

SANAYİ ENERJİ TÜKETİMİNDE AYDINLATMANIN YERİ VE TASARRUF POTANSİYELLERİ

Sermin ONAYGİL*

Önder GÜLER*

Emre ERKİN*

* İTÜ Enerji Enstitüsü, Enerji Plan. ve Yön. Anabilim Dalı, 34469, Maslak, İstanbul

Engin CEBECİ**

** Türk Philips Tic. A.Ş., Aydınlatma, Saray Mahallesi, Küçüksu caddesi,
Sokullu sokak, No:8,34768, Ümraniye, İstanbul

ÖZET

Özellikle pahalı bir enerji çeşidi olan elektrik enerjisi fiyatlarındaki artışlar ve zorlu rekabet koşulları nedeniyle, elektrik tüketen her noktadaki tasarruf potansiyellerinin acilen değerlendirilmesi gerekmektedir. Sanayide elektrik enerjisi tüketimleri içindeki payı küçük olmasına rağmen, tasarruf oranları yüksek olan aydınlatma tesisatları da verimli hale getirilmelidir. Tüm enerji verimlilik çalışmalarında olduğu gibi aydınlatmada da tasarrufun, çalışma emniyeti ve konfor koşullarından ödün verilmeden yapılması gerektiği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu amaçla çalışma hacimlerinde yapılan işin cinsine göre, gerekli aydınlık düzeyi ve diğer aydınlatma kalite büyüklüklerinin sağlanması birinci amaç olmalıdır. Bu çalışmada bir yılı aşkın süredir yazarlar tarafından sürdürülen “endüstride enerji verimli aydınlatma çözümleri” başlıklı etüt, öneri ve uygulama çalışmaları kapsamında incelenen 10 sanayi tesisinde gözlemlenen yanlış ve verimsiz aydınlatma tesisat örnekleri ve tesisatların verimli hale getirilebilmeleri için oluşturulan öneriler özetlenmiştir. Tesislerin yıllık toplam enerji tüketimleri, bu toplam tüketim içinde elektrik enerjisi oranı belirlenmiş ve etüt çalışmaları sırasında toplanan bilgiler ışığında, aydınlatma amaçlı tüketilen yıllık elektrik enerjisi miktarları hesaplanmıştır. Sanayide tüketilen toplam enerji içinde elektrik enerjisi oranı tesisten tesise büyük farklılıklar

göstermektedir. Tüketilen elektrik enerjisi içinde aydınlatmanın payı ise çimento, rafineri gibi ağır sanayide % 1'den düşük değerlerde iken, tekstilde % 13'lere yükselebilmektedir. Tüm sanayi alt sektörlerinde, aydınlatma amaçlı elektrik enerjisi tüketiminde ortalama % 35 tasarruf potansiyeli mevcuttur. Tekstilde iki yıldan kısa, diğer sektörlerde ise yaklaşık üç yıl civarında geri ödeme süreleri olasıdır.

1. GİRİŞ

Birincil enerji tüketimindeki artış oranı yıllık % 4,3 olarak açıklanan Türkiye, enerji ihtiyacının % 74'lük bölümünü dış kaynaklardan sağlayabilen ithalatçı konumunda bir ülkedir [1]. % 97'si ithal edilen doğalgazın % 50'lik bölümü elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki eğilimlere paralel olarak, Türkiye'de de genel enerji tüketimi içinde elektrik enerjisinin payı sürekli artmaktadır [2]. 1970 ile 2008 yılları arasındaki artış oranı ortalama % 8,7 dir [1, 3]. Artan elektrik enerjisi talebinin karşılanabilmesi için, mevcut kurulu gücün 2020 yılına kadar en az iki katına çıkartılması gerektiği de ifade edilmektedir [2].

Dünya elektrik enerjisi tüketiminin % 41,6'sı sanayide kullanılırken, bu oran 2007 verilerine göre Türkiye'de % 47,6'dır [3, 4]. Sanayide toplam üretim maliyetleri içinde, enerji giderleri önemli bir paya sahiptir. Sektörlere göre farklılık gösteren bu oran, ülkemizde gıda sektörü için % 10; cam için % 30; çimento için ise % 55 olarak açıklanmaktadır [5]. İçinde bulunulan ekonomik darboğaz döneminde, rekabet edebilir koşulların yaratılabilmesinde enerji maliyetlerinin azaltılması çok etken olmaktadır. Günümüzde artan enerji fiyatları sanayide “enerji verimliliği” çalışmalarını en önemli konulardan biri haline getirmiştir. Özellikle pahalı bir enerji çeşidi olan elektrik enerjisi fiyatlarındaki artışlar nedeniyle, elektrik tüketen her noktadaki tasarruf potansiyellerinin acilen değerlendirilmesi gerekmektedir. Sanayi tesislerinin elektrik enerjisi tüketimleri içindeki payı küçük olmasına rağmen, tasarruf oranları yüksek olan aydınlatma tesisatlarının da verimli hale getirilmesi, bu kapsamda üzerinde durulması gereken önemli çalışmalardan biridir.

Daha önceleri önemsenmediği için doğru eleman seçimi ve tasarımların yapılmadığı aydınlatma tesisatları şu anda hem enerji tasarruf potansiyel oranı yüksek hem de

geri ödeme süreleri kısa olan enerji verimlilik çalışmaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak aydınlatma sistemleri her şeyden önce ortamda yapılacak işe uygun görme koşullarının konforlu bir şekilde sağlanabilmesi amacı ile tesis edilmelidir. Fabrika iç ve dış ortamlarında tekdüze aynı tip aydınlatma tesisatı yerine, yapılan işe göre belirlenen kriterleri sağlayan bölgesel çözümlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Işın hassasiyetine göre, sağlanması gereken aydınlık düzeyi değerleri değişmektedir. Uluslararası standart ve önerilerde, görüş koşulları ve tesisatın ekonomikliği esas alınarak belirlenen, değişik hacimlerde olması gereken optimum aydınlık düzeyi değerleri verilmektedir. Avrupa Birliği'nce iç çalışma hacimleri için Kasım 2002'de, dış çalışma hacimleri için de Temmuz 2007'de kabul edilmiş standartlar, ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından "Işık ve Aydınlatma-iş yerlerinin aydınlatılması-Bölüm 1: kapalı alanlardaki iş mahalleri ve Bölüm 2: bina dışı iş yerleri" başlıkları altında sırasıyla Ocak 2004'de ve Nisan 2008'de yayınlanmıştır [6, 7]. Söz konusu standartlarda iyi bir aydınlatmada sadece yeterli ortalama aydınlık düzeylerinin yaratılması değil, bunun yanı sıra aydınlık düzeyi ve parlaltının hacim içinde düzgün dağılımı, ışık kaynaklarının renksel geriverimlerinin iyi ve ışık renklerinin uygun olması, kamaşma, fliker ve stroboskopik etkilerin sınırlandırılması gibi ölçütlerin de önemli olduğu belirtilmektedir.

Kaliteli bir aydınlatma ile iş verimi yükseltilip, hatalı ürün ve iş kazası sayıları azaltılabildiğinden, maliyet hesaplarında bu faydaların da dikkate alınması ve son kararların bu veriler ışığında alınması gerekmektedir. Amaç ülke enerji yoğunluğunun veya daha özel olarak tesis enerji yoğunluğunun düşürülmesi olduğundan, üretim miktar ve kalitesindeki artışların maddi getirileri, enerji tüketim maliyetlerinin düşürülmesinde önemli etkenler olacaktır. Gerekli kriterleri sağlayan aydınlatmaların en az enerji tüketen tesisatlarla gerçekleştirilmesi ise "enerji verimliliği" çalışmasıdır. Tüm enerji verimlilik çalışmalarında olduğu gibi aydınlatmada da tasarrufun, çalışma emniyeti ve konfor koşullarından ödün verilmeden yapılması gerektiği akıldan çıkarılmamalıdır.

2. VERİMLİ AYDINLATMA TESİSAT ÖNERİLERİ

Endüstri tesislerinde amaç, görme koşullarını iyileştiren düzeyde düzgün ve kamaşmasız bir aydınlatma yaratılması olmalıdır. Bu da amaca uygun ışık kaynağı,

armatürlerin doğru seçimi ve yerleştirilmeleri ile mümkün olmaktadır. Endüstri tesislerinde kullanılacak ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri yüksek ve ömürleri uzun olmalıdır. Kirlenmenin de fazla olduğu geniş hacimli üretim hollerinde tavan ve duvarlardan yansıyan ışığın katkısı yok denecek kadar az olduğu için armatürler direkt ışık dağılımlı seçilmelidir. Armatürler ayrıca, ortamda olası toz, kir, nem ve patlayıcı gazlara karşı korunmalı, elle dokunulabilecek mesafelerde olanlar ise tamamen izole olmalıdır.

Fabrika üretim hollerinin genel aydınlatmaları için çizgisel ve noktasal olmak üzere iki temel tip çözüm önerilmektedir. Çizgisel çözüm için önerilenler genellikle tüp floresan ışık kaynaklı armatürlerdir. Etanj duylu lambaların çıplak ya da reflektörlü, açık veya kapaklı olarak tekli ya da ikili yerleştirildiği armatürler genelde sürekli veya aralıklı olarak bant şeklinde tesis edilmektedir. Besleme kablolarının geçirilip, balast ve ateşleyici gibi yardımcı elemanların monte edilebildiği bant şeklindeki askı düzenleri bakım ve montaj çalışmaları açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Işığı çalışma düzlemlerine yönlendiren reflektör düzenekleri de aydınlatmanın verimini önemli ölçüde artırmaktadır.

Noktasal çözümler ise, daha çok yüksek tavanlı hacimlerde içlerinde yüksek güçlü noktasal ışık kaynakları bulunan sanayi tipi armatürlerle gerçekleştirilmektedir. Bu tesisatlarda etkinlik faktörleri, renksel geri verim özellikleri düşük, ömürleri de kısa olan yüksek basınçlı civa buharlı lambaların kullanılması uygun değildir. Günümüzde yüksek tavanlı sanayi tesislerinin genel üretim holü aydınlatmalarında metal halojen lambalar sıklıkla kullanılmaktadır. Canlı ve ferah çalışma ortamlarının yaratılması istendiğinde renk özellikleri çok iyi olan seramik deşarj tüplü metal halojen lambalar da iyi bir seçenek olmaktadır. Renksel geri verim özelliğinin çok önemli olmadığı uygulamalarda ise ömürleri daha uzun, yanma konumları sorunsuz olan rengi düzenlenmiş yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar enerji verimliliği açısından göz ardı edilmemesi gereken ışık kaynaklarıdır. Bakım çalışmalarının zorlaştığı çok yüksek tavanlı hacimlerde, endüksiyon lambalarının kullanımı da başlamıştır. Ancak son yıllarda tüp floresan lamba ve armatür reflektör tekniğinde gerçekleşen teknolojik ilerlemeler sonucunda bu tip ışık kaynakları ile de yüksek tavanlarda çözümler yaratılabilmektedir.

Tavan yüksekliği 6 metre ila 12 metre arasında olduğuunda ise, hem çizgisel, hem de noktasal ışık kaynaklı tesisatlar kullanılabilir. Seçim sanayi alt sektör tipine, ortam ve bakım koşullarına bağlı olarak gerekli lamba karakteristik değerlerine göre yapılmalıdır. Sanayide 6 ila 12 metre arasındaki tavan yüksekliklerinde tıp fluoresan lambalı çözümlerin en iyi sonuçları verdikleri görölmektedir [8]. Ancak gerçekleştirilen tesisatlarda aydınlatmanın kalitesi önemli ölçüde kullanılan armatürlerin fotometrik özelliklerine bağlıdır. Uygun balastlar ile loşlaştırılma olanakları nedeni ile fluoresan lambalı tesisatlar, enerji verimliliği çalışmalarında göz ardı edilmemesi gereken otomasyon sistemleri için de geçerli çözümlerdir. Ayrıca acil-ihyaç aydınlatmalarında aynı armatüre akü sistemlerinin ilave edilebilmesi üstünlükleri de vardır. Renk özellikleri ve boyutları bakımından, fluoresan lambalar daha geniş seçim yapılabilme olasılığına sahiptir. Boyutsal özellikleri nedeni ile aydınlatmanın düzgünlüğü de daha iyidir. Armatür ve lamba sayısının diğer verimli noktasal sistemlere göre daha yüksek olması bakım çalışmaları açısından olumsuz olmasına rağmen, çok sayıda lambanın bulunduğu armatürde bir veya iki lambanın yanmaz konuma gelmesi halinde diğerlerinin yanar olması, ortamdaki aydınlatmanın düzgünlüğünü olumlu etkilemektedir.

Sonuç olarak, yoğun bir şekilde sürdürölen “enerji verimliliği” çalışmalarında sanayideki aydınlatma tesisatları değerlendirilirken sadece lambaların teknik özelliklerine göre kararlar verilmesi doğru değildir. Farklı sektörel faaliyetlerin fiziksel özellikleri değişik yapılarda gerçekleştirildiği sanayi tesislerinde, her proje özel olarak değerlendirilmek zorundadır. Enerji verimliliği açısından temel amaç; az enerji tüketip fazla ışık akısı üreten etkinlik faktörü yüksek lambaların, kaliteli balastlarla birlikte ışığı istenilen çalışma düzlemlerine verimli bir şekilde yönlendiren armatürler içinde, aydınlatmanın kullanım süresini en aza indiren otomasyon sistemleri ile birlikte kullanılması olmalıdır. Tesisin toplam iş veriminin yüksek olması için, üretim hollerinde yapılan işin cinsine göre gerekli aydınlık düzeyi ve diğer aydınlatma kalite büyüklüklerinin sağlanması da son derece önemlidir [9].

3. SIK KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bir yılı aşkın süredir yazarlar tarafından sürdürölen “endüstride enerji verimli aydınlatma çözümleri” başlıklı etüt, öneri ve uygulama çalışmaları kapsamında

gözlemlenen yanlış ve verimsiz aydınlatma tesisat örnekleri ve tesisatların verimli hale getirilebilmeleri için oluşturulan öneriler aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen verimlilik artırıcı çalışmalarda, kısa sürede kendini geri ödeyebilen ve kolay uygulanabilir tesisatların önerilmesi temel amaç olarak benimsenmiştir.

Sorun 1. Etkinlik faktörleri ortalama 50 lm/W, ekonomik ömürleri 4000 saat ve renksel geriverim özellikleri orta ($R_a = \% 50$) olan yüksek basınçlı civa buharlı lambaların toza, suya karşı korumasız ve optik özellikleri zayıf armatürler içinde kullanılması.

Öneri 1a. Etkinlik faktörleri ortalama 85 lm/W, ekonomik ömürleri 9000 saat ve renksel geriverim özellikleri çok iyi ($R_a = \% 90$) olan seramik deşarj tüplü metal halojen lambaların koruma sınıfı yüksek (IP65) armatürler içinde kullanılması.

Öneri 2a. Etkinlik faktörleri ortalama 95 lm/W, ekonomik ömürleri 15000 saat, renksel geriverim özellikleri iyi ($R_a = \% 80$) ve güçleri 51W ve üzeri olan yeni nesil tüp floresan lambaların reflektörlü armatürlerle bant şeklindeki tesisatlarda kullanılması.

Sorun 2. Etkinlik faktörleri ortalama 50 lm/W ve ekonomik ömürleri 5000 saat olan eski tip 38 mm çaplı 40 W veya 26 mm çaplı 36 W'lık tüp floresan lambaların reflektörsüz olarak ve/veya koruma sınıfları düşük olduğu için aşırı kirlenmiş etanj armatürler içinde kullanılması.

Öneri 2. Etkinlik faktörleri ortalama 95 lm/W, ışık akıları yaklaşık % 25 daha fazla olan 15000 saat ekonomik ömürlü yeni nesil tüp floresan lambaların reflektörlü, bant şeklindeki tesisatlarda yada koruma sınıfı yüksek ve optik özellikleri iyi etanj armatürler içinde kullanılması.

Sorun 3. Tüp floresan lambaların kayıpları çok yüksek D tipi manyetik balastlar veya güç faktörleri düşük, harmonik bozulma değerleri ve kayıpları yüksek olan kalitesiz elektronik balastlarla birlikte kullanılması.

Öneri 3. Kayıpları düşük, enerji kalitesi açısından sorun yaratmayan en az A2 sınıfı elektronik balastların kullanılması.

Sorun 4. Çalışma hacimlerinde floresan lambaların, ihtiyaç duyuldukça kamaşma ve adaptasyon problemlerine dikkat edilmeden, konfor ve güvenliği bozacak şekilde gelişigüzel tesis edilmesi.

Öneri 4. Çalışma hacimlerinde ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyi değerlerinin reflektörlü, bant şeklindeki tesisatlar içindeki yeni nesil tüp floresan lambalarla genel aydınlatma şeklinde sağlanması yada lokal aydınlatmaların kamaşma kontrollü armatürler ile gerçekleştirilmesi.

Sorun 5. Fabrika dışı aydınlatmalarda içlerinde yüksek basınçlı civa buharlı veya eski tip floresan balonlu yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların bulunduğu optik özellikleri zayıf, koruma sınıfları düşük kalitesiz armatürlerin kullanılması.

Öneri 5. İçlerinde yeni tip şeffaf tüplü yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların bulunduğu optik ve koruma özellikleri iyi kaliteli armatürlerin kullanılması.

Sorun 6. Çalışma düzlemlerinde konfor ve güvenlik koşullarının sağlanabilmesi için standartlarca önerilen değerlerden düşük aydınlık düzeylerinin ölçülmesi.

Öneri 6. Yapılan işin cinsine göre TS EN 12464 1 ve 2’de önerilen aydınlık düzeyi ve diğer aydınlatma kalite büyüklüklerinin en az enerji tüketen tesisatlarla gerçekleştirilmesi.

4. ÖRNEK TESİSLER VE TASARRUF POTANSİYELLERİ

Çalışma kapsamında incelenen 10 sanayi tesisinin dördü tekstil, ikisi makine-teçhizat, diğerleri ise cam, gıda, çimento ve rafineri alt sektörlerindendir. Üretim tesislerinde gerçekleştirilen detaylı aydınlatma etüt çalışmalarında mevcut tesisatların tüm özellikleri belirlenmiş ve farklı işlerin gerçekleştirildiği çalışma hacimlerinde aydınlık düzeyi değerleri ölçülmüştür. TS EN 12464’e göre yetersiz aydınlık düzeyi değerlerinin belirlendiği hacimlerde ilk amaç, önerilen sistem ile aydınlık düzeyi ve diğer aydınlatma kalite büyüklüklerinin (düzgünlük, kamaşma, vb.) gereken seviyelere yükseltilmesi olmuştur. Çalışmanın zorluğu, enerji tasarrufu amaçlı yaklaşılan çözümlerde, zaten çok yetersiz olan tesisatların elektriksel güçlerinin artırılması gerekliliğidir. Amaç çalışma konfor ve güvenliğinden ödün vermeden elektrik enerjisi tüketiminin en aza indirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda, 10 sanayi tesisi üretim holleri, depolar, ofisler, dış alanlar olmak üzere tüm hacimleri ile değerlendirilmeye alınmıştır. Aşağıda, incelenen tesislerde önerilen çözümlerden örnekler, tüm tesis için olası tasarruf potansiyeli ve söz konusu önerilerle elde

edilecek elektrik enerjisi tasarruf miktarları ve geri ödeme süreleri hakkında bilgiler verilmektedir.

Tekstil 1 kodlu tesiste, verimi düşük armatürler içindeki metal halojen lambalar yerine, etkinlik faktörü daha yüksek seramik deşarj tüplü metal halojen lambaların optik özellikleri iyi, koruma sınıfları yüksek kaliteli armatürlerde kullanıldığı tesisat önerilmiştir. Geri ödeme süresi 1,7 yıl olarak hesaplanan önerilerle tüm tesiste aydınlatma amaçlı kullanılan elektrik enerjisinde % 39,7 oranında tasarruf gerçekleşecektir.

Tekstil 2'de, mevcut 38 mm ve 26 mm çaplı 40W ve 36W'lık eski tip ve D sınıfı manyetik balastlı floresan lambalar yerine yeni nesil 26 mm çaplı 36W'lık lambalar ve A2 sınıfı elektronik balastlar önerilmiştir. Önerilen tesisat ile mevcut aydınlık düzeyi değerleri % 34 oranında yükseltilirken, aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisi miktarında % 25'lik tasarruf sağlanmaktadır. Tesisatın geri ödeme süresi 1,9 yıl olarak hesaplanmıştır.

Tekstil 3'de, mevcut reflektörsüz çıplak bant sistemli kalitesiz elektronik balastlarla çalışan eski tip 36W'lık floresan lambalı tesisat yerine, reflektörlü armatürlerde yeni nesil 51W'lık floresan lambaların A2 tipi elektronik balastlarla kullanılacağı sistem önerilmiştir. Aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinde % 40 tasarruf sağlayacak yeni tesisatta, mevcut 90 lux olan aydınlık düzeyi değerleri 400 lux'e yükselecektir. Önerinin geri ödeme süresi 1,4 yıldır.

Tekstil 4'de, koruma sınıfı düşük olduğu için kirlenip optik özelliklerini kaybetmiş armatürler içindeki manyetik balastlı eski tip 36W'lık floresan lambalar ile gerçekleştirilen lokal aydınlatmalar ve farklı üretim holündeki yüksek basınçlı civa buharlı lambalı aydınlatmalar yerine içlerinde 51W'lık elektronik balastlı yeni nesil floresan lambalar bulunan reflektörlü armatürler önerilmiştir. Tüm tesiste önerilen diğer tesisatlarla, aydınlatma amaçlı tüketimde sağlanacak tasarruf oranı % 36,8 olacak ve tesisat kendini 2,5 yılda geri ödeyebilecektir. Önerilen yeni tesisat ile mevcut 50 lux ve 100 lux değerlerindeki ortalama aydınlık düzeyleri de 200 lux ve 400 lux değerlerine yükselecektir.

Makine-teçhizat 1 kodlu endüstri tesisinde, mevcut 250W ve 400W güçlerindeki metal halojen lambalar yerine, içlerinde 2 adet 80W'lık T5 tipi floresan lambalar bulunan kaliteli armatürler önerilerek hacimlerdeki aydınlık düzeyi değerleri % 27,8 oranında artırılmıştır. Geri ödeme süresi 0,7 yıl olarak hesaplanan öneri tesisat ile aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinden de % 67,8 oranında tasarruf sağlanabilecektir.

Makine-teçhizat 2'de, mevcut durumdaki montaj yanlışlıkları bulunan 250 W metal halojen lambalı armatürler ve verimsiz 36 W'lık lokal aydınlatmalar yerine, içlerinde 2 adet 51 W'lık elektronik balastlı yeni nesil floresan lambaların bulunduğu reflektörlü armatürlerin monte edildiği bant sistemi önerilmiştir. Yüksek aydınlık düzeylerine ihtiyaç duyulan bu tesiste önerilen çalışma koşulları için gerekli görsel koşulları sağlayan yeni tesisat ile aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinde sadece % 6,6'lık bir azalma olurken, birim aydınlık düzeyi, lux başına harcanan enerji miktarında % 34 oranında bir tasarruf gerçekleştirilmiştir. Tesis montaj ve bakım kolaylığı olan yeni bant sisteminin geri ödeme süresi 10 yıldır.

Cam alt sektöründen olan sanayi tesisinde, mevcut yüksek basınçlı civa buharlı armatürler yerine, elektronik balastlı yeni nesil floresan lambalı, optik özellikleri iyi armatürler önerilerek, aydınlatma enerjisinde % 25'lik tasarruf oranı belirlenmiştir. Geri ödeme süresi yaklaşık 3 yıl olarak hesaplanmıştır.

Gıda alt sektöründeki tesiste, mevcut 250 W yüksek basınçlı civa buharlı lambalı kalitesiz armatürler yerine, 150 W gücünde seramik deşarj tüplü metal halojen lambalı IP65 koruma sınıflı armatürler önerilmiştir. Tesisin üretim, ofis ve dış alan aydınlatmaları için önerilen tesisatlarla, aydınlatma amaçlı enerji tüketiminde % 33 oranında tasarruf sağlanacağı, geri ödeme süresinin de 3 yıl olacağı hesaplanmıştır.

Çimento alt sektöründeki sanayi tesisinde, mevcut aydınlık düzeylerinin aynı kalması koşulu ile 125 W'lık yüksek basınçlı civa buharlı lambalı armatürler yerine, geri ödeme süresi 3 yıl olan 70 W'lık seramik deşarj tüplü metal halojen lambalı koruma sınıfı yüksek armatürler önerilmiştir. Olası tasarruf oranı % 34 olarak hesaplanmıştır.

Rafineri tesisinde ise, yine mevcut 125 W ve 250 W'lık yüksek basınçlı civa buharlı lambalar yerine, içlerinde sırasıyla 70 W ve 150 W'lık seramik deşarj tüplü metal halojen lambaların bulunduğu koruma sınıfı ve optik özellikleri iyi olan armatürler önerilmiştir. Aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinde % 36 oranında bir tasarruf sağlanacağı öngörülen, yeni öneri sistemin geri ödeme süresi yaklaşık 3 yıl olacaktır.

Aydınlatma tesisatları bakımından incelenen sanayi tesislerinin yıllık toplam enerji tüketimleri, bu toplam tüketim içinde elektrik enerjisi miktarı bilgileri de elde edilmiştir. Etüt çalışmaları sırasında toplanan bilgiler ışığında, tesislerin aydınlatma amaçlı tükettikleri yıllık elektrik enerjisi miktarları da hesaplanmıştır. Tablo 1'de çalışma kapsamında incelenen 10 sanayi tesisinin TEP cinsinden yıllık toplam enerji tüketimleri, toplam enerji tüketimi içinde elektrik enerjisi tüketim payları ve elektrik enerjisi tüketimi içinde aydınlatmanın oranları verilmektedir. Tabloda ayrıca, önerilen enerji verimli aydınlatma tesisatları ile aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisinde sağlanabilecek tasarruf oranları ve yeni tesisatların sadece elektrik enerjisi tüketiminin azalması ile elde edilecek maddi kazanç sonucu geri ödeme süreleri de gösterilmektedir. Yeterli istatistiksel veri olmadığı için maalesef, aydınlatmanın kalitesinin yükseltilmesi sonucu iş veriminin artması, hatalı ürün ve iş kazalarının azalması ile sağlanabilecek faydalar maliyet hesaplarında ve geri ödeme süresinin belirlenmesinde dikkate alınamamıştır.

Tablo 1. Tesislerin enerji tüketim değerleri ve tasarruf potansiyelleri

Tesis kodu	Toplam Enerji Tüketimi (TEP)	Elektrik / Toplam Enerji (%)	Aydınlatma / Elektrik (%)	Tasarruf Potansiyeli (%)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
Tekstil 1	2913	15,5	13,3	39,7	1,7
Tekstil 2	2767	94,8	4,7	25	1,9
Tekstil 3	1495	100	2,5	40	1,4
Tekstil 4	643	62,2	5,2	36,8	2,5
Mak.-Teç. 1	38168	47,4	9,2	67,8	0,7
Mak.-Teç. 2	2745	39,9	8,2	6,6	10
Cam	53289	17,7	4,0	25	3
Gıda	18275	22,5	1,7	33	3
Çimento	36025	40,0	0,9	34	3
Rafineri	699800	13,9	0,4	36	3

5. SONUÇ

Sanayide tüketilen toplam enerji içinde elektrik enerjisi oranı tesisten tesise büyük farklılıklar göstermektedir. Aynı alt sektör, örneğin tekstil içinde bile oran % 15 ila % 100 arasında değişebilmektedir. Oran küçük olsa bile, elektrik enerjisi birim maliyeti diğer enerji çeşitlerinden daha yüksek olduğu için, toplam enerji bütçesinde elektrik enerjisinin oranı her zaman yüksek olmaktadır. Tüketilen elektrik enerjisi içinde aydınlatmanın payı ise çimento, rafineri gibi ağır sanayide % 1'den düşük değerlerde iken, tekstilde % 13'lere yükselebilmektedir. Sanayide mevcut aydınlatma tesisatları genelde enerjiyi verimsiz kullanan kalitesiz yapıda oldukları için, yenileme çalışmaları sonucunda elde edilecek tasarruf potansiyelleri yüksektir. Tüm sanayi alt sektörlerinde, aydınlatma amaçlı elektrik enerjisi tüketiminde ortalama % 35 tasarruf potansiyeli mevcuttur. Aydınlatma oranının % 1'den düşük olduğu çimento gibi alt sektörlerde, toplam tüketim miktarı çok yüksek olduğu için, bu küçük yüzdedeki % 35'lik tasarruf olanağı ülke genelinde önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Tasarruf oranları yüksek olduğu için, aydınlatma tesisatlarındaki iyileştirme çalışmalarının geri ödeme süreleri de kısa olmaktadır. Tekstilde iki yıldan kısa, diğer sektörlerde ise yaklaşık üç yıl civarında geri ödeme süreleri olasıdır. Makine-teçhizat alt sektörü kendi içinde çok farklı üretim yapılarına sahip olduğu için, bu çalışma kapsamında elde edilen verilerle net bir sonuca varılması mümkün olamamıştır. Tasarruf oranı düşük, geri ödeme süresi 10 yıl olan 2 nolu tesiste, aydınlatma tesisatı bir yıl önce üretim şekline uygun olmayan hatalı bir şekilde yenilendiği ve tesiste yapılan iş için gerekli aydınlatma kriterleri sağlanamadığı için, bu sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak önerilen yeni tesisatlarla, aydınlatmanın kalitesi yükseltilerek iş verimi artırılıp, hatalı ürün ve iş kazası sayıları azaltılabildiğinden, maliyet hesaplarında bu faydaların da dikkate alınması ve son kararların bu veriler ışığında alınması gerekmektedir. Özellikle toplam enerji içinde elektrik kullanım oranı ve elektriğin içinde de aydınlatmanın payının yüksek olduğu, ve ortalama % 35 civarında enerji tasarruf olanağının 1,9 yıl gibi kısa geri ödeme süreli tesisatlarla elde edilebildiği tekstil sektöründe, aydınlatma tesisatlarının kaliteli ve enerji verimli hale getirilmesi çalışmaları üzerinde önemle durulmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- [1] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr>
- [2] Elektrik Üretim Sektör Raporu, (EÜAŞ), 2008.
http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS.pdf
- [3] TEDAŞ, Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri,
<http://www.tedas.gov.tr>
- [4] Key World Energy Statistics 2008, International Energy Agency,
<http://www.iea.org>
- [5] Söğüt Z., Oktay Z., “Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Enerji Verimliliğine Etkisi Ve Bir Uygulama”, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, sayı 10, Mayıs 2006, http://fbe.dpu.edu.tr/dergi_son/sayilar/fbe_sayi10/14.pdf
- [6] TS EN 12464-1, Işık ve Işıklandırma - İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri, Ocak 2004.
- [7] TS EN 12464-2, Işık ve Aydınlatma – İş Yerlerinin Aydınlatılması – Bölüm 2: Bina Dışı İş Yerleri, Nisan 2008.
- [8] Onaygil S., Güler Ö., Erkin E., Cebeci E., “ Endüstride Tavan Yüksekliğine Bağlı Aydınlatma Çözümleri”, Ulusal Elektrik Tesisatı Kongresi, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, s. 70- 79, 7-10 Mayıs, İzmir, 2009.
- [9] Onaygil S., Güler Ö., Erkin E., Cebeci E., “ Endüstride Verimli Aydınlatma”, 1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, s. 157- 164, 15-16 Ocak, İstanbul, 2009.