

YOL AYDINLATMASI PROBLEMLERİ VE EKONOMİK ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Nurettin ÇETİNKAYA

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi,
nctinkaya@ktun.edu.tr

ÖZET

Aydınlatma günümüzde vazgeçilmez ihtiyaçlarımızdan biri haline gelmiştir. Hem iç hem de dış ortamlarda güvenlik, daha net bir görüş ve konfor için gereklidir. Dış aydınlatmanın önemli bir kısmını yol, tünel ve çevre aydınlatmaları oluşturmaktadır. Yol aydınlatması, insanların ve diğer canlıların trafikte araçla veya yaya olarak ilerlerken güvenli bir şekilde hareket etmelerinin bir çeşit sigortasıdır. Bu yüzden yol aydınlatmasının doğru tasarlanması ve uygulanması tüm kullanıcılar açısından oldukça önemlidir. Yol aydınlatması altyapısı tasarlanırken, kablolar, direkler ve en önemlisi lambaların hep birlikte değerlendirilmesi gerekir. Bir aydınlatma sistemini değerlendirirken öncelikle yol şartlarına göre ihtiyaçların doğru belirlenmesi, armatürlerin ömür, gerçek fiyat, ışık akısı, ışık dağılım eğrisi gibi özelliklerinin de mutlaka göz önünde bulundurulması gerekir. Fiziki olarak kullanım alanı hızla gelişen şehirlerimizde artık yol aydınlatması da güncel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada özellikle uygun lamba seçimi, değerlendirilmesi ve diğer altyapı problemlerinden bahsedilerek ekonomik ve güvenli çözüm önerileri sunulmuştur. Örnek bir yol aydınlatması çalışması yapılarak önerilen sistemlerin uygunlukları ekonomik açıdan karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Aydınlatma ekonomisi, elektrik altyapısı, elektronik balast, LED lamba, yol aydınlatması

I. GİRİŞ

Türkiye, elektrik enerjisi tüketimine bakıldığında çok hızlı büyüyen bir ülke durumundadır. Son on yıldır elektrik enerjisi talebi ortalama %7 artış göstermektedir. 2017 yılı sonu itibarıyla 85200 MW kurulu güce sahip olan Türkiye’de yıllık toplam 249 TWh’lik bir elektrik enerjisi kullanımı gerçekleşmiştir [1]. Kullanılan bu enerjinin yaklaşık %2,5’i de genel aydınlatma ihtiyacını karşılamak içindir. Buna rağmen mevcut genel aydınlatma altyapısının genişletilme ihtiyacının var olduğunu da belirtmemiz gerekir.

Konya, 38873 km² ile Türkiye’nin en büyük yüzölçümüne sahip olan ildir [2]. Bu yüzden aydınlatma ve elektrik dağıtım altyapısı çok daha dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. 2018 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre toplam 2.205.609 olan nüfusun 1.314.824 kişisi şehir merkezinde bulunmaktadır [3]. Ayrıca Konya ili, il

dışından çok sayıda yerli ve yabancı göç almaktadır. Bu durum genel aydınlatmanın önemini bir kat daha arttırmıştır.

Dış aydınlatma; parklar, bahçeler, bulvarlar, caddeler, yollar, kavşaklar, tüneller, alt geçitler, tarihi yapılar ve binaların dış yüzeylerinin aydınlatılması gibi sınıflara ayrılabilir. Her birinin çözümünde etrafı ile uyumluluk, güvenlik, ekonomiklik, ilgili yönetmelikler ve standartlara uygunluk sağlayacak şekilde tasarım ve uygulamaların yapılması gereklidir.

Yol aydınlatmasının en önemli unsurlardan biri armatürdür. Armatüre ait ışık dağılım eğrisinin, tasarımı yapılan yere uygun olduğu mutlaka denetlenmelidir. Fakat bunun yanında diğer altyapı elemanları olan direkler, yeraltı kabloları ve güvenlik elemanları da önemli yer tutmalıdır. Özellikle çoğu zaman enerji nakil hatları ile ağaçlar arasındaki mesafelere maalesef çoğu zaman uyulamadığı gözlenmektedir. Bu durumda ağaçlar ve elektrik direklerinin

yerleşim planları yapılırken ilgili yönetmelikler, özellikle kuvvetli akım tesisleri yönetmeliği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır [4]. Kablo çekiminde de aynı yönetmeliğe uygun bir yol izlenmeli ve gerçekleştirilen bağlantıların mutlaka test edilmesi gereklidir.

Kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğine (KATY) göre ağaçlar ile elektrik tesislerini arasında bulunması gereken en az mesafeler gerilim seviyesine bağlı olarak belirlenmiştir. Tablo 1’de ilgili KATY 2000 yönetmeliğinin (Çizelge-7 Hava hattı iletkenlerinin ağaçlara olan en küçük yatay uzaklıkları ve Çizelge-8 Hava hattı iletkenlerinin en büyük salgı durumunda üzerlerinden geçtikleri yerlere olan en küçük düşey uzaklıkları) ağaçlar ile olan kısımları gösterilmiştir. Özellikle daha net anlaşılması için akşam çekilen bir fotoğraf Resim 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Hava hattı iletkenlerinin ağaçlara olan en küçük yaklaşma mesafeleri [4]

İletkenlerin üzerinden geçtiği yer	Hattın en yüksek işletme gerilimi (kV)	
	1	36
En küçük düşey uzaklık (m)	1,5	2,5
En küçük yatay uzaklık (m)	1	2,5



Resim 1. Yaklaşma mesafesi problemi

Özellikle şehir içinde çoğunlukla 0-1 kV, 31,5-34,5 kV ve müşterek havai hatların olduğu görülmektedir. Bu durumda ilgili yönetmeliğin yaklaşım mesafelerine uyulması konusunda sıkıntı ortaya çıkmaması için azami derecede dikkatli davranılması gereklidir. Yol aydınlatması için de bazen havai hatların kullanıldığı görülmektedir. Özellikle kaldırımlarda bulunan direkler ve ağaçlar ile enerji nakil hatlarının yaklaşma probleminin önüne geçmek için yer altı beslemesi ilk akla gelen çözüm olmalıdır.

Yol aydınlatması projelerinde sadece ortalama parıltı değerinin uygunluğunun göz önünde bulundurulması yeterli bir çözüm değildir, aynı zamanda aydınlatmanın enine ve boyuna düzgünlüğünün de kontrol edilmesi gereklidir. Yol aydınlatmalarında tanımlanan diğer büyüklüklerin de uygun olup olmadığının bütün projelerde gösterilmesi ve kontrol edilmesi gereklidir. Ayrıca yol sınıfı belirlenirken; kavşaklar arası mesafe, yonca ayırımı olup olmadığı, suç oranı ve özellikle araç hızlarına göre karar verilmesi gereklidir. Yol sınıfına doğru karar verilmesi hem ilk yatırım

maliyetini hem de işletme maliyetini çok yakından ilgilendirmektedir. Gerekenden fazla seviyede aydınlatma sınıfının seçilmesi, yatırım ve işletme maliyetini arttırırken daha düşük seviyede aydınlatma sınıfının seçilmesi yatırım ve işletme maliyetini azaltırken gerekli güvenlik ve konfor şartları sağlanamaz.

II. YOL AYDINLATMASINA AİT SON KURALLAR

Uluslararası yönetmeliklerde [5-8] belirtilen bazı durumları doğru değerlendirmemiz gerekmektedir. Ülkemizde dış aydınlatma ile ilgili durumlar, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik [9] içinde yayınlanmış ve 2014 yılında LED'li lambaların kullanımının desteklenmesi amacıyla değişiklik yapılarak yeniden yayınlanmıştır [10]. Tablo 2'de aydınlatma sınıflarına göre uyulması gereken aydınlatma kuralları verilmiştir ME ve MEW aydınlatma sınıfları, orta ila yüksek sürüş hızlarında trafik rotalarındaki motorlu taşıtların sürücülere için tasarlanmıştır. ME yollar kuru iken MEW ise yollar ıslak iken kullanılan aydınlatma sınıflarıdır.

Tablo 2. Aydınlatma sınıflarına göre uyulması gereken aydınlatma kuralları [6]

Ayd. Sınıfı	$\geq L_{ort}$ [cd/m ²]	$U_o \geq$	$U_1 \geq$	TI [%] \leq	SR \geq
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,50	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,30	0,35	0,4	15	-

L_{ort} : Anayol yüzeyindeki ortalama parlaklık
 U_o : Bir yoldaki en düşük parlaklık değerinin o yolun ortalama parlaklığına oranıdır.

U_1 : Anayolda bulunan şeritlerin boyuna düzendeki en düşük değerinin en yüksek değere oranıdır.

TI: aydınlatma armatürlerinin düzgün ışık verememe sebeplerine bağlı görünürlük kaybının ölçülmesi.

SR: Çevreleme oranı, şeritli yollardaki hemen şeridin dışında bulunan yolun ortalama aydınlık seviyesinin şerit içindeki ortalama aydınlık seviyesine oranıdır.

Yayalar için de aydınlatma kurallarına uygunluk mutlaka denetlenmelidir. Bunun için de Tablo 3'de verilen P sınıfı şartlarının sağlanması gerekli olan temel koşullardandır. Yaya güvenliği, aynı ortamı kullanan araç güvenliği ile birlikte genel olarak trafik güvenliği içinde önemini asla yitirmemelidir. Hem proje hem de kontroller sırasında yaya yollarının kullanım şartlarının doğru değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Yaya yolları aydınlatılırken çoğu zaman yol aydınlatma direkleri kullanılarak her iki armatürün aynı direğe montaj edildiği görülmektedir. Yaya tarafındaki montaj yüksekliği yolun daha iyi aydınlatılması ve lamba gücünün aşağı çekilmesi için genellikle yol tarafından daha aşağıdadır. Fakat aynı direk kullanıldığı için direkler arası mesafeler aynıdır. Bu durumda doğru bir aydınlatma yapabilmek amacıyla yaya tarafındaki lambaların kaldırım ekseninde çok geniş açılı bir ışık dağılım eğrisine sahip olması gereklidir. Ya da rakamsal bir çözüme ulaşmak amacıyla biraz daha büyük lamba gücü ve ışık akısı seçilebilir. Bu durumda yapılan proje ekonomiklikten ve yol aydınlatması yönetmeliğinden uzaklaşmış olur.

Tablo 3. Yayalar için aydınlatma sınıfları [10]

Yolun tanımı	Ayd. sınıfı	Ort. Ayd. düzeyi [lux]
Sosyo-ekonomik ve	P1	20

kültürel önemi yüksek olan kalabalık yaya yolları		
Trafiği yüksek yaya veya bisiklet yolları	P2	10
Trafiği orta yaya veya bisiklet yolları	P3	7,5
Trafiği az yaya veya bisiklet yolları	P4	5
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği az yaya veya bisiklet yolları	P5	3
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği çok az yaya veya bisiklet yolları	P6	1,5

Tablo 4’de Türkiye’de uyulması gereken yol aydınlatma sınıfları verilmiştir.

Genel aydınlatma için yayınlanan en son uygulama esaslarına göre lambaların dim edilmesi için yetki, her ilin İl Aydınlatma Komisyonuna verilmiştir [11]. Aslında esas olan sadece saate göre değil aynı zamanda araç ve yaya trafiğinin yoğunluğuna göre de bu ayarlama işleminin yapılması gerekliliğidir.

Tablo 4. Türkiye şehir içi yolları aydınlatma sınıfları [10]

Yol tanımı	Ayd. sınıfı
Şehir bağlantı ve çevre yolları (tek veya iki yönlü, kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri dahil) Hız ≥ 90 km/h; Hız < 90 km/h	M1 M2
Şehir içi ana güzergahlar (bulvarlar ve caddeler, ring yolları, dağıtıcı yollar) 50 km/h \leq Hız ≤ 90 km/h; 3 km’den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var	M1
50 km/h \leq Hız < 90 km/h; 3 km’den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok	M2
Hız < 50 km/h	M3
Şehir içi yollar (Yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları)	

Hız ≥ 50 km/h; 3 km’den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var	M3
Hız ≥ 50 km/h; 3 km’den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok	M4
Hız < 50 km/h; 3 km’den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var	M4
Hız < 50 km/h; 3 km’den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok	M4
	M5
Yerleşim (İkametgah) bölgelerindeki yollar	
30 km/h \leq Hız < 50 km/h; suç oranı yüksek	M4
30 km/h \leq Hız < 50 km/h; suç oranı normal	M5
Hız < 30 km/h; suç oranı yüksek	M5
Hız < 30 km/h; suç oranı normal	M6

Ayrıca M1 ve M2 sınıfına giren yollarda zaman saati ve fotosel röle ile yapılan kontrol çözümlerine ilaveten uzaktan izleme ve kontrol altyapısının da zorunlu olduğu unutulmamalıdır.

Hem enerji tüketiminin azaltılması hem de güvenli ve konforlu görüş koşullarının sağlanması için aydınlatma projeleri yapılırken optimum çözümlerin değerlendirilmesi gerekir. Bu konuda birçok araştırmacının güncel çalışmaları bulunmaktadır [12]. Ekonomik açıdan da proje aşamasında iken yatırım ve işletme maliyetlerinin de dikkate alınması gereklidir. Aydınlatma seviyesi aşağı indirilirken sadece saat aralıkları İl Aydınlatma Komisyonu tarafından belirlenebilir. Aydınlatma seviyesinin en az değeri, Tablo 5’te gösterildiği gibi bir alt seviyedeki aydınlatma sınıfının değeri kadardır.

Tablo 5. Dimleme yöntemi ve aralığının belirlenmesi [11]

Ayd. sınıfı	Dimleme yöntemi	Dim seviyesi	Dim saat aralığı
M1	Uzaktan otomasyonlu	M1→M2	*
M2	Uzaktan otomasyonlu	M2→M3	*
M3	Kademeli	M3→M4	*
M4	Kademeli	M4→M5	*

M5	Kademeli	M5→M6	*
M6	-	-	*
*Dimleme saat aralığı II Aydınlatma Komisyonu tarafından belirlenir.			

Bu şartların sağlanması amacıyla öncelikle projesi yapılacak olan yolun yüzeyine ait malzeme ve yansıma özellikleri, yönetmeliklere ve standartlara uygun aydınlatma kriterlerinin belirlenmesi, lamba ve armatür seçimi, akım kontrolü ve gerilim düşümü gibi tasarım hesaplarının uygun olduğunun gösterilmesi gereklidir. Lambaların renksel geriverim indeksi [Ra] (CRI-Color rendering index), renk sıcaklığı [°K] (Kelvin), ışık dağılım eğrisi özelliklerinin de kullanım amacına uygun olduğu mutlaka gösterilmelidir. Bunlara ilaveten yüksek gerilim projelerinde istendiği gibi; ilk yatırım maliyetini ve 5, 10 yıllık işletme maliyetlerini de gösteren keşiflerin projelerde istenmesi daha bilinçli çözümlerin yapılmasına imkân sağlayacaktır. İşletme masrafları hesaplanırken armatür ve/veya lambalara ait ekonomik ömür, etkinlik faktörü gibi özelliklerinin mutlaka göz önünde bulundurulması gerekir.

Tasarım sonuçlarına güvenebilmek için, özellikle kullanılan lamba ve armatür gibi aydınlatma elemanlarının doğru ve detaylı teknik bilgilerine de ihtiyaç vardır. Bu teknik bilgilerin doğruluğunu ispat edebilecek mutlaka bir akredite laboratuvarında ölçüm yapıldığı bilinmelidir. Aksi takdirde yapılan hesaplamaların ve seçimlerin doğruluk derecesi tam olarak bilinemez.

III. DİREK TESİSATI PROBLEMLERİ

Konya'da çekilen bazı fotoğraflar aşağıda Resim 2 ve Resim 3'de gösterilmiştir. Bu fotoğraflar maalesef çok daha fazla çeşitlendirilebilir. Bu fotoğrafların sunulmasındaki amaç,

sadece bu durumlara dikkat çekmek ve çözüm önerilerini sunmaktır.

Resim 2'deki direğin eğik olduğu herhangi bir ölçüme gerek olmadan göz kontrolü ile de çok rahatlıkla belirlenebilir. Bu tür problemler, elektrik tesislerinin hem yapım aşamasında hem de teslim aşamasındaki kabul işlemlerinin ancak daha dikkatli ve kontrollü yapılmasıyla çözülebilir.

Resim 3'deki uyumsuz direk ve levha durumu ise her türlü altyapı projelerinin birlikte çözülmesi gerektiğinin en güzel örneklerinden biridir. Resim 3'deki trafik lambası için kullanılan direk olmasaydı eğer sadece aydınlatma direği bütün görevleri üstlenebilirdi. Hem direk tasarrufu sağlanır, görüntü sadeleşir ve hem de trafik levhası tam olarak görülebilirdi. Resim 4 ve Resim 5'de gösterilen açık ek kutusu ile karşımıza çıkan en büyük problem, can güvenliğidir. Bunun yerine tamamen yeraltı bağlantı kutusu kullanılarak hem can güvenliği sağlanır hem de direkler üzerinde bağlantı için delik açılmadığından dolayı direğin mukavemeti azaltılmamış olur. Özellikle beton direklerin topraklama bağlantıları da yine imalat aşamasında direğin iç kısmına yerleştirilebilir.



Resim 2. Eğik Direk



Resim 4. Açık ek kutusu-1



Resim 3. Uyumsuz direk, levha yeri



Resim 5. Açık ek kutusu-2

Resim 6'daki açık uçlu bağlantı ise iptal edilmiş bir bağlantının nasıl bırakıldığını veya unutulduğunu göstermektedir. Böyle bir durumda burası yeni bir bağlantı noktası olarak kullanılacaksa eğer hemen bağlantının yapılması, kullanılmayacak ise eğer normal bir kaldırım gibi döşenmesi gereklidir. Önerilen bu düzenlemeler sayesinde daha güvenli ve daha konforlu aydınlatma tesisatlarına kavuşabiliriz.

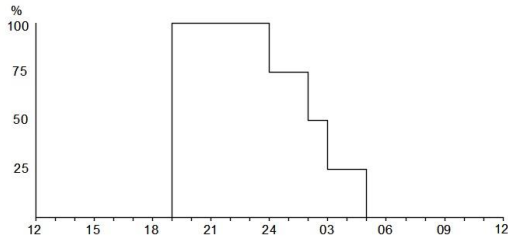


Resim 6. Açık uçlu bağlantı

IV. YOL AYDINLATMASI EKONOMİK ANALİZİ

Çevre aydınlatmasında ekonomi sağlayabilecek araştırmalar daha önce de yapılmıştır [12-18]. Bu çalışmanın en belirgin farkı; elektronik sürücülü led armatürlerin de karşılaştırılması ayrıca dimleme mantığının sadece saate göre değil trafik yoğunluğu ile birlikte değerlendirilerek yapılmasıdır.

Özellikle güvenlik ve ekonomik gerekçelerin birlikte göz önünde bulundurulması için trafik yoğunluğu ve saatin birlikte değerlendirilmesini mecburi bir hale getirmektedir. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak belirlenen örnek bir LedDim çalışma eğrisi Şekil 1’de verilmiştir.

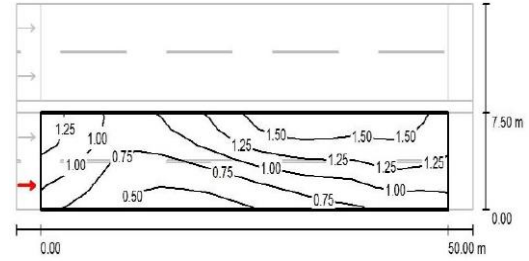


Şekil 1. Örnek LedDim Çalışma Eğrisi

Konya Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 3 km uzunluğunda ve 16 m toplam yol genişliğine sahip olan bir

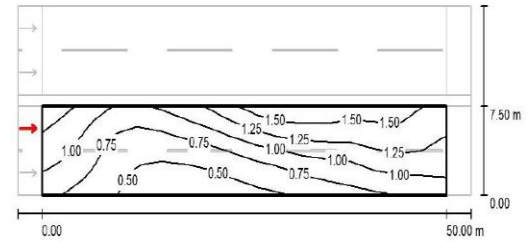
cadde üzerinde yapılan çalışmanın sonuçları Tablo 6 ve Tablo 7’de gösterilmiştir. Toplam 61 adet direk yolun orta refüjüne yerleştirilmiştir. Bu çalışmadaki direkler arası mesafe 50m; tek yönlü araçlar için yol genişliği 7,5m; h:direk yüksekliği 12m ve aydınlatma için yol sınıfı M3 olarak belirlenmiştir. Tablo 6’da sırasıyla; yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba (YBSBL), elektronik balastlı YBSBL (EBYBSBL), LED lamba (LED), dimli LED lamba (LEDDim) kullanılarak yapılmış projenin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadaki tasarımın uygunluğu DIALux yazılımı ile kontrol edilmiştir. Farklı gözlemci konumlarına göre gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları, Şekil 2 ve Şekil 3’de gösterilmiştir.

Yol 1- Gözlemci 1 (Konumu, 1.875 m)



Şekil 2: Gözlemci-1 için parlı dağılım eğrileri

Yol 1- Gözlemci 2 (Konumu, 5.625 m)



Şekil 3: Gözlemci-2 için parlı dağılım eğrileri

Yollardaki gözlemcilere göre elde edilen aydınlatma değerleri de Tablo 6’da verilmiştir. Tabloda verilen dört farklı durumda da dış aydınlatma yönetmeliği tarafından istenilen şartların sağlandığı görülmektedir.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ömürleri 16.000 saat ile 24.000 saat arasında değişmektedir. Bu çalışmada ortalama 20.000 saat olarak alınmıştır. Elektronik balastlı olanların ömürleri optimum kullanım şartları sayesinde 24.000 olarak alınmıştır. LED lambaların ömürleri ise 50.000 ile 60.000 saat arasında değişmektedir. Lamba ömrünü daha fazla veren firmalar da bulunmaktadır. LED lamba için aslında önemli olan armatür içindeki sürücünün ömrüdür. Çünkü firmalar sürücülerine bu kadar uzun çalışma süresi vermemektedirler. Bu durumda ekonomik analiz yapılırken ortalama 3,5 yılda LED lambaların sürücülerinin değiştirilmesi gerektiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 6. Farklı gözlemcilerle göre aydınlatma koşullarının karşılaştırılması

M3	Yol 1		Yol 2	
Gözlemci	Gözlemci 1	Gözlemci 2	Gözlemci 3	Gözlemci 4
Konumu [m]	1,875	5,625	10,375	14,125
L_{ort} [cd/m ²]	1,03	1,01	1,01	1,07
U_0	0,41	0,40	0,42	0,44
U_1	0,70	0,70	0,70	0,71
T_1 [%]	6	9	10	7
SR	0,88	0,88	0,88	0,88

Amortisman süreleri hesaplanırken YBSBL ile gerçekleştirilen aydınlatma referans olarak kabul edilmiştir. Bu yüzden “...” olarak yazılan yerler hesaplama yapılamayacağını ifade etmektedir. Yıllık malzeme maliyetlerinin içinde iki yıllık garanti kapsamı süresinden sonra oluşacak olan balast, sürücü gibi malzeme bedelleri bulunmaktadır. Bakım ve işletme maliyetleri de lambaların kontrol sıklığına göre değişmektedir. Uzaktan izleme sistemi de kurulursa bu

maliyetler de işletme şartlarına bağlı olarak daha uygun seviyelere gelebilir.

Tablo 7. Örnek yol için farklı aydınlatma yöntemlerinin karşılaştırılması

Lamba Tipi	YBSBL	EBYBSBL	LED	LEDDim
Işık akısı	19000	19000	18500	18500
Lamba gücü [W]	250	250	150	150
B/Sürücü gücü [W]	26	17	15	25
Toplam [W]	276	267	165	175
Lamba adedi	122	122	122	122
Armatürün fiyatı [₺]	300	370	1150	1350
Lamba ömrü [h]	20000	24000	50000	50000
Bakım işletme maliyeti [₺]	15	17	20	25
Günlük kullanım süresi [h]	10	10	10	7,5
Yıllık kullanım süresi [h]	3650	3650	3650	2737,5
Yıllık harcama [kWh]	122903	118895	73475	58446
Elektrik birim fiyatı [₺/kWh]	0,50	0,50	0,50	0,50
Yıllık elektrik maliyeti [₺]	61451	59448	36737	29223
Yıllık malzeme maliyeti [₺]	6679,5	6865,04	10241,9	9017,325
Yıllık bakım, işletme [₺]	1830	2074	2440	3050
Yıllık toplam maliyet [₺]	69961	68387	49419	41290
Yatırım maliyeti [₺]	36600	45140	140300	164700
Yatırım farkı [₺]	...	8540	103700	128100
Yıllık kar [₺]	...	1574	20542	28671
Yıllık tasarruf [kWh]	...	4008	49428	64457
Yıllık CO ₂ tasarrufu [kg/yıl]	...	2204	27186	35451
Amortisman süresi [yıl]	...	5,42	5,05	4,47

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada; yol aydınlatmalarındaki bazı tesisat problemleri, örnek bir yol için yapılan aydınlatma tasarımı ve ekonomik analiz bulunmaktadır. Ekonomik olarak bir değerlendirme yapılırken öncelikle ürün ve hizmet fiyatlarındaki doğruluğun, analizin doğruluğunu arttırdığını kesinlikle unutmamalıyız. Çalışmada elde edilen en çarpışı gerçek, yapılan yatırım arttıkça geri dönüşüm süresinin azalmasıdır. YBSBL elektronik balastla birlikte kullanıldığında ilave maliyet yaklaşık 70 ₺'dir. Bu ilave maliyet sayesinde lambanın kullanım ömrü artarken şebekeden çektiği enerji de azalmaktadır. Buna rağmen ilave yatırım 5,42 yılda amorti edilebilmektedir. Dim kontrollü ve LED'li aydınlatma sisteminin aynı zamanda daha fazla enerji tasarrufu sağladığı ve CO₂ salınımını en fazla azalttığı da çok net vurgulanabilir. Sadece 122 adet lambası olan bir yol için bile 64457 kWh enerji tasarrufu ve CO₂ salınımında 35451 kg azalma hesaplanmıştır. Ülkemizde yol aydınlatması için bulunan direk sayısı düşünüldüğünde yapılan çalışmanın önemi daha net ortaya çıkmaktadır. Yol aydınlatmasında ilgili standartlara uyma gerekliliğine ilave olarak iş güvenliği ve sağlığı ile ilgili kurallara da uyulması gerektiği de asla unutulmamalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu yayında gerçekleştirilen yol aydınlatması çalışmasına ve ölçümlerin yapılmasına destek veren Konya Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Yıllık enerji tüketim miktarları. <http://www.teias.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 01.05.2018).
- [2] Konya hakkında genel bilgiler. <http://www.konya.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 01.02.2019).
- [3] Konya'nın nüfus bilgileri. <http://www.tuik.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 01.02.2019).
- [4] Hatlara yaklaşma mesafeleri, Kuvvetli akım tesisleri yönetmeliği, KATY, 2000. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2000/11/20001130.htm>, (Erişim Tarihi: 01.02.2016).
- [5] CEN/TR 13201-1 (2003) Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes
- [6] EN 13201-2 (2003) Road lighting - Part 2: Performance requirements
- [7] EN 13201-3 (2003) Road lighting - Part 3: Calculation of performance
- [8] EN 13201-4 (2003) Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting Performance
- [9] Dış aydınlatma kuralları. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/10/20111027-5.htm> (27 Ekim 2011, Resmî Gazete, Sayı: 28097), (Erişim Tarihi: 01.02.2016).
- [10] LED lamba kullanımı <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/03/20140325-3.htm> (25 Mart 2014, Resmî Gazete, Sayı: 28952), (Erişim Tarihi: 01.02.2016)
- [11] LED lamba kullanımı <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Bakanlik-Duyurulari/Genel-Aydinlatma-Kapsaminda-LED-Armaturlerin-Kullanimina-Iliskin-Usul-ve-Esaslar> (Erişim Tarihi: 01.02.2016).
- [12] Yılmaz F.S. ve Yener A.K., (2015) Lighting energy performance determination for Turkey, Lighting Res. Technol., 47: 740–759

- [13] Onaygil S., Güler Ö. ve Erkin E. (2011a) Yol Aydınlatmasında LED' li Armatürlerin Ekonomik Analizi, 11/2011, s. 99-106, VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir.
- [14] Onaygil S., Güler Ö. ve Erkin E. (2011b) Yol Aydınlatma Tesisatlarında LED'li Armatür Kullanımının Teknik ve Ekonomik Açıdan İncelenmesi, 29-38, 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul.
- [15] Strbac-Hadzibegovic N. ve Kostic M. (2014) Modifications to the CIE 115-2010 procedure for selecting lighting classes for roads, Lighting Res. Technol., 0: 1–12.
- [16] Pracki P., (2011) A proposal to classify road lighting energy efficiency, Lighting Res. Technol., 43: 271–280.
- [17] Gutierrez-Escolar, A., Castillo-Martinez, A., Jose, M., Gutierrez-Martinez, J.M., Stapic Z. ve Medina-Merodio J.A. (2015) A Study to Improve the Quality of Street Lighting in Spain, Energies, 8, 976-994.
- [18] Fotios S. ve Goodman T. (2012) Proposed UK guidance for lighting in residential roads, Lighting Res. Technol., 44: 69–83.