmir.
23. Yapar, T. (2007). *Aydınlatma Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 28.
24. Onaygil, S., Güler, Ö., Erkin, E. (2009, 21-23 Ekim). *Sanayi Enerji Tüketiminde Aydınlatmanın Yeri ve Tasarruf Potansiyelleri*, Türkiye 11. Enerji Kongresinde sunuldu, İzmir.
25. Çelik, K., Ünver, R. (2015, 21-24 Ekim). *Yapı Elemanı Olarak FV Kullanımı Ve Aydınlatma; İlköğretim Yapısı Örneği*, 4. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre Ve Sergisinde sunuldu, İzmir.
26. Kürkçü, E.A., Çakar, İ., Zeyrek, S. (2014). İşyerlerinde Aydınlatma. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları Rehberi*, Yayın No: 9, 14.
27. Gençoğlu, M.T., Özbay, E. (2007, 14-18 Kasım). *Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri*, 12. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresinde sunuldu, Eskişehir.

28. Gençoğlu, M.T. (2005, 23-25 Kasım). *İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu*, 3. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisinde sunuldu, Ankara.
29. Sancak, E. (2009, 7-10 Mayıs). *Endüstriyel Tesislerde Aydınlatma Tekniği Açısından Enerji Verimliliği*, 5. Ulusal Aydınlatma Sempozyumunda sunuldu, İzmir.
30. Heinrich Böll Stiftung Derneği. (2008). *Enerji Verimliliği Teknik Kitapçık*. İstanbul: Eylül 2008, 37-38.
31. Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makina Mühendisleri Odası. (2008). *Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Oda Raporu*. Ankara: Nisan 2008, 35.
32. Sancak, E. (2009, 7-10 Mayıs). *Endüstriyel Tesislerde Aydınlatma Tekniği Açısından Enerji Verimliliği*, 5. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisinde sunuldu, İzmir.
33. Erol, Y., Canbolat, T. (2011, 5-7 Ekim). *Aydınlatma Sektöründe Yeni Nesil Power Led Teknolojileri*, 12. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumunda sunuldu, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
34. Erkin, E., Yurtseven, M.B., Güler, Ö., Onaygil, S. (2013, 21-24 Kasım). *LED Panel Armatürlerin Ofis Aydınlatmasında Retrofit Amaçlı Kullanımının İncelenmesi*, 7. Ulusal Aydınlatma Sempozyumunda sunuldu, İzmir.
35. İnternet: Pelsan Elektrik Sanayi ve Dış Ticaret A.Ş. internet sitesi. Işık Kaynaklarının Karşılaştırılması. URL: <http://www.webcitation.org/6l0zXg8rX>, Son Erişim Tarihi: 4 Ekim 2016.
36. Heinrich Böll Stiftung Derneği. (2008). *Enerji Verimliliği Teknik Kitapçık*. İstanbul: Eylül 2008, 37-38.
37. T.C. Sağlık Bakanlığı İnşaat ve Onarım Dairesi Başkanlığı. (2010). *Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu*. Ankara: 2010, 24.
38. Apikoğlu, S. (2014). *Ofislerdeki Aydınlatma Koşullarının Görsel Konfor Memnuniyet ve Ruh Durumu Üzerindeki Etkileri: TWBA Binası Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 14.
39. Okutan, H. (2008). *Gün Işığı İle Aydınlatmanın Temel İlkeleri Ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 75.
40. İnternet: Legrand South Africa Inc. Legrand's Energy Efficient Lighting Management Solutions For Industrial And Commercial Environments. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.legrand.co.za%2Fdrupa%2Farticle%2FIndustrial-and-commercial-lighting-legrands-energy-efficient-lighting-management-solutions&date=2016-09-25>, Son Erişim Tarihi: 26 Eylül 2016.

41. Yapar, T. (2007). *Aydınlatma Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 31-32.
42. Künar, A., Özenç, S. (2013, 21-24 Kasım). *Hastane Aydınlatma Sistemlerinde; Verimlilik, Tasarruf, Konfor ve Performans*, 7. Ulusal Aydınlatma Sempozyumunda sunuldu, İzmir.
43. Yapar, T. (2007). *Aydınlatma Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 71.
44. Yapar, T. (2007). *Aydınlatma Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 97-106.
45. Çelik, K., Ünver, R. (2015, 21-24 Ekim). *Yapı Elemanı Olarak FV Kullanımı Ve Aydınlatma; İlköğretim Yapısı Örneği*, 4. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre Ve Sergisinde sunuldu, İzmir.
46. Cengiz, M.S., Mamiş, M.S. (2015, 4-6 Haziran). *Endüstriyel Tesislerde Verimlilik ve Güneş Enerjisi Kullanımı*, 6. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumunda sunuldu, Kocaeli.
47. Onaygil, S. (2007, 13-15 Aralık). *Enerji Verimliliği Kanunu ve Aydınlatmadaki Uygulamaları*, 4. Ulusal Aydınlatma Sempozyumunda sunuldu, İzmir.
48. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. (2013). *Enerji Verimliliği Mevzuatı (Mayıs 2013 İtibari İle)*, İl İl Enerji Verimliliği Projesi kapsamında oluşturuldu, Ankara: 2013, 5-8.
49. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2009). *Kamuda Verimli Aydınlatmaya Geçiş Raporu*. Ankara: 2009, 5-6.
50. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2008). *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*. *T.C. Resmi Gazete*, 27075, 5 Aralık 2008.
51. İnternet: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Enerji Kimlik Belgesi Broşürü. (2016).
URL:
http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.csb.gov.tr%2Fdb%2Fdestek%2Feditorodnya%2FEnerji_Kimlik_Belgesi_Brosuru.pdf&date=2016-09-28,
Son Erişim Tarihi: 28 Eylül 2016.
52. Şener, F., Yıldırım Ünnü, S., Köknel Yener, A. (2011, 24-25 Kasım). *Binalarda Aydınlatma Enerjisi Performansının Belirlenmesinde Yöreye İlişkin Özelliklerin Rolü*, 6. Ulusal Aydınlatma Sempozyumunda sunuldu, İzmir.

53. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2011). Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik. *T.C. Resmi Gazete*, 28097, 27 Ekim 2011.
54. Şahin, D. (2012). *Aydınlatma Tasarımının Kullanıcı Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri Açısından İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 8-12.
55. İnternet: Ortadoğu Endüstriyel Aydınlatma Otomasyon San. Tic. Ltd. Şti. Aydınlatma Tekniği ve Temel Terim Kavramları. (2014). URL: <http://www.webcitation.org/6krsfrn1R>, Son Erişim Tarihi: 28 Eylül 2016.
56. Çetegen, D., Batman A. (2005). Işık Kirliliği. *Science and Engineering Journal of İstanbul Kültür University*, 3(2), 29-34.
57. İnternet: Fosilum Sales. Luminous Flux In Lumens. URL: <http://www.webcitation.org/6krueLUqV>, Son Erişim Tarihi: 28 Eylül 2016.
58. Kölper, C., Bergbauer, W., Straßburg, M., & Linder, N. (2011). Die Licht (r) evolution. Weiße LEDs für die Allgemeinbeleuchtung. *Physik in unserer Zeit*, 42(2), 92-98.
59. Şahin, D. (2012). *Aydınlatma Tasarımının Kullanıcı Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri Açısından İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 30-31.
60. Onur, B. (2012). *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Aydınlatma*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 9.
61. Uysal, Ö. (2007, 20-22 Haziran). *Aydınlatma Ve İç Tesisat Projelerinin Microsoft Visio İle Hazırlanması*, Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumunda sunuldu, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
62. İnternet: Elektrik Mühendisleri Odası, Oda Aydınlatması Verim Tablosu. URL: <http://www.webcitation.org/6krxBqzx2>, Son Erişim Tarihi: 28 Eylül 2016.
63. İnternet: Kırklareli Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Elektrik Programı, Bilgisayar Destekli Proje II Ders Notları, URL: <http://www.webcitation.org/6krz7RZoY>, Son Erişim Tarihi: 28 Eylül 2016.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ASKER, Ali Emre
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 1988 - OSMANİYE
Medeni hali : Evli
Telefon : 0544 250 39 47
Faks : 0332 235 40 94
e-mail : aliemreasker@gmail.com

Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi | Mezuniyet Tarihi |
|--------|---|------------------|
| Lisans | Gazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği | 2012 |
| Lise | Nermin-Mehmet Çekiç Anadolu Lisesi | 2006 |

İş Deneyimi

| Yıl | Yer | Görev |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------|
| 2011-2012 | EYS Elektronik/Osmaniye | Yazılım Geliştirici |
| 2013-2013 | Corlam Nano ve Biyoteknoloji/Ankara | Ar-Ge Mühendisi |
| 2013-2016 | İller Bankası A.Ş./Konya | Elk.-Elktr. Mühendisi |

Yabancı Dil

İngilizce (Orta)

Hobiler

Müzik, Yürüyüş



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ