

VERİMLİ LED ARMATÜRÜ İÇİN OPTİK VE ISIL TASARIM SÜREÇLERİ

Sermin ONAYGİL

M. Berker YURTSEVEN

Niyazi GÜNDÜZ

Emre ERKİN

Optical and Thermal Design Processes for Efficient LED Based Luminaires

As known by heart, LED's can be stated as the most important light sources that are faced in today's lighting technology. Because of their flexible structures, in addition, LED's can be used both in internal or external lighting applications and inside of the different luminaire types. As similar to the conventional light sources, very detailed optical analysis must be carried out for the LED luminaires, too. But for the high power LED's, the heat is a prior problem and besides the optical design, thermal design is very crucial at the process of luminaire design utilizing high power LED's. Within the framework of this study, it is aimed to explain LED luminaire design process and to state the problems which are aroused while comparing LED modules, on the basis of catalog values and without considering working conditions and losses inside the luminaire, with the conventional light sources.

Anahtar Sözcükler: LED, Aydınlatma Armatürü Tasarımı, Isıl Tasarım, Optik Tasarım

1. GİRİŞ

Tüketilen toplam elektrik enerjisi içinde yaklaşık %20 gibi önemli bir paya sahip aydınlatma tesisatlarında gerçekleştirilebilecek tasarruf önlemleri “enerji verimliliği” çalışmalarında üzerinde önemle durulan konulardır. Bu kapsamda, az enerji harcayarak çok ışık üretebilen LED (ışık yayan diyot) teknolojisi, son yıllarda hızla aydınlatma tesisatlarına girmeye başlamıştır. Etkinlik faktörlerinin (lm/W) yüksek olmasının yanı sıra, renksel geriverimlerinin iyileşmesi, farklı renk seçenekleri ve uzun ömürleri gibi özellikleri ön plana çıkarılarak, LED ışık kaynakları iç ve dış tesisatlarda genel aydınlatma amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Diğer yandan yarı iletken teknolojisinde yaşanan hızlı gelişmeler sonucunda, LED'lerin etkinlik faktörleri sürekli artmaktadır. Ancak açıklanan etkinlik faktörü değerleri, modül halindeki LED'lerin laboratuvar ortamlarındaki optimum çalışma koşulları için geçerlidir. LED'lerin ışık akıları ve ömürlerinin sıcaklık değişimlerinden, konvansiyonel ışık kaynaklarına oranla çok daha fazla etkilendiği de bilinmektedir. Optimum çalışma sıcaklıkları aşıldığında, LED'lerin bozulma, devre dışı kalma oranları da yükselmektedir. Sonuç olarak, LED ışık kaynakları için açıklanan yüksek etkinlik faktörleri (lm/W) armatür formunda çok azalmaktadır. Bu koşullar altında LED'lerin kullanıldığı aydınlatma tesisatları konvansiyonel ışık kaynaklı olanlara göre iddia edildiği gibi üstün konuma gelememektedir. Fotometrik özelliklerinin de belirlenmesinde sorunlar olan LED'lerin, mevcut iç/dış aydınlatma armatürlerinin yerini alabilmeleri için, öncelikle aydınlatma standartlarında belirtilen aydınlık düzeyi ve parıltı, düzgünlük ve kamaşma sınırlandırılması gibi minimum aydınlatma gereksinimlerini yerine getirmeleri gerekmektedir.

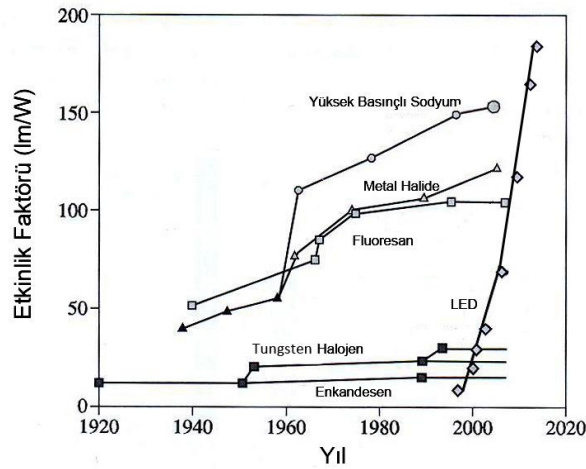
Değişik aydınlatma tesisatlarında (yol, ofis, vb.) sağlanan aydınlatma kalite büyüklükleri, armatürün fotometrik özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle tasarım çalışmalarında başlangıç noktası, amaca uygun armatür optik tasarımıdır. Genel aydınlatma amaçlı kullanılacak yüksek güçlü LED'lerin karakteristik özelliklerine göre geçerli bir optik tasarım gerçekleştirildikten sonra verimli çalışma koşullarının yaratılması amaçlı ısı tasarım yapılmalıdır. Tüm bu tasarımlar günümüzde bilgisayar destekli yazılımlar ile gerçekleştirilebilmektedir.

Bu bildiriye, LED ışık kaynağı kullanılan armatür tasarımı için gerekli optik ve ısı tasarım süreçleri ve bu süreçlerde kullanılacak bilgisayar destekli yöntemler incelenecektir.

Armatür veriminin artırılması için dikkat edilecek noktalar belirlenerek, verimli bir LED armatürü tasarımı için izlenecek adımlar irdelenecektir.

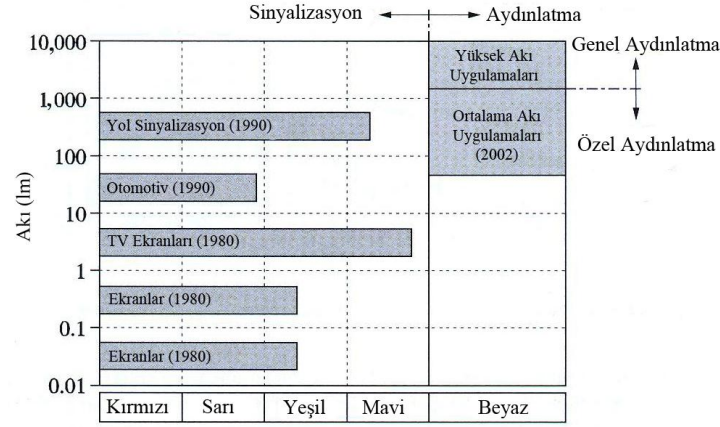
2. LED'LER VE AYDINLATMA

Günümüzde kullanılan ışık kaynakları temelde ısı ışık üretimi prensibi ile çalışan lambalar (enkandesen, tungsten halojen lambalar) ve ısı dışı ışık üretimi prensibi ile çalışan lambalar (deşarj lambaları) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Uzun yıllardır kullanılan bu teknolojilerde önemli gelişmeler yaşanmış olmasına karşın, ışık kalitesi ve etkinlik faktörü yönünden hala yapılabilecekler olduğu bilinmektedir. Yeni ışık kaynaklarının üretimi, tasarımı ve optimizasyonu; ekonomik, bilimsel ve çevresel açılardan araştırmacıları hala zorlamaktadır. Konvansiyonel ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri, 1970'lerden beri süregelen birçok yenilik ve ilerlemeyle, maksimum 150 lm/W değerlerini zorlamaktadır. Diğer taraftan LED'lerin etkinlik faktörlerinin ise çok daha kısa bir süre içinde –laboratuvar koşullarında da olsa (25°C sıcaklık ve modül halindeki çip için)- 200 lm/W seviyelerine ulaştığı ifade edilmektedir. LED'lerin 2020 yılına kadar genel aydınlatma uygulamalarında önemli bir paya sahip olacağı, bazı uzmanlar tarafından öngörülmektedir. Yüksek etkinlik faktörleri, ısı tasarımı iyi yapıldığında yüksek ömürleri, küçük boyutları, esnek yapıları (kontrol sistemleri ile farklı ışık/reng seçeneklerini dinamik olarak sunmaları vs.) gibi üstünlükleri, LED'leri konvansiyonel ışık kaynakları karşısında üstün konuma getirebilmektedir. Şekil 1'de LED'lerin ve konvansiyonel ışık kaynaklarının yıllar bazında etkinlik faktörlerinin gelişimi gösterilmektedir [1].



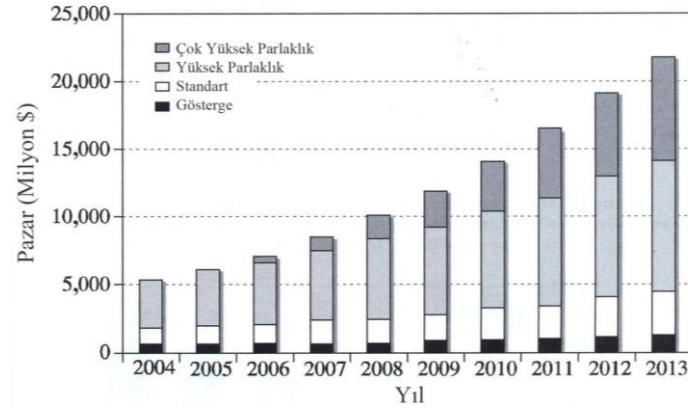
Şekil 1. Işık kaynaklarının etkinlik faktörlerinin yıllar bazında değişimi [1].

1970'lerde LED'ler sadece gösterge uygulamalarında kullanıldığı için düşük ışık akıları ve tek renkli ışıkları yeterli olmuştur. Daha sonra sinyalizasyon gibi daha karmaşık alanlarda kullanılmışlardır. Reklam amaçlı ekranlarda kullanılan LED'lerin ışık akılarının daha yüksek olması gerekmiştir. Aydınlatma için ise sadece yüksek ışık akısı değil, aynı zamanda beyaz ışığa da ihtiyaç vardır. LED'lerin renk ve ışık akısı değerlerine göre gelişimleri ve farklı uygulama alanları Şekil 2'de gösterilmektedir [2]. Günümüzde ise LED'lerin genel aydınlatma alanında yaygın ve sorunsuz olarak kullanılabilmesi için, daha yüksek etkinlik faktörlerine sahip olmaları, gerekli aydınlatma kriterlerini sağlamaları, ısı ve güç performanslarının artırılması gerekmektedir.



Şekil 2. LED'lerin tarihsel bazlı kullanım alanları [2].

LED'lerin son yıllardaki hızlı teknolojik gelişimleri, pazar paylarının ve üretim rakamlarının da çok hızlı artmasını beraberinde getirmiştir. LED pazarının Şekil 3'te görüldüğü gibi büyüyeceği öngörülmektedir [2].



Şekil 3. 2004-2013 Yılları arasında LED pazarının büyümesi [2].

LED pazarı hızla gelişirken üretilen armatürler minimum aydınlatma gereksinimlerini yerine getiremeyebilmektedir. Standart ve önerilerin ortaya koyduğu aydınlatma kriterlerinin sağlanabilmesi için; optik, ısıl ve elektriksel yönden iyi tasarlanmış LED ışık kaynağı kullanan armatürler hedeflenmelidir. Günümüzde simülasyon yazılımları, tasarım safhalarının büyük bir bölümünün masa başında gerçekleştirilmesine olanak verecek düzeyde gelişmişlerdir. Bilgisayarların yüksek işlem kapasiteleri uzun süren simülasyon süreçlerinin daha hızlı ve güvenilir olmalarını sağlamıştır. Bunun sonucu olarak prototip üretimi ve ürünlerin testi aşamasında, simülasyon çıktılarına çok yakın sonuçlar elde edilebilmektedir.

3. LED ARMATÜR TASARIM SÜRECİ

LED armatür tasarımında, temelde LED bazlı yeni bir armatür tasarlamak veya LED bazlı bir ışık kaynağı tasarlayarak mevcut bir armatür içine yerleştirmek gibi iki farklı yol izlenebilir. Sadece LED ışık kaynağının kullanılacağı yeni bir armatürün veriminin, mevcut armatüre LED ışık kaynaklarının yerleştirilmesine göre daha yüksek olması beklenir. Çünkü yeni tasarımda, LED'lerin elektriksel, optik ve ısıl performansları dikkate alınabilecektir. Buna karşın, mevcut bir armatür içine uygun bir şekilde LED ışık kaynağının yerleştirilmesi ile elde edilecek armatür tasarımı, daha önce kullanılan başka ışık kaynağına göre oluşturulduğu için,

daha verimsiz olabilecektir. Genel olarak, LED ışık kaynaklı verimi yüksek bir armatür geliştirilirken aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

1. Gerekli aydınlatma kriterlerinin belirlenmesi.
2. Belirlenen aydınlatma kriterlerine göre tasarım hedeflerinin belirlenmesi.
3. Optik, ısı ve elektriksel verimlerin belirlenmesi.
4. Verimlere göre gerekli LED ışık kaynağı teknik özelliklerinin ve sayısının belirlenmesi.
5. Prototip üretilerek simülasyon sonuçları ile gerçek verilerin karşılaştırılması.

Yukarıdaki adımlar aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır.

3.1 Gerekli Aydınlatma Kriterlerinin Belirlenmesi

LED ışık kaynaklı armatürler, kullanılması amaçlanan ortamlarda konfor ve emniyet açısından gerekli olan minimum aydınlatma kriterlerini sağlamalıdır. Bu nedenle, aydınlatma kriterlerinin tasarım hedeflerinden önce belirlenmesi gerekmektedir. Bu adımda, tasarlanacak armatürün kullanılacağı alanlar için geçerli mevcut standart ve öneriler incelenmelidir. Farklı bir yaklaşım olarak da, mevcut armatürlerin fotometrik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerine göre kullanılacakları uygulama alanlarının sınıflandırılması yapılabilir. Armatür tasarımının bu ilk adımında kullanılacak armatür karakteristik değerleri aşağıda sıralanmıştır:

- Toplam Işık akısı
- Işık dağılım eğrileri
- LED Renk sıcaklığı
- LED Renksel geriverim endeksi
- LED Etkinlik faktörü [lm/W]
- Kamaşma sınırlaması

3.2 Tasarım Hedeflerinin Belirlenmesi

Aydınlatma kriterleri belirlendikten sonra tasarım hedefleri konulmalıdır. Kritik tasarım hedefleri armatür toplam ışık çıktısı ve çekilen güç ile ilgili olacaktır. LED'lerin armatür içine yerleştirildiklerinde verdikleri ışık akılarının, çıplak haldeki ışık akılarına oranı, ışık çıktısı oranı (LOR: Light Output Ratio) olarak adlandırılır. Tasarım hedeflerinden biri bu oranın yüksek olmasıdır. Tasarım hedefleri olarak alınabilecek diğer kriterler aşağıda sıralanmaktadır:

- Armatürden çıkan toplam ışık akısı [lm]
- Işık dağılım eğrileri
- Jonksiyon (Bağlantı noktası) sıcaklığı (LED'lerin çalışma sıcaklığı) [°C]
- Armatür toplam gücü (yardımcı elemanlar dahil) [W]
- Armatür etkinlik faktörü [lm/W]
- Armatür ömrü [saat]
- Armatür maliyeti [TL]

3.3 Optik, Isıl ve Elektriksel Verimlerin Belirlenmesi

Tasarım sürecinde en önemli konulardan biri kullanılan LED ışık kaynağı sayısıdır. LED sayısı direkt olarak ışık akısı, güç tüketimi ve armatür maliyetini etkilemektedir. Hedeflenen

ışık akısını, LED'lerin katalogta verilen ışık akısı değerine bölüp, kullanılacak LED sayısını hesaplamak çok kullanılan bir yöntemdir. Bu şekilde yapılan bir tasarım ile doğru sonuçlar almak ve istenen aydınlatma kriterlerini sağlamak mümkün olmayabilir. LED'lerin ışık akıları jonksiyon sıcaklığı, sürme akımı gibi birçok faktöre bağlıdır. Gerekli LED sayısını kesin olarak belirlemek için optik, ısı kayıplar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yüzden tasarımların bilgisayar ortamında gerek optik gerekse ısı yönden analizi önemlidir.

Optik verim armatürün optik tasarımı ile ilgilidir. Armatür içindeki kayıplar nedeni ile, dışarı verilen ışık akısı azalmaktadır. Kayıplar ışığın armatür tarafından yutulması veya armatür içine geri yansıyor azalması sonucu ortaya çıkabilir. Verim, LED'lerin armatür içindeki yerleşimi, armatürün fiziksel özellikleri, kullanılan malzeme gibi etkenlerle değişmektedir.

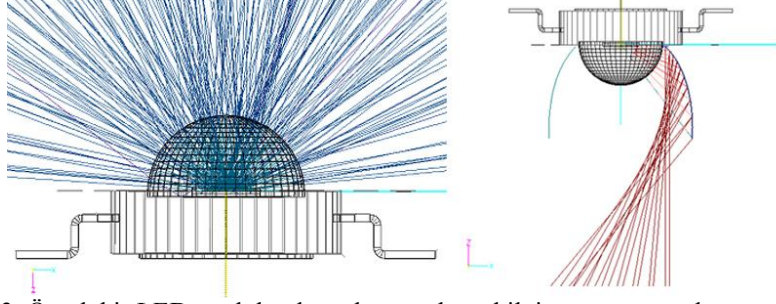
Isıl verim, LED'lerin jonksiyon sıcaklığına bağlıdır. Literatürde rastlanan birçok kaynak ışık akısının, sıcaklık yükselişi ile düştüğü yönündedir [3,4,5]. Çoğu üretici firmanın LED katalogu 25°C jonksiyon sıcaklığındaki ışık akısını vermektedir. Gerçek çalışma koşullarında sıcaklık değeri bu değer üstüne çıktığı için, armatürün ısı analizi yapılarak LED'lerin çalışma sıcaklığı belirlenmeli ve katalog verileri yerine bu sıcaklığa göre belirlenen ışık akıları kullanılmalıdır.

LED sürücüler şebekeden aldıkları gücü, LED'lerin çalışması için gerekli sabit akıma çevirirler. Bu dönüşüm %100 verimli değildir. Standart sürücülerin verimi %80-90 civarındadır [6]. Sürücü verimi aynı zamanda yüke de bağlıdır. Sürücüler düşük yüklerde çalıştırıldıklarında verimleri daha da düşmektedir. Bu nedenle sürücü seçimi ya da armatür tasarımında bu noktalara dikkat edilmeli, toplam armatür verimi hesaplanırken sürücü kayıpları da dikkate alınmalıdır.

3.3.1 Optik Verim

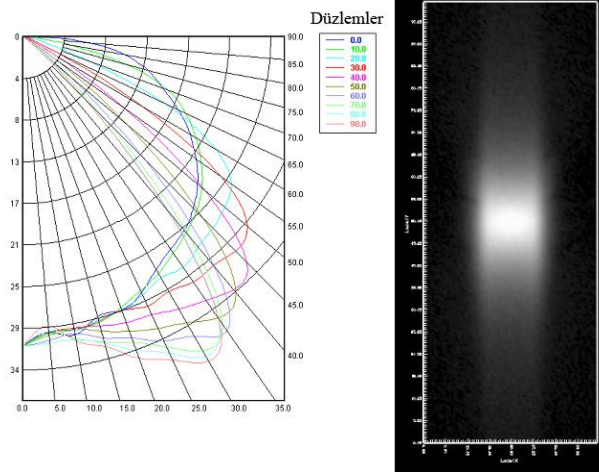
Armatürlerde optik kontrol elemanları olarak yansıtıcılar, kırıcılar, yayıcılar, yönlendiriciler, petekler, ekranlar sayılabilir. Optik verimin her zaman çok yüksek olması birinci amaç olmayabilir. Çünkü yüksek optik verimli armatürlerle gerçekleştirilen aydınlatmalarda, kamaşma sorunlarının yanı sıra düzgünlük değerlerinin sağlanması problemleri de gözlemlenebilir. Bu yüzden görsel konfor ve verim optimize edilmesi gereken ayrı bir konu olarak ele alınmalıdır.

Günümüzde ışığın izleyeceği yolu belirlemek ve yüzeyler üzerine düşen ışık miktarını tahmin etmek için bilgisayar programları kullanılmaktadır. Bunların sık kullanılanlarına örnek olarak Optisworks [7], Lighttools [8] ve Photopia [9] gibi programlar verilebilir. Bu programlar önceden kütüphanelerinde tanımlı olan ışık kaynaklarını kullanarak simülasyonlar gerçekleştirebilmektedir. Optik tasarım programları, ışık kaynaklarından çıkan ışınların sayısının belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bir ışık kaynağından dış ortama ışın yollanmasına "ışık bombardımanı" adı verilmektedir. Işık kaynağından dış ortama yollanan ışın sayısı, simülasyonun hassasiyetini belirler. Yüksek ışın miktarı ile yapılan hesaplamalar, hesap kesinliğini arttırırken, simülasyon süresini uzatmaktadır.



Şekil 3. Örnek bir LED modülünden çıkan ışınların bilgisayar ortamında gösterimi [9].

LED çipinde üretilen ışık birçok malzemeden geçerek ortama yayılır. Farklı malzemeler ışığı farklı şekilde geçirdiği için ışık miktarı azalır ve yönü değişir. Bilgisayar programlarından iyi sonuç almak için kullanılan malzemelerin özelliklerinin programa çok iyi tanıtılmış olması gereklidir. Şekil 3'te tekil bir LED modülünden çıkan ışınlar ve yayıcı bir LED modülünden çıkan ışığın yansyarak yayılımının bilgisayar ortamındaki simülasyonu gösterilmektedir. Bilgisayar programı yardımıyla tasarlanan armatürün, olası ışık dağılım eğrilerini ve yüzeyler üzerinde yaratacağı etkileri tahmin etmek de mümkündür. Şekil 4'te örnek bir armatürün, bilgisayar simülasyonu ile elde edilmiş sonuçları verilmektedir .



Şekil 4. Örnek bir LED armatür tasarımının farklı düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri [9].

Bilgisayar yazılımları kullanılarak, belirli LED modülleri için farklı armatür tasarımları yapılabilir ve elde edilebilecek ışık dağılım eğrileri tahmin edilebilir. Bu çalışmalarda en önemli ve kritik nokta kullanılacak LED modüllerinin simülasyon programlarına doğru tanıtılmış olmasıdır. Genel olarak LED üreticileri, kendi LED modüllerinin tekil olarak ışık dağılım eğrilerini farklı programlarda kullanılmak üzere paylaşmaktadır. Tasarımcılar da bu standart dosyaları kullanarak kendi tasarımlarını gerçekleştirebilmektedir. Ancak LED modülü bir armatür içine çok sayıda yanyana yerleştirildiğinde, optik verimliliği ve ışık çıktısı oranı azalabilmektedir. LED ışık kaynaklarının ışık akılarının armatür içinde ne kadar azaldığının belirlenmesi, kullanılacak LED sayısına göre optik verimdeki düşme oranı doğru armatür tasarımlarında üzerinde önemle durulması gereken konulardır.

3.3.2 Isıl Verim

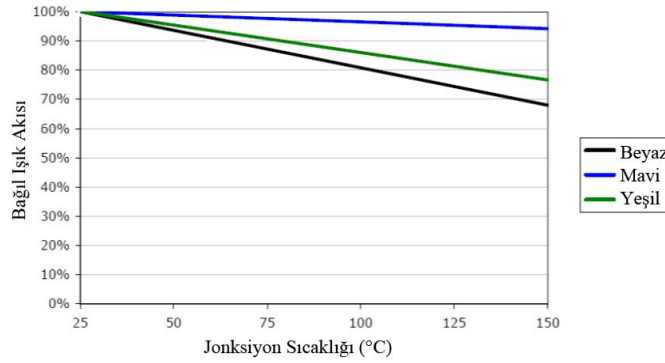
LED ışık kaynaklı aydınlatma armatürlerinde üretilen ısının dış ortama transferi diğer ışık kaynaklarından farklıdır. Konvansiyonel ışık kaynakları üretilen ısıyı genel olarak ışıınım (radyasyon) yolu ile transfer ettikleri için, LED ışık kaynaklı armatür tasarımlarının da birçoğu hala bilinen ışıınım esasına göre gerçekleştirilmektedir. LED'ler ürettikleri ısıyı ancak

iletim yoluyla dışarı transfer edebilmektedir. Bu farklılık LED'ler ile çalışacak sistemler tasarlanırken farklı ısı transfer seçeneklerinin düşünülmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. LED'lerde üretilen ısıyı dışarı transfer edebilmek için ona "ısı" bir yol çizilmesi gerekmektedir. Bu yüzden LED ışık kaynaklarının kullanılacağı armatür tasarımlarında, ısı iletim esaslı tasarımlarla sorunların çözülmesi gerekmektedir. Tablo 1'de örnek ışık kaynaklarının farklı ısı iletim mekanizmalarındaki ısı kayıp yüzdeleri listelenmiştir.

Tablo 1. Işık kaynaklarının ısı transfer mekanizmalarının karşılaştırılması [10]

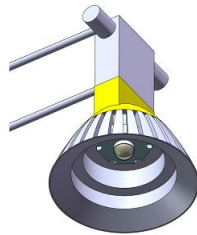
Işık Kaynağı	Işınım (%)	Taşımın (%)	İletim (%)
Enkandesen	>90	<5	<5
Flüoresan	40	40	20
HID	>90	<5	<5
LED	<5	<5	>90

LED'lerin jonksiyon sıcaklığı arttıkça ürettikleri ışık miktarları düşmektedir. Şekil 5'de farklı jonksiyon sıcaklıkları için, farklı renklerde ışık yayan LED'lerin ışık akılarındaki değişim gösterilmektedir. Maksimum ışık akısının 25°C'de elde edildiği kabul edilmiştir. Şekil 5'ten görüldüğü gibi, sıcaklık arttıkça ışık akısı önemli oranlarda düşmektedir. Bu nedenle, LED'lerin sadece katalog değerleri ile armatür tasarımları yapıldığında, gerçek kullanımlarda hedeflenenden daha düşük ışık akıları elde edilebilmektedir. Uygulamada bu sorunlardan kaçınmak için armatürün ısı davranışının detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.



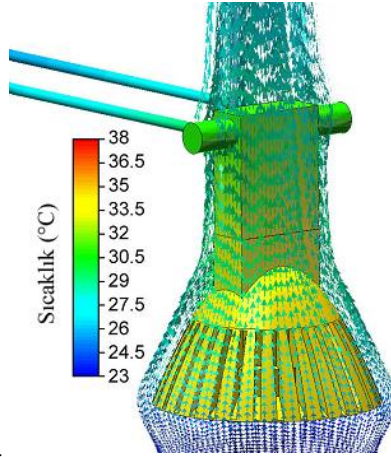
Şekil 5. Jonksiyon sıcaklığı artışının ışık akısına etkisi [3].

Armatürlerin ısı analizlerinin yapılabilmesi için literatürde birçok program mevcuttur. Bütün programlar temelde sonlu elemanlar, sonlu farklar vb. gibi matematiksel yöntemleri kullanarak, armatür içindeki sıcaklık dağılımını ve hava hareketini tahmin edebilmektedir. Son yıllarda özellikle LED alanında özelleşmiş yazılımlar da geliştirilmiştir. Bu yazılımlarda, farklı LED modüllerinin malzeme ve ısı davranışları veri olarak kullanılmaktadır. Öncelikle LED ışık kaynaklarının ve armatürün geometrisinin, herhangi bir üç boyutlu çizim programı ile simülasyona uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Şekil 6'da örnek bir çizim gösterilmiştir.



Şekil 6. Armatür üç boyutlu çizimi [11].

LED'in ısı bilgisi ölçüm yoluyla ya da üretici firmanın ilgili dokümanlarından elde edilebilir. Henüz ısı verilerin sunumu ile ilgili bir standart oluşturulmadığı için, farklı üreticilerin verileri de farklı formatta olabilmektedir. Oluşturulan model ile ilgili veriler programa girildikten sonra, armatür yüzeyi küçük elemanlara bölünerek hesaplamalar yapılmaya başlanır. Bu işleme ağ oluşturma adı verilmektedir. Oluşturulan ağın sıklığı hesaplama süresini ve doğruluğunu etkilemektedir. Ağın çok sık olması, yani çok küçük parçalardan oluşması hesap zamanını uzatmakta, ama diğer yandan hassasiyeti arttırmaktadır. Bu yüzden kritik noktalardaki (LED modül çevresi gibi) ağ sıklığı daha fazla yapılmaktadır. Armatürün çalışma sıcaklığını ve içindeki sıcaklık dağılımını etkileyen diğer bir parametre de ortam sıcaklığı olduğu için, yazılıma ortam sıcaklığı değeri de veri olarak girilmelidir. Yazılım LED'in ısı bilgisini ve ortam sıcaklığını kullanarak armatür içinde bir sıcaklık dağılımı ve hava hareketi belirlemektedir. LED'li armatürlerde genel olarak aktif soğutma bulunmamaktadır. Armatür içindeki hava hareketi, doğal taşınım yoluyla oluşmaktadır. Bu olay sonucunda sıcaklık değişiminden oluşan yoğunluk farkı nedeniyle de bir hava hareketi oluşmaktadır. Bazı hesaplamalı akışkanlar dinamiği programları, doğal taşınımı çözerek hava akış yönünü de tayin edebilmektedir. Hava yönü ve sıcaklığının yazılım yardımı ile tahmin edilmesi, daha uygun soğutma kanallarının ve soğutma bloklarının tasarlanmasına yardımcı olabilmektedir. Şekil 7'de örnek bir armatürün sıcaklık dağılımı ve hava akış yönü gösterilmektedir.



Şekil 7. Örnek bir ısı simülasyon sonucu ve hava akış yönü [11].

Bilgisayar yazılımları yardımıyla gerçekleştirilen simülasyonlar sayesinde, kullanılacak LED'lerin armatür içinde kaç dereceye kadar ısınabilecekleri tahmin edilebilmektedir. Bu da tasarımcıyı ve üreticiyi bir çok prototip yaparak deneme yanılma yoluyla sıcaklık tahmin etme işleminden kurtarabilmektedir. Tasarımda ısı analiz programlarının kullanılması hem zaman hem de maliyet yönünden fayda sağlamaktadır. LED'lerin çalışma sıcaklığı belirlendikten sonra, üretici katalog verilerinden bu sıcaklıkta ışık akısı miktarlarındaki azalma oranları ve ısı verimleri hesaplanarak, elde edilebilecek ışık akısı değeri doğru olarak belirlenebilmektedir.

3.3.3 Elektriksel Verim

LED'lerin çalışması için gerekli yardımcı eleman olan sürücüler de %100 verimli değildir. Sürücüdeki kayıpların artması, çekilen toplam armatür gücünün yükselmesine ve elektriksel kayıpların ısı formunda ortaya çıkmasına neden olmakta ve bunların sonucunda toplam armatür verimi azalmaktadır. Standart tip LED sürücülerinin verimleri %80-90 arasındadır [3]. Sürücülerin kısmi yükte çalıştırılmaları da sürücü verimini etkileyen faktörlerden biridir.

LED'li armatür tasarımlarında toplam güce uygun sürücünün seçilmesi, armatür verimi için önemli bir kriterdir.

3.4 Gerekli LED Sayısının Belirlenmesi

Verimler hesaplandıktan sonra, istenilen toplam ışık akısı değerini sağlayacak LED sayısı hesaplanmalıdır. Tasarım aşamasında hedeflenen ışık akısı değeri, optik ve ısı verimlerin çarpımına bölünerek, armatür formunda gereken ışık akısı değeri hesaplanır. Bulunan bu değer tek bir LED'in üretici tarafından verilen ışık akısı değerine bölünerek de gerekli LED ışık kaynağı sayısı bulunur. Elektriksel verim sadece çekilen gücü etkilediği için, ışık akısı hesabında dikkate alınmaz.

$$\text{Gereken Işık Akısı} = \text{Hedeflenen Işık Akısı} / (\eta_{\text{ısı}} \times \eta_{\text{optik}}) \quad (1)$$
$$\text{LED Sayısı} = \text{Gereken Işık Akısı} / \text{Tek LED Işık Akısı} \quad (2)$$

3.5 Prototip Oluşturma

Bilgisayar destekli simülasyon programları kullanılarak ısı ve optik simülasyonlar gerçekleştirildikten sonra, armatür tasarımı tamamlanır. Bu tasarımlara göre kalıplar oluşturularak armatür prototipi üretilir. Üretilen prototipin simülasyon sonuçları ile laboratuvar koşullarında ölçülecek gerçek verileri karşılaştırılarak, hedeflenen tasarım değerleri kontrol edilir. Herhangi bir uyumsuzluk halinde geriye dönük düzeltmelerin yapılması gerekebilir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada LED ışık kaynaklı verimli bir armatür geliştirmek için izlenmesi gereken adımlar genel olarak irdelenmeye çalışılmıştır.

Özet olarak, bir armatür tasarımına başlarken ilk olarak standart ve önerilerden, armatürün kullanılması amaçlanan aydınlatma tesisatlarında sağlanması gereken aydınlatma kriterleri belirlenmelidir. Daha sonra bu kriterlere uygun armatür tasarım hedefleri saptanmalıdır. Hedeflerin gerçekleştirilmesi aşamasındaki ilk adım, optik tasarımdır. Gerçekleştirilen optik tasarım ile, aydınlatma kriterlerinin sağlanması için gerekli ışık dağılım eğrileri oluşturulur. Optik tasarım armatürün fiziksel yapısını da etkileyeceği için ısı tasarım, optik tasarımdan sonra gerçekleştirilmelidir. LED'lerin gerçek çalışma koşullarında sıcaklığın artması sonucunda, ışık akılarının ve ömürlerinin azaldığı bir çok çalışmayla kanıtlanmıştır. Bu nedenle armatür tasarımındaki ikinci adım LED'lere optimum çalışma koşulları yaratılacak şekilde ısı analizlerin gerçekleştirilmesidir. Isı analizler yapılırken bir yandan maksimum verimin elde edilmesi, diğer yandan da maliyet etkin çözümler üretilmesi amaçlanmalıdır. Elektriksel verim ise LED'lerin birlikte çalışması gereken sürücüleri ile ilgili bir kavramdır. Uygun sürücünün seçilmesi ve tam yüke yakın çalıştırılması, elektriksel verimi yükseltecek, armatür etkinlik faktörünü arttıracak ve elektriksel kayıpların ısıya dönüşmesini engelleyecektir. Optik ve ısı analizlerin bilgisayar ortamında yapılabilmesi ise, birçok farklı konfigürasyonun, malzemenin ve fiziksel tasarımın hızlı ve kolaylıkla denenmesine olanak sağlamaktadır. Günümüzde kullanılan yüksek hesaplama gücüne sahip bilgisayarlar ve yeni nesil analiz programları yardımı ile, üretim maliyetlerini de azaltan verimli armatürlerin tasarım süreçleri kolaylaşmış ve daha güvenilir olmuştur.

LED ışık kaynaklarının genel aydınlatmadaki kullanımlarının giderek artacağı öngörülmektedir. Günümüzde birçok firma LED modüller kullanarak armatürler geliştirmektedir. Bu süreçlerin iyi yönetilmesi ve düzgün ar-ge çalışmaları ile desteklenmesi, başarılı ürünlerin piyasaya çıkmasını ve LED'lere biçilmiş rolün en iyi şekilde yerine getirilmesini sağlayacaktır. Bu çalışma kapsamında açıklanan armatür tasarım süreçleri ile, LED modüllerin katalog değerlerine dayanılarak, armatür içindeki çalışma koşulları ve kayıpları dikkate alınmadan yapılan diğer konvansiyonel ışık kaynakları ile karşılaştırmalarının, doğru bir yaklaşım olmadığı açıklanmaya çalışılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Patrick M., LEDs for Lighting, Wiley, 2009.
[2] Steele R., Strategies in light, Açılış konuşması, San Jose, ABD, 2007.
[3] CREE, SSL Design Processes/Considerations, www.cree.com ABD, 2009, (18.03.2011 tarihinde erişildi).
[4] Kıyak İ., Oral B., Topuz V., Effects of lighting performance on cooling power LED, Lux Europe, 833-840, Eylül 2009.
[5] Domke K., Skrzypczak P., The influence of cooling systems parameters used for high power light emitting diodes on their photometric characteristics, Lux Junior, 2009.
[6] CREE, LED luminaire design guide, www.cree.com, ABD, 2009, (18.03.2011 tarihinde erişildi).
[7] Optisworks, www.optis-world.com, Fransa (18.03.2011 tarihinde erişildi).
[8] Lighttools, www.opticalres.com/, ABD (18.03.2011 tarihinde erişildi).
[9] Photopia, www.ltioptics.com/, ABD (18.03.2011 tarihinde erişildi).
[10] Petroski J., Thermal challenges in LED cooling, www.electronics-cooling.com/2006/11/thermal-challenges-in-led-cooling/ (18.03.2011 tarihinde erişildi).
[11] John P., Thermal simulation simplifies LED luminaire design, www.mentor.com, Mentor Graphics, ABD, 2009 (18.03.2011 tarihinde erişildi).

Prof. Dr. Sermin Onaygil İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak, İstanbul Tel: 0 212 285 39 46 Faks: 0 212 285 38 84 E-posta: onaygil@itu.edu.tr
Arş. Grv. M. Berker Yurtseven İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak, İstanbul Tel: 0 212 285 38 79 Faks: 0 212 285 38 84 E-posta: byurtseven@itu.edu.tr
Niyazi Gündüz İTÜ Enerji Enstitüsü Enerji Bilim ve Teknoloji Yüksek Lisans Öğrencisi İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak, İstanbul Tel ve Faks: 0 262 745 45 29 E-posta: niyazigunduz@gmail.com
Arş. Grv. Emre Erkin İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak, İstanbul Tel: 0 212 285 38 79 Faks: 0 212 285 38 84 E-posta: erkinem@itu.edu.tr