

YOL AYDINLATMA ARMATÜRLERİ İÇİN BAKIM FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ

Nail EREN

Elektrik ve Elektronik Yüksek Mühendisi

Ankara

naileren@hotmail.com

ÖZET

Bir aydınlatma sisteminin, sistem için tanımlanmış bulunan aydınlatma düzeyini, kullanım süresi boyunca sağlaması gerektiği esas kabul edilmektedir. Aydınlatma armatürlerindeki kirlenme, kullanılan ışık kaynaklarındaki kullanım süresine bağlı olarak meydana gelecek ışık akısı kaybı ile malzemelerdeki yapısal bozulmalar aydınlatma sistemlerinin optik performanslarını düşürmektedir. Aydınlatma sistemindeki performans kaybı "Bakım Faktörü"nü kullanılması ile telafi edilmektedir. Bakım faktörü, aydınlatma sisteminin şekline, çevre şartlarına ve aydınlatma armatürlerinin özelliklerine bağlı olarak, standartlarda açıklanan yöntemlerle belirlenmektedir. Bu çalışmada, geleneksel ve LED'li aydınlatma armatürlerinin bakım faktörlerinin belirlenmesine ait yöntemler yer almaktadır.

Anahtar kelimeler: Bakım Faktörü, Yol aydınlatma, LED'li yol aydınlatma

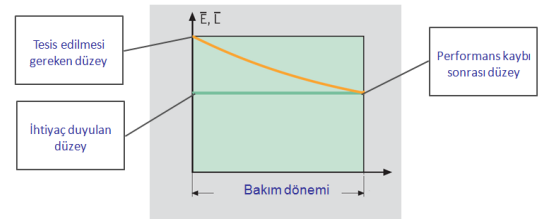
1. GİRİŞ

Aydınlatma sistemlerinin, kullanım amaçlarına uygun asgari aydınlatma düzeyleri, düzgünlüğü ve kamaşma sınır değerleri standartlar çerçevesinde belirlenmektedir. Aydınlatma sistemi, amacı için belirlenmiş bulunan bütün bu parametreleri kullanım süresi boyunca sağlayacak şekilde tasarlanmalı, tesis edilmeli ve işletilmelidir.

Aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilir performansı açısından en önemli unsuru aydınlatma armatürleri ve işletme şartlarıdır. Kullanım süresine bağlı olarak aydınlatma armatürlerinde meydana gelen performans kaybı sistem performansına birebir yansımaktadır. Armatürlerdeki performans kaybının en önemli sebebi armatürün çevresel nedenlerle kirlenerek ışık geçirgenliğinin azalmasıdır. Performans kaybının diğer sebebi, kullanım süresine bağlı olarak ışık kaynağındaki verim düşüşü ve ışık kaynağının ömrünü erken tamamlamasıdır. Aydınlatma armatürlerine bağlı olarak düşen sistem aydınlatma performansının telafi edilmesi, aydınlatma sisteminin amacına uygunluğu için gereklidir.

Armatürlerin performansları zamana bağlı olarak azaldığından, aydınlatma sisteminin

performansı belirlenmiş zaman aralığı için tanımlı olacaktır. Zaman aralığı, aydınlatma armatürlerinin ömrü (ömür sonunda armatürlerin hepsinin yenilenmesi) olabileceği gibi armatürlerin performanslarının iyileştirilebileceği (camının temizlenmesi, lambasının değiştirilmesi gibi) bakım dönemleri olarak değerlendirilebilmektedir. Aydınlatma sisteminin en düşük performansına sahip olduğu dönem sonunda dahi gerekli aydınlatma kıstaslarını sağlayabilmesi, öngörülen performans düşümünün, tasarım aşamasında, sistem performansına eklenmesi ile mümkün olabilmektedir.



Resim 1: Bakım faktörü

Bakım faktörü (MF - Maintenance Factor), aydınlatma sisteminin, dönem başlangıcına göre, dönem sonunda sağlayabileceği performans oranını belirten bir katsayıdır. Bakım dönemi sonunda %20 performans kaybı beklenen bir sistemin bakım faktörü %80 olarak tanımlanmaktadır.

Bakım faktörü, aydınlatma hesap programlarında çarpan olarak kullanıldığından, aydınlatma hesaplarında elde edilen aydınlatma düzeyleri veya parıltı seviyeleri, dönem sonu değerlerini göstermektedir.

Bakım faktörü, armatürlerin sahip olduğu teknolojiye göre değişiklikler göstermektedir. Armatürlerin kirlenmeye karşı koruma sınıfları (IP) önemli bir etken olduğu gibi, armatürlerde kullanılan ışık kaynaklarına ve ışığın azalmasına sebep olabilen tüm etkenlere bağlıdır.

2. BAKIM FAKTÖRÜ

Aydınlatma armatürleri için bakım faktörü, belirlenen kullanım süresi (bakım dönemi) sonunda armatürden çıkan toplam ışığın, armatürün ilk kullanımı sırasında çıkan toplam ışığa oranı olarak tanımlanmaktadır [1]. Bir armatürün, 10000 Lümen’lik başlangıç ışık akısı, bir yıl sonrasında 9000 Lümen’e düşüyorsa, bu armatürün 1 yıl bakım dönemi için bakım faktörü %90’dır.

Aydınlatma sistemlerinde bakım faktörünün kullanımına ilişkin açıklama, TS EN 12464-2 numaralı “Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 2: Açık çalışma alanları” [2] isimli standartta yer almaktadır. Bu standart gereği, aydınlatma sistemi, seçilen aydınlatma teçizatına, ortam koşullarına ve belirlenmiş bakım dönemi için hesaplanan bakım faktörü CIE 154:2003’te tarif edildiği gibi belirlenmelidir. Aynı standart, tavsiye edilen veya gerekli görülen aydınlatma seviyelerinin asgari seviyeler olduğunu ve aydınlatma sistemi performansının bu seviyelerin altına düşmeyecek şekilde tasarlanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Yukarıdaki standartta referans gösterilen “CIE 154, Dış aydınlatma tesislerinin bakımı” [3] isimli rapor, uluslar arası aydınlatma komisyonu tarafından hazırlanmış, kılavuz doküman niteliğindedir. Bu rapor uyarınca, armatür bakım faktörü, aşağıda belirtilen formül çerçevesinde, birden fazla performans

göstergesinin çarpımı şeklinde verilmektedir.

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \quad (1)$$

MF = Bakım faktörü (**Maintenance Factor**)

LLMF = Lamba Lümen Bakım Faktörü (**Lamp Lumen Maintenance Factor**), Işık kaynağındaki performans kaybını, belirtilen süre sonundaki ışık akısının başlangıç ışık akısına oranı olarak tanımlanmaktadır. Işık kaynaklarına ait LLMF, ışık kaynağı üreticisi tarafından tanımlanmaktadır.

LSF = Lamba Canlılık Faktörü (**Lamp Survival Factor**), ışık kaynağının (lamba), belirtilen süre içerisinde hayatta kalma oranının yüzde olarak tanımlanmasıdır. LSF, ışık kaynağı üreticisi tarafından tanımlanmaktadır.

LMF = Armatür Bakım Faktörü (**Luminaire Maintenance Factor**), aydınlatma armatürünün yapısal özelliği ve çevresel etkiler sonucu belirtilen/belirlenen süre sonunda azalan ışık akısının başlangıç ışık akısına oranı olarak tanımlanmaktadır. LMF, armatürün kirlenmeye karşı koruma sınıfına (IP) ve aydınlatma tesisinin yer alacağı çevrenin kirlilik derecesine bağlı olarak belirlenmektedir. Armatür bakım faktörü için belirlenmiş bir zaman aralığı gerektiğinden, bu sürenin sistemin kurulacağı bölgenin kirlilik özelliğine göre tasarımcı tarafından belirlenmesi veya genel bir tanım yapılması gereken durumlarda, süre ve kirlilik derecesi teknik şartnamelerde yer almalıdır.

Armatürün belirlenen bir dönem sonundaki performans kaybı, armatürün toza karşı koruma sınıfına bağlı olarak çevresel nedenlerle kirlenmesine ve ışık kaynağı durumundaki lambanın performansına bağlanmaktadır.

Yol aydınlatma performanslarının hesaplanmasına ilişkin standartta [4] bakım faktörü, lamba akısı bakım faktörü ile armatür bakım faktörünün çarpımı olarak

tanımlanmakta ve hesaplama formüllerinde çarpan olarak gösterilmektedir¹.

$$E = \frac{I \times \cos^3 \epsilon \times \Phi \times MF}{H^2} \quad (2)$$

$$L = \frac{I \times r \times \Phi \times MF \times 10^{-4}}{H^2} \quad (3)$$

Performans hesaplamalarında çarpan olarak kullanılan bakım faktörünün büyümesi, gerekli enerji ihtiyacının azalması anlamını taşımaktadır.

3. TEDAŞ ŞARTNAMELERİNDE BAKIM FAKTÖRÜ

Genel aydınlatma kapsamındaki yol aydınlatma sistemlerinin tasarım kriterlerinin belirleyicisi durumundaki TEDAŞ şartnamesinde [5], içerisinde Sodyum Buharlı Lamba bulunan armatürler için bakım periyodu için herhangi bir süre ve çevre kirlilik kategorisi belirtilmemiş olmasına karşın bakım faktörü **0.89** olarak verilmektedir. Bu bakım faktörü değerinin, IP65 olarak belirtilmiş armatür koruma sınıfı ile iki yıllık bakım dönemleri için belirlendiği tahmin edilmektedir². CIE 154 raporuna göre, bakım faktörü sadece armatürün kirlenmesinden değil, lambadan kaynaklanan performans kayıplarından da etkilendiğinden, TEDAŞ şartnamesinde belirtilen bakım faktörü değerinin tanımlarına uygun olmadığı görülmektedir.

En güncel şartname durumundaki “LED Işık kaynaklı Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi”nde [9] ise bakım faktörünün ne olması gerektiğine dair bir tanım bulunmamaktadır. Güncel aydınlatma

teknolojisini tanımlayan bir şartnamenin, aydınlatma tasarımının esaslarından biri durumundaki bakım faktörü ile ilgili açıklama veya veri bulunmaması eksiklik olarak değerlendirilmektedir.

4. SODYUM BUHARLI LAMBALI ARMATÜRLER İÇİN BAKIM FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ

Sodyum Buharlı lambalı armatürler için bakım faktörü yukarıda açıklanan üç temel bakım faktörünün çarpımı ile belirlenmektedir. 150W gücünde, Sodyum buharlı lambalı, IP65 koruma sınıfına sahip bir armatürün bakım faktörünün belirlenmesi aşağıda bir örnek ile verilmektedir.

4.1 Armatürün kirlenmesine bağlı bakım faktörü (LMF)

Öncelikle, aydınlatma sisteminin kurulacağı bölgenin kirlilik oranına göre hangi zaman aralıklarında bakım yapılacağı (armatürün cam temizliği) belirlenmelidir. TEDAŞ şartnamesinde, belirtilmemiş ama öngörülmüş bulunan, 2 yılda bir bakım yapılması esasına ve orta derece kirli çevre şartlarına göre, IP 65 koruma sınıfına sahip bir armatürün kirlenmesine bağlı bakım faktörü (LMF), CIE 154 raporunda yer alan tablodan, **0.89** olarak belirlenmektedir.

Tablo 1: Armatür koruma sınıfına ve çevre kirlilik kategorisine göre armatür bakım faktörü

Optical compartment IP Rating	Pollution Category	Exposure time (years)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP2X	High	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medium	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Low	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	High	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medium	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Low	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	High	0,91	0,90	0,89	0,85	0,83
	Medium	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Low	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

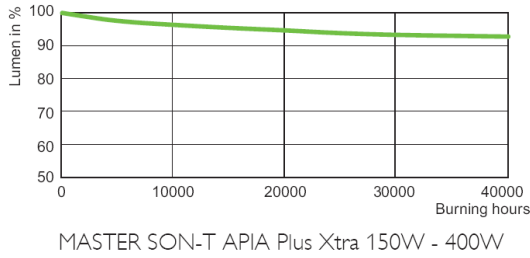
Armatür camlarının, iki yılda bir temizlenmesini esas alan bakım dönemi planına göre belirlenen **0.89** kirlenme bakım faktörü gereği, armatürlerin bu dönemlerin sonunda **%11** performans kaybına uğrayabilecekleri kabul edilmektedir.

¹ Bakım faktörü, “EN 13201-3 Yol aydınlatma – Performansın hesaplanması” isimli standardın İngilizce metninde “Product of the lamp flux maintenance factor and the luminaire maintenance factor” tanımında bulunan “lamp” ve “luminaire” ifadeleri, standardın Türkçe metninde “Lamba” olarak yer almaktadır.

² Tahmin, bu konuda yazılmış makalelere dayandırılmıştır. [6], [7], [8]

4.2 Lamba Lümen Bakım Faktörü (LLMF)

Lambaların kullanım süresine bağlı olarak ışık akısındaki azalma, üretici tarafından beyan edilmektedir. Aşağıdaki grafikte, kullanım süresine bağlı olarak, 150 ile 400 W aralığındaki lambalar için performans kaybı gösterilmektedir. Yukarıda belirlenen 2 yıllık bakım periyoduna karşılık gelen, yaklaşık 8000³ saatlik kullanım süresi sonundaki ışık akısındaki düşüş %4 olarak tespit edilmektedir.



Resim 2: Sodyum buharlı lambaların kullanım süresine bağlı olarak ışık akısındaki azalma⁴.

Lambaların her iki yılda değiştirilmesi yerine 2. veya 3. bakım periyodunda değiştirilmesi daha ekonomik çözümler sağlayabileceğinden bu seçenekleri değerlendirmek için 16000 saatlik (4 yıl) ve 24000 saatlik (6 yıl) lamba ışık akısı kayıplarının da dikkate alınması gerekecektir.

Bu çerçevede, lambaların kullanım süresine bağlı olarak bakım faktörü, 2 yıllık, 4 yıllık ve 6 yıllık lamba değişim dönemleri için;

$$LLMF_{(2 \text{ yıl})}=0.96$$

$$LLMF_{(4 \text{ yıl})}=0.95$$

$$LLMF_{(6 \text{ yıl})}=0.93$$

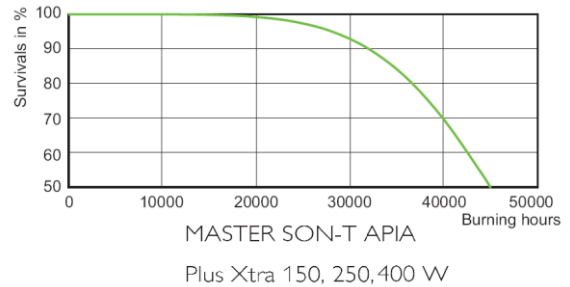
olarak belirlenmektedir.

³ İki yıllık kullanım süresi, (730 gün) ortalama 11 saatlik çalışma süresi ile 8030 saat olarak hesaplanmaktadır.

⁴ Lambalar ile ilgili veriler 28 Ağustos 2013 tarihli, "master_son-t_apia_plus_xtra_344247_ffs_aen" isimli Philips lamba broşüründen alınmıştır.

4.3 Lamba canlılık faktörü (LSF)

Lambaların bir kısmı, armatürü oluşturan diğer unsurların sağlam olmasına rağmen, kullanım süreleri içerisinde işlevsiz hale gelebilmektedir. Lambaların bir şekilde sönmek üzere ömürlerini erken tamamlamaları, mümkün olabilmektedir. Lamba üreticileri tarafından beyan edilen canlılık eğrilerinden, üç ayrı bakım dönemi için lamba canlılık faktörünün (LSF) tespit edilmesi gerekmektedir. İşletme stratejisinde, sönen her bir lambanın, en kısa sürede değiştirilmesinin benimsenmesi durumlarında, LSF = 1 olarak dikkate alınmaktadır. Ancak, genel aydınlatma uygulamalarında, büyük bir alana yayılmış durumdaki arızalı lambaların kısa zaman içerisinde değiştirilebilmesi mümkün olmadığından, sistematik, toptan lamba değişimi uygulanmaktadır. Toptan lamba değişimi için öngörülen azami lamba sönmek oranı %5 olarak benimsenmekte, toptan değişimi %5 sönmek oranının gerçekleşeceği süre sonunda yapılmaktadır.



Resim 3: Lambaların canlılık faktör eğrisi

Yukarıdaki grafikten, lambaların kullanım süresine bağlı olarak canlılık faktörü, 2 yıllık (8000 saat), 4 yıllık (16000 saat) ve 6 yıllık (24000 saat) lamba değişim dönemleri için;

$$LSF_{(2 \text{ yıl})}=0.99$$

$$LSF_{(4 \text{ yıl})}=0.99$$

$$LSF_{(6 \text{ yıl})}=0.97$$

olarak belirlenmektedir. Lamba canlılık eğrisine göre, %5 sönmek oranı 7. yıldan sonra gerçekleşmektedir. Ancak, 7. Yıl bakım dönemleri ile çakışmadığından 6.

Yılda lamba değişimi daha ekonomik olacaktır.

4.4 Bakım faktörü (MF)

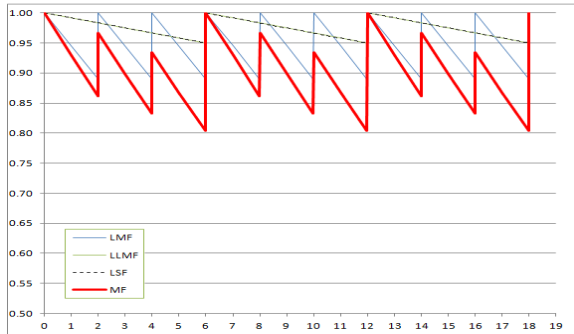
Görüldüğü gibi, bakım faktörü birden çok alternatif ile belirlenebilmektedir. Bu alternatifler sistemin işletilme stratejisine bağlı olduğundan, bakım faktörünün belirlenmesinde tesis ve işletme şartlarının dikkate alınmasıyla daha ekonomik çözümlerin bulunabilmesi mümkün olacaktır.

Yukarıdaki açıklamalar ile belirlenen katsayılar kullanılarak, farklı bakım dönemleri için farklı bakım faktörleri hesaplanabilmektedir.

$$MF_{(2/2 \text{ yıl})} = LMF_{(2 \text{ yıl})} \times LLMF_{(2 \text{ yıl})} \times LSF_{(2 \text{ yıl})} \\ = 0.89 \times 0.96 \times 0.99 = 0.85$$

$$MF_{(2/4 \text{ yıl})} = LMF_{(2 \text{ yıl})} \times LLMF_{(4 \text{ yıl})} \times LSF_{(4 \text{ yıl})} \\ = 0.89 \times 0.95 \times 0.99 = 0.84$$

$$MF_{(2/6 \text{ yıl})} = LMF_{(2 \text{ yıl})} \times LLMF_{(6 \text{ yıl})} \times LSF_{(6 \text{ yıl})} \\ = 0.89 \times 0.93 \times 0.97 = \mathbf{0.80}$$



Resim 4: Sodyum buharlı armatürler için kullanım zamanına bağlı optik performans grafiği (MF_{2/6yıl})

Bu sonuçlara göre aşağıdaki yorumlar yapılabilecektir:

- Her 2 yılda armatürlerin camlarının temizlenmesi ve 6 yılda lambaların hepsinin değişmesi durumunda, bu aydınlatma sistemi için, dönem sonunda sağlanabilecek aydınlatma seviyesinin %100'e normalize edilmesi halinde (1/0.8), **%25** daha fazla aydınlatma yapılması gerektiği görülmektedir.
- Her 2 yılda armatürlerin camlarının temizlenmesi ve 4 yılda lambaların hepsinin değişmesi durumunda, bu aydınlatma sistemi için (1/0.84) **%19**

daha fazla aydınlatma yapmak gerekecektir. Enerji tüketimi açısından, 4 yılda lamba değişimi, 6 yılda lamba değişimine göre %6 daha avantajlı görülmektedir.

- Her 2 yılda armatürlerin camlarının temizlenmesi ve aynı zamanda lambaların hepsinin değişmesi durumunda, bu aydınlatma sistemi için (1/0.85) **%18** daha fazla aydınlatma yapmak gerekecektir. Enerji tüketimi açısından; 2 yılda lamba değişimi, 4 yılda lamba değişimine göre %1, 6 yılda lamba değişimine göre ise %7 daha avantajlı görülmektedir.

Bu seçeneklerin hangisinin daha ekonomik olacağı, enerji tüketimi, lamba ve lamba değişim maliyetine bağlı olarak belirlenmelidir.

Bakım faktörünün belirlenmesinde kullanılan, Lamba Lümen Bakım Faktörünün ve Lamba Canlılık Faktörünün kullanılacak lambaların üreticilerine ve lamba güçlerine bağlı olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

5. LED'Lİ ARMATÜRLER İÇİN BAKIM FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ

LED'li yol aydınlatma armatürleri için bakım faktörünün belirlenmesi, konvansiyonel armatürler ile aynı prensiplere sahip olsa da, teknolojik farklılıklar nedeni ile daha fazla sayıda parametrenin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Sodyum buharlı lambalı armatürler için belirlenmiş bakım faktörlerinin LED'li armatürler için kullanılması, bu açıdan, mümkün değildir ve LED'li aydınlatma armatürlerinin tekniğine uygun bakım faktörlerinin hesaplanması gereklidir.

LED'li aydınlatma armatürlerindeki kullanıma bağlı performans düşümü standartlarda [10], [11], [12] tanımlanmış ve beyan formatı belirtilmiş olmasına karşın, üreticiler arasında bu konuda henüz mutabakat sağlanamamıştır. Bakım faktörlerinin belirlenmesinde kullanılacak

verilerin sunumunda üreticiden üreticiye farklılıklar bulunmaktadır. Teknolojik farklar nedeni ile LED'li armatürler için belirlenecek bakım faktörlerinin tüm üreticileri, hatta tek üreticinin farklı ürünlerini kapsayabilmesi mümkün görülmemektedir.

Lümen kaybı ve ömür ile ilgili verileri beyan etmeyen üretici sayısı çoğunluğu oluşturmaktadır. Bazı üreticilerin Lümen kaybı ve ömür beyanlarındaki en büyük hataları ise LED paket (chip) üreticilerine ait ömür ve performans verilerini armatürler için kullanmalarıdır. LED'li aydınlatma armatürlerinin ömür ve performans özellikleri ile LED paketlerine ait ömür ve performans özellikleri arasında büyük farklar bulunduğundan, armatür ömür ve performans beyanlarının, armatürler için hazırlanmış standartlara uygun olarak yapılması şart koşulmalıdır. LED'li armatürler için beyan edilen ömür ve performans özelliklerinin hiçbirinin doğrulanmamış olması(!), başka bir araştırma konusu olması gerektiğinden bu çalışmada yer almayacaktır.

Bu çalışmada yer alan örneklerde de görüleceği gibi, LED'li aydınlatma armatürler için bakım faktörü, aydınlatma tekniği bilgi ve birikimine sahip sınırlı sayıdaki üretici için tespit edilebilmektedir.

LED'li armatürlerde, LED paketlerinin bir modül üzerinde yer alması ve bu modüllerin armatür içerisine takılıp sökülebilmeleri öngörülmüştür. Ancak, üreticilerin büyük bir kısmı, LED modüllerinin kullanıcı tarafından sökölüp takılmasını uygun görmemektedir. Bu nedenle, LED'li aydınlatma armatürlerindeki ışık kaynaklarının bakım onarım süreci içerisinde sahada değiştirilmesi mümkün olamamaktadır. LED modüllerin değiştirilememe nedenlerinden biri de, LED teknolojisindeki hızlı değişim sebebi ile 3-4 yıllık süre sonrasında söz konusu modülün üretiminin durdurulmuş olmasıdır.

5.1 Armatürün kirlenmesine bağlı bakım faktörü (LMF)

LED'li armatürlerin kirlenmeye karşı bakım faktörü, geleneksel aydınlatma armatürleri ile aynı şekilde belirlenmektedir. Düşünülen farklı olarak LED'li aydınlatma armatürlerinin de, geleneksel aydınlatma armatürleri gibi belirli periyotlarda camlarının temizlenmesi gerekli görülmektedir.

Geleneksel armatür için hesaplanan bakım faktöründe olduğu gibi, LED'li aydınlatma armatürünün de 2 yıl aralıklarla temizleneceği ve armatürün orta derece kirli bir ortamda kullanılacağı öngörüsü ile armatürün kirlenmeye karşı bakım faktörü 0.89 alınmaktadır

$$LMF_{(2 \text{ yıl})} = 0.89$$

LED'li armatürlerin soğutucu dilimleri arasına toz dolması halinde armatürün daha fazla ısınacağından, ışık akısında daha fazla kayıp yaşanabilecek, armatür daha erken ömrünü tamamlayabilecektir. Bu nedenle, belirlenen dönemler sonunda LED'li armatürlerin bakımlarının yapılması daha önemli görülmektedir.

5.2 LED'li Armatür Lümen Bakım Faktörü (LLMF)

LED'li ışık kaynaklarındaki kullanım süresine, kullanım şekli ve çevresel etkilere bağlı olarak lümen değişimini tanımlayabilecek, genel bir doğrulama yöntemi ve matematiksel model henüz kurulamamıştır. LED'li armatürler için, zamana bağlı lümen düşüşü ortam sıcaklığına ve sürme akımına bağlı olarak değişmektedir. Lümen Bakım Faktörü, armatürlerin marka ve modellerine, ortam sıcaklığına (ta), sürme akımına bağlı olarak faydalı kullanım süresi sonu için üreticilerin beyan edeceği (- ve şimdilik kabul edilecek-) lümen oranıdır.

“A” üreticisi⁵, L₈₀B₁₀ gösterimi ile 100,000 saatlik faydalı kullanım süresi garanti

⁵ Trilux – Lumega: Product information LIQ 70-AB7L-LRA/9100-740 12G1S ETTOC: 6482540

etmektedir. $L_x B_y$ gösterimi, belirtilen ömür içerisinde başlangıç lümen değerinin %x kadarının sağlanabileceği ancak %y oranındaki armatür sayısının %x lümen değerini sağlayamayacağı (-beklenenden daha büyük lümen düşümü veya armatürde kısmi bozukluk-) ifade edilmektedir. Bu gösterimde, tamamen bozulan ve hiç ışık akısı üretemeyen armatür sayısı $L_0 C_z$ gösterimi ile ayrıca belirtilmelidir. Örnekteki armatür için, sürme akımından bağımsız olarak, ömür sonunda garanti edilen lümen oranı %80, “LED” bozulma oranı %10 olarak belirtilmektedir. Tamamen bozulacak armatür sayısı belirtilmemektedir.

“B” üreticisine ait ürün broşüründe⁶, lümen oranı, 70,000 saat kullanım süresi için $L_{80} F_{10}$ gösterimi ile verilmektedir. F_y gösterimi, kısmi bozulma ile armatür bozulma oranlarını kapsamaktadır. Örnek armatür için, 70,000 saat kullanım süresi sonunda en fazla %20 lümen düşümü ve en fazla %10 “armatürün” bozulabileceği garanti edilmektedir. Aynı ürünün, daha düşük sürme akımına sahip olduğu tahmin edilen –broşürde belirtilmemiş- farklı bir modelinde ise 100,000 saat kullanım süresi için de aynı lümen ve bozulma oranı garanti edilmektedir.

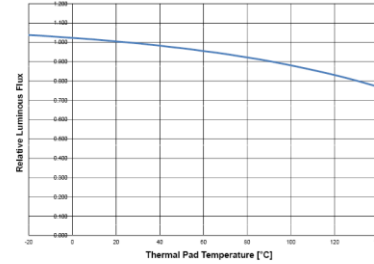
“C” üreticisi, ürün broşüründe⁷, hiçbir gösterim tanımını kullanmadan, 100,000 saat kullanım süresi ve 700 mA sürme akımı için en fazla %20 lümen düşümü garanti etmekte, bozulma oranlarını belirtmemektedir.

Görüldüğü gibi, üç farklı üreticinin ömür ve lümen değişime ait beyanları arasında bir mutabakat bulunmamaktadır.

LED’li armatürlerin lümen beyan değerleri +25°C LED paket jonksiyon sıcaklığı için tanımlanmaktadır ve ortam sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir. Bu durumda, ortam sıcaklığı (ta) LED armatürlerin

bakım faktörlerinin belirlenmesinde etkili olacaktır.

Örneklere yer alan üreticiler, ortam sıcaklığına bağlı lümen değişimini beyan edememişlerdir. TEDAŞ şartnamesinde, ortam sıcaklığının +50°C olarak tanımlanmış olması itibarı ile +25°C ortam sıcaklık farkının lümen değerinde yaklaşık %5 düşüğe sebep olacağı dikkate alınmalıdır.



Resim 5: LED’lerin çalışma sıcaklığına göre lümen değişimi⁸

LED ışık kaynaklarından çıkan ışığın aydınlatılacak alana yönlendirilebilmesi için yaygın olarak polikarbon veya akrilik lensler kullanılmaktadır. Geleneksel reflektör sistemlerinden farklı olarak lenslerin zaman bağlı olarak ışık geçirgenliğinde düşüşler gözlenmektedir. Optik yönlendirici olarak lens kullanılan LED’li armatürlerde, bakım faktörünün belirlenmesinde lenslerin sebep olacağı %5 mertebesindeki kayıplar dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, en kaliteli lenslerin kullanıldığı ve zaman içerisinde lenslerin ışık geçirgenliğinin değişmeyeceği varsayılmış, lenslerden kaynaklanacak performans kaybı dikkate **alınmamıştır**.



Resim 6: Lenslerin UV/65°C 6000 saat kullanım sonrası şartlarda durumu

LED’li aydınlatma armatürleri için, 70000 saat ömür (yaklaşık 17 yıl), %20 lümen

⁶ Philips SpeedStar - 2015, March 16

⁷ Schereder –VOLTAnA-grp0053-En-grp-2015-01

⁸ DS061 LUXEON Rebel ES Product Datasheet 20140728 dokümanından alınmıştır.

kayıbı, %10 armatürün sönmesi ve +25°C ortam sıcaklığı farkı dikkate alındığında; bakım faktörü çarpanları;

$$LLMF_{(17 \text{ yıl})} = 0.80 \times 0.95 = 0.76$$

$$LSF_{(17 \text{ yıl})} = 0.90$$

olarak belirlenmektedir.

5.3 LED'li Armatür bakım faktörü (MF)

Örnek LED'li aydınlatma armatürü için bakım faktörü, yukarıdaki belirlenen katsayıların kullanılması ile aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$MF_{(17 \text{ yıl})} = LMF_{(2 \text{ yıl})} \times LLMF_{(17 \text{ yıl})} \times LSF_{(17 \text{ yıl})}$$

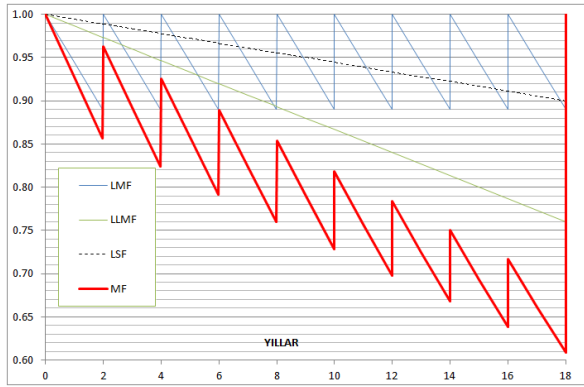
$$LMF_{(2 \text{ yıl})} = 0.89$$

$$LLMF_{(17 \text{ yıl})} = 0.76$$

$$LSF_{(17 \text{ yıl})} = 0.90$$

$$MF_{(17 \text{ yıl})} = 0.61$$

Bu hesaplamada, LED'li armatürlerin iki yıl aralıklar ile temizlenmesi ve 17 yılsonunda armatürlerin yenileri ile değiştirilmesi öngörülmüştür.



Resim 7: LED'li armatürler için kullanım zamanına bağlı optik performans grafiği (MF_{17yıl})⁹

Bakım faktörü hesaplanan LED'li aydınlatma armatürü ile hedeflenen aydınlatma düzeyleri için **%64** daha fazla aydınlatma yapılması gerekecektir.

⁹ LED'li armatürün zamana göre lümen kaybı ve bozulma sayısı, zaman göre doğru orantılı olarak kabul edilmiştir.

6. SONUÇ

Yol aydınlatma sistemlerinin amaçlarına uygun olarak tesis edilebilmeleri, bakım periyodu veya sistem kullanım süresi sonunda dahi beklentileri karşılayacak performansını sürdürebilmesi için bakım faktörlerinin doğru belirlenmesi gereklidir.

Bakım faktörünün aydınlatma armatürlerinin marka ve modellerine bağlı olarak değişeceğinden, TEDAŞ şartnamesinde genel bir bakım faktörü tanımlanması yerine, bakım periyodu belirtilerek, bakım faktörünün nasıl hesaplanacağı açıklanmalıdır.

Bir aydınlatma sisteminin toplam sahip olma maliyetinde, bakım faktörü önemli yer tutmaktadır.

Beklentiden farklı olarak, LED'li armatürlerin de belirlenen bakım dönemleri sonunda camlarının temizlenmesi gerekmektedir.

Enerji verimliliği karşılaştırmalarında, sistemlerin toplam sahip olma maliyetleri dikkate alınmalıdır. Geleneksel aydınlatma armatürleri yerine LED'li armatürlerin kullanılması halinde, bakım faktörü gereği **%64**, Sodyum buharlı armatürlere göre de (%64 - %25 =) **%39** daha fazla aydınlatma yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Genel aydınlatma kapsamındaki bütün armatürlerin, LED'li armatürler ile değiştirilmesi için gerekçe durumundaki **%40** mertebesindeki tasarruf beklentisi tekrar değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Türk Standartları Enstitüsü, «TS EN 12665,» *Işık ve aydınlatma-Aydınlatma kurallarını belirleyen temel tarifler ve kriterler*, 31 01 2012.
- [2] Türk Standartları Enstitüsü, *TS EN 12464-1 Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları*, 21 02 2013 .
- [3] CIE, «CIE 154 - The Maintenance of Outdoor Lighting Systems,» 2003.

- [4] Türk Standartları Enstitüsü, «TS EN 13201-3 Yol Aydınlatması,» *Performansın Hesaplanması*, 2006.
- [5] Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş., «TEDAŞ MYD/95-009.B Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi,» Mayıs 2008.
- [6] S. Onaygil, Ö. Güler ve E. Erkin, «Yol Aydınlatmalarında LED Kullanımı,» V. *ULUSAL AYDINLATMA SEMPOZYUMU*, Mayıs 2009.
- [7] Ö. Güler ve S. Onaygil, «Yol Aydınlatması Tesisatlarında Armatür Fotometrik değerlerinin Önemi,» IV. *ULUSAL AYDINLATMA SEMPOZYUMU*, Aralık 2007.
- [8] S. Onaygil, Ö. Güler ve E. Erkin, «Yol Aydınlatmasında LED'li Armatürlerin Ekonomik Analizi,» VI. *ULUSAL AYDINLATMA SEMPOZYUMU*, Kasım 2011.
- [9] Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş., «TEDAŞ-ARGE/2010-057.B LED ışık Kaynaklı Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi,» Mart 2015.
- [10] IEC, «IEC 62717 - LED module for general lighting - Performance requirements,» Aralık 2014.
- [11] IEC, «IEC 62722-1 : Luminaire performance - Part 1: General requirements,» 03 09 2014.
- [12] IEC, «IEC 62722-2-1 : Luminaire performance - Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires,» 25 11 2014.