



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LED LAMBALARLA VERİMLİ BİR AYDINLATMA SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Aykut BİLİCİ

YÜKSEK LİSANS

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalını

Şubat-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LED LAMBALARLA VERİMLİ BİR AYDINLATMA SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Aykut BİLİCİ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail SARITAŞ

2019, 83 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ
Prof. Dr. İsmail SARITAŞ
Doç. Dr. Mustafa Servet KIRAN

Bu tez çalışmasında led aydınlatma araçları ve gün ışığından faydalanılarak aydınlatma kalitesinin artırılması ve elektrik enerjisinin daha verimli kullanılması amacıyla bir akıllı aydınlatma sistemi gerçekleştirilmiştir.

Bu amaç doğrultusunda elektronik devre kartı oluşturma çalışmaları yapılmıştır. Gün ışığının aydınlatmaya olan etkisini ölçebilmek için devre kartı üzerinde, gün ışığı şiddetini ölçeceğimiz bir lüxmetre devresi oluşturulmuştur. Elektronik devre kartının hazırlanmasında mikroişlemci olarak arduino nano, lüxmetre devresi için BH1750FVI ışık sensörü modülü ve led aydınlatma aygıtlarını sürebilmek için L298N motor sürücü entegresi kullanılmıştır. Aydınlatma yapılacak ortamda, led aydınlatma araçları ile istenilen aydınlık şiddetine ulaşılana kadar kısma ve açma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Aydınlatmada led aygıtların kısılmasını veya açılmasını sağlayabilmek için PWM yöntemi kullanılmış, bu şekilde aydınlatma ortamı için belirlenen referans aydınlık şiddetine ulaşılmıştır. Gerçekleştirilen devre ile farklı günışığı görüş açılarına sahip çalışma ofislerinde denemeler yapılmış olup, elde edilen verilerle sistemin verimliliği incelenmiştir.

Gün ışığının da aydınlatmaya dâhil edilmesi sayesinde, mevsimsel dönemlere ve aydınlatma işleminin yapıldığı ortamın konumuna göre değişiklikler göstermekle birlikte aydınlatma cihazlarının 8,5 saat açık kalması ile elde edilen verimlilik değerleri, akıllı aydınlatma sisteminin manuel açma kapama yapılan sistemlere göre %47.78 ile %97 oranlarına varan elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: akıllı sistem, arduino ile kontrol, led aydınlatma, verimlilik, enerji tasarrufu

ABSTRACT

MS THESIS

REALIZIATION OF AN EFFICIENT LIGHTING SYSTEM BY MEANS OF LED LAMPS

Aykut BILICI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. İsmail SARITAŞ

2019, 83 Pages

Jury
Prof. Dr. Mehmet CUNKAS
Prof. Dr. Ismail SARITAS
Assoc. Prof. Dr. Mustafa Servet KIRAN

In this thesis, a smart lighting system was implemented in order to increase the lighting quality and to use electricity more efficiently by utilizing led lighting tools and daylight. For this purpose, electronic circuit board creation studies were carried out. A luminometer circuit has been established on the circuit board so as to measure daylight intensity and the effect of sunlight on illumination.

In the preparation of the electronic circuit board, "Arduino Nano" was used as a microprocessor, BH1750FVI light sensor module was used for the luxmeter circuit and and the integrated L298N motor driver was used to run LED lighting devices.

In the lighting environment, light reduction or bighting process has been achieved by using LED lighting tools, until the specified lighting intensity was reached.

The PWM technique was used to ensure that led devices are switched on/off in lighting. By this way, the reference brightness for the lighting environment has been reached.

Experiments were carried out in working offices with different daylight intensities and the efficiency of the system was examined with the data obtained. With the inclusion of daylight in the lighting, depending on the seasonal periods and the location of the lighting environment; the efficiency values obtained by the lighting devices remaining open for 8,5 hours shows that the smart lighting system saves up to 47.78% to 97% of the electricity energy compared to the systems with manual turn-on/of systems.

Keywords: intelligent system, control using by arduino, led lighting, energy efficiency

ÖNSÖZ

Son yıllarda ülkemizde yapılan çalışmalarla, enerji konusunda kendi kendine yetebilme gayreti üst düzeye çıkmıştır. Bu amaçla yerli kömür kaynaklarının araştırılması, doğalgaz ve petrol yatakları taramaları, yenilenebilir enerji kaynaklarında üretimin artırılması için verilen teşvikler, yeni hidroelektrik santrallerinin yapılması işlemleri, enerjide dışa bağımlılığı en aza indirmek için gerçekleştirilmektedir. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için bu denli gayret gösterilirken, üretilen elektrik enerjisinin verimli bir şekilde kullanılması da çok önemli bir konu olmuştur. Bu tez çalışması, aydınlatma alanında elektrik enerjisinin daha verimli kullanılabilmesi için gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalarımda danışmanlığımı üstlenen değerli hocam Prof. Dr. İsmail SARITAŞ'a ilgisi, desteği ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım süresince değerli zamanını benimle birlikte harcayan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli dostum Dr. Ali YAŞAR'a ayrıca teşekkür ederim.

Bu tez çalışması süresinde yanımda olan, beni destekleyen aileme ve dostlarıma çok teşekkür ederim.

Aykut BİLİCİ
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**

KISALTMALAR ..... **xii**

1. GİRİŞ **1**

2. MATERYAL VE METOT **3**

2.1. Aydınlatma Elemanları 3
2.1.1. Akkor flamanlı lambalar 3
2.1.2. Halojen lambalar 4
2.1.3. Floresan lambalar 5
2.1.4. Led lambalar 7
2.2. Devre Elemanları 12
2.2.1. GY-30 BH1750FVI ışık yoğunluğu sensörü 12
2.2.2. Mikroişlemci (Arduino) 13
2.2.3. Lcd modül (likit kristal ekran) 15
2.2.4. Led aydınlatma paneli 16
2.2.5. L298N entegresi 17
2.3. Aydınlatma Sistemi 18
2.3.1. Enerji tasarrufu 18
2.3.2. Mikroişlemcili uygulamalar 20
2.3.3. Pwm (pulse wıdth modulatıon - darbe genlik modülasyonu) 22

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR **24**

3.1. Çalışmanın Uygulaması 30
3.1.1. Doğu cepheli ofis 32
3.1.2. Batı cepheli ofis 34
3.1.3. Güney cepheli ofis 37
3.1.4. Güney ve doğu cepheli ofis 39
3.1.5. Güney ve batı cepheli ofis 42

4. SONUÇLAR **45**

4.1. Öneriler 52

KAYNAKLAR **53**

EKLER **55**

EK-1 Doğu cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri 55
EK-2 Batı cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri. 59
EK-3 Güney cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri. 62
EK-4 Güney ve Doğu cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri. 65
EK-5 Güney ve batı cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri. 68

ÖZGEÇMİŞ 71

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 2. 1 AKKOR FLAMANLI LAMBA 4
ŞEKİL 2. 2 HALOJEN LAMBALAR 4
ŞEKİL 2. 3 KOMPAKT FLORESAN LAMBA(LİNK09, 2018) 5
ŞEKİL 2. 4 KENDİNDEN BALASTLI VE STARTERLİ KOMPAKT FLORESANIN KISIMLARI(BLOCK, 1993) 6
ŞEKİL 2. 5 RENK SICAKLIKLARI(LİNK08, 2018) 7
ŞEKİL 2. 6 LED LAMBA (LİNK06, 2018) 7
ŞEKİL 2. 7 TİPİK BİR LED MODÜL (STRAVORAVDİS S., 2013) 8
ŞEKİL 2. 8 LED'İN AVANTAJLARI(LİNK04, 2018) 8
ŞEKİL 2. 9 LED İÇİN YAŞAM SÜRESİ 9
ŞEKİL 2. 10 AYDINLATMA ELEMANLARININ ÖMÜR, IŞIK VERİMLİLİĞİ VE AYDINLATMA GİDERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI(LİNK04, 2018) 10
ŞEKİL 2. 11. LED LAMBA(LİNK06, 2018) 11
ŞEKİL 2. 12 GÜÇ KAYNAĞI(LİNK10, 2018) 12
ŞEKİL 2. 13 GY-30 BH1750FVI IŞIK SENSÖRÜ MODÜLÜ(LİNK11, 2018) 13
ŞEKİL 2. 14 GY-30 BH1750FVI IŞIK SENSÖRÜ MODÜLÜ BLOK DİYAGRAMI(LİNK11, 2018) 13
ŞEKİL 2. 15 ARDUİNO NANO MİKROİŞLEMCİ(LİNK07, 2018) VE SHİELD 14
ŞEKİL 2. 16 ARDUİNO NANO PİN BAĞLANTILARI(LİNK07, 2018) 15
ŞEKİL 2. 17 LİKİT (SIVI) KRİSTAL EKRAN(LİNK12, 2019) 16
ŞEKİL 2. 18 ARDUİNO İLE LCD MODÜL BAĞLANTISI(LİNK12, 2019) 16
ŞEKİL 2. 19 LED AYDINLATMA PANELLERİ 17
ŞEKİL 2. 20 L298N SÜRÜCÜ ENTEGRESİ(LİNK13, 2019) 17
ŞEKİL 2. 21 L298N SÜRÜCÜ ENTEGRESİ BLOK DİYAGRAMI(LİNK13, 2019) 18
ŞEKİL 2. 22 ENERJİ TASARRUFLU LAMBA(LİNK14, 2019) 18
ŞEKİL 2. 23 ARDUİNO MİKROİŞLEMCİ(LİNK07, 2018) 21
ŞEKİL 2. 24 DUTY CYCLE GÖSTERİMİ(LİNK03, 2017) 22
ŞEKİL 2. 25 DUTY CYCLE İLE SİNYAL GENİŞLİĞİ KONTROLÜ(LİNK03, 2017) 23
ŞEKİL 2. 26 AYNI DUTY CYCLE'A SAHİP FREKANSLARI FARKLI OLAN İKİ SİNYAL(LİNK03, 2017) 23

ŞEKİL 3. 1 LÜXMETRE DEVRESİ VE LCD MODÜLDE DEĞER GÖSTERİMİ 24
ŞEKİL 3. 2 GY-30 BH1750FVI IŞIK SENSÖRÜ(LİNK11, 2018) 25
ŞEKİL 3. 3 LCD MODÜL(LİNK15, 2019) 25
ŞEKİL 3. 4 TEZ ÇALIŞMASI KONTROL KARTI PCB ÇİZİMİ 26
ŞEKİL 3. 5 TEZ ÇALIŞMASI DEVRE KARTI 26
ŞEKİL 3. 6 ÇALIŞMADA KULLANILAN LED ÇUBUK PANEL 27
ŞEKİL 3. 7 AYDINLATMA SİSTEMİ AKIŞ DİYAGRAMI 28
ŞEKİL 3. 8 AYDINLATMA SİSTEMİ BLOK ŞEMASI 29
ŞEKİL 3. 9 DENEYSEL ÇALIŞMA YAPILAN OFİS 30
ŞEKİL 3. 10 VERİ TOPLAMA KARTI PCB ÇİZİMİ 31
ŞEKİL 3. 11 VERİ TOPLAMA KARTI 31
ŞEKİL 3. 12 DOĞU CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ ÜSTTEN GÖRÜNÜŞ 32
ŞEKİL 3. 13 DOĞU CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ 33
ŞEKİL 3. 14 DOĞU CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ LÜX DEĞERİ ZAMAN GRAFİĞİ 33
ŞEKİL 3. 15 DOĞU CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 34
ŞEKİL 3. 16 DOĞU CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ MANUEL AÇMA-KAPAMA İLE HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 34
ŞEKİL 3. 17 BATI CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ ÜSTTEN GÖRÜNÜŞ 35
ŞEKİL 3. 18 BATI CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ 35
ŞEKİL 3. 19 BATI CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ LÜX DEĞERİ ZAMAN GRAFİĞİ 36
ŞEKİL 3. 20 BATI CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 36
ŞEKİL 3. 21 BATI CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ MANUEL AÇMA-KAPAMA İLE HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 37
ŞEKİL 3. 22 GÜNEY CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ 37
ŞEKİL 3. 23 GÜNEY CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ 38
ŞEKİL 3. 24 GÜNEY CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ LÜX DEĞERİ ZAMAN GRAFİĞİ 38
ŞEKİL 3. 25 GÜNEY CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 39

ŞEKİL 3. 26 GÜNEY CEPHELİ DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ MANUEL AÇMA-KAPAMA İLE HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 39
ŞEKİL 3. 27 GÜNEY VE DOĞU CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ ÜSTTEN GÖRÜNÜŞ 40
ŞEKİL 3. 28 GÜNEY VE DOĞU CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ 40
ŞEKİL 3. 29 GÜNEY VE DOĞU CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ LÜX DEĞERİ ZAMAN GRAFİĞİ 41
ŞEKİL 3. 30 GÜNEY VE DOĞU CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 41
ŞEKİL 3. 31 GÜNEY VE DOĞU CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ MANUEL AÇMA-KAPAMA İLE HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 42
ŞEKİL 3. 32 GÜNEY VE BATI CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ 42
ŞEKİL 3. 33 GÜNEY VE BATI CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ 43
ŞEKİL 3. 34 GÜNEY VE BATI CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ LÜX DEĞERİ ZAMAN GRAFİĞİ 43
ŞEKİL 3. 35 GÜNEY VE BATI CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 44
ŞEKİL 3. 36 GÜNEY VE BATI CEPHELERİNE SAHİP DENEYSEL ÇALIŞMA OFİSİ MANUEL AÇMA-KAPAMA İLE HARCANAN GÜÇ ZAMAN GRAFİĞİ 44

ŞEKİL 4. 1 DOĞU CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSLERİNDE YÖNTEMLERE GÖRE HARCANAN ELEKTRİK ENERJİSİ .. 46
ŞEKİL 4. 2 BATI CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSLERİNDE YÖNTEMLERE GÖRE HARCANAN ELEKTRİK ENERJİSİ 47
ŞEKİL 4. 3 GÜNEY CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSLERİNDE YÖNTEMLERE GÖRE HARCANAN ELEKTRİK ENERJİSİ . 48
ŞEKİL 4. 4 GÜNEY VE DOĞU CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSLERİNDE YÖNTEMLERE GÖRE HARCANAN ELEKTRİK ENERJİSİ 49
ŞEKİL 4. 5 GÜNEY VE BATI CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSLERİNDE YÖNTEMLERE GÖRE HARCANAN ELEKTRİK ENERJİSİ 51

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE 3. 1 MİNİMUM AYDINLIK DÜZEYLERİ TABLOSU(EN12464-1:2011, 2018)..... 24
ÇİZELGE 3.2 DENEYSEL ÇALIŞMALARIN YAPILDIĞI OFİS ÖZELLİKLERİ 32

ÇİZELGE 4. 1 DOĞU CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSİ VERİLERİ..... 45
ÇİZELGE 4. 2 BATI CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSİ VERİLERİ 46
ÇİZELGE 4. 3 GÜNEY CEPHELİ ÇALIŞMA OFİSİ VERİLERİ 47
ÇİZELGE 4. 4 GÜNEY VE DOĞU CEPHELERİNE SAHİP ÇALIŞMA OFİSİ VERİLERİ..... 48
ÇİZELGE 4. 5 GÜNEY VE BATI CEPHELERİNE SAHİP ÇALIŞMA OFİSİ VERİLERİ..... 50
ÇİZELGE 4. 6 MİNİMUM AYDINLIK ŞİDDETİ İÇİN HARCANAN TOPLAM GÜÇ..... 51

KISALTMALAR

PD : Foto Diyot
AMP : İşlemsel Yükselteç
ADC : Analog Dijital Dönüştürücü
OSC : Osilatör
DC : Doğru Akım
EPROM : Silinip Programlanabilir Salt Okunur Bellek
Hz : Frekans Birimi
LCD : Liquid Cyrstal Display
LED : Light Emitting Diode
Lm : Işık Akısı
Lx : Işık Yoğunluğu
PROM : Programlanabilir Yalnızca Okunur Bellek
PWM : Darbe Genişlik Modülasyonu
RAM : Random Access Memory
ROM : Read Only Memory
Vb : Ve Benzeri
W : Watt
OLD : Ölçülen Ortam Lüx Değeri
RLD : Belirlenen Referans Lüx Değeri

1. GİRİŞ

Son zamanlarda Türkiye'de elektrik enerjisinin kullanımının ve enerji ihtiyacının artması ve gelecek yıllarda olası bir enerji açığının olabileceğinin görülmesi, enerji tasarrufunu ülkemizde zorunlu hale getirmiştir. Enerji kaynaklarının etkin kullanımının ülke ekonomisine sağlayacağı pozitif katkıları büyük boyutlara ulaşabilmektedir. Her birey kendi üzerine düşeni yapmalıdır. Bunun için Enerji tasarrufu yöntemleri anlatılarak bu bilincin insanlarımıza aşılanması gerekmektedir. Aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden ve iyi bir aydınlatmanın şartları yerine getirilerek yapılmalıdır. İyi bir aydınlatma, daha verimli aydınlatma elemanları ile sağlanacağı için, aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması mümkündür. Verimli bir aydınlatma ortamının oluşturulması ile hem elektrik enerjisi tüketimi azalmış olacak, hem de sağlığımız korunmuş olacaktır(Gençoğlu ve Özbay, 2007).

Son yıllarda ülkemizde yapılan çalışmalarla, enerji konusunda kendi kendine yetebilme gayreti üst düzeye çıkmıştır. Bu amaçla yerli kömür kaynaklarının araştırılması, doğalgaz ve petrol yatakları taramaları, yenilenebilir enerji kaynaklarında üretimin artması için verilen teşvikler, yeni hidroelektrik santrallerinin yapılması işlemleri enerjide dışa bağımlılığı en aza indirmek için gerçekleştirilmektedir. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için bu denli gayret gösterilirken, üretilmiş elektrik enerjisinin verimli bir şekilde kullanılması da çok önemli bir konu olmuştur.

Aydınlatmada kullanılan elemanlar da yıllar ilerledikçe daha az enerji tüketerek çalışabilir hale gelmişlerdir. Akkor flamanlı ampullerden floresan ampullere ve led aydınlatma elemanlarına kadar elektrik enerjisinin verimli kullanımı için çalışmalar yapılmıştır.

Günışığı ile aydınlatma, görsel ve termal konfor ile hoş bir iç ortam sağlayan doğal bir aydınlatma kaynağıdır. Günışığı aydınlatması, en iyi renk görüntüleme indeksine sahiptir ve dolayısıyla kaliteli bir ışık kaynağıdır(Singh ve Garg, 2010).

Jennings ve diğerleri (2000), özel ofislerde hareket sensörleri kullanarak aydınlatma sağlamış, 15-20 dakikalık bir boşta kalma süresi sonrasında ışıkları kapatmıştır. Bir duvar anahtarı yardımıyla açma ve kapama işlemine kıyasla, aydınlatma enerjisinde yüzde 20-26 arasında bir kazanç elde etmiştir. Lee ve Selkowitz (2006), günışığı bağlantılı iki tür aydınlatma çalışmasını test etti. Sistemler oransal kontrollü açık döngü karartma sistemi ve bir DALI karartma sistemi şeklindeydi.

Birincide denemede, koyu renk tonlarıyla donatılmış bir pencere ve duvarı olan ofisi 7 ay (Şubat ortasından Eylül ortasına kadar) boyunca test etti karartma sistemine sahip, yandan aydınlatmalı bir alanda, yüzde 20-23 oranında tasarruf elde etti. İkinci denemede, ışık geçirgenliği yüksek ve iki tarafı pencere olan bir ofiste karartma sistemi ve yeterli gün ışığı olduğunda karartma sistemini kapatan DALI karartma sistemi ile yüzde 52-59 oranında tasarruf elde etti(Galasiu ve ark., 2007).

Tez çalışmamızda, tasarruflu led aydınlatma elemanlarının yazılımsal destekle verimliliğinin artırılması, gün ışığının da aydınlatma çalışmalarında etken olarak kullanılması ile elektrik enerjisinin optimum verimliliğinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Akıllı Aydınlatma Sistemi ile enerji kullanımında verimlilik, yenilikçi ürünler ortaya çıkarma ve insanların günlük hayatlarında bulundukları ortamlarda yaşam kalitelerinin artırılması hedef olarak alınmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Aydınlatma Elemanları

Işık, kaynağından çıkan bir ışımanın, cisimlere çarparak veya direkt olarak yansıması sonucu canlıların görmesini sağlayan bir enerji şeklidir. Kısaca, ortamdaki cisimleri görmemize ve renkleri ayırt etmemize yarayan enerji şeklidir. Görünür ışık, dalga boyu 360nm ile 830nm arasındaki elektromanyetik ışınım olup, saniyede 300 bin kilometre hızla hareket etmektedir. Işık akısı, bir aydınlatma kaynağından çıkan toplam ışık gücünü ifade eder. Kaynaktan, uzay alanda her yöne yayılan ışık miktarı olarak da tanımlanmaktadır. Birimi lümen'dir(lm). Işık şiddeti, Noktasal bir ışık kaynağından, belli bir yönde yayılan ışığın yoğunluğuna denir. Birimi Candela'dır(cd)(Kılıç, 2013).

Ortalama aydınlık düzeyi birim yüzeye düşen ışık akısının dik bileşenidir. Aydınlık düzeyi E harfi ile gösterilir. Birimi lüks (lx)'tür(Göçmen, 2014).

Birimi Kelvin (^oK) olarak kabul edilen Renk Sıcaklığı; siyah renkteki bir kütlenin, belirlenmiş başka renkte bir ışık elde edilmesi amacıyla ısıtılması gereken sıcaklıktır. Bu çerçevede Mavi renk tonları Yüksek Renk sıcaklığını, Kırmızı-Sarı renk tonları ise Düşük renk sıcaklığını ifade etmektedir. Renk sıcaklığının insanı ruhsal yönden etkilediği düşünülerek aydınlatma yapılacak mekânın özellikleri ve işlevine uygun yönde renk sıcaklığı seçilmelidir. Ayrıca 5000-6500 ^oK değerlerinin gün ışığına tekabül ettiği bilinerek 3000 ^oK gibi düşük sıcaklıklar, sıcak ışık; 8000 ^oK değerleri ise soğuk ışık olarak tabir edilmektedir(Kılıç, 2013).

Mutlak sıcaklığı 0^oK (Sıfır Kelvin) üzerinde bir sıcaklığa sahip her cisim bulunduğu ortama bir ışınım yayar. Fakat çevremizdeki cisimler ideal olmadıklarından dolayı ürettikleri ışınımın belli kısımları malzeme içerisinde ve yüzeylerinde farklı fiziksel mekanizmalarla bir kayba uğrar, sadece belli bir kısmı etrafa yayımlanır(Öztürk, 2011).

2.1.1. Akkor flamanlı lambalar

Akkor flamanlı lamba, elektrik akımı içerisinden geçtiğinde flaman telinin ısınması ile ışık veren ve içindeki hava boşaltılmış camla çevirili bir ışık kaynağıdır. Günümüzde kullanılan akkor flamanlı lambalarda ışık kaynağı olarak kullanılan tel tungsten olup, elektrik akımıyla 2600°C' ye kadar ısındığında ışık vermektedir. Tungsten metali

3382°C gibi çok yüksek bir erime noktasına sahip olduğu için, saatlerce erimeden ve kopmadan ışık vermeye devam edebilmektedir(Göçmen, 2014).



Şekil 2. 1 Akkor flamanlı lamba

2.1.2. Halojen lambalar

Akkor telli lambanın cam balonu içine halojen gaz (genellikle iyot veya brom) konularak lamba içerisinde "halojen döngüsü" oluşturulur ve böylece tungsten halojen lamba elde edilir. Iyot, buharlaşan tungsten parçacıkları ile cam balon içinde kimyasal bir bileşik olan tungsten iyodid oluşturur. Halojen döngüde, halojen gaz lamba flamanından buharlaşan tungsten ile birleşir ve standart akkor lambalarda olduğu gibi lamba duvarında birikmek yerine yeniden flaman üzerinde depolanır. 1400^0 C'nin üstündeki sıcaklıklarda bu bileşik tungsten teli yakınında tekrar tungsten ve iyoda ayrışır ve böylece tel daha yavaş yıpranır(Özkaya, 2004).

Şekil 2.2'de halojen lambalara ait görüntü verilmektedir.



Şekil 2. 2 Halojen lambalar

Halojen lambalar farklı tasarımlarda yapılabilir ve boyutları küçük olarak imal edilirler. Çalışma ömürleri oldukça uzundur. Ömrünün kısalmaması için çıplak elle temas edilmemelidir. Halojen lambaların farklı gerilim değerleri ile çalışabilen tipleri

vardır. Direkt olarak 220V şebeke gerilimi ile çalışan türlerinin olmasının yanı sıra; 6V, 12V ya da 24V gerilimlerle çalışmakta olan halojen lambalar da mevcuttur(Çoban, 2010).

2.1.3. Floresan lambalar

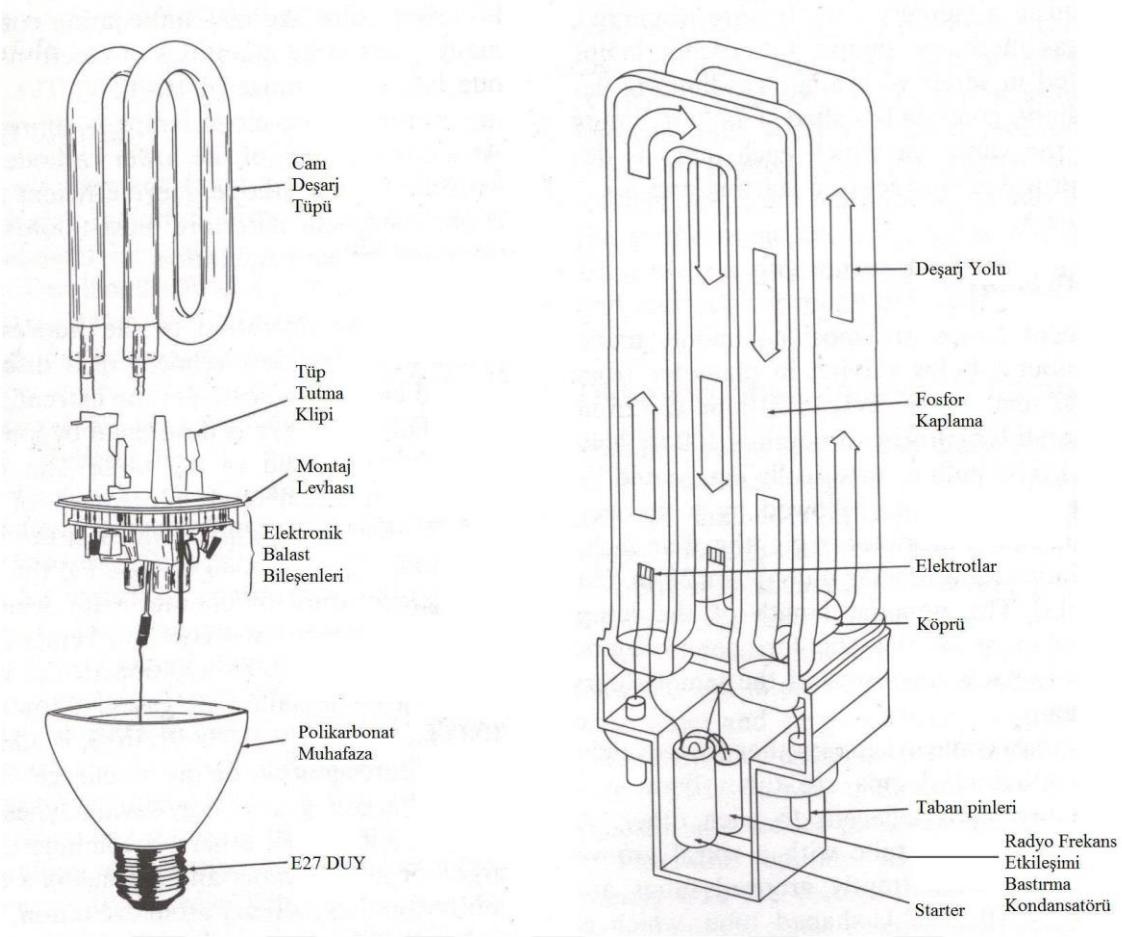
Flüoresan lambalar, genellikle cıva içerisindeki deşarj ile üretilen ultraviyole ışınımlar tarafından etkinleştirilmiş flüoresan tozları vasıtasıyla ışık üreten alçak basınçlı, cıva buharlı, gaz deşarjla ışık kaynaklarıdır(Göçmen, 2014).

Şekil 2.3'de farklı floresan lambalar gösterilmektedir.



Şekil 2. 3 Kompakt Floresan Lamba(Link09, 2018)

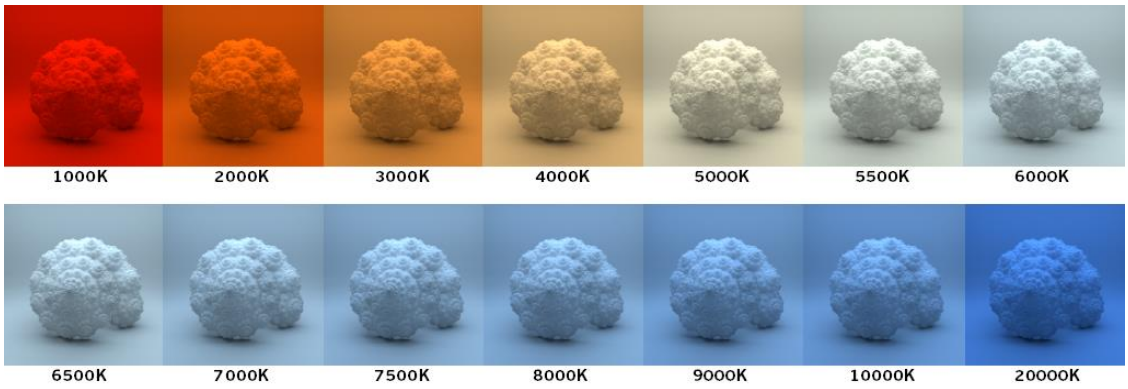
Deşarj tüpü silindir şeklindedir. Doldurma gazını ve elektrotları içerir. Düz tüpler kireç camından imal edilirken (24, 48 ve 96 uzunluğunda) eğri tüpler (simit ve kompakt floresan) kurşun camdan imal edilirler. Tüp, çapı ve fiziksel yapılandırması ile tanımlanır. T tüpü simgelerken sonraki sayının 8'e bölümü inç olarak tüp çapını verir. Örneğin, "T12" düz tüplü 1.5 inç çaplı floresan lambaya karşılık gelir(Ovellette, 1993).



Şekil 2. 4 Kendinden balastlı ve starterli kompakt floresanın kısımları(Block, 1993)

Şekil 2.4'de iç yapısı gösterilen kompakt floresanların yüksek verimliliklerinin sebebi, nadir toprak fosforlarının floresan tozu içerisinde bulunmasıdır. Bu toprak fosforları sayesinde küçük çaplı tüplerinde, yüksek güç yoğunluğuna sahip kompakt floresanlardan yüksek ışık akısı elde edilir. Klasik halofosforların kompakt floresanlarda kullanılması, kompakt floresanların verimlerinin hızlı bir şekilde düşmesine neden olur. Kompakt floresanlarda kullanılan nadir toprak fosforları mükemmel renk geriverim özeliklerine sahiptir. Farklı renk sıcaklıkları bu fosforların kombinasyonlarından elde edilir(Çakıllık, 2011).

Renk geri verim indeksi renklerin ışık altında ne kadar "gerçek" veya "doğal" olduğunu gösterir. Örneğin, klasik bir akkor filamanlı lambanın renk sıcaklığı 2800K ve renk geriverim indeksi 93'dür(Sasaki, 1994).



Şekil 2. 5 Renk Sıcaklıkları(Link08, 2018)

Şekil 2.5'te renk sıcaklıklarının değerlendirilmesi için oluşturulmuş görsel bulunmaktadır.

2.1.4. Led lambalar

LED lambalar, malzeme teknolojisindeki gelişmeye bağlı olarak her geçen gün biraz daha geliştirilerek, aydınlatma sektöründe yer almaktadır. Yüksek güçlü beyaz ışıklı LED'in araştırılması ve geliştirilmesi LED'lerin aydınlatma alanında da kullanılmasını mümkün kılmıştır. LED'lerin sahip olduğu yüksek ışık verimliliği, düşük enerji sarfiyatları, minimal boyutları, uzun ömürleri, farklı renk sıcaklıkları, geniş renk yelpazesi gibi sağladığı birçok özelliği ile yakın gelecekte geleneksel aydınlatma sistemlerini geçecek ve geniş bir kullanım alanına sahip bir teknolojidir(Kılıç, 2013).

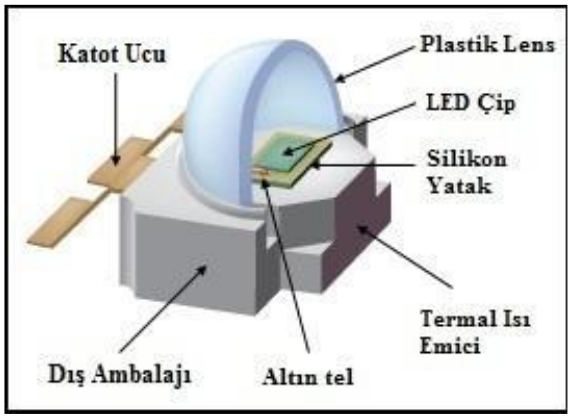
Şekil 2.6'da Led lamba örneği gösterilmiştir.



Şekil 2. 6 Led Lamba (Link06, 2018)

LED, Işık yayan diyot olarak ifade edilen ve elektrik enerjisinin ışığa dönüşmesini sağlayan yarı iletken bir elektronik devre elemanıdır. Yarı iletken malzemeden oluşan ve ışık yayan LED çipi LED'in en önemli kısmını oluşturmaktadır.

Bu çip noktasal bir ışık kaynağıdır ve ışığın belirli bir yöne doğru yayılmasını kılıf içine yerleştirilmiş olan yansıtıcı eleman sayesinde sağlar(Erol, 2010).



Şekil 2. 7 Tipik bir LED modül (Stravoravdis S., 2013)

Şekil 2.7'de iç yapısı gösterilen led modülleri, opto-elektronik çalışma sahasının vazgeçilmez bir unsuru olarak piyasaya çıkmış ve aydınlatma alanında büyük bir devrim yaşanacağının sinyallerini vermektedir. Günümüzde aydınlatma teknolojisindeki gelişmeler sayesinde LED'li aydınlatma sistemleri yenilikçi ve çağın ötesinde çözümler sunmaktadır(Perdahçı ve Hanlı, 2009).

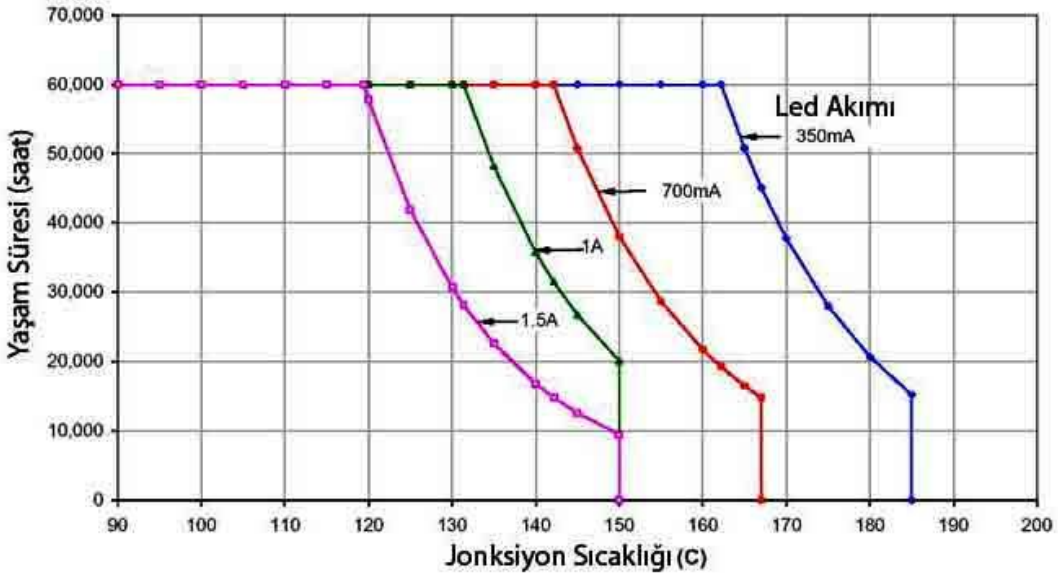


Şekil 2. 8 LED'in avantajları(Link04, 2018)

LED teknolojileri üzerindeki ısınma sorunları ve olası sürücü problemleri ortadan kaldırıldığında ışık verimliliğinde büyük gelişmelerin olacağı aşikardır. Işık verimliliğindeki gelişmeler sayesinde LED'lerin geleneksel aydınlatmada diğer ışık kaynaklarının yerini alması mümkün görünmektedir(Erol ve Canbolat, 2011).

Hassas ve kırılgan donanıma sahip olan geleneksel aydınlatmalar hafif de olsa herhangi bir darbeye maruz kalmadıkları takdirde ortalama 10.000-24.000 saat aralığında bir ömüre sahiptirler. Cıva Buharlı Sokak lambaları 10000 saat, Metal

Halojen lambalar 22000 saat, Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ömrü ise 24000 saat olduğu düşünülürse LED lambaların ömrünün 50000 saat ve üstü olması LED'lerin diğer bir üstünlüğüdür(Kılıç, 2013).

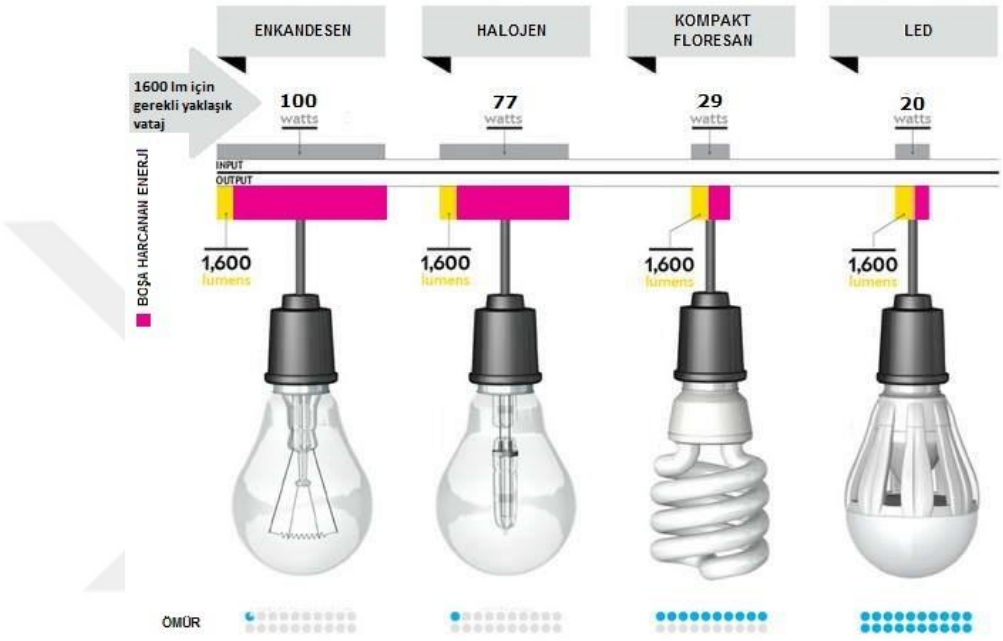


Şekil 2. 9 LED için yaşam süresi

LED lambalar, titreşime ve kırılmaya karşı yüksek dirençli bir yapıya sahip olduklarından ortalama 50.000 saat ömürleri bulunmaktadır. İç ve dış donanımlarının son derece dayanıklı olması nedeniyle, LED'lerin katolog değerlerinde biçilen ömürleriyle, kullanım ömürlerinin yaklaşık olarak aynı olmasını sağlamaktadır. Bu dayanıklılık LED sistemlerinde kullanılan cihazların sağlam olması ve ısı, nem, toz, suya karşı yalıtımlı olarak üretilmelerinden kaynaklanmaktadır. LED'ler geleneksel lambalardaki gibi bir darbeye maruz kaldıklarında kolayca kırılabilen bir yapıya sahip değildirler. Düşük miktarda ürettikleri ısıyı, bulundukları ortamın içine homojen bir şekilde yayarak, donanımının yıpranmasını engellerler. Ayrıca ısı yalıtımı, dış koşullardan kaynaklanan ısı farklılıklarıyla meydana gelen buharlaşmayı önleyerek cihazları arızalardan korurlar. Toz ve neme karşı dayanıklı olarak üretilen LED'ler, bu tip etkenlerin devrelere verdiği zararı engelleyerek, sistemin uzun ömürlü olmasını sağlarlar. LED'lerin uzun ömürlü olduklarına en güzel kanıtı, 1980'lerde üretilen LED lambaların, günümüzde hala çalışıyor olmasıdır(Link01, 2013).

Dış aydınlatmada kullanılan sokak lambaları, yılda ortalama 4.000 saat çalışmaktadır. LED lambaların 50.000 saat ömrü olduğu düşünülürse 10 yıl veya daha fazla bir kullanıma sahip olacağı görülmektedir. Bu nedenle, uzun ömrü LED'ler,

işçiliği pahalı ve değiştirilmesi zor olan yerleri aydınlatmak için ideal bir çözüm olup, köprüler, tüneller, yüksek dağlık bölgeler, adalar vb. bölgelerde kullanılması mantıklı olacaktır. Dış aydınlatmada kullanılan Yüksek Basınçlı Soydum Buharlı Lambaların(HPS) ışık kaynağı sarımsı renk verdikleri için, nesnelerdeki renk farklılıkları zor ayırt edilirken, LED'ler tarafından üretilen beyaz ışık bir nesnenin gerçek renginde görünmesini sağlamaktadır(Kılıç, 2013).



Şekil 2. 10 Aydınlatma elemanlarının ömür, ışık verimliliği ve aydınlatma gideri açısından karşılaştırılması(Link04, 2018)

LED lambalar, yüksek Renk Verme Endeksi(CRI) sayesinde(Ra=80) kullanıcılarına geniş bir yelpazede renk seçeneği sunarlar. Milyonlarca renk oluşturulabilen, yüksek saflıkta renklendirilmiş bir ışık üretmektedir. Renkli ışık oluşturmak için, geleneksel ışık kaynaklarındaki gibi filtre kullanımı gerekmediği için daha parlak ve canlı renkler verirler. Böylece, enerji kaybı olmadan, daha saf, daha derin ve parlak renkler etmektedirler(Link01, 2013).

Led'ler akkor telli lambalara göre Watt başına daha fazla ışık çıkışı sağlar. Bu verimlilik flüoresan lambalarda olduğu gibi lamba balonunun şekline ve boyutuna bağlı değildir. LED'ler geleneksel sistemlerde olduğu gibi ışık rengini değiştirmek için renk filtresine gerek duymazlar. Bu da kurulum maliyetini biraz aşağı çeker. LED'ler çok küçük boyutlarda olabilirler (2 mm^2'den küçük) ve bir devre üzerine monte edilmeleri kolaydır. Sahip oldukları bu özellikler ile LED'ler kompakt armatür olarak

tasarlanabilirler. LED'ler çok çabuk ışık verir. Bir LED gösterge lambası tam parlaklığa bir mikro saniye'nin altında ulaşır. Açma/kapama hızları LED ömrünü ve bakımını etkilememektedir (Göçmen, 2014).

LED'lerin sahip olduğu bu hızlı açma/kapama özelliği yanıp sönen görüntülerde günışığı sensörü ve hareket sensörü kullanımı için de uygundur(Menteşeoğlu, 2011).

Sık açma/kapama döngüsüne sahip olan uygulamalar için LED'ler idealdir. Örneğin flüoresan lambalar açma/kapama döngüsüne uyma işleminde hız açısından başarısızdır, Yüksek Yoğunluklu Deşarj (HID) lambalar da tekrar çalışabilmek için uzun bir zamana ihtiyaç duyarlar. LED'ler bir darbe genlik modülatörü ya da akımın düşürülmesi ile kolaylıkla dimmerlenebilir. Akkor telli lambalar kolaylıkla dimmerlenebilirken, flüoresan lambalar genel de tam ışık çıkışının %30 una kadar düşürülerek dimmerlenebilir(Göçmen, 2014).



Şekil 2. 11. Led Lamba(Link06, 2018)

Mevcut birçok ışık kaynağının tersine LED'ler hassas obje ve ürünlere zarar verebilecek ısı üretmezler. Bununla birlikte daha düşük sıcaklıklarda LED'lerin performansı artmaktadır. Bu özelliğinden dolayı LED'lerin alışveriş merkezleri, buzdolabı, derin dondurucu gibi soğuk tutulması gereken yerlerin aydınlatılmasında çokça karşımıza çıkmaktadır. LED'in kılıfı ışığı yönlendirecek şekilde tasarlanabilir. Akkor telli ve flüoresan lambalar ışığı toplayıp istenen tarzda yönlendirecek dış yansıtıcılara ihtiyaç duyar. LED'ler ise yassı bir yüzeye monte edilerek küresel olarak değil de yarı küresel olarak da ışık yayarlar. Böylece kayıp olan ışık miktarı azalır. LED'lerin lümen başına fiyatları geleneksel kaynaklardan daha pahalıdır. Ek olarak sürücü devresi, güç kaynakları gibi destek sistemleri yine geleneksel sistemlerde

kullanılanlardan daha pahalı olduğundan ilk maliyet olarak daha yüksektir(Göçmen, 2014).



Şekil 2. 12 Güç Kaynağı(Link10, 2018)

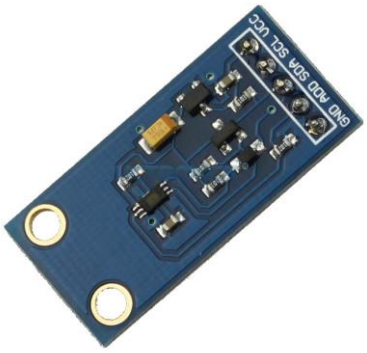
LED'ler eşik değeri olarak bilinen bir referans akım ve gerilim değeri ile beslenmelidir. Bu referans değer seri dirençler ve şekil 2.12'deki akım regülatörlü SMPS güç kaynakları ile sağlanabilir. LED'lerin performansı kullanıldıkları yerdeki ortam sıcaklığına büyük oranda bağımlıdır. Kullanıldıkları ortamların sıcaklık değerlerinin yüksek olması LED grubunun ısınmasına ve bu sebepten LED'lerin arızalanmasına yol açmaktadır(Göçmen, 2014).

Soğuk beyaz LED'lerin çoğu gün ışığı ya da akkor telli lambada olduğundan oldukça farklı bir siyah cisim radyasyonu altındadır. 460nm ile 500nm dalga boylarında cisimler akkor telli lamba ışığı altında ya da gün ışığı altında olduğundan farklı görünürler. Fosfor esaslı soğuk-beyaz LED lamba ışığı altındaki kırmızı renkli yüzeyler kötü bir renksel geriverim gösterirler(Menteşeoğlu, 2011).

2.2. Devre Elemanları

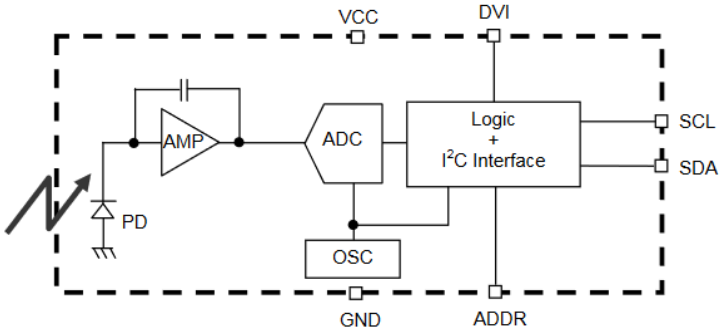
2.2.1. GY-30 BH1750FVI ışık yoğunluğu sensörü

GY-30 BH1750FVI Işık Sensörü Modülü, BH1750FVI ışık yoğunluğu sensörü temelli bir ışık yoğunluğu ölçen sensör kartıdır. 0-65535lx arası ışık yoğunluğu ölçebilir. Kart üzerinde dâhili AD çevirici bulunmaktadır. Dijital çıkış veren sensör kartı I2C protokolü ile haberleşebilir.



Şekil 2. 13 GY-30 BH1750FVI Işık Sensörü Modülü**(**Link11**,** 2018**)**

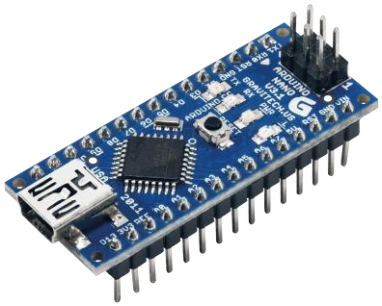
3V-5V çalışma gerilimine sahip olan ve Şekil 2.13'te gösterilen GY-30 BH1750FVI ışık sensörü modülü, insan gözüne yakın spektral tepki ve düşük ölçüm hatası(+/- 20%) ile ortamdaki ışık şiddetinin tayininde kullanılan bir sensör modülüdür. Sensöre ait blok diyagram Şekil 2.14'te verilmiştir.



Şekil 2. 14 GY-30 BH1750FVI Işık Sensörü Modülü Blok Diyagramı(Link11, 2018)

2.2.2. Mikroişlemci (Arduino)

Arduino, bir G/Ç kartı ve Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamından oluşan bir fiziksel programlama platformudur. Arduino tek başına çalışan etkileşimli nesneler geliştirmek için kullanılabileceği gibi bilgisayar üzerinde çalışan yazılımlara da (Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider gibi) bağlanabilir(Songül, 2014).

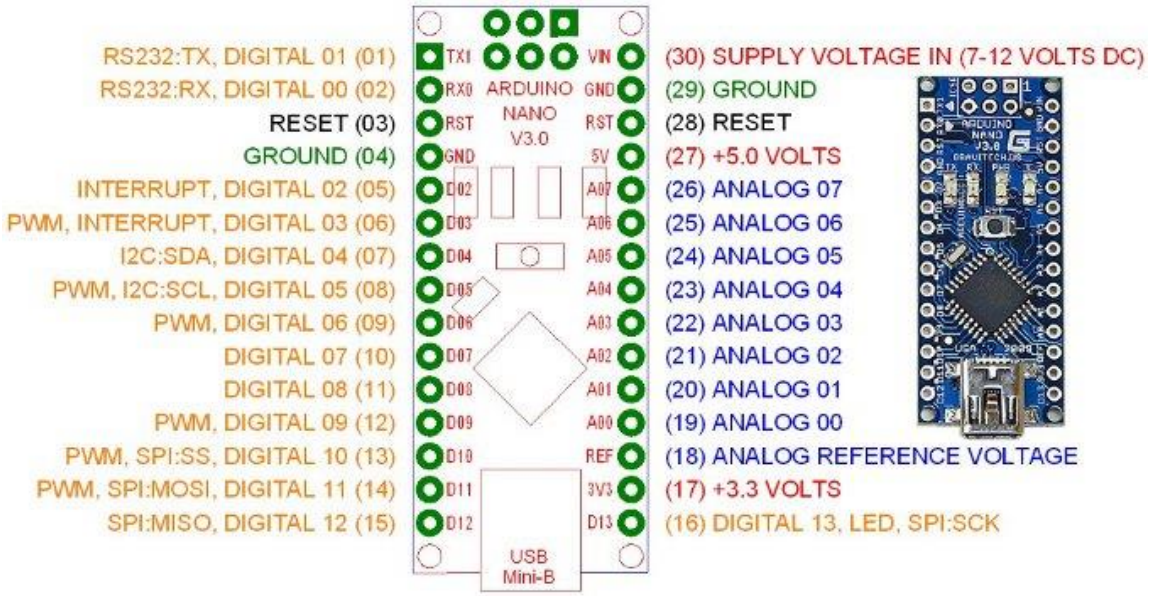


Şekil 2. 15 Arduino Nano Mikroişlemci(Link07, 2018) ve Shield

Şekil 2.15'te verilen arduino mikroişlemcilerinin genel özellikleri ve bu işlemcileri kullanarak yapabileceğimiz uygulamalar şu şekildedir;

- Arduino sahip olduğu kütüphaneler sayesinde mikrodenetleyicileri kolay bir şekilde programlanabilir.
- Basit bir şekilde çevresiyle etkileşimde bulunabilecek sistemler tasarlayabileceğiniz, açık kaynak kodlu bir geliştirme platformudur.
- Analog ve dijital veriler kolay bir şekilde işlenebilir.
- Sensörlerden gelen veriler rahatlıkla kullanılabilir.
- Çıktılar (ses, ışık, hareket vs…) üretilebilir.

Arduino Nano, Atmega328 temelli bir mikro denetleyici kartıdır. Üzerinde 14 adet dijital giriş/çıkış pini (6 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir), 8 analog giriş, USB soketi, 16Mhz kristal, reset tuşu ve ICSP konektörü bulundurmaktadır. Kart üzerinde mikro denetleyicinin çalışması için gerekli olan her şey bulunmaktadır. USB kablosu üzerinden bilgisayara bağlanabilen Arduino Nano, adaptör veya pil ile de çalıştırılabilir.

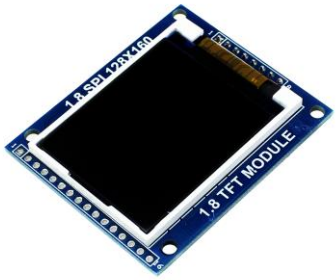


Şekil 2. 16 Arduino Nano Pin Bağlantıları(Link07, 2018)

Şekil 2.16'da gösterilen Nano, üzerindeki 14 adet dijital pinin tamamı giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. 8 adet analog giriş pinide bulunmaktadır. Bu analog giriş pinleri de benzer şekilde dijital giriş ve çıkış olarak ayarlanabilir. Böylelikle kart üzerinde 20 adet dijital giriş çıkış pini bulunmaktadır. Nano üzerindeki pinlerin hepsinin lojik seviyesi 5V'dur. Her bir pin maksimum 40mA giriş ve çıkış akımı ile çalışır. Arduino ile PWM(Pulse Width Modulation) tekniğini kullanarak, gücü kontrol altına alınabilir. PWM, Sinyal Genişlik Modülasyonu tekniğiyle, yüksek frekanslı devrelerde güç kontrolü ve aktarılan güç miktarının ayarlanması gibi işlemler rahatlıkla yapılabilir(Link07, 2018).

2.2.3. Lcd modül (likit kristal ekran)

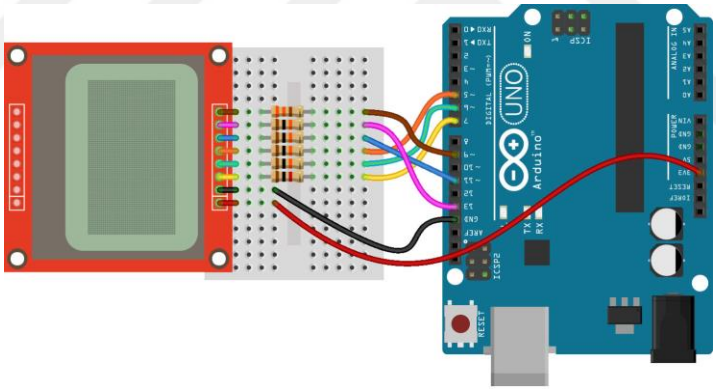
Likit Kristal Ekran (LCD), hesap makinelerindeki küçük görüntü ekranından büyük televizyon ekranlarına kadar çeşitli aygıtların yapımında kullanılır. Sistemlerde LCD ekran kullanmanın ince boyutlu, düşük maliyetli ve gücünün verimli olması gibi çok fazla avantajı vardır. LCD tabanlı küçük ekran modülleri normal durumlarda tüm gömülü aygıtlarda bulunur.



Şekil 2. 17 Likit (Sıvı) Kristal Ekran(Link12, 2019)

Şekil 2.17'te gösterilen sıvı kristal gösterge, LCD (Liquld Crystal Display) olarak ifade edilmektedir. Sıvının elektrikle kutuplanması ve ışığı tek fazlı olarak geçirmesine dayalı çalışan LCD'ler, sistem içerisinde süregelen işlemleri yazılı ve sayısal olarak incelenmesini sağlayan görüntü teknolojisidir. Sahip oldukları düşük enerji tüketimleri nedeniyle LCD'ler yaygın olarak kullanılmaktadır(Özkaya, 2004).

Arduino ile LCD modül bağlantısı Şekil 2.18'de gösterilmektedir.



Şekil 2. 18 Arduino ile LCD modül bağlantısı(Link12, 2019)

2.2.4. Led aydınlatma paneli

LED ampuller akkor ampullere göre %85 daha az enerji harcar ve 20 kat daha uzun ömürlüdür. Karartma fonksiyonlu lambalar sayesinde ışık yoğunluğu ortama göre ayarlanabilir. Işık yoğunluğunun ayarlanabilir olması, enerji tasarrufu sağlar. Aydınlatmanın ve enerji kullanımının yoğunluğu ve önemi, enerjinin de verimli olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Bu durumda dim edilebilir LED aydınlatma ürünleri, enerji verimliliğinde aktif rol oynamaktadır.

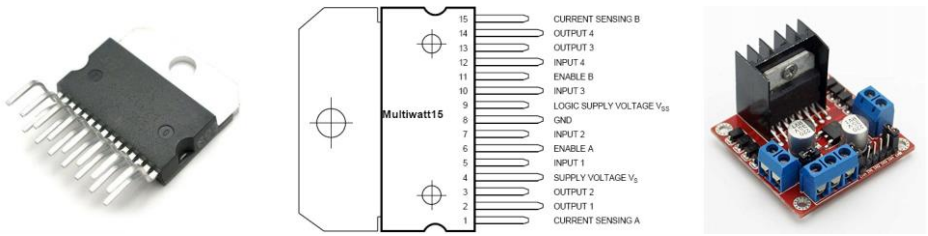


Şekil 2. 19 Led Aydınlatma Panelleri

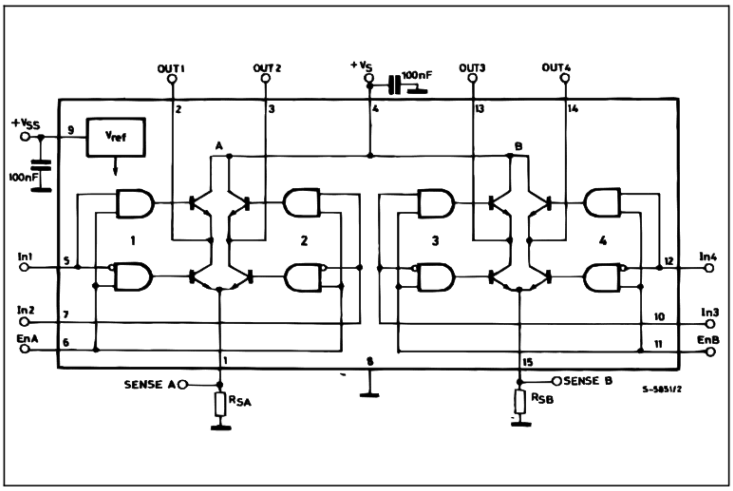
Şekil 2.19'da sıva altı ve sıva üstü formları bulunan led panellerin, doğru akımda DC12V, DC24V, DC48V, DC78V,.. gibi farklı gerilim değerlerinde çalışan türleri bulunmaktadır.

2.2.5. L298N entegresi

Şekil 2.20'de verilen L298N, iki kanallı aynı anda birbirinden bağımsız olarak 2 adet aygıt sürmeye imkân sağlayan sürücü entegresidir. Yüksek akıma karşı korumalıdır, kanal başına 2 ampere kadar akım verebilir. İçerisinde 2 adet H köprüsü bulunur. Toplam 15 adet bacağı bulunmaktadır. Bunlardan Input1, Input2, Output1, Output2, Enable A ve Current Sensing A, A köprüsü için; Input3, Input4, Output3, Output4, Enable B ve Current Sensing B, B köprüsü içindir(Yavuz, 2015). Şekil 2.21'de L298N sürücü entegresi blok diyagramı verilmektedir.



Şekil 2. 20 L298N sürücü Entegresi(Link13, 2019)



Şekil 2. 21 L298N Sürücü Entegresi Blok Diyagramı(Link13, 2019)

2.3. Aydınlatma Sistemi

2.3.1. Enerji tasarrufu

Enerji krizi günümüzde önemli bir sorun haline gelmiştir. Enerji talebinin karşılanabilmesi için enerji tasarrufu son derece etkili bir yardımcı çözüm yöntemidir. İyi bir enerji tasarrufu ve yönetimi gereksiz kullanımı ortadan kaldırılarak enerji tüketiminin azaltılması ile sağlanmaktadır(Skaria, 2014). Şekil 2.22'de enerji tasarruflu led lambalar gösterilmektedir.



Şekil 2. 22 Enerji Tasarruflu Lamba(Link14, 2019)

Sınıf, büro vb. yerlerde gün ışığından yeterli ölçüde faydalanılmalı ve kullanılan aydınlatma elemanının ışık akısı kontrol edilerek istenilen aydınlık düzeyi sağlanmalıdır. Aydınlatma armatürünün sürekli olarak tam gücünde çalışması gereksiz yere güç sarfiyatı oluşturmaktadır. Gerek güç sarfiyatını en aza indirgemesi gerekse verdikleri ışık akısının yüksek olmasından dolayı günümüzde LED'lerden oluşturulan

armatürlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. LED'ler geleneksel ışık kaynaklarıyla karşılaştırıldığında ışık özelliklerinin kontrolü kolay ve çok yönlü olup tepki süreleri çok hızlıdır(Petteri Teikari ve ark., 2012).

İsviçre'nin Lozan kentinde LESO binası adını verdikleri solar enerji binası ve fizik laboratuvarı olan ve yaklaşık 20 metre karelik 20 odadan oluşan binada yapılan bir deneyde aydınlatma sisteminin "ortalama aydınlatma anahtarlama olasılığı" değişen parıltıya göre ölçülmeye çalışılmıştır. Deney kapsamında odaya giriş çıkışlar göz önüne alınmamıştır. Bu çalışma hareket algılayıcısı ile ilişkilendirilmemiş, belirlenen zaman aralıklarında kullanıcılara günışığından da faydalanan bir çalışma ortamında açma kapama yaptırılmıştır. Sonuç olarak kullanıcıların loşlaştırma tabanlı kontrolü daha sıklıkla tercih ettikleri ve parıltı değişimlerine göre bu seçeneği kullandıkları, aydınlık düzeyi yükseldikçe aydınlatma kontrol sistemini kullanma eğilimlerinin düştüğü ortaya çıkmıştır. Ayrıca kontrol ekipmanları, kullanıcılara daha uzak mesafelerde olması durumunda, kullanıcıların aydınlatma kontrollerini daha az sıklıkla kullandıkları tespit edilmiştir(Lindelöf, 2006).

Kanada'da yapılan bir çalışmada iki büyük binanın iç avlularında günışığına bağlı iki farklı aydınlatma kontrol sistemi kullanılarak aydınlatma enerjisi tasarrufu yapılması hedeflenmiştir. Elde edilen ölçümlerde mevsimler bazında değişik değerler görülse dahi sürekli loşlaştırma kontrolü ile yıllık bazda %46 oranında enerji verimliliği sağlanırken, ikinci yöntem olarak kullanılan otomatik açma ve kapama kontrolü uygulamasında ise yıllık bazda % 11 ile % 17 arası bir oranda enerji verimliliği sağlanmıştır. Hesaplamalar, yıllık bazda günışığına bağlı sistemlerle, benzeri ortamlar için % 30 ile % 65 arası tasarrufun mümkün olabileceğini göstermiştir(Morad R. Atif, 2003).

Aydınlatma sistemlerindeki enerji tasarrufu çalışmaları, aydınlatma kalitesini düşürmeden ve kaliteli aydınlatmanın gereklerini sağlayarak yapılmalıdır. Kaliteli aydınlatma, optimum verimli aydınlatma elemanları ile sağlanabileceğinden, eşit düzeydeki aydınlatma seviyesini yakalamak için daha az enerji tüketimi ile sağlanabilir. Kriterleri sağlayan doğru ve verimli bir aydınlatma ile hem daha az elektrik enerjisi tüketimi olacak, hem de göz sağlığı korunarak, iş verimi yükseltilebilecektir(Gençoğlu ve Özbay, 2007).

Kaliteli ve iyi bir aydınlatma sisteminden, aydınlatılması amaçlanan alanlara yeterli miktarda ışık göndermesi beklenilir. Kullanılmayan alanların aydınlatılması ya da kullanılan alanlarda gereğinden fazla aydınlatma yapılması enerji kaybına sebep

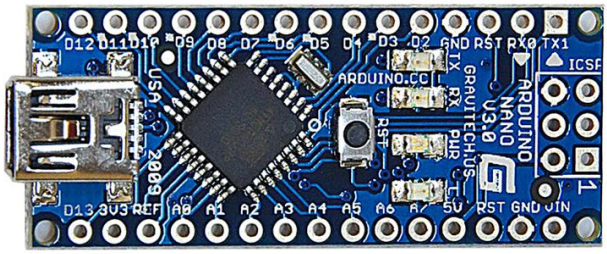
olacaktır. Yetersiz aydınlatma emniyet ve konfor açısından sakıncalıdır. Aynı şekilde aşırı aydınlatma da kamaşma problemi nedeni ile görüş koşullarını tamamen bozabilir. Onaygil ve Güler tarafından İstanbul'da bir ofiste günışığına bağlı otomatik loşlaştırma özelliğine sahip aydınlatma kontrol sistemi ile yapılan bir enerji verimliliği çalışmasında, aylar ve mevsimler bazında farklı değerler elde edilse de yıllık bazda % 30 civarında bir aydınlatma enerjisi tasarrufunun mümkün olduğu gösterilmiştir. Bunun yanı sıra hava şartlarına bağlı olarak bu tasarruf oranlarının değiştiği de ifade edilmiştir. Deneyin uygulandığı koşullar için Türkiye'de benzer iklim şartlarında yakın değerlerde yani % 30 mertebesinde enerji verimliliği de sağlanabileceği belirtilmiştir(Onaygil, 2001).

Kanada'da yapılan bir diğer çalışmada yazarlar çalışmalarını gerçekleştirdikleri kampus içinde farklı sınıflara ışık algılayıcıları, hareket algılayıcıları ve aydınlatma sistemini farklı senaryolarda çalıştırabilen duvar anahtarları yerleştirerek bu ekipmanların aydınlatma tasarrufuna etkisini araştırmışlar ve kişisel olarak elle yapılacak aydınlatma ayarı arasında % 50'ler civarında bir tasarruf potansiyelinin olduğunu ortaya koymuşlardır(Birt ve Newsham, 2009).

Erkin ve arkadaşları İstanbul'da yapmış oldukları bir çalışmada farklı hava koşulları altında, gün ışına bağlı otomatik loşlaştırmalı aydınlatma kontrol sistemlerinin davranışını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda hava koşullarına göre günlük bazda % 20 ila % 46 arasında enerji tasarrufunun mümkün olduğu ifade edilmiştir(Onaygil ve ark., 2009).

2.3.2. Mikroişlemcili uygulamalar

Profesyonel uygulamalarda bu LED modülleri için tasarlanmış sürücülerin kullanılması, LED'lerin verimli çalışmaları açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu amaçla, LED modüllerinin besleme ihtiyacı için akım kontrollü ve darbe genişlik modülasyon (PWM: Pulse Width Modulation) yöntemi ile çıkış veren güçlü sürücülerin kullanılması önerilmektedir. PWM, LED'in ışık seviyesini ayarlamak için kullanılabilecek en iyi yöntem olmakla birlikte, LED'den alınacak verimi de en iyi düzeye çıkarmaktadır. Ayrıca, bu yöntem ile her renk sayısal olarak 0-255 arasındaki kademelerde ayarlanarak 16 milyon renk elde edilebilmektedir(Scholand ve Dillon, 2012). Şekil 2.23'te Arduino mikroişlemcisi gösterilmektedir.



Şekil 2. 23 Arduino Mikroişlemci(Link07, 2018)

Elektrik motorlarının hız kontrolü artan ve azalan etkin voltaj değerine bağlıdır. Motor hız kontrolünün en temel yolu motor ve güç kaynağı arasına bir direnç bağlamaktır. Bu yöntemin bazı dezavantajları vardır. Motor hız kontrolünde kullanabileceğimiz daha iyi bir yöntem çok hızlı açıp kapanan bir anahtar kullanmaktır. Darbe genişlik modülasyonu veya PWM açma kapama darbeleri dizisini oluşturmak için kullanılan bir tekniktir(Tanşu, 2018).

Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) DC-DC dönüştürücülerde kullanılan yağın bir kontrol tekniğidir. Bu kontrol tekniği ile yüksek güç yoğunluğu, hızlı geçiş cevabı ve kontrol kolaylığı sağlanmaktadır(Züngör, 2018).

Ardunio UNO kullanılan diğer bir çalışma Dutta ve Rudra (2014) tarafından oda içerisinde kişinin varlığına göre aydınlık seviyesinin ayarlanması üzerinedir. Deney odasındaki kişinin/kişilerin varlığının belirlenmesini kapının iç ve dış kısmına yerleştirdikleri LDR ile gerçekleştirmişler ve duruma göre lambanın açılıp-kapanmasını kontrol etmişlerdir. Teikari vd. (2012), LED'ler ile yaptıkları çalışmalarında ışık şiddetinin doğrusal olarak kontrolünün sağlanmasında Arduino'da üretilen PWM (Pulse Width Modulation) sinyalini kullanmışlardır. Ardunio UNO kullanılan diğer bir çalışma Dutta ve Rudra (2014) tarafından oda içerisinde kişinin varlığına göre aydınlık seviyesinin ayarlanması üzerinedir. Deney odasındaki kişinin/kişilerin varlığının belirlenmesini kapının iç ve dış kısmına yerleştirdikleri LDR ile gerçekleştirmişler ve duruma göre lambanın açılıp-kapanmasını kontrol etmişlerdir. Teikari vd. (2012), LED'ler ile yaptıkları çalışmalarında ışık şiddetinin doğrusal olarak kontrolünün sağlanmasında Arduino'da üretilen PWM (Pulse Width Modulation) sinyalini kullanmışlardır(Ali Kırkbaş, 2015).

Elektronik, sinyal işleme veya kare dalga dendiğinde genelde akıllara ilk olarak PWM (Pulse Width Modulation) tekniği gelir. Modülasyon işlemi gerçekleştiren bu tekniğin asıl amacı cihazlara verilen elektriğin gücünü kontrol altında tutmaktır(Link02, 2017).

PWM genellikle bir aleti istediğimiz hızda, parlaklıkta kullanmak için tasarlanmıştır. Bilindiği gibi normalde devrede parlaklık ya da hız ayarlanmak istenildiğinde uygulanan voltaj değeri ayarlanarak sağlanır. Ama bu dijital devrelerde farklıdır çünkü çıkış ya 0 ya da 5 volttur(Link05, 2018).

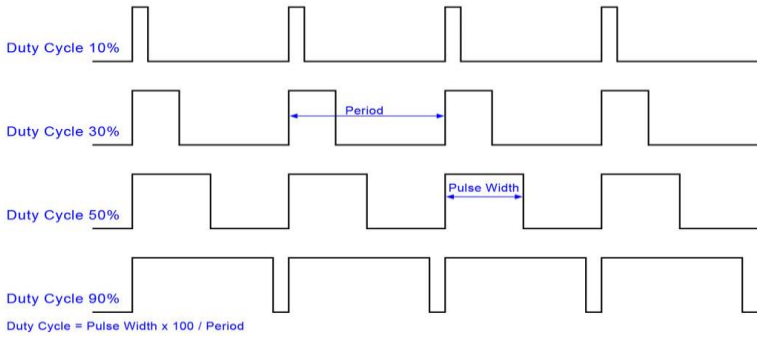
Herbir clock palsinde (pulse) değer değişmez, ya 0 ya da 5 volt verir. PWM çıkışları ile voltaj arttırılıyor ya da azaltılıyor hissi uyandırılabilir. PWM'e verilen değere göre motor hızı veya lamba parlaklığı ayarlanabilmektedir. Eğer %25'lik bir değer almak istersek AnalogWrite(64), %50'lik bir değer almak istersek AnalogWrite(127), %75'lik bir değer almak istersek AnalogWrite(191), %100'lük bir değer almak istersek AnalogWrite(255) ifadelerinin girilmesi gerekmektedir(Link03, 2017).

2.3.3. Pwm (pulse wıdth modulatıon - darbe genlik modülasyonu)

PWM yöntemi, iki durumlu dijital sinyalleri kullanarak analog bir ortalama değer oluşturmaya yarar. Üretilen bir kare dalgada açma-kapama süreleri ayarlanarak sisteme verilen güç ayarlanabilir. PWM analog olarak elde edilebileceği gibi mikrodenetleyiciler üzerinden de elde edilebilir(Link03, 2017).

PWM yöntemi sinyali anahtarlama ile elde edilir. Burada önemli olan iki kavram vardır. Bunlar frekans ve duty cycle(görev döngüsü)dır.

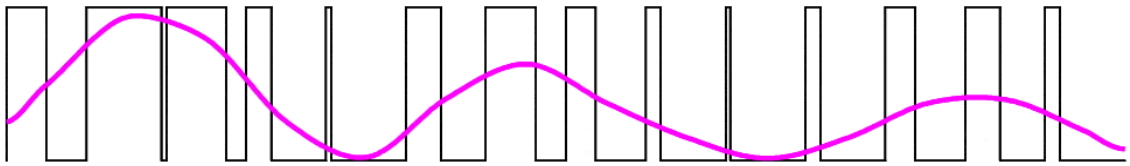
Duty Cycle: Sinyalin ON süresinin sabit T periyoduna oranıdır. Yüzde olarak ifade edilebilir ve her zaman 0-1 arası bir değer alır. Bir PWM sinyalinin ortalama değeri, duty cycle ile doğru orantılıdır ve $D * V_{max} + (1-D) * V_{min}$ olarak bulunur. Şekil 2.24'de Duty Cycle gösterilmektedir.



Şekil 2. 24 Duty Cycle gösterimi(Link03, 2017)

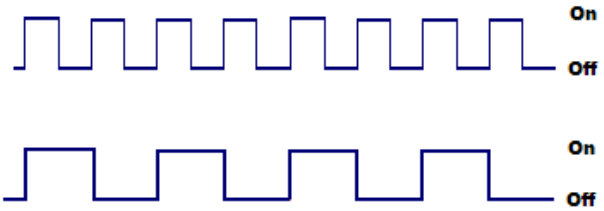
Frekans: PWM frekansı sürülecek elemana göre özenle seçilmelidir. Transformatör, DC motor gibi elemanlar anahtarlanırken frekansın insan kulağının duyma frekansları

olan 20Hz-20kHz dışında seçilmesi gerekir. Aksi taktirde devre çalışırken rahatsız edici sesler çıkarabilir. DC motorlarda frekans arttıkça tork azalır. Bu durumda tork ile gürültü arasında uygun bir seçim yapmak gerekir. Anahtarlamalı güç kaynaklarında frekans bobin değerlerini küçültürken anahtarlama kayıplarını artırır bu yüzden yine burada da frekans konusunda uygun bir seçim yapmak gerekir(Link03, 2017). Şekil 2. 25'te Duty Cycle ile sinyal genişliğinin kontrolü gösterilmektedir.



Şekil 2. 25 Duty Cycle ile sinyal genişliği kontrolü(Link03, 2017)

LED aydınlatmada ışığın parlaklığı PWM ile ayarlanabilir. Burada frekansın düşük olması durumunda ışık flicker (titreşim) yapabilir. Denetleyiciler üzerinden zaman bölücülerle bu frekans ayarlanabilir(Link03, 2017). Şekil 2. 26 Aynı Duty Cycle'a sahip farklı frekanstaki iki adet sinyal verilmektedir.



Şekil 2. 26 Aynı Duty Cycle'a sahip frekansları farklı olan iki sinyal(Link03, 2017)

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmamızda öncelikli olarak aydınlatmanın yapılacağı mekânın belirlenmesi gerekmektedir. Hangi amaçla kullanıldığı bilgisinden yola çıkarak, ortam için gerekli lüx(aydınlatma şiddeti) değeri EN 12464-1:2011 standardına göre belirlenecektir (EN12464-1:2011, 2018).

EN 12464-1:2011 standardına göre minimum aydınlık düzeyleri için tanımlanan lüx değerlerinden bazıları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1 Minimum aydınlık düzeyleri Tablosu(EN12464-1:2011, 2018)

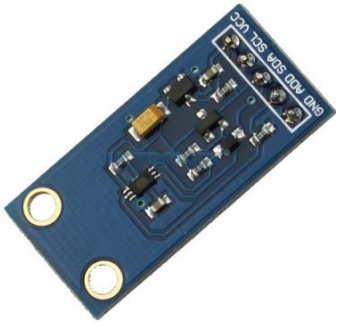
MİNİMUM AYDINLIK DÜZEYLERİ (EN 12464-1:2011)	
Laboratuvarlar, paketleme yapılan yerler	300 lx
Merdivenler	100 lx
Genel ofis alanları	500 lx
Bekleme salonları	200 lx
Süpermarketler	750 lx
Kuaförler	500 lx
Resepsiyonlar	500 lx
Kantin, kafeteryalar	200 lx

İkinci adımda deneysel çalışmaların yapılacağı mekânın lüx değeri ölçülmektedir. Bu ölçümün gerçekleştirilebilmesini sağlamak için devre kartına entegre olacak şekilde yapılan lüxmetre devresi Şekil 3.1 de gösterilmektedir.



Şekil 3. 1 Lüxmetre devresi ve LCD Modülde değer gösterimi

Lüxmetre devresinin gerçekleştirilebilmesi için bir adet GY-30 BH1750FVI Işık Sensörü Modülü kullanılmıştır. Şekil 3.2'de gösterilen sensör modülü ile ortamdaki ışık şiddeti ölçülmekte ve elde edilen değer devre kartındaki mikro işlemciye aktarılmaktadır.



Şekil 3. 2 GY-30 BH1750FVI Işık Sensörü(Link11, 2018)

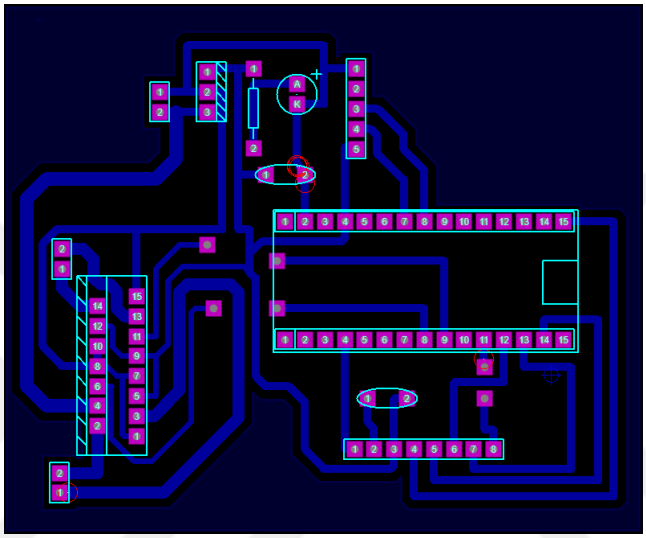
Çalışmamızdaki ölçülen lüx değerinin görülebilmesi için sisteme entegre Şekil 3.3'te gösterilen bir lcd modül kullanılmıştır. Bu sayede anlık lüx değeri görülebilmektedir.



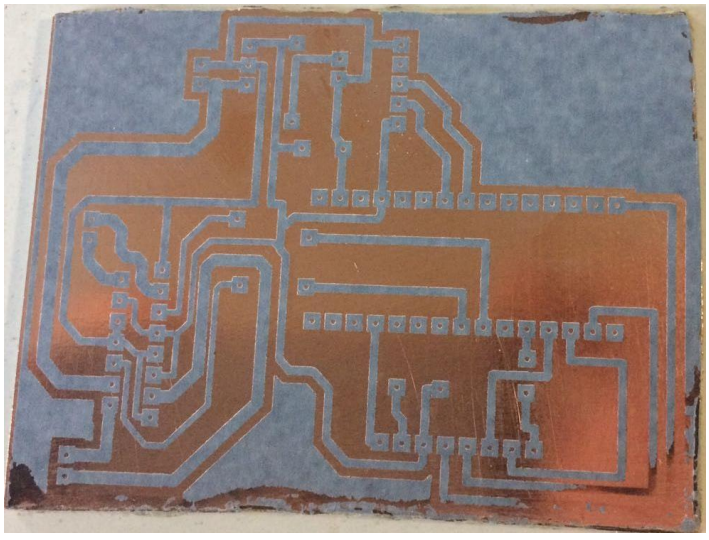
Şekil 3. 3 LCD Modül(Link15, 2019)

Tez çalışmamızda kullanılan LCD Modulünün içerisindeki grafik sürücüsü Nokia 3310 telefonlarda da kullanılan Philips PCD8544 sürücüsüdür. PCD8544 düşük güç tüketimi olan bir CMOS LCD kontrolcüsüdür ve 48 satır ve 84 sütunluk grafik ekranları kontrol etmek için tasarlanmıştır. Görüntüleme ile ilgili bütün fonksiyonlar tek çip üzerinde bulunmaktadır. Bu sayede daha az harici elemana ihtiyaç duyulmakta ve güç sarfiyatı azaltılmaktadır. PCD8544 mikrodenetleyiciler ile seri arayüzü ile haberleşmektedir(Link15, 2019).

Ölçülen lüx değeri ve Çizelge 3.1'den seçtiğimiz uygun referans lüx değeri bilgileri kullanılarak, devre kartımıza bağlı olan aydınlatma elemanlarının ışık yayma şiddetlerinin ayarlanması sağlanmıştır. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için Arduino Nano mikroişlemcisi ile sistem kartı oluşturulmuştur. Bu sayede sisteme giren ve çıkan bilgiler mikroişlemci içerisine yazılan program ile işlenmekte ve devre kartımız ile led aydınlatma aracının kısılma ve açılma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.4'te Kontrol kartı PCB'si, Şekil 3.5'te ise devre kartı baskı devresi gösterilmektedir.



Şekil 3. 4 Tez çalışması Kontrol Kartı PCB çizimi



Şekil 3. 5 Tez çalışması Devre Kartı

Tez çalışmamızda aydınlatmanın sağlanması için led aydınlatma ürünlerinden led çubuk paneller kullanılmıştır. Bu şekilde klasik aydınlatma elemanlarına göre enerji tüketimi düşük olan led paneller, çalışmamızın enerji verimliliğine olan katkısını en üst

düzeye çıkarmaktadır. Şekil 3.6'da çalışmada kullanılan led çubuk panel gösterilmektedir

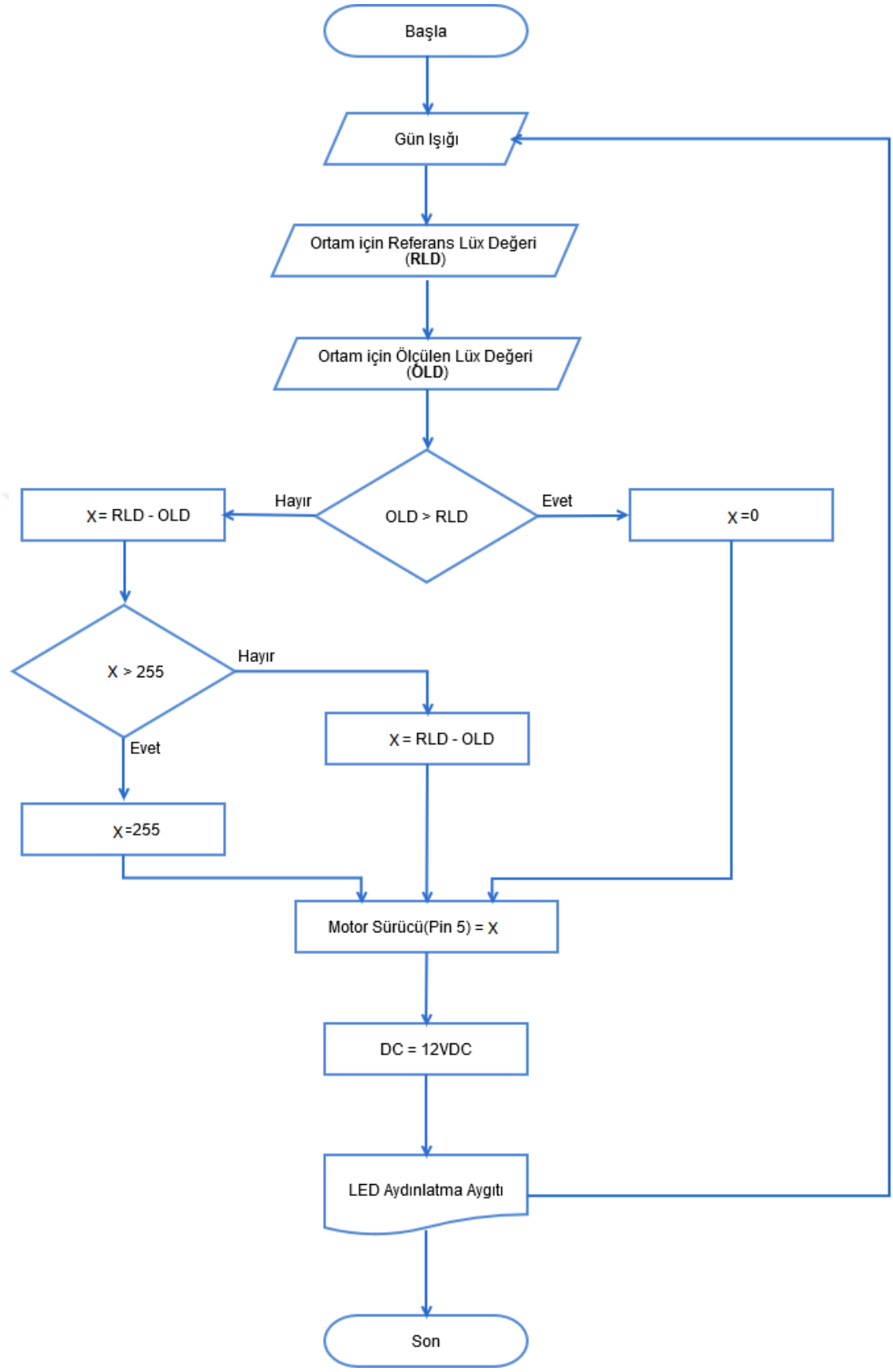


Şekil 3. 6 Çalışmada kullanılan Led Çubuk Panel

Aydınlatma Sisteminde lüx değerinin ayarlanabilmesi için aydınlatma elemanlarını, PWM yöntemi ile kontrol etmemiz gerekmektedir. PWM veya Darbe Genişlik Modülasyonu, oluşturulan darbelerin genişliğini ayarlamak için kullanılan tekniktir. PWM yöntemi genellikle bir aleti istediğimiz hızda, parlaklıkta vs. kullanmak için tasarlanmıştır. Devrede parlaklık ya da hız ayarlanmak istenildiğinde, uygulanan voltaj değerinin değiştirilmesi gereklidir.

Led çubuk panelleri beslemek için kullanılan güç kaynağından alınan DC gerilim, PWM kontrolü ile panellere iletilmekte, bu şekilde panellerin ışık şiddetinin kısılması veya açılması sağlanmaktadır.

Şekil 3.7'de aydınlatma sistemine ait akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 3. 7 Aydınlatma Sistemi Akış Diyagramı

Uygulamada Arduino yazılımı kullanılarak, lüxmetreden gelen değer ile sistemde belirtilen referans değer arasındaki farkın giderilmesi sağlanacaktır. Bu sayede aydınlatılan ortam, günün farklı saatlerinde de olsa en az referans olarak sistemde belirtilen minimum lüx değerinde aydınlığa sahip olacaktır.

Çalışmamız kontrol kartı gerçekleştirilmesinde iki temel kısım oluşturulmuştur;

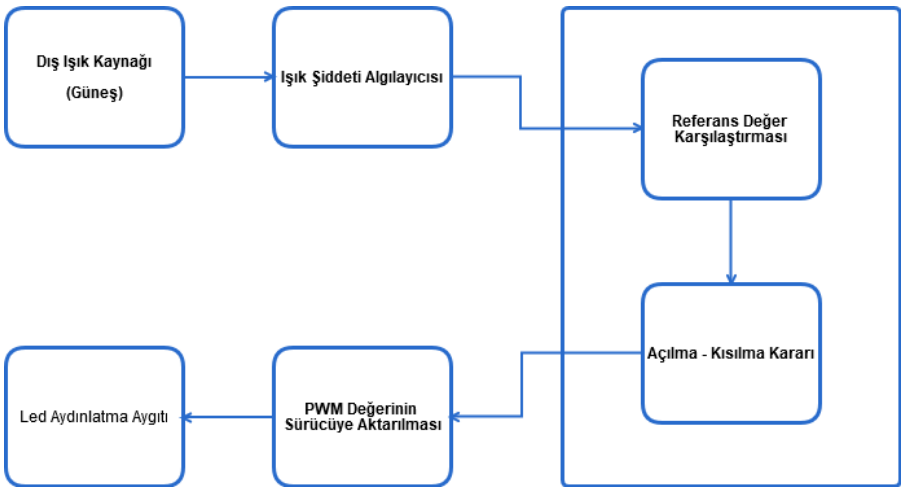
1- Sistem Ünitesi

- Aydınlık şiddetinin ölçülmesini sağlayacak bir lüxmetre devresi,
- 0-65535lx arası ışık yoğunluğu ölçebilen GY-30 BH1750FVI Işık Sensörü Modülü,
- Mikroişlemci kullanılarak, lüxmetreden gelen bilgiler doğrultusunda aydınlatma aracında kısılma ve açılmayı sağlayacak elektronik devre kartı,
- Devrenin otonom olarak karar verebilmesini sağlayan, PWM Metoduyla yapılacak yazılım,

2- Çevre Bileşenler

- Aydınlatmayı sağlayacak Led Çubuk Paneller,
- Led Çubuk Panellerin elektriksel beslenmesini sağlayacak güç kaynağı,

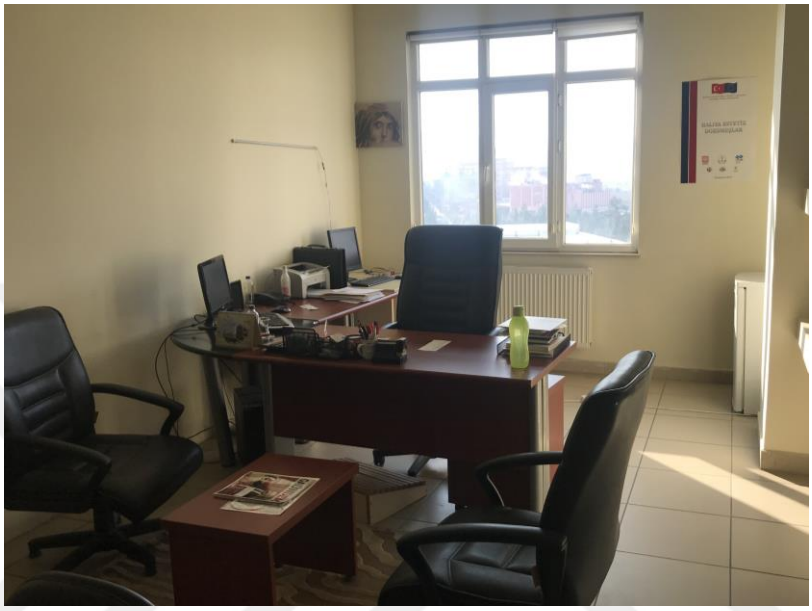
Tasarlanan sistemin blok şeması Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 8 Aydınlatma Sistemi Blok Şeması

3.1. Çalışmanın Uygulaması

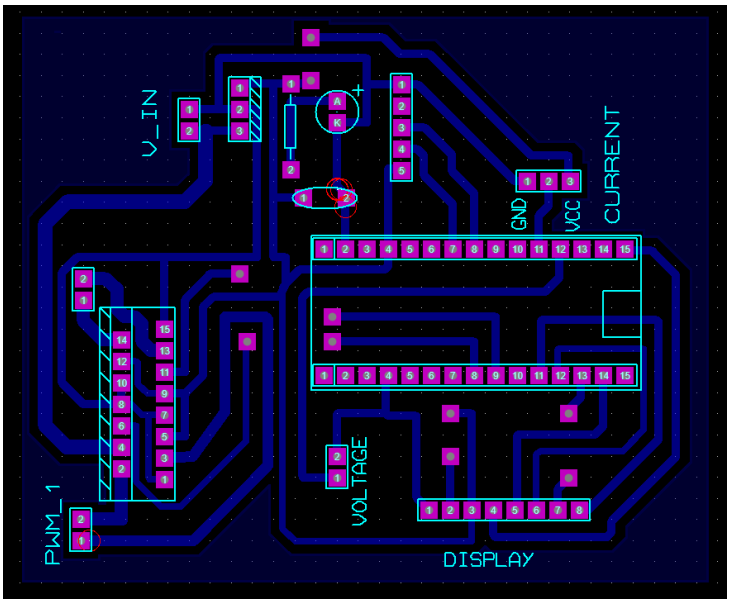
Çalışmamızda değerlendirmeye alınacak verilerin elde edilmesi için farklı ışık açılarına sahip çalışma ofisleri kullanılmıştır. Çalışma ofisleri pencerelerinde ışık geçirgenliği yüksek camlar kullanılmış ve perdeler açık olarak bırakılmıştır. Şekil 3.9'da deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği ofis gösterilmektedir.



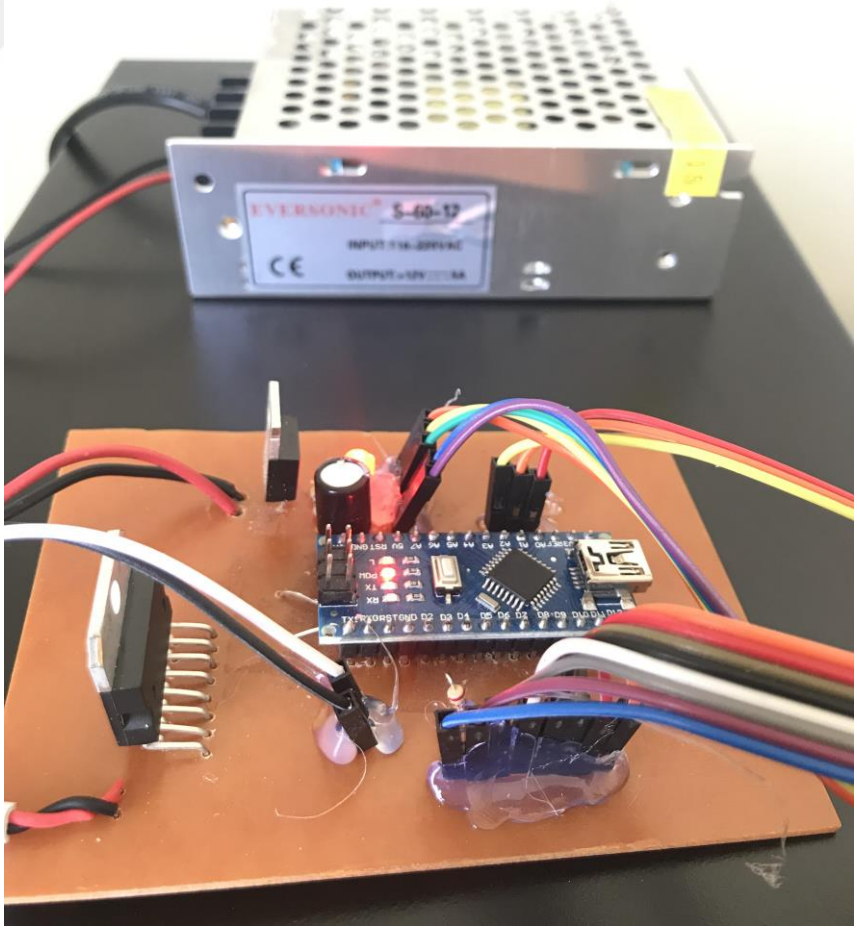
Şekil 3. 9 Deneysel çalışma yapılan ofis

Deneysel çalışmalarda elde edilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılması için özel bir veri toplama kartı tasarlanmış, tasarlanan kart ile ortamın lüx değeri, aydınlatma aygıtının akım ve gerilim bilgileri kaydedilmiştir.

Şekil 3.10'da Veri toplama kartı PCB'si verilmektedir.



Şekil 3. 10 Veri Toplama Kartı PCB çizimi



Şekil 3. 11 Veri Toplama Kartı

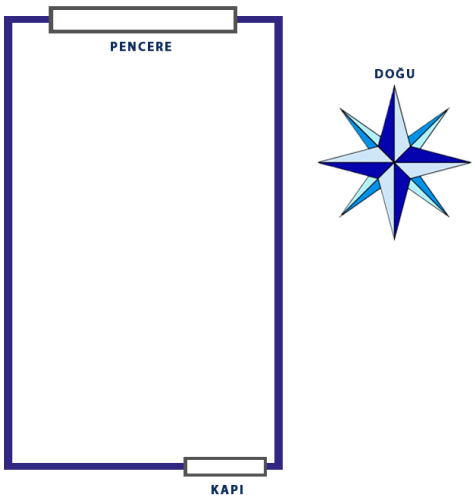
Şekil 3.11'de geliştirilen veri toplama kartının baskı devresinin çıkarılması ve komponentlerin montajı sonrasında veri toplama işlemlerinin gerçekleştirileceği çalışma ofisleri tespit edilmiştir. Tespit edilen çalışma ofislerinin özellikleri Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneysel Çalışmaların yapıldığı ofis özellikleri

	Hava Durumu	Ofis Cephesi	Ofis Ölçüleri	Pencere Sayısı	Pencere Ölçüleri
Ofis 1	Bulutlu	Doğu	290cm x 500cm	1	170cm x 180cm
Ofis 2	Bulutlu	Batı	290cm x 500cm	1	170cm x 180cm
Ofis 3	Yağmurlu	Güney	290cm x 430cm	1	170cm x 180cm
Ofis 4	Güneşli	Güney ve Doğu	430cm x 490cm	2	170cm x 180cm
Ofis 5	Güneşli	Güney ve Batı	430cm x 490cm	2	170cm x 180cm

3.1.1. Doğu cepheli ofis

Veri toplama işleminin gerçekleştirildiği çalışma ofisi 290cm x 500cm ölçülerinde, doğu cephesine sahiptir.



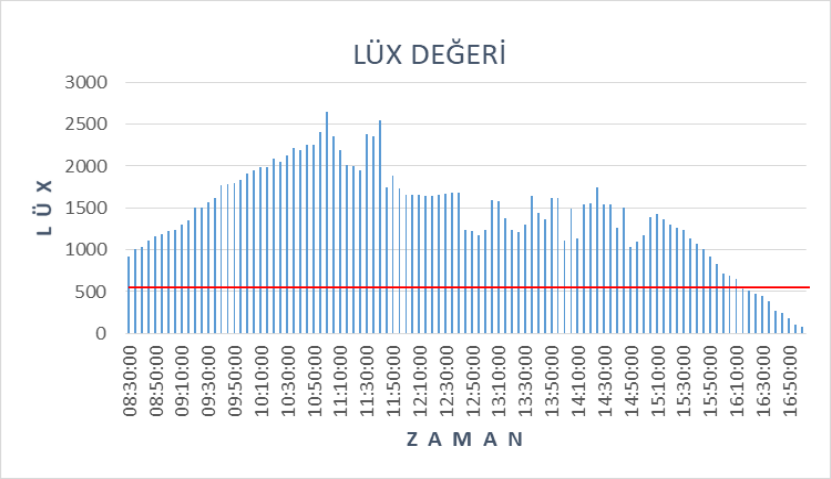
Şekil 3. 12 Doğu cepheli deneysel çalışma ofisi üstten görünüş

Şekil 3.12'de üstten görünüşü verilen çalışma ofisinde, 2018 yılı Aralık ayı içerisinde gerçekleştirilen veri toplama işleminde hava durumu bulutlu olarak izlenmektedir. Deney odasının içten görünümü Şekil 3.13'te gösterilmektedir.



Şekil 3. 13 Doğu cepheli deneysel çalışma ofisi

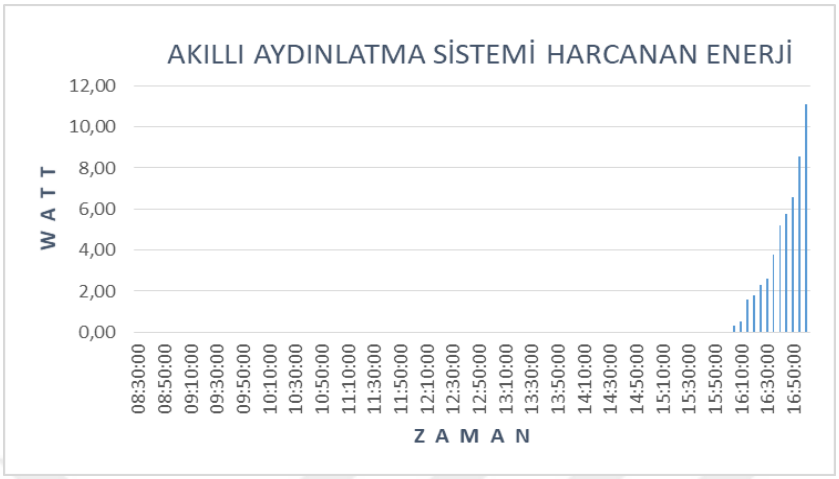
08:30 ile 17:00 saatleri arasında yapılan veri toplama işleminde 5 dakika aralıklarla toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılarak veri grafikleri oluşturulmuştur.



Şekil 3. 14 Doğu cepheli deneysel çalışma ofisi lüx değeri zaman grafiği

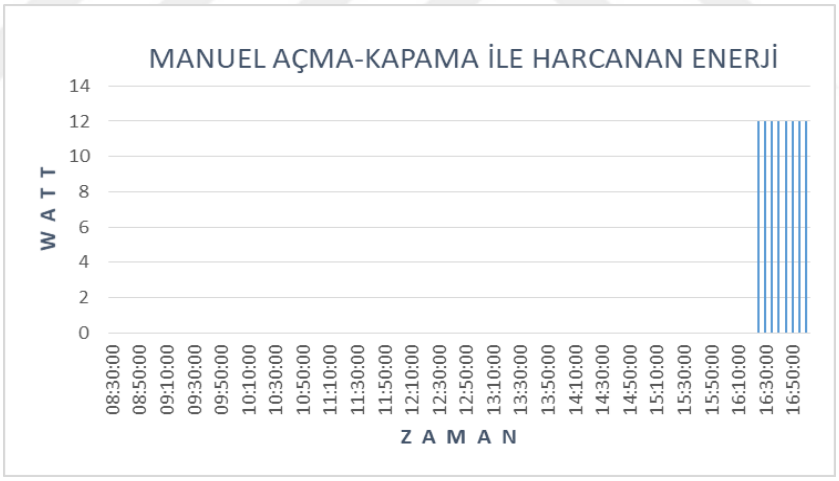
Çalışma ofisi için referans değer olarak 500 lüx ayarlanmıştır. Şekil 3.14'de ölçülen lüx değerleri neticesinde ortamın ihtiyaç duyduğu ışık şiddeti, tez çalışmamızda

üretilen devre kartı yardımıyla ihtiyaç oranında karşılanmıştır. Bu durumda harcanan güç ve zaman grafiği şekil 3.15'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 15 Doğu cepheli deneysel çalışma ofisi harcanan güç zaman grafiği

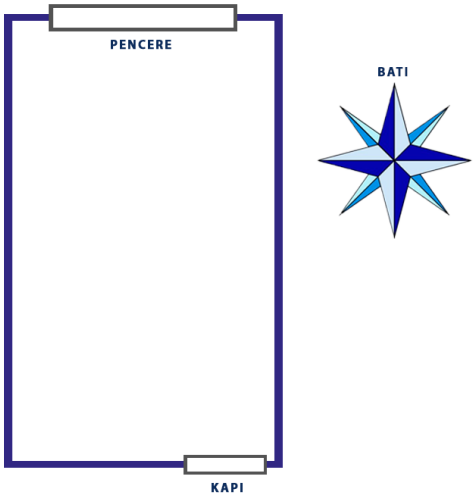
Aynı cephe ve genişliğe sahip ikinci bir ofiste ise aynı zaman diliminde manuel olarak açma ve kapama işlemi gerçekleştirilmiş ve veriler grafikleştirilmiştir.



Şekil 3. 16 Doğu cepheli deneysel çalışma ofisi manuel açma-kapama ile harcanan güç zaman grafiği

3.1.2. Batı cepheli ofis

Veri toplama işleminin gerçekleştirildiği çalışma ofisi 290cm x 500cm ölçülerinde, batı cephesine sahiptir. Şekil 3.17'de üstten görünüşü verilen çalışma ofisinde, 2018 yılı Aralık ayı içerisinde gerçekleştirilen veri toplama işleminde hava durumu bulutlu olarak izlenmektedir. Deney odasının içten görünümü Şekil 3.18'de gösterilmektedir.

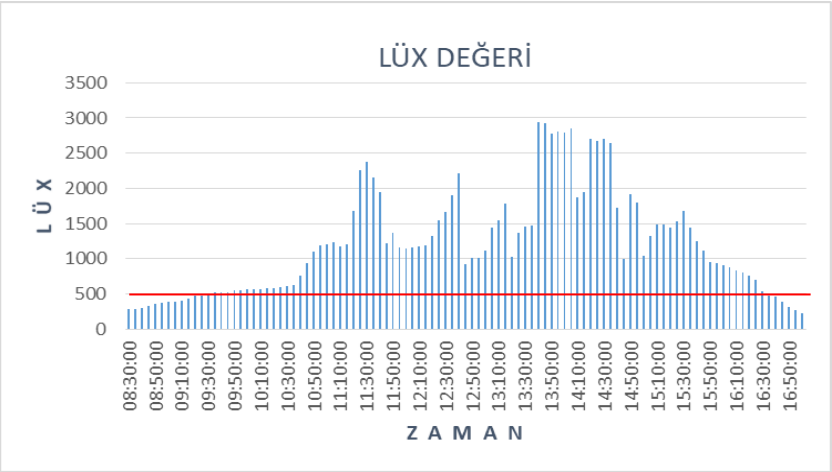


Şekil 3. 17 Batı cepheli deneysel çalışma ofisi üstten görünüş



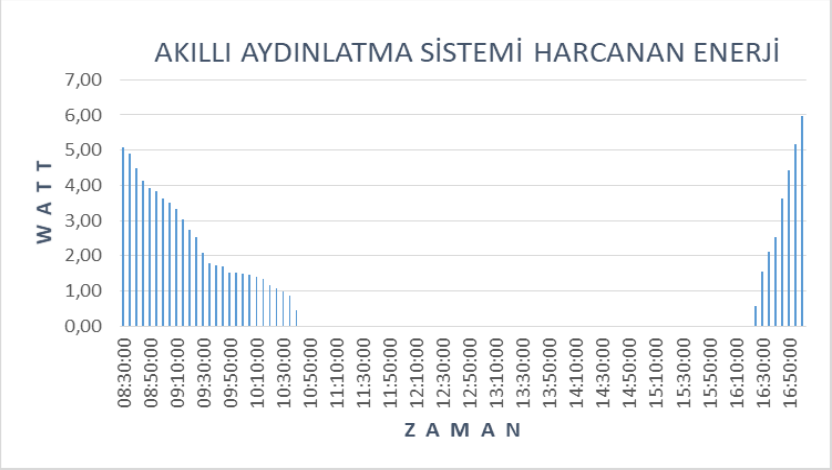
Şekil 3. 18 Batı cepheli deneysel çalışma ofisi

08:30 ile 17:00 saatleri arasında yapılan veri toplama işleminde 5 dakika aralıklarla toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılarak veri grafikleri oluşturulmuştur.



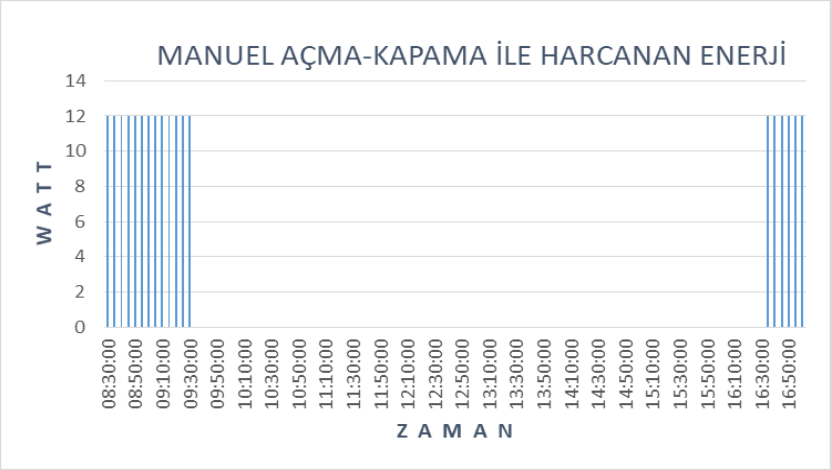
Şekil 3. 19 Batı cepheli deneysel çalışma ofisi lüx değeri zaman grafiği

Çalışma ofisi için referans değer olarak 500 lüx ayarlanmıştır. Şekil 3.19'de ölçülen lüx değerleri neticesinde ortamın ihtiyaç duyduğu ışık şiddeti, tez çalışmamızda üretilen devre kartı yardımıyla ihtiyaç oranında karşılanmıştır. Bu durumda harcanan güç ve zaman grafiği şekil 3.20'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 20 Batı cepheli deneysel çalışma ofisi harcanan güç zaman grafiği

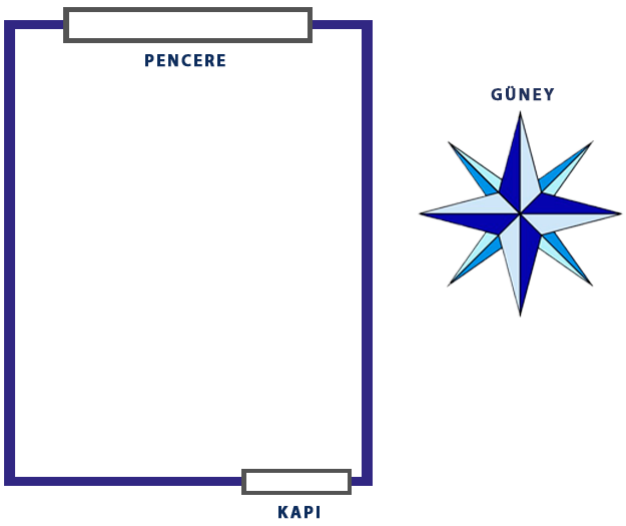
Aynı cephe ve genişliğe sahip ikinci bir ofiste ise aynı zaman diliminde manuel olarak açma ve kapama işlemi gerçekleştirilmiş ve veriler Şekil 3.21'de grafikleştirilmiştir.



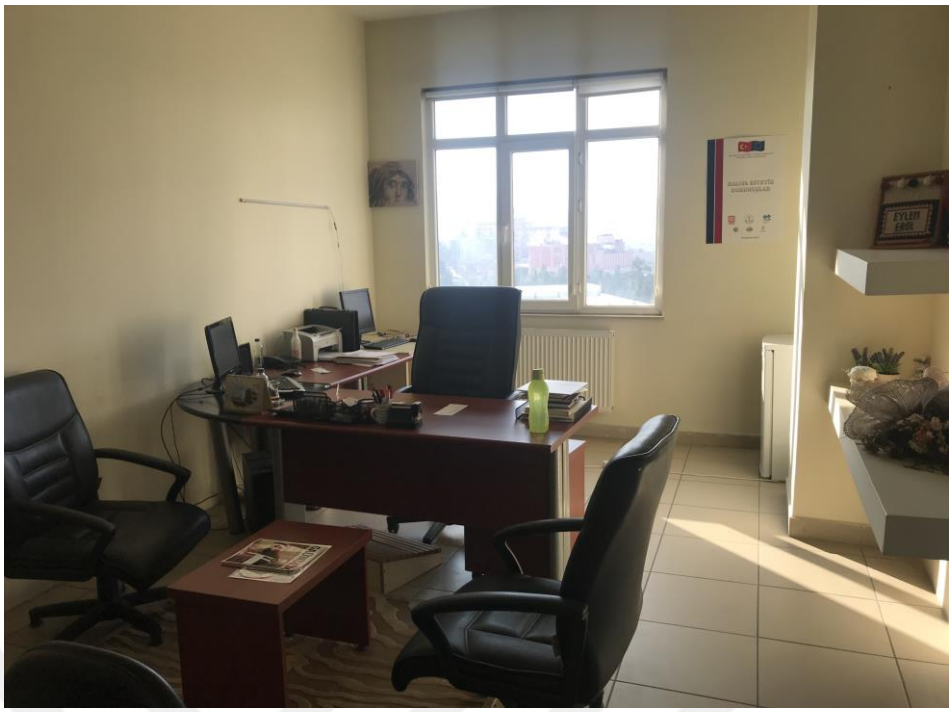
Şekil 3. 21 Batı cepheli deneysel çalışma ofisi manuel açma-kapama ile harcanan güç zaman grafiği

3.1.3. Güney cepheli ofis

Veri toplama işleminin gerçekleştirildiği çalışma ofisi 290cm x 430cm ölçülerinde, Güney cephesine sahiptir. Şekil 3.22'de üstten görünüşü verilen çalışma ofisinde, 2018 yılı Aralık ayı içerisinde gerçekleştirilen veri toplama işleminde hava durumu yağmurlu olarak izlenmektedir. Deney odasının içten görünümü Şekil 3.23'te gösterilmektedir.

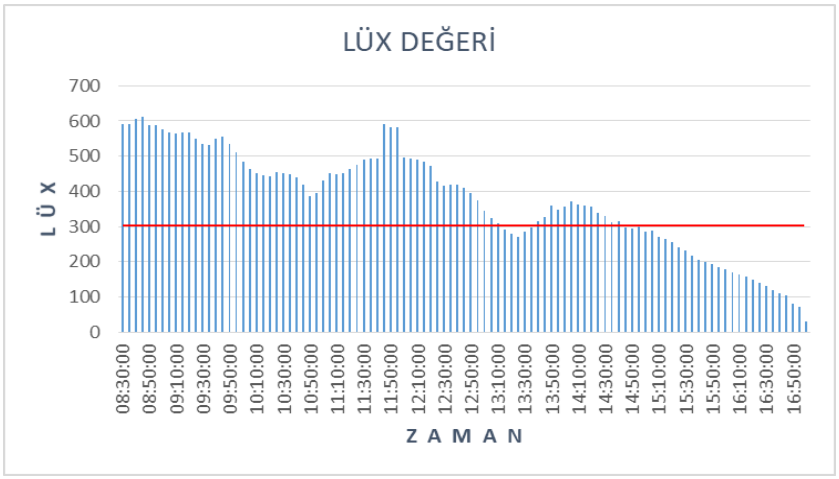


Şekil 3. 22 Güney cepheli deneysel çalışma ofisi



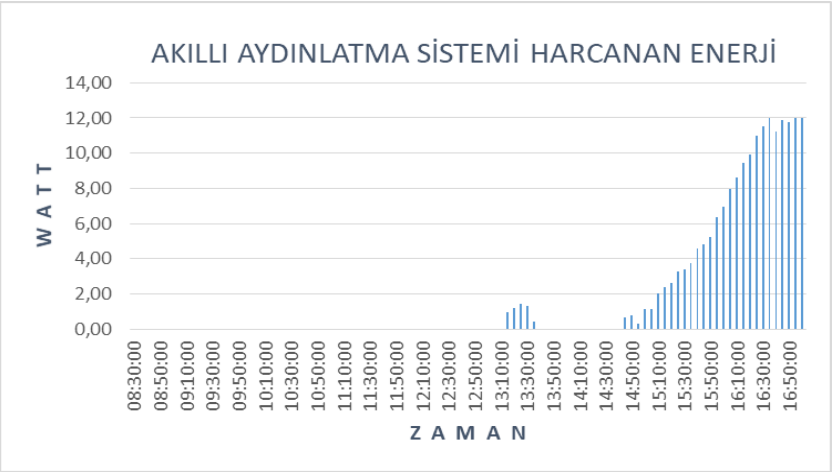
Şekil 3. 23 Güney cepheli deneysel çalışma ofisi

08:30 ile 17:00 saatleri arasında yapılan veri toplama işleminde 5 dakika aralıklarla toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılarak veri grafikleri oluşturulmuştur.



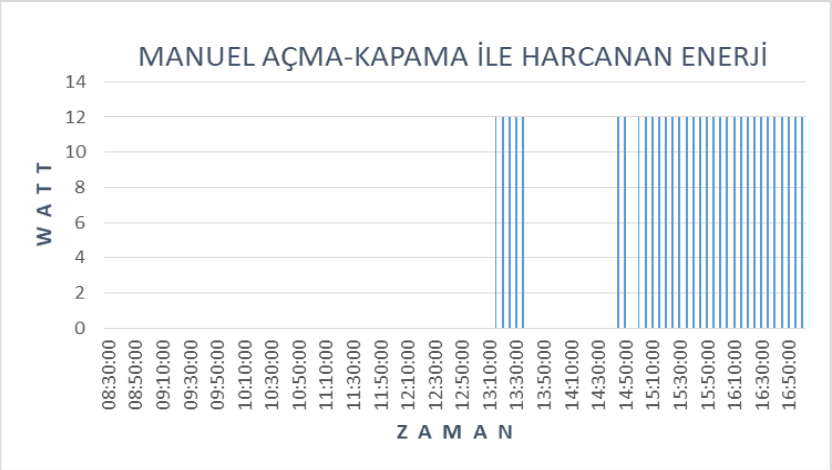
Şekil 3. 24 Güney cepheli deneysel çalışma ofisi lüx değeri zaman grafiği

Güney cepheli çalışma ofisi, dosyalama işlemlerinin gerçekleştirildiği bir ofis olduğu için referans değer olarak 300 lüx ayarlanmıştır. Şekil 3.24'de ölçülen lüx değerleri neticesinde ortamın ihtiyaç duyduğu ışık şiddeti, tez çalışmamızda üretilen devre kartı yardımıyla ihtiyaç oranında karşılanmıştır. Bu durumda harcanan güç ve zaman grafiği şekil 3.25'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 25 Güney cepheli deneysel çalışma ofisi harcanan güç zaman grafiği

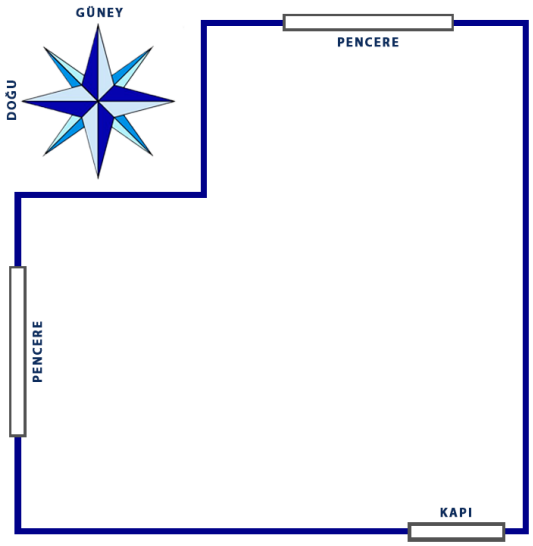
Aynı cephe ve genişliğe sahip ikinci bir ofiste ise aynı zaman diliminde manuel olarak açma ve kapama işlemi gerçekleştirilmiş ve veriler şekil 3.26'da grafikleştirilmiştir.



Şekil 3. 26 Güney cepheli deneysel çalışma ofisi manuel açma-kapama ile harcanan güç zaman grafiği

3.1.4. Güney ve doğu cepheli ofis

Veri toplama işleminin gerçekleştirildiği çalışma ofisi 430cm x 490cm ölçülerinde, Güney ve Doğu cephelerine sahiptir. Şekil 3.27'de üstten görünüşü verilen çalışma ofisinde, 2018 yılı Aralık ayı içerisinde gerçekleştirilen veri toplama işleminde hava durumu güneşli ve açık olarak izlenmektedir. Deney odasının içten görünümü Şekil 3.28'de gösterilmektedir.

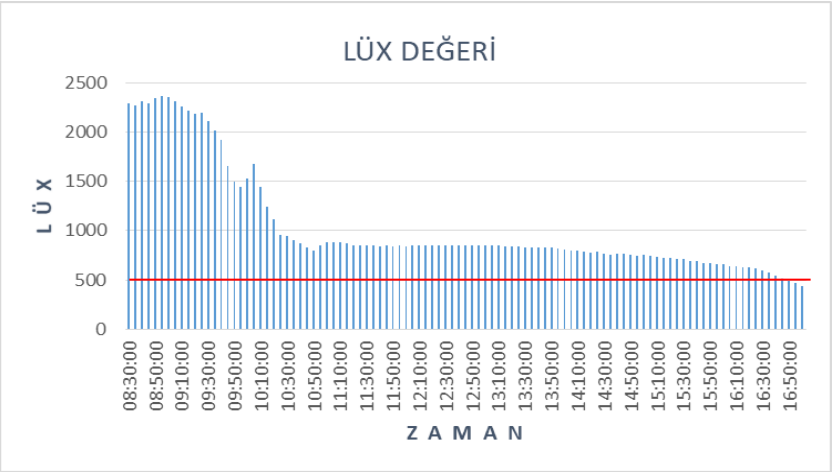


Şekil 3. 27 Güney ve Doğu cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi üstten görünüş



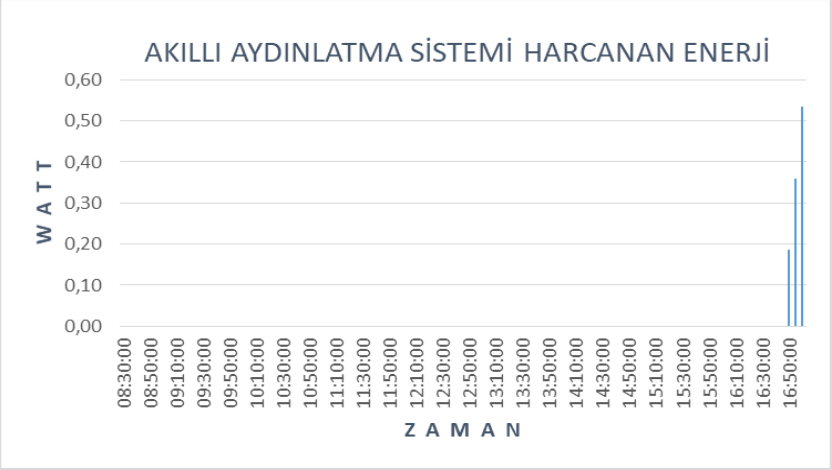
Şekil 3. 28 Güney ve Doğu cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi

08:30 ile 17:00 saatleri arasında yapılan veri toplama işleminde 5 dakika aralıklarla toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılarak veri grafikleri oluşturulmuştur.



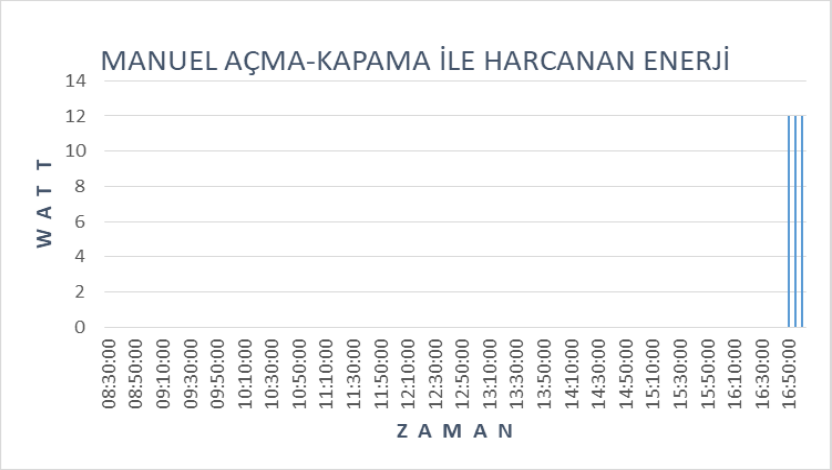
Şekil 3. 29 Güney ve Doğu cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi lüx değeri zaman grafiği

Çalışma ofisi için referans değer olarak 500 lüx ayarlanmıştır. Şekil 3.29'de ölçülen lüx değerleri neticesinde ortamın ihtiyaç duyduğu ışık şiddeti, tez çalışmamızda üretilen devre kartı yardımıyla ihtiyaç oranında karşılanmıştır. Bu durumda harcanan güç ve zaman grafiği şekil 3.30'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 30 Güney ve Doğu cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi harcanan güç zaman grafiği

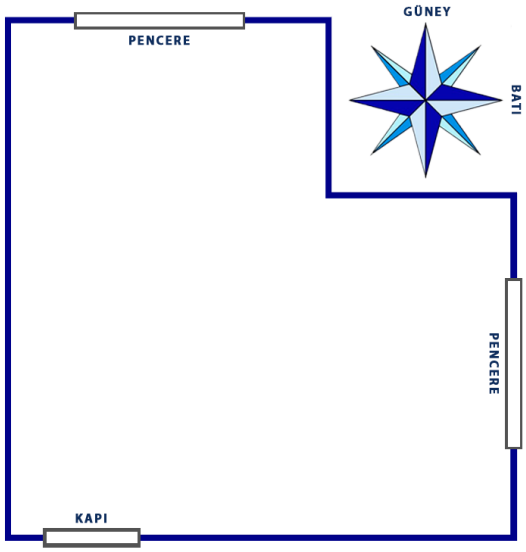
Aynı cephe ve genişliğe sahip ikinci bir ofiste ise aynı zaman diliminde manuel olarak açma ve kapama işlemi gerçekleştirilmiş ve veriler şekil 3.31'de grafikleştirilmiştir.



Şekil 3. 31 Güney ve Doğu cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi manuel açma-kapama ile harcanan güç zaman grafiği

3.1.5. Güney ve batı cepheli ofis

Veri toplama işleminin gerçekleştirildiği çalışma ofisi 430cm x 490cm ölçülerinde, Güney ve Batı cephelerine sahiptir. Şekil 3.32'de üstten görünüşü verilen çalışma ofisinde, 2018 yılı Aralık ayı içerisinde gerçekleştirilen veri toplama işleminde hava durumu güneşli ve açık olarak izlenmektedir. Deney odasının içten görünümü Şekil 3.33'te gösterilmektedir.

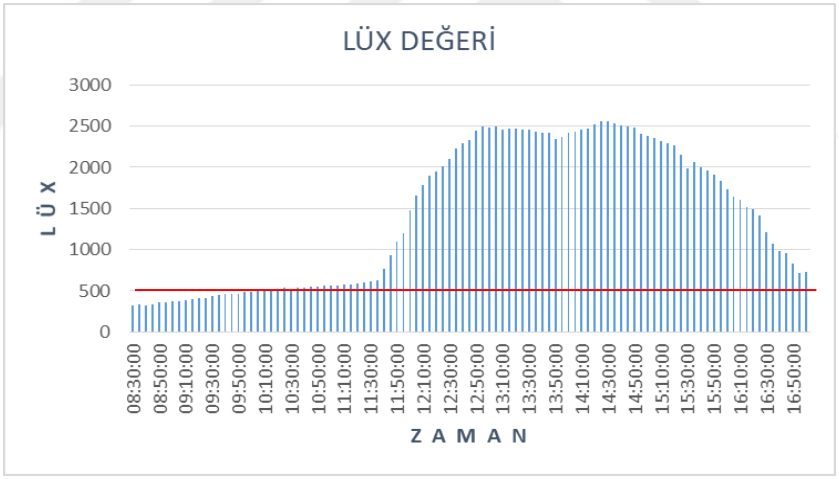


Şekil 3. 32 Güney ve Batı cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi



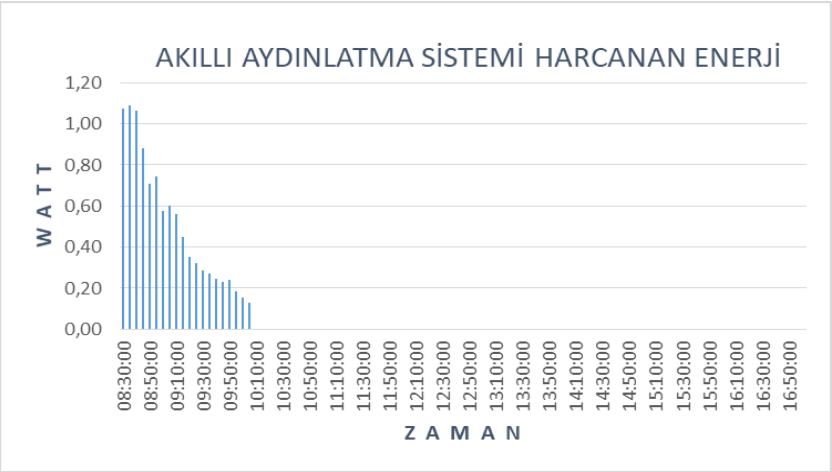
Şekil 3. 33 Güney ve Batı cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi

08:30 ile 17:00 saatleri arasında yapılan veri toplama işleminde 5 dakika aralıklarla toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılarak veri grafikleri oluşturulmuştur.



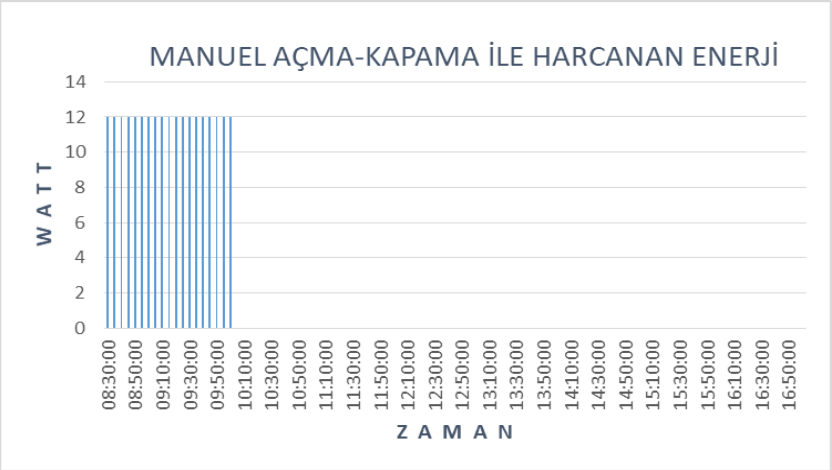
Şekil 3. 34 Güney ve Batı cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi lüx değeri zaman grafiği

Çalışma ofisi için referans değer olarak 500 lüx ayarlanmıştır. Şekil 3.34'de ölçülen lüx değerleri neticesinde ortamın ihtiyaç duyduğu ışık şiddeti, tez çalışmamızda üretilen devre kartı yardımıyla ihtiyaç oranında karşılanmıştır. Bu durumda harcanan güç ve zaman grafiği şekil 3.35'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 35 Güney ve Batı cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi harcanan güç zaman grafiği

Aynı cephe ve genişliğe sahip ikinci bir ofiste ise aynı zaman diliminde manuel olarak açma ve kapama işlemi gerçekleştirilmiş ve veriler şekil 3.36'da grafikleştirilmiştir.



Şekil 3. 36 Güney ve Batı cephelerine sahip deneysel çalışma ofisi manuel açma-kapama ile harcanan güç zaman grafiği

4. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda led aydınlatma aygıtlarının özelliklerine ilave olarak gün ışığının da aydınlatma unsuru olarak kullanılması ile verimli bir sistem oluşturulmuştur. Farklı cephelere sahip, farklı gün ışığı şiddetleri ile aydınlanabilen çalışma ofislerinde gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde elde edilen değerler, akıllı aydınlatma sisteminin, manuel kontrollü açma kapama ve sürekli açık kalma durumlarına göre büyük oranda elektrik enerjisi tasarrufu sağladığını göstermiştir.

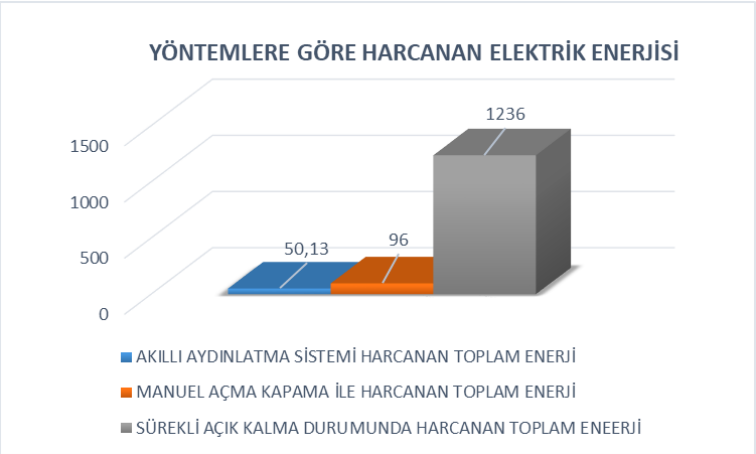
Doğu cephesine sahip çalışma ofisi için gerçekleştirilen farklı deneysel çalışma yöntemleri için hazırlanan kıyaslama verileri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1 Doğu cepheli çalışma ofisi verileri

Akıllı Aydınlatma Sistemi	**Manuel açma-kapama durumu**	**Sürekli açık kalma durumu**
500 lüx[1]	500 lüx[2]	500 lüx[3]
Hava Durumu: Bulutlu	Hava Durumu: Bulutlu	Hava Durumu: Bulutlu
Ofis Ölçüleri: 290cm x 500cm	Ofis Ölçüleri: 290cm x 500cm	Ofis Ölçüleri: 290cm x 500cm
Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm
Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 50,13W/h	Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 96W/h	Harcanan toplam enerji: 1236W/h

Çizelge 4.1'de verilen veriler doğrultusunda doğu cepheli çalışma ofislerinde tez çalışması olarak gerçekleştirilen akıllı aydınlatma sisteminin, manuel olarak yapılan açma kapama sistemine göre %47,78, aydınlatma aygıtlarının sürekli açık bırakılması durumuna göre ise %95,94 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir. Şekil 4.1'de çalışmamızda yer alan yöntemlere göre harcanan enerji tüketim değerleri gösterilmektedir.

[1] Akıllı aydınlatma sistemi ile ortam ışık şiddeti en az 500 lüx olacak şekilde ayarlanmaktadır.
[2] Ortam ışık şiddeti 500 lüx altına indiğinde aydınlatma aygıtları aktif hale getirilmektedir.
[3] Aydınlatma aygıtlarının sürekli açık kalması ile ortam ışık şiddeti sürekli 500 lüx üzerinde olmaktadır.



Şekil 4. 1 Doğu cepheli çalışma ofislerinde yöntemlere göre harcanan elektrik enerjisi

Batı cephesine sahip çalışma ofisi için gerçekleştirilen farklı deneysel çalışma yöntemleri için hazırlanan kıyaslama verileri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

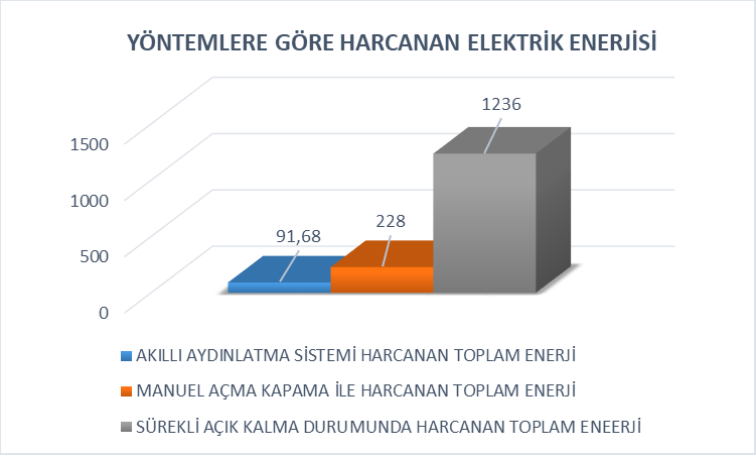
Çizelge 4. 2 Batı cepheli çalışma ofisi verileri

Akıllı Aydınlatma Sistemi	**Manuel açma-kapama durumu**	**Sürekli açık kalma durumu**
500 lüx[1]	500 lüx[2]	500 lüx[3]
Hava Durumu: Bulutlu	Hava Durumu: Bulutlu	Hava Durumu: Bulutlu
Ofis Ölçüleri: 290cm x 500cm	Ofis Ölçüleri: 290cm x 500cm	Ofis Ölçüleri: 290cm x 500cm
Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm
Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 91,68W/h	Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 228W/h	Harcanan toplam enerji: 1236W/h

Çizelge 4.2'de verilen veriler doğrultusunda batı cepheli çalışma ofislerinde tez çalışması olarak gerçekleştirilen akıllı aydınlatma sisteminin, manuel olarak yapılan açma kapama sistemine göre %59,79, aydınlatma aygıtlarının sürekli açık bırakılması durumuna göre ise %92,58 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir.

[1] Akıllı aydınlatma sistemi ile ortam ışık şiddeti en az 500 lüx olacak şekilde ayarlanmaktadır.
[2] Ortam ışık şiddeti 500 lüx altına indiğinde aydınlatma aygıtları aktif hale getirilmektedir.
[3] Aydınlatma aygıtlarının sürekli açık kalması ile ortam ışık şiddeti sürekli 500 lüx üzerinde olmaktadır.

Şekil 4.2'de çalışmamızda yer alan yöntemlere göre harcanan enerji tüketim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4. 2 Batı cepheli çalışma ofislerinde yöntemlere göre harcanan elektrik enerjisi

Güney cephesine sahip çalışma ofisi için gerçekleştirilen farklı deneysel çalışma yöntemleri için hazırlanan kıyaslama verileri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

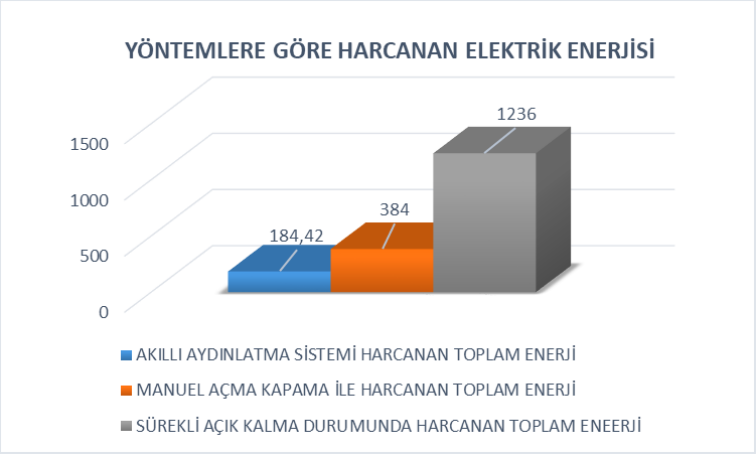
Çizelge 4. 3 Güney cepheli çalışma ofisi verileri

Akıllı Aydınlatma Sistemi	**Manuel açma-kapama durumu**	**Sürekli açık kalma durumu**
300 lüx[1]	300 lüx[2]	300 lüx[3]
Hava Durumu: Yağmurlu	Hava Durumu: Yağmurlu	Hava Durumu: Yağmurlu
Ofis Ölçüleri: 290cm x 430cm	Ofis Ölçüleri: 290cm x 430cm	Ofis Ölçüleri: 290cm x 430cm
Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 1 adet – 170cm x180cm
Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 184,42W/h	Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 384W/h	Harcanan toplam enerji: 1236W/h

Çizelge 4.3'de verilen veriler doğrultusunda güney cepheli çalışma ofislerinde tez çalışması olarak gerçekleştirilen akıllı aydınlatma sisteminin, manuel olarak yapılan

[1] Akıllı aydınlatma sistemi ile ortam ışık şiddeti en az 300 lüx olacak şekilde ayarlanmaktadır.
[2] Ortam ışık şiddeti 300 lüx altına indiğinde aydınlatma aygıtları aktif hale getirilmektedir.
[3] Aydınlatma aygıtlarının sürekli açık kalması ile ortam ışık şiddeti sürekli 300 lüx üzerinde olmaktadır.

açma kapama sistemine göre %51,97, aydınlatma aygıtlarının sürekli açık bırakılması durumuna göre ise %85,08 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir. Şekil 4.3'de çalışmamızda yer alan yöntemlere göre harcanan enerji tüketim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4. 3 Güney cepheli çalışma ofislerinde yöntemlere göre harcanan elektrik enerjisi

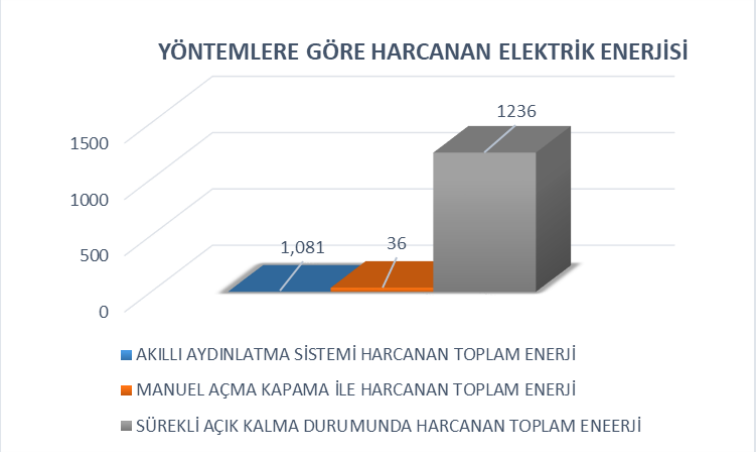
Güney ve doğu cephelerine sahip çalışma ofisi için gerçekleştirilen farklı deneysel çalışma yöntemleri için hazırlanan kıyaslama verileri Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 4 Güney ve doğu cephelerine sahip çalışma ofisi verileri

Akıllı Aydınlatma Sistemi	**Manuel açma-kapama durumu**	**Sürekli açık kalma durumu**
500 lüx[1]	500 lüx[2]	500 lüx[3]
Hava Durumu: Güneşli	Hava Durumu: Güneşli	Hava Durumu: Güneşli
Ofis Ölçüleri: 430cm x 490cm	Ofis Ölçüleri: 430cm x 490cm	Ofis Ölçüleri: 430cm x 490cm
Pencere sayısı ve Ölçüsü: 2 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 2 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 2 adet – 170cm x180cm
Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 1,08W/h	Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 36W/h	Harcanan toplam enerji: 1236W/h

[1] Akıllı aydınlatma sistemi ile ortam ışık şiddeti en az 500 lüx olacak şekilde ayarlanmaktadır.
[2] Ortam ışık şiddeti 500 lüx altına indiğinde aydınlatma aygıtları aktif hale getirilmektedir.
[3] Aydınlatma aygıtlarının sürekli açık kalması ile ortam ışık şiddeti sürekli 500 lüx üzerinde olmaktadır.

Çizelge 4.4'de verilen veriler doğrultusunda güney ve doğu cephesine sahip çalışma ofislerinde tez çalışması olarak gerçekleştirilen akıllı aydınlatma sisteminin, manuel olarak yapılan açma kapama sistemine göre %97, aydınlatma aygıtlarının sürekli açık bırakılması durumuna göre ise %99,91 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir. Şekil 4.4'de çalışmamızda yer alan yöntemlere göre harcanan enerji tüketim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4. 4 Güney ve doğu cepheli çalışma ofislerinde yöntemlere göre harcanan elektrik enerjisi

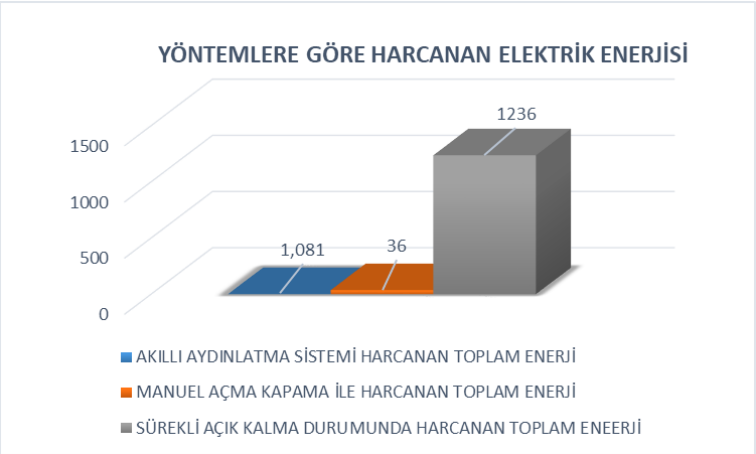
Güney ve batı cephelerine sahip çalışma ofisi için gerçekleştirilen farklı deneysel çalışma yöntemleri için hazırlanan kıyaslama verileri Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 5 Güney ve batı cephelerine sahip çalışma ofisi verileri

Akıllı Aydınlatma Sistemi	**Manuel açma-kapama durumu**	**Sürekli açık kalma durumu**
500 lüx[1]	500 lüx[2]	500 lüx[3]
Hava Durumu: Güneşli	Hava Durumu: Güneşli	Hava Durumu: Güneşli
Ofis Ölçüleri: 430cm x 490cm	Ofis Ölçüleri: 430cm x 490cm	Ofis Ölçüleri: 430cm x 490cm
Pencere sayısı ve Ölçüsü: 2 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 2 adet – 170cm x180cm	Pencere sayısı ve Ölçüsü: 2 adet – 170cm x180cm
Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 10,16W/h	Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam enerji: 228W/h	Harcanan toplam enerji: 1236W/h

Çizelge 4.5'de verilen veriler doğrultusunda güney ve batı cephesine sahip çalışma ofislerinde tez çalışması olarak gerçekleştirilen akıllı aydınlatma sisteminin, manuel olarak yapılan açma kapama sistemine göre %97, aydınlatma aygıtlarının sürekli açık bırakılması durumuna göre ise %99,91 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir. Şekil 4.5'te çalışmamızda yer alan yöntemlere göre harcanan enerji tüketim değerleri gösterilmektedir.

[1] Akıllı aydınlatma sistemi ile ortam ışık şiddeti en az 500 lüx olacak şekilde ayarlanmaktadır.
[2] Ortam ışık şiddeti 500 lüx altına indiğinde aydınlatma aygıtları aktif hale getirilmektedir.
[3] Aydınlatma aygıtlarının sürekli açık kalması ile ortam ışık şiddeti sürekli 500 lüx üzerinde olmaktadır.



Şekil 4. 5 Güney ve batı cepheli çalışma ofislerinde yöntemlere göre harcanan elektrik enerjisi

Led aydınlatma aygıtlarının ve gün ışığının kullanılması ile aydınlatılmak istenen ortam minimum enerji kullanılarak istenilen aydınlık şiddetine kavuşturulmuştur. Bu sayede elektrik enerjisi tüketiminde, klasik aydınlatma aygıtlarının sürekli açık kalması haline nazaran, %70'lere varan bir iyileşme olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.6'da deneysel çalışmaların yapıldığı ve elde edilen enerji tasarrufuna ait değerleri gösteren çizelge bulunmaktadır.

Çizelge 4. 6 Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam güç

Deneysel çalışmaların yapıldığı ofis cepheleri	**Akıllı Aydınlatma Sistemi**	**Manuel açma-kapama durumu**	**Sürekli açık kalma durumu**
	Minimum aydınlık şiddeti için harcanan toplam güç (W/h)		
Doğu cephe	50,13	96	1236
Batı cephe	91,68	228	1236
Güney cephe	184,42	384	1236
Güney ve doğu cephe	1,081	36	1236
Güney ve batı cephe	10,16	228	1236

Gün ışığının aydınlatma unsuru olarak kullanılması ve ortamdaki aydınlık şiddetinin sürekli olarak aynı seviyelerde tutulması, ortamın daha sağlıklı ve konforlu olmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasının enerji verimliliğine olan katkısının yanı sıra, sürekli olarak

belirlenen değerde ışık şiddeti sağlaması;

1- Motivasyon/Huzur hissinin artması,

2- Ortam görüş değerlerinin iyileşmesiyle iş güvenliğinin artması ve düşük hata maliyetinin elde edilmesi,

3- Çalışanların iş performanslarının artması,

4- Daha fazla ürün ve işlem gerçekleşmesi sayesinde işletmelerin rekabet gücünün artmasının sağlanacağı öngörülmektedir.

4.1. Öneriler

Deneysel çalışmalar sonucunda, aydınlatma cihazlarının 8,5 saat açık olduğu düşünülerek elde edilen verimlilik değerleri, çalışmamızda gerçekleştirilen aydınlatma sisteminin manuel açma kapama yapılan sistemlere göre %47.78 ile %97, aydınlatma araçlarının sürekli açık kalması durumuna göre ise %85,08 ile %99,91 oranlarına varan elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir. Deneysel çalışmaların kış aylarında yapılmış olmasından dolayı, yaz aylarında yapılacak ölçümlerin daha yüksek verimlilik değerlerine sahip olacağı öngörülmektedir.

Tez çalışması sonucunda, hava durumu, fiziki şartlar ve mevsimlere göre değişmekle birlikte gün ışığının aydınlatmada etken olarak kullanımı sayesinde ortalama %50'ye yakın bir tasarruf edilebileceği öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

Ali Kırkbaş, S. E., Çağrı Kocaman, İsmail Yabanova, Seçil Varbak Neşe, Mehmet Yumurtacı, 2015, Matlab/Sımulink Ve Arduino Due Kullanılarak Aydınlık Seviyesinin Pid Kontrolörle Ayarlanması, *EJOIR-IWCEA*, 2, 10.

Birt, B. J. ve Newsham, G. R., 2009, Energy savings from photosensors and occupant sensors/wall switches on a college campus, ONTARIO, CANADA: INSTITUTE FOR RESEARCH IN CONSTRUCTION.

Block, J., 1993, Lighting Handbook 8th Edition, *Illuminating Engineering Society of North America*.

Çakıllık, C., 2011, Kompakt floresan lambaların enerji kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*.

Çoban, K. O., 2010, Aydınlatma Elemanlarının Verimliliği ve Enerji Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara*.

EN12464-1:2011, 2018, En az aydınlık düzeyi tablosu.

Erol, Y., 2010, Akım Regüleli LED Test Cihazı Tasarımı, *ELECO'2010 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 370-374.

Erol, Y. ve Canbolat, T., 2011, Aydınlatma sektöründe yeni nesil power LED teknolojileri, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*.

Galasiu, A. D., Newsham, G. R., Suvagau, C. ve Sander, D. M., 2007, Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study, *Leukos*, 4 (1), 7-29.

Gençoğlu, M. T. ve Özbay, E., 2007, Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri.

Göçmen, E., 2014, Aydınlatma aygıtlarının enerji verimliliği ve güç kalitesine etkileri, *Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı/Yüksek Lisans*, 93.

Kılıç, A., 2013, Kentsel Dış Mekanlarda Led Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Üzerine Örnek Bir Çalışma, *Bahçeşehir Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı/Yüksek Lisans*.

Lindelöf, D. M., Nicolas, 2006, A field investigation of the intermediate light switching by users *Energy and Buidings*, 38 (7), 790-801.

Link01, 2013, Led Avantajları, *http://nerialed.com.tr/led_teknolojisi/ledin-avantajlari*.

Link02, 2017, elektrikport.com.

Link03, 2017, koddefteri.net, *PWM SİNYALİ NEDİR*.

Link04, 2018, LED aydınlatma sistemlerinin avantajları ve yararları, *4s-lighting.com*.

Link05, 2018, arduino.cc, *https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/analog-io/analogwrite/*, *https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM*.

Link06, 2018, Led Lambalar - pelsan.com.tr, *pelsan.com.tr*.

Link07, 2018, http://robotiksistem.com/arduino_nano_v3.html.

Link08, 2018, Renk Sıcaklığı, *silverled.net*.

Link09, 2018, Kompakt Floresan Lamba - philips.com.tr, *philips.com.tr*.

Link10, 2018, https://www.arkotekelektronik.com/12v-84a-100w-smps-a-100-12--15313, *SMPS Güç Kaynağı*.

Link11, 2018, Light Sensor - BH1750FVI, *https://www.mouser.com/ds/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf*.

Link12, 2019, LCD - Arduino bağlantısı, *https://learn.sparkfun.com/tutorials/graphic-lcd-hookup-guide/all*.

Link13, 2019, L298 - DUAL FULL-BRIDGE DRIVER, *https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf*.

Link14, 2019, Philips Led Ampuller, *https://www.lighting.philips.com.tr/consumer/ampul-secin*.

Link15, 2019, LCD Modül ve pin yapısı, *http://www.robotpark.com.tr/Nokia-5110-LCD-Modulu-Kirmizi*.

Menteşeoğlu, D., 2011, Yeni Nesil Aydınlatma Sistemleri-1 "LED Işık Kaynakları".

Morad R. Atif, A. D. G., 2003, Energy performance of daylight-linked automatic lighting control systems in large atrium spaces: report on two field-monitored case studies, *Energy and Buildings*, 35 (5), 441-461.

Onaygil, S., 2001, Aydınlatmada Verimlilik ve Enerji Tasarrufu, *İzmir Aydınlatma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Kasım*, 6-12.

Onaygil, S., Güler, Ö. ve Erkin, E., 2009, Yol Aydınlatmalarında Led Kullanmı, *V. ULUSAL AYDINLATMA SEMPOZYUMU VE SERGİSİ*.

Ovellette, M., 1993, The Evaluation of Compact Fluorescent Lamps for Energy Conversation, *Canadian Electrical Ascociation*.

Özkaya, M., 2004, Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Öztürk, B., 2011, Gerilimdeki dalgalanmaların aydınlatma elemanlarının renk sıcaklığına etkisi, 111.

Perdahçı, C. ve Hanlı, U., 2009, Verimli Aydınlatma Yöntemleri, *III. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*.

Petteri Teikari, Raymond P.Najjar, Hemı Malkki, Kenneth Knoblauch, Dominique Dumortier, Claude Gronfier ve M.Cooper, H., 2012, An inexpensive Arduino-based LED stimulator system for vision research, *Journal of Neuroscience Methods*, 211 (2), 227-236.

Sasaki, R. I., 1994, The Impact of Electronic Ballast Compact Fluorescent Lighting on Power Distribution Systems, *ECE Technical Reports, Purdue University School of Electrical Engineering.*

Scholand, M. ve Dillon, H., 2012, Life-cycle assessment of energy and environmental impacts of LED lighting products, Part.

Singh, M. ve Garg, S., 2010, Illuminance estimation and daylighting energy savings for Indian regions, *Renewable Energy*, 35 (3), 703-711.

Skaria, S., John, M., Paul, B., 2014, Automatic lighting controller.

Songül, S., 2014, Tank namlusu stabilizasyon sisteminin arduino ile uygulanması ve deneysel düzeneğinin hazırlanması, 57.

Tanşu, E., 2018, Bir Servo Motor Manipülatör Kontrolünün FPGA Üzerinde Gerçekleştirilmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*.

Yavuz, E., 2015, 3 Serbestlik Dereceli (3r) Bir Robot Manipülatörünün Kontrolü Ve Görüntü İşlemeye Dayalı Nesne Taşınması, 200.

Züngör, F., 2018, Yeni bir aktif bastırma hücreli ileri yönlü dönüştürücünün tasarımı ve simülasyonu, *Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı / Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği Bilim Dalı*, 120.

EKLER

EK-1 Doğu cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri

Saat	Lüx Değeri (lüx)	Gerilim (V)	Akım (A)
08:30:00	921	0,000	0,000
08:35:00	1012	0,000	0,000
08:40:00	1033	0,000	0,000
08:45:00	1115	0,000	0,000
08:50:00	1164	0,000	0,000
08:55:00	1191	0,000	0,000
09:00:00	1230	0,000	0,000
09:05:00	1238	0,000	0,000
09:10:00	1306	0,000	0,000
09:15:00	1356	0,000	0,000
09:20:00	1504	0,000	0,000
09:25:00	1509	0,000	0,000
09:30:00	1564	0,000	0,000
09:35:00	1622	0,000	0,000
09:40:00	1770	0,000	0,000
09:45:00	1788	0,000	0,000
09:50:00	1791	0,000	0,000
09:55:00	1834	0,000	0,000
10:00:00	1911	0,000	0,000
10:05:00	1954	0,000	0,000
10:10:00	1983	0,000	0,000
10:15:00	1982	0,000	0,000
10:20:00	2084	0,000	0,000
10:25:00	2051	0,000	0,000
10:30:00	2130	0,000	0,000
10:35:00	2213	0,000	0,000
10:40:00	2187	0,000	0,000
10:45:00	2260	0,000	0,000
10:50:00	2249	0,000	0,000
10:55:00	2406	0,000	0,000
11:00:00	2649	0,000	0,000
11:05:00	2355	0,000	0,000
11:10:00	2186	0,000	0,000
11:15:00	2014	0,000	0,000
11:20:00	2000	0,000	0,000
11:25:00	1949	0,000	0,000
11:30:00	2378	0,000	0,000

11:35:00	2360	0,000	0,000
11:40:00	2540	0,000	0,000
11:45:00	1743	0,000	0,000
11:50:00	1888	0,000	0,000
11:55:00	1732	0,000	0,000
12:00:00	1656	0,000	0,000
12:05:00	1662	0,000	0,000
12:10:00	1661	0,000	0,000
12:15:00	1639	0,000	0,000
12:20:00	1640	0,000	0,000
12:25:00	1651	0,000	0,000
12:30:00	1671	0,000	0,000
12:35:00	1683	0,000	0,000
12:40:00	1684	0,000	0,000
12:45:00	1239	0,000	0,000
12:50:00	1230	0,000	0,000
12:55:00	1177	0,000	0,000
13:00:00	1240	0,000	0,000
13:05:00	1599	0,000	0,000
13:10:00	1580	0,000	0,000
13:15:00	1376	0,000	0,000
13:20:00	1238	0,000	0,000
13:25:00	1217	0,000	0,000
13:30:00	1296	0,000	0,000
13:35:00	1639	0,000	0,000
13:40:00	1444	0,000	0,000
13:45:00	1362	0,000	0,000
13:50:00	1612	0,000	0,000
13:55:00	1620	0,000	0,000
14:00:00	1115	0,000	0,000
14:05:00	1490	0,000	0,000
14:10:00	1133	0,000	0,000
14:15:00	1543	0,000	0,000
14:20:00	1552	0,000	0,000
14:25:00	1749	0,000	0,000
14:30:00	1538	0,000	0,000
14:35:00	1544	0,000	0,000
14:40:00	1257	0,000	0,000
14:45:00	1505	0,000	0,000
14:50:00	1033	0,000	0,000
14:55:00	1097	0,000	0,000
15:00:00	1178	0,000	0,000
15:05:00	1395	0,000	0,000
15:10:00	1430	0,000	0,000
15:15:00	1364	0,000	0,000

15:20:00	1306	0,000	0,000
15:25:00	1260	0,000	0,000
15:30:00	1240	0,000	0,000
15:35:00	1131	0,000	0,000
15:40:00	1076	0,000	0,000
15:45:00	1012	0,000	0,000
15:50:00	921	0,000	0,000
15:55:00	829	0,000	0,000
16:00:00	720	0,000	0,000
16:05:00	691	2,001	0,167
16:10:00	647	2,484	0,207
16:15:00	541	4,368	0,364
16:20:00	518	4,668	0,389
16:25:00	477	5,244	0,437
16:30:00	452	5,616	0,468
16:35:00	389	6,744	0,562
16:40:00	276	7,884	0,657
16:45:00	243	8,328	0,694
16:50:00	176	8,868	0,739
16:55:00	108	10,128	0,844
17:00:00	77	11,544	0,962

EK-2 Batı cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri.

Saat	Lüx Değeri (lüx)	Gerilim (V)	Akım (A)
08:30:00	288	7,800	0,650
08:35:00	294	7,668	0,639
08:40:00	307	7,332	0,611
08:45:00	334	7,032	0,586
08:50:00	361	6,852	0,571
08:55:00	379	6,792	0,566
09:00:00	391	6,588	0,549
09:05:00	396	6,492	0,541
09:10:00	411	6,312	0,526
09:15:00	439	6,036	0,503
09:20:00	477	5,724	0,477
09:25:00	483	5,508	0,459
09:30:00	490	5,004	0,417
09:35:00	520	4,632	0,386
09:40:00	517	4,572	0,381
09:45:00	529	4,500	0,375
09:50:00	558	4,284	0,357
09:55:00	560	4,272	0,356
10:00:00	566	4,212	0,351
10:05:00	565	4,200	0,350
10:10:00	570	4,092	0,341
10:15:00	577	3,996	0,333
10:20:00	589	3,756	0,313
10:25:00	600	3,612	0,301
10:30:00	611	3,456	0,288
10:35:00	626	3,240	0,270
10:40:00	767	2,328	0,194
10:45:00	938	0,000	0,000
10:50:00	1100	0,000	0,000
10:55:00	1197	0,000	0,000
11:00:00	1210	0,000	0,000
11:05:00	1239	0,000	0,000
11:10:00	1182	0,000	0,000
11:15:00	1208	0,000	0,000
11:20:00	1687	0,000	0,000
11:25:00	2265	0,000	0,000
11:30:00	2370	0,000	0,000
11:35:00	2154	0,000	0,000
11:40:00	1940	0,000	0,000
11:45:00	1226	0,000	0,000
11:50:00	1370	0,000	0,000
11:55:00	1158	0,000	0,000

12:00:00	1145	0,000	0,000
12:05:00	1159	0,000	0,000
12:10:00	1169	0,000	0,000
12:15:00	1184	0,000	0,000
12:20:00	1329	0,000	0,000
12:25:00	1543	0,000	0,000
12:30:00	1669	0,000	0,000
12:35:00	1902	0,000	0,000
12:40:00	2212	0,000	0,000
12:45:00	922	0,000	0,000
12:50:00	1013	0,000	0,000
12:55:00	1014	0,000	0,000
13:00:00	1111	0,000	0,000
13:05:00	1441	0,000	0,000
13:10:00	1550	0,000	0,000
13:15:00	1789	0,000	0,000
13:20:00	1035	0,000	0,000
13:25:00	1365	0,000	0,000
13:30:00	1457	0,000	0,000
13:35:00	1472	0,000	0,000
13:40:00	2940	0,000	0,000
13:45:00	2931	0,000	0,000
13:50:00	2776	0,000	0,000
13:55:00	2810	0,000	0,000
14:00:00	2792	0,000	0,000
14:05:00	2856	0,000	0,000
14:10:00	1879	0,000	0,000
14:15:00	1949	0,000	0,000
14:20:00	2706	0,000	0,000
14:25:00	2679	0,000	0,000
14:30:00	2697	0,000	0,000
14:35:00	2638	0,000	0,000
14:40:00	1725	0,000	0,000
14:45:00	1004	0,000	0,000
14:50:00	1919	0,000	0,000
14:55:00	1793	0,000	0,000
15:00:00	1049	0,000	0,000
15:05:00	1329	0,000	0,000
15:10:00	1483	0,000	0,000
15:15:00	1493	0,000	0,000
15:20:00	1449	0,000	0,000
15:25:00	1525	0,000	0,000
15:30:00	1675	0,000	0,000
15:35:00	1445	0,000	0,000
15:40:00	1247	0,000	0,000

15:45:00	1111	0,000	0,000
15:50:00	958	0,000	0,000
15:55:00	946	0,000	0,000
16:00:00	907	0,000	0,000
16:05:00	873	0,000	0,000
16:10:00	831	0,000	0,000
16:15:00	803	0,000	0,000
16:20:00	764	0,000	0,000
16:25:00	709	2,592	0,216
16:30:00	544	4,332	0,361
16:35:00	482	5,052	0,421
16:40:00	465	5,508	0,459
16:45:00	397	6,600	0,550
16:50:00	316	7,284	0,607
16:55:00	278	7,884	0,657
17:00:00	229	8,472	0,706

EK-3 Güney cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri.

Saat	Lüx Değeri (lüx)	Gerilim (V)	Akım (A)
08:30:00	593	0,00	0,00
08:35:00	591	0,00	0,00
08:40:00	606	0,00	0,00
08:45:00	612	0,00	0,00
08:50:00	587	0,00	0,00
08:55:00	588	0,00	0,00
09:00:00	578	0,00	0,00
09:05:00	567	0,00	0,00
09:10:00	563	0,00	0,00
09:15:00	568	0,00	0,00
09:20:00	567	0,00	0,00
09:25:00	551	0,00	0,00
09:30:00	533	0,00	0,00
09:35:00	531	0,00	0,00
09:40:00	548	0,00	0,00
09:45:00	554	0,00	0,00
09:50:00	536	0,00	0,00
09:55:00	512	0,00	0,00
10:00:00	484	0,00	0,00
10:05:00	463	0,00	0,00
10:10:00	452	0,00	0,00
10:15:00	446	0,00	0,00
10:20:00	443	0,00	0,00
10:25:00	453	0,00	0,00
10:30:00	453	0,00	0,00
10:35:00	448	0,00	0,00
10:40:00	441	0,00	0,00
10:45:00	419	0,00	0,00
10:50:00	388	0,00	0,00
10:55:00	395	0,00	0,00
11:00:00	430	0,00	0,00
11:05:00	452	0,00	0,00
11:10:00	450	0,00	0,00
11:15:00	452	0,00	0,00
11:20:00	463	0,00	0,00
11:25:00	477	0,00	0,00
11:30:00	492	0,00	0,00
11:35:00	494	0,00	0,00
11:40:00	494	0,00	0,00
11:45:00	590	0,00	0,00
11:50:00	583	0,00	0,00
11:55:00	582	0,00	0,00

12:00:00	495	0,00	0,00
12:05:00	494	0,00	0,00
12:10:00	491	0,00	0,00
12:15:00	483	0,00	0,00
12:20:00	473	0,00	0,00
12:25:00	428	0,00	0,00
12:30:00	417	0,00	0,00
12:35:00	420	0,00	0,00
12:40:00	418	0,00	0,00
12:45:00	411	0,00	0,00
12:50:00	396	0,00	0,00
12:55:00	373	0,00	0,00
13:00:00	344	0,00	0,00
13:05:00	325	0,00	0,00
13:10:00	311	0,00	0,00
13:15:00	293	3,45	0,29
13:20:00	278	3,83	0,32
13:25:00	270	4,19	0,35
13:30:00	286	3,95	0,33
13:35:00	298	2,26	0,19
13:40:00	315	0,00	0,00
13:45:00	327	0,00	0,00
13:50:00	361	0,00	0,00
13:55:00	348	0,00	0,00
14:00:00	358	0,00	0,00
14:05:00	371	0,00	0,00
14:10:00	364	0,00	0,00
14:15:00	361	0,00	0,00
14:20:00	358	0,00	0,00
14:25:00	340	0,00	0,00
14:30:00	329	0,00	0,00
14:35:00	311	0,00	0,00
14:40:00	316	0,00	0,00
14:45:00	298	2,90	0,24
14:50:00	296	3,08	0,26
14:55:00	301	1,97	0,16
15:00:00	286	3,75	0,31
15:05:00	288	3,75	0,31
15:10:00	271	4,95	0,41
15:15:00	264	5,33	0,44
15:20:00	257	5,64	0,47
15:25:00	240	6,25	0,52
15:30:00	233	6,39	0,53
15:35:00	218	6,72	0,56
15:40:00	206	7,44	0,62

15:45:00	200	7,62	0,64
15:50:00	195	7,92	0,66
15:55:00	184	8,73	0,73
16:00:00	178	9,14	0,76
16:05:00	171	9,78	0,82
16:10:00	164	10,16	0,85
16:15:00	158	10,66	0,89
16:20:00	150	10,92	0,91
16:25:00	141	11,49	0,96
16:30:00	131	11,76	0,98
16:35:00	120	12,00	1,00
16:40:00	112	11,60	0,97
16:45:00	105	11,95	1,00
16:50:00	80	11,88	0,99
16:55:00	72	12,00	1,00
17:00:00	31	12,00	1,00

EK-4 Güney ve Doğu cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri.

Saat	Lüx Değeri (lüx)	Gerilim (V)	Akım (A)
08:30:00	2296	0,000	0,000
08:35:00	2274	0,000	0,000
08:40:00	2307	0,000	0,000
08:45:00	2287	0,000	0,000
08:50:00	2341	0,000	0,000
08:55:00	2361	0,000	0,000
09:00:00	2351	0,000	0,000
09:05:00	2314	0,000	0,000
09:10:00	2263	0,000	0,000
09:15:00	2218	0,000	0,000
09:20:00	2186	0,000	0,000
09:25:00	2198	0,000	0,000
09:30:00	2106	0,000	0,000
09:35:00	2015	0,000	0,000
09:40:00	1923	0,000	0,000
09:45:00	1658	0,000	0,000
09:50:00	1493	0,000	0,000
09:55:00	1449	0,000	0,000
10:00:00	1525	0,000	0,000
10:05:00	1675	0,000	0,000
10:10:00	1445	0,000	0,000
10:15:00	1247	0,000	0,000
10:20:00	1111	0,000	0,000
10:25:00	958	0,000	0,000
10:30:00	946	0,000	0,000
10:35:00	907	0,000	0,000
10:40:00	873	0,000	0,000
10:45:00	831	0,000	0,000
10:50:00	803	0,000	0,000
10:55:00	851	0,000	0,000
11:00:00	884	0,000	0,000
11:05:00	887	0,000	0,000
11:10:00	882	0,000	0,000
11:15:00	876	0,000	0,000
11:20:00	854	0,000	0,000
11:25:00	850	0,000	0,000
11:30:00	849	0,000	0,000
11:35:00	851	0,000	0,000
11:40:00	843	0,000	0,000
11:45:00	849	0,000	0,000
11:50:00	842	0,000	0,000
11:55:00	847	0,000	0,000

12:00:00	845	0,000	0,000
12:05:00	847	0,000	0,000
12:10:00	846	0,000	0,000
12:15:00	849	0,000	0,000
12:20:00	849	0,000	0,000
12:25:00	850	0,000	0,000
12:30:00	848	0,000	0,000
12:35:00	846	0,000	0,000
12:40:00	846	0,000	0,000
12:45:00	849	0,000	0,000
12:50:00	851	0,000	0,000
12:55:00	849	0,000	0,000
13:00:00	849	0,000	0,000
13:05:00	848	0,000	0,000
13:10:00	846	0,000	0,000
13:15:00	842	0,000	0,000
13:20:00	839	0,000	0,000
13:25:00	836	0,000	0,000
13:30:00	831	0,000	0,000
13:35:00	832	0,000	0,000
13:40:00	829	0,000	0,000
13:45:00	827	0,000	0,000
13:50:00	825	0,000	0,000
13:55:00	821	0,000	0,000
14:00:00	811	0,000	0,000
14:05:00	799	0,000	0,000
14:10:00	794	0,000	0,000
14:15:00	786	0,000	0,000
14:20:00	781	0,000	0,000
14:25:00	788	0,000	0,000
14:30:00	769	0,000	0,000
14:35:00	751	0,000	0,000
14:40:00	763	0,000	0,000
14:45:00	766	0,000	0,000
14:50:00	759	0,000	0,000
14:55:00	748	0,000	0,000
15:00:00	754	0,000	0,000
15:05:00	741	0,000	0,000
15:10:00	731	0,000	0,000
15:15:00	729	0,000	0,000
15:20:00	722	0,000	0,000
15:25:00	713	0,000	0,000
15:30:00	711	0,000	0,000
15:35:00	691	0,000	0,000
15:40:00	690	0,000	0,000

15:45:00	676	0,000	0,000
15:50:00	668	0,000	0,000
15:55:00	659	0,000	0,000
16:00:00	660	0,000	0,000
16:05:00	641	0,000	0,000
16:10:00	637	0,000	0,000
16:15:00	629	0,000	0,000
16:20:00	627	0,000	0,000
16:25:00	618	0,000	0,000
16:30:00	598	0,000	0,000
16:35:00	574	0,000	0,000
16:40:00	543	0,000	0,000
16:45:00	517	0,000	0,000
16:50:00	493	1,500	0,125
16:55:00	471	2,076	0,173
17:00:00	439	2,532	0,211

EK-5 Güney ve batı cepheli çalışma ofisi deneysel çalışma verileri.

Saat	Lüx Değeri (lüx)	Gerilim (V)	Akım (A)
08:30:00	327	3,588	0,299
08:35:00	331	3,612	0,301
08:40:00	325	3,576	0,298
08:45:00	340	3,252	0,271
08:50:00	356	2,916	0,243
08:55:00	354	2,988	0,249
09:00:00	378	2,628	0,219
09:05:00	376	2,688	0,224
09:10:00	389	2,592	0,216
09:15:00	396	2,316	0,193
09:20:00	407	2,052	0,171
09:25:00	415	1,968	0,164
09:30:00	441	1,860	0,155
09:35:00	448	1,812	0,151
09:40:00	459	1,716	0,143
09:45:00	467	1,668	0,139
09:50:00	460	1,692	0,141
09:55:00	483	1,488	0,124
10:00:00	491	1,368	0,114
10:05:00	502	1,236	0,103
10:10:00	507	0,000	0,000
10:15:00	509	0,000	0,000
10:20:00	526	0,000	0,000
10:25:00	532	0,000	0,000
10:30:00	530	0,000	0,000
10:35:00	538	0,000	0,000
10:40:00	542	0,000	0,000
10:45:00	550	0,000	0,000
10:50:00	551	0,000	0,000
10:55:00	559	0,000	0,000
11:00:00	566	0,000	0,000
11:05:00	565	0,000	0,000
11:10:00	570	0,000	0,000
11:15:00	577	0,000	0,000
11:20:00	589	0,000	0,000
11:25:00	600	0,000	0,000
11:30:00	611	0,000	0,000
11:35:00	626	0,000	0,000
11:40:00	767	0,000	0,000
11:45:00	938	0,000	0,000
11:50:00	1100	0,000	0,000
11:55:00	1197	0,000	0,000

12:00:00	1474	0,000	0,000
12:05:00	1660	0,000	0,000
12:10:00	1784	0,000	0,000
12:15:00	1894	0,000	0,000
12:20:00	1949	0,000	0,000
12:25:00	2007	0,000	0,000
12:30:00	2095	0,000	0,000
12:35:00	2229	0,000	0,000
12:40:00	2290	0,000	0,000
12:45:00	2328	0,000	0,000
12:50:00	2449	0,000	0,000
12:55:00	2492	0,000	0,000
13:00:00	2488	0,000	0,000
13:05:00	2489	0,000	0,000
13:10:00	2458	0,000	0,000
13:15:00	2464	0,000	0,000
13:20:00	2469	0,000	0,000
13:25:00	2455	0,000	0,000
13:30:00	2462	0,000	0,000
13:35:00	2434	0,000	0,000
13:40:00	2425	0,000	0,000
13:45:00	2416	0,000	0,000
13:50:00	2346	0,000	0,000
13:55:00	2374	0,000	0,000
14:00:00	2413	0,000	0,000
14:05:00	2431	0,000	0,000
14:10:00	2462	0,000	0,000
14:15:00	2469	0,000	0,000
14:20:00	2521	0,000	0,000
14:25:00	2563	0,000	0,000
14:30:00	2555	0,000	0,000
14:35:00	2534	0,000	0,000
14:40:00	2510	0,000	0,000
14:45:00	2491	0,000	0,000
14:50:00	2486	0,000	0,000
14:55:00	2404	0,000	0,000
15:00:00	2381	0,000	0,000
15:05:00	2349	0,000	0,000
15:10:00	2312	0,000	0,000
15:15:00	2287	0,000	0,000
15:20:00	2263	0,000	0,000
15:25:00	2150	0,000	0,000
15:30:00	1989	0,000	0,000
15:35:00	2063	0,000	0,000
15:40:00	2003	0,000	0,000

15:45:00	1967	0,000	0,000
15:50:00	1911	0,000	0,000
15:55:00	1834	0,000	0,000
16:00:00	1732	0,000	0,000
16:05:00	1644	0,000	0,000
16:10:00	1601	0,000	0,000
16:15:00	1522	0,000	0,000
16:20:00	1486	0,000	0,000
16:25:00	1413	0,000	0,000
16:30:00	1217	0,000	0,000
16:35:00	1067	0,000	0,000
16:40:00	986	0,000	0,000
16:45:00	961	0,000	0,000
16:50:00	824	0,000	0,000
16:55:00	711	0,000	0,000
17:00:00	734	0,000	0,000

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Aykut BİLİCİ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Gaziantep – 1982
Telefon : +90 505 547 4635
Faks : +90 342 337 1138
e-mail : aykutbilici@yandex.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi	2004
Lise	:	Gaziantep Anadolu Ticaret Meslek Lisesi	2000

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015- …	Gaziantep Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2004-2015	Milli Eğitim Bakanlığı	Teknik Öğretmen

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce	Okuma: İyi	Yazma: İyi	Konuşma: İyi

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

- YILMAZ NECİP FAZIL, BİLİCİ AYKUT, YILMAZ MUSA (2018). Modelling of Hardness Values of AISI 304 Austenitic Stainless steels. International Conference on Engineering Technologies, 404-408. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4696126)

- BİLİCİ AYKUT, SARITAŞ İSMAİL (2018). A Study On The Effect Of Daylight In Energy Efficiency. International Conference on Engineering Technologies, 321-324. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4744619)

- BİLİCİ AYKUT, YAŞAR ALİ, SARITAŞ İSMAİL (2018). Improving Energy

Efficiency For Lighting Systems By Using Arduino. 3rd International Energy Engineering Congress, 1034-1040. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4513652)

- BİLİCİ AYKUT, SARITAŞ İSMAİL (2017). Intelligent Lighting System. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'17) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3828763)