

# KAPALI SPOR SALONLARININ AYDINLATMA VERİMLİLİĞİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Serhat ÖZENÇ<sup>1</sup>

serhato@cemdaglighting.com

Önder GÜLER<sup>2</sup>

onder.guler@itu.edu.tr

<sup>1</sup>Cemdağ Aydınlatma A.Ş. 10007. Sokak No:4 A.O.S.B, Çiğli, İzmir

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak, İstanbul

## ÖZET

*Bu çalışmada, kapalı spor tesislerinin aydınlatılmasında, mevcut durumda ağırlıklı olarak kullanılan HID sistemler yerine yeni nesil floresan sistemlerden olan T5 ışık kaynaklarının ve bu kaynaklarla uyumlu aydınlatma sistemlerinin tercih edilmesi durumunda işletme ekonomisi, aydınlatma tekniği ve çevresel konularda elde edilebilecek kazanımlar üzerine modeller geliştirilmiştir. Ayrıca, bakım katsayısı, bakım lojlaştırması, gün ışığı gibi senaryolar göz önünde bulundurularak olası tasarruf potansiyelleri hesaplanmıştır.*

## 1. GİRİŞ

Yılın büyük bir bölümünde uzun saatler boyunca kullanılan kapalı spor sahalarında fiziksel faaliyetlerin yerine getirilebilmesi için gerekli aydınlık düzeyi değerlerinin ve ilgili parametrelerinin sağlanması gerekmektedir. Gerekli aydınlatma parametrelerini sağlamak için yapılan geleneksel aydınlatma tesisatları önemli derecede elektrik enerjisi tüketimine neden olmaktadır. Kuşkusuz bu alanda yapılacak verimlilik çalışmaları bu açıdan bakıldığında önem kazanmaktadır.

Özel yada kamuya ait kapalı spor tesislerini incelediğimizde bu tesislerin neredeyse tamamında aynı aydınlatma yapısının uygulandığı görülmektedir. Mevcutta kullanılan geleneksel yapının yeni nesil çözümlere kıyaslandığında çok daha yüksek işletme ve bakım maliyetlerine sebep olduğu bilinmektedir. Bunun yanısıra modern sistemler geleneksel çözümlere kıyasla daha düşük atık oranına ve aydınlatma tekniği açısından birçok avantaja sahip olabilmektedir. Geleneksel sistemlerin verimsiz yapısının yanısıra kullanılan armatür yapılarının ve uygulama projelerinin de belirli yanlışlıkları

barındırdıkları gözlemlenebilmektedir. Bu durumda verimsiz bileşen ve hatalı uygulamalar sonucunda yüksek oranda kayıplar oluşmaktadır.

Geleneksel tercihleri özetleyecek olursak hemen hemen tüm noktalarda eliptik yada tüp formundaki yüksek basınçlı deşarj lambaları (HID) için tasarlanmış projektör ve endüstriyel sarkıt tipi armatürlerin kullanıldığı söylenebilir. Projektör tipi armatürler daha çok yeni tesislerde ağırlıklı olarak kullanılırken daha eski tesislerde ise endüstriyel sarkıt armatürlerin kullanıldığı görülmektedir.

Genel olarak dar ve tam doğrusal bir ışık dağılımına sahip projektör tipi armatürler yüksek koruma sınıfları (IP) sebebiyle ağırlıklı olarak tercih edilmektedir. Bu tip armatür yapıları içerisinde quartz tüplü metal halide ışık kaynakları kullanılmakta ve ürünlerin optik verimliliklerinin %75 - %85 arasında olduğu gözlemlenmektedir.

Eliptik tüp yapıları quartz lambalarla birlikte kullanılan endüstriyel sarkıt armatürler ise genel olarak % 65 – 75 arası bir verime sahiptir. İşletmeler tarafından güvenlik sebepleriyle bu armatürler önüne uygulanan koruyucu kafes ve cam yapıları ise bu armatürlerin verimlerinin daha

düşük seviyelere inmesine sebep olabilmektedir. Bu noktada her iki sistemin içinde kullanılan ışık kaynaklarının etkinlik faktörü, lümen kararlılığı ve ömürleri modern çözümlere kıyasla çok daha düşük seviyelerdedir. Kullanım alanları giderek yaygınlaşan endüstriyel tip T5 floresan sistemler ise hemen hemen her yönden geleneksel HID sistemlere kıyasla daha avantajlı bir altyapı sunmaktadır. T5 ışık kaynakları; etkinlik faktörü, sistem ömrü, lümen kararlılığı, renksel geriverim, ışıksal kalite, kamaşma, çalışma frekansı, optik verimlilik, çevresel atıklar, ömür kararlılığı, anahtarlama, rejim, kontrol ve loşlaştırma gibi bir çok önemli noktada daha uygun çözümler olabilmektedir.[1]

Elektriksel açıdan değerlendirildiğinde ise HID sistemler floresan sistemlere kıyasla şebeke koşullarına karşı çok daha hassastır. Normal işletme şartlarında şebekede görülebilecek gerilim düşümleri ışık akısındaki azalmanın ötesinde renksel bozulmalarında yaşanmasına sebep olmaktadır. Bu noktada neredeyse tamamen manyetik balastlı sistemlerle kullanılan bu ışık kaynaklarının bu tip sorunlarla karşılaşması kaçınılmazdır. Elektronik balast çözümleri ise ekonomik sebepler ve yüksek güçlü sistemlere yönelik elektronik balast opsiyonlarının sınırlı olması sebebiyle yok denilecek kadar az oranda kullanılmaktadır.

Sabit çıkışlı yada loşlaştırılabilir elektronik balastlarla kullanılan T5 ışık kaynakları ise geniş bir şebeke aralığında sabit ışık çıkışı sunmaktadır. Olası dalgalanmaların renksel geriverim ve renk sıcaklığı üzerine olumsuz etkileri yoktur. Floresan sistemlerde kullanılan elektronik balastlar yüksek frekanslı oldukları için lambanın çalışma frekansı 40 kHz'in üstünde gerçekleşmektedir. Bu da görsel performansı arttıran bir etmendir. HID sistemlerde lamba yapısının da etkisiyle yüksek frekanslı çalışma uygun değildir.[1] Ancak elektronik balast çözümleriyle

LFSW (Düşük Frekanslı Kare Dalga) formunda çalıştırılan ışık kaynağından daha stabil bir ışık çıkışı almak mümkündür.

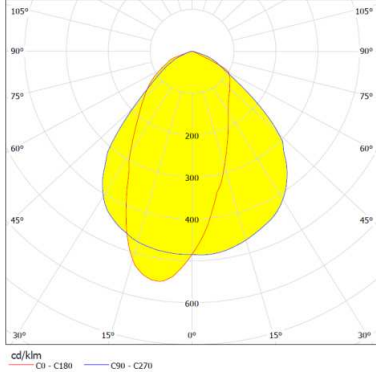
HID ışık kaynaklarının maksimum ışık çıkışları ancak deşarj tüpü içerisindeki basınç ve sıcaklık değerlerinin nominal seviyelere ulaşmasıyla mümkün olmaktadır. Bu durum dakikalar ile ölçülen bir bekleme süreci anlamına gelmektedir. Olası bir arıza yada kısa süreli kesinti durumunda ise kaynakların tekrar ateşleme sürecine girmeleri deşarj tüpünün sıcaklığının yüksek olması sebebiyle çok daha uzun bir zaman dilimini gerektirebilmektedir. Buna karşılık floresan ışık kaynakları ise ilk çalışma anından itibaren yüksek ışık çıkışı sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada, kapalı spor tesislerinin aydınlatılmasında, mevcut durumda ağırlıklı olarak kullanılan HID sistemler yerine yeni nesil floresan sistemlerden olan T5 ışık kaynaklarının tercih edilmesi durumunda işletme ekonomisi, aydınlatma tekniği ve çevresel konularda elde edilebilecek kazanımlar üzerine modellemeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada esas olarak değerlendirilmek istenilen konunun ışık kaynağı olması sebebiyle alternatif armatür yapıları mümkün olduğunca benzer karakteristikte tercih edilmiş ve böylelikle iç yüzey kayıplarının aynı oranda oluşması hedeflenmiştir.

İlgili önerilere ait tüm modelleme ve senaryolar İstanbul Büyükşehir Belediyesi kuruluşu olan Spor A.Ş' ye bağlı Fatih Spor Kompleksi'nin basketbol salonu üzerinden gerçekleştirilmiştir.

## 2. TESİSTEKİ MEVCUT DURUM

Mevcut tesisin aydınlatılmasında 250W Quartz metal halide lambalı projektörler 3 farklı anahtarlama grubunda olacak şekilde projelendirilmiştir. Mevcut tesisatta kullanılan armatüre ait ışık dağılım eğrisi Şekil 1’ de verilmektedir.



Şekil 1. Mevcut tesisatta kullanılan armatüre ait ışık dağılım eğrisi

Mevcut tesisatta I. kademede 154 adet, II. kademede 69 adet ve III. kademede ise 29 armatür devrededir. Her bir kademede tribün ve sahada ölçülen değerler Tablo 1’ de verilmektedir. Tesisin yeni olması ve herhangi bir eskimenin oluşmasına sebep olacak süreç ve de çevresel şartlara maruz kalmaması sebebiyle ölçülen değerler projelendirmede öngörülen eskime oranında azaltılarak eskime hariç sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 1. Üç kademe için ölçüm değerleri

	$E_{min}$ (lx)	$E_{maks}$ (lx)	$E_{ort}$ (lx)	$E_{min}/E_{ort}$	$E_{min}/E_{maks}$
I. Kademe					
Saha	1200	2176	1650	0,75	0,55
Tribün	1424	2048	1682	0,84	0,69
II. Kademe					
Saha	576	1560	940	0,61	0,37
Tribün	296	704	465	0,63	0,42
III. Kademe					
Saha	232	520	350	0,66	0,44
Tribün	112	288	187	0,60	0,39

Şu anda ülkemizde mevcut spor tesislerinin aydınlatılmasında kullanılan geçerli standart, Mart 2000 tarihinde yayınlanan “TS EN 12193, Aydınlatma ve Işık – Spor aydınlatması” adlı standarttır. Bu standarda

göre aydınlatma sınıfının seçimi Tablo 2’ de ve kapalı basketbol sahalarında her aydınlatma sınıfı için sağlanması gereken aydınlatma kriterleri Tablo 3’ de verilmektedir [2].

Tablo 2. Aydınlatma sınıfının seçimi [2]

Müsabaka seviyesi	Aydınlatma sınıfı		
	I	II	III
Uluslararası ve ulusal	x		
Bölgesel	x	x	
Yerel	x	x	x
Antrenman		x	x
Okul sporları			x

Tablo 3. Her bir aydınlatma sınıfı için gerekli aydınlatma kriterleri [2]

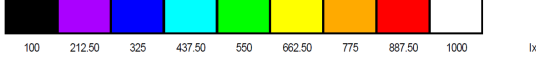
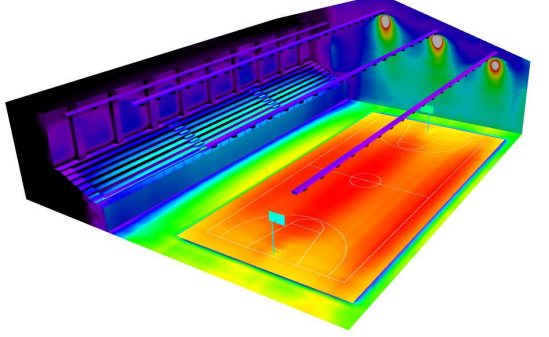
Ayd. sınıfı	Yatay aydınlık düzeyi	$E_{min}/E_{ort}$	Renksel geriverim endeksi
	$E$ (lx)		
I	750	0.7	60
II	500	0.7	60
III	200	0.5	20

## 3. MEVCUT AYDINLATMA SİSTEMİNİN MODELLENMESİ VE YENİ ÖNERİ

Mevcut uygulamadaki aydınlık seviyelerinin çok yüksek olduğu yapılan ölçümlerden de görülmektedir. Bu nedenle mevcut durumdaki armatürler kullanılarak Tablo 3’ de I nolu aydınlatma sınıfında verilen değerlere uygun olacak şekilde aydınlatma sistemi tekrar modellenmiştir (Model 1). Modellemenin ikinci aşamasında ise T5 floresan lambalı armatürler kullanılarak aydınlatma sistemi yeniden tasarlanmıştır (Model 2). Birinci durumda (Model 1) elde edilen sonuçlar Tablo 4.’ de ve bilgisayar programı ile elde edilen aydınlık düzeyi dağılımı Şekil 2’ de gösterilmiştir. Hesaplamalarda bakım faktörü 0,8 olarak alınmıştır.

Tablo 4. Hesaplanan değerler (HID-projektör)

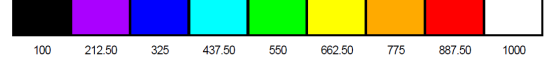
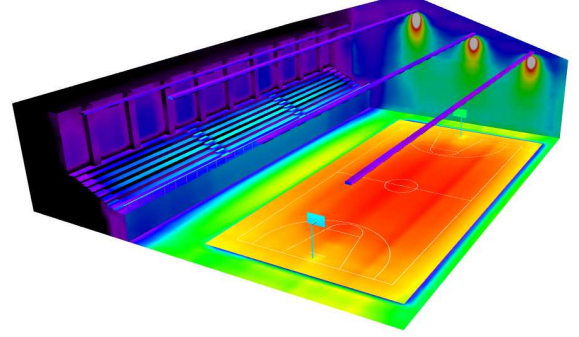
	$E_{min}$ (lx)	$E_{maks}$ (lx)	$E_{ort}$ (lx)	$E_{min}/E_{ort}$	$E_{min}/E_{maks}$
T.A	689	899	815	0,85	0,77
P.A	729	899	831	0,88	0,81



Şekil 2. Tesise ait aydınlık düzeyi dağılımı (projektör)

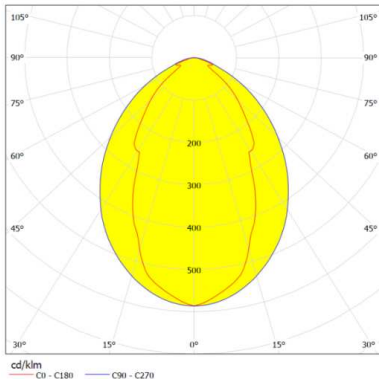
Tablo 5. Hesaplanan değerler (T5 fluoresan)

	$E_{min}$ (lx)	$E_{maks}$ (lx)	$E_{ort}$ (lx)	$E_{min}/E_{ort}$	$E_{min}/E_{maks}$
T.A	673	875	801	0,84	0,77
P.A	723	876	828	0,87	0,83



Şekil 4. Tesise ait aydınlık düzeyi dağılımı (T5 fluoresan)

İkinci durumda ise 1. durumdaki tesisat ve yerleşim yapısı değiştirilmeden sadece armatür tipi değiştirilmiş ve Şekil 3' de ışık dağılım eğrisi verilen T5 fluoresan lambalı armatürler kullanılarak yeni modelleme (Model 2) yapılmıştır. Bu durumda elde edilen sonuçlar Tablo 5.' de ve bilgisayar programı ile elde edilen aydınlık düzeyi dağılımı Şekil 4' de gösterilmiştir. Bu durumda da bakım faktörü 0,8 olarak alınarak sadece ışık kaynağının sebep olduğu tasarruf potansiyeli değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Alternatif modellerde kullanılan T5 fluoresan lambalı armatürün ışık dağılım eğrisi

Mevcut tesisin kullanılmakta olan yapısında tam kademede yani toplam 154 armatürün devrede olması durumunda anlık 43120W güç tüketmektedir. Bu durumda sahadaki ortalama aydınlık düzeyi 1650 lx gibi standardın öngördüğü değer çok daha üstündedir. Yapılan yeni modelleme ile bu yüksek güç değerleri azaltılırken, saha içerisinde sağlanması gereken aydınlık düzeyi değerleri de istenen değerlere indirgenmiştir.

Eşdeğer aydınlatma yapısı oluşturacak şekilde tasarlanan bu iki modele (Model 1, Model 2) ilişkin potansiyel enerji tüketimleri Tablo 6'daki gibidir. Bu ön modele ilişkin sonuçlar incelendiğinde sadece elektriksel kayıplar, optik performans farklılıkları nedeniyle T5 yüksek tavan tipi armatürlerin, HID projektörlere göre %15,5 daha az güç çektikleri görülmektedir.

Tablo 6. Yeni durumdaki armatür sayıları ve güç değerleri

	HID sistemi (projektör) Model 1	High bay T5 sistemi Model 2
Ürün adedi	70	72
Armatür gücü (W)	280	230
Toplam kurulu gücü (W)	19600	16560
Tasarruf oranı (%)	-	15,5

Bu çalışmada yapılan modellemelerde esas alınan HID ve floresan sistemlerin karşılaştırması olduğundan, armatürlerin ışık dağılım karakteristiklerinin doğuracağı iç yüzey kayıplarındaki farklılıkları minimize etmek için mümkün olan en yakın karakteristikte iki farklı ışık dağılımı üzerinden modellemeler yapılmıştır.

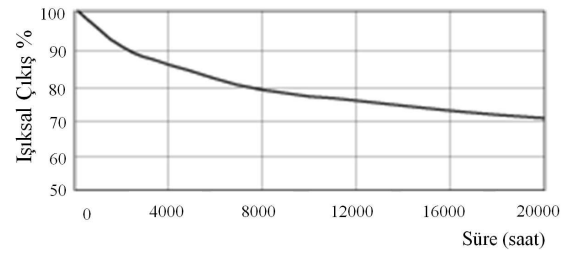
### 3.1. Bakım Katsayısının Etkisi

Kurulan her aydınlatma tesisi zaman içerisinde ve çevresel etkiler doğrultusunda belirli oranda bir ışıksal azalım gösterebilmektedir. Bu noktada azalımları kompanze edebilmek için aydınlatma modeline belirli bir bakım katsayısı uygulanmaktadır. Çoğu zaman malzeme ve çevresel şartlar yeterince değerlendirilmeden belirlenen 0,8 değerindeki bakım katsayısı hatalı bir değerlendirme olarak kabul edilmelidir. Bu aşamada uluslararası standartlarda içerisinde çevresel şartlar, geometrik yapı, bakım periyodu ve malzeme özelliklerine bağlı olarak ideal bakım katsayısının belirlenmesine olanak sunan tablolar ve çizelgeler bulunmaktadır. Nitekim uluslararası formlarda ana karakteristik farklılıklarına göre gruplandırılan ışık kaynakları 1980'li yıllardan farklı olarak günümüzde onlarca üretici tarafından binlerce farklı modelde üretilmektedir. Aynı yapıdaki ışık kaynaklarının ışıksal ve ömür kararlılıkları üreticiden üreticiye farklılık gösterebildiği gibi aynı üreticinin farklı güçteki ışık kaynakları arasında dahi büyük farklılıklar görülebilmektedir.

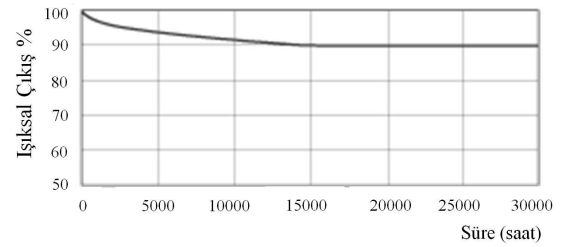
Örnek yapıdaki çevresel şartların etkinliğinin az olması ve bu tip uygulamalarda ışık kaynağının karakteristik özelliğinin bakım katsayısını

belirleyen ana faktör olması sebebiyle ana kriter olarak kaynağa ait ışıksal kararlılık grafikleri değerlendirilmelidir.

Işık kaynaklarının ışıksal çıkışları kaynağın yapısına bağlı olarak çok ciddi oranda azalım gösterebilmektedir. Işıksal kararlılık olarak adlandırabileceğimiz bu karakteristik özellik bakım katsayısının belirlenmesinde en önemli parametrelerin başında gelmektedir. Model 1 ve Model 2'de kullanılan ışık kaynaklarının ışıksal kararlılıkları Şekil 5 ve Şekil 6'daki gibidir.

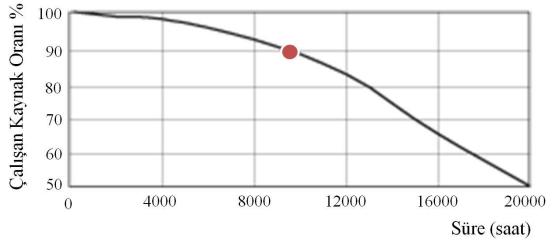


Şekil 5. Quartz tüplü metal halide ışık kaynağına ait ışıksal kararlılık eğrisi (Philips HPI-T Plus) [3]

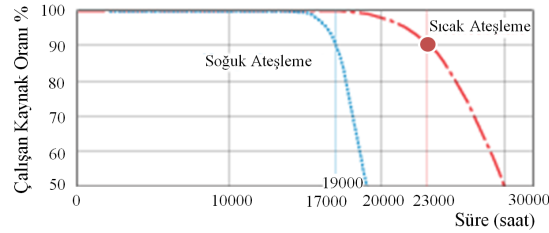


Şekil 6. Yüksek çıkışlı T5 floresan ışık kaynağına ait ışıksal kararlılık eğrisi (Philips TL5) [3]

Işıksal kararlılığının yanı sıra kaynağın ömrü ve ömür kararlılığı da etkili olmaktadır. Işık kaynaklarına ait olarak tanımlanan sistem ömürlerinde çoğu zaman üreticiler tarafından beyan edilen ortalama ömür tanımı (%50 arıza oranı) tamamen pazarlama amaçlı olup gerek hesaplamalarda gerekse pratikte kabul edilemeyecek bir değerdir. Bu noktada bakım katsayısı ve işletme pratiği düşünüldüğünde kaynağa ait ömür değeri olarak %10'luk arızaya kadar geçen süre alınması uygun olacaktır. Model 1 ve Model 2'de kullanılan ışık kaynaklarının ömür kararlılıkları Şekil 7 ve Şekil 8'deki gibidir.

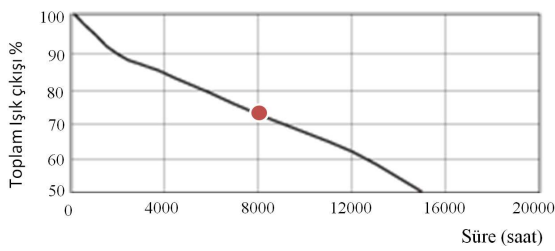


Şekil 7. Quartz tüplü metal halide ışık kaynağına ait ömür eğrisi (Philips HPI-T Plus) [3]

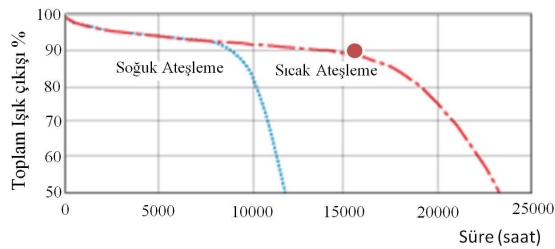


Şekil 8. Yüksek çıkışlı T5 floresan ışık kaynağına ait ömür eğrisi (Philips TL5) [3]

Sonuç olarak ideal bakım katsayısı ancak çevresel faktörlerin yanı sıra kaynak yapısına bağlı ideal yenileme ve ışıksal kararlılık eğilimleri baz alınarak ideal servis süresi belirlenmeli ve bu değerlendirme üzerinden bakım katsayısı tespiti gerçekleştirilmelidir. Modellemesi gerçekleştirilen her iki sistem için ideal bakım öngörülmesi her iki ışık kaynağının Şekil 9 ve Şekil 10'daki üreticisi tarafından beyan edilen sistem toplam ışık çıkışı değişim karakteristikleri üzerinden gerçekleştirilmiştir.

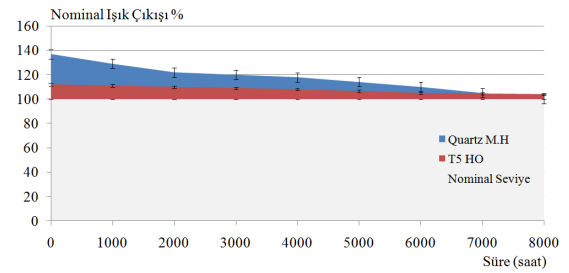


Şekil 9. Quartz tüplü metal halide sisteme ait toplam ışık çıkışı değişimi (Philips HPI-T Plus) [3]



Şekil 10. Yüksek çıkışlı T5 floresan ışık kaynağına ait toplam ışık çıkışı değişimi (Philips TL5) [3]

Her iki kaynağın ışıksal ve ömür kararlılıkları ele alındığında metal halide sistemler için 8000 saatlik süre sonunda kaynak değişimi, T5 floresan sistemler için ise 16000 saatlik süre sonucunda kaynak değişimi uygun görülmektedir. Bu her iki koşul için sisteme ait ışıksal kararlılık ise Şekil 11'deki gibi olacaktır. Metal halide ve T5 floresan lambalara ait, çevresel koşullar hariç sadece kaynağın sebep olacağı zamana bağlı ışıksal kararlılıklarının yüzde değerleri ise Tablo 7'de gösterilmektedir.



Şekil 11. Model 1 ve Model 2 için ışıksal azalış eğilimleri

Tablo 7. Işıksal kararlılık değerleri

Süre (saat)	Işıksal kararlılık	
	Metal Halide lambalı sistem (%)	T5 floresan lambalı sistem (%)
2000	88	98
4000	86	96
6000	80	94
8000	73	93
10000	88	92
12000	86	91
14000	80	90
16000	73	89

Pratik olarak, daha yüksek bakım katsayısı sebebiyle daha fazla armatür ve daha fazla kurulu güç anlamına gelmektedir. Böyle bir durumda aynı sistem verimliliğine sahip iki sistem arasında bile % 18'lik bir kurulu güç farkı anlamına gelmektedir. Model 1 ve Model 2 deki sistemler ise yeniden uygun bakım katsayıları öngörülerek projelendirildiğinde, yıllık işletme süresi 4000 saat ve elektriğin kWh fiyatı 0.20 TL alınarak elde edilen sonuçlar Tablo 8'de gösterilmektedir. İşletme şartları, işletme koşulları, armatürün fiziksel korunumları ve bakım katsayısını etkileyen diğer faktörler tamamen aynı olduğundan sadece kaynağın ışıksal

kararlılığı sonucu elde edilecek daha kararlı bir sistemin sunduğu tasarruf potansiyeli bu tablodaki gibi olacaktır.

Tablo 8. Her iki sistemin güç ve maliyet değerleri

	MH sistemi (proje t6r) BF:0,73	High bay T5 sistemi BF:0,89
Ürün adedi	77	63
Armatür gücü (W)	280	230
Toplam kurulu gücü (W)	21560	14490
Potansiyel tasarruf oranı (%)	-	32,8
Tasarruf oranı (kWh/yıl)	-	28280
Tasarruf oranı (TL/yıl)	-	5656

### 3.2. Bakım Loşlaştırmasının Etkisi

Projelendirme aşamasında işletme sürecinde görülebilecek ışıksal azalmaları kompanze etmek üzere hesaplanan bakım katsayısı sistemin yeni olduğu süreçte istenilen aydınlatma seviyesinin çok daha üstünde bir seviyede bir ışık çıkışı elde edileceği anlamına gelmektedir. Bu noktada yeni nesil floresan sistemler ve giderek kullanımı yaygınlaşan loşlaştırma teknolojilerinin kullanımı, kontrollü bakım takibi ve bakım loşlaştırması yapılmasına olanak sunabilmektedir.

Model-2 deki floresan sistem için kaynak ve çevresel şartlar da göz önünde bulundurularak tespit edilecek 0,8 lik bir bakım katsayısına ait bakım loşlaştırma senaryosu ve buna ilişkin değişimler Tablo 9' daki gibi olacaktır.

Tablo 9. Floresan sisteme ait bakım loşlaştırma senaryoları

Süre (saat)	Değer düşümü (%)	Aydınlatma değeri (%)
2000	98	123
4000	96	120
6000	94	118
8000	92	115
10000	89	111
12000	86	108
14000	83	104
16000	80	100

Bakım katsayısı 0,8 alınarak tasarımı gerçekleştirilen ve bunun sonucunda 72 adet 4x54W T5 yüksek tavan armatürüyle aydınlatılması uygun görülen sistem için potansiyel bakım loşlaştırma senaryosunda edilecek tasarruf oranlarının Tablo 10' daki gibi olması mümkündür

Tablo 10. Bakım loşlaştırması durumunda tasarruf oranları

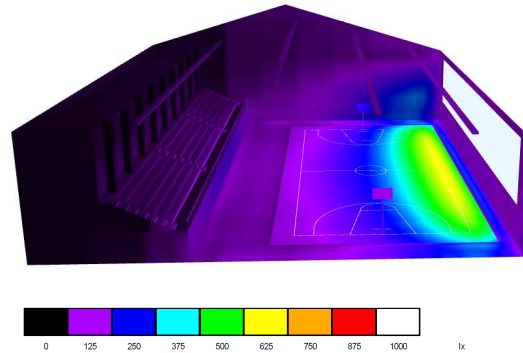
İşletme süresi	Tasarruf oranı (%)	Tasarruf potansiyeli (kWh)	Tasarruf potansiyeli (TL)
2000 saat - %81 kapasite kullanımı	17,1	5663	1132
4000 saat - %83 kapasite kullanımı	15,3	5067	1013
6000 saat - %85 kapasite kullanımı	13,5	4471	894
8000 saat - %87 kapasite kullanımı	11,7	3875	775
10000 saat - %90 kapasite kullanımı	9,0	2980	596
12000 saat - %93 kapasite kullanımı	6,3	2086	417
14000 saat - %96 kapasite kullanımı	3,6	1192	238
16000 saat - %100 kapasite kullanımı	0,0	0	0
1. yıl için tasarruf potansiyeli		10730	2145
2. yıl için tasarruf potansiyeli		8346	1669
3. yıl için tasarruf potansiyeli		5066	1013
4. yıl için tasarruf potansiyeli		1192	238

### 3.3. Günışığının Etkisi

Çoğu kapalı spor tesisi bir yada birden fazla cepheden günışığı enerjisine sahip olabilmektedir. Bu noktada günışığı kontrollü olarak yapılandırılacak bir tesis yapısı enerji tasarrufu açısından uygun bir yaklaşım olacaktır. Mevcut tesis yapısına benzer bir tesis için öngörülebi lecek günışığı kontrol sisteminin modellenmesi Tablo 11' de verilmektedir. Şekil 12' de ise günışığının hacim içerisindeki dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 11. Günışığı kontrol parametreleri

21 Mart 2009 13:00 Kapalı gökyüzü			
İletim derecesi	Kirlenme katsayısı	Çerçeve katsayısı	Yatay azaltım katsayısı
% 70	% 80	% 60	% 65



Şekil 12. Günışığının hacimdeki dağılımı





#### 4. ATIK ve ÇEVRE

Yeni nesil aydınlatma teknolojilerinin kullanılmasıyla oluşturulan yüksek verimli sistemler sayesinde CO<sub>2</sub> emisyonunda ciddi oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir. Çevresel olarak bir değerlendirme yapılırken CO<sub>2</sub> emisyonunun ötesinde malzeme içerisinde yer alan diğer zehirli bileşenlerinde değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu noktada en önemli kriter malzeme içerisindeki cıvanın ve lamba sirkülasyonuna bağlı olarak yıllık ortalama atık oranının ne boyutta olduğudur. Tablo 13' de Quartz metal halide ve T5 fluoressan lambaların içermiş oldukları cıva miktarları verilmektedir.

Tablo 13. Quartz metal halide ve T5 fluoressan lambaların içermiş oldukları cıva miktarları [3]

	Silindirik Tüp Formlu Quartz M.H. 250W *	Eliptik Tüp Formlu Quartz M.H. 250W *	T5 Fluoressan 54 W *
Cıva miktarı	33 mg	47 mg	1.4 mg

\*Modellemelerde verileri kullanılan üreticiye (Philips) ait verilerdir

Her iki sistemde kaynağın yapısına uygun olarak öngörülen ve Tablo 8' de verilen bakım senaryoları için atık oranları Tablo 14' deki gibi olacaktır.

Tablo 14. Cıva atık oranları

	HID sistemi (projektör) BF:0,73	High bay T5 sistemi BF:0,89
Ürün adedi	77	63
Birim üründeki cıva miktarı (mg)	33	5,6
Toplam cıva miktarı (mg)	2541	353
Yıllık cıva atığı*	1270	88
Atık tasarruf oranı (%)	-	93

\* M.H için 8000 saat fluoressan için ise 16.000 saatlik yenileme periyoduna karşılık değerlerdir..

#### 5. SONUÇ

Çalışma kapsamında incelenen spor salonunda yapılan aydınlatma sisteminin tasarımının standartlara uygun olmadığı ve ölçülen aydınlatma değerlerinin, sağlanması gereken değerlerin iki katından fazla olduğu ve buna karşılık saatlik

elektrik enerjisi tüketiminin 43,12 kWh olduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında öncelikle mevcut aydınlatma, standartta belirtilen aydınlatma değerlerine, mevcut durumda kullanılan geleneksel HID lambalı projektör tip sistemler ile getirilmiştir. Yapılan yeni tasarımla gerekli olan aydınlatma seviyeleri mevcut duruma göre %54,54 daha az elektrik enerjisi tüketimiyle gerçekleştirilmiştir. Günümüzde spor salonlarının aydınlatılmasında T5 fluoressan lambalı sistemlerin kullanılması enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. T5 fluoressan lambalı sistemler ile yapılan tasarım ile mevcut duruma göre %61,59 daha az elektrik enerjisi tüketimiyle gerekli aydınlatma kriterleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca uygun bakım katsayısı ile bu tasarruf değerleri artırılabilir. Buna ek olarak T5 fluoressan lambalı sistemlerinde kullanımı yaygın olan loşlaştırılabilir elektronik balastlı sistemlerle bakım loşlaştırması ve gün ışığı senaryoları ile elektrik tüketimini minimize etmek mümkündür. Yapılacak olan uygun aydınlatma tasarımları ile elektrik enerjisi tüketimi azaltılırken, T5 fluoressan lambalar ile aynı zamanda çevreye bırakılacak olan atık miktarları da önemli derecede azaltılacaktır. Özellikle elektrik enerjisinin büyük bir bölümünü ithal enerji kaynaklarından sağlayan ve ışık kaynaklarının neredeyse tamamını ithal eden bir ülke olmamız nedeniyle aydınlatma tesisatlarında yapılacak tasarımların hem çevre, hemde ülke ekonomisi üzerindeki etkisi oldukça önemlidir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Philips Application Guide 2002
- [2] TS EN 12193, Aydınlatma ve Işık - Spor Aydınlatması, Mart 2000.
- [3] [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)