

enerji bunalımı karşısında aydınlatma alanında alınması gereken önlemler

moiz eskenazi

UDK: 628.9:620.9

1. GİRİŞ

Anımsanacağı gibi bir kaç yıl önce, enerji bunalımı karşısında, bir Bakanımız üç lambadan birinin söndürülmesini önermiştir.* Bu öneri, kuşkusuz enerjide yapılması gereken artırımın (tasarrufun) somut olarak kavranılması için psikolojik bir aşılama (telkin) olarak kabul edilebilir. Gerçekten, lambaların üçte biri sönmüş, aydınlık düzeylerinin düşmesi nedeniyle enerjinin kısalmış olduğu belirgin olarak görülecek ve bunun en ekonomik biçimde kullanılması gereği hemen her an hatırdta tutulacaktır. Bu biçimde oluşacak artırım düşüncesi, yaşamımızın tüm alanlarını, dolaylı bir yolda, olumlu biçimde etkileyecektir. Ancak, lambaların üçte birinin sönmüşlüğüyle nesnel olarak ekonomiye doğrudan doğruya ne gibi bir etkinin yapıldığını anlayabilmek için iki ögenin belirlenmesine gerek vardır. Birincisi, aydınlatmada yapılacak artırımın düzeyi, yani artırılacak enerjinin tüketilen tüm yıllık enerjiye göre büyüklü-

* Diğer ülkelerde de buna benzer öneriler yapılmış ve uygulanmıştır; örneğin İngiltere'de, enerji bunalımı nedeniyle birçok yollarda aydınlatma lambaları yalnız biri aşırı olmak üzere yakılmış ve böylece kamu aydınlatması yollarında yarı yarıya indirilmiştir. Bu yöntemle İngiltere'de; tüketilen tüm elektrik enerjisine göre ancak % 0,4 kadar bir artırım sağlanabilmektedir.

Moiz Eskenazi, Prof., İTÜ Elk.Fak.

güdür. İkincisi, bu artırımın yan etkileridir, yani artırım nedeniyle aydınlık düzeyinin düşmesinden doğacak üretkenlikteki ve yaşantımızdaki değişikliklerdir.

Eğer artırım oranı savsanacak derecede küçükse, bunun nesnel bakımdan anılması bile gereksizdir. Ayrıca, bu artırım üretkenliği ve yaşantımızı olumsuz biçimde etkileyecekse bundan sakınmak gerekir.

Konuya bu iki ögeyi inceledikten sonra, başka bir yönden yaklaşılabilir. Aydınlatmada tüketilen enerji yalnız lamba sayısına yada aydınlık düzeyine bağlı değildir; burada enerjinin ışığa dönüşümünü sağlayan ışık kaynağının niteliğinin çok büyük bir önemi vardır. Kuramsal olarak 1 Vjatt'lık güçle 680 lümen üretilebilir; oysaki, konutlarda kullanılan normal akkor lambalar, yaklaşık olarak 1 Watt'a karşılık yalnız 12 lümen vermektedirler, yani verimleri ancak $12/680 \times 100 = X 1,76$ 'dır. Görülüyor ki, verimleri % 2'den az olan bu lambalar ışık kaynağı olmaktan çok ısı kaynağıdırlar ve bu yüzden bu kaynaklara lamba yerine soba demek daha doğru olur.

Üzüntüyle belirtmeliyiz ki yurdumuzda çoğunlukla bu "soba"larla aydınlanıyoruz. Bunların yerine verimleri çok daha yüksek olan flüorışıl, cıva ve sodyum buharlı lambalardan daha geniş oranda yararlanırsak, hem daha yüksek aydınlık düzeyleri elde etmiş, hem de akkor lambalardan üçte birini söndürmekle kazanılacak enerjiden daha büyük değerde olan bir enerji artırımını sağlamış oluruz.

2. AYDINLATMA İÇİN TÜKETİLEN ENERJİ

2.1. Gelişmiş ülkelerdeki Durum

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) Uluslararası Aydınlatma Komisyonuna göre (1), gelişmiş ülkelerde elektrik enerjisi üretimi için tüketilen enerji, petrol (gazyağı), doğal gaz, kömür, nükleer ve hidrolik enerji kaynaklarından sağlanan tüm enerjiye, yani birincil enerjiye göre $X 15-25$ oranındadır. Bu elektrik enerjisinin ancak $1/5$ 'i yani $X 20$ 'si aydınlatmada kullanılmaktadır. Demek ki, aydınlatmada tüketilen enerji, tüm enerjinin % 3'ü ile $X 5$ 'i arasındadır. Avrupa'da, örneğin Fransa'da (2), aydınlatmada tüketilen enerji, üretilen elektrik enerjisinin $X 10$ 'unu ve tüm enerjinin $X 2$ 'sini oluşturmaktadır. Yine Fransa'da kamu aydınlatması tüm aydınlatmanın % 5'i olup, tüm enerjiye göre $X 0,3$ (binde üç) oranındadır. Bu oran en gelişmiş ülkeler için de geçerlidir. İstatistiklere göre, Fransa'da aydınlatmada tüm yıllık enerji tüketimi yaklaşık olarak 25 günlük otomobil yakıt enerjisi eşdeğerindedir. Bu son enerji ise ısıtmada sıcaklığın $22^{\circ}C$ 'dan $20^{\circ}C$ 'a kadar indirilmesiyle sağlanabilecek enerji artırımının $1/3$ 'üdür. Görülüyor ki, gelişmiş ülkelerde, aydınlatma için tüketilen enerji diğer alanlardakine oranla hemen hemen savsanabilecek düzeydedir. Bu nedenledir ki bu ülkelerde aydınlatmada yapılacak herhangi bir azalma, örneğin konut, tecimevleri ve fabrikalardaki lambaların bir bölümünün söndürülmesi yada kamu aydınlatmasında kurulu lambaların ancak yarısının yakılması gibi kısıtlamalarla sağlanacak

artırım, tüm enerjiye göre % 1'in çok altında bulunacaktır. Buna karşılık aydınlık düzeyinin düşmesiyle endüstrideki üretimin niteliği ve niceliği düşeceği gibi, kazaların oranı yükselecek ve özellikle çevre koşullarının en önemlisi olan görsel ortam bozulacaktır.

Oysaki aydınlatma alanındaki kısıtlamalarla yapılması öngörülen artırım, diğer alanlarda, örneğin ısıtmada, çevre konfor koşullarında büyük değişikliklere neden olmadan kat kat sağlanabilir. Bundan başka, ışık kaynakları teknolojisinin gelişimi ile yeni yapılan lambalar yardımıyla, aydınlık düzeylerini düşürmeden, yani kurulu lambalardan bir bölümünü söndürme yöntemi uygulamadan enerji artırımında çok daha etkili sonuçlar alınabilir.

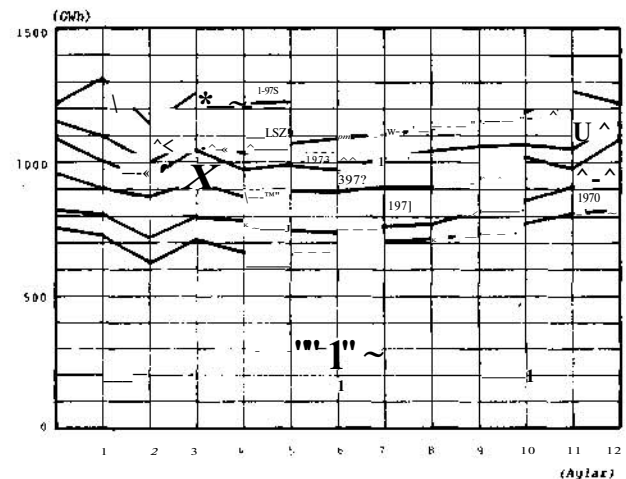
2.2. Yurdumuzdaki Durum

Yurdumuzda henüz tam gelişmiş bir ülkenin koşulları yoktur. Her ne kadar bu koşullar er geç gerçekleşecekse de geçiş devri için, özellikle bugün için yukarıda belirtilen enerji oranları geçerli değildir. Hiçbir araştırma yapılmadan, yurdumuzda aydınlatma enerjisinin tüm enerjiye göre gelişmiş ülkelerdekinden daha yüksek bir oranda olduğu söylenebilir, çünkü bizde gelişmiş ülkelere göre endüstrinin tükettiği enerji daha küçüktür.

Türkiye Elektrik Kurumu'nun aylık istatistik bulletinlerine göre (3) son beş yılda brüt elektrik enerjisi üretimleri Çizelge 1'de gösterildiği gibidir. Şekil 1'de bu üretimlerin aylara göre dağılımı gösterilmiştir.

Yıl	1970	1971	1972	1973	1974
Enerji (GWh)	8623	9701	11241	12360	13477

Çizelge 1. Türkiye'de 1970-1974 yıllarında üretilen brüt elektrik enerjisi



Şekil 1. Türkiye'nin son beş yıllık brüt elektrik enerjisi üretiminin aylara göre dağılımı (3).

Sözü geçen bültenlerde aydınlatmada tüketilen enerjiye değgin bir bilgiye rasiyanmamıştır.

Bu tüketimi saptamak için önce İstanbul kentinin durumunu inceleyip sonuçları benzer kentlere yaydık, sonra küçük kentlerle köyler ve ayrıca belediyelerden enerji almayan büyük endüstri merkezleri üzerine birtakım oranlamalar (tahminler) yaptık.

İstanbul kentine ilişkin, bir öğrencimizin İETT'nin arşiv ve dosyalarında yaptığı özel bir çalışmaya dayanarak düzenlediğimiz Çizelge 2'de, bu kent belediyesinin yıllık enerji tüketiminin çeşitli alanlardaki dağılımını belirttik.

Bu çizelgeye göre brüt elektrik enerjisinin yüzdesi olarak belli başlı kollarındaki dağılım hesaplanabilir. Aydınlatma tüketiminin yüksek olduğu 1973 yılı ile 1974 yılına göre yaptığımız hesapların sonuçları Çizelge 3'de görülmektedir.

Bu çizelgelerden aydınlatma enerjisine değgin çıkarılacak birtakım önemli sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

1. 1974 yılında 1973 yılına göre Elektrik İdaresine bağlı alıcıların toplam enerji tüketimi % 1,5 azalmıştır; buna karşılık, aydınlatma ve elektrikli ev aygıtlarında elektrik enerjisi tüketimi % 1,5, şebeke kayıpları % 50 artmıştır (her halde bu kayıplar kaçak olarak alınan enerjiyi de kapsamaktadır). Buna göre, enerji kısıtlamaları tüketimin artmasını önleyebilmiştir.
2. Aydınlatma ve elektrikli ev aygıtlarında elektrik enerjisi tüketim oranı, İstanbul'da yaklaşık % 33'dür. Endüstride ortalama % 54'dür. İstanbul'daki aydınlatma tüketimi Belediyenin brüt şebeke enerjisinin yaklaşık olarak % 36' sidir.

Bu sonuçların, İstanbul gibi endüstri merkezi olan Ankara, İzmir gibi diğer kentlerimizin Belediyeleri içinde geçerli olduğu varsayılabilir. Yurdumuzun diğer yerlerinde, yani küçük kentlerde, ilçe ve köylerde durum başkadır; burada aydınlatma tüketim oranı daha büyüktür. Bu oran küçük kentlerle kasabalarda yukarıdaki değerinden az iki katıdır.

Bunu % 75 olarak kabul edebiliriz. Köylerdeki oranı % 90 hatta % 95 olarak alabiliriz. Büyük endüstri kuruluşlarında ise, aydınlatma tüketimi İstanbul'da olduğu gibi % 15 olarak oranlanabilir.

Diğer taraftan, belediyeler ve bunların beslemediği büyük endüstri kuruluşları ile köylerin 1973 ve 1974 yıllarına değgin enerji satışları TEK'in bir raporuna göre (4) saptanabilir.

Çizelge 4'de özetleyerek gösterdiğimiz bu satışlar gerçek yararlı tüketimden farklıdır. Aradaki fark santrallerin ve dönüştürme merkezlerinin öz gereksinmelerinden ileri gelmektedir. Çizelge 1'deki üretim değerlerinden Çizelge 3'deki % 10 şebeke kayıplarını çıkararak toplam yararlı tüketimi bulduktan sonra, Çizelge 4'deki değerler aynı toplamı elde edecek şekilde belirli bir artırma katsayısı ile çarpacak olursak, olası gerçek yararlı tüketimin dağılımını buluruz (buna öz gereksinmeler de dahildir). Çizelge 5'de bu katsayının ortalama değerinin hesabı gösterilmiştir.

AYDINLATMA ve ELEKTRİKLİ EV AYGITLARI	1973	1974	ART 15
Konutlar	588 987 370	507 712 278	-i 13,8
Tecimevleri ve Bürolar	97 156 742	188 977 284	+S 80,5
Resmî Daireler ve Kurumlar	49 415 678	51 229 808	+! 3,67
Yol ve Sokak Aydınlatması	32 420 007	30 610 306	-* 5,58
TOPLAM	767 979 797	778 529 676	* 1,37
ENÜSTRİ			
Küçük Endüstri	648 227 807	632 139 556	-% 2,48
Büyük Endüstri (P 60 ku)	634 517 986	607 856 834	-.. 4,20
TOPLAM	1 282 745 793	1 239 996 390	-% 3,33
TAŞITLAR			
Trolleybüs	12 325 506	12 133 448	-% 1,56
Elektrikli Tren	29 967 500	28 739 000	-* 4,10
Tünel	2 703 106	2 430 879	-* 10,1
TOPLAM	44 996 192	43 303 327	-S 3,76
GENEL TOPLAM	2 095 721 782	2 061 829 393	-% 1,62
Şebeke Kayıpları	232 751 646	347 296 875	*% 49,2
Şebeke Brüt Enerjisi	2 328 473 428	2 409 126 268	+1 3,46

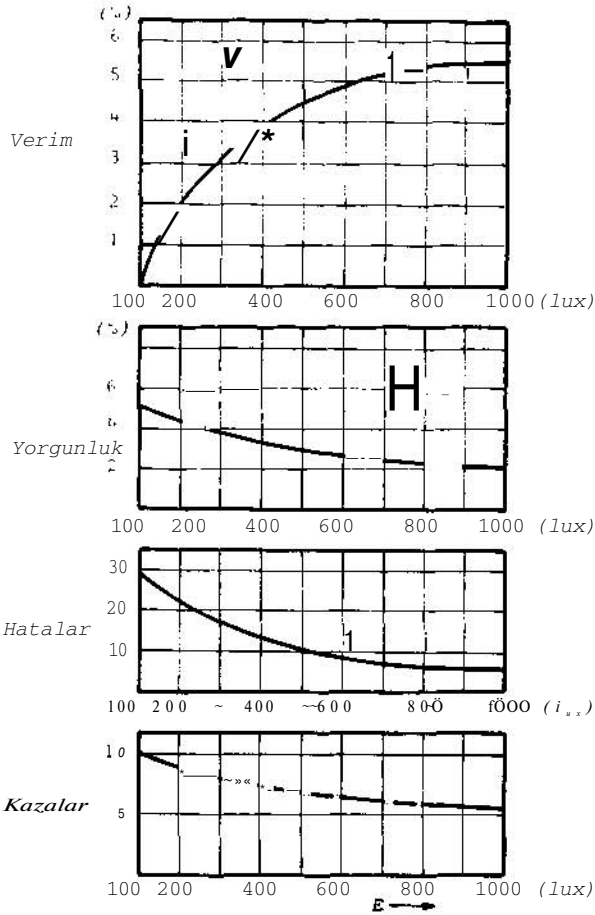
Çizelge 2. 1973-1974 yıllarında İstanbul Elektrik İdaresine bağlı alıcıların elektrik enerjisi tüketimi (kwh)

	1973	1974
Aydınlatma ve elektrikli ev aygıtları	£ 12	% 32,3
Endüstri	% 55,1	% 51,5
Taşıtlar	% 1,9	% 1,8
Şebeke kayıpları	% 10	% 14,4

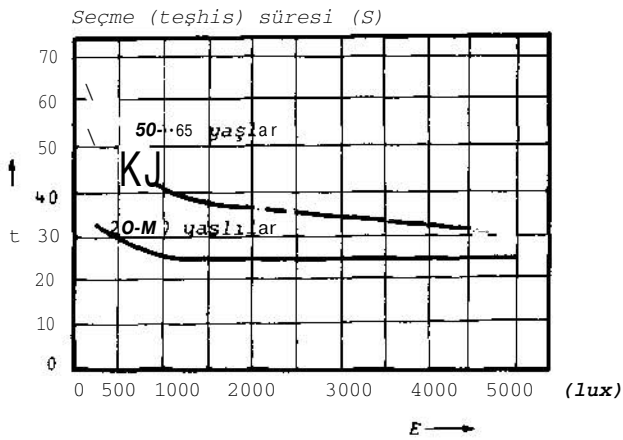
Çizelge 3. 1973-1974 yıllarında İstanbul Elektrik İdaresine bağlı alıcıların şebeke brüt enerjisine göre tüketimleri

İL BELEDİYELERİ	1973	1974	ARTIS
İstanbul	2351	2407	% 2,38
Ankara	685	702	% 2,48
İzmir	541	562	% 3,88
Konya	103	105	% 1,94
Bursa	97	102	% 5,15
Eskişehir	91	96	% 5,49
Gaziantep	67	69	% 2,98
TOPLAM	3935	4043	1 2,74
DiĞER BELEDİYELER	1361	1742	%28,0
BELEDİYELER TOPLAMI	5296	5785	% 9,23
KÖYLER TOPLAMI	127	168	£32,3
İL BELEDİYELERİ TOPLAMI	3920	4286	% 9,34
GENEL TOPLAM	9343	10239	% 9,58

Çizelge 4. 1973-1974 yıllarında Türkiye'de enerji satışı dağılımı (10* kwh)



Şekil 2. Aydınlık düzeyinin endüstri etkenlerine etkisi (S).



Şekil 3. Aydınlık düzeyinin yaş sınıflarına göre seçme süresine etkisi (S).

	1973	1974
	GWh	
Toplam Liretim (Çizelge 1)	12360	13477
Şebeke kayıpları (Çizelge 3)	1236	1348
Toplam yararlı tüketim	11124	12129
Toplam satış (Çizelge 4)	9344	10239
Artırma katsayısı = $\frac{\text{Toplam yararlı tüketim}}{\text{Toplan: satış}}$	1,1905	1,1846
Artırma katsayısı ortalaması	1,188	
1974 yılına değgin kayıplar oranındaki yükselişin kaçak enerji tüketiminden ileri geldiği kabul edilmiş ve hesaplar 1973 yılındaki % 10 oranına göre yapılmıştır.		

Çizelge 5. Enerji satışından yararlı enerji tüketimine geçmeyi sağlayan artırma katsayısının saptanması

	Toplam Tüketim (GWh)	Aydınlatma Enerjisi Oranı	Aydınlatma Enerjisi (GWh)
Büyük Belediyeler	4803	* 36	1729
Diğer Belediyeler	2069	% 75	1552
Köyler	200	% 95	190
Büyük Endüstri	5092	% 15	744
TOPLAM	12164	* 34,6	4215
Not: Hesaplar, ortalama artırma katsayısına göre yapıldığından toplam tüketimin Çizelge 5'deki değerden * 0,28 kadar farklı olması doğaldır.			

Çizelge 6. 1974 yılında Türkiye'de aydınlatma enerjisi tüketimi

Yukarıdaki kabuller çerçevesinde, aydınlatma enerjisinin payını bulmak için, söz konusu tüketim dağılımını daha önce belirtmiş olduğumuz aydınlatma tüketim oranlarına göre (üç sınıf) Çizelge 6'yı düzenledik, sonra aydınlatma oranlarıyla çarptık. Bu biçimde yurdumuzun yıllık aydınlatma enerjisi tüketiminin 4215 GWh olduğunu saptamış olduk. Buna göre aydınlatma tüketiminin toplam elektrik enerjisi tüketimine oranı % 34,6, toplam elektrik enerjisi üretimine oranı $4215 / 13477 \cdot 100 = \% 31^*$ dir. Gelişmiş ülkelerde ise bu oran % 10-20 arasındadır. Görülüyor ki yurdumuzda aydınlatma büyük bir tüketime neden olmaktadır ve bu yüzden bu alanda yapılacak olan artırım diğer gelişmiş ülkelerinkine göre çok daha önemli bir düzeyde bulunmaktadır.

Ancak, artırımın yalnız aydınlatmayı kesmekle yapılmaması gerektiğini, bunun büyük sakıncaları olduğunu ve aydınlatmayı azaltmadan çok dafia etkin önlemlerin alınabileceğini göreceğiz.

3. AYDINLATMAYI KISMANIN SAKINÇALARI

Enerji bunalımı karşısında, göze belirgin olarak çarpan ışıkta bir kısıntı yapmak akla ilk gelen çarelerden biridir. Yurdumuzda, önerildiği gibi, tüketilen tüm enerjinin % 34,6'sını oluşturan aydınlatmada üçte bir kadar bir kısıntı yapılırsa enerji artırımı yalnız % 11,5 oranında olacaktır. Buna karşılık hemen akla gelmeyen, ancak aydınlık düzeyinin düşmesiyle, oranlanan artırımdan çok daha önemli olan birçok yan etkiler ortaya çıkacaktır. Bunları Şekil 2'deki gibi sıralayabiliriz.

Kazalar çoğalacak, hataların artışıyla işlerin niteliği bozulacak, yorgunluk artacak ve bunun sonucu olarak nitel ve nicel verim düşecektir. Kısaca, üretkenlik azalacak ve ekonomideki olumsuz etkisi % 11,5'lik enerji artırımının yararını yok edecektir. Bundan başka uygar yaşam koşullarından birini oluşturan konfor azalacak ve yaşantı düzeyi düşecektir, bunun doğuracağı psikolojik tepki yine üretkenliğe yansiyacaktır.

Genel olarak birçok ülkelerde aydınlatma örgütlerinin salık verdikleri aydınlık düzeyleri, yaşları 30'dan küçük olan kişiler için geçerlidir. Weston'un belirttiği gibi (5), belirli bir aydınlığın seçilmesi için gerekli süre aydınlık düzeyine olduğu kadar, gözlemcinin yaşına da bağlıdır (Şekil 3). Bu yüzden orta yaşlılar için aydınlık düzeylerini düşürmek şöyle dursun, aksine artırmak gerekir. Lemaigre Voreaux'ya 8^{***} (6), bir büro için kabul edilen 400 lx'lük aydınlık düzeyi ancak 25 yaşından genç olanlara yeterlidir; daha yaşlı kişilerin çalıştıkları bürolarda verimin nitel ve nicel olarak düşmemesi için, aydınlığın yaşla orantılı olarak artırılması gerekir (Şekil 4).

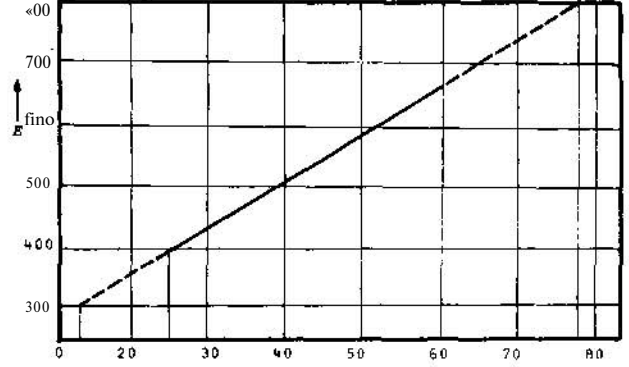
Görülüyor ki, esasen üretkenlik ve yaşam düzeyi yönünden, orta ve ileri yaşlılar için yetersiz olan aydınlatmayı kısmakla doğrudan sağlanacak olan enerji artırımı, dolaylı olarak yitirilecek ve ayrıca yaşamı renklendiren ışıksal ortamın kötüleşmesine yol açılmış olacaktır.

Aydınlatmayı kısma önerisinin sakıncalı olması, aydınlatma alanında bir enerji artırımının yapılamayacağı anlamına gelmemelidir. Konu bilimsel olarak ele alınırsa, sözü geçen önerinin sakıncalarına meydan verilmeden ve bu önerinin sağlayabileceği % 11,5 oranından daha yüksek olan bir enerji artırımı yapmaya olanak vardır.

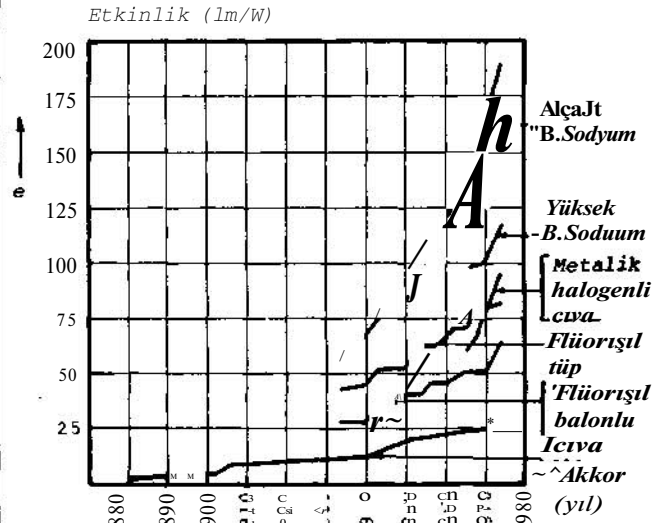
4. AYDINLATMA ENERJİSİNİN ARTIRIMINI SAĞLAYACAK BİLİMSEL ÖNLEMLER

4.1. Verimli Kaynak Kullanmak

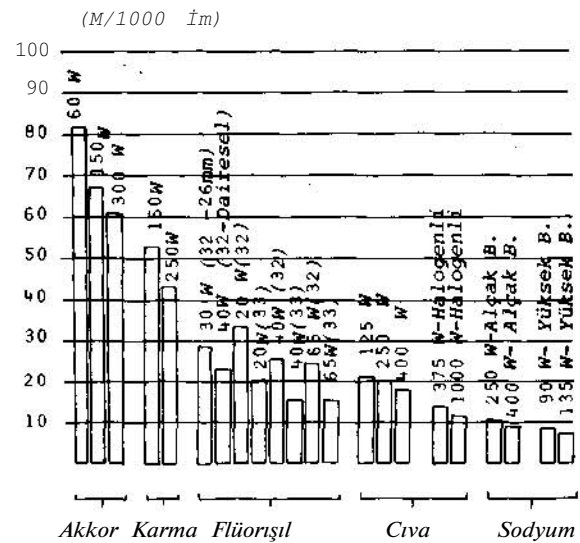
Çağdaş yapay ışık kaynaklarında, elektrik enerjisi ışığa dönüştürülerek gerekli ışık akısı üretilir. Eğer enerji akısı yada güç, kayıpsız olarak ve gözün en duyarlı olduğu 5550 & dalga uzunluğundaki ışığa dönüştürülebilseydi 1 Watt ile 680 lümen üretililecekti. Elektrik enerjisi doğrudan doğruya ışığa dönüştürülemediğinden ve ışık tek renkli 5550 X luk ışınım olarak üretilmediğinden 1 Watt'a karşılık 680 lümen'e çok daha az bir



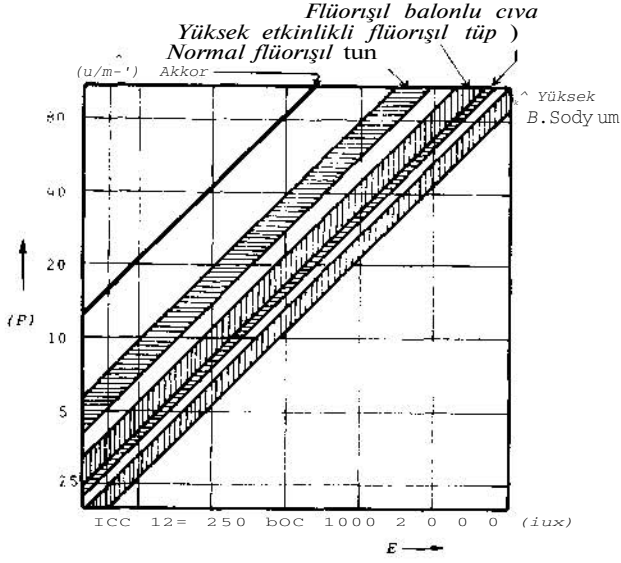
Şekil 4. Bürolarda yaşa göre uygulanması gereken aydınlık düzeyleri (6).



Şekil 5. 1880 den beri, ışık kaynaklarının etkinliklerinin gelişimi (7).



Şekil 6. 1000 lümenlik ışık akısı üretimi için, çeşitli lambaların güç tüketimi (7).



Şekil 7. Belirli bir düzende, aydınlık düzeyine göre, çeşitli lambalarla gerekli özgül güç (5).

ışık akısı elde edilmekte ve birim güce karşılık olan bu ışık akısı kaynağın ışıksal etkinliğini göstermektedir. Kaynaklarda ışık, başlıca iki yoldan oluşur.

1. Akkorluk yoluyla ışık üretilirken, elektrik enerjisi önce ısıya dönüştürülür ve bu ısı bir cismin sıcaklığını yükseltir. Sıcaklık 1000°K üzerinde ise, sıcaklığın işlevi olarak cisim ışık yayımlar. Bu biçimde ışık üreten akkor lambaların ışıksal etkinliği ve verimi düşüktür.
2. Işıl (yada lüminesan) yoluyla üretilen ışıkta ışınlama uyarılmış atomlarla sağlanır. Atomların uyarılması çeşitli yöntemlerle yapılır.
 - 2.1. Boşalmalı (deşarj) lambalarda, gazlı yada buharlı bir ortamdan geçirilen elektrik akımı ortamın atomlarını uyarır. Neon, cıva ve sodyum buharlı lambalar bu ilkeye dayanmaktadır.
 - 2.2. Flüorışıl lambalarda bir yada birkaç flüorışıl madde morötesi bir ışınlamayla uyarılır; morötesi ışınlama ise cıva buharından bir elektrik akımının geçirilmesi ile, yani bir boşalma ile sağlanır. Flüorışıl tüpler, flüorışıl balonlu cıva buharlı lambalar bu ilkeye göre ışık üretirler.

Gerek boşalmalı lambaların, gerekse flüorışıl lambaların ışıksal etkinlikleri akkor lambalarinkine göre çok daha yüksektir.

Şekil 5'de, çeşitli lambaların ışıksal etkinliklerinin 1880 yılından beri gelişimi gösterilmiştir (7).

Şekil 6'da ise, 1000 lümenlik ışık akısı üretimi için çeşitli lambaların tükettikleri güçler verilmiştir (7).

Bu lambalarla kurulacak aydınlatma döşemelerinin (tesisatının) gerektireceği güçler (Şekil 7) birbirinden farklı olacaktır (5). En az güç gerektiren lamba ile, her zaman en uygun kuruluş gerçekleştirilemez. Bunun iki önemli koşulu vardır:

4.1.1. Ekonomik koşul

Lamba veriminin yüksek olması ancak işletme enerjisinin az olmasını sağlar. Kuruluşun ekonomik olması için, işletme enerjisinden başka, lamba ve aydınlatma aygıtı ile döşemin bakımına ilişkin tüketimlerin tümünün küçük olması gereklidir. Bu ise ışık miktarı biriminin, yani lümensaniye yada megalümensaat (Mlmh) maliyetinin küçük olmasıyla sağlanır. Bu maliyet Elektroteknik Mecmuasında belirttiğimiz yöntemle, faiz savsanarak, hesaplanabilir (8). Lambanın donatımı ile birlikte gücü P Watt, ışık akısı f lümen, lamba fiyatı L TL, yaşam süresi T saat, günlük yakılma süresi y saat, başlatıcının (starter) fiyatı s TL, yaşam süresi Ts saat ve kWh'in fiyatı f kuruş ise, bir Mlmh'nin fiyatı

$$F = 10^6 \left(\frac{100a}{365 ty\phi} + \frac{100L}{T\phi} + \frac{100s}{T_s\phi} + \frac{P f}{1000\phi} \right) \text{ krsş/Mlmh} \quad (D)$$

yada

$$F = A + B f \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Bu bir doğrunun denklemidir. Burada A, özellikle aygıtın fiyatına bağlı olan başlangıç ordinatıdır. B, doğrunun eğimi olup, $e = \Delta P$ ışık etkinliği ile ters orantılıdır.

Genel olarak akkor lambalar için A küçük, B büyüktür. Diğer lambalar için ise A büyük, B küçüktür.

örnek olarak evlerde kullanılmaya özgü sıcak beyaz renkte ışık veren 40 W'lık flüorışıl tüplü Sİ tipinde bir ışıklıkla (armatür) yaklaşık olarak aynı ışık akısı veren 200 W'lık akkor lambalı B1 tipinde bir ışıklığı gözönüne alalım (10). Buo-

BÜyüklükler	Defterler	
	Akkor	Flüorışıl
Lamba ve durultucunun gücü, P	200 W	40 W+ 10 W
Lambanın ışık akısı, ϕ	3150 İra	3200 ¹ İm
Lambanın yaşam süresi, T	1000 saat	6000 ² saat
Başlatıcının yaşam süresi, T _s	--	2000 saat
Lambanın fiyatı, L	8,70 TL	16,20 TL
Başlatıcının fiyatı, s	-	3,50 TL
Günlük yakılma süresi, y	6 saat	6 saat
Aygıtın fiyatı (B1, Sİ), a	70 TL	406 TL
Aygıtın amortisman süresi, t	15 yıl	15 yıl

¹) Parlak sıcak beyaz flüorışıl tüp. Tüpün rengi farklı ise ışık akısı değişir.

²) Uygun durultucu ile kullanılan kaliteli tüpler için T = 6000 + 9000 saattir. Durultucu uygun değilse T, 3000 saatten aşağıya bile düşebilir.

çizelge 7. 200 W'lık bir akkor lamba ile 40 W'lık flüorışıl bir tüpün ekonomik karşılaştırılmasına ilişkin veriler

lara değgin verileri, Bayındırlık Bakanlığı 1975 yılı Birim Fiyat Listesi ile fabrika liste ve kataloglarından alabiliriz. Ayrıca, 6 saatlik bir ortalama günlük yakılma süresini kabul ederek iki lamba türüne ilişkin sayısal değerleri bir çizelge biçiminde düzenleyebiliriz (Çizelge 7).

Çizelgeden yararlanarak (1) nolu denklemle akkor ve flüorışıl ışık kaynakları ile üretilen bir Mlmh'in F_a ve F_f maliyetlerini saptayabiliriz:

$$F_a = 344 + 63,5 f \quad (3)$$

$$F_f = 525 + 15,6 f \quad (4)$$

Bu denklemlerin grafikleri Şekil 8'de gösterilmiştir. Doğruların K kesişme noktası için kritik kWh'nin fiyatı:

$$f_k = 3,78 \text{ krş/kWh}$$

dır. Şekilden görüldüğü üzere, $f < f_k$ için akkor lamba daha ekonomiktir; $f > f_k$ için ise flüorışıl lamba daha ekonomiktir.

Yurdumuzda $f = 50$ krş/kWh olduğuna göre, flüorışıl tüpler hem daha az enerji tüketir, hem de (aydınlatma aygıtı pahalı olmasına karşın) daha ucuza ışık üretirler.

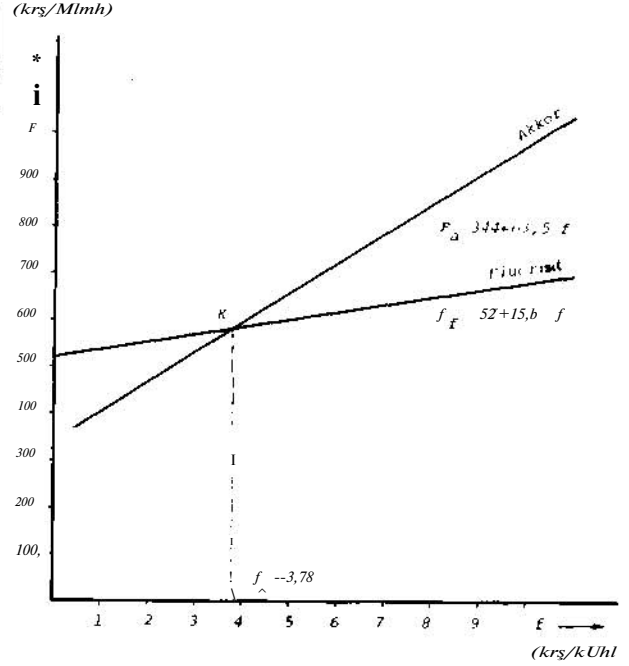
örneğimizde akkor lambaya göre, flüorışıl lambanın tükettiği enerji 4 kez daha az, ürettiği ışığın maliyeti ise 2,7 kezden daha ucuzdur.

4.1.2. Işık bileşimi koşulu

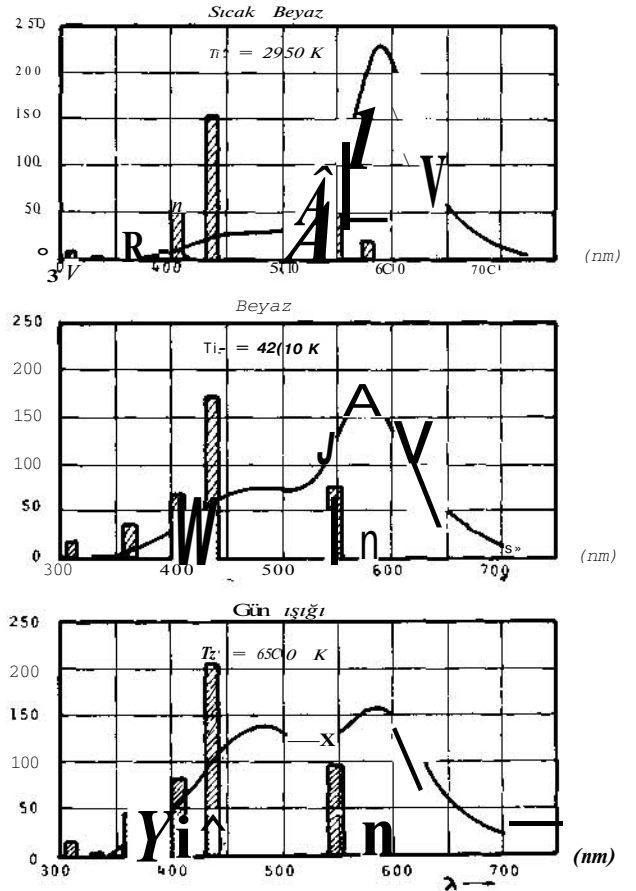
Ekonomik koşul da kendi başına yeterli değildir. Gerçekten en ekonomik lambanın ışık rengi aydınlatılacak yere uygun olmayabilir, örneğin, yüksek verimli alçak basınçlı sodyum lambalarının sarı-turuncu ışığı ile iç aydınlatma yapılamaz. Doğal ışığa yakın olmakla beraber, çeşitli tonlarda ya da renklerde ışık veren flüorışıl tüpler bile gelişigüzel kullanılamaz. Bazı insanların bu flüorışıl lambalara karşı alerjik derecede olumsuz davranmalarını, bu renklerin gerektiği gibi kullanılmamalarından ileri gelmektedir. Psikolojik bakımdan, sıcak, içtenli bir ortamda ve alçak aydınlık düzeylerinde, ışığın bileşiminde bol kırmızı ışınımın bulunması gerekir. Aydınlık düzeylerine ve yaratılmak istenen psikolojik ortama uygun olarak, flüorışıl tüpler, Şekil 9'da (9) gösterilen tayfsal (spektral) enerji dağılımlarına göre üç ana bölüme ayrılmışlardır.

1. Sıcak beyaz tüpler, özellikle evlerde kullanılmaya övgü olup 100 - 200 lx düzeyinde bir aydınlığın sağlanmasına elverişlidir.
2. Beyaz tüpler, bürolar ve 500 lx'lük aydınlık düzeyleri için uygundur.
3. Gün ışığı tüpler ise, dükkanlara ve 1000 lx'den yüksek aydınlık düzeylerine uygundur.

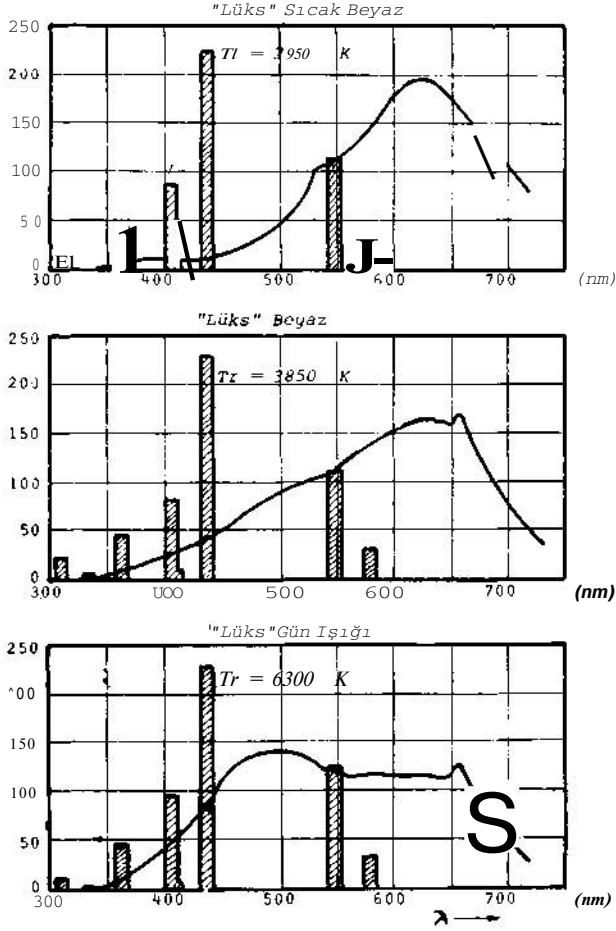
Son zamanlarda, yüzey renklerini daha sadık bir şekilde gösteren ve aynı ana bölümlere karşılık olan "lüks" tüpler (Şekil 10) yapılmıştır (9). Ancak bu yeni tüplerin ışık etkinlikleri eskilerinkinden daha düşüktür. Flüorışıl tüpler her türlü iç aydınlatmaya uygundur. Aydınlatılacak yere göre seçilmesi bilinirse, büyük bir enerji artırımına olanak veren bu tüpler, her yerde akkor lambalara yeğ tutulacaklardır. Aksi halde,



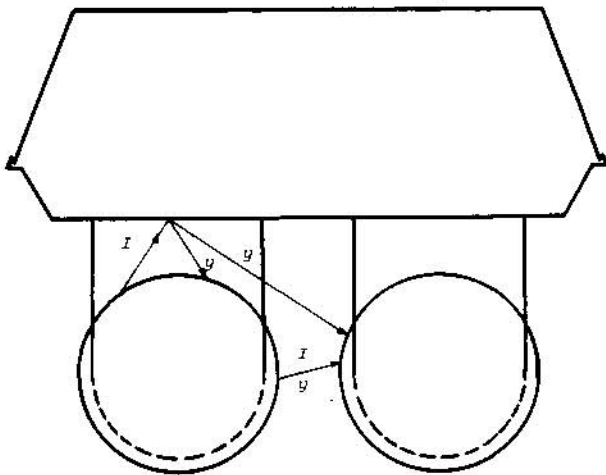
Şekil 8. Akkor ve flüorışıl lambaların ürettikleri ışık miktarının maliyet grafikleri.



Şekil 9. Normal flüorışıl tüplerin renk sıcaklıkları ve tayfsal enerji dağılımları (9).



Şekil 10. "Lüks" flüorüsil tüplerin renk sıcaklıkları ve tayf sal enerji dağılımları (9).



Şekil 11- Aydınlatma aygıtında flüorüsil tüplerin döşem düzeninin aygıt verimine etkisi
I = yayılan ışık
y = engelleme yolu ile yutulan ışık

bunlara karşı duyulacak olumsuz alerjiden dolayı akkor lambaları kullanmak alışkanlığı sürecektir.

4.2. Kaliteli Durultucu Kullanmak

Ekonomik lambalarla ışık üretilirken boşalmalı (deşarj) lambaların durultucularında (balast) fazla enerji tüketmemek gerekir. Bu amaçla durultucu kayıpları küçük tutulmalıdır. Ayrıca durultucunun çekeceği akım lambayı zamanından önce yıpratmamalıdır, yoksa lımbın maliyeti artar.

4.3. Verimli Aygıt Kullanmak

Yüzeylerin yansıtma çarpanları (faktörleri) ile cam yada plastik yayıcıların geçirme çarpanları yüksek olmalı ve döşem düzeninin engelleme yolu ile ışığın aygıtta yitirilmesine neden olmamalıdır (Şekil 11). Yoksa aygıtın verimi düşeceğinden özenilerek üretilen ışığın önemli bir bölümü yitirilmiş olur.

4.4. Enerjinin "Geri AlınTını (Rekuperasyonunu) Sağlamak

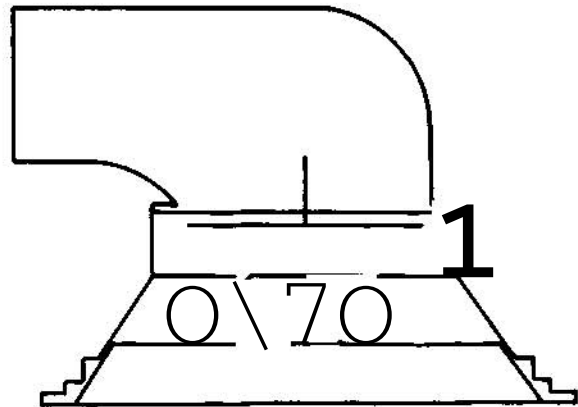
Büyük kuruluşlarda, tümleşik (entegre) türden aygıt kullanılarak (Şekil 12) ısıya dönüşüp yitirilen enerjiyi kazanmak olanaklıdır.

4.5. İyi Bir Bakım Yapmak

Işık etkinliği düşen lambaları değiştirmek ve aygıtları periyodik olarak temizlemek % 30 hatta % 50 oranında düşebilecek ışık akısının sakımını sağlar.

4.6. Aydınlatma Kuruluşlarını İyi Tasarlamak

Kaynakların ve aygıtların seçilmesi, bunların yerleştirilmesi ve tavanla duvar renklerinin saptanması gibi konular ışığın üretilme ve dağıtılma verimlerine sıkıca bağlı olduğundan, enerji artırımında projelendirme'nin önemi büyüktür. Ayrıca projelendirme, sağlığa uygun bir ışıksal ortamı amaçlamakla, verimliliği bu yönden de etkiler. Ayrıca, lamba devrelerindeki denetim biçimlerinin iyi projelendirilmiş olması gereksiz enerji tüketimlerini önler.



Şekil 12. Tümleşik (entegre) aydınlatma aygıtı [siemens]

5. ÖNLEMLERİN SAĞLAYABİLECEĞİ ENERJETİK VE PARASAL ARTIRIM

İstanbul'da, yol ve sokak aydınlatması toplam aydınlatmanın % 4'ünü oluşturmaktadır (Çizelge 2). Tüm Türkiye için bu oran daha küçük olduğundan, aydınlatma tüketiminin salt iç aydınlatmadan ile-ri geldiği kabul edilebilir. Buna göre iç aydınlatma, akkor lambalar yerine, flüorışıl lambalarla gerçekleştirilirse, tüm aydınlatmanın enerji tüketimi, yukarıdaki örneğe göre (4.1.1), bugünkü değerın 1/4'üne düşecektir, yani artırım 3/4 oranında olacaktır. Ancak, yurdumuzda az da olsa flüorışıl lambalar kullanılmaktadır; öte yandan, herhangi bir güçteki akkor lambanın dörtte bir gücünde olan bir flüorışıl lamba bulmak olanaksızdır. Bu yüzden enerji artırımı, yukarıda öngö-rülen 3/4 oranından aşağı olacaktır.

Lamba türü	Lamba gücü P (W)	Lamba satış oranı r (%)	Enerji Tüketim katsayısı $\frac{1}{k \cdot P} \cdot \frac{1}{T \cdot g}$	Enerji tüketimi (GWh)
Akkor	15	10	1500	
"	25	10	2500	
"	40	16	6400	
"	60	24	14400	
"	75	15	11250	
"	100	20	20000	
"	150	3	4500	
"	200	1	2000	
"	300 - 500	0,5	2000	
"	1000	0,5	5000	
AKKOR TOPLAMI		100	69550	3363 ^{a)}
Flüorışıl	Tüp+Durul tuçu			
"	20 + 5	3,8	1900	
"	40 + 10	15,2	15200	
FLÜORİŞİL TOPLAMI		19	17100	832 ^{b)}
GENEL TOPLAM		119	86650	4215

^{a)} T = lambanın gerçel yaşam süresi olup, akkor lambalar için T_a = 1000 saat flüorışıl tüpler için T_f = 3000 saat alınmıştır (uygun durultuculu ve kaliteli tüpler için normal yaşam (T_f)₀ 6000-9000 saattir. g = aydınlatma kuruluşları gelişme oranı olup, akkor için g_a = 1, flüorışıl için g_f = 1,5 kabul edilmiştir.

^{b)} Enerji tüketimleri. Çizelge 6'daki toplam aydınlatma enerjisi tüketimine göre ve tüketim katsayıları oranında hesaplanmıştır. Bu hesapta kamu aydınlatması sapsanmıştır.

çizelge 8. Türkiye'de 1974 yılına değgin lamba satışları ve bunların enerji tüketimleri

AKKOR				FLÜORİŞİL		
Lambanın gücü Pa (-)	a ¹⁾ (T)	Tüketim oranı Va	Enerji tüketimi (GWh)	Eşgörev güc (tüp+durultucu) Pf (-)	Tüketim oranı Pfi-	Enerji tüketimi (GWh)
15	10	1,5	195	---	---	---
25	10	2,5				
40	16	6,40		25	4	
60	24	14,40		25	6	
75	15	11,25		25	3,75	
100	20	20,00		25	5	
150	3	4,50		50	1,5	
200	1	2,00		50	0,5	
300-500	0,5	2,00	340	---	---	---
1000	0,5	5,00				
TOPLAM		100	69,55		20,75	1009 ¹⁾

¹⁾ Lamba satış dramı

²⁾ Bak. Çizelge 8

³⁾ (3383/69,55) · 20,75 = 1009

ENERJİ ARTIRIMI :
(3383 - 1009 - 195 - 340) GWh
= 1839 GWh

Çizelge 9. Akkor lambalar yerine eşit yada daha büyük ışık akısı veren flüorışıl lambaların olası enerji tüketimi

Çizelge 8'de özet olarak verdiğimiz bir incelememizin sonuçlarına göre, akkor lambaların tükettikleri yıllık enerji 3383 GWh olup flüorışıl lambalarınki 832 GWh'dır. 40 W'tan küçük ve 200 W'tan büyük olan lambalar dışında, standart güçte bir akkor lamba yerine, en alçak standart güçte en az bunun kadar ışık akısı veren bir flüorışıl lamba (eşgörev lamba) kullanıldığı varsayılırsa, akkor lambaların enerji tüketiminde yapılabilecek artırım hesaplanabilir. Sözü geçen incelememizde yaptığımız bu hesabın sonuçlarını Çizelge 9'da özetledik! Buna göre, yıllık enerji artırımı 1839 GWh yani toplam aydınlatma enerjisinin % 44'üdür. Kilovatsaatın fiyatı 50 krş. olarak kabul edilirse enerji artırımına karşılık olan parasal artırımın 920 milyon, yani yaklaşık olarak bir milyar liraya yükseldiği saptanmış olur.

6. SONUÇ

Lambalardan üçte biri söndürülürse aydınlatma artırımı 1/3 yani % 33 olur. Yasaklama niteliğinde olan bu kolay ve çok sakıncalı yöntem yerine, bilimsel önlemlerle, yurt ekonomisine ve yurttaşların sağlığına zarar verilmeden % 44 oranına ulaşan bir artırım yapma olanağı vardır. Ancak, bu amaçla lamba, durultucu, aygıt, proje ve çeşitli uygulamaların sürekli olarak denetlenmesi zorunludur.

Teşekkür: Bu tebliğin şekillerini çizen teknisyen mühendis adayı H.Durmaz'a ve İETT'nin enerji tüketim istatistik bilgilerini toplayan öğrencilerimden mühendis adayı O.Tangür'e içten teşekkürlerimi sunarım

KAYNAKLAR

- (1) Declaration de la CIE sur les economies d'energie en relation avec l'Eclairage, Revue LUX, Haziran 1975.
- (2) Syndicats des Fabricantes Français de Lampes Electriques, Revue LUX, Nisan 1975.
- (3) TEK, Elektrik Enerjisi Aylık İstatistik Bülteni, Yıl 1972, C.2, Yıl 1973, C.3, Yıl 1975, C.4 ve C.5 .
- (4) TEK, 1974 Yılı Yük Tevzi ve Satış Faaliyetleri Raporu.
- (5) Weston, H.C., Transactions of the Illuminating Engineering Society, T.14, N.281, London 1969.
- (6) Lemaigre-Voreaux, P.Influence de l'age sur la performance et la préférence visuelles, Revue LUX, Şubat 1975.
- (7) Fisher, D.Lighting Manual, Eindhoven 1974 .
- (8) Eskenazi, M., Flüoresan ve Akkor Telli Lambaların Ekonomik Bakımdan Karşılaştırılması, Elektroteknik Mecmuası, Yıl 1, Sayı 1, İstanbul 1954.
- (9) La Toison, M.Nouveaux tubes Fluorescents, Revue LUX, Şubat 1975.
- (10) Bayındırlık Bakanlığı, Yapı İşleri Kuvvetli Akım İç Tesilat Birim Fiyat Tarifeleri ve Şartnamesi, Ankara 1975.