



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği

**FLICKER ETKİSİ ESASLI YOL AYDINLATMASINDA
OPTİMUM DİREK AÇIKLIĞININ BELİRLENMESİ**

Beşir TAŞKAN

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL

BİLECİK, 2016

Ref. No: 10101914



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği

**FLICKER ETKİSİ ESASLI YOL AYDINLATMASINDA
OPTİMUM DİREK AÇIKLIĞININ BELİRLENMESİ**

Beşir TAŞKAN

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL

BİLECİK, 2016



BİLECİK ŞEYH EDEBALI UNIVERSITY
Graduate School of Sciences
Electrical and Electronics Engineering Program

**DEFINITION OF OPTIMUM DISTANCE TO POLESIN
ROAD LIGHTING BASED FLICKER EFFECTS**

Beşir TAŞKAN
Master of Science Thesis

Thesis Advisor
Assist. Prof. Dr. Nazım İMAL

BİLECİK, 2016



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 08/01/2016 tarih ve 665 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/01/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Beşir TAŞKAN'ın "Flicker Etkisi Esaslı Yol Aydınlatmasında Optimum Direkt Açıklığının Belirlenmesi" başlıklı tez çalışması Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

TEZ DANIŞMANI: Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL

ÜYE: Yrd. Doç. Dr. Salim CEYHAN

ÜYE: Yrd. Doç. Dr. Gürhan ERTAŞGIN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI BAŞKANI: Prof. Dr. Mehmet KURBAN

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun / / tarih ve / sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŐEKKÖR

Öncelikle çalışmalarım boyunca her türlü desteği esirgemeyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL' a teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimin süresince üzerimizde emeği olan başta DEĞERLİ HOCALARIMIZ olmak üzere, her zaman aile ortamı sıcaklığı gördüğüm üniversitemizin tüm personeline teşekkürlerimi sunarım. Her an manevi desteklerini hissettiğim isimlerini bu satırlara sığdıramadığım tüm DOSTLARIMA teşekkür ederim.

Son olarak hayat boyu dua ve destekleriyle yanımda olan ANA' ma, BABA' ma, sevgili EŐİM' e, aileme, bana yol arkadaşlığı yapan kardeşim Ahmet ile Osman ÇAKIR' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beşir TAŞKAN

Ocak, 2016

ÖZET

Yol aydınlatmasında aydınlatma seviyesi ve kullanılan ışık rengi niteliği kadar, aydınlatmanın bir diğer önemli kriteri olan flicker etkisi de önem taşır. Flicker etkisinin yaygın olarak alternatif akımın periyodik değişimi ya da sürücü devrelerin anahtarlama özelliklerinden kaynaklandığı bilinir. Burada ise; yol aydınlatmasında bilinen flicker esasları yerine direk ve armatür dizilimi esaslı flicker etkisi ele alınarak uygun tasarım modellemelerinin gerçekleştirilebilmesi amaçlanmıştır. Flicker esaslı direk ve armatür açıklıklarının belirlenmesinde yolun şehir içi ve dışı olmasının gerektirdiği hız ölçütleri, armatür ışık dağılımı ve kullanılan lambaların renksel özellikleri önem taşır. Yapılan bu çalışmada hıza bağlı olarak yol aydınlatmasında flicker etkisinin oluşumunu engellemeye yönelik uygun direk açıklıklarının tespitine yönelik analizler gerçekleştirilmiş olup, analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Direk açıklığı, Flicker etkisi, Işık dağılımı, Yol aydınlatması

ABSTRACT

In road lighting, as lighting level and quality of light color, flicker effect which is another important criteria of lighting is also important. Flicker effects are widely known by periodic changes that these are provided from switching characteristics or the alternative current. In this study, in addition to the known flicker of road lighting, considering the flicker effect of based on sequence of poles and armatures, it is aimed to realize of optimal design modeling. In determination based on flicker to distance of the poles and armatures on the road, projector angles and speed criters are depended to the environment whether it is urban or upstate. In this study, depending speed on road lighting, they were aimed to prevent of flicker effect, analysis were performed and evaluated.

Key words: Flicker effect, Light distribution, Poles distance, Street lighting

İÇİNDEKİLER

JÜRİ ONAY FORMU

TEŞEKKÜR

ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
İÇİNDEKİLER	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİN	.X
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	2
2. AYDINLATMA VE DIŞ ORTAM.....	4
2.1 Aydınlatmanın Temel Kavramları.....	4
2.1.1 Işık	4
2.1.2 Işık akısı (Φ).....	5
2.1.3 Etkinlik faktörü (e)	6
2.1.4 Işık şiddeti (I)	7
2.1.5 Aydınlık düzeyi (E)	8
2.2 Dış Ortam Aydınlatması.....	8
2.2.1 Genel olarak aydınlatma ile ilgili temel prensipler	9
2.2.2 Dış aydınlatma ile ilgili temel prensipler	10
2.2.3 İyi bir aydınlatmanın faydaları	11
2.3 Işık Kaynakları.....	12
2.3.1 Ömür.....	12
2.3.2 Aydınlatmada renksel geriverim, renk sıcaklığı ve sınıflandırılması	13
2.3.3 Enerji kayıpları	15
2.4 Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	16
2.4.1 Enkandesan lambalar.....	16

2.4.2	Deşarj lambaları	18
2.4.3	Deşarj lambalarının çalışma özellikleri.....	26
2.5	Parıltı ve Flicker Etkileri.....	26
2.5.1	Parıltı (L)	27
2.5.2	Kamaşma	28
2.5.3	Adaptasyon	29
2.5.4	Renk sıcaklığı ve renksel geriverim	30
3.	YOL AYDINLATMASI	34
3.1	Yol Kavramı ve Sınıflandırılması	34
3.1.1	Şehir içi yol kavramı	34
3.1.2	Şehirlerarası yol kavramı.....	35
3.2	Yol Aydınlatması Uygulamaları için Ulusal ve Uluslararası Yönetmelik ve Standartlar İncelenmesi	35
3.3	Yol Aydınlatma Hesabı	38
3.3.1	Ters kare kuralı	38
3.3.2	Lambert yasası.....	39
3.3.3	Kosinüs yasası	40
3.3.4	Yol aydınlatma hesap alanı.....	43
3.4	Görme Olayı	44
3.5	Flicker Etkileri ve Algılamaları	45
3.5.1	Gerilim dalgalanması	45
3.5.2	Işık kırışması	46
3.5.3	Araç farı flicker algılaması.....	47
3.5.4	Tünel ve bariyerlerde flicker etkisi.....	48
4.	YOL AYDINLATMASINDA FLICKER ETKİSİ ESASLI DİREK AÇIKLIĞI TESPİTİ.....	50
4.1	Flicker Etkisi ve Görmeye Olumsuz Etkileri.....	50
4.2	Yol Aydınlatması Flicker Etkisi ve Direk Açıklıklarının Belirlenmesi.....	52
4.2.1	Şehir dışı 120 km/saat yol için flicker etkisi	54
4.2.2	Şehir dışı 90 km/saat yol için flicker etkisi	55
4.2.3	Şehir dışı 72 km/saat yol için flicker etkisi	55

4.2.4	Şehir içi 60 km/saat yol için flicker etkisi	56
4.2.5	Şehir içi 45 km/saat yol için flicker etkisi	56
4.2.6	Projektör açısının etkisi	57
4.3	Flicker Yanılsamasını Azaltma Amaçlı, Aydınlatma Direk Açıklığına Bağlı Araç Hızının Belirlenmesi	57
5. SONUÇ		60
KAYNAKLAR		61
ÖZGEÇMİŞ		

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Kullanılan bazı ışık kaynaklarının ışık akıları.	6
Çizelge 2.2. Lamba türü etkinlik faktörü (lm/w).	7
Çizelge 2.3. Aydınlik düzeylerine ilişkin örnek değerler.	8
Çizelge 2.4. Renksel geriverim sınıflandırması.	14
Çizelge 2.5. Işık kaynaklarına ait renk sıcaklığı ve renksel geriverim değerlerinin C.I.E. standartları ile gösterimi.	15
Çizelge 2.6. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların karakteristik değerleri.	24
Çizelge 2.7. Renk sıcaklığı ile ışık rengi arasındaki bağlantı.	32
Çizelge 2.8. Renk sıcaklığı ile ışık rengi arasındaki bağıntı.	33
Çizelge 3.1. Farklı yol tipleri için aydınlatma sınıfları (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011).	36
Çizelge 3.2. Flicker şiddeti için sınır değerler.	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Işık akısı ve lümen (Erdem, 2007).....	6
Şekil 2.2. Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri (www.lighting.philips.com).	7
Şekil 2.3. Servis ömrü (Özenç, 2007).....	13
Şekil 2.4. Renk sıcaklığının cisimler üzerinde gösterimi (Ünal, 2009).....	14
Şekil 2.5. Işık kaynaklarının sınıflandırılması (Özenç, 2007).	16
Şekil 2.6. Enkandesan lamba.	17
Şekil 2.7. Halojen ampuller.....	18
Şekil 2.8. Örnek kompakt flüoresan.	19
Şekil 2.9. Tüp flüoresanın içyapısı.	20
Şekil 2.10. Örnek tüp flüoresan.	20
Şekil 2.11. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar ve yapısı.....	21
Şekil 2.12. Metal halide lambalar ve yapısı.	22
Şekil 2.13. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın ışık spektrumu (KOÜ, 2012).	22
Şekil 2.14. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar.	23
Şekil 2.15. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların içyapısı.	23
Şekil 2.16. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın ışık spektrumu (KOÜ, 2012).....	25
Şekil 2.17. Bir alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın içyapısı.	26
Şekil 2.18. Direkt parıltının meydana gelmesi (Işık, 2003).	28

Şekil 2.19. Yansımali parıltının meydana gelmesi (Işık, 2003).	28
Şekil 2.20. Işık ve renklerin algılanması (Dedeoğlu, 2006).	31
Şekil 2.21. Işık spektrumu ve beyaz ışığın kırınımı.....	31
Şekil 2.22. Elektromanyetik tayf, görünür ışık ve dalga boyları.	32
Şekil 2.23. Renk sıcaklıkları.	33
Şekil 3.1. Ters kare kuralının bir piramit üzerinde açıklanması.	38
Şekil 3.2. Lambert yasasına ilişkin gösterim.	40
Şekil 3.3. Kosinüs yasasına noktasal ve yatay aydınlatmaya ilişkin gösterim.	41
Şekil 3.4. Kosinüs yasasına düşey aydınlatmaya ilişkin gösterim.	41
Şekil 3.5. Kosinüs yasasına yarı-silindirik aydınlatmaya ilişkin gösterim.	42
Şekil 3.6. Hesap alanını tanımlayan büyüklükler (CIE, 2000; Semiz, 2006).	43
Şekil 3.7. Biyolojik olarak göz ve görme olayı.	45
Şekil 3.8. Flicker ve kesintili algılama.....	47
Şekil 3.9. Araç farında flicker etkisi.	48
Şekil 3.10. Bariyerlerde flicker etkisi (Dondia, vd., 2012).....	48
Şekil 3.11. Tünel ve yarı tünellerde flicker etkisi (Dondia, vd., 2012).....	49
Şekil 4.1. Döner cisimlerde flicker etkisi oluşumu.....	51
Şekil 4.2. Görme alanı senkronizasyonları.	52
Şekil 4.3. Sokak aydınlatmasında aydınlatılmış bölge, karanlık bölge dizilimi.....	53
Şekil 4.4. Çalışmada esas alınan yol modeli.....	54

Şekil 4.5. Araç geçiş hızı esaslı riskli direk açıklıkları	57
---	----

SİMGELER VE KISALTMALAR

E	: Aydınlık şiddeti
I	: Işık şiddeti
Φ	: Işık Akısı
L	: Parıltı
e	: Etkinlik faktörü
R_A	: Renksel geri verim
T_c	: Renk sıcaklığı
λ	: Dalga boyu
S	: Yüzey alanı
f_a	: Algılama Frekansı
f_g	: Geçiş frekansı
f_l	: Işık frekansı
D_A	: Aydınlık bölge
D_K	: Karanlık bölge
a	: Riskli direk açıklığı
V	: Hız
dx_l	: Görme sıklığı
dx_g	: Geçiş sıklığı

1. GİRİŞ

İyi tasarlanmamış, uygun çözümlerin üretilmediği aydınlatma sistemleri toplumdaki birçok karmaşanın da sebebi olabilmektedir. Bu karmaşıklıklar, bir futbol karşılaşmasının oynandığı stadyumda olabileceği gibi, bazen de ülkemizde de sıkça karşılaşılan trafik kazalarının gerçekleştiği yollarda olabilir. Burada dikkat edilmesi gereken özelliklerden bir diğeri de, aydınlatma tasarımı yapan teknik eleman, mühendis veya bilim adamlarının bu çalışmalarında mimarlar ve inşaat mühendisleriyle yapacakları ortak çalışmaların faydalı olacağıdır.

İnsan gözü saniyede 25 Hz' in üzerindeki değişen görüntülerde süreklilik algılamasına sahip olup film, sinema ya da monitör yenileme frekansları, ilk gelişimlerini takiben bu frekansın üzerinde çalışma frekansına sahip olmuşlardır. Bir saniyede 25 Hz frekansın altındaki değişim frekansları ise insan gözünde kesintili algılama, hatta beyinde oluşan yanılsama ile birlikte hareketli bir cisim için hatalı olarak durağanlık algılamasına neden olabilir. Aydınlatmada kullanılan ışığın değişim frekansı 25 Hz' in üzerinde bile olsa bazen flicker etkileri oluşabilir. Örneğin alternatif akımın frekansına bağlı olarak bir lambanın saniyedeki sönüm noktası sayısı ile senkronize olan döner cisimlerde karşılaşılan durağanlık görünümü, aydınlatmada karşılaşılan olumsuzluklardandır. Bu senkronize olma durumu devir sayısı ölçümünde kullanılan stroboskopik ölçü aletlerinde de mevcuttur (Sharma, vd., 2013; Wencheng, vd., 2008).

Yol aydınlatmasında ise, lambalardan kaynaklanan flicker etkisinden daha çok direk ve armatür dağılımlarından kaynaklanan flicker etkisi ele alınmıştır. Lambalardan kaynaklanan flicker etkileri mevcut olsa da, çok fazlı besleme ile ortadan kaldırılabilecek yapıdadır. Ayrıca; günümüzde sıklıkla kullanılan lamba içi ışığı absorbe edici ve yayıcı kaplamalar bu etkiyi oldukça azaltmıştır.

Burada yol aydınlatmasında araç hızı ve sürücü algılamasına yönelik olarak flicker etkisi ele alınmış olup; şehir içi ve şehir dışı farklı hızlardaki algılama değişimleri incelenmiştir. Yapılan inceleme ve çıkarımların sonucu olarak gerek bir aracın saniyedeki yer değişimi, gerekse bu periyotta sürücünün göz kırpması ve algılama frekansı dikkate alınarak uygun direk açıklıklarının alt ve üst limitleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Çalışmaya konu olan yol aydınlatması ve flicker etkisi ile direkt ilgili yayına rastlanılmamış olmakla beraber, çalışmaya yardımcı olmaları bakımından aşağıdaki çalışmalar faydalı bulunmuştur:

Özkaya (1990), “Yol Aydınlatması” kitabında yol aydınlatması konusu hakkında Türkiye’de yazılmış ilk temel eser olma özelliği taşımakta olup aydınlatma hesaplamalarına geniş bir şekilde bilgi vermiştir.

Özkaya (2003), “Aydınlatma Tekniği” kitabında aydınlatma ile ilgili temel kavramların yanında, armatürler, besleme sistemleri ve temel aydınlatma hesapları hakkında bilgilere yer vermiştir.

İnan ve Ermiş (2003), Ulusal aydınlatma sempozyumu ve sergisinde sundukları “Ara Harmoniklerden Kaynaklanan Gerilim Kırışmasının Aydınlatma Üzerindeki Etkileri” çalışmasında aydınlatma sistemleri üzerine etkiyen gerilimlerin flicker etkilerini gerilim değerleri üzerinden incelemişlerdir.

Yavuz (2004), “Şehir Aydınlatmacılığı, Işık Kirliliği ve Aydınlatmada Enerji Verimliliği” adlı yüksek lisans tezinde şehir içi aydınlatma sistemlerinde ışık kirliliği, aydınlatma verimliliği, aydınlatma armatürleri ve Adapazarı yerelinde aydınlatma verimliliğini incelemiştir.

Erdem (2007), “Aydınlatma Mühendisliğinde İleri Teknikler ve Çözüm Teknikleri” adlı yüksek lisans tezinde aydınlatma mühendisliğinin iç mekân aydınlatmasının tasarımını incelemiştir. Ayrıca temel aydınlatma problemlerinden de bahsetmiştir.

Wencheng, vd., (2008), Tunneling and Underground Space Technology Dergisi’nde yayınladıkları “Performance of Induction Lamps and Hps. Lamps in Road Tunnel Lighting” isimli makalelerinde elektrotsuz flüoresan lambalar ile yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarının performanslarını iki farklı tünel üzerinde incelemişlerdir. Bu çalışmada sürücüler üzerinde yüksek parlaklık algısı, iyi renk oluşturma ve güvenlik algısı yanında lambaların enerji maliyetlerini karşılaştırmışlardır.

Chmielowiec (2011), 11. Uluslar arası ‘Electrical Power Quality and Utilisation’ konferansında sunduğu, “Flicker Effect of Different Types of Light Sources” makalesinde flicker etkisinin farklı tipteki lambalar üzerine etkisini incelemiştir.

Dondi, vd., (2012), 5. Uluslar Arası Yol Aydınlatmalarının Sürdürülebilirliği Kongresi’nde sundukları, “Effects of Flickering Seizures on Road Drivers and Passengers” adlı makalede flicker etkisinin yayalar ve araçlar üzerine olan etkisini klinik ve psikolojik açıdan değerlendirmişlerdir.

Sharma, vd., (2013), 22. Uluslararası Elektrik Dağıtım Konferansı’nda sundukları “Flicker/Voltage Fluctuation Response of Modern Lamps Including Those With Dimmable Capability and Other Low Voltage Sensitive Equipment” adlı bildirilerinde flicker 5-25 Hz frekansında voltaj dalgalanmalarının flicker etkilerini ölçmek için geliştirdikleri bir modülasyon ile yaptıkları analizleri anlatmışlardır.

Rozanowski, vd., (2014), Biocybernetics and Biomedical Engineering Dergisi’nde, “Mobile Device For The Measurement of Threshold Perception Frequency of The Flickering Source of Visible Light” adlı makalelerinde geliştirmiş oldukları Flicker Füzyon Testi (FFT) cihazı ile gözün flicker etkilerine karşı vermiş oldukları tepkilere ve analizlere yer vermişlerdir.

2. AYDINLATMA VE DIŞ ORTAM

İnsanlık tarih boyunca mutlu bir hayat sürme adına çıktığı medeniyet yolculuğunda ateş yakmayla başladığı aydınlatma ihtiyacını günümüzde her yönüyle araştırarak en uygun çözümler üretmeye çalışmaktadır. Bu amaca hizmet adına yapılan ve yapılacak araştırmalardan biride, her gün milyonlarca insanın can güvenliğinin söz konusu olduğu yolların aydınlatılmasıdır. Verimli ve güvenli bir yol aydınlatması için yapılacak öncelikli çalışma, temel kavramlar ve tanımların bilinmesi olmalıdır.

2.1 Aydınlatmanın Temel Kavramları

Bir mekân, çevre veya nesnenin fizyolojik ve psikolojik olarak görsel konfora ulaştırılmasına aydınlatma denir (Özkaya, 2000).

Burada dikkat edilmesi gereken özellik, aydınlatma tanımının içinde ifade edilen “Fizyolojik ve Psikolojik” etkenlerin gerçekleşmesi için yalnızca “Görme” olayının aydınlatma için yeterli olmayacağıdır. Dolayısıyla aydınlatılacak her mekân, çevre veya nesne için uygun bir aydınlatma tasarımının yapılması zorunludur.

2.1.1 Işık

Elektronlar yer değiştirirken çarpışır ve bu çarpışma sırasında ortaya çıkan fotonların dalgalanması sonucu ortaya çıkan ışımaya ışık denir. Işık üzerinde enerji taşır. Çünkü fotonlar enerji yüklü olarak hareket ederler. Fotonun enerjisi,

$$E_f = \frac{h.c}{\lambda} \quad (2.1)$$

Olarak ifade edilir. Burada,

$$E_f: \text{Fotonun enerjisi (Joule-J)} \quad (2.1a)$$

$$h: \text{Planck sabiti (6.626} \times 10^{-34} \text{Joule.saniye-Js)} \quad (2.1b)$$

$$c: \text{Işık hızı (3.10}^8 \text{ metre/saniye-m/s)} \quad (2.1c)$$

$$\lambda: \text{Dalga boyu (Nanometre-nm)} \quad (2.1d)$$

Birimlerini ifade ederler. Fotonun enerjisi tamamen dalga boyu ile alakalıdır. λ (dalga boyu) enerji ile ters orantılı olduğu görülür. Işık rengi de dalga boyu ile alakalıdır. Yani ışık rengi ve dalga boyları birbirini etkileyen önemli iki faktördür.

Sonuç olarak enerji,

$$E_f = \frac{1976.10^{-9}}{\lambda} \quad (2. 2)$$

Olarak gösterilir.

2.1.2 Işık akısı (Φ)

Bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ışık miktarı ile alakalı bir kavramdır. Φ harfi ile gösterilir. Birimi lümen'dir. 1 lümenlik ışık akısı, bir ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısıdır (Onaygil, 2006). Çizelge 2.1.' de kullanılan bazı ışık kaynaklarının ışık akıları görülmektedir.

Bir başka tanım ise, birim yüzeye dik olarak düşen ışık miktarıdır,

$$\Phi = K_0 \cdot P \cdot V \quad (2. 3)$$

Şeklinde hesaplanır. Burada;

Φ = ışık akısı (lm)

K_0 = Enerji akısının fotometrik eşdeğeri, (2. 3a)

Sabit olup, $K_0=682 \text{ lm/W}$ ' dir. Ayrıca;

P = enerji akısı (Lamba gücü-aktif güç-W), (2. 3b)

V = Gözün spektral duyarlılık derecesi, (2. 3c)

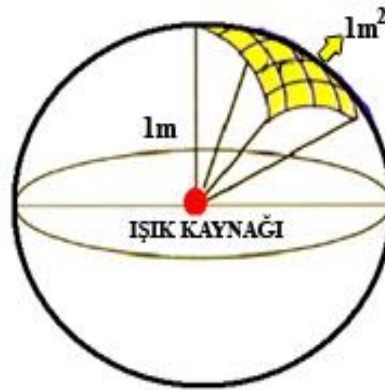
1 lümen = 1 candela x 1 steradyan'ı (2. 3d)

İfade ederler.

Çizelge 2.1. Kullanılan bazı ışık kaynaklarının ışık akıları.

Bisiklet farı	3 W	30 lm
Akkor telli lamba	75 W	900 lm
Kompakt flüoresan	18 W	900 lm
Tüp flüoresan	58 W	5400 lm
Yüksek basınçlı sodyum buharlı	100 W	10000 lm
Alçak basınçlı sodyum buharlı	130 W	26000 lm
Yüksek basınçlı cıva buharlı	1000 W	58000 lm
Metal halide	2000 W	190000 lm

Bir kürenin merkezindeki noktasal bir ışık kaynağının küre yüzeyinde oluşturduğu ışık akısı “ $4.\pi. I$ ” lümenidir. Şekil 2.1.’ de görüldüğü gibi 1 cd’lik “I” ışık şiddetini 1 m yarıçaplı bir kürede ele alırsak, ışık akısı birimi olan lümeni elde ederiz. Kürede her 1 metrekare yüzeye 1 lümen ışık akısı düşer (Özkaya, 2000). Şekil 2.1’ de ışık akısı ve lümen değeri görülmektedir.

**Şekil 2.1.** Işık akısı ve lümen (Erdem, 2007).

Teorik olarak 1 cd şiddetinde noktasal bir ışık kaynağı 12,57 lm ışık akısı sağlayabilir. Fakat gerçek ışık kaynakları kürenin her tarafına aynı düzgünlükte dağılımlı ışık sağlayamaz.

2.1.3 Etkinlik faktörü (e)

1 Lümenlik ışık akısını üretmek için gerekli olan lamba gücüne etkinlik faktörü

denir. Her bir lamba ya da armatür tipinin etkinlik faktörü farklıdır.

$$e = \frac{\Phi}{P} \quad (\text{Lm/W}) \quad (2.4)$$

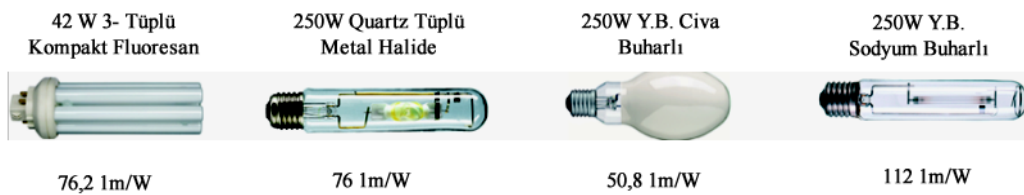
Işık kaynakları boyut, model ve güçlerine bağlı olarak farklı ışık çıkışı sağlamaktadır. Işıksal gücün değerlendirilmesinde lümen (lm) ölçü birimi referans alınmaktadır. Ayrıca kendinden reflektörlü ışık kaynaklarının parlaklık değerleri de, ölçü birimi olarak referans alınabilmektedir (Özenç, 2007).

Örnek olarak 36W gücünde bir flüoresan lambanın ışık akısı 2400 Lümen ise, bu ışık kaynağı 66,6 Lümen/Watt ışıksal verim veya etkinlik faktörüne sahip olduğunu gösterir.

Çizelge 2.2 ve Şekil 2.2’ de bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri görülmektedir.

Çizelge 2.2. Lamba türü etkinlik faktörü (lm/w).

Akkor lambalar	8 - 16
Halojen lambalar	12 - 26
Flüoresan lambalar	45 - 100
YB cıva buharlı lambalar	36 - 70
Metal halide lambalar	71 - 98
YB sodyum buharlı lambalar	66 - 142
AB sodyum buharlı	100 – 198



Şekil 2.2. Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri (www.lighting.philips.com).

2.1.4 Işık şiddeti (I)

Birim zamanda belli bir doğrultuda yayılan ışığın miktarına ışık şiddeti denir. “I” harfi ile gösterilir ve birimi mum veya Candela (cd)’ dir. Bir başka tanımı ise, ışık

üreticinin belirli bir yönde uzay birim açısı içinde yaydığı ışın akısı yoğunluğuna ışık üreticinin “Işık Şiddeti” denir. Bu tanımlar noktasal ışık kaynakları için yapılır ve vektörel büyüklük olarak tanımlanır (Semiz, 2006).

2.1.5 Aydınlık düzeyi (E)

Birim yüzeye düşen ışık akısı miktarına aydınlık düzeyi denir. Aydınlik düzeyi “E” harfi ile gösterilir ve birimi “lux” tür. Işığın geliş doğrultusuna dik düzlem üzerindeki bir noktanın aydınlık düzeyi, bu nokta doğrultusundaki ışık şiddetinin söz konusu nokta ile noktasal ışık kaynağı arasındaki mesafesinin karesine oranına denktir. Bir başka ifadeyle, uzaklık “d” ile gösterildiğinde, ışığın geliş doğrultusuna dik olan düzlem üzerindeki P noktasındaki aydınlık düzeyi,

$$E_p = \frac{I}{d^2} \quad (\text{lüx}) \quad (2.5)$$

Şeklinde bulunur.

Eğer ışık kaynağının aydınlattığı alan noktasal değil de düzlemsel ve aydınlık düzeyi S yüzeyinin her noktasında aynı ise bu duruma aydınlık düzeyi, birim yüzeye düşen ışık miktarının düzlemin alanına oranlanması ile bulunur (Özkaya, 2000).

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\text{Lümen}}{\text{m}^2} \quad (\text{lüx}) \quad (2.6)$$

Çizelge 2.3’ de çeşitli durumlardaki aydınlık düzeyleri görülebilir.

Çizelge 2.3. Aydınlik düzeylerine ilişkin örnek değerler.

Yaz, öğle saatleri, bulutsuz bir havada	10.000 Lüx
Yol aydınlatmasında	5-30 Lüx
Dolunaylı açık bir gecede	5-25 lüx

2.2 Dış Ortam Aydınlatması

Bu çalışmanın içeriği ve hedefi doğrultusunda incelenecek olan aydınlatma türü “Dış Aydınlatma”, “Kent Dışı” veya “Kent İçi (Şehir) Aydınlatması” dır. Bu nedenle

aydınlatma tasarımı prensipleri içerisinde bir alt başlık olarak “Dış Aydınlatma Temel Prensiplerini” incelemekte fayda vardır.

Şehir içi dış aydınlatmalarda belli bir bölgede örneğin, bir meydanı çevreleyen yapıların yüzeylerinde tek renk ışık kullanmaya özen gösterilmelidir. Farklı bir renk ile kontrastlı bir vurgulama yapılmak isteniyorsa bunun çok iyi etüt edilmesi gerekir. Bu durumda bile ışık rengi sayısı ikiye aşmamalıdır. Daha iyi bir çözüm olarak bu kontrast vurgulaması aynı rengin daha doymuşu ile yapılmasıdır (Yavuz, 2004).

Tüm dış aydınlatma konularında da ışığın göze gelmemesi kuralı titizlikle uygulanmalıdır. Özellikle parlak yüzeyli yapılarda ışık kaynaklarının görüntüleri de düşünülmelidir.

2.2.1 Genel olarak aydınlatma ile ilgili temel prensipler

Bugüne kadar yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulan prensipler sıralanırsa,

- Ortamı veya cismi aydınlatacak olan ışık; ortamı veya cismi aydınlatmalı ışık göze direkt gelmemelidir. Ters durumlarda göz için rahatsız edici durumlar oluşur ve kamaşma sonucunda istenilen görme olayı da gerçekleşmemiş olur.
- Işık aydınlatılacak olan ayrıntılara odaklanmalıdır.
- Görülmesi gereken alanlar, nesneler, noktalar veya yüzler diğer alanlardan daha aydınlık olmalıdır.
- Aynı ortamda ve aynı oranda aydınlatılması gereken farklı renklerdeki yüzeylere düşen ışık miktarı aynı olmamalı, koyu renkli yüzeylere daha fazla açık renkli yüzeylere da az ışık miktarı düşecek şekilde tasarım yapılmalıdır.
- Gölge niteliği bakımından, içinde yaşanan iç mekânlarda yumuşak (sınırları kesin olmayan) ve saydam gölgeli (gölgeyi oluşturan ışık kaynağının dışındaki ışık kaynakları ve yansıyan ışıklarla aydınlanan) bir aydınlık oluşturmamalıdır. Kara gölgeli (hiçbir biçimde aydınlanmayan veya aydınlık düzeyi aydınlanan çevreye oranla 1/20 den az olan) aydınlıklar oluşturdıkları ışıklılık karşıtlıkları nedeni ile ilgi çekici fakat yorucudur. Bu tür aydınlıklar ancak vitrin ve sahne gibi içinde yaşanmayan ve kısa süre bakılan yerlerin aydınlatmaları için uygundur (Şirel, 1992).

- Yüksek karşıtlıklar küçük karşıtlıkların görülebilmesini engeller. Bu kural renksel olarak da geçerlidir. Gözün ışık kaynağını görmemesi kuralı bu yolla da açıklanabilir (Yavuz, 2004).
- Mat nesnelerin aydınlatılmasında elde edilecek sonuç bu nesneler üzerinde oluşturulacak aydınlığa dolayısı ile bunların ışıklılığına bağlıdır. Parlak nesneler üzerinde oluşturulacak aydınlık ise, bunların kendi görünürlüklerinde pek etkili olmaz. Yansıtıkları yüzeylerin aydınlatılması ve gerekli ışıklılığa kavuşturulması gerekir.
- Parlak cisimlerin yansıtıkları yüzeylerde büyük ışıklılık karşıtlıkları varsa bu cisimler iyice parlak görünür. Bu cisimlerin yansıtıkları yüzeylerde ışıklılık karşıtlıklarının azalması ile cisimlerin algılanan parlaklıkları da azalır. Işıklılık karşıtlığı olmayan ya da çok az olan bir ortam içindeki parlak cisimler mat görünür. Parlak nesnelerin olduğundan da daha parlak ya da aksine mat görünmesini gerektiren durumlar vardır. Aydınlatmada çevre düzeni buna göre kurulmalıdır.
- Değişik spektrumlu ışıklar çok büyük renk türü değişikliklerine neden olabilir. Çeşitli mekânlarda değişik ışık renklerinde oluşan ışıksal iklimler de birbirinden çok farklı ve yerine göre çok iyi ya da çok kötü olabilir (Şirel, 1996).

2.2.2 Dış aydınlatma ile ilgili temel prensipler

- Kale, sur, şato gibi eski yapıların ve bunların kalıntılarının sıcak renkli ışıklar olarak bilinen yüksek basınçlı sodyum buharı lambasının sıcak sarı ışığı ile aydınlatılması uygun olur.
- Şehir aydınlatmasında karanlık içinde tek bir yapının aydınlatılması çok yönlü etütlerinin yapılarak aydınlatma uygulaması yapılmamıştır.
- Şehir içi dış aydınlatmalarda bölgelerin örneğin; bir meydanı çevreleyen yapıların yüzeylerinde tek renk ışık kullanılarak çözüme gidilmelidir. Farklı bir renk ile bir vurgulama yapılmak isteniyorsa bu durumda ışık rengi sayısı ikiyi aşmamalıdır.
- Bitkilerin ve suların aydınlatılması mutlaka soğuk renkli ışıkla yapılmalıdır. Sular (havuzlar, göletler vb.) su içinden aydınlatılmalı ya da bunları çevreleyen ağaçlar aydınlatılarak karanlık su yüzeyinde bunların görüntüleri elde edilmelidir.

- Ağaçlık alanların aydınlatılmasında her ağaç aydınlatılmamalı, aydınlatma ağaç grupları için ve aralıklarla yapılmalı ve aralarda aydınlatılmamış ağaç grupları bırakılmalıdır.
- Tüm dış aydınlatma konularında da ışığın göze gelmemesi kuralı çok dikkat edilerek uygulanmalıdır.

2.2.3 İyi bir aydınlatmanın faydaları

Gerçekleştirilen aydınlatma kalitesinin iyi olması göz, görme ve çalışma şartları bakımından çeşitli faydalar sağlar. Bu faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir,

- İyi bir aydınlatma ekonomiktir: Özellikle çalışma ortamlarında iş veriminin artmasında aydınlatmanın önemi büyük olup bu durumda üretim ve hizmet faaliyetlerinde kaliteye ulaşılabacaktır. Ayrıca, iyi bir aydınlatma eğitim ve öğretim alanında da başarının artmasına katkıda bulunacaktır.
- Fizyolojik olarak göz sağlığını korur: Kötü aydınlatılan ortamlarda göz olumsuz olarak etkileneceğinden göz sağlığı için kaliteli aydınlatma yapılmalıdır.
- Kazaları önlemede etkilidir: Sanayi üretimi ve işletmelerin yanında karayolları cadde ve sokak aydınlatmasının kazaları önlemede etkin bir rolü vardır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE' nin karayolları için yapmış olduğu Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir araştırmada şehir içi yollarda kazaların yaklaşık 1/3 oranında ve Fransa'da yapılmış olan bir araştırmada da kazaların %75 azaldığı sonucuna varılmıştır (Yavuz, 2004).
- Estetik olarak güzel bir görünüm sağlar: Estetik günümüz toplumlarında gelişmişlik düzeyini belirten göstergelerden biridir. Estetik anlayış yalnızca mekân ve çevre şartlarıyla sınırlı olmayıp bu mekân ve çevrenin sağlıklı ve ekonomik aydınlatılmasını da kapsamaktadır.
- Güvenlik gereksinimlerini karşılar: İyi bir aydınlatma mal ve canın korunması ile birlikte psikolojik olarak insanı rahatlatan faktörlerdendir. Aydınlatılmış ortamlardaki hırsızlık olayları ile aydınlatılmamış ortamlardakine göre daha az olacağı kesindir. Ayrıca karanlık ortamların insana vermiş olduğu psikolojik ürperti aydınlatmanın insan psikolojisi üzerine etkilerinin neler olabileceği konusunda ipucu verebilir.

2.3 Işık Kaynakları

Aydınlatma ışık kaynaklarının kullanımı sırasında kalite, verimlilik ve yeterliliklerinin temel alındığı sistem ve projelerde dikkat edilmesi gereken başka faktörler de vardır. Bu bölümde dikkat edilmesi gereken değerler ışığında aydınlatmada kullanılan ışık kaynakları incelenecektir. Bir ışık kaynağında yukarıda sayılan temel özellikler dışında şu faktörlere dikkat edilmelidir:

- Etkinlik faktörünün yüksek olması,
- Işı kaynağının ömrünün uzun olması,
- Sarsıntı ve darbelere karşı dayanıklı olması, şekil bakımından da kararlı olması,
- İnsan psikolojisi ve görme rengi bakımından verimli olması,
- Kurulum ve işletme maliyetinin düşük olması.

Işık kaynaklarını incelemeyden önce lamba ve seçim kriterlerinden dikkate alınması gereken birkaç önemli özellik ele alınmalıdır.

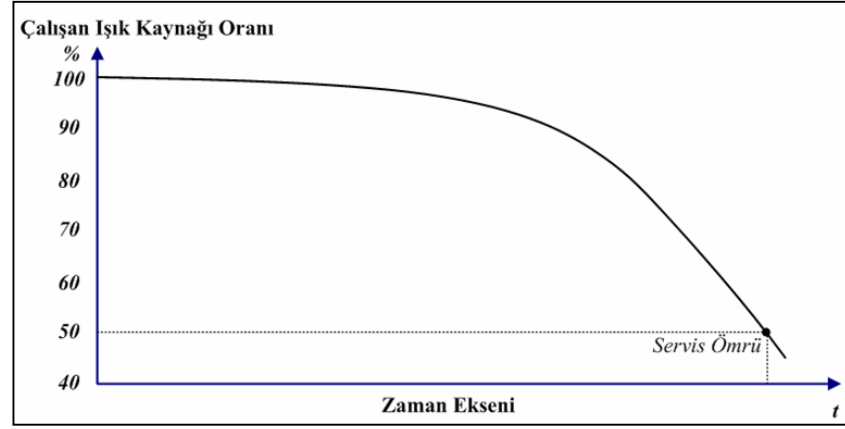
2.3.1 Ömür

Kısaca lamba ömrü, standart çalışma koşullarında lambanın ortalama kaç saat verimli bir şekilde ışık yayabileceğini gösteren süredir. Standart çalışma koşulları gerilim dalgalanmalarının sık olmadığı, atmosferik ve çevre etkilerinin lambayı etkilemediği, darbe ve sarsıntılara maruz kalınmadığı açma kapama sıklığı ve ortam sıcaklığının lamba ömrünü olumsuz yönde etkilemediği durumlardır. Bunun yanında lambanın takıldığı armatür ve yardımcı elemanlarında kalite ve özellik açısından lamba uyumlu olması standart çalışma koşullarından sayılır. Lamba ömrü iki durumda incelenebilir.

Bir ışık kaynağın lümen cinsinden ışıksal çıkışının %70 oranına düştüğü süreye ekonomik ömür denir.

Örneğin; katalog değeri 130.000 lümen olan 1000 Watt' lık bir yüksek basınçlı soydum buharlı lamba, $130.000 \cdot 0,7 = 91.000$ lümenin altında ışıksal çıkış yapıyorsa bu lamba ekonomik ömrünü tamamlamış demektir.

Işık kaynakları ile donatılmış bir aydınlatma sisteminde mevcut aydınlatma araçlarının en az % 50'si özelliğini kaybetmiş veya arızalı ise bu sistem servis ömrünü tamamlamış demektir.



Şekil 2.3. Servis ömrü (Özenç, 2007).

Ekonomik ömür ve servis ömrü dışında lamba ömrü etkileyen bir diğer özellik, akkor filamanlı ışık kaynakları ile LED'ler hariç diğer bütün ışık kaynakları için açma-kapama (anahtarlama) sıklığıdır. Sık açma-kapama yapmak lambaların ömrünü kısalttığı gibi uzun aralıklarla yapılan açma-kapamalar bu lambaların ömrünü uzatır. Şekil 2.3' de bir aydınlatma sistemine ait servis ömrü görülmektedir.

2.3.2 Aydınlatmada renksel geriverim, renk sıcaklığı ve sınıflandırılması

Renksel geriverimin aydınlatma araçlarındaki ifadesi, bir ışık kaynağının aydınlattığı nesnelerin renk türü ile ilgili görüşleri üzerindeki etkisi olarak tanımlanır ve R_A ile ifade edilir (Ünal, 2009).

Gün ışığına yakın renkler ile ışık kaynağı altında göründükleri renkler arasındaki farkın az olması gereken müze, sanat galerisi, çizim masaları, ameliyathane, kalite kontrol noktaları gibi yerlerde renksel geriverimi yüksek ışık kaynaklarının kullanılması zorunludur.

Sokak, cadde gibi renksel geriverimin önemsiz olduğu yerlerde ise ışıksal etkinliği yüksek aydınlatma araçlarının kullanılması gerekir.

1A ve 1B sınıfı lambalar renk ayırımının ve vurgularının çok önemli olduğu

yerlerde kullanılmalıdır.

2A ve 2B sınıfı lambalar devamlı olarak doğru renk görmenin önemli olduğu yerlerde kullanılmalıdır.

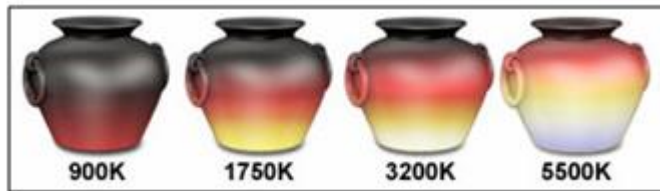
3. sınıf renksel geriverime sahip lambalar ise doğru renk görmenin önemli olmadığı fakat belirgin renk dönmelerinin istenmediği durumlarda kullanılmalıdır.

4. sınıf lambalar doğru renk görmenin önemli olmadığı ve renk dönmelerinin de fazlaca öneme sahip olamayan yerlerde kullanılırlar. Çizelge 2.4’ de renksel geriverim sınıflandırma tablosu görülebilir.

Çizelge 2.4. Renksel geriverim sınıflandırması.

RENKSEL GERİVERİM SINIFI		R_A
ÇOK İYİ	1A	$R_A > 90$
	1B	$80 < R_A < 90$
İYİ	2B	$70 < R_A < 80$
	3B	$60 < R_A < 70$
ORTA	3	$40 < R_A < 60$
KÖTÜ	4	$20 < R_A < 40$

Bir lambanın renk sıcaklığı, siyah cismin renginin lambanın yaydığı ışık ile aynı olduğu sıcaklığın Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) cinsinden değeridir. Şekil 2.4.’ de renk sıcaklığının cisimler üzerinde gösterimi görülmektedir (Özenç, 2007).



Şekil 2.4. Renk sıcaklığının cisimler üzerinde gösterimi (Ünal, 2009).

Renk sıcaklığı ise R_c olarak ifade edilirken, Uluslar Arası Aydınlatma Komisyonu (C.I.E.), renk sıcaklığını T_c , Renksel geriverimi de R_A olarak ifade etmiştir. Çizelge 2.5’ de ılık kaynaklarına ait renk sıcaklığı ve renksel geriverim değerlerinin C.I.E. standartları ile gösterim değerleri görülebilmektedir.

Çizelge 2.5. Işık kaynaklarına ait renk sıcaklığı ve renksel geriverim değerlerinin C.I.E. standartları ile gösterimi.

LAMBA TÜRÜ	R_A	T_c
Akkor lamba	1A	2700
Tungsten halojen lambalar	1A	3000
YB cıva buharlı lambalar	3	5500
Metalik halojenürlü lambalar	1A - 2	3000-6000
YB sodyum buharlı lambalar	1B - 4	2000-3000
Flüoresan		
Colour 93 deluxe 930 vb.	1A	3000
Colour 82 polylux 827 vb.	1B	2700
Deluxe wharmwhite 29 vb.	2	3000
Daylight 54	2	5400
Colour 29 wharmwhite 29 vb.	3	2900

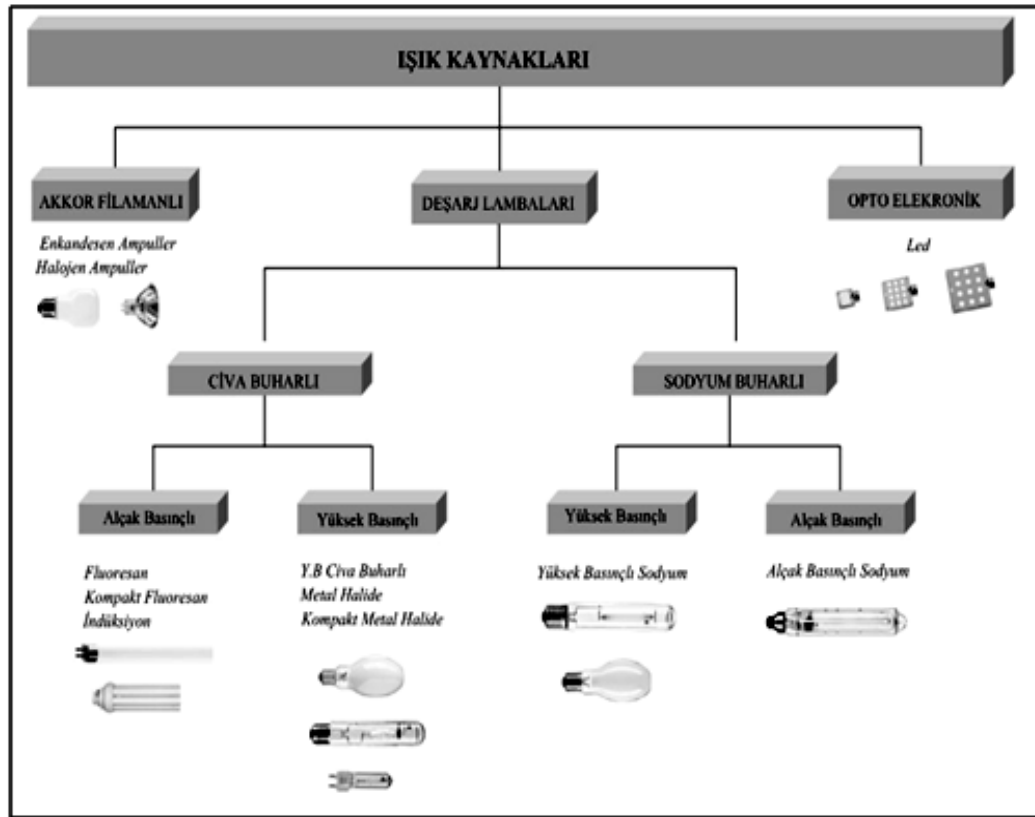
2.3.3 Enerji kayıpları

Lamba devrelerinde en önemli kayıplar manyetik balast devreleri üzerinde oluşan bakır ve demir kayıplarıdır. Bakır kayıpları balastın akımına, kullanılan bakırın kesitine ve uzunluğuna bağlı olarak değişir. Demir kayıpları ise, demir nüvenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir.

Enerji kayıpları yüksek basınçlı ılık kaynaklarında flüoresan sistemlere oranla oldukça sınırlı boyutlarda olmaktadır. Nedeni ise balast kayıplarının yüksek yoğunluklu deşarj lambalarında sistemin toplam devre gücünden daha düşük bir oranda olması ve çalışma frekansının flüoresan sistemlerdeki seviyelerde gerçekleşmemesidir.

2.4 Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması

Görünür bir ışınım üretmek üzere tasarlanmış cihazlara ışık kaynağı denir. Uygun bir aydınlatma tasarım için ortam ihtiyaçları ve geometrisi iyi etüt edilmeli, ışık rengi, renksel geri verim, lamba verimi, lamba ömrü, kayıplar, cihaz boyutları, bakım, kurulum, enerji maliyeti, gibi teknik ve ekonomik parametreler iyi hesaplanıp uygun ışık kaynağı tercih edilmelidir. Ayrıca ışık kaynakları seçilirken kalite ve verimlilik dikkate alınmalıdır (Ünal, 2009). Şekil 2.5’ de ışık kaynaklarının sınıflandırılması görülmektedir.



Şekil 2.5. Işık kaynaklarının sınıflandırılması (Özenç, 2007).

2.4.1 Enkandesan lambalar

İçindeki telin ısıtılması sonucu telin akkor hale gelmesi neticesinde etrafına ışık yayan lambalara enkandesan lambalar denir. Enerji verimliliği yönünden düşük değerlere sahip olan bu lambalar hem A.C. ve hem de D.C.’de kullanılabilmeleri, renksel geriveriminin çok iyi olması gibi bazı avantajlarından dolayı kullanım

alanlarının bir kısmını hala korumakta olup akkor telli ve halojen lambalar olarak ikiye ayrılırlar.

Dezavantajları,

- Uygulanan enerjisinin % 98-99' u ısıya geri kalan % 1-2' si ışık enerjisine dönüşür.
- Etkinlik faktörleri 1 W için yaklaşık 10-15 lümen gibi çok küçük değerlerdedir.
- Ömürleri kısadır.
- Bu ışık kaynakları (lambalar) dış aydınlatma amacına uygun değildir.

Avantajları ise,

- Renksel özellikleri mükemmel olup gün ışığına en yakın renksel geriverimi veren lambaların başındadır.



Şekil 2.6. Enkandesan lamba.

Bu lambalar çok iyi ekranlanmış armatürler içinde kısa süreli aydınlatmalarda kullanılabilir. Şu anda kullanımda olan akkor telli lambalı tesisatlar ömürleri sonunda standartlara uygun farklı bir lamba grubu ile değiştirilmelidir (CIE Pub. 12.2, 1977).

Piyasalardaki akkor telli lambaların renk sıcaklıkları 2400 °K ile 2850 °K arasında değişmektedir. Şekil 2.6' da enkandesan bir lamba görülmektedir.

Enkandesan lambalar grubu içinde yer alan halojen ampuller, tungsten telli lambalar olarak da bilinirler. Akkor telli lambalara göre daha etkin (10-20 Lümen/W) ışık verirler. Tellerin çift sarılmasıyla elde edilir. Dolgu gazı olarak Kripton (ısı iletim katsayısı çok düşük) kullanılır. Ancak Kripton gazı pahalı olduğundan genellikle Argon gazı kullanılır. Gaza metal iyonları içeren gazlar eklenirse halojen lambalar elde edilir

ve ömrü uzar. Hem A. C. Hem de D. C.'de kullanılırlar. Şekil 2.7' de halojen ampuller görülmektedir.



Şekil 2.7. Halojen ampuller.

2.4.2 Deşarj lambaları

Tamamen içinde gazların mevcut olduğu lambalardır. Anında ışık yayan lambalar değildir. Cıva ve Sodyum gazları ile içine çeşitli iyonlar eklenerek elde edilirler. Anot-katot arasına gerilim uygulandığında gazlar hızlandıkça anoda doğru hareket eder ve hızlanırlar. Bu durumda üç seçenek oluşur,

- Çarpma hızı düşükse elastik olarak ışıma yaparak düşerler,
- Elektronları hızlı olanı yavaş olana çarparak enerjisini çarptığı elektrona aktarır ve kendisi enerjisiz kalır,
- Elektronların hızı çok yüksekse iyonizasyon hızında yeni parçacıklar oluşur ve bu parçacıklar da enerjili olduklarından ışıma olur.

Bir deşarj lambası yukarıdaki üçüncü aşamaya geçiyorsa ömrü devam ediyor demektir. Bu lamba türlerinde elektronların hareketi sonsuz akıma doğru gider ve bu akımı sınırlandırmak için akım sınırlayıcı araçlar kullanılır. Bu araçlar,

- Endüktif balast,
- Kapasitif balast,
- Kaçak akımlı transformatörler,
- Çift endüktanslı balastlar,
- Transistor doğrultmalı akım sınırlayıcı.

Deşarj lambaları içindeki gazlara ilk hareketi vermek için ateşleme elemanları

kullanılmalıdır. Bu ateşleme elemanları,

- Yardımcı elektrotlar,
- Yangın ve patlama riski olan yerlerde iç ateşleme teli veya çizgisi,
- Dış ateşleme teli veya çizgisi (alçak gerilim starterleri).

Deşarj lambalarını sınıflandıracak olursak,

Cıva buharlı alçak basınç deşarj lambaları iç ve dış aydınlatma lambalarından en çok kullanılan lamba türleridir. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte uygun enerji tasarrufu da sağlamaktadırlar.

Kompakt flüoresan lambalar, alçak basınçlı cıva buharlı lamba olan flüoresan lambalar, deşarj lambaları içinde en çok bilinenidir. Flüoresan lambalar genellikle iç aydınlatmada bazen de sokak ve tünel aydınlatmasında kullanılırlar.

Akkor telli lambaların dezavantajlarını silmek için üretilen bu ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri akkor telli lambalara göre daha verimlidir (60 lm/W) ve ömürleri daha uzundur. Genellikle yerel ve küçük çaplı dış aydınlatma tesislerinde kullanılan bu lambaların çalışma karakteristikleri ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla bu lambalar dış ortam koşullarına uygun tiplerden seçilmeli ve çok iyi korumalı armatürler içine yerleştirilmelidir. Balastın lambanın içinde yer almadığı durumlarda standartlara uygun elektronik balastlar kullanılmalıdır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011; CIE Pub.12.2, 1977). Şekil 2.8’ de kompakt flüoresan bir lamba görülmektedir.



Şekil 2.8. Örnek kompakt flüoresan.

Tüp flüoresan lambalar, uzun ömürleriyle dikkat çeken bu ışık kaynakları kompakt flüoresanlar gibi çalışma karakteristikleri ortam sıcaklığından çok etkilenen

lambalardır. Verimli bir aydınlatma için kompakt flüoresanlar gibi bu lambalar da yine dış ortam koşullarına uygun olan tiplerden seçilerek iyi korumalı armatürler içine yerleştirilmelidir. Tüp flüoresan lambaları kompakt flüoresan lambalardan ayıran özellikleri uzun ömürleri ve etkinlik faktörleridir (80 lm/W). Şekil 2.9’da tüp flüoresan bir lambanın içyapısı görülmektedir.



Şekil 2.9. Tüp flüoresanın içyapısı.

Tüp flüoresan lambalar kesinlikle armatürsüz ve çıplak olarak kullanılmamalıdır. Uygun armatürler kullanılarak tamamen aydınlatılan yüzeye yönlendirilmelidir. Parıltıları oldukça düşük olan ve çıplak gözle bakılabilen bu lambalar sadece reklam ve görsel amaçlı aydınlatmalarda uygun düzenlemeler yapılarak kullanılmalıdır. Ayrıca bu lambalar kesinlikle yol, cadde, sokak, meydan aydınlatması amaçlı kullanılmamalıdır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011; CIE Pub.12.2, 1977). Şekil 2.10’ da flüoresan bir lamba görülmektedir.



Şekil 2.10. Örnek tüp flüoresan.

Cıva buharlı yüksek basınç deşarj lambaları etkinlik faktörleri 50 lm/W ve ömrü ortalama 6000 saat civarında olan beyaz ışık yayan lambalardır. Bu lambalar sadece park, bahçe gibi dış aydınlatma tesislerinde kullanılır. Avantajları,

- Ucuz ışık sağlar,
- Sarsıntı ve çarpmalara karşı dayanıklıdır,

- Ani ısı değişmelerine ve kısa süreli gerilim yükselmelerine karşı dayanıklıdır.

Dezavantajları,

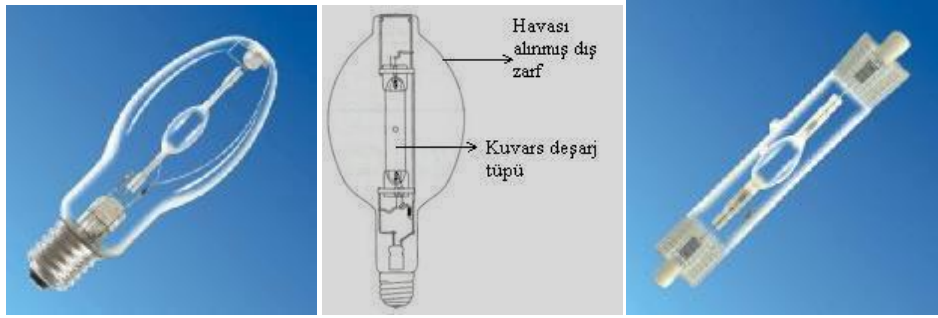
- Yanma süreleri uzundur (akım verildikten 5 dakika sonra tam ışığını verir),
- Özellikle kırmızıya bakan renkleri iyi göstermez,
- Bağlantıları zordur ve çalışabilmesi için yardımcı araçlara ihtiyaç duyar,
- İlk kuruluş masrafları fazladır,
- Kırılmaları halinde içindeki cıva buharı insan sağlığı için tehlikelere neden olur (philips.com). Şekil 2.11’ de yüksek basınçlı cıva buharlı bir lamba ve yapısı görölmektedir.



Şekil 2.11. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar ve yapısı.

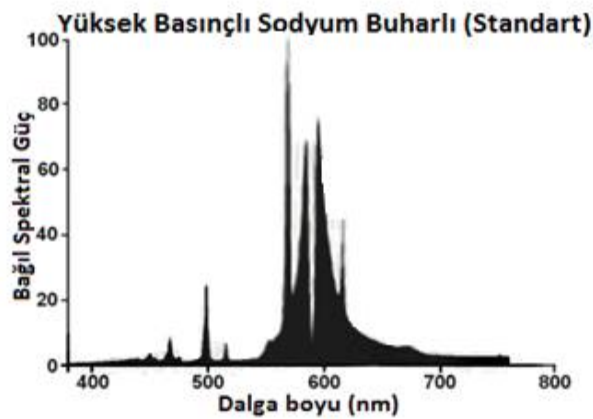
Metal halide lambalar cıva buharlı lambalara yakın renksel geri verim oranları teknolojik gelişmelere bağlı olarak % 90’lı oranlara ulaşmıştır. Bu sayede yüksek verime ve ışık akısına sahip projektörler kullanılmakla kalmamış, yüksek renk kalitesine de ulaşılmıştır. Şekil 2.12’ de metal halide lambalar ve yapısı görölmektedir.

Sodyum buharlı deşarj lambaları, yüksek basınçlı sodyum buharlı ve alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar olarak ikiye ayrılırlar. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar en uzun ömürlü ışık kaynaklarıdır. Şeffaf cam tüplü olanlarının etkinlik faktörleri 130 lm/W civarındadır.



Şekil 2.12. Metal halide lambalar ve yapısı.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda oluşacak ışık spektrumundaki dar ve tek renkli çizgilerin genişletilmesi için sodyumun yanında cıva da kullanılmış ve lamba basıncı arttırılmıştır. Böylece daha geniş bir ışık spektrumu elde edilerek renk kalitesi iyileştirilmiştir. Lambanın en dışı içten flüoresan madde ile kaplanmıştır. Bu sayede cıvanın genişlettiği ışık spektrumu dolayısıyla gözün göremeyeceği dalga boyunda oluşan ışık ışınları gözün görebileceği dalga boyuna dönüştürülür. Ancak renksel geriverimleri yine de kötüdür. Lambaya beyaza yakın rengini veren cıvadır (KOÜ, 2012). Şekil 2.13’ de yüksek basınçlı sodyuma buharlı bir lambanın ışık spektrumu görülmektedir.



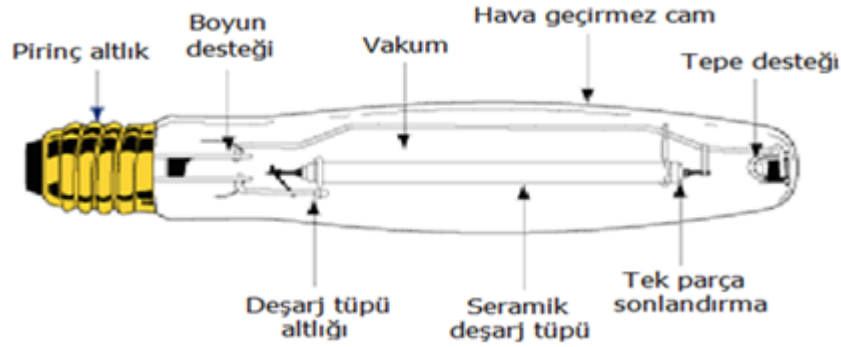
Şekil 2.13. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın ışık spektrumu (KOÜ, 2012).

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, kararlı çalışma durumunu sağlayabilmek ve sabit bir akım değeri elde etmek için AC gerilim kaynağına seri bağlı durumdaki endüktif bir balastla birlikte kullanılırlar.



Şekil 2.14. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar.

Güçleri 35 W ile 1000 W arasındadır. Ömürleri ise alçak basınçlı sodyum buharlılara göre daha uzundur. Ömürleri 24000 saate kadar çıkabilir. Ortalama ömürleri 20000 saate kadar çıkabilir.



Şekil 2.15. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların içyapısı.

Sodyumun yanında cıva da içerdiğinden, ömürlerinin tükendiğinde geri dönüşümleri alçak basınçlı sodyum buharlı lambalarinkinden daha zahmetlidir. Şekil 2.15’ de yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lambanın içyapısı görülmektedir.

Daha önceleri şehir içi yol, cadde, sokak, meydan aydınlatmalarının tamamında parlak beyaz-sarı renkte ışık yayan bu lambalar kullanılırken yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ateşleyicisiz tipi yeni tesislerde kesinlikle kullanılmamalıdır (Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011).

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar renk ayırımının önemli olmadığı tüm

tesislerde çevre ve yol aydınlatmalarında kullanılan yüksek etkinlik faktörlü ışık kaynaklarıdır. Bu lambalar kızgın elektrotlu alçak basınçlı ve alçak gerilimli deşarj lambaları olarak da bilinirler. İçinde oda sıcaklığında katı halde bulunan ancak sıcaklığı 250 ile 300 dereceye çıktığında buharlaşan sodyum maddesi vardır. Deşarj önce neon veya argon gazı gibi yardımcı bir gaz içinde meydana gelir. Bu nedenle tüp az miktarda asal gaz içerir. Kızgın elektrotlar baryum oksit kaplı tungstendir. Sodyum buharlı lambalar alternatif akım şebekelerinde kullanıldığından tüpün her iki ucunda aynı tip elektrot bulunur. 220 Voltluk şebeke gerilimi ateşlemeye yeterli değildir. Bu nedenle tüp içine elektrotları birbirine yaklaştırmaya yarayan madeni bir ateşleme teli konmuştur (Özkaya, 1990, 2000; Ünver, 1992).

Gerilim uygulandıktan sonra küçük ışıklı deşarj yolları oluşur ve ön deşarj başlar. İyonizasyonun başlamasıyla ön deşarj ana deşarjı başlatır, tüp ısınır, sodyum madeni buharlaşır ve ışıklı plazma dolgu gazından sodyum buharına geçer. Deşarj tüpü U şeklinde bükülmüş İridyum oksitle kaplanmış ve bir dış tüpün içine yerleştirilmiştir. İridyum oksit kızıl ötesi ışınları yansıtır. Daha önceden vakum edilen U şeklindeki tüp ise ısı kaybını azaltarak lambanın veriminin yükseltir.

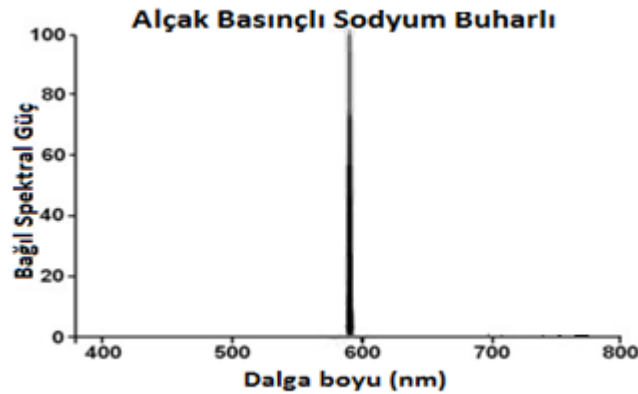
Tüpün nominal gerilimi 20 Volt iken tüp 220 Volt ile çalışabilecek şekildedir. Ancak kararlı çalışma gerilimi 50-60 Volt civarındadır. Kararlı çalışmada gerilim farkı balast tarafından karşılanırken ilk tutuşma geriliminin sağlanması için balast içine ayrıca konulmuş bir ateşleyici (ignitron) vardır (Yavuz, 2004). Çizelge 2.6' da alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların karakteristikleri görülmektedir.

Çizelge 2.6. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların karakteristik değerleri.

Lamba Gücü (W)	Balast Kaybı (W)	Işık Akısı (lm)	Etkinlik (lm/W) Balastlı Balastsız	Ortalama Parıltı (cd/cm ²)	Boyutlar mm çap boy
35	21	4650	82.....137	10	52....310
90	23	12500	110.....150	40	66....528
135	40	21500	123.....166	10	66....775

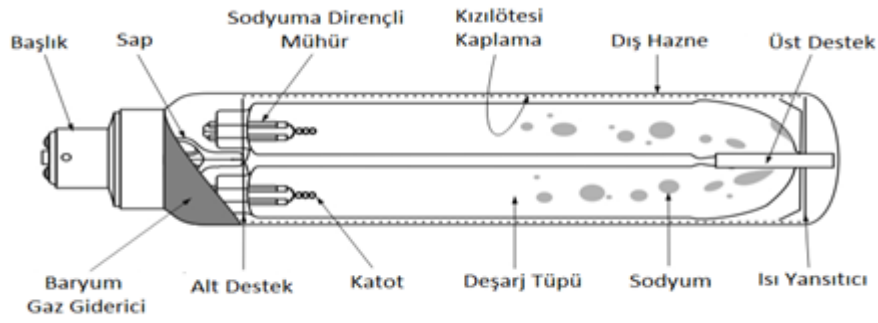
Bu lambalar ağırlıklı olarak ulusal ve uluslararası yollar, caddeler ve sokak aydınlatmalarının yanında limanlar, yükleme boşaltma alanları ve güvenlik aydınlatması için uygun lambalardır. Işık kirliliğinin birinci derecede önem taşıdığı doğal hayatın korunması gereken alanlarda, astronomi ve gözlemevleri etrafındaki yol, sokak, meydan aydınlatmalarında sadece alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar kullanılmalıdır (Özkaya, 2000).

Renksel geriveriminin çok iyi olmasından dolayı geniş alanların aydınlatılmasında ve iyi görüş elde etmenin önemli olduğu yerlerde çokça kullanılırlar. Ayrıca tek renkli ışığı dolayısıyla hareketi algılamaya daha elverişli olduğu için güvenlik uygulamalarında yine bu lambalar kullanılmaktadır. Bu lambalar verimleriyle dikkat çekmektedir. Şekil 2.16' da alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın ışık spektrumu görülmektedir.



Şekil 2.16. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın ışık spektrumu (KOÜ, 2012).

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların en önemli özelliği tüm lambalar içindeki en verimli lambalar olmalarıdır. Kaynağın giriş gücüne karşılık ürettiği görünür ışığa verim denir. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalara "en verimli lambalar" sıfatını kazandıran içindeki sodyumun ısıdığı zaman yalnızca görünür yani; insan gözünün en hassas olduğu (en iyi görebildiği) ışığı vermesidir. Bu durum alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın ışık spektrumu grafiğinde açıkça görülmektedir. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların verimleri 100 ila 200 lümen/Watt arasında değişir (KOÜ, 2012). Şekil 2.17' de alçak basınçlı sodyum buharlı bir lamba ve yapısı görülmektedir.



Şekil 2.17. Bir alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın içyapısı.

2.4.3 Deşarj lambalarının çalışma özellikleri

Lamba elektrotlarında herhangi bir ön ısıtmaya gerek duyulmadan deşarj lambalarında ilk gerilimsel atlamaları oluşturmaya ateşleme denir. Metal halide ve sodyum buharlı ışık kaynakları ilk ateşleme esnasında şebeke geriliminin çok daha üstünde bir ateşleme gerilimine ihtiyaç duyarlar. İhtiyaç duyulan bu yüksek gerilim ateşleyici tarafında darbeler halinde uygulanır. Ateşleyiciler de ani ve standart olmak üzere iki çeşittir. Ani ateşleyiciler ateşleme işlemini 1-5 saniyede gerçekleştirirken, standart ateşleyicilerin ateşleme süreleri 30 saniyeyi bulmaktadır. Bu da ani aydınlatma ihtiyacı olan ortamlar için sakıncalı durumlar oluşturabilir.

Işık kaynağının tam olarak ışık yayabilmesi için geçen süreye rejim süresi denir. Bu süre zarfında ampul içi sıcaklık ve basınç değerleri arzu edilen seviyeye gelir. Yani verimli ışık akısının yayılması rejim süresinin de sonu olmaktadır. Rejim süresi ışık kaynağının tipine, ateşleyicinin yapısına, çevresel faktörlere bağlı olarak farklılık gösterir.

Rejim süresinde en avantajlı lamba grubu anında ışık veren akkor filamanlı lambalar ile LED'lerdir. Bu lamba grubunu flüoresan ışık kaynakları takip eder. Flüoresan ışık kaynaklarını ise sırasıyla yüksek yoğunluklu deşarj lambaları olan sodyum buharlı ve cıva buharlı lambalar takip eder.

2.5 Parıltı ve Flicker Etkileri

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki görme olayı tek veya birkaç parametre ile

ifade edilemez. Her şeyden önce insanların her birinin görme yeteneği farklı olup ortalama bir görme yeteneği dikkate alındığına parıltı, kamaşma, adaptasyon, flicker gibi birçok çevresel faktörün etkisini görme olayını etkiler. Bu parametreler incelenerek flicker ve etkisi yorumlanmalıdır.

2.5.1 Parıltı (L)

Işık kaynağı ne olursa olsun gözün görme dercesine parıltı denir ve her insanın görme derecesi farklı olduğundan kişiden kişiye değişir. Dolayısıyla aydınlık düzeyi sabit bir ortamda farklı görme düzeyleri oluşabilir.

Parıltı aynı zamanda “görsel gürültü”dür. İnsan gözünü rahatsız edecek düzeydeki parlaklık olarak algılanır. Parıltı kamaşmaya neden olur. Dolayısıyla normal şartlarda görülebilen bir nesne veya ortam gözdeki bu rahatsız edici durumdan dolayı az görülebilir veya hiç görülemeyebilir.

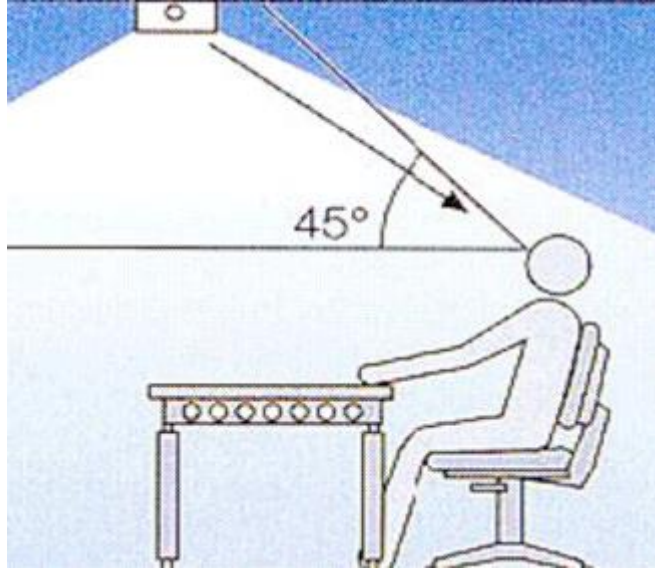
Parıltı “L” harfi ile gösterilir. Birimleri Candela/m² (cd/m²), nit(nt) ve stilb (sb) gibi birimlerdir. Bu birimler ışık kaynağı AR-GE’ cileri tarafından sıklıkla kullanılan birimlerdir. Ancak uygulamada genellikle “cd/m²” ve “nit” kullanılmaktadır. Parıltı;

$$L = \frac{I}{S} \quad (2. 7)$$

Şeklinde ifade edilir.

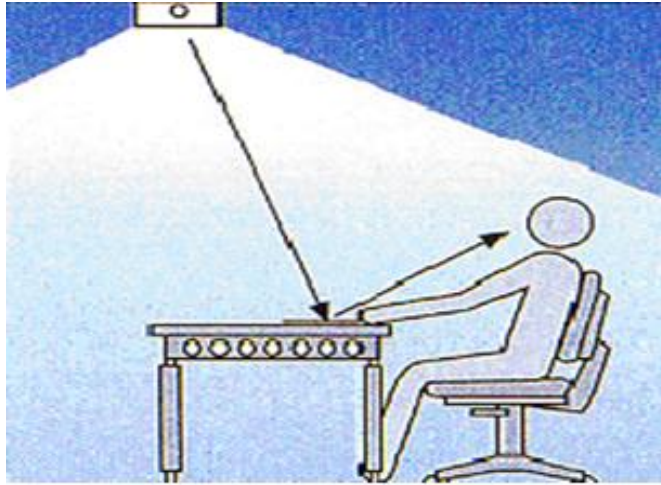
Parıltı, görünen alandan çıkan ışık şiddeti olarak da tanımlanabilir. Görünen alanda direkt göze gelen birincil ışık kaynaklarının yanında yansarak gelen ve diğer ışık kaynaklarından gelen ikincil ışık kaynakları da parıltı değerinin içindedir. Bu durumda parıltıyı direkt parıltı ve yansımali parıltı olmak üzere ikiye ayrılabiliriz.

Direkt parıltı; iyi tasarlanmadan monte edilen armatürlerin sebep olduğu aşırı ışıktan kaynaklanmaktadır. Parıltı, armatürden başlayan ışık huzmesinin yayılma açısı 45 derecedeyken kritik durumda söz konusudur. Şekil 2.18’ de direkt parıltının meydana gelmesi görülmektedir.



Şekil 2.18. Direkt parıltının meydana gelmesi (Işık, 2003).

Yansımali parıltıda ise, güneş ışığı ve diğer aydınlatma armatürleri ile yüzey yansımalarından (özellikle de parlak yüzeyler) meydana gelmektedir (Erdem, 2007). Şekil 2.19’ da yansımali parıltının meydana gelmesi görülmektedir.



Şekil 2.19. Yansımali parıltının meydana gelmesi (Işık, 2003).

2.5.2 Kamaşma

Parıltı değerlerinin aşırı derecede yüksek olması veya ışık kaynağından yayılan ışınların direkt olarak göze gelmesi ve gözü rahatsız etmesi olayına kamaşma denir. Kamaşmayı otaya çıkaran faktörler ışık kaynağının aşırı ışıması, arka plan ışıklılığı, ışık kaynağının boyutları gereğinden büyük olması ve konumudur. Kısaca kamaşma

parıltının olumsuz bir sonucudur.

Geceleyin sokak lambalarından gelen ışığı yansıtan ıslak yol zeminleri trafik akışında gece görüşünü zorlayarak kamaşma ve parıltılara sebep olur. Bu kamaşma ve parıltılara neden olan başlıca aydınlatma armatürleri, sokak ve kaldırım lambaları, projektörler, peyzaj aydınlatma armatürler ve parlak reflektörler olarak örneklendirilebilir (Ünver, 1992).

Yukarıda sayılan bu tür armatürlerin gelişigüzel olarak kullanılmaması sürücülerin ve taşıdıkları insanların güvenliği açısından son derece önemlidir.

Kamaşma türleri,

- Konforsuzluk Kamaşması: Yalnızca kişide rahatsızlığa neden olan kamaşmadır.
- Yetersizlik Kamaşması: Nesnelerde ve ortamda görsel algılamayı bozan ve ayrıntıların görülmesini engelleyen kamaşmadır.
- Köreltici Kamaşma: Görmeyi kısa süreli de olsa engelleyen kamaşma türüdür.

Göze zarar veren kamaşma sayısal olarak ölçülmemiştir. Ancak bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

İnsanda fiziksel ve psikolojik rahatsızlık uyandırabilecek etkiye sahip olan kamaşmanın engellenebilmesi için ışık kaynağının ışıklığı azaltılmalı, ışık kaynağı etrafındaki arka zemin ışıklığı arttırılmalı veya hedef açısının ayarlanmasına gidilmelidir.

2.5.3 Adaptasyon

Gözün değişik değerlerdeki aydınlık düzeylerine ve parıltılara uyma yeteneğine "adaptasyon" denir. Karanlık adaptasyonu ve aydınlık adaptasyonu olmak üzere iki tip adaptasyon vardır. Karanlık adaptasyonu aydınlık bir ortamdan karanlık bir ortama geçişteki adaptasyona, aydınlık adaptasyonu ise; karanlık bir ortamdan aydınlık bir ortama geçişteki adaptasyona denir. Aydınlık adaptasyonu kısa sürelerde gerçekleşirken

karanlık adaptasyonu daha uzun sürelerde gerçekleşir.

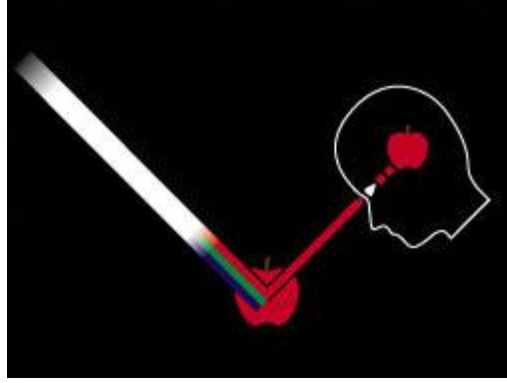
Adaptasyon, gözbebeği boyutunun fotokimyasal ve sinirsel mekanizmalarla büyüyüp küçülmesi ile açıklanabilir. Çok karanlık olmayan ortamlarda karşılaşılan adaptasyona α -adaptasyonu denir. Bu hızlı adaptasyon kabiliyetini sağlayan sinirsel mekanizma ağ tabakadaki sinirlerle beyindeki görme sinirlerinin karşılıklı etkileşimleri ile gerçekleşir. Bu adaptasyon göz duyarlılığında yaklaşık 1/50'lik bir değişim oranına denk gelir (Onaygil, 1990).

Adaptasyon özellikle yapılan yol aydınlatmalarında ve tünel aydınlatmalarında hayati bir öneme sahiptir. Özellikle de aydınlatmanın bitip karanlığa girildiğinde oluşan “karanlık adaptasyonu” süreleri uzadığında sürücüler için tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir. Bu tehlikeli durumları önlemek için aydınlatmanın bitmesine yakın ışık miktarları kademeli olarak azaltılıp gözün adaptasyonuna yardımcı olunabilir.

2.5.4 Renk sıcaklığı ve renksel geriverim

Renklerin algılanması sırasında ışık cisimler tarafından yansıtılır, yansıtılan ışık göz tarafından algılanarak beyne iletilir beyin bu algıları yorumlar. Gözlerimizin algıladığı ışık retinada sinirsel sinyallere dönüştürülerek buradan optik sinirler yardımıyla beyne iletilir. Göz üç temel birleştirici renk olan yeşil, kırmızı ve mavi renge tepki verir. Beyin diğer renkleri bu renklerin değişik tonları olarak algılar. Bu algı fiziki ortamın şartlarına göre değişir. Yani aynı renkler günışığında farklı gece araç farının altında farklı algılanacaktır. Ancak gözümüzün uyum yeteneği sayesinde her iki durumda da aynı renk olarak algılanmış olacaktır. Şekil 2.20’ de ışık ve renklerin algılanması görülmektedir.

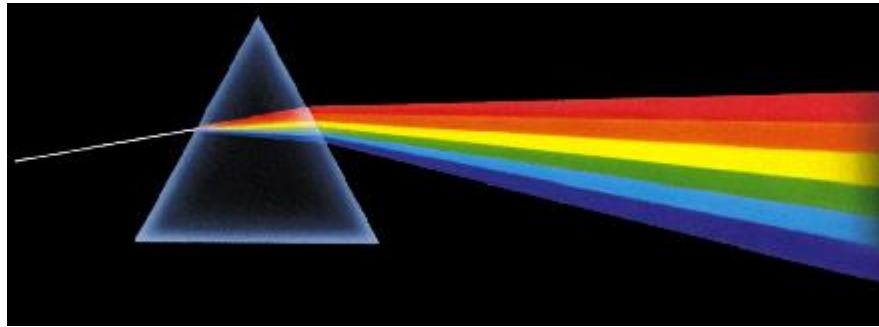
Canlılar bir cismi veya ortamı gözlerine nesnenin yansıttığı ışık ile uyarıldığı zaman görür ve bunu bir renk olarak algırlar. CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) 380 nm ile 780 nm arasındaki dalga boylarını “görülebilir” ışık olarak belirlemiştir. İnsanlar güneşin en tepe noktasındaki ışığı “Beyaz” olarak algırlar. Ancak; bu beyaz ışık 400 nm’ den mavi ve 700 nm’ den ise kırmızının kombinasyonları olarak algılanır (Dedeoğlu, 2006).



Şekil 2.20. Işık ve renklerin algılanması (Dedeoğlu, 2006).

Kısaca, insanlar renkleri iki durumda algılar. Işık yayan bir cismin rengini “direkt renk” ve aydınlatılmış bir cismin rengi “yansıyan renk” olarak algırlar. Buradan anlaşılacağı gibi ışığın rengi dalga boyu ile alakalıdır. Işığın insan gözü ile görülebilen en küçük dalga boyu (λ) 380 nm’ nin altındaki değerler Ultraviyole-Morötesi (UV) ve en büyük dalga boyu (λ) 780 nm’ nin üstündeki değerler ise İnfrared-Kızılötesi (IF) ışınlar olarak adlandırılır. Ancak insanın görme duyarlılığının en yüksek olduğu dalga boyu (λ) ise 555 nm olan yeşil rengidir.

Bu değer normal görebilen insanlar için $V=1$ ’ dir ve bu değer renk körleri için 1 başka bir dalga boyudur. Şekil 2.21’ de ışık spektrumu gösterilmiştir.



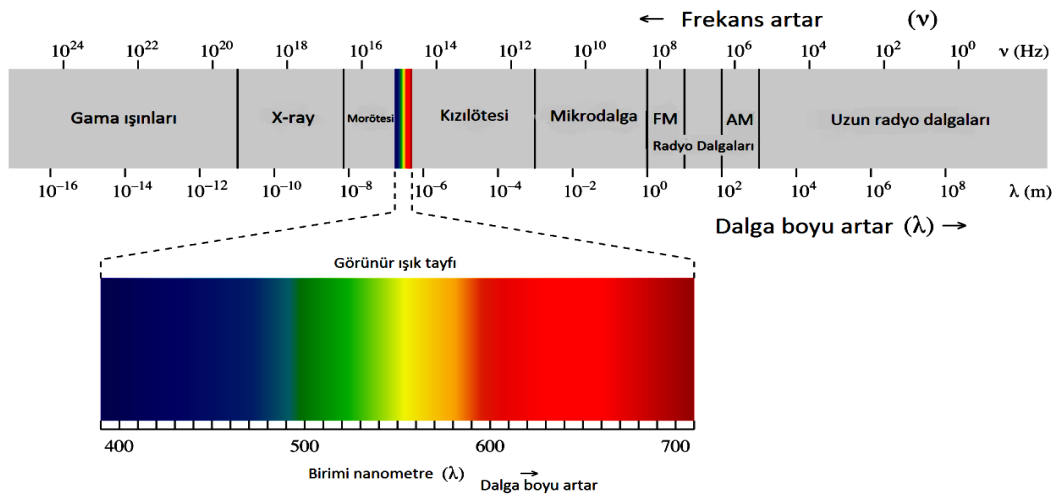
Şekil 2.21. Işık spektrumu ve beyaz ışığın kırınımı.

Işık kaynağının görünen rengine “Işık Rengi” denir. Işığın farklı renkleri ise farklı ışık frekanslarında meydana gelen farklı elektromanyetik yapıdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu frekanslar çok yüksek değerlere sahiptir (İmal, 2007).

Çizelge 2.7. Renk sıcaklığı ile ışık rengi arasındaki bağlantı.

Ultraviyole 100	380nm
Mor 380	436nm
Mavi 436	495nm
Yeşil 495	566nm
Sarı 566	589nm
Turuncu 589	627nm
Kırmızı 627	780nm
Kızılötesi 780	10.000nm

Üzerine düşen ışığın tüm dalga boylarını yansıtan cisim beyaz, tüm dalga boylarını yutan ve yansıtmayan cisim de siyahtır. Beyaz ve siyah aslında renk değildir. Sadece renklerin dalga boylarıdır. Bu durum diğer renkler içinde aynıdır. Bu dalga boyları Çizelge 2.7’ de gösterilmiştir.

**Şekil 2.22.** Elektromanyetik tayf, görünür ışık ve dalga boyları.

Normalde beyaz olarak algılanan günışığı gerçekte çok sayıda rengin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Güneş ışığı beyaz renk olarak algılanırken gerçekte çok sayıda renkten meydana gelmiştir. Şekil 2.22’ de elektromanyetik tayf, görünür ışık ve dalga boyları görülmektedir.

Sir Isaac Newton (1666), ışık ısısını bir prizma içinden geçen ve prizma çıkışında

gökkuşağının tüm renklerini verdiğini ispatlamıştır. Kırmızı, mavi ve yeşil üç ana rengi oluşturmaya karşın karışımları ise, sarı, turuncu, kahverengi, siyah gibi diğer renkleri oluşturmaktadır. Bu renklerin maviye bakan tanları “soğuk renkler”, kırmızıya bakan renkler ise “sıcak renkler” olarak tanımlanmıştır (İmal,2007). Şekil 2.23’ de renk sıcaklıkları görülmektedir.



Şekil 2.23. Renk sıcaklıkları.

Renk sıcaklığı 3300 ⁰K’den küçük ışık kaynakları “sıcak”, 3300 ⁰K’ ile 5300 ⁰K arası renk sıcaklığı olan ışık kaynakları “ılık” ve 5300 ⁰K’den büyük renk sıcaklığına sahip ışık kaynakları ise “soğuk” ışık kaynakları olarak ifade edilir (Manav, 2005). Çizelge 2.8’ de renk sıcaklığı ile ışık rengi arasındaki bağıntı verilmiştir.

Çizelge 2.8. Renk sıcaklığı ile ışık rengi arasındaki bağıntı.

Renk Sıcaklığı (⁰ K)	Işık Rengi
<3300	Sıcak (Kırmızımsı beyaz)
3300–5300	Orta (Beyaz)
>5300	Soğuk (Mavimsi beyaz)

3. YOL AYDINLATMASI

Yol aydınlatmasının kural ve kaidelerinin iyi anlaşılması için yol kavramı, yolların ulusal ve uluslar arası sınıflandırılması ile standartlarının iyi bilinmesi gerekir. Bu sayede verim ve standart çalışmalarına da katkı sağlanmış olur.

Yol aydınlatmasında dikkat edilmesi gereken en önemli faktör görsel algılamanın iyi olmasıdır. Güvenli bir yol aydınlatması hem kazaların önlenmesinde hem de suç oranının azalmasında önemli rol oynayacaktır. Yol üzerindeki ışık ve görsel algılama yetersizliği sonucunda dikkatsizlik etkisi oluşur bu da kazalara yol açar.

Yol aydınlatmasında standartlara uyulmalı, yolun tüm noktalarının mümkün olduğunca eşit düzeyde algılanması sağlanmalı, ışık eşit düzeyde ve düzgün dağılmalı, yakın çevre de gerektiğinde aydınlatılmalı ve gözde oluşabilecek kamaşmalar engellenmelidir (Yavuz, 2004).

3.1 Yol Kavramı ve Sınıflandırılması

Kısaca; trafik için insanların yararlanmasına açık olan arazi şeridi, köprü, tünel, viyadük, otoyol gibi yaya ve araç trafiğine uygun tüm alanlara yol denir. Yol kavramı tanımdan anlaşılacağı üzere geniş bir tanımlama alanına sahiptir. Burada esas öncelikli olan çalışmanın yapılacağı alanlar olmalıdır.

Yol kavramının ulusal ve uluslar arası sınıflandırılmaları mevcuttur. Ancak bu standartların yanında öncelikle şehir içi ve şehirlerarası yollar olarak bir sınıflandırma yapılacaktır.

3.1.1 Şehir içi yol kavramı

Konutlar ve işyerleri için ayrılmış köy, mahalle ve şehrin mesken olarak kullanılan alanlarında ulaşımın sağlanmasını karşılayan tüm yollar şehir içi yollardır. Bu yollar müstakil yapılar, siteler, ofisler, oteller, apartmanlar, küçük ve orta ölçekli sanayi bölgelerini kapsarlar. Bulvar, cadde, sokak ve yaya yolları bu kapsamda tanımlanır. Ayrıca hız limitlerinin düşük olduğu yollardır.

3.1.2 Şehirlerarası yol kavramı

Hız limitlerinin genel olarak yerleşim yerleri ve sanayi bölgeleri dışında yüksek olduğu, ağırlıklı olarak da araç trafiğinin ön plana alındığı yollardır.

Şehirleri birbirine bağlayan çift yönlü yollar, bölünmüş yollar ve otoyollar bu kapsamda değerlendirilen yollardır.

3.2 Yol Aydınlatması Uygulamaları için Ulusal ve Uluslararası Yönetmelik ve Standartlar İncelenmesi

Nesnelerin görülmesi hayati önem taşıyan yollarda aydınlatmanın yeterli güvenlik ve konfor gereksinimlerinin karşılanması için ulusal ve uluslar arası standartlar belirlenmiştir. Her ulusal kurum kendi alanı ile ilgili standartları belirlerken kendi ulusal imkânlarla birlikte uluslararası standartları esas almaktadır.

Gözlemcinin ve bazen de görülmesi gereken cismin hareketli olduğu yol aydınlatmalarında gerekli güvenlik ve görsel konfor gereksinim koşullarının sağlanabilmesi için çok dikkatli davranılmalıdır. Karayolları Genel Müdürlüğü' nün sorumluluğundaki şehir dışı ve şehir içi yollar ile otoyol ve bölünmüş yollarda Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)'nin 1977 tarihli ve 12-2 no.lu "Trafik Yollarının Aydınlatılması için Öneriler" adlı yayınındaki öneriler uygulanmaktadır. Ayrıca; CIE (1995), "Motorlu ve Yaya Trafikli Yolların Aydınlatılması için Öneriler" adı altında 115 no.lu yeni teknik raporundan da yararlanılmıştır. Yol aydınlatması ve görüş koşulları konusunda gerçekleştirilen yeni araştırma sonuçlarına göre yeniden düzenlenen bu önerilerin de ulusal koşullara uyarak teknik şartname ve yönetmeliklere eklenmesi gerekmektedir (CIE, 1980; Onaygil, 2001). Çizelge 3.1' de farklı yol tipleri için aydınlatma sınıfları gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Farklı yol tipleri için aydınlatma sınıfları (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2011).

Yolun Tanımı	Aydınlatma Sınıfı
Bölünmüş yollar, ekspres yollar, otoyollar, (otoyola giriş ve çıkışlar, bağlantı yolları, kavşaklar, ücret toplama alanları) Trafik yoğunluğu ve yolun karmaşıklık düzeyi (Not:1), Yüksek..... Orta..... Düşük.....	M1 M2 M3
Devlet yolu ve il yolları (tek yönlü veya iki yönlü, kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri ve çevre yolları dahil) Trafik kontrolü (Not: 2) ve yol kullanıcılarının (Not: 3) tiplerine göre ayrımı (Not: 4), Zayıf..... İyi.....	M1 M2
Şehir içi ana güzergâhlar (bulvarlar ve caddeler), ring yolları, dağıtıcı yollar Trafik kontrolü (Not :2) ve yol kullanıcılarının (Not: 3) tiplerine göre ayrımı (Not: 4), Zayıf..... İyi.....	M2 M3
Şehir içi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları) Trafik kontrolü (Not: 2) ve yol kullanıcılarının (Not: 3) tiplerine göre ayrımı (Not: 4), Zayıf..... İyi.....	M4 M5
Not : 1-)Karmaşıklık yolun geometrik yapısını, trafik hareketlerini ve görsel çevreyi içerir. Göz önünde bulundurulması gereken faktörler, şerit sayısı, yolun eğimi, trafik ışık ve işaretleri.	
Not : 2-) Trafik kontrolü, yatay ve düşey işaretlemeler ve sinyalizasyon ile trafik mevzuatının varlığı anlamında kullanılmıştır. Bunların olmadığı yerlerde trafik kontrolü zayıf olarak adlandırılır.	
Not : 3-) Kullanıcılar , motorlu araçlar (kamyon, otobüs, otomobil vb.), bisiklet, yavaş araçlar ve yayalar.	
Not : 4-) Ayrım, tahsisli yol (her bir trafik cinsinin kullanacağı şeridin kesin olarak ayrıldığı yerler, otobüs yolu, bisiklet yolu vb.)	

Bölünmüş Yol (Tek Yönlü Yol): Taşıt yolunun yalnız bir yöndeki taşıt trafiği için kullanıldığı karayoludur.

Ekspres Yol: Sınırlı erişime kontrollü ve önemli kesişme noktalarının köprülül

kavşak olarak teşkil edildiği bölünmüş karayoludur.

Otoyollar: Özellikle transit trafiğe tahsis edilen belirli yerler ve şartlar dışında geçiş ve çıkın yasaklandığı, yaya, hayvan ve motorsuz araçların giremediği, ancak izin verilen motorlu araçların yararlandığı ve trafiğin özel kontrole tabi tutulduğu erişme kontrollü karayoludur.

İki Yönlü Yol: Taşıt trafiğinin her iki yönde kullanıldığı karayoludur.

Geometrik Yapı: Yolun sınıfına göre tasarım şeklidir (yolun genişliği, şerit sayısı, yatay ve düşey eğim, yolun proje hızı vb.).

Trafik Yoğunluğu: Yayaların, hayvanların ve araçların karayolları üzerindeki hareketleridir.

Trafik Güvenliği: Karayolları Trafik Kanunu ve buna dayanılarak çıkartılan ilgili mevzuat.

Kullanıcılar: Motorlu taşıtlar, motorsuz taşıtlar, yayalar ve hayvanlardır.

Kavşak: İki veya daha fazla yolun kesişmesi veya birleşmesi ile oluşan ortak alandır.

Bağlantı Yolu: Bir kavşak yakınında karayolu taşıt yollarının birbirine bağlanmasını sağlayan, kavşak alanı dışında kalan ve bir yönlü trafiğe ayrılmış olan karayolu kısmıdır.

Şehir içi ve şehirlerarası yol kavşak alt geçitler ve tünellerin aydınlatılmasına da özen gösterilmelidir. Özellikle kavşak ve alt geçitlerin aydınlatılmaları yol güvenliği ve suçların önlenmesi açısından çok önemlidir. Tünellerin ise gece ve gündüz aydınlatmaları uzman kişilerce projelendirilmesi gereken bir uygulamadır. Bunun yanında her tünel ve alt geçidin geceleyin en az yaklaşılan yolun ortalama parlaltı düzeyinde, bu değerin üç katını aşmayacak şekilde aydınlatılması zorunludur.

Tek renkli (monokromatik) altın sarısı ışınlama yapan alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların renk özellikleri açısından yerleşim ve yaya trafiği olan şehir içi yollarda kullanılması çok doğru değildir. Ancak; ışınlar tek bir filtre ile elimine edilebildiğinden, ışık kirliliğinin önlenmesi gereken doğal çevre ve astronomi gözlemvleri etrafındaki yol, sokak, meydan, alan aydınlatmalarında kullanılmaları zorunlu olan tek lamba grubudur (CIE, 1980, 1995; Onaygil, 2001).

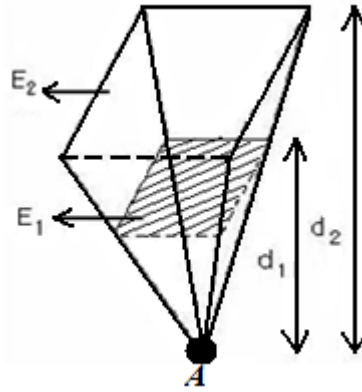
3.3 Yol Aydınlatma Hesabı

Hesaplar simetri koşulları dikkate alınarak yolun bütününe temsil edecek en küçük alanda yapılmalıdır. Aynı taraftaki iki armatür arasında kalan bölgede hesap yapmak genellikle yeterli olmaktadır.

Genel ve Dış Ortam Aydınlatmasının Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler, Ters Kare Kuralı, Lambert Yasası ve Kosinüs Yasasına bu kısımda yer verilmiştir.

3.3.1 Ters kare kuralı

Bir çalışma alanındaki aydınlık düzeyi, çalışma alanı ve ışık kaynağı arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılıdır (Özkaya, 2000). Şekil 3.1’ de ters kare kuralının bir piramit üzerinde açıklanması görülmektedir.



Şekil 3.1. Ters kare kuralının bir piramit üzerinde açıklanması.

A noktasındaki ışık kaynağının Işık şiddeti “I” olarak ifade edildiğinde, bu durumda d_1 uzaklığındaki aydınlık düzeyi;

$$E_1 = \frac{I}{d_1^2} \quad (3.1)$$

Olur. d_2 mesafesindeki aydınlık düzeyi ise,

$$E_2 = \frac{I}{d_2^2} \quad (3.2)$$

Şeklinde olur. Birbirinden farklı bu mesafelerdeki aydınlık düzeylerini oranlayacak olursak,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (3. 3)$$

Sonucu çıkar.

Sonuç olarak noktasal bir ışık kaynağından belli bir doğrultuda gelen ışık şiddeti (I) bu doğrultuya dik düzlemlerdeki aydınlık düzeylerinin kaynağa olan uzaklıklarının karesi ile ters orantılıdır denir ve “Ters Kare Kuralı” olarak ifade edilir (Özkaya, 2000).

3.3.2 Lambert yasası

Parıltısı her doğrultuda sabit olmak üzere ışık yayan yüzeylere “İdeal Dağıtıcı Yüzey” denir. Bir yüzey ışığı Lambert yasasına uygun bir şekilde yansıtıyorsa genellikle mükemmel denilebilecek derecede görülebilir. Bu yüzeye Lambert yasasına göre ideal ışık yayan yüzey denir (Özkaya, 2000, 1990). Bu duruma en güzel örnek güneştir.

Lambert yasasına göre ideal yansıtıcılı yüzeyden yansıyan ışık akısı;

$$\Phi = \pi \cdot L \cdot S \text{ (Lümen)} \quad (3. 4)$$

Formülü ile hesaplanır.

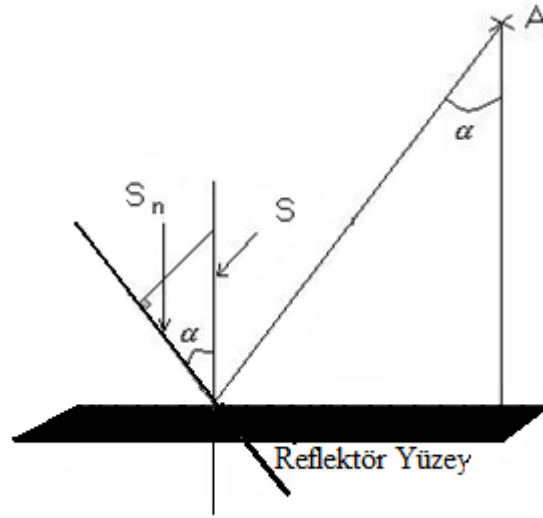
$$L = \text{Yüzeyin parıltısı (cd/m}^2\text{)} \quad (3. 4a)$$

$$S = \text{Yüzey alanı (m}^2\text{)} \quad (3. 4b)$$

Işık kaynağı ışığını α açısı ile yansıtıyorsa bu durumda ışık şiddeti,

$$I_\alpha = L \cdot S_n = L \cdot S \cdot \cos \alpha \text{ (cd)} \quad (3. 5)$$

Şeklinde bulunur. Şekil 3.2’ de Lambert yasasının parametrelerinin verildiği şekil görülmektedir.



Şekil 3.2. Lambert yasasına ilişkin gösterim.

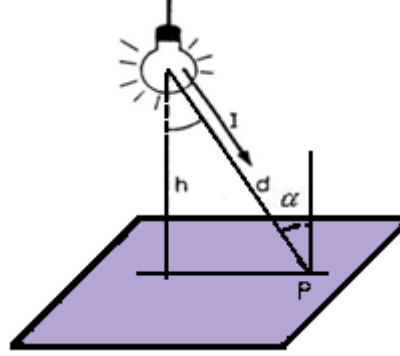
3.3.3 Kosinüs yasası

Yüzeyin normali ile gelen ışık doğrultusu arasındaki açı α ise, yüzey üzerindeki bir P noktasının aydınlık düzeyi, bu nokta doğrultusundaki ışık şiddetinin ışık kaynağı ile nokta arasındaki uzaklığın karesine bölümünün α açısının kosinüsü ile çarpımına Kosinüs yasası denir.

Bu ifade “Kosinüs Yasası” olarak tanımlanır. “Noktasal Aydınlatma Formülü” olarak ta adlandırılır.

Kosinüs yasası noktasal aydınlatma formülü (Point-Point metodu), nokta nokta hesaplama yöntemi de denilen bu dış aydınlatma hesap yöntemi, en sık ve yaygın kullanılan yöntemdir. Bu metotla projektörün odaklandığı nokta ve aydınlatma düzeyi nokta esas alınarak hesaplamalar gerçekleştirilir. Az sayıda projektör ve az sayıda nokta için yapılan hesaplamalar manüel olarak gerçekleştirilebilse de çok sayıda projektör için yapılan hesaplamalar bilgisayar ve yazılım gerektirmektedir.

Noktasal aydınlatma formülü kullanılırken aydınlık düzeyinin yatay ve düşey bileşenleri, stadyum ve halı saha aydınlatmalarında yatay ve yarı-silindirik aydınlık düzeyleri de dikkate alınmalıdır.



Şekil 3.3. Kosinüs yasasına noktasal ve yatay aydınlatmaya ilişkin gösterim.

Noktasal aydınlatma formülü;

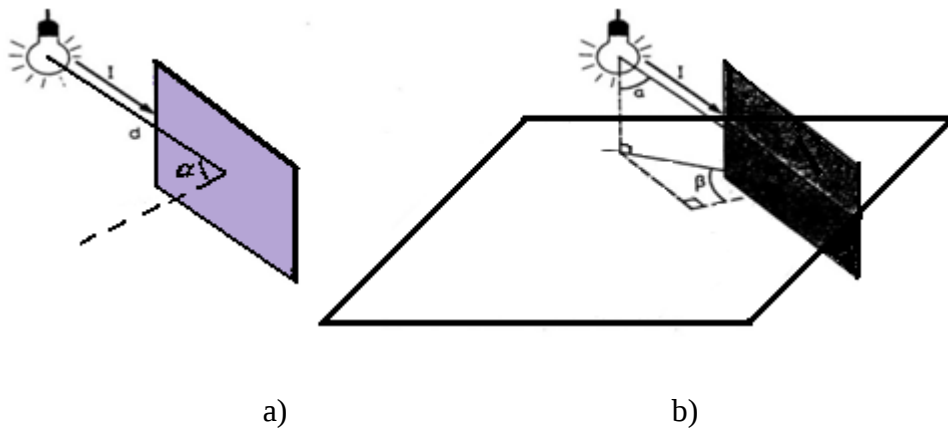
$$E_P = \frac{I_\alpha \cdot \cos \alpha}{d^2} \quad (3.6)$$

Olarak hesaplanır.

Şekil 3.3' de görülen alanın kosinüs yatay aydınlatma formülü, yatay aydınlatma formülü noktasal aydınlatma formülünden türetildiğinde;

$$E_y = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha \quad (3.7)$$

Elde edilir.



Şekil 3.4. Kosinüs yasasına dikey aydınlatmaya ilişkin gösterim.

Kosinüs yasası dikey aydınlatma için E_{dikey} iki türlü bulunabilir. Birincisi; ışık

aydınlatmanın yapılacağı düzleme direkt olarak belli bir açı ile geliyorsa, Şekil 3.4 (a)' da görülen durumda $E_{düşey}$ ' nin formülü;

$$E_{düşey} = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} \quad (3.8)$$

Şeklinde bulunur.

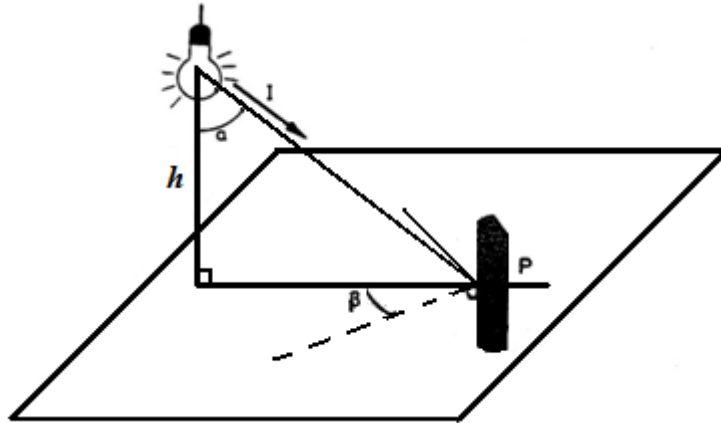
İkincisi, ışık düzleme yatayla da belli bir açı ile geliyorsa Şekil 3.4 (b)' de görülen durumda,

$E_{düşey}$ 'nin formülü,

$$E_{düşey} = \left(\frac{I}{h^2} \right) \cdot \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos \beta \quad (3.9)$$

Şeklinde bulunur.

Kosinüs yasası yarı silindir düşey aydınlatma formülü özellikle spor tesisi, stat, halı saha, park-bahçe aydınlatmasında kısaca insan yüzlerinin belli bir uzaklıktan seçilebilmesinin gerektiği tesisler için yarı-silindirik aydınlık düzeyinin hesaplanması çok önemlidir (Özkaya, 2000).



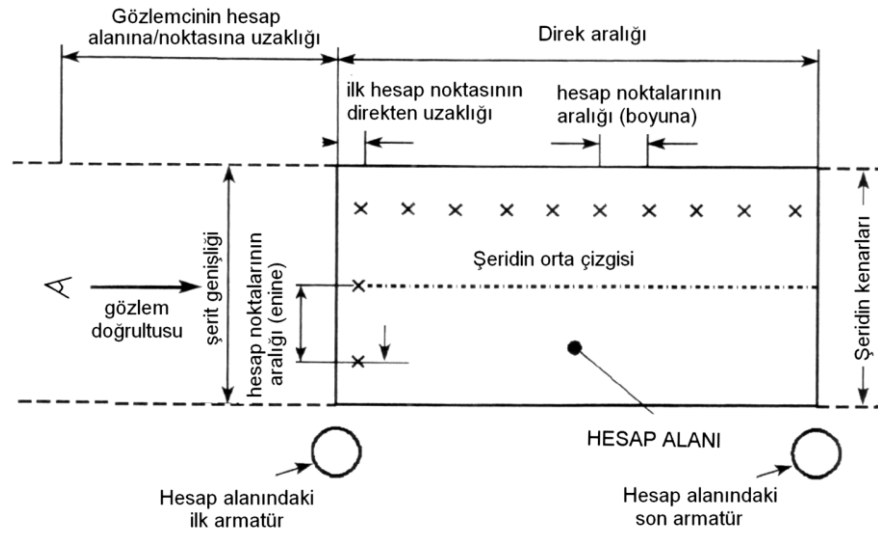
Şekil 3.5. Kosinüs yasasına yarı-silindirik aydınlatmaya ilişkin gösterim.

Şekil 3.5.' de görülen düşey duran bir yarı-silindirin sonsuz sayıdaki yüzey elemanı üzerindeki aydınlık düzeyi aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$E_{yarı-sil.} = \left(\frac{I}{\pi \cdot h \cdot r^2} \right) \cdot \{ \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha (1 + \cos \beta) \} \quad (3.10)$$

3.3.4 Yol aydınlatma hesap alanı

Hesap yapılacak alanın sınırları kaç nokta için hesap yapılacağı, noktaların birbirlerinden her iki eksende aralıkları, yol üzerindeki konumları ve gözlemcinin her bir noktanın hesabında nereye konumlandırılacağı standart ve yönergelerde belirtilmiştir. Hesap alanını tanımlayan bu büyüklükler Şekil 3.6' da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Hesap alanını tanımlayan büyüklükler (CIE, 2000; Semiz, 2006).

Hesap noktalarının sayısı ve konumları CIE 140 ve ANSI RP8-2000' de farklı tanımlanmıştır.

Örneğin; CIE 140 göre noktaların birisi şeridin orta çizgisi, diğerleri ise buna paralel ve şeridin genişliğinin üçte biri uzaklıkta olan üç doğru üzerinde hesap yapılır. ANSI RP-8-2000'e göre ise noktaların her biri şeridin dış çizgisinden çeyrek şerit genişliği kadar içeride olan ve şerit eksenine paralel iki doğru üzerine yerleştirilerek hesap yapılır. Bir başka farklılık ise; CIE 140' a göre noktaların yol boyunca aralığını en fazla 3 m ve her bir sıradaki nokta sayısını da en az 10 adet olarak verilmesidir. ANSI RP-8-2000' e göre noktalar en fazla 5 m aralıkla yerleştirilmeli ve bir sıradaki nokta sayısı 10 adedin altına düşmemelidir (Semiz, 2006).

İlk hesap noktasının ilk armatürden uzaklığı iki nokta arası mesafenin yarısıdır. Göz yüksekliği CIE 140'da 1,5 m olması gerekirken ANSI RP-8-2000' de 1,45 m. olması gerekir.

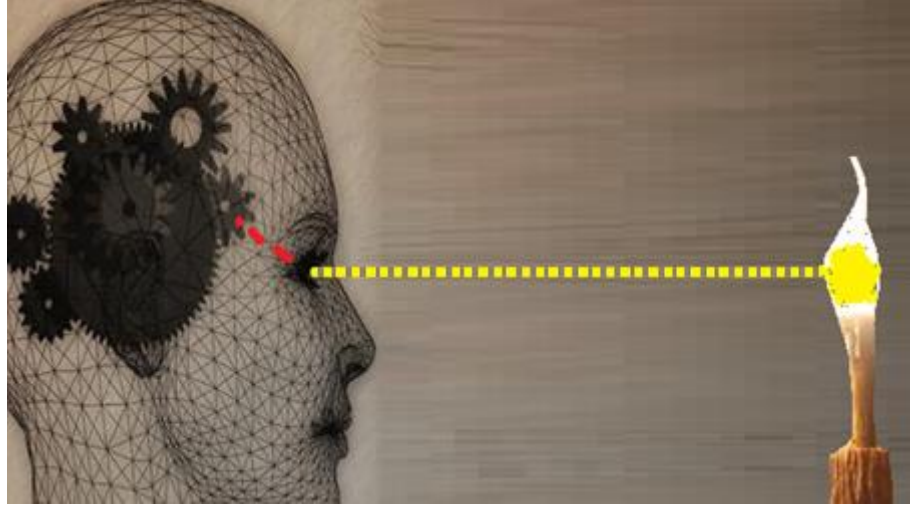
ANSI RP-8-2000 hesaplarında gözlemcinin şeridin ortasında hesaplanan noktadan 83 m geride durduğunu kabul ederek yapılması gerektiğini belirtmişken, gözlemci konumu noktaya bağlı olarak değiştiği için gözlemci hesap sırasında armatürlere göre hareket ettiğinden bu gözlemci “hareketli” olarak nitelendirilmiştir. Ancak; CIE 115 ve CIE 140 standart olmayıp yalnızca öneri olduğu da unutulmamalıdır (Semiz, 2006; CIE 140; ANSI/IESNA- RP-8-2000).

3.4 Görme Olayı

Bir enerji çeşidi olan ışık görme olayını gerçekleştirmek için fiziksel ve biyolojik olarak şartları gerçekleştirmelidir. Görme olayı da insan psikolojisini direkt etkilediği yapılan araştırmalar sonu tespit edilmiştir. Işık kaynakları spektral dağılım grafikleri, görünen ve görünmeyen dalga boyları biyolojik olarak görmeye neden olur. Biyolojik görme olayında yapay aydınlatma araçlarıyla yapılan aydınlatma türlerinin tamamında hedef günışığına yakın spektral dağılıma yaklaştırmaktır. Tıp alanını da ilgilendiren görme olayının aydınlatmacıları ilgilendirilen en önemli kısmı günışığına en yakın spektral dağılımı gerçekleştirmektir (Manav, 2007).

Biyoloji ve tıp biliminde sirkadiyen ritim ve insan biyolojik saati olarak bilinen görme olayı üzerinde de ışığın flicker etkisine benzer bir etkisi vardır. Eğer bu ritim veya biyolojik saat ile günlük ritim birbiri ile eşleşmiyorsa insanlar kendilerini yorgun, uykulu ve dalgın hissedebilir (Philips, 2015).

Günışığı spektral dağılımı aynı zamanda kırpışmanın en az hissedildiği aydınlatma türüdür. Bu biyolojik durum normal şartlarda insanın gece ve gündüz arasındaki uyumu ile bağlantılı olup, flicker etkilerine maruz kalan insanlar için kaza, dalgınlık, uyku problemleri gibi olumsuzluklara neden olacaktır. Biyolojik ve fizyolojik olarak görmenin alıcısı göz olsa da algılayan ve yorumlayan beyin olacaktır. Şekil 3.7' de biyolojik olarak göz ve görme olayı görülmektedir.



Şekil 3.7. Biyolojik olarak göz ve görme olayı.

3.5 Flicker Etkileri ve Algılamaları

Genel olarak flicker günlük hayatımızın birçok alanında karşılaştığımız bir olgudur. İnsanlar bu olayı bazen fark ederken bazen de fark edemez. Flicker ve etkilerine başta tasarımcılarla birlikte uygulayıcıların dikkat etmesi zorunludur. Bu çalışma için yararlı olabilecek birkaç flicker olayını aşağıdaki gibi sıralanabilir.

3.5.1 Gerilim dalgalanması

Gerilim dalgalanmalarına bağlı flicker yükteki hızlı değişimler ve sistemdeki anahtarlama işlemlerinden kaynaklanır. EN50160 standartlarına göre bu değişim %5'ten fazla olmamalıdır. Flickerin röleleri ve güç elektroniği devrelerini hatalı çalıştırması yanında insan sağlığını olumsuz etkilediği de söylenebilir.

Gerilim dalgalanmalarını matematiksel olarak modellerinden biri de aşağıdaki gibidir. Bu gerilim dalgalanması temel gerilim frekansının genlik modülasyonu olarak tanımlanır. Yani en genel haliyle (3.11)'deki gibi ifade edilebilir,

$$v(t) = \sqrt{2}V[1 + m(t)]\cos(2\pi f_0 t) \quad (3.11)$$

Burada “V” bozulmamış dalga formunun yani taşıyıcı sinyalin değerini, “ f_0 ” temel frekans değerini, “ $m(t)$ ” de modülasyonu ifade etmektedir. Uygun bir “ $m(t)$ ” değeri seçilerek her türlü gerilim bozukluğu yukarıdaki denklem ile ifade edilebilir.

“ $m(t)$ ” ile sinüs dalga biçimli veya dikdörtgen dalga biçimli dalgalanmalar üretilebilir.

Taşıyıcı sinüs ve dikdörtgen dalganın yan lobları olduğundan frekans bölgesinde de taşıyıcı dalganın etrafında bulunurlar. Örnek vermek gerekirse temel frekansı 50Hz olan bir sinyaldeki 10Hz’lik modülasyon, frekans spektrumunda 40Hz ve 60Hz’ de gözlemlenebilir (Topçu, 2015).

Flicker şiddeti kısa ve uzun dönem olarak iki türlü ölçülebilir. Çizelge 3.2’ de verilen bu değerler P_{st} (kısa dönem flicker şiddeti) ve P_{lt} (uzun dönem flicker şiddeti) dir. Gerilim dalgalanmalarına bağlı flicker değerleri FLICKERMETRE’ lerle ölçülebilir. Ancak bu ölçümlerin en az 1 hafta ve aşağıdaki yönetmelik değerleri temel alınarak yapılması gerekmektedir. P_{st} 10’ar dakikalık periyotlar halinde ölçülürken, P_{lt} uzun dönem flicker şiddeti değeri ise iki saatlik periyotlarda denklem (3. 12)’ deki dizi ile hesaplanır.

Çizelge 3.2. Flicker şiddeti için sınır değerler.

Flicker Şiddeti Endeksi	Sınır Değerler
P_{st}	≤ 1.0
P_{lt}	≤ 0.8

$$P_{lt} = \left[\sum_{i=1}^{12} \left(\frac{P_{st,i}^3}{12} \right) \right]^{\frac{1}{3}} \quad (3.12)$$

Uzun dönem flicker şiddeti ölçülecekse yine EN 50160 standartlarına göre haftalık olarak ölçülmelidir. Yapılan ölçümlerde ölçüm sayısının %95’indeki P_{lt} değeri 1’e eşit veya 1’den küçük olmalıdır. Bu değerler ortalama değerler olup kişiden kişiye değişebilen değerlerdir. Şebekeye bağlı kaynakların flicker değerlerinin de benzer oranlarda olması önemlidir (Rona, 2014).

3.5.2 Işık kırışması

Gerilimdeki %1’lik bir dalgalanma akkor filamanlı lambada %6,5’lik bir parlaklık değişimine neden olmaktadır. Bu dalgalanmalar da insan beyni tarafından algılanması

ışık kırışması olarak tanımlanır. Bu bakımdan gerilimdeki en ufak dalgalanma aydınlatma şiddetinde gözlemlenebilmektedir. Dalgalanma miktarı arttıkça kırışmadan kaynaklanan sorunlar daha da artacak ve insanların yaşam kalitesinin düşmesine, beraberinde kazalara ve fiziksel sorunlara yol açacaktır. Şekil 3.8’ de flicker etkisi görülmektedir.



Şekil 3.8. Flicker ve kesintili algılama.

Bir bölgedeki gerilim dalgalanmasının şiddeti o bölgede gerçekleşen kırışma olayının miktarıyla kıyaslanarak elde edilir ve bu eğriye kırışma eğrisi denir. Her tekrarlama gerilim değişimine bağlı olarak en fazla izin verilebilir genlik değeri tanımlanır. Bu eğri dikdörtgen dalga değişimleri için geçerli olmasına rağmen doğrulama faktörleri dikdörtgen olmayan değişimler için uygundur. Bu eğri sistem tasarımı için uygundur ancak gerilim dalgalanmasının şiddetinin herkes tarafından aynı ölçülmesi işlevini gerçekleştiremez. Çünkü her bireyin görme ve algılama yetisi bir değildir.

3.5.3 Araç farı flicker algılaması

Sürücüler genellikle gece araç kullanma konusunda çok istekli değildir. Gece sürücüleri, sürüş sırasında far aydınlatmalarının gerekli görsel konforu sağlayamaması, karanlığa bağlı psikolojik nedenler, çevrenin yeterince algılanamaması, uyku saati gibi nedenlerin yanında karşı yönden gelen araç ışıklarının göze ve görmeye etkisi sayılabilir.

Özellikle karşı yönden ve arka arkaya gelen araç farlarının ışıkları parıltı ve kamaşmalara ya da flicker etkisi yaparak sürücünün görme kalitesini azaltarak

algılamada problemlere neden olur. Şekil 3.9’ da araç farında flicker etkisi görülmektedir.



Şekil 3.9. Araç farında flicker etkisi.

3.5.4 Tünel ve bariyerlerde flicker etkisi

Flicker etkisinin görüldüğü bir başka alan tünel ve bariyerlerdir. Gerek tünel aydınlatması gerekse yarı tünellerin yapımı sırasındaki direklerin dizilimi ve bu direk dizilimi ile aralarından süzülen gün ışıkları da flicker etkisi oluşturur. Benzer şekilde bariyerler, yol boyu dizilmiş çitler, ağaçlar ve direklerde benzer şekilde gündüz saatlerinde dahi flicker etkisi oluşturabilirler. Şekil 3.10’ da bariyerlerde flicker etkisi ve Şekil 3.11’ de tünel ve yarı tünellerde flicker etkisi görülmektedir.



Şekil 3.10. Bariyerlerde flicker etkisi (Dondia, vd., 2012).

Ayrıca yukarıda belirtilen ışık dizilimi kaynaklı flicker etkileri başta epilektik hastalıklar olmak üzere bazı psikolojik ve fizyolojik sorunlara neden olduğu bilimsel çalışmalarla da kanıtlanmıştır (Dondia, vd., 2012).



Şekil 3.11. Tünel ve yarı tünellerde flicker etkisi (Dondia, vd., 2012).

4. YOL AYDINLATMASINDA FLICKER ETKİSİ ESASLI DİREK AÇIKLIĞI TESPİTİ

Tüm yol aydınlatmalarında, aydınlatma seviyesi ve kullanılan ışık rengi niteliğinin yanında aydınlatmanın bir diğer önemli kriteri de direk açıklıkları ve flicker etkisi de önem taşır. Alternatif akımın periyodik değişimi ya da sürücü devrelerin anahtarlama özelliklerinden kaynaklan flicker etkisi ile ilgili önlemlerin alındığı ve bu konudaki çalışmaların var olduğu bilinmektedir. Burada ise; yol aydınlatmasında bilinen flicker esaslarından dışında direk ve armatür dizilimi esaslı flicker etkisi de ele alınarak uygun tasarım modellemelerinin gerçekleştirilebilmesi amaçlanmıştır. Flicker esaslı direk ve armatür açıklıklarının belirlenmesinde hız limitlerinin yanında yolun şehir içi ve dışı olması gibi ölçütler ile armatür ışık dağılımı ile kullanılan lambaların renksel özellikleri önem taşır. Hıza bağlı olarak yol aydınlatmasında flicker etkisinin oluşumunu engellemeye yönelik uygun direk açıklıklarının tespitine yönelik hesaplamalar gerçekleştirilip hesaplama sonuçları değerlendirilecektir.

4.1 Flicker Etkisi ve Görmeye Olumsuz Etkileri

Görünür ışığın dalga boyu 400 nm ile 700 nm arasındadır. İnsan gözü yaklaşık 1,5 MHz ile 2,5 MHz arasında yapısal değişim frekanslı ışık altında görme yeteneğine sahiptir. Işık mega değerinde yüksek frekansa sahip iken; görme frekansı ışığı sağlayan enerjinin değişimine bağlı olan frekansla ilişkilidir. İdeal durumda görme frekansının sıfır olması güzel bir çözüm gibi düşünülse de gerek alternatif akımın değişimi kaynaklı gerekse monitörlerin anahtarlama yapıları görüntüyü frekanslı yapar (Rozanowski, vd., 2014; İnan ve Ermiş 2003).

İnsan gözü 25 Hz üzerindeki görme frekanslarını algılayamadığından sürekli algılama şartları sağlanmış olur ve görüntüleri kesintili hissetmez. Bu sebeple ilk sinemaskoplardan bu yana ekran yenileme sıklığının 25 Hz üzerinde olması zorunluluğuna uyulmuştur. 25 Hz altındaki görme frekanslarında ise sürekli algılama şartları sağlanamayacağından insan gözü bu frekanslarda görüntüleri kesintili olarak algılar. Görüntü frekansının sürekli algılama şartlarını sağlayamadığı bu durum flicker etkisi olarak tanımlanır.

Monitör yapılarda karşılaşılan ekran yenileme sıklığı kaynaklı flicker etkisi dışında ışık kaynaklarının değişim frekansından kaynaklanan flicker etkisi de mevcuttur. Şebeke gerilim frekansının 50 Hz olması durumunda ışığı regüle edecek kimyasal yapılar yeterli değilse flüoresan vb. deşarj lambaları saniyede 100 kez yanıp sönecektir. İnsan gözü bu frekansı hissetmese de dönmekte olan bir cismin parça geçiş hızı saniyede 100' e yakın olduğunda cisim insan gözü tarafından hatalı olarak duruyor, yavaş dönüyor ya da ters dönüyor olarak algılanabilecektir. Çok tehlikeli olan bu durum ise hatalı algılamalara sebep olarak iş kazalarına sebep olabilecektir. Şekil 4.1' de görüldüğü gibi ortam aydınlatmasını sağlayan ışığın frekansı " f_l ", dönmekte olan cisimlerin ışığa maruz kalan kısımlarının geçiş frekansı " f_g " ile gösterilebilir. Bu durumda, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de görüldüğü gibi insan gözünün maruz kaldığı görme algılama frekansı, " f_a ",

$$f_a = f(f_g, f_l) \quad (4.1)$$

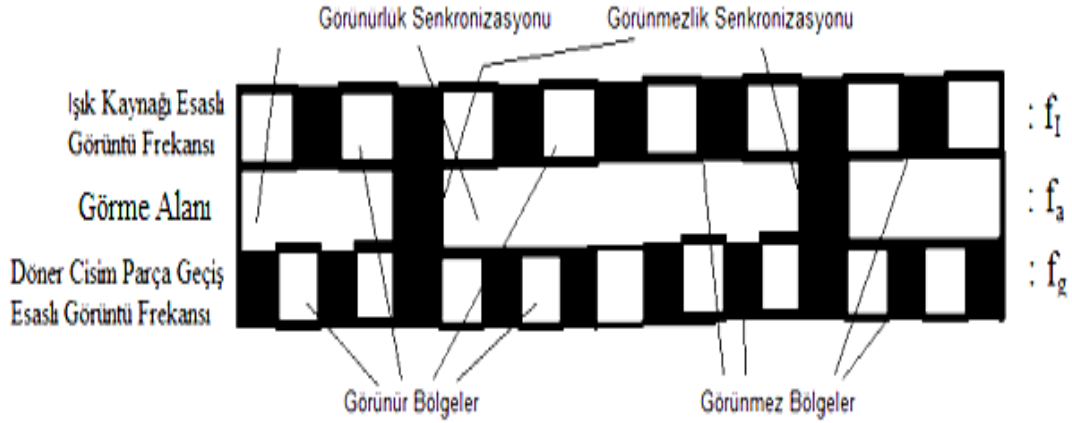
Olarak tanımlanabilir.



Şekil 4.1. Döner cisimlerde flicker etkisi oluşumu.

Burada; f_g ve f_l frekanslarının 25 Hz' den büyük yada küçük olmasının flicker etkisine doğrudan etkisi olmayıp (4.1)' deki fonksiyonelliğe bağlı olarak " f_a " 25 Hz' den

küçük olursa görüntü kesikli olarak algılanmaya başlayacaktır. f_g ve f_l frekanslarının her ikisinin de küçük değerde olmaları ve birbirlerine yakın olmaları, " f_a " algılama frekansının 25 Hz' den küçük olma riskini arttıracaktır. Algılamadaki kesiklilik arttıkça cismin durduğu, yavaş döndüğü ya da ters döndüğü gibi yanılsamalar meydana gelebilecektir.



Şekil 4.2. Görme alanı senkronizasyonları.

4.2 Yol Aydınlatması Flicker Etkisi ve Direk Açıklıklarının Belirlenmesi

Yol aydınlatmasında çoğunlukla yüksek sıcaklık oluşumlu deşarj lambaları ya da şebeke frekansından yüksek anahtarlamalı LED armatürler kullanıldığından lamba ışığı frekansı kaynaklı flicker olumsuzluk şartları oluşmaz. Ayrıca; lambaların ışık frekansından kaynaklanabilecek flicker etkileri hem çok fazlı besleme ile ortadan kaldırıldığı gibi günümüzde sıklıkla kullanılan lamba içi ışığı absorbe edici ve yayıcı kaplamalar ile çok küçük değerlere indirgenmiştir (Chmielowiec, 2011).



Şekil 4.3. Sokak aydınlatmasında aydınlatılmış bölge, karanlık bölge dizilimi.

Buna karşılık yol aydınlatmasında, direk ve armatür dağılımlarından kaynaklanan flicker etkilerinin oluşumu Şekil 4.3’ de görüldüğü gibi dar açılı armatür kullanıldığında her zaman için oluşabilecek bir risktir. Burada araç hızı ve sürücü algılamasına yönelik olarak flicker etkisi ele alınarak şehir dışı ve şehir içi farklı hızlardaki algılama değişimleri incelenecektir. Bu amaçla Şekil 4.4’ de gösterilen yol modeli ele alınmıştır. Bu yol modelinde D_A aydınlatılmış bölgeyi D_K ise karanlık bölgeyi ifade etmektedir.

Aydınlık ve karanlık bölgelerin ardışık olarak sıralandığı bir dizilim üzerinde seyahat eden bir sürücü için flicker etkisi bakımından bu dizilimin geometrik boyutları ve aracın hızı önem kazanır.

Taşıtın 1 saniyede aldığı yol mesafesi;

$$X_T = \frac{V}{t} \quad \text{m/s} \quad (4.2)$$

Taşıtın 1 saniyede aldığı yol mesafesi " X_T " ile gösterilirse sürücünün yolu algılama sıklığı;

$$dx_I = \frac{1}{X_T} \quad \text{s/m} \quad (4.3)$$

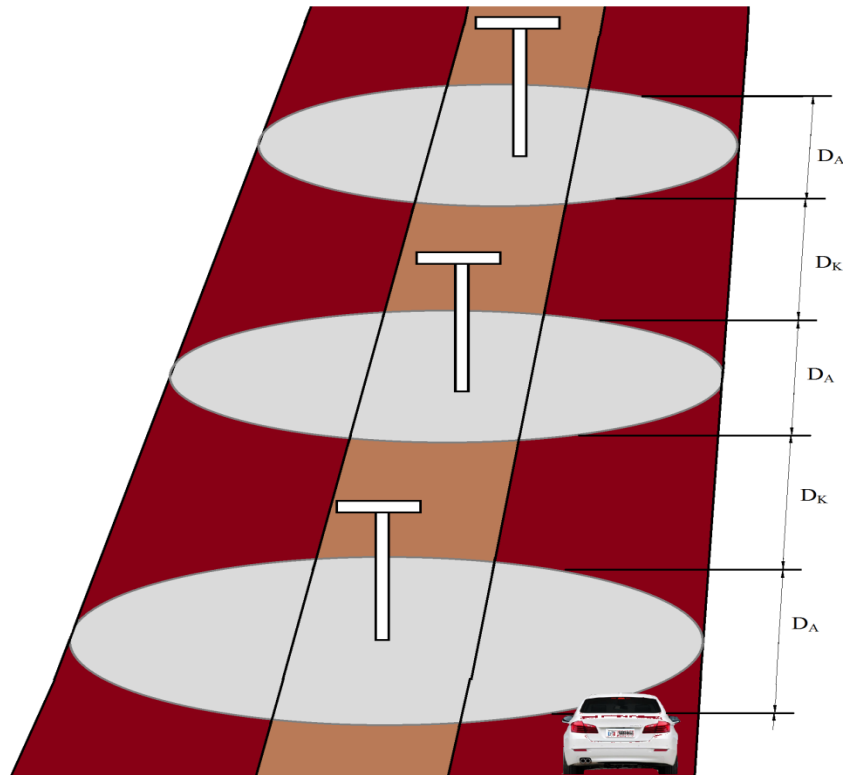
Olarak yazılabilir.

Bu durumda aydınlık ve karanlık bölgelerin ardışık olarak sıralandığı bir dizilim kaynaklı geçiş sıklığı ise;

$$dx_g = \frac{2}{D_A + D_K} \quad \text{s/m} \quad (4.4)$$

Olarak yazılabilir.

Bu durumda yol aydınlatması için de döner cisimlerdeki flicker etkisine benzer bir flicker etkisi oluşumundan söz edilebilir.



Şekil 4.4. Çalışmada esas alınan yol modeli.

4.2.1 Şehir dışı 120 km/saat yol için flicker etkisi

Şekil 4.4' de görülen kesikli aydınlatılmış yol modeli esas alındığında, 120 km/saat hızla giden bir araç saniyede 33,33 m konum değiştirecek ve araç sürücüsü bu durumda $dx_i=0,03$ s/m görme sıklığına sahip olacaktır. Direkler arası açıklık 66,66 m iken, “ D_A ” ve “ D_K ” ortalamasının 33,33 m olması durumunda dizilim kaynaklı geçiş sıklığı da $dx_g=0,03$ s/m olarak gerçekleşecektir. Bu durumda geçiş sıklığı ve görme

sıklığındaki yakınlığın oluşturduğu bu uyumluluk " f_a " algılama frekansını 25 Hz' in altında oluşturarak flicker etkisi oluşturacaktır.

Algılama mesafesi ve karanlık boyut mesafesindeki bu uyum nedeniyle oluşan flicker etkisi görme açısından kısmi algılama eksikliklerine neden olacaktır. Bu sebeple 120 km/saat hız şartı için şehir dışı yollarda direk açıklığının 66,66 m değerinden + veya – olarak uzak olması gerekir.

4.2.2 Şehir dışı 90 km/saat yol için flicker etkisi

Şekil 4.4' de görülen kesikli aydınlatılmış yol modeli esas alındığında 90 km/saat hızla giden bir araç saniyede 25 m konum değiştirecek ve araç sürücüsü bu durumda $dx_I=0,04$ s/m görme sıklığına sahip olacaktır. Direkler arası açıklık 50 m iken " D_A " ve " D_K " ortalamasının 25 m olması durumunda dizilim kaynaklı geçiş sıklığı da $dx_g=0,04$ s/m olacaktır. Bu durumda görme sıklığı ve geçiş sıklığındaki yakınlığın oluşturduğu senkronize durum " f_a " algılama frekansını 25 Hz' in altında oluşturarak flicker etkisi meydana getirebilecektir.

Konumsal algılama mesafesi ve karanlık boyut mesafesindeki bu uyum ile oluşan flicker etkisi görme açısından kısmi duraklamalara neden olacaktır. Bu sebeple şehir dışı yollarda 90 km/saat hız limitlerinin olduğu bölgelerde direk açıklığının 50 m değerinden + veya – olarak uzak olması gerekir.

4.2.3 Şehir dışı 72 km/saat yol için flicker etkisi

Şekil 4.4' de görülen kesikli aydınlatılmış yol modeli esas alındığında 72 km/saat hızla giden bir araç saniyede 20 m konum değiştirecek ve araç sürücüsü bu durumda $dx_I=0,05$ s/m görme sıklığına sahip olacaktır. Direkler arası açıklık 40 m iken " D_A " ve " D_K " ortalamasının 20 m olması durumunda dizilim kaynaklı geçiş sıklığı da $dx_g=0,05$ s/m olacaktır. Bu durumda görme frekansı ve geçiş frekanslarındaki yakınlığın oluşturduğu senkronize durum benzer şekilde " f_a " algılama frekansını 25 Hz' in altında oluşturarak flicker etkisi meydana getirebilecektir.

Konumsal algılama mesafesi ve karanlık boyut mesafesindeki bu uyum ile oluşan flicker etkisi görme açısından kısmi duraklamalara neden olacaktır.

4.2.4 Şehir içi 60 km/saat yol için flicker etkisi

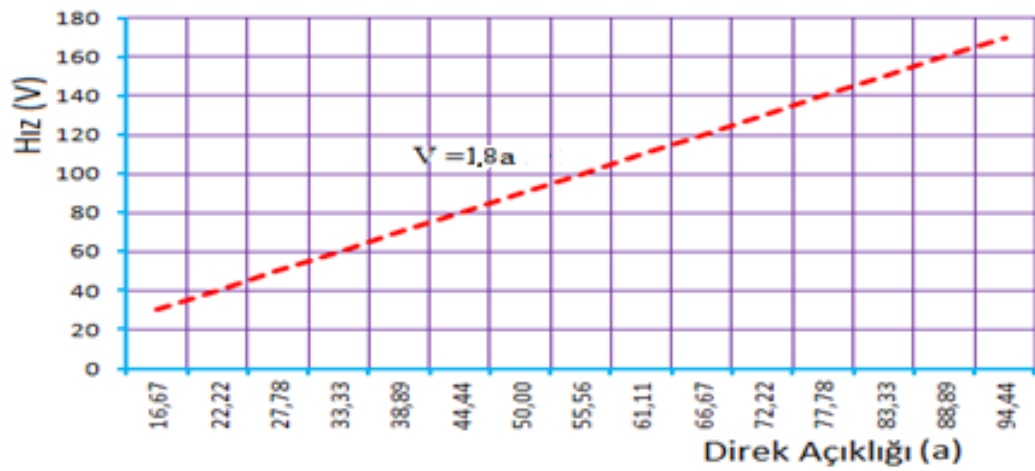
60 Km/saat hız şartları için flicker etkisini inceleyecek olursak; Şekil 4.4' de görülen yol modeli esas alındığında 60 km/saat hızla giden bir araç saniyede 16,66 m konum değiştirecek ve araç sürücüsü bu durumda $dx_I=0,06$ s/m görme sıklığına sahip olacaktır. Direkler arası açıklık 33,33 m iken “D_A” ve “D_K” ortalamasının 16,66 m olması durumunda dizilim kaynaklı geçiş sıklığı da $dx_g=0,06$ s/m olacaktır. Bu durumda geçiş sıklığı ve görme sıklığındaki yakınlığın oluşturduğu bu uyumluluk benzer şekilde "f_a" algılama frekansını 25 Hz' in altında oluşturarak flicker etkisi oluşturacaktır.

Algılama mesafesi ve karanlık boyut mesafesindeki uyum ile oluşan flicker etkisi görme açısından kısmi duraklamalara neden olacaktır. Burada araç hızının çok hızlı olmaması bu durumun yukarıda belirtilen 120 km/saat değerine kıyasla olumsuzluğu telafi eder bir etki oluşturmaktadır. Bu sebeple 60 km/saat hız şartı için dar açılı projektör kullanma riskine karşılık şehir içi yollarda direk açıklığının 33,33 m değerinden + veya – olarak uzak olması gerekir. Direk açıklıklarını 50 m almak en uygun çözüm olarak gözükebilir. Ancak trafik kurallarının gerektirdiği 60 km/saat hız sınırlarında herhangi bir olumsuz flicker etkisine maruz kalmayan sürücü, hızlanmayla birlikte algıdaki kesinti nedeniyle daha yavaş gittiği yanılsamasına uğrayabilir. Hız sınırlarını zorlayarak 90 km/saat hıza ulaştığında ise bu hızın oluşturabileceği diğer tehlikelerin yanı sıra şehir içinde bile olsa flicker etkisinin üst seviyesi olan yol boyunca cisimlerin durduğu hissine maruz kalabilecektir.

4.2.5 Şehir içi 45 km/saat yol için flicker etkisi

Yine Şekil 4.4' de görülen kesikli aydınlatılmış yol modeli esas alındığında 45 km/saat hızla giden bir araç saniyede 12,5 m konum değiştirecek ve araç sürücüsü bu durumda $dx_I=0,08$ s/m görme sıklığına sahip olacaktır. Direkler arası açıklık 25 m iken “D_A” ve “D_K” ortalamasının 12,5 m olması durumunda dizilim kaynaklı geçiş sıklığı da $dx_g=0,08$ s/m olacaktır. Bu durumda görme frekansı ve geçiş frekanslarındaki yakınlığın oluşturduğu senkronize durum benzer şekilde "f_a" algılama frekansını 25 Hz' in altında oluşturarak flicker etkisi meydana getirebilecektir.

Konumsal algılama mesafesi ve karanlık boyut mesafesindeki bu uyum ile oluşan flicker etkisi görme açısından kısmi duraklamalara neden olacaktır. Araç hızının çok hızlı olmaması bu durumun oluşturduğu olumsuzluğu telafi eder bir etki oluşturmaktadır. Dar açılı projektör kullanma riskine karşılık şehir içi yollarda direk açıklığının 25 m değerinden + veya – olarak uzak olması gerekir. Şehir içi ulaşımında 77 km/saat şartlarına kadar flicker etkisinin oluşmaması istenirse direk açıklıklarını 50 m almak en uygun çözüm olabilir. Şekil 4.5’ de elde edilen araç geçiş hızı esaslı flicker riskli direk açıklıkları verilmiştir.



Şekil 4.5. Araç geçiş hızı esaslı riskli direk açıklıkları.

4.2.6 Projektör açısının etkisi

Yukarıda dar açılı projektör kullanımı ile karanlık bölge oluşumunun mevcut olabileceği kabul edilerek farklı direk açıklıklarında araçlar için riskli durumlar olabileceği tespit edilmiş olup bu riskler üzerinde durulmuştur. Yol aydınlatmasında kullanılan projektörlerin açısı oluşan karanlık bölgenin büyüklüğü açısından önem arz eder. Geniş açılı projektör kullanımı yukarıdaki riskleri azaltmaya yönelik olarak karanlık bölgeyi azaltmakla beraber daha büyük güçte lamba kullanımını gerektirir.

4.3 Flicker Yanılsamasını Azaltma Amaçlı, Aydınlatma Direk Açıklığına Bağlı Araç Hızının Belirlenmesi

Yüksek sıcaklık oluşumlu deşarj lambaları ya da şebeke frekansından daha yüksek frekansta anahtarlama armatürler kullanıldığından yol aydınlatmasında lamba ışığı

frekansı kaynaklı flicker olumsuzluk şartlarının oluşumu gerçekleşmez. Bu durum lambaların ışık frekansından kaynaklanabilecek flicker etkilerinin çok fazla besleme, lamba içi ışığı absorbe edici ve yayıcı kaplamalarla ortadan kaldırılabilir.

Şekil 4.4’ de görülen kesikli aydınlatılmış yol modeli esas alındığında, 150 km/saat hızla giden bir araç saniyede 41,66 m konum değiştirecek ve araç sürücüsü bu durumda $dx_f=0,024$ s/m görme sıklığına sahip olacaktır. Direkler arası açıklık 83,33 m iken “D_A” ve “D_K” ortalamasının 41,66 m olması durumunda dizilim kaynaklı geçiş sıklığı da $dx_g=0,024$ s/m olarak gerçekleşecektir. Bu durumda geçiş sıklığı ve görme sıklığındaki yakınlığın oluşturduğu uyumluluk “f_a” algılama frekansını 25 Hz’ in altında oluşturarak flicker etkisi oluşturacaktır.

Algılama mesafesi ve karanlık boyut mesafesindeki bu uyum nedeniyle oluşan flicker etkisi görme açısından kısmi algılama eksikliklerine neden olacaktır. Trafik kurallarının gerektirdiği 120 km/saat hız sınırlarında herhangi bir olumsuz flicker etkisine maruz kalmayan sürücü hızlanmayla birlikte algıdaki kesinti nedeni ile daha yavaş gittiği yanılsamasına uğrayabilecektir. Hız sınırlarını aşırı zorlayarak 180 km/saat hıza ulaştığında ise; bu hızın oluşturabileceği diğer tehlikelerin yanı sıra flicker etkisinin en üst seviyesinde çevredeki cisimleri hatta kendini “duruyor” algısına kapılabilecektir.

Şekil 4.5’ de ayrıca araç geçiş hızı esaslı flicker açısından risk oluşturan direk açıklıkları (4.2), (4.3) ve (4.4) eşitlikleri kullanılarak elde edilen grafik üzerinde gösterilmiştir. Bu grafik esas alındığında sürücüler bakımından flicker etkisi oluşturabilen direk açıklığı esaslı araç hızı;

$$V = 1,8 \times a \quad (\text{km/saat}) \quad (4.5)$$

Eşitliği ile ifade edilir.

Veya riskli direk açıklığı (a) cinsinden yazılacak olursa;

$$a = \frac{V}{1,8} \quad (\text{m}) \quad (4.6)$$

Şeklinde ifade edilebilir.

Bu eşitlik yol aydınlatması flicker açısından riskli direk mesafesi formülü olarak

ifade edilebilir.

Yukarıdaki açıklamalarda karanlık bölgelerin dar açılı projektör kullanımı ile oluştuğu kabul edilerek farklı araç hızlarında riskli direk açıklıkları tespit edilmiş ve bu riskler üzerinde durulmuştur. Yol aydınlatmasında kullanılan projektörlerin armatür açısı ise oluşan karanlık bölgenin büyüklüğü açısından önemlidir. Projektörlerin geniş açılı tercihi ile yukarıdaki riskleri azaltma amaçlı karanlık bölgeleri azaltılmakla çözüme gidilebilir. Ancak bu durumda da daha büyük güçte lamba kullanılmasıyla enerjinin maliyeti artacaktır.

5. SONUÇ

Flicker etkisi yaygın olarak alternatif akımın periyodik değişimi ya da elektronik sürücü devrelerin anahtarlama özelliklerinden kaynaklanmakla beraber bu etki daha çok lamba ışıklarının aydınlatmadaki yenilenme sıklığı ve dijital ekranlarda ekran yenileme sıklığı olarak karşımıza çıkar. Flicker etkisi birçok aydınlatma uygulaması için olduğu kadar yol aydınlatmasında da büyük önem taşır. Burada gerçekleştirilen çalışmada dar açılı projektörler kullanıldığı ve aydınlık-karanlık bölge dizilimi esas alınmak üzere yol aydınlatmasında karşılaşılan flicker etkisine bağlı direk açıklıkları ve araç geçiş hızları incelenmiştir.

Direk ve armatür açıklıklarına bağlı olarak flicker esaslı araç hızı belirlenmesinde yolun şehir içi ve dışı olmasının gerektirdiği şartlar çalışmada ele alınmıştır. Projektörlerin geniş açılı kullanılması durumunda ise; bu riskler büyük ölçüde azalmakla beraber daha büyük güçte lambalar gerektirdiğinden her yerde tercih edilememektedir.

Direk açıklıklarına bağlı olarak flicker etkisi açısından riskli hızlardan bahsedilebilir. Bu bakımdan bir araç sürücüsü kuralları çiğneyerek şehir içi 50 m direk açıklığının bulunduğu bir yolda 90 km/saat hızla seyrettiğinde ya da şehir dışı 100 m direk açıklığının bulunduğu bir yolda yine kuralları çiğneyerek 180 km/saat hızla giderken dar açılı projektörlerin de etkisiyle aydınlık ve karanlık bölgelerin ardışık olarak sıralandığı bir dizilimden kaynaklanan flicker etkisine maruz kalabilecektir. Bu sebeple oluşabilecek flicker etkisi görüş bakımından sürücüde algıda yavaşlama ve durağanlık gibi riskli durumda bırakabilecektir.

Bu çalışma sonucu flicker etkisi oluşturabilen direk açıklığı esaslı araç hızının tespitine veya direk açıklığına yönelik (4.6) ve (4.7)' deki formüller; Şekil 4.5' deki grafik de dikkate alınarak elde edilmiştir. Bu formüller elde edilirken dar açılı projektörlerin kullanıldığı ve aydınlık karanlık bölgelerin ("D_A" ve "D_K") eşit ve ardışık olarak sıralandığı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- ANSI/IESNA RP-8-2000, “American National Standard Practice for Roadway Lighting”, **ANSI/IESNA**, RP-8-2000 USA, (1990).
- Chmielowiec, K., “Flicker effect of Different Types of Light Sources”, **Electrical Power Quality and Utilisation 11th International Conference On (EPQU)**, Lizbon, 1-6 (2011).
- CIE, “Guidelines for Minimizing Urban Sky Glow Near Astronomical Observatories”, **International Comission on Illumination Pub.01**, Austria, (1980).
- CIE, “Recommendations for The Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic, Technical Report”, **International Comission on Illumination Pub.115**, Austria, (1995).
- CIE, “Recommendations for the Lighting of Roads for Motorized Traffic 2nd ed.”, **International Comission on Illumination Pub.12.2**, Austria, (1977).
- CIE, “Road Lighting Calculations”, **International Comission on Illumination Pub 140**, Austria, (2000).
- Dedeoğlu, İ., “Kentsel Yeşil Alanların Gece Kullanımında Dış Aydınlatmanın Önemi ve Yöntemi: Gülhane Parkı Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, **Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2006).
- Dondia, G., Vignalia, V., Lantieria, C., Manganellia, G., “Effects of Flickering Seizures on Road Drivers and Passengers”, **SIIV-5th International Congress-Sustainability of Road Infrastructures Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Italy, 3: 712 – 721 (2012).
- Elektrik Dış Aydınlatma Yönetmeliği, **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, Ankara, (2003).
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, Ankara, (2011).
- Erdem, S., “Aydınlatma Mühendisliğinde İleri Yöntemlerle Çözüm Teknikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2007).
- Işık, N., “İç ve Dış Aydınlatmada Malzemenin Rolü”, **II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri**, Diyarbakır (2003).
- İmal, N., “Stadyum Aydınlatma Projelerinin Parametrik Benzetimi ile Tasarımı ve Örnek Uygulamalar”, Doktora Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya (2007).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- İnan, A., Ermiş, N., “Ara Harmoniklerden Kaynaklanan Gerilim Kırpışmasının Aydınlatma Üzerindeki Etkileri”, **II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri**, Diyarbakır (2003).
- Kocaeli Üniversitesi (KOÜ) Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, **Aydınlatma Proje ve Laboratuvarı Deney Kitabı**, Kocaeli (2012).
- Manav, B., “Işık ve Sağlık : Işığın Biyolojik Sistem Üzerisindeki Etkisi”, **IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu**, İzmir (2007).
- Manav, B., “Ofislerde Aydınlik Düzeyi, Parıltı Farkı ve Renk Sıcaklığının Görsel Konfor Koşullarına Etkisi: Bir Model Çalışması”, Doktora Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2005).
- Onaygil S., “Kent İçi Aydınlatma”, **Kaynak Elektrik Dergisi**, sayı 152: 107-112 (2001).
- Onaygil, S., “Tünel Aydınlatmasında Eşik Bölgesi Parıltısının Tayini”, Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (1990).
- Özenç, S., “Aydınlatma Sistemlerinde Kalite, Enerji Verimliliği ve Modelleme”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2007).
- Özkaya, M., Aydınlatma Tekniği, **Birsan Yayınevi**, İstanbul (2000).
- Özkaya, M., Yol Aydınlatması, **İTÜ Yayınları**, İstanbul (1990).
- Philips, Int:www.lighting.philips.com, (Ziyaret edilme tarihi 26.11.2015).
- Rona, B., “Rüzgar Santrallerinin Güç Sistemine Entegrasyonu ve Şebeke Yönetmeliğine Göre Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü**, İstanbul (2014).
- Rozanowski, K., Lewandowski, J., Sondej, T., “Mobile Device For The Measurement Of Threshold Perception Frequency of The Flickering Source of Visible Light” **Biocybernetics and Biomedical Engineering**, 35(3): 147-156 (2014).
- Semiz, S. B., “Kontrol Sistemlerinin Kullanıldığı Yol Aydınlatması Tesisat Kriterlerinin Görülebilirlik Esasına Göre İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2006).
- Sharma, H., Sharp, F., Mc Granaghan, M., “Flicker/Voltage Fluctuation Response Of Modern Lamps Including Those With Dimmable Capability And Other Low Voltage Sensitive Equipment”, **22’nd International Conference on Electricity Distribution**, Stockholm, 1-4 (2013).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Şirel, Ş., “Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar”, *Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları*, İstanbul (1996).
- Şirel, Ş., “Aydınlığın Niteliği”, *Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları*, İstanbul (1992).
- Topçu, A., “IEC Kırpışma Ölçerinin Sayısal Tasarımı ve Gerçekleşmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2015).
- Ünal, A., “Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları”, *Birsan Yayınevi*, İstanbul (2009).
- Ünver, R., “Parıltı ve Işıklılık Terimlerinde Tarihsel Gelişme ve Bugünkü Tanımlar”, *Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları*, İstanbul (1992).
- Wencheng, C., Zheng, H., Liping, G., Yandan, L., Dahua, C., “Performance Of Induction lamps and HPS Lamps in Road Tunnel Lighting”, *Tunneling and Underground Space Technology*, 23(2):139-144 (2008).
- Yavuz, C., “Şehir Aydınlatmacılığı, Işık Kirliliği ve Aydınlatmada Enerji Verimliliği”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya (2004).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Beşir TAŞKAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Kaynarca/10.03.1974



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : KOÜ. Tek. Eğ. Fak. Elektrik Öğretmenliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri : “Yol Aydınlatmasında Flicker Etkisi Esaslı Direk Açıklığı Tespiti”, *Düzce Üniversitesi Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu*, Bildiri, Düzce (2015).

“Stroskobik Yanılsamayı Azaltma Amaçlı, Aydınlatma Direk Açıklığına Bağlı Araç Hızının Belirlenmesi”, Bildiri *6. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu*, Ankara (2015).

İş Deneyimi

Stajlar : Lucas Elektrik-Sakarya, Karatay Mühendislik-Kocaeli
Projeler :
Çalıştığı Kurumlar : Karatay Mühendislik-Kocaeli (1999), Pamukova Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi (2000, Devam ediyor).

İletişim

Adres : Pamukova Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Pamukova /
SAKARYA
Tel : 0-505-842 29 94
E-Posta Adresi : btaskan54@hotmail.com

Tarih: 22/01/2016