



**Makale / Research Paper**

**Gün Işığı Alan Mekânda Önerilen Bölgesel Kontrollü Akıllı LED Sistem ile Flüoresan ve Normal LED Aydınlatmanın Enerji Verimliliği Açısından Karşılaştırılması**

**Mehmet Ali ÖZÇELİK<sup>a\*</sup>, Musa YILMAZ<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Gaziantep Üniversitesi , Teknik Bilimler, Elektrik ve Enerji Bölümü. 27310 Gaziantep/TURKEY

<sup>b</sup>Batman Üniversitesi, Mühendislik Fak., Elek.-Elektronik Müh.Bölümü, 72060 Batman/TURKEY

<sup>a\*</sup>[ozcelik@gantep.edu.tr](mailto:ozcelik@gantep.edu.tr)

**Received/Geliş:** 28.12.2018

**Accepted/Kabul:** 29.04.2019

**Özet:** Enerji verimliliği konusunun önem arz ettiği günümüzde aydınlatma için harcanan elektrik enerjisi azımsanmayacak bir paya sahip olmaktadır. Dolayısıyla görsel konforun iyi, aynı zamanda sarfiyatın düşük olduğu aydınlatma sistemlerinin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Aydınlatma armatürlerinin seçiminde kullanım sıklığı, ışık kalitesi, tüketim, ilk yatırım ve bakım maliyeti gibi unsurlar göz önünde bulundurulmuştur. Kapalı mekanların aydınlatılmasında yüksek oranda tercih edilen flüoresan ve LED ışık kaynaklarının birbirlerine göre farklılıkları bulunmaktadır. Diğer taraftan, aydınlatma kaynakları ışık seviyesinin kontrol edilebilmesi enerji sarfiyatını düşürmektedir. Yapılan çalışmada gün ışığı alan bir sınıfın aydınlatılması için 8 adet 4x18 W'lık flüoresan lamba, kontrolsüz normal LED ve önerilen bölgesel kontrollü LED sistemleriyle sağlanarak, üç yapı arasında ölçüm sonuçlarıyla beraber verimlilik değerlendirilmesi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Flüoresan aydınlatma; LED aydınlatma; akıllı aydınlatma; enerji verimliliği.

**Comparison of Fluorescent and Normal LED Illumination in terms of Energy Efficiency with Smart LED System Proposed Zone Controlled Room in Daylight**

**Abstract:** Energy efficiency has important issues nowadays and the electricity consumed for lighting has a large share. Therefore, the use of lighting systems that have good visual comfort and low consumption at the same time is becoming increasingly widespread. The choice of lighting fixtures takes into consideration factors such as frequency of use, light quality, consumption, initial investment and maintenance cost. Fluorescent and LED light sources, which are highly preferred in illuminating indoor spaces, differ from each other. On the other hand, the ability to control the lighting level of the lighting sources enhances energy efficiency. In this study, in order to illuminate a day lighting class, an 8 number 4x18 W fluorescent lamp, uncontrolled normal LED and the proposed regional controlled LED systems were used to evaluate the efficiency of the system with the measurement results.

**Keywords:** Fluorescent illumination; LED illumination; smart lighting; energy efficiency.

**1. Giriş**

Enerji tasarrufu, düşük güç tüketimi, enerji verimliliği, çevre dostu enerji kaynakları günümüz dünyasında önem arz etmektedir [1]. Ülkemizde giderek artan elektrik enerjisi talebi, doğalgaz, petrol gibi enerji kaynaklarını dış ülkelere almamız göz önünde bulundurulduğunda enerjinin verimli kullanılması kaçınılmaz bir hal almıştır [2]. Dünya üzerinde üretilen elektrik enerjisinin %20 si aydınlatma için kullanılmaktadır [3]. Ticari ve kamu binalarında en çok kullanılan

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Özçelik M. A., Yılmaz M., "Gün Işığı Alan Mekânda Önerilen Bölgesel Kontrollü Akıllı LED Sistem ile Flüoresan ve Normal LED Aydınlatmanın Enerji Verimliliği Açısından Karşılaştırılması" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2019, 6(2); 270-281.

*How to cite this article*

Özçelik M. A., Yılmaz M., "Comparison of Fluorescent and Normal LED Illumination in terms of Energy Efficiency with Smart LED System Proposed Zone Controlled Room in Daylight " El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2019, 6(2); 270-281.

aydınlatma aygıtları doğrusal bir karakteristiğe sahip olan flüoresan lambalardır [4]. Bunu yanı sıra hızlı bir gelişim sürecinde olan LED teknolojisi düşük güç talebi, uzun ömrü ve otomasyon sistemleriyle entegre olabilme özellikleriyle aydınlatma dünyasında ön sıralarda yer almaktadır [5].

Günümüzde tavan aydınlatması uygulamalarında 60x60 cm boyutlarındaki armatürler yaygın olarak kullanılmaktadır [6]. Bu kasalara 4x18 Watt'lık flüoresan lambalar dışında, LED tüpler veya LED paneller yerleştirilebilmektedir. Dolayısıyla 60x60 cm kasalar lamba kullanımı için esnek bir alt yapı oluşturmaktadır.

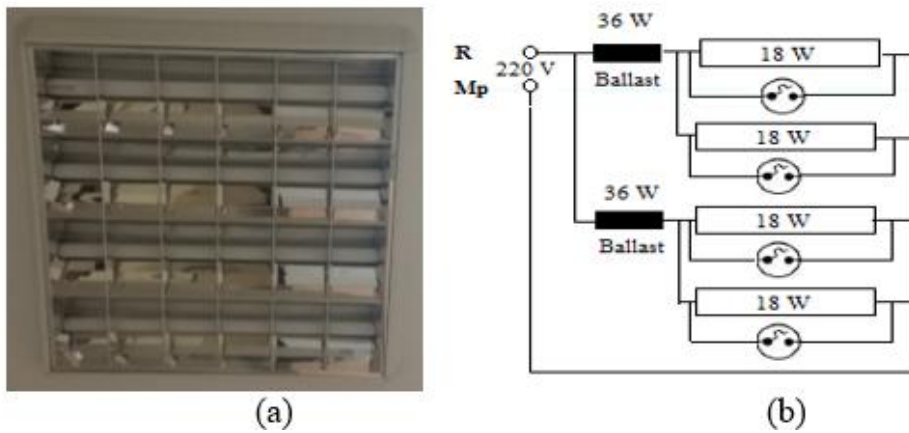
Aydınlatma sistemlerinin otomatik olarak veya sensörlerle kontrol edilmesiyle enerji tüketimi önemli oranda azaltılabilmektedir [7]. Bu sistemlerde enerji tasarrufu için; hareket sensörleri, gün ışığına bağlı sensörler, manuel loşlaştırıcı, zamanlayıcı devreleri, pasif infared yöntemleri uygulanmaktadır [8]-[9].

Klasik flüoresan lambaların sık açma-kapama işlemlerine uygun olmaması, starter-balast gibi ek donanımlara ihtiyaç duyması, daha yüksek güç ve iletken kesit gereksinimi, kullanım ömrü gibi faktörler LED lambaları avantajlı kılmaktadır.

Literatürde, gün ışığı etkisi göz önünde bulundurulmadan geleneksel LED ve Flüoresan aydınlatma sistemlerinin karşılaştırılması yapılmış LED armatür enerji sarfiyatlarının flüoresan lambaya göre daha düşük olduğu belirtilmiştir [10]-[11]. Yapılan çalışmada, gün ışığı giren 54 m<sup>2</sup> alana sahip ve 3.1 m uzunlukta iki penceresi olan bir sınıfın aydınlatması 4x18 W'lık flüoresan lambalar, kontrolsüz normal LED lambalar ve sınıfın tavanına ayrı bölgelere yerleştirilen iki adet foto-transistör ışık sensörlerinden alınan analog bilginin, tasarlanan mikro-denetleyici tabanlı sistem tarafından üretilen darbe genişlik modülasyon (DGM, PWM) sinyalleriyle kontrol edilen ve 36 W LED panellerle yapılan aydınlatma sistemlerinin ayrı ayrı olarak enerji verimliliği kıyaslaması yapılmıştır.

## 2. Flüoresan Lamba Sistemi

Flüoresan lamba aydınlatma sisteminde 60x60 cm armatürlere 4 adet 18 W gücünde flüoresan lambalar bulunmakta olup her iki lamba için 36 W gücünde saç balastlar kullanılmıştır. Panellerin görüntüsü ve flüoresan lambaların bağlantı şeması Şekil 1'de görülmektedir.



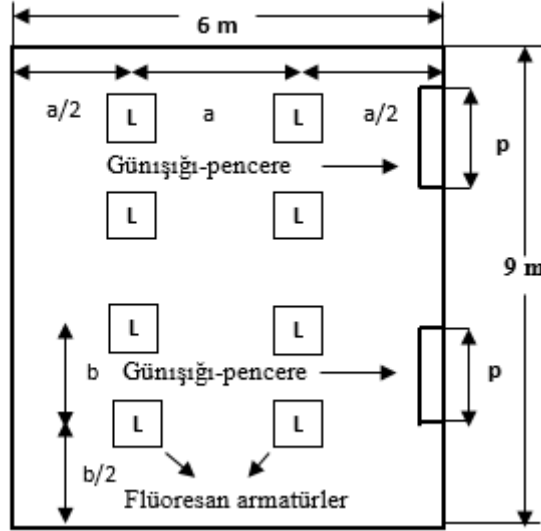
Şekil 1. (a) 4x18 W armatür ve (b) 4x18 W flüoresan lambaların bağlantısı

Her bir 4x18 Watt'lık flüoresan armatürün tükettiği güç balast kayıplarıyla beraber Eşitlik 1'de verilmektedir. Bir 4x18 W flüoresan lamba armatürün çektiği güç ( $P_F$ ) = 4 x Flüoresan lamba gücü + 2 x Balast güç kaybı;

$$P_F = 4 \times 18 + 2 \times 10 = 72 + 20 = 92 \text{ W} \quad (1)$$

Sınıfın aydınlatılması için kullanılan 8 adet 4x18 W armatürlerin çektiği toplam güç Eşitlik 2'de flüoresan armatürlerin tavan yerleşimi Şekil 2'de görülmektedir.

$$\sum P_{FL} = P_{FL} \times \text{Armatür Sayısı} = 92 \times 8 = 736 \text{ W} \quad (2)$$



Şekil 2. Flüoresan lambaların tavan yerleşimi

Armatürler arası yatay mesafe a, armatür duvar arası yatay mesafe a/2 alınmakta olup,  $2a=6$  m,  $a=3$  m, Armatürler arası dikey mesafe b, armatür duvar arası dikey mesafe b/2 olup  $4b=9$  m,  $b=2.25$  m değerlerindedir.

### 3. Normal ve Bölgesel Kontrollü Akıllı LED Aydınlatma Sistemleri

LED aydınlatma sisteminde 36 W gücünde, 88 lm/W ışık etkinliğine sahip ve maksimum 3200 lümen veren 8 adet LED panel kullanılmıştır. LED panellerin sürücüleri iptal edilmiştir, kontrol işlemi tasarımı yapılan Mosfet devresi tarafından sağlanmış ve 220/36 V D.A (doğru akım) çıkış veren güç kaynağı kullanılmıştır.

LED aygıtların ışık seviyesinin PWM sinyaliyle ayarlanması için sürücü olarak Mosfetlerin görev yapmasıdır. Sistemdeki bir LED panelin çekeceği maksimum akım değeri Eşitlik 3'de verilmiştir.

$$I_{LED} = \frac{P_{LED}}{U_{LED}} = \frac{36}{36} = 1 \text{ A} \quad (3)$$

Dikdörtgen şeklinde olan 6 m genişliğe, 9 m uzunluğa, 3 m yüksekliğe sahip olan sınıfın çalışma yüzeyi yüksekliği ( $h_{çy}$ ) 0.85 m, kordon uzunluğu (c) 0,3 m alınırsa, çalışma yüzeyi ile armatür arası mesafe  $h_2$  Eşitlik 4 ile hesaplanır. Bu değere bağlı oda indeks (k) değeri ise Eşitlik 5 ile hesaplanır.

k değerine karşılık gelen aydınlatma verimi ( $\eta_{av}$ ); mekanın %70 tavan, %50 ve %30 yansıtma katsayılarına göre Çizelge 1'den 0.62 olarak belirlenir [14].

$$h_2 = h - (h_{çy} + c) = 3 - 1.15 = 1.85 \text{ m} \quad (4)$$

$$k = \frac{a \times b}{h_2 \times (a+b)} = \frac{9 \times 6}{1.85 \times (9+6)} = 1.94 \quad (5)$$

**Tablo 1.** Kullanım faktörü ve aydınlatma verimi

Tavan (%)	80			70		
Duvar (%)	70	50	30	70	50	
Zemin (%)	20	20	20	20	20	
	0.60	0.43	0.36	0.33	0.42	0.36
	0.80	0.49	0.43	0.39	0.48	0.42
	1.00	0.53	0.48	0.44	0.52	0.47
<b>Oda</b>	1.25	0.57	0.52	0.49	0.56	0.51
<b>indeksi</b>	1.50	0.59	0.55	0.52	0.58	0.54
	2.00	0.62	0.59	0.56	0.61	0.58
	2.50	0.64	0.60	0.58	0.62	0.59
	3.00	0.65	0.62	0.60	0.63	0.61
	4.00	0.66	0.64	0.62	0.65	0.63
	5.00	0.67	0.65	0.64	0.66	0.64

EN 12464-1:2011 Standardı Çizelge 2'de görülen en az aydınlık düzeyleri değerlerine göre sınıf aydınlık şiddeti 300 lüx seçilmiştir [13].

Tablo 2. En az aydınlık düzeyleri

Eğitim/Öğretim Amaçlı Binalar	
Alan – Görev – Aktivite Türleri	Aydınlık düzeyi Lüx (E)
Sınıf ve uygulama odaları	300
Akşam dersleri için sınıflar	500
Oditoryum ve amfiler	500
Sanat okullarında sanat ışıkları	750
Teknik çizim odaları	750

Sınıf için seçilen aydınlık düzeyine göre gerekli toplam ışık akısı ( $\Phi_T$ ) Eşitlik 6'ya, seçilen LED panel sayısı ise Eşitlik 7'ye göre hesaplanırsa;

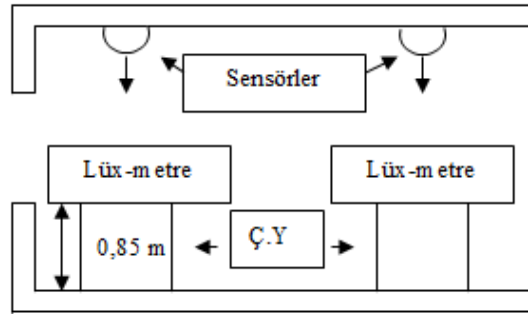
$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta_{AV}} = \frac{300 \times 9 \times 6}{0.62} \cong 26129 \text{ Lümen} \quad (6)$$

$$n = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{26129}{3200} \cong 8 \quad (7)$$

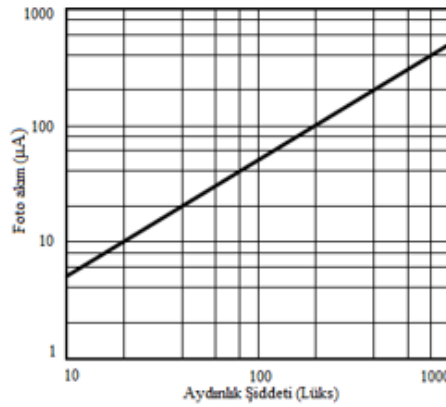
değerleri elde edilir. LED paneller, pencere tarafı ve duvar tarafı olmak üzere 2 adet ışık sensöründen alınan ve ışığa bağlı olarak değişen analog gerilim bilgisinden elde edilen PWM sinyalleriyle kontrol edilmektedir. LED panellerin ve sensörlerin tavan yerleşimi Şekil 3'te



Işık sensörü olarak kullanılan TEMT6000 foto-transistörü 1000 lüks aydınlık seviyelerine kadar Şekil 6'da görüldüğü gibi yüksek hassasiyette doğrusal akım cevabı veren bir analog ışık/akım dönüştürücüsüdür. Sensör, Şekil 4'te görülen 10 K potansiyometre ile 0-5 V arasında üretilen analog gerilim bilgisini kontrol kartı analog giriş pinine verir.

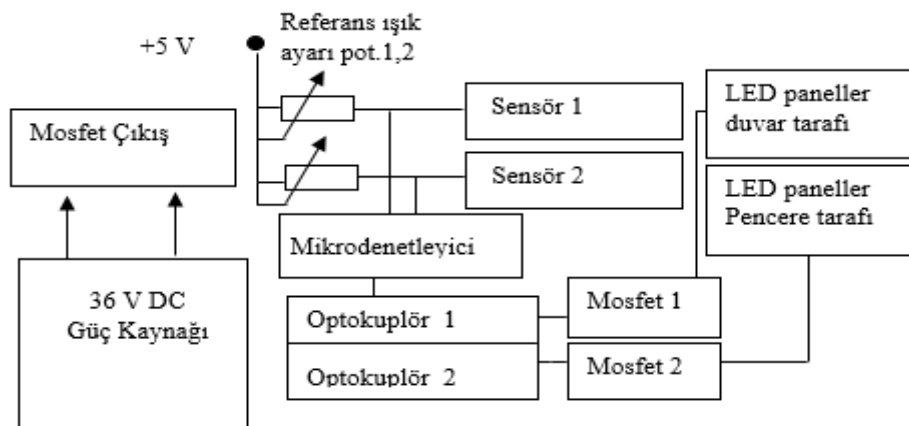


Şekil 5. Lüks-metre ve sensörlerin sınıf ortamında yerleşimi



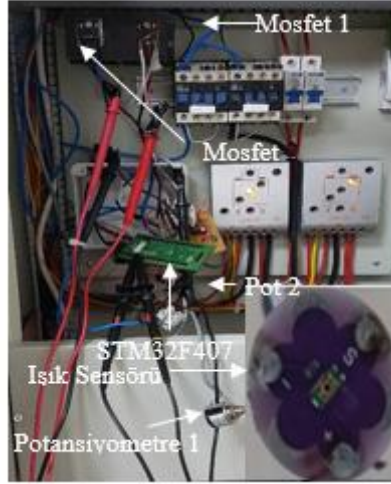
Şekil 6. TEMT6000 Aydınlık şiddeti-Foto akım değişimi [12]

Bölgesel kontrollü akıllı LED aydınlatma sisteminin blok şeması Şekil 7'de, uygulama devresi ve akıllı aydınlatma sisteminde kullanılan TEMT6000 ışık sensörünün resmi Şekil 8'de görülmektedir. Potansiyometre 1 duvar sütunu sırasındaki dört adet LED panelin referans aydınlatma seviyesini, Potansiyometre 2 ise pencere sütun sırasındaki dört adet LED panelin referans aydınlık seviyesini ayarlamak için kullanılmıştır.



Şekil 7. Dağıtılmış sensör kontrollü LED aydınlatma sistemi blok şeması

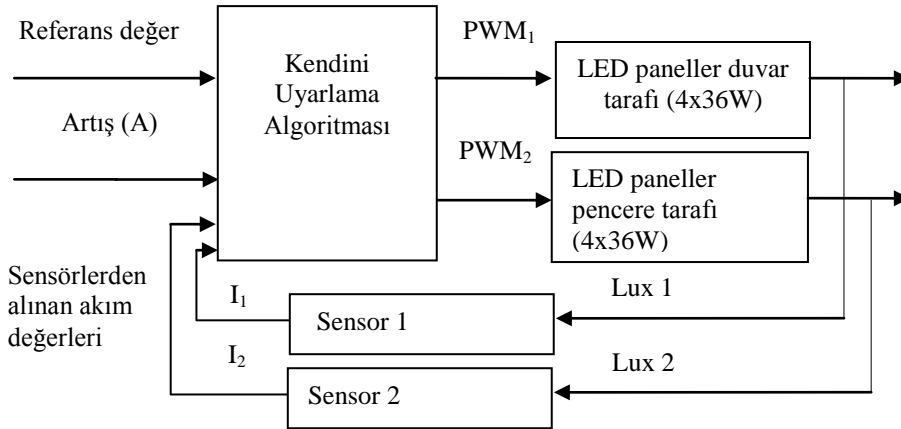
Referans aydınlık seviyeleri gece saatlerinde ortam karanlık iken 300 lüks değerine potansiyometre 1 ve potansiyometre 2 tarafından ayarlanarak, potansiyometreler ayarlandığı konumda bırakılmıştır. Sensörlerden alınan analog akım değerine göre algoritma tarafından üretilen PWM sinyalleri MOSFET1 ve MOSFET2 üzerinden LED panellerin ışık seviyesini ayarlamaktadır. Optokuplörler düşük güçlü kontrol devresinden daha yüksek güçlü Mosfet devresini elektriksel olarak izole etmek için kullanılmıştır.



Şekil 8. Bölgesel kontrollü akıllı LED uygulama devresi

#### 4. Kontrol Algoritması

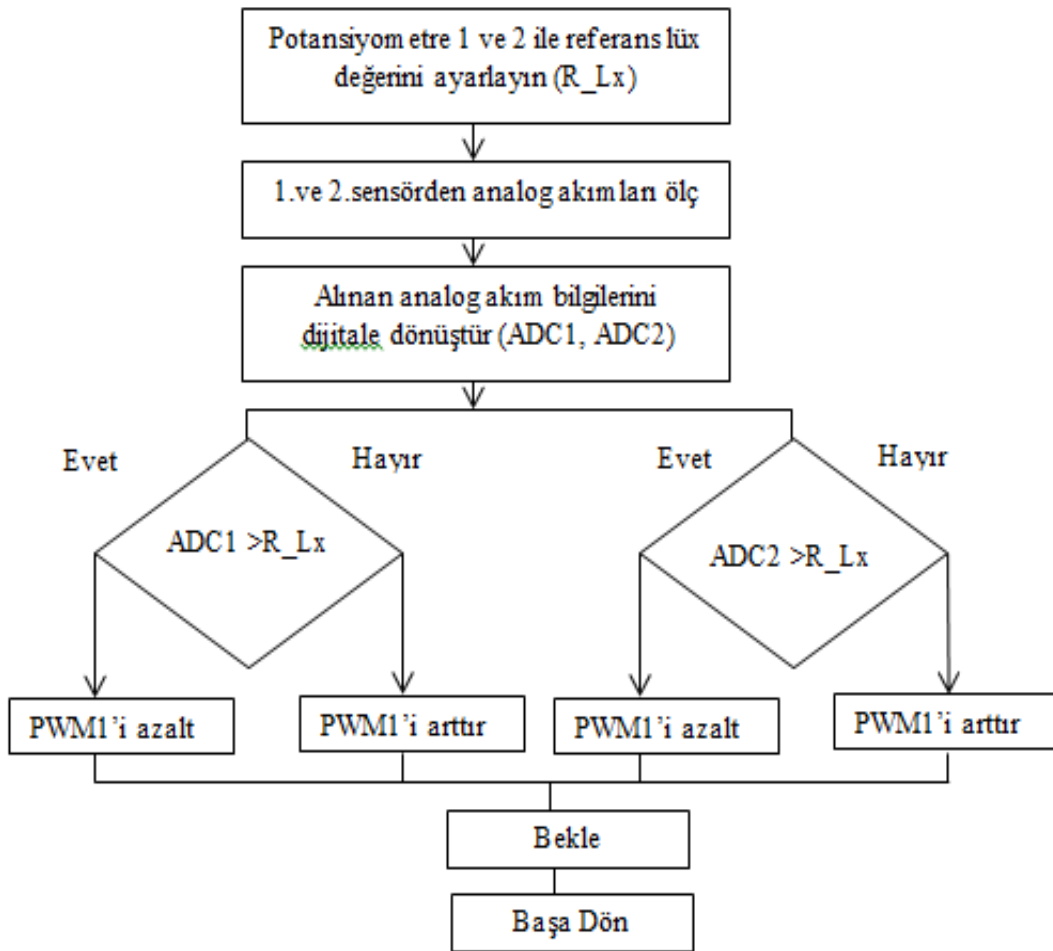
18 W tüp flüoresan lambaların yeterli seviyede karartılamaması sebebiyle duvar ve pencere bölgelerinden alınan ışık bilgisine göre PWM sinyalleri üreten sistem LED panellerin aydınlık seviyesinin kontrol edilmesi için geliştirilmiştir. Önerilen kontrol algoritmasının blok şeması Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Dağıtılmış sensör kontrollü LED aydınlatma sistemi algoritması

Yazılan algoritma kapalı döngü [15] yöntemiyle çalışmaktadır. Bölgelerde bulunan sensörlerden alınan ışığa bağlı olarak alınan analog akım değerlerine göre elde edilen gerilim, LED lambaların

PWM seviyeleri belirlenmektedir. Referans değer, mekan için hedef alınan aydınlık seviyesini belirtmekte olup kullanıcı tarafından potansiyometreler ile belirlenir. Artış (A) değeri istenilen PWM değerine gelinebilmesi için PWM artış veya azalış katsayısıdır, bu değer küçük seçilirse hassasiyet artar lakin istenilen ışık seviyesine ulaşma zamanı artar, yüksek seçilirse hassasiyet azalır. Duvar tarafı LED ışık seviyeleri pwm\_1++ komutu ile arttırılmakta pwm\_1—komutu ile kısılmaktadır, pencere tarafındaki LED ışık seviyeleri ise benzer şekilde pwm\_2++ komutu ile arttırılmakta pwm\_2—komutu ile kısılmaktadır. Duvar ve pencere bölgelerindeki sensörlerden elde edilen analog değerler birbirinden ayrı olarak referans değere denk gelen değerle karşılaştırılarak  $if(adc\_hesaplanan < (isik\_set))$  ile ortamın aydınlık seviyesi referans değere getirilir. Işık set değeri, referans lüks değerini ( $R\_Lx$ ) değerini ifade etmekte olup dağıtılmış sensörlü aydınlatma sistemi akış şeması Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Dağıtılmış sensörlü sistem akış şeması

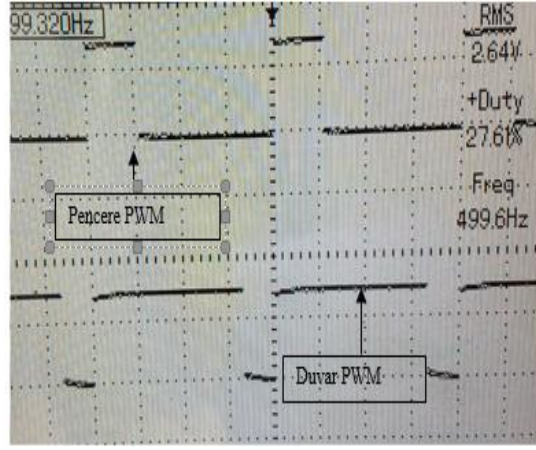
Şekil 11'de pencerelerden gelen gün ışığının azaldığı zamanda pencere kenarındaki LED panellerin aydınlık seviyesinin duvar kenarındaki LED panellere göre daha az olduğu görülmektedir.





Şekil 11. Gün ışığının azaldığı zamanda LED panellerin ışık seviyesi

Şekil 11’de görülen duvar ve pencere kenarı aydınlık seviyelerine ait osiloskop PWM görüntüsü Şekil 12’de verilmektedir.



Şekil 12. Gün ışığının azaldığı zamanda PWM seviyeleri

Örnek görüntülerden olan Şekil 11 incelendiğinde pencere kenarındaki LED’leri kontrol eden PWM sinyalinin duvar kenarındaki LED’leri kontrol eden PWM sinyaline göre daha düşük olduğu görülmektedir. Dışarıdan gelen güneş ışınımı pencere kenarına yerleştirilen 0-1999 W/m<sup>2</sup> ölçme aralığına sahip solar güç metre ile kapalı ortam aydınlık seviyesi ise 0-400000 lüks ölçme aralığına sahip lüksmetre ile ölçülmüştür.

##### 5. Bölgesel Kontrollü LED Aydınlatma Sisteminin Flüoresan Aydınlatma ve Normal Kontrolsüz LED Aydınlatma Sistemleriyle Kıyaslaması

Yaz mevsimi başında güneydoğu bölgesi gün ışığının azaldığı saatlerde LED aydınlatma sistemi yavaş yavaş devreye girmektedir. Dağıtılmış sensörlü bölgesel kontrollü akıllı LED aydınlatma sistemi ve Flüoresan aydınlatma sisteminden belli aralıklarla alınan güç değerleri ve güneş ışınım değerleri Çizelge 3’de verilmektedir. Gün ışığı alan, güney cephe sınıfın saat 21:00’a kadar kullanıldığı düşünüldüğünde bahar sonu mevsimde saat 18:00 civarlarında aydınlatmaya ihtiyaç başlamaktadır. İç mekan aydınlatılmasında ülkemizde yaygın kullanılan klasik 18 W tüp Flüoresan lambaların ışık şiddetlerinin tam ayarlanamaması sebebiyle sabit güç çekmektedirler.

**Tablo 3.** Flüoresan ve akıllı LED sistemlerinin çektiği güçler

Saat	Pencereye Gelen güneş ışınımı (W/m <sup>2</sup> )	Dağıtılmış sensör kontrollü LED aydınlatma sistemi (W)	Flüoresan lamba sistemi (W)	Güç Farkı (W)
18:00	8	16.2	736	719.8
18:15	7.1	21.6	736	714.4
18:30	6.2	34.56	736	701.44
18:45	4.6	44.64	736	691.36
19:00	2.9	61.92	736	674.08
19:15	2.1	84.96	736	651.04
19:30	1.3	104.4	736	631.6
20:00	0.1	146.16	736	589.84
20:30	0	146.16	736	589.84
21:00	0	146.16	736	589.84
Ortalama		P <sub>D_ORT</sub> = 80.676	P <sub>F_ORT</sub> = 736	

Tablo 3'e göre her iki aydınlatma sistemi verim hesaplaması Eşitlik 8'de görülmektedir;

$$\eta = \frac{P_{F\_ORT} - P_{D\_ORT}}{P_{F\_ORT}} = \frac{736 - 80.676}{736} \times 100 = \%89 \quad (8)$$

Dağıtılmış sensörlü bölgesel kontrollü akıllı LED aydınlatma sistemi ve Normal kontrolsüz LED aydınlatma sisteminden belli aralıklarla alınan güç değerleri Çizelge 4'de verilmektedir.

**Taablo 4.** Normal LED ve dağıtılmış sensörlü akıllı LED sistemlerinin çektiği güçler

Saat	Dağıtılmış sensör kontrollü LED aydınlatma sistemi (W)	Kontrolsüz LED lamba sistemi (W)	Güç Farkı (W)
18:00	16.2	288	271.80
18:15	21.6	288	266.40
18:30	34.56	288	253.40
18:45	44.64	288	243.36
19:00	61.92	288	226.08
19:15	84.96	288	203.04
19:30	104.4	288	183.60
20:00	146.16	288	141.84
20:30	146.16	288	141.84
21:00	146.16	288	141.84
Ortalama	P <sub>D_ORT</sub> = 80.676	P <sub>F_ORT</sub> = 288	

Çizelge 4'e göre her iki aydınlatma sistemi verim hesaplaması Eşitlik 9'da görülmektedir.

$$\eta = \frac{P_{L\_ORT} - P_{D\_ORT}}{P_{L\_ORT}} = \frac{288 - 80.676}{288} \times 100 \cong \%72 \quad (9)$$

Gün ışığı alan bir sınıfta dağıtılmış ışık sensörlü bölgesel kontrollü akıllı LED aydınlatması sisteminin; flüoresan lamba sistemine göre %89, normal kontrolsüz LED aydınlatma sistemine göre %72 daha yüksek verimliliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır. Gün ışığı alan mekânlarda bahar

ve yaz mevsimlerinde yapay aydınlatma sistemlerine ihtiyaç azalırken diğer mevsimlerde artış göstermektedir.

## 6. Sonuçlar ve Tartışma

Gün ışığı alan kapalı mekanların lambalarla sağlanan yapay aydınlatma gereksinimi diğer gün ışığı almayan mekânlara göre daha az olmaktadır. Dolayısıyla gün ışığından mümkün mertebe yararlanabilmek aydınlatma için sarf edilen elektrik enerjisini düşürmektedir. Bunun yanı sıra gün ışığı alan mekanlarda havanın bulutlu olması ve gün ışığının azaldığı saatlerde alan içindeki ışık dağılımı eş düzeyde bulunmamaktadır. Dolayısıyla aydınlatılacak alanda daha çok ışık alan pencere yakını bölge ile daha az ışık alan duvar yakını bölgeler ayrı ayrı değerlendirildiğinde enerji sarfiyatı daha düşmektedir. Yapılan çalışmada gün ışığı alan bir sınıfın istenilen aydınlık düzeyini temin eden tasarlanan bölgesel kontrollü akıllı LED aydınlatma sisteminin, Ülkemizde yaygın kullanılan klasik tüp flüoresan lamba ve kontrolsüz normal LED aydınlatma sistemleriyle verimlilik kıyaslaması yapılmıştır. Yaz mevsim başında ölçülen değerlere göre enerji verimliliği hesaplaması yapıldığında önerilen dağıtılmış ışık sensörlü akıllı LED aydınlatması sisteminin; klasik tüp flüoresan lamba sistemine göre %89, normal LED aydınlatma sistemine göre %72 daha verimli olduğu görülmektedir. Verim yüzdeleri kapalı alanın coğrafî konumu, kullanım zaman aralığı ve gün ışığı alma oranına göre değişmektedir. Hesaplanan değerler diğer mevsimlerde yapay aydınlatmaya gereksinim daha fazla olacağından düşeceğini belirtmekle beraber kapalı alan aydınlatılmasında gün ışığının etkin kullanımının yanı sıra karartılabilir LED teknolojisinin bölgesel kontrol edilmesi görsel konfordan taviz vermeden enerji verimliliği açısından yüksek oranda avantaj teşkil etmektedir. Aydınlatma için harcanan elektrik enerjinin azımsanmayacak düzeyde olması düşünöldüğünde önerilen tasarımın, elektrik enerjisinin daha verimli kullanımı konusuna katkı sağlamaktadır.

## Kaynaklar

- [1] Bukarica, V., Tomsic, Z., Design and Evaluation of Policy Instruments for Energy Efficiency Market, IEEE Transactions On Sustainable Energy, 2017, 8(1), 354-362.
- [2] Akça, H., Othan, O., Selamoğulları, U.S., Bir Tekstil Fabrikasında Elektriksel Açıldan Enerji Verimliliđinin Analizi, IV. Enerji Verimliliği Konferansı, 2013, 102-106.
- [3] Tran, D., Kheng, Y., Sensorless Illumination Control of a Networked LED-Lighting System Using Feed forward Neural Network, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2014, 61(4), 2113-2121
- [4] Kılıç, O., Acarkan B., Ay, S., Gündüz, N., Floresan Lambaların Güç Hesapları ve Ölçümü, V. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 2013, 274-278
- [5] Akkaya, Z.S., Led Aydınlatma Armatür Seçiminde Dikkat Edilmesi Gerekenler, 2015, VIII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu.
- [6] Dikel, E.E., Newsham, G.R., Xue, H., Valdes,J.J., 2017. Potential Energy Savings From High-Resolution Sensor Controls for LED Lighting, Energy and Building, 158(2017), 43-53.
- [7] Erkin, E., Yurtseven, M.B, Güler, Ö., Onaygil, S., 2013. Led Panel Armatürlerin Ofis Aydınlatmasında Retrofit Amaçlı Kullanımının İncelenmesi, VII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 15-21
- [8] Kaya, E., Aydınlatma Kontrolünün Enerji Verimliliđine Katkısı, VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 2011, 1-6.

- [9] Kunduracı, A.C., Kazanasmaz, T., Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Kullanıcı Memnuniyeti Üzerindeki Etkisine Eleştirel Bir Bakış, CBU Fen.Bil.Dergisi,2016, 12(3), 553-560.
- [10] Perdahçı, C., Metal İşleme Tesis Aydınlatmasında Led Lamba ve Floresan Lamba Karşılaştırılması, Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi, 2018, 30(3), 105-113
- [11] Aydoğan, H., Özsoy, M.F., Sayısal Aydınlatma Analizi için Bir Yazılım Geliştirilmesi, Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 2017, 2(28), 316-321
- [12] Pelsan aydınlatma firması, <http://www.pelsan.com.tr/tr-TR/aydinlatma-hesaplari/26124>, 2017.
- [13] EN 12464-1., Light and lighting-Lighting of work places Part 1: Indoor workplaces, 2011, European Committee for Standardization
- [14] V. semiconductors., Vishay temt6000 Technical Datasheet, Tech. rep., 2011
- [15] Kılıç, E., Doğmuş, O., Gani, A., Şit, S., Özçalık, H.R., Simulation and Experimental Study of Vector Controlled Induction Motor Drive Based on RBFNN-MRAC Controller, Majlesi Journal of Mechatronic Systems, 2017, 6(3), 15-20