

# İNSAN ODAKLI AYDINLATMA

Selçuk AYDOĞDU

SIGNIFY Aydınlatma Tic.A.Ş.  
İstanbul-Türkiye  
E-mail: [selcuk.aydogdu@signify.com](mailto:selcuk.aydogdu@signify.com)

## ÖZET

*Işık görmemizi ve çevremizdekileri deneyimlememizi sağlar. İnsan odaklı aydınlatma konfor, görüş, sağlık ve performansı artırmak amacıyla yapılan aydınlatmadır. Bu, ışığın insan fizyolojisini görsel ve biyolojik yönlerden etkilediğini ve aydınlatma tasarımında dikkate alınması gerektiği anlamına gelir.*

*Işığın etkilerini fonksiyonel, biyolojik ve duygusal olmak üzere üçe ayırabiliriz ve fonksiyonel etkisi sonucu olarak daha iyi görmeyi, duygusal etkisi sonucu daha iyi hissetmeyi ve biyolojik etkisi sonucunda daha sağlıklı hissetmemizi sağlayabilir.*

*Sirkadiyan ritmi 24 saatlik döngü içerisinde uyku, uyanıklık, hormon üretimi, vücut sıcaklığı ve organ fonksiyonu kontrol eden biyolojik saat olarak tanımlayabiliriz.*

*Sirkadiyan ritmimizi etkileyen birçok parameter vardır. Gün ışığı, sıcaklık, kokular (hayvalarda daha etkilidir), aldığımız gıdalar ve kültürel etkiler. Kültürel etkiler, iş ve okul zamanlarını, televizyon ve radio programlarını, aile ve arkadaşlarla yapılan aktiviteleri kapsar. Gün ışığından mahrum kaldığımız ortamlarda kullandığımız yapay aydınlatma sirkadiyan ritmimiz üzerinde oldukça etkilidir.*

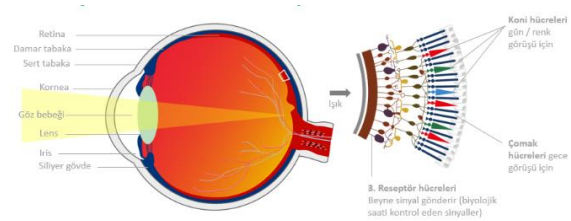
*Yapay ışığın, uyanma hormonu olarak adlandırabileceğimiz kortizol ve uyku hormonu olarak tanımlayabileceğimiz melatonin hormonu üzerinde direk etkisi vardır. 2002 yılında Samer Hattar, David Berson ve çalışma arkadaşları tarafından keşfedilen, ışığa duyarlı ganglion hücrelerinin temel görevi Melatonin hormonunu bastırmaktır ve Gangliyon hücreleri ışığın elektromanyetik spektral dağılımı tarafından direk etkilenir.*

*Bu bildiri, yapay aydınlatma kullandığımız alanlarda ışığın insan üzerindeki etkisini, daha kaliteli çalışma ve dinlenme ortamları yaratabilmek için kullanılacak yapay ışık kaynaklarının karakteristiğini analiz etmektedir.*

**Anahtar Kelimeler-** Sirkadiyan Ritim, Biyolojik Ritim, Gangliyon, Kortizol , Melatonin , LED Işık Kaynağı

## 1.GİRİŞ

Işığın temel görevi etramızdaki dünyayı algılamamızı sağlamasıdır. Bunu mümkün kılan şey son derece hassas olan duyu organımız gözümüzdür. Dış dünyadan elde ettiğimiz bilgilerin %80'inden fazlası gözümüzden geçer. Dolayısıyla insan odaklı aydınlatmayı daha doğru değerlendirebilmek için gözün yapısını, görme olayını ve ışığın etkisini derinlemesine araştırmak gerekir.



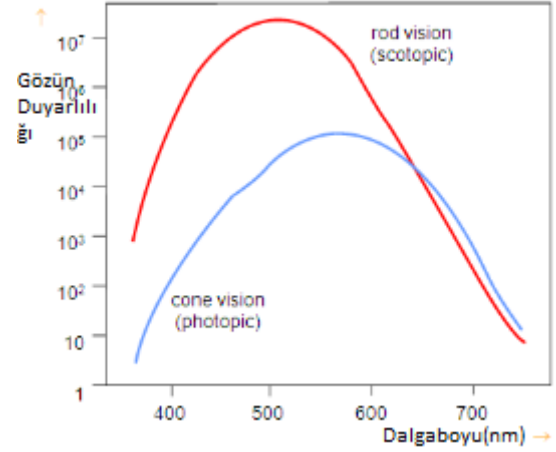
Şekil-1. Gözün Yapısı ve Fotoreseptör Hücreler

İnsan gözü yaklaşık 25 mm çapında bir küredir ve her yöne dönmesini sağlayan 6 adet kasa sahiptir [1]. Gözümüzün çalışma şekli, bir lensin görüntüyü ters çevirerek ışığa duyarlı film üzerine düşürdüğü kameraların fonksiyonlarına

çok benzer. Gözün içerisinde bu film yerine retina vardır ve ışığa duyarlı sinir hücreleriyle sonlanır. Burada ışık fotokimyasal bir proses ile elektrik akımına dönüştürülür ve sinir hücreleri aracılığıyla beyne iletilir. Beyin de gelen bilgiyi görsel data olarak yorumlar. Gözdeki lensin önündeki iris, kameranın diyaframındaki gibi, göze giren ışık miktarını kontrol etmek için açık veya kapalı olabilir. İrisin önünde yer alan gözbebeği ise göze fazla ışık geldiğinde küçülür, karanlıkta ise daha fazla ışık toplayabilmek için büyür.

Retina beyne giden sinir sisteminin başlangıcıdır ve 100 milyondan fazla sinire sahiptir [1]. Bu sinirler iki çeşittir ve şekillerinden dolayı koni ve çomak hücreleri olarak adlandırılır. Koni ve çomak hücreleri ise gangliyon hücreleri ve sinir lifleri ile aracılığıyla beyne bağlanır [4].

Çomak hücreleri ışığa oldukça duyarlıdır ve temel olarak cisimlerin şeklini ve hareketini algılamamızda görev yapan hücrelerdir.  $0.01 \text{ cd/m}^2$ 'nin altında, ay ışığından daha az, sadece çomak hücreleri duyarlıdır ve koni hücreleri çalışmaz. Bu şekilde sadece çomak hücreleri ile elde edilen görüntüye skotopik görme denir. Çomak hücreleri ile renkleri ayırt edemezsek de bu hücrelerin duyarlılığı farklı renklerin sahip olduğu farklı dalga boylarına göre değişmektedir. En duyarlı olunan dalga boyu  $507\text{nm}$  (Mavi-Yeşil)'dir ve duyarlık kırmızı renge doğru sert bir şekilde düşer (Şekil. 2) [1].

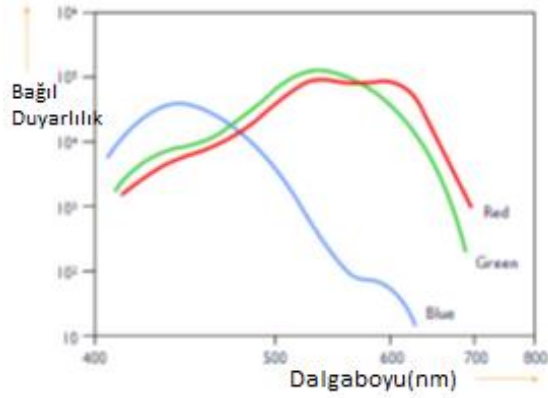


Şekil-2 Çomak(Kırmızı) ve Koni(Mavi) Hücrelerinin Spektral Duyarlılık Eğrileri

Koni hücreleri aydınlık seviyesinin  $3 \text{ cd/m}^2$  'den fazla olduğu yerlerde çalışır ve koni hücreleri ile elde edilen görmeye fotopik görme denir. Çomak hücrelerinden farklı olarak herbir koni hücresi tek bir sinir lifi ile beyne bağlanır ve görüntü çözünürlüğü yüksektir. Koni hücreleri için duyarlılık çomak hücrelerinden daha düşüktür.

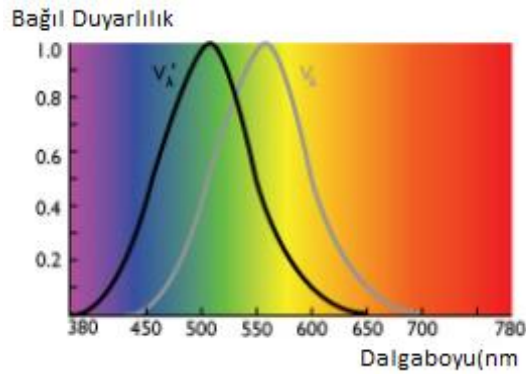
Kısaca, düşük aydınlık seviyesinin olduğu yerlerde yüksek duyarlılığa sahip çomak hücreleri görev yaparken yüksek aydınlık seviyesinin olduğu yerlerde düşük duyarlılığa sahip koni hücreleri aktiftir. Koni hücrelerinin spektral duyarlılığına baktığımız zaman, çomak hücrelerinden farklı olarak,  $555\text{nm}$ 'de (Yeşil-Sarı) en duyarlı olduğunu görürüz (Şekil.2).

Koni hücreleri renkleri ayırt etmemizi sağlar. Bu, spektrumun Kırmızı, Yeşil ve Mavi bölgelerine duyarlı pigmentlere sahip üç tip koni hücreleri olması sayesinde gerçekleşir (Şekil.3) [1]. Kişide bu pigmentlerden birinin olmaması sonucu kısmi renk körlüğü, ikisinin olmaması sebebiyle renk körlüğü görülür.



**Şekil-3.** Koni Hücrelerinde Yer alan Kırmızı, Yeşil ve Mavi renk reseptörlerinin Spektral Duyarlılık Eğrileri

Koni ve Çomak hücrelerinin duyarlılık eğrilerini normalize ettiğimizde Fig.4 'deki grafiği elde ederiz ve spektral duyarlılıklar arasındaki farkı görebiliriz.

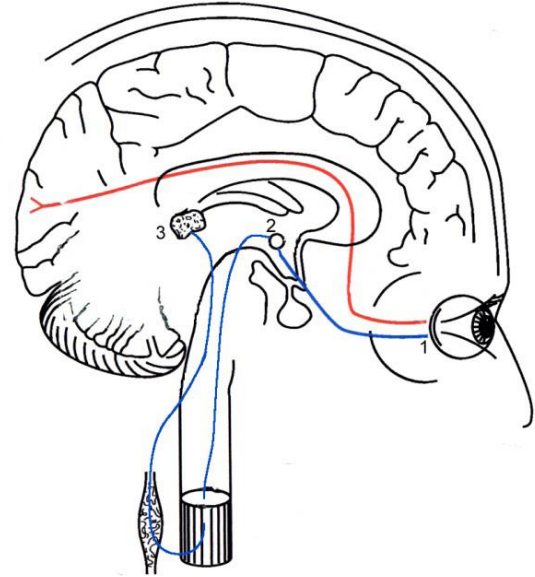


**Şekil-4.** CIE tarafından fotopik  $V(\lambda)$  ve skotopik  $V'(\lambda)$  görme için tanımlanan normalize edilmiş spektral duyarlılık eğrileri

Aydınlık seviyesinin  $0.01 \text{ cd/m}^2$  -  $3 \text{ cd/m}^2$  arasında olduğu alanlarda çomak ve koni hücreleri birlikte görev yapar. Buna mezopik görme denir. Yüksek aydınlık seviyesinden düşük aydınlık seviyesine geçişteki adaptasyon sırasında koni hücreleri önemini yitirir ve spektral duyarlılık  $V(\lambda)$  'den  $V'(\lambda)$ 'ye kayar [2].

Yaklaşık 150 yıl boyunca gözde iki tip fotoreseptör, çomak ve koni, olduğu düşünüldü. 2000'lerin başında bilim

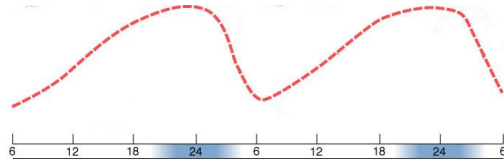
adamları ışığa duyarlı bir başka fotoreseptör hücre olan gangliyon hücrelerini keşfettiler [3]. Gangliyon hücreleri sinir sistemi vasıtası ile beyinde bulunan biyolojik saate bağlanır. Bu bölge aynı zamanda bazı hormonların düzenlenmesinden de sorumludur. Bu sebeple ışık ile biyolojik saat ve hormonlar arasında direkt bağlantı vardır. Dolayısıyla ışık görme işlevimizin yanında vücudumuzda biyolojik etkilere de sahiptir ve insan sağlığı için oldukça önemlidir.



**Şekil-5** Retinadan beyne giden görsel(kırmızı) ve görsel olmayan(mavi) yollar 1: Koniler ile Retina, Çomaklar ve ipRGC 2: biyolojik saat (SCN) ve 3: epifiz bezi.

## 2. SİRKADİYAN RİTİM

Dünyanın kendi eksenini etrafında 24 saatte tam tur atması sonucu ışık ve karanlığın döngüsü de 24 saatte tamamlanmış olur. Bu döngü vücutta bazı prosesleri düzenler. Bu proseslere örnek olarak, uyku-uyanma, vücut sıcaklığının ritmi, kalp atışı ve bazı hormonların üretilmesini gösterebiliriz. 24 saatlik bu döngüye Sirkadiyan Ritim denir.

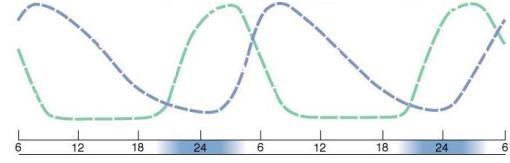


**Şekil-6.** Vücut sıcaklığının tipik günlük ritimleri 2 günlük çizimi (bağıl ölçek).

Fig. 6 vücut sıcaklığımızın sirkadiyan ritmini göstermektedir. Sağlıklı olduğumuz durumda, doğal aydınlık-karanlık döngüsünde vücut sıcaklığımız 0.4 santigrad fark gösterir.

Aydınlık-karanlık döngüsü, gece ve gündüz boyunca kortizol ve melatonin hormonlarının salgılanmasını kontrol eder (Şekil. 7) Vücuda enerji sağlayan kortizol hormonu, uyku hormonu olarak adlandırabileceğimiz melatonin hormonu uyku-uyanıklık derecesini düzenlemede önemli rol oynamaktadır. Kortizol, diğer parametreleri sabit tutarak, kan şekerini artırır ve vücuda enerji verir. Kortizol seviyesi sabah saatlerinde artar ve daha sonra kademeli olarak azalır. Fakat, yine de günün geri kalanında belli bir seviyede kalır ve vücuda yeteri kadar kan şekeri verir. En düşük seviyeye ise gece saatinde düşer. Uyku hormonu olarak tanımlanan melatonin hormonu sabah saatlerinde düşer ve uykuyu engeller. Sağlıklı insanlarda hava karardığı zaman ise uykuyu kolaylaştırmak için melatonin hormonu seviyesi tekrar artar. Kortizol hormonun asgari seviyeye inmesi de uykuya dalma süresini azaltır. Tüm bu düzenleme prosesinin dışında, aydınlık ve karanlığın 24 saatlik döngüsü biyolojik saatimizin 24 saatlik döngüde kalmasını sağlar. Vücudumuzun doğal saatini dünyanın 24 saatlik aydınlık-karanlık döngüsüne senkronize eden şey sabah güneşidir. Bu senkronizasyon işlemi olmasaydı, vücudumuz kademeli olarak yanlış uyuma-uyanma döngüsüne

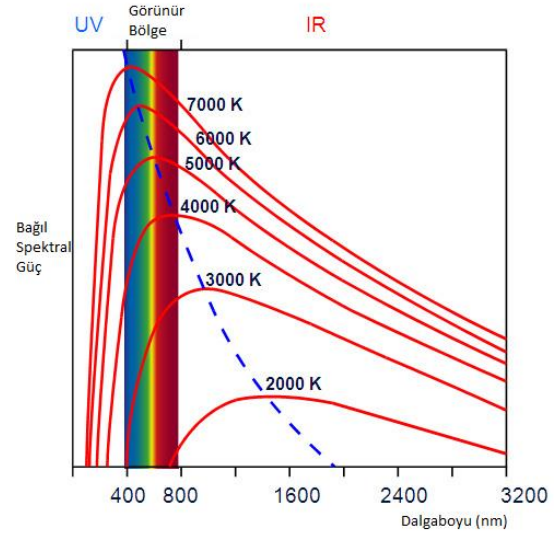
adapte olurdu ve gece saatlerinde uyanık olmamıza, gündüz saatlerinde ise uyumamıza sebep olurdu.



**Şekil-7.** Kortizol(mavi) ve melatonin(yeşil) hormonlarının 2 günlük zaman diliminde değişimi (bağıl ölçek).

### 3. IŞIK KAYNAKLARI

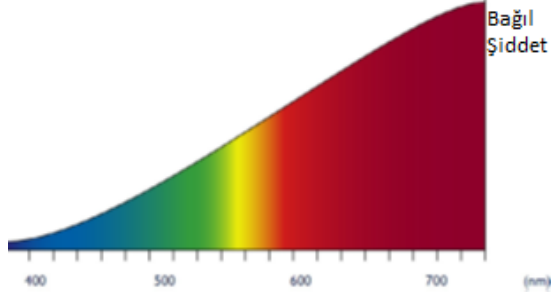
Işık kaynaklarının Sirkadiyan ritim üzerindeki etkileri incelendiğinde Renk Sıcaklığı (CCT), Işık Akısı (Lumen), Aydınlatma şiddeti (Lux) gibi ışığın karakteristiğinin oldukça önemli olduğu görünür. Özellikle Renk Sıcaklığının en önemli parametre olduğunu söyleyebiliriz. 475nm'nin melatonin hormonun bastırılmasında en etkili dalga boyu olduğunu düşünürsek Soğuk Renk sıcaklığına sahip ışık kaynaklarının bu konuda daha etkin olduğunu görebiliriz. Şekil 8 kara cisim ışımasının farklı renk sıcaklıkları için karşılık geldiği enerji dağılım grafiğini



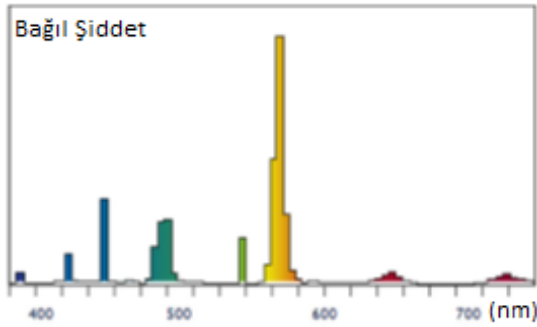
göstermektedir.

**Şekil-8.** Farklı Renk Sıcaklıklarının Kara Cisim Işımaları için Enerji Dağılım Eğrileri

Şekil.9’da gösterilen enkandesen lamba ışık kaynağının 475nm dalgaboyunda oldukça az yayılım yaptığını görüyoruz.

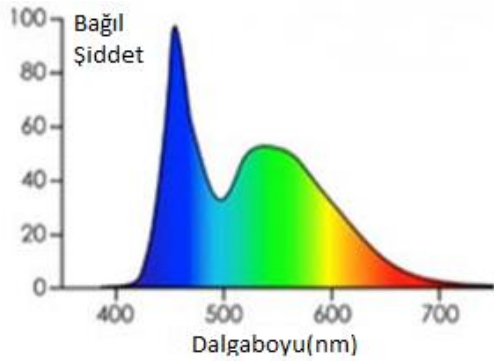


**Şekil-9.** Enkandesen Lamba Spektral Güç Dağılımı

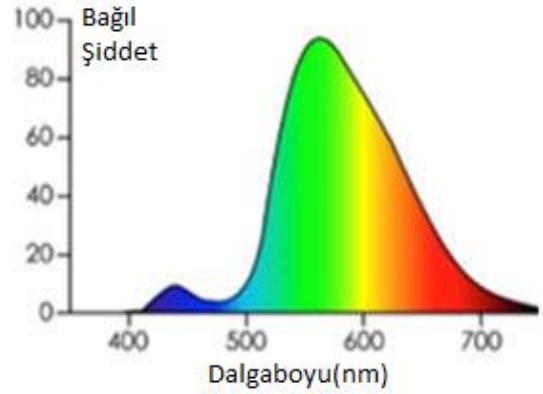


**Şekil-10.** Floresan Lamba Spektral Güç Dağılımı

Aynı şekilde herhangi bir çeşit floresan lambanın spektrumuna baktığımızda da görece 475 nm dalgaboyunun içerilmediğini görebiliriz.



**Şekil-11.** 6500K Led Spektral Güç Dağılımı



**Şekil-12.** 3000K Led Spektral Güç Dağılımı

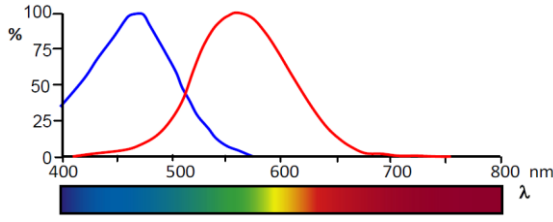
Şekil.11 ve Şekil.12’de Led ışık kaynaklarının farklı renk sıcaklıklarında yaptıkları farklı spektral yayımları görebiliriz. Soğuk beyaz olarak adlandırılan 6.500K renk sıcaklığına sahip Led ışık kaynağının mavi bölgede çok daha fazla yayılım yaparken, melatonin hormonunun bastırılmasında da en etkili ışık kaynağı olduğunu söyleyebiliriz.

#### 4. IŞIĞIN BİYOLOJİK ETKİSİ

Son dönemde keşfedilen fotoreseptör hücrelerinin (gangliyon hücreleri) duyarlılığı, koni ve çomak hücrelerinde olduğu gibi, ışığın dalga boyu ile değişir. Şekil.13 fotopik görme  $V(\lambda)$  için, görsel olmayan, biyolojik duyarlılık eğrisi ve görsel göz duyarlılığı eğrisini dalgaboyu fonksiyonu olarak göstermektedir. İki eğriyi kıyasladığımızda ışığın farklı dalgaboylarına biyolojik duyarlılığının, görsel duyarlılıktan oldukça farklı olduğunu görürüz. Görsel duyarlılığın en duyarlı olduğu bölge Sarı-Yeşil renk bandında iken biyolojik duyarlılık elektromanyetik spektrumun mavi bölgesindedir. Dolayısıyla yüksek renk sıcaklığına sahip ışık “biyolojik” olarak düşük renk sıcaklığına sahip ışık kaynaklarından daha verimlidir. Bu olgu sağlıklı aydınlatma sistemlerinin



tasarlanması ve tanımlanması açısından önemlidir.



**Şekil-13.** Spektral, görsel olmayan, biyolojik duyarlılık eğrisi (mavi) ve gözün duyarlılık eğrisi  $V(\lambda)$  (kırmızı).

## 5. AYDINLATMA VE TERAPİ

Önceki bölümlerde insan sağlığı için aydınlatmanın öneminden bahsedilmiştir. Ayrıca aydınlatma bazen biyolojik saatlerinde sorunlar yaşayan insanlar için terapi amaçlı da kullanılır. Örneğin, bazı uyku bozuklukları, özellikle yaşlılar, SAD (Mevsimsel Depresyon) hastaları, bazı yeme bozukluğu biçimleri, Tükenmişlik Sendromuna yakalananlar için ve özellikle Alzheimer hastalarında görülen uyku-uyanma ritmi problemi yaşayan hastaların terapisinde ışık kullanılır. Biyolojik saatimizdeki bozukluklar yaşam tarzımız sebebiyle de olabilir. Burada aydınlatma bu tür problemleri minimize etmemize yardımcı olabilir. Bu tür problemlere uzun uçak seyahatlerinde zaman farkından dolayı yaşadığımız Jet lag ve çalışma saatlerindeki değişiklikler (kaymalar) gösterilebilir.

## 6. SONUÇ

Işığın hislerimiz, uykumuz, davranışlarımız ve vücut fonksiyonlarımız üzerindeki etkisi hayat standardımızı etkilemektedir.

Aydınlatma teknolojisinde gerçekleşen gelişmelere paralel olarak, ışığın insan davranışı üzerindeki etkilerinin

anlaşılması hızlı bir şekilde gelişmektedir.

Bol gün ışığına maruz kalan hastalarda yatış sürelerinin %8.5 oranlarında azalması[7], orta ve yüksek yaş gruplarının %40 ile %80'inin uyku düzensizliği şikayetinin mevcut olması[6], gündüz gün ışığının bipolar depresyon için hastane yatış süresini kısaltması[5], daha çok gün ışığına maruz kalan hastaların daha az stres yaşıyor ve daha az ağrı kesici kullanıyor olması, gün ışığı olmayan bir odada stres krizlerinin görülme oranının 3 kat daha fazla olması ışığın hayatımızdaki rolünün ne kadar önemli olduğunu göstermektedir [7].

Işığın insan sirkadiyan ritmi üzerindeki biyolojik etkisi araştırıldığında başrol oynayan gangliyon hücrelerinin en fazla duyarlı olduğu dalga boyunun 475nm olduğunu görürüz ve ev, ofis, okul vs. gibi alanlarda kullandığımız soğuk beyaz (>5300K) diye adlandırdığımız yapay ışık kaynaklarında bu dalga boyu görece daha fazla mevcuttur. Bu, soğuk beyaz renk sıcaklığına sahip ışık kaynaklarının melatonin hormonunun bastırılmasında daha etkili olduğu anlamına gelir ve aydınlatma, doğal gün ışık akışını takip ettiğinde – sabah ve akşamları sıcak sarımsı ışık ve gün ortasında daha fazla enerji veren soğuk beyaz ışık – vücudumuzun biyolojik ritmini detekleyici etkiye sahip olacaktır.

Gelişen teknoloji ile işyerleri, evler, özellikle de okullar ve hastanelerde, kişilerin biyolojik saatini destekleyecek aydınlatma uygulamaları yapmak daha kolay hale gelmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Wout van Bommel, Abdo Rouhana  
Theory of Light and Lighting,  
Koninklijke Philips Electronics N.V,  
29-31 (2011)
- [2] Wout van Bommel, ROAD AND  
DECORATIVE OUTDOOR  
LIGHTING, 30-31 . Springer (2011)
- [3] David M. Berson, Strange vision:  
ganglion cells as circadian  
photoreceptors, TRENDS in  
Neurosciences Vol.26 No.6 (2003)
- [4] Barbur J L and Stockman A  
Photopic, Mesopic and Scotopic Vision  
and Changes in Visual Performance. In:  
Darlene A. Dartt, editor. Encyclopedia  
of the Eye, Vol 3. Oxford: Academic  
Press; 2010. pp. 323-331.
- [5] Benedetti, F., Colombo, C., Barbini,  
B., Campori, E. & Smeraldi, E.  
Morning sunlight reduces length of  
hospitalization in bipolar depression. J.  
Affect. Disord 62, 221-223 (2001).
- [6] Bansal, V., Goyal, S. & Srivastava,  
K. Study of prevalence of depression in  
adolescent students of a public school.  
Ind Psychiatry J 18, 43-46,  
doi:10.4103/0972-6748.57859 (2009).
- [7] Wilson, L. M. Intensive care  
delirium. The effect of outside  
deprivation in a windowless unit. Arch.  
Intern. Med 130, 225-226 (1972)