

# GENEL AYDINLATMA TESİSLERİNDE IŞIK KAYNAKLARININ DEĞİŞTİRİLMESİ İÇİN YÖNTEMLER

Dr. Jozsef, Horvath

## 1. GİRİŞ

Genel aydınlatma tesislerinde çalışma güvenliği bazı arızalar nedeniyle azalabilmesine rağmen, bu tesislerin sürekli çalışmalarının sağlanmasında ışık kaynağının değiştirilmesinin önemi büyüktür.

Genel aydınlatma tesislerinin en önemli öğeleri, ışık kaynakları, sıklıkla ve rastgele olaylar nedeniyle arızalanan önemli bileşenleridir. Sonuç olarak, bozuk lambaları sistematik biçimde değiştirmek gereklidir.

önceleri ışık kaynağı değiştirme yöntemi yalnızca çalışma koşulları ile belirlenirdi.

Şimdi önalın eğilim bu çalışmaların tutumlu ve elverişli biçimde yapılmasıdır.

Trafiğin büyük gelişme göstermesi ve yolların aşırı kalabalıklığı önemi artan bir konu olmaktadır. Bu, bazı durumlarda genel yerlerde çalışmayı olanaksız kılabilir. O nedenle yerel etkileri en az düzeye indirmek zorunlu bir gerek olmaktadır. Genel aydınlatma tesislerinde gaz boşalımlı lambalara göre enkandesan lambaların rolü, sürekli azalma eğilimi göstermektedir.

## 2. IŞIK KAYNAKLARININ DEĞİŞTİRİLMESİNİ ETKİLEYEN TEKNİK FAKTÖRLER

Uygun değiştirme yönteminin seçiminde ışık kaynaklarının iki teknik değişkeni önemlidir. Zamana bağlı olan bu değişkenler şunlardır : Işık kaynağının aydınlatma akısının giderek azalması ve lambaların bozulmalarının zamana göre dağılımı.

## 2.1. Işık Kaynaklarının Aydınlatma Şiddetinin Düşmesi

Tamamen temiz bulundurulmuş ve gerekli gerilimle beslenen, bu ideal bir durumdur, bir ışık kaynağını ele alalım. Bütün bunlara rağmen yanma süresince yayılan ışık akısında düşme gözlenecektir. Bu olaya neden, ışık kaynağının ortamında sürüp gitmekte olan fiziko-kimyasal olaydır.

Gaz boşalımlı ışık kaynaklarındaki aydınlatma şiddetinin düşme grafiği, genelde, aşağıda verilen eksponensiyel bağıntı ile çözülebilir:

$$\langle p \rangle / t / \sim (f_{i,n}) \cdot e^{-bt}$$

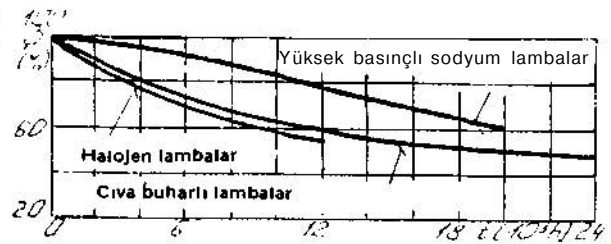
0/t/ aydınlatma akısının (lumen olarak) zamanın fonksiyonu olarak değişmesi;

$O_n$  100 saat yanma süresinden sonra aydınlatma akısı (lumen olarak);

b  $10^3$  yanma saatindeki özgül aydınlatma şiddeti düşüşü ( $10^{-3}$  de saat<sup>-1</sup>)

t  $10^3$  yanma saati ile ilgili (saat olarak) çalışma süresi

Bazı tipik aydınlatma şiddeti düşüş eğrileri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1

Doğru biçimde tasarlanmış genel bir aydınlatma tesisinde, aydınlatma akısının % 30'unu yitirmiş ancak yanmakta olan lambalar ile hiç çalışmayan lambalar arasında bir ayırım yapılmaması, iki grubun da işe yaramaz olarak kabul edilmesi gereklidir. Işık kaynaklarının çoğunlukla ömürlerinin; belirli aydınlatma akısı sınırına ulaşmadan önceki "aydınlatma ömrü" ile bu sınır geçildikten sonraki "ölü aydınlatma dönemi" olarak iki döneme ayrılmasının nedeni budur.

## 2.2. Işık Kaynaklarının Bozulması

Lambaların ömürlerine ilişkin değişkenler yalnızca istatistik olarak incelenebilir ve özellikleri, belirli sayıda ışık kaynağı ile ilgili bilgilere bağlı olarak elde edilebilir.

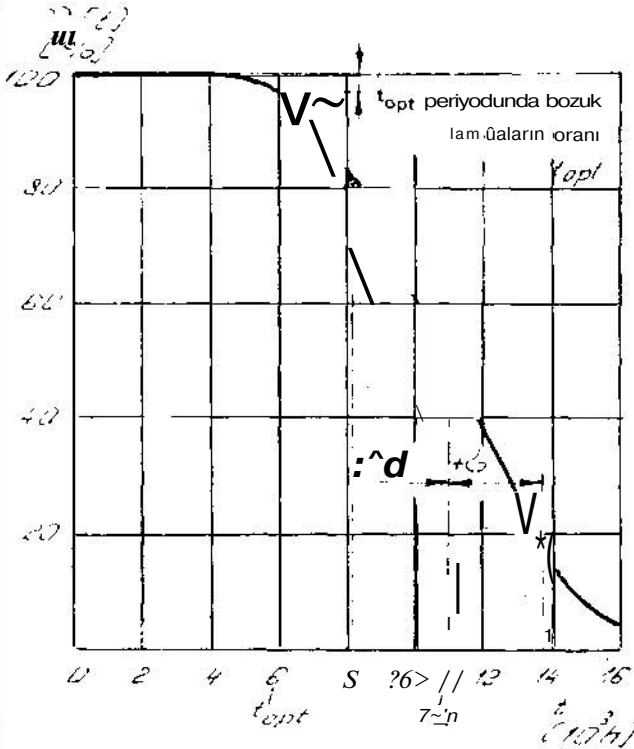
Işık kaynaklarının bozulmaları yıpranmaya bağlı olup merkezi limit dağılımı kuramına uyar. O nedenle bozul-

maların dağılım fonksiyonu Gauss Olağan Dağılımı olmakta ve bu kullanılarak yanmalar zamanının bir fonksiyonu olarak elde edilmektedir,  $r^{\wedge}$  sayıda ışık kaynağı bulunan bir aydınlatma tesisinde, tesisin verilen bir zaman noktasında çalıştırılmaya başlanıp herhangi bir yanma süresinden sonra, verilen bir zaman noktasında ve herhangi bir  $t^{\wedge}$  zamanında, yanmaya devam eden lambaların oranı şu bağıntı ile verilir:

$$r/t/ = \frac{n/t/}{n/t/ - o/} \cdot 1 - F/t/$$

Burada  $f/t/$  ilgili frekansın (sıklığın) fonksiyonu;  
 $n/t/$   $t$  zaman noktasında yanmakta olan lamba sayısı /pes/ ;  
 $n/t = o/$  başlangıçta yakılan lamba sayısı /pes/ve  
 $F/t/$  normal dağılımın veya arıza olasılığının fonksiyonu.

İlgili frekans (sıklık)  $f/t/$ 'nin limit değeri, ışık kaynağının yaşam süresi olasılığına eşittir. Şekil 2'de, verilen herhangi bir  $t^{\wedge}$  zaman noktasında çalışan lamba sayısını yani çalışma olasılığını veren (çoğunlukla tükenme eğrisi olarak bilinen) yaşam fonksiyonu  $f/t/$  verilmiştir. Tükenme eğrileri genelde üreticiler tarafından empirik (deneysel) olarak belirlenir ve kataloglarına basılır.



Şekil 2

Sürekli olağan dağılım için beklenen değer, ışık kaynağının  $/Ta/$  ortalama ömrüdür ve bu, şu andaki konumuz için en önemli ışık kaynağı değişkenidir. Ortalama ömür aynı anda yakılan lambalardan % 50'sinin bozulmuş, % 50'sinin ise yanıyor olduğu zaman noktasıdır. Işık kaynaklarının zamana bağlı ömürlerindeki standart sapma da önemli diğer bir değişkendir. Olağan dağılım koşulunda ve kabul edilebilir değer çevresinde, 2.5 çift standart sapma tarafından belirlenen zaman aralığında % 68 arıza bulunmuştur. Öyleyse yaşam fonksiyonunun standart sapması, zaman ekseninin ortalama ömrüne % 16 sağ ve % 84 soluna rastlayan arıza aralıklarına orantılıdır. /Şekil 2'ye bakın/ Öte yandan standart sapma çoğu kez eşdeğer faktörü olarak da verilmektedir:

$$UF = \frac{»16}{»84} \cdot 100$$

Burada

UF eşdeğer faktörü /%/ ;

$t_{16}$  ve  $t_{84}$  sırasıyla % 16 ve % 84 arızalara rastlayan yanma saatleridir.

Yukarıda tanımlanan değişkenler bilindiğinde, lamba bozulmaları veya ömürleri, bilinen veriler olarak varsayılabilir ve ortalama ömür ile eşdeğer faktörüne dayanılarak ilk tasarımlar yapılabilir.

### 3. IŞIK KAYNAĞININ DEĞİŞTİRİLMESİ İÇİN YÖNTEMLER

Bozuk lambaların değiştirilmesi ve ışık şiddetindeki düşüşler, ışık kaynaklarının değiştirilme işlemi ile gerçekleştirilir. Işık kaynaklarının değiştirilmesine ilişkin üç ana yöntemin kısa birer özeti aşağıda verilmektedir. Aslında değişik ülkelerde kullanılan yöntemler bu üçünden birisi veya bunların karışımıdır.

#### 3.1. Işık Kaynağının Tek Tek Değiştirilmesi

Bu en yaygın ve geleneksel yöntemdir. Tek tek değiştirme, genel bir aydınlatma tesisinde her bir ışık kaynağının bozulduktan sonra değiştirilmesi demektir. Bu bozukluklar daha önce ae değinildiği gibi (% 68'i 2.5 standart sapma aralığında bulunur) ortalama ömür süreleri dolayında olur. Lambalar bozuldukça tek tek değiştirilirler. Bu yöntem kullanıldığında yalnızca hiç çalışmayan lambalar bozuk kabul edilir, düşük aydınlatma akısı olan lambalar ise çalışıyor olarak sınıflandırılır. Bozuk lambalar tek tek değiştirildiğinde yeni takılanlar, tükenme eğrisi ve standart sapma açısından farklı zamanda çalışmaya başlarlar.

Böyle gidildiğinde tesisat değişik yanma zamanları olan ışık kaynakları ile çalışır. Takılan yeni lambalar, bozulmadan az önce veya bu zaman süresi içindeki iki nokta arasındaki herhangi bir yanma saatinde istatistiksel bir dağılım gösterir. Bu verilen herhangi bir  $t$  zaman aralığında relatif bozulma sıklığının belirlenebileceği anlamını taşır:

$$v = \frac{At}{Ta} \cdot 100$$

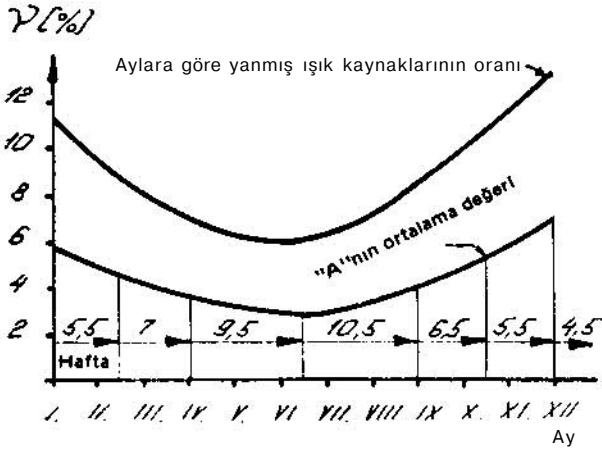
Burada,

$v$  yanmanın (bozulmanın) relativ sıklığı /%/;  
 $At$  arzulanan zaman aralığı /saat/  
 $Ta$  ortalama ömürdür, /saat/

Tek tek değiştirmede zaman sırası, uygulamada, yukarıdaki formülün düzenlenmesi ile hesaplanabilir. Bunun için sokak aydınlatmasında izin verilebilen en yüksek arıza oranı alınır, /gerçek gereksinimlere dayanarak  $1^{\wedge}3-10\%$ /.  
 Sonra;

$$At = \frac{ula}{100}$$

Sonuç olarak, belirli sokak veya bölgelere, bozuk lambaların değiştirilmesi için hesaplanan  $At$  zaman aralığında gidilmesi gerekir. Bu zamanlamaya sadık kalındığında, bozuk lambaların oranının önceden belirlenen en yüksek değeri geçmemesi beklenir. Yanma saatleri olarak verilen değiştirme zamanlama sırasının, yazları kışlara göre daha uzun olan günlük yanma sürelerinin değişmesi ile ilgili olduğu dikkate alınmalıdır. Uzun yanma süreleri olan kış aylarında arıza sıklığı, yaz aylarına göre daha yüksektir. Arızalara müdahale için verilen zaman sırasının günlük veya haftalık verilmesi ve değiştirme zaman sırasını yıllık olarak gösteren bir diyagram çizilmesi yaygın olarak kullanılan bir yoldur. Buna bir örnek Şekil 3'de verilmektedir.



Şekil 3

### 3.2. Teknik Değişkenlere Bağlı Olarak Grup Değişimleri

Grup değiştirmeleri /sistematik değiştirme de denmektedir/ ışık kaynaklarının değiştirilmesi için başka bir yön-

tem olup son yirmi yıldır artan bir yaygınlıkla kullanılmaktadır. "Grup değiştirme" deyimi şunları kapsar. Belli bir yerdeki ışık kaynaklarının belli bir süre çalıştırılmasından sonra bütün ışık kaynaklarının, önceden belirlenen değiştirme zamanında ve çalışma koşullarına bakılmaksızın /çalışmakta olan lambalar dahil/ gruplar halinde değiştirilmesi.

Sorun bu grup değiştirmesinin zamanlamasının yapılmasında çıkmaktadır. Basit çözüm, bu zamanın belirlenmesinde yalnız teknik gereklerin dayanak alınmasıdır. Bölüm 2'de değinildiği gibi, ana değişkenler lamba arızaları ve yayınlanan aydınlatma akısının zamanla azalmasıdır. Bununla ilgili iki yöntem kullanılmaktadır.

Birinci durumda genel aydınlatma tesisinin belli bir yüzdesi olan ışık kaynağının bozuk olacağı kabul edilir. Bu yüzde, aydınlatma mühendisliği dikkate alınarak belirlenir. İzin verilebilecek bozuk ışık kaynağı sayısı, yolun aydınlığına ve uygun aydınlık dağılımındaki azalma toleransına göre belirlenir. Genelde bu % 10'u geçmez ve % 3'den daha küçük olamaz. Işık kaynaklarının imalatçı tarafından hazırlanan tükenme eğrilerinin /Şekil 2'ye bakın/ kullanılması, bozuk ışık kaynakları için izin verilen yüzdeye rastlayan yanma sürelerinin okunmasına olanak verir, bu nedenle de bu süre grup değiştirilmesi için zaman sıralamasını verir. Değiştirme zamanının belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem de ışık kaynaklarının aydınlatma şiddetlerinin azalmasını temel alır. Bu durumda değiştirme zamanı, ışık kaynağının yayınladığı aydınlatma akısının, başlangıçtaki aydınlatma akısına göre önceden hesaplanan bir oranda azalmasına kadar geçen zaman olarak tanımlanır. Işık kaynağı verilen eşik değerine ulaştığında yanma saati aydınlatma şiddeti düşme eğrilerinden okunabilir /Şekil 3'e bakın/. Bu zaman noktasında tüm ışık kaynakları periyodik olarak değiştirilmelidir. Grup değiştirme zamanı olarak kabul edilebilecek eşik değerlerine ilişkin nümerik veriler Tablo 1'de gösterilmiştir.

TABLO 1

Yolun özelliği	İlk aydınlatma akısına bağlı olarak aydınlatma akısı yüzdesi
Motorlu araç ve karayolları	85
Sınırlı trafik olan sokak ve caddeler	70
İkincil ve sakin sokaklar	50

Genel aydınlatma işlerinde sokak aydınlatma düzeyinin azalmasının en önemli sorun olduğu hatırlanmalıdır. Arızalar ve aydınlatmanın azalması üzere bu düşüşün iki nedeni aynı zamanda dikkate alınmalıdır. Zamanın

herhangi bir  $t$  noktasında, aydınlatma şiddetindeki düşüş ve lamba arızalarının birleşik etkisi, iki fonksiyonun çarpımı olarak elde edilebilir.

$$VM \cdot 0 / t /$$

Bu durumda  $t > / t /$  fonksiyonu aydınlatma akısını ifade edecek biçimde düzenlenmelidir. Yukarıdaki çarpım, genel bir aydınlatma tesisinde aynı anda çalışmaya başlayan ışık kaynaklarının ömürlerinin  $p / t /$  tükenme eğrisine bağlı olduğunu ve bu sürede  $( > / t /$  fonksiyonuna göre azalan aydınlatma akısı yayınladığı anlamını taşır. Şimdi, Tablo 2'de uluslararası deneylere bağlı olarak kullanılan standart değiştirme zamanları gösterilmektedir. Bu değerlerin iyi birer yaklaşık değer olduğu kabul edilmeli ve başkaca hesaplamaların olanaksız olduğu durumlarda kullanılmalıdır.

TABLO 2

Lamba tipi	Değiştirme zamanı /saat/
Floresan	8,000
Cıvalı	8,000
Metal halide	7,000
Açık ve yüksek basınçlı sodyum	6,000-8,000

### 3.3. Teknik ve Ekonomik Elverişliliğe Dayanan grup Değiştirmesi

Grup değiştirme süresinin belirlenmesinde kullanılan başka bir yol da optimalizasyon için kullanılan karmaşık teknik ve ekonomik hesaplardır. Hesaplamalarda aydınlatma enerji hizmetlerinin maliyet faktörleri dikkate alınır. Burada temel yaklaşım, elektrik enerjisi tüketim maliyeti ile doğru orantılı olan ışık enerjisi üretim fiyatlarının zamana göre doğrusal bir artış göstermesi ile, sağlanan ışık enerjisinin, aydınlatma akısı eksponensiyel olarak azalırken, eksponensiyel azalma düzeyine yükselmesidir. Öyle ise birim maliyet aralığı için her zaman süreç içinde daha az enerji aralıkları meydana gelir. Ek olarak, lamba değiştirme maliyeti /Lamba ömrünü kapsayap/ dikkate alındığında, ışık enerji hizmetinin maliyetini en az düzeye indirecek optimum lamba ömrü belirlenebilir. Optimize edilmesi gereken fonksiyon tüketimin işe oranıdır:

$$K / t / = \frac{P / t / \cdot t \cdot p + N}{t / 0 / t / dt}$$

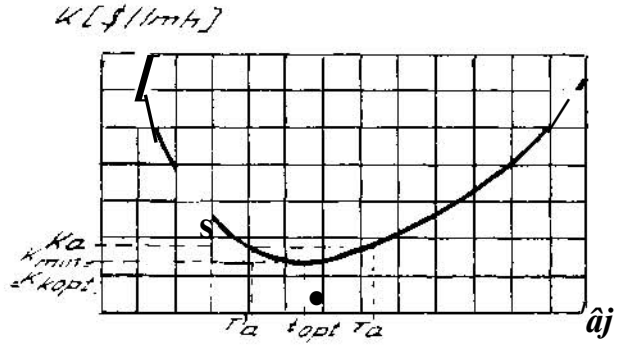
- K genel maliyet fonksiyonu /\$/ 1m/ ;  
P ışık kaynağının elektrik gücü ?kW/;  
p elektrik enerjisinin özgül maliyeti /\$/ KWS/;  
N ışık kaynaklarının değiştirilme bedeli /\$/ ;

$t$  relativ yanma süresi -  $10^3$  saat  
ve

$$N = A + Sz + M / f > /$$

- A ışık kaynağının kendi fiatı /\$/  
S $Z$  montaj maliyeti - ücretler / \$/  
M makinaların tutarı /£/

Bu fonksiyon aşağıda Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4

Eğrinin minimum noktası matematiksel olarak hesaplanabilir. Fonksiyonun diferansiyeli alınıp

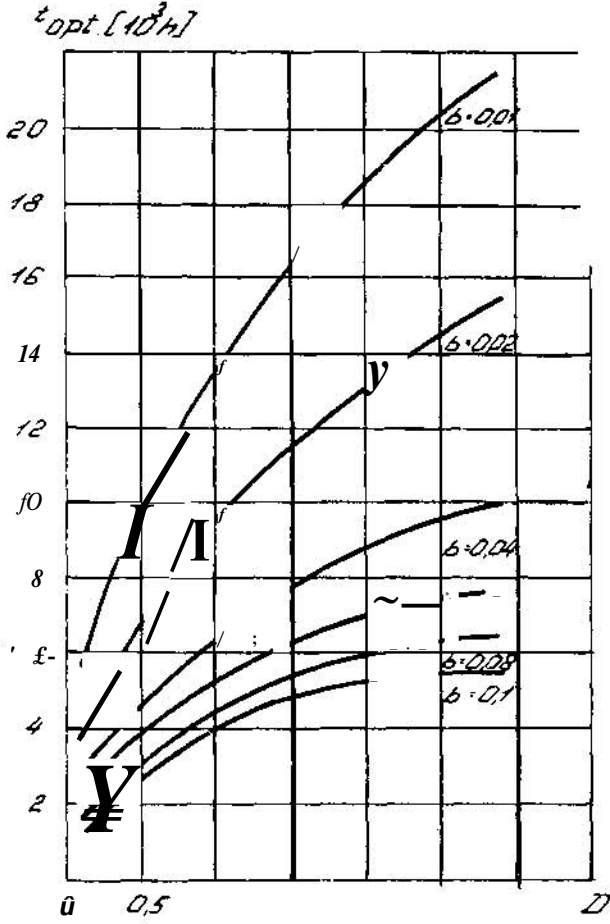
$\frac{dK}{dt} = 0$  biçiminde yazıldıktan sonra aşağıdaki transendental denklem elde edilir:

$$1 - e^{-bt} = b \cdot e^{-bt} / t + D /$$

$$D = \frac{N}{P \cdot p \cdot 10^3} \cdot i / v$$

Bu D formülünde payda 1000 saatlik yanma süresinde tüketilen toplam elektrik enerjisinin bedelini /\$/ , pay ise ışık kaynağı değiştirilmesinin toplam bedelini göstermektedir. Optimum ömür,  $t_{opt}$ , Newton seri yaklaşımı kullanılarak, transendental denklemden elde edilebilir. Parametrik eğri seti kullanıldığında, yukarıdaki hesaplara gerek kalmaz. Transendental denklem D'ye göre düzenlenir ve b değişken olarak kabul edilirse, değişik D değerleri için  $t_{opt}$  değeri elde edilebilir. Bu değerler kullanılarak çizilen eğriler aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5).

Şekil 5 kullanıldığında izlenecek yol basittir. Işık kaynağının değiştirilme maliyetinin 1000 saatlik elektrik enerjisi bedeline oranı olan D değeri, rayiç bedellere göre hesaplanır. Sonra, imalatçı kataloğu kullanılarak, 1000 saatteki ortalama aydınlatma şiddetindeki azalma saptanır ve b faktörünün değeri bulunur. D'ye rastlayan en elverişli değiştirme zamanı,  $b_0$  faktörüne ilişkin eğriden kolayca okunur. /Gerektiğinde eğriler arasında enterpolasyon kullanılır./



Şekil 5

Bu biçimde hesaplanan grup halinde lamba değiştirilme sürelerinde, sağlanan ışık enerjisi birim fiyatı en az değerdedir. Bu yöntem yalnızca, maliyetin en az olduğunda, bozuk lamba oranının, ışık kaynaklarının bozulmalarına ilişkin izin verilen istatistikî tolerans sınırları % 3-10/ içinde kaldığı zaman yararlıdır. Bu, genelde 100 yanma saatinde bozulan ışık kaynaklarının belirlenmesini gerektirir. Bunu yapmanın en basit yolu, grup değiştirmesinden 100 saat sonra bir kontrol yapmak ve varsa bozuk olanları değiştirmektir. Bu yöntemin kullanılmasında, eşdeğer faktörünün /UF/ % 60'ına rastlayan tükenme eğrisinin standart sapmasında  $8 \approx 25\%$  e izin verilir, öte yandan, bu yöntem kullanıldığında, ortalama ömrün sonuna kadar elde edilebilecek ışık enerjisinin /tek tek değiştirmelerde tamamen bozulma/ % 60'ının kullanıldığını hatırlamak gerekir. Ancak -optimum değiştirme süresinden sonra- ışık kaynaklarının ekonomik çalıştırılmaları nedeniyle, ışık enerjisinin % 40'ının, görünüşte de olsa kaybolması /teknik açıdan kabul edilebilir olmasına rağmen/ ek bir zaman aralığından sonra /"ölü ışık döneminde"/ yanmalarını teknik nedenlerle kabul edile-

mez kılar. Böylece grup değiştirme uygulaması akılcı bir yöntem olmaktadır.

Grup değiştirme yönteminin kullanılmasında bir nokta daha hatırlanmak durumundadır. Ekonomik değiştirme zamanı topt ortalama ömür  $T_a$ 'ya yakın çıkabilir, bu durum basınçlı gaz ışık kaynaklarının karakteristik bir özelliğidir. Bununla ilgili maliyet durumu Şekil 4'de gösterilmiştir. Grup değiştirme işleminin, özgül bir maliyet için tek tek değiştirmenin yapılacağı  $T_a$  zamanına eşit,  $T_a$  zamanında yapılabileceği açıkça görülür. Böylece, bozulmalar için izin verilen oran nedeniyle, topt ve  $T_a$  aralığına rastlayan ve optimum zamandan önce yapılan grup değiştirmelerinin özgül maliyeti, tek tek değiştirmeden daha ucuz olur. Bu ise ekonomik ve teknik gereklere dayalı grup değiştirmelerini önermemizin başka bir nedenidir.

#### 4. GRUP DEĞİŞTİRMELERİ İÇİN EK AÇIKLAMALAR

Grup değiştirmelerinde sokakların ortalama aydınlatma seviyelerinin düşmesine ve trafik güvenliğinin azalmasına neden olacak bir bölüm ışık kaynağının tesiste bir süre kalabileceği daha önce belirtilmişti. Bu nedenle, grup değiştirmesi uygulaması öngörülen durumlarda, tasarım yapılırken genel aydınlatma seviyelerinin bir güvenlik faktörü ile yükseltilmesi uygun olacaktır.

öte yandan hangi değiştirme yöntemi kullanılırsa kullanılsın, genel aydınlatma tesislerinin periyodik denetimi ihmal edilmemelidir. Bu denetimin amacı, kaza sonucu oluşan hasarların saptanması, görünen arızaların saptanması ve onarım için bilgi edinilmesidir.

Düşük bir olasılık olmasına rağmen, izin verilen oran içinde kalan bozuk lambalar birbirine yakın düşerek kabul edilemeyecek bir dağılım bozukluğu oluşturabilir. Bu da denetimin ihmal edilmemesi için önemli bir neden olup, bu durumda yapılacak olan ani müdahaledir. Sonuç olarak grup değiştirmesi, toplam maliyet açısından, tek tek değiştirmeye göre her zaman daha pahalıdır. Buna rağmen, birim ışık enerjisi /l klmh/ özgül maliyeti dikkate alındığında, grup değiştirmesi daha ekonomiktir. Genel aydınlatma tesisinin amacı ışık sağlamak olduğundan, çalışması ve etkileri, sağladığı ışık ve yapılacak masraf açısından değerlendirilebilir. Böyle olduğunda, halen yanıyor olmasına rağmen aydınlatma şiddeti azalması nedeniyle "ölü ışık dönemine" giren ışık kaynaklarının değiştirilmesini de kapsayan, grup değiştirmeleri ile değişik özellikte ve yüksek düzeyde genel bakım sağlanabilir. Bütün bunlar dikkate alındığında, yüksek düzeyde bir genel aydınlatma hizmetinin, teknik ve ekonomik elverişliliğe dayanan grup değiştirmesi yöntemi ile sağlanacağı kanısındayız. Sürekli artan trafiğin güvenliği için genel aydınlatmanın bu yüksek düzeyde olması gerekmektedir.