

2012.

**Témavezető:**

**Dr. Horváth Ákos**

ELTE TTK Atomfizikai tanszék  
docens

**Készítette:**

**Ráczpali István**

Környezettan BSc szakos  
hallgató

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR  
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI CENTRUM

# ENERGIATAKARÉKOS FÉNYFORRÁSOK KÖRNYEZETBARÁT FELHASZNÁLÁSÁNAK VIZSGÁLATA



## Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	5
1.1	A témaválasztás háttere	5
1.2	A fényforrások vizsgálatának menete, módszere	6
2	Világítástechnikai áttekintés	6
2.1	A fényforrások energiafelhasználásának fontossága	6
2.2	Világítástechnikai alapfogalmak áttekintése	7
2.2.1	Fényforrás	7
2.2.2	Fényáram (fényteljesítmény)	7
2.2.3	Fényerősség	7
2.2.4	Fénysűrűség	8
2.2.5	Megvilágítás	8
2.2.6	Felületi fényesség	9
2.2.7	Látható fény (percepció)	9
2.2.8	Spektrum	10
2.2.9	Fényeloszlási görbe	11
2.2.10	Színvisszaadási index (Ra)	11
3	Fényforrások bemutatása	13
3.1	Természetes fényforrások	13
3.1.1	A Nap, mint fényforrás	13
3.1.2	Az ablakon beérkező fény	17
3.2	Történelmi időkben használt mesterséges fényforrások	17
3.2.1	Gyertya	17
3.2.2	Petróleumlámpa	18
3.2.3	Petróleum-gázlámpa, gázlámpa	20
3.3	Ma használt mesterséges fényforrások	20
3.3.1	Termikus fénykibocsátáson alapuló fényforrások	21
3.3.2	Ívkisüléses, egyéb, nem termikus fényemisszió alapuló fényforrások	26
4	Az energiahatékonyság javítási lehetőségei	42
4.1	A fényáram térbeni és időbeli eloszlásának optimalizálása	43
4.1.1	Helyi megvilágítás	44
4.1.2	Fényvisszaverő felületek	44
4.1.3	Időbeni optimalizálás	46
4.1.4	Komplex optimalizálás	47
4.2	Műszaki fejlesztési lehetőségek	47
4.2.1	Elektromos hatékonyság javítása (lm/W)	47
4.2.2	Élettartam növelés	48
4.2.3	Felújítás	48
4.2.4	Fejlesztés	48
5	Fényforrások környezetbarát tulajdonságainak összehasonlítása	48
5.1	A befektetett teljesítményre jutó fényáram számítása	48
5.1.1	Nap	48
5.1.2	Fóliázott ablak	49
5.1.3	Kémiai fényforrások	49
5.1.4	Elektromos energiát használó fényforrások	50
5.2	Világítási költség számítása	50
5.3	Élettartam	50
5.4	Hulladék	51
5.4.1	Milyen hulladékok keletkeznek?	51
6	A dolgozat eredményeiből következő ajánlások hétköznapi felhasználásra különböző területeken	52

6.1	Nappali szoba, étkező, iroda, tárgyaló	53
6.2	Hálószoza	53
6.3	Fürdő	54
6.4	WC, Folyosó	54
6.5	Konyha	54
6.6	Munkahelyek	55
6.7	Nyilvános WC-k, mosdók	55
7	Összefoglalás	56
8	Mellékletek	58
8.1	A gyakorlatban használt színskálák és alapszíneik	58
8.2	A Nap adatai	58
8.2.1	Hatásfok változás különböző transzmittanciájú üvegek esetén	58
8.3	Történelmi fényforrások adatai	59
8.4	Mesterséges fényforrások adatai	60
9	Irodalomjegyzék	61

# 1 Bevezetés

## 1.1 A témaválasztás háttere

Környezettanos hallgatóként olyan témát választottam, ami az ember és a környezete kölcsönhatásával foglalkozik. A választott téma **környezetünk védelmével foglalkozik, és mégis a pénztárcánk barátja**, még viszonylag rövidtávon is. A legtöbb energiát és pénzt egy átlagos háztartásban a közlekedés és a hűtés-fűtés igényli, de ezek mellett a világítás is fontos szerephez jut, különösen akkor, ha a háztartásban élők korszerűtlen eszközökkel és (esetleg szükségtelenül) sokat világítanak. Vagy például egy kereskedelemmel foglalkozó cégnél, ahol a világítási költség jelentős összeg lehet. A korszerűtlen világítótestek nemcsak sok energiát használnak, hanem az általuk termelt hőt a klímaberendezéssel el is kell vezetni.

A szakdolgozatomban azt fogom megvizsgálni, hogy az energiatakarékosak mondott, korszerű fényforrások valóban védik-e a környezetet, és ha igen, akkor milyen módú felhasználás esetén. A működése közbeni energiafelhasználás mellett még hulladékká válásakor meg is kell azt semmisíteni. Például az előállításkor, vagy a hulladékkezeléskor használt technológiából adódó környezet szennyezés egy olyan helyen jelenhet meg, ahol ennek még nem kell megfizetni a költségeit. Ilyen helyek a fejlődő országok, Amerika, Kína. Az EU nagy hangsúlyt fektet a fenntartható fejlődésre, a környezetvédelemre. Az EU területén működő cégek rákényszerülnek a szabályok betartására, és az ebből adódó költségeiket érvényesítik is az eladási árban. Ezért néha versenyhátrányban vannak a nem ennyire szabályozott módon termelő cégekkel szemben. Az általam vizsgált termékeknél próbálok olyan típust és jellemző árat keresni, ami megfelel az előbbi követelményeknek. Mivel az EU-ban már évek óta kötelező az elhasznált fényforrások (hulladék) visszagyűjtése ezért okkal feltételezem, hogy a gyártók ezt is belekalkulálják az árba. Valamint egy tétel mindig szerepel a nagykereskedésben fényforrások vásárlásakor kapott számlán: a termékdíj.

## 1.2 A fényforrások vizsgálatának menete, módszere

Számba veszem a lehetséges világítási megoldásokat. A fellelhető irodalom alapján

- összefoglalom a **működési elvét**, felhasználási területét
- a felhasználás során **mennyi energiát** használ, azt milyen **hatásfokkal** teszi, milyen minőségű (spektrumú), mekkora fényáramot szolgáltat
- milyen különleges, egyéb kiegészítők kellenek a működtetéséhez (vezérlők, kapcsolók, transzformátorok, stb.)
- **hulladékként** milyen környezeti hatásai vannak
- mik az **élettartamát** befolyásoló tényezők
- **hogyan javítható a hatásfoka (energiafelhasználás, fajlagos üzemeltetési költség)**

## 2 Világítástechnikai áttekintés

### 2.1 A fényforrások energiafelhasználásának fontossága

Háztartási készülékek **éves áramfogyasztása** az ELMŰ-ÉMÁSZ szerint (kWh)

Készülék/alkalmazás	Háztartás létszáma			
	1	2	3	4
Villanytűzhely	195	390	445	575
Hűtőszekrény	292	323	344	370
Fagyasztószekrény	305	350	415	420
Mosógép	70	125	200	265
Szárítógép	125	225	325	465
Mosogatógép	120	200	245	325
Melegvíz ellátás	245	295	345	415
Fürdőszoba	470	780	1080	1390
Televízió	120	150	190	205
Világítás	195	285	330	435

Forrás (2012.03.01): [http://www.energiapersely.hu/Haztartasi\\_eszkozok\\_energiafogyasztasa\\_Fogyasztasi\\_tablazat](http://www.energiapersely.hu/Haztartasi_eszkozok_energiafogyasztasa_Fogyasztasi_tablazat)

A táblázatból látszik, hogy egy átlagos (2,5 fő) háztartás villanyszámlájának minimum a 10%-a a világítás. Ez, ha figyelembe vesszük, hogy egy átlagos villanyszámla 10000-15000,-/hó és Magyarországon több mint 4 000 000 (2007-es adat) háztartás van, akkor ez egy jelentős összeg akkor is, ha nem vesszük figyelembe az ipari fogyasztókat. Magyarország energia fogyasztásának az egyharmadát a háztartások

adják, a villamos energia az energiafelhasználás 16,8%-át tette ki 2007-ben. A lakásonkénti éves villamos energia felhasználás 2900kWh körül ingadozik. Ez az érték az EU-ban 4000kWh körül mozog.

Összesen villamos energiára a háztartások 2007-ben **363 milliárd forintot** költöttek. Ennek 10%-a világítási költség.

*Adatok forrása(2012.05.10): [www.eh.gov.hu/gcpcdocs/201201/haztartasok\\_energiafogyasztasa.pdf](http://www.eh.gov.hu/gcpcdocs/201201/haztartasok_energiafogyasztasa.pdf)*

## 2.2 Világítástechnikai alapfogalmak áttekintése

### 2.2.1 Fényforrás

Olyan elektromágneses (optikai) sugárzás forrása, amely a látható (~380nm-780nm) színek tartományban (is) sugároz. Főbb típusai: izzólámpák, gázkisülő lámpák, szabadon égő lángok, elektrolumineszkáló fényforrások, az előbbiekre nem sorolható természetes fényforrások.

### 2.2.2 Fényáram (fényteljesítmény)

Mértékegysége: lumen (lm) A látható sugárzás azon része, amelyet a szem képes érzékelni. A sugárzott teljesítményből, a sugárzásnak a CIE fénymérőre gyakorolt hatása alapján származtatott mennyiség. A radiometriai és fotometriai mennyiségek közötti kapcsolatot a  $V(\lambda)$  láthatósági függvény, és az  $e$  függvénnyel megegyező érzékenységi karakterisztikájú ún. CIE szabványos fénymérő teremti meg, amellyel a kérdéses radiometriai mennyiséget súlyozva a fotometriai mennyiség meghatározható.

### 2.2.3 Fényerősség

Mértékegysége: kandela (cd) vagy lumen/szteradián (lm/sr) A fényáram adott irányban vett térszögbeli sűrűsége.

Kandela: Ennek az egységnek meghatározása történetileg történt. Gyakorlati életben használható, jól reprodukálható, állandó intenzitású fényforrás fényét alapul véve. A történeti meghatározás szerint egy gyertya lángjának a fényereje a tőle egy méter távolságban merőlegesen (a fényerősség a maximális legyen) elhelyezett érzékelőn (gyakorlatilag egy fehér papírlapon) 1cd. Jól megvalósítható, és a 20. század elején és közepén használt referencia gyertya volt az ún. „Angol normál gyertya”. Ennek fényereje alapján a következő adatokkal jellemezhető gyertyáknak 1cd a

fényerejük: olyan gyertya, ahol a sztearin fogyása 8,79g/h vagy faggyúgyertya esetén 10,87g/h. Az „Angol normál gyertya” paraffinból készül, aminek fogyása óránként 779g, a láng magassága 43-45cm.

Mai meghatározás: definíció szerint a platina dermedési hőmérsékletén (1770 °C) az 1cm<sup>2</sup> felületű abszolút fekete test felületére merőleges irányban sugárzott fénye 60 candela fényerősségű.

## 2.2.4 Fénysűrűség

Mértékegysége: kandela/m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>) Világító felület vizsgált irányra merőleges felületének felületegységén lévő fényerőssége.

## 2.2.5 Megvilágítás

Mértékegysége: Lux (lx) vagy lm/m<sup>2</sup>. Adott fényforrást körülvevő felületelem által felfogott fényáram és a felületelem területének hányadosa. Az ember életterében különböző mértékű megvilágítás szükséges.

helyiség és/vagy tevékenység	névleges megvilágítás, lx	színhőmérsékleti csoport	színvisszaadási fokozat
recepció, ügyeleti helyiség	200	M,S	2
tartózkodó- és pihenőhelyiség	100	M,S	2
társalgó	200	M,S	2
oktató-tárgyaló és ülésterem	300	M,S	2
öltöző, mosdó, WC	100	M,S	2
konyhai előkészítő műveletek	200	M,S	2
főzés, sütés	500	M,S	2
tálalás	500	M,S	2
mosogatás	300	M,S	2
étkező	200	M	2
önkiszolgáló étterem	300	M,S	2
pénztári munkahelyek	500	M,S	3
irodahelyiség természetes világítással	300	M,S	2
irodahelyiség nem jellemző természetes világítással	500	M,S	2
lépcső, lépcsőház	100	M,S	4

Megvilágítás-1. ábra

Az egyes terek szükséges megvilágítása

forrás: <http://mek.nif.hu/00500/00572/html/viltech5.htm> (2012.03.01)



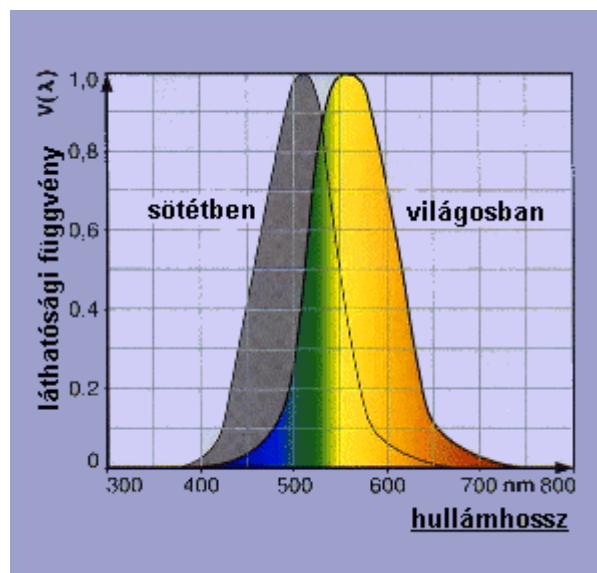
## 2.2.6 Felületi fényesség

kandela/m<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>)

Szemünk a megvilágított felület felületi fényességét érzékeli.

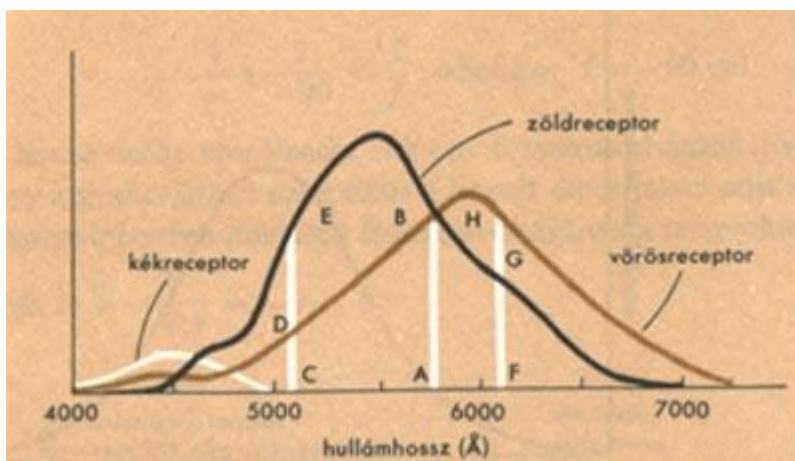
## 2.2.7 Látható fény (percepció)

Szemünk az elektromágneses sugárzás 380nm és 780nm közötti hullámhossztartományát érzékeli. Az ebbe a hullámhossz tartományba eső fényt nevezzük látható fénynek. A különböző hullámhosszakra a szem nem egyformán érzékeny. Az evolúció során az ember a világosban történő aktív életvitelhez alkalmazkodott. Az önvédelem miatt azonban képesek vagyunk korlátozott mértékben gyenge fényviszonyok közt is tájékozódni látás útján. Ilyenkor színeket nem, vagy csak alig látunk, viszont embereket, állatokat, tárgyakat, vagy a mozgásunk során utunkba kerülő akadályokat, veszélyforrásokat tudjuk azonosítani. Világítástechnikában a „világosban” jelű görbét használják. Ilyen fényviszonyok között az ember jól látja a színeket. Világosban az érzékenység maximuma a napsugárzás maximumához van közel. Azért nem pontosan annyi, mert az evolúció során nem a napba nézésre evolválódtunk, hanem a nap által megvilágított tárgyak érzékelésére.



Percepció-1. ábra

Az emberi szem érzékenységi grafikonja. A színes görbe a nappali fényviszonyok közti érzékelést mutatja, a szürke pedig a szürkületi/esti érzékenységet (2012.03.01)



Percepció-2. ábra

A szemben található receptorok érzékenységi görbéi. Egy adott hullámhosszú fény legalább két receptort is ingerel. Így jön létre a színes látás érzete. A fentiek miatt ha a CE egyenessel jelzett hullámhosszú és erősségű, valamint egy GA egyenessel jelzett hullámhosszú fényvel ingereljük, az észlelő az AB egyenessel jelzett hullámhosszú (színű) fénynek látja.

forrás: (2012.03.01) <http://www.sulinet.hu/fizika/anyagok/szem/szemgrafik2.jpg>

## 2.2.8 Spektrum

A fény elektromágneses hullám. Ennek egyik jellemzője a frekvenciája. Használható a hullámhossz is, mivel a fénysebességet az adott közegekben általában jól ismerjük. A mi esetünkben a levegőben terjed a fény, és az érzékelés szempontjából lényegtelen, hogy esetleg más törésmutatójú közegben keletkezett, vagy haladt át. Ha a fényforrásból érkező fényt valamilyen eszközzel hullámhossz szerint felbontjuk, és a frekvencia vagy hullámhossz függvényében a radiometriailag mért teljesítményt grafikonon ábrázoljuk, akkor megkapjuk az adott fényforrás spektrumát. Fényforrásnak tekinthető egy megvilágított test is. Ez esetben is elvégezhető a spektrum felvétele.

### 2.2.8.1 Folytonos spektrum

Egy spektrumot folytonosnak nevezünk, ha benne minden hullámhosszú elektromágneses sugárzás érzékelhetően jelen van. A világítástechnikában ez a „minden hullámhossz” a látható hullámhosszakra vonatkozik. Általában a termikus emissziós elven működő fényforrások spektruma folytonos.

### 2.2.8.2 Vonalas spektrum

Vonalas spektrumról beszélünk, ha a felvett spektrumban (vagy azon belül nagyobb frekvenciatartományban) csak bizonyos jól azonosítható hullámhosszú

(monokromatikusnak tekinthető) elektromágneses sugarak fordulnak csak elő. Jellemzően vonalas spektrumú elektromágneses sugárzást bocsátanak ki a gerjesztett atomok vagy molekulák az alapállapotba való visszatérésükkor. Ha sok, egymáshoz közeli hullámhosszú vonal van jelen egy spektrumban és ezek a vonalak összemosódnak, viszont bizonyos hullámhosszok hiányoznak a spektrumból, akkor sávós spektrumról beszélünk.

### 2.2.9 Fényeloszlási görbe

Egy általában polár-koordináta-rendszerben ábrázolt görbe, amely valamely fényforrás fényerősségét ábrázolja a fényforráson átmenő síkban, adott iránytól mért szög függvényében.

### 2.2.10 Színvisszaadási index (Ra)

A mesterséges fényforrások bizonyos mértékben eltorzítják a természetes színeket. Ezt a torzulást a színvisszaadási indexszel jellemzik, skáláját úgy alakították ki, hogy az úgynevezett "fekete test sugárzó" színvisszaadási indexét 100-nak vették (a Nap fekete test sugárzónak tekinthető). A skála 0-tól 100-ig terjed. Minél kisebb valamely fényforrás esetén ezen index értéke, annál inkább torzulnak az általa megvilágított felületek színei. Az izzólámpa szintén fekete test sugárzónak tekinthető így annak a színvisszaadási indexe is közel 100. A színvisszaadási indexet Ra-val szokás jelölni.

#### 2.2.10.1 Színhőmérséklet

A feketetest azon abszolút hőmérséklete, amelyen fénysűrűségének a spektrális eloszlása megfelelően jó közelítéssel arányos a vizsgált sugárzó spektrál-eloszlásával.

#### 2.2.10.2 Alapszínek

Az emberi szem által érzékelhető színek néhány alapszínből előállíthatók. Ezt hívjuk színkeverésnek. A színeket, amikből előállíthatóak alapszíneknek. A színkeverésnek két fő típusa van.

##### 1. Szubsztrakív színkeverés esete

Leginkább a nyomdaiparban használják. A fehér papír által visszavert fényből elnyelik a nem kívánt tartományt, így állítják elő a kívánt színt. Alap esetben 3 alapszínnel elvégezhető ez a művelt (C-cián, M-magenta, Y-sárga). A

gyakorlatban még egy fekete felülnyomást is alkalmaznak, ezt K-val jelölik. Így kapjuk a jól ismert CMYK színkeverést, és így állítjuk elő a szabványos CMYK színskálát. Az ezzel történő nyomtatást „4 szín Color” nyomtatásnak nevezik. Ez a skála jól lefedi a teljes látható tartományt. Bizonyos színek azonban nem jól, vagy egyáltalán nem keverhetők ki ezzel a skálával, mint pl. az ultramarin-kék, arany, ezüst, illetve bizonyos színek nem elég élénkek, mélyek. Emiatt további színek hozzáadásával javítják a nyomatok minőségét (6-7-8 színnyomás)

Ebben a színkeverésben a maximális intenzitású színek feketét adnak, a minimálisak fehéret.

## 2. Additív színkeverés esete

Ennél a színkeverésnél néhány alapszín keverésével állítják elő a kívánt színt. A szemben három féle színérzékelő receptor sejt van (S, M, L típusú receptorok). Ezeket a receptorokat a különböző hullámhosszú fény különböző mértékben stimulálja. (ld. még Alapszínek) A gyakorlati életben az úgynevezett RGB színkeverést használják. Vörös (R) zöld (G) és kék (B) színű fényforrások segítségével jó közelítéssel a teljes, az emberi szem által érzékelhető spektrum kikeverhető. Néhány cég kísérletezik plusz színek hozzáadásával, mint pl. a sárga, hogy így javítsák a színérzetet. Ennél a színkeverésnél a színek 0% intenzitása feketét, a 100% intenzitása fehéret ad.

### ***2.2.10.3 Egyszerű (alap) és az összetett színek***

Ez a probléma a természetben, természetes környezetben megfigyelhető színek reprodukálásakor jelent meg. A cél az volt, hogy minél kevesebb féle színű festék (színű fényforrás) segítségével állítsuk elő az összes látható színt. A felhasználási területnek megfelelően bizonyos szabályok szerint tetszőlegesen választhatóak az alapszínek (Grassmann törvények).

Alapszínekről akkor beszélünk, ha egy bizonyos színkeverés szerinti színskálán az adott szín a színkeverésben részt vesz. Az alapszínek a mellékletben megtalálhatók.

### 3 Fényforrások bemutatása

A fényforrások két fő típusba sorolhatók: természetes fényforrások és a mesterséges fényforrások. A természetes fényforrások rendelkezésre állása független ez igénytől, a mesterséges fényforrások igény szerint ki-be kapcsolhatók.

#### 3.1 Természetes fényforrások

##### 3.1.1 A Nap, mint fényforrás

A nap előnye, hogy ingyen van. Hátránya, hogy nem biztos, hogy épp akkor áll rendelkezésünkre, amikor szükség van rá. Megkülönböztethetjük a közvetlen napsugárzást, mint fényforrást, és a szórt fényt.

Megvilágítás	Megnevezés
1 lux	Teljes Holdtölte a trópusokon
100 lux	Egy nagyon borús esős nap
400 lux	napfelkelte, vagy naplemente
1000 lux	borús nap
10.000 – 25.000 lux	teljes nappali fény
32.000 – 130.000 lux	direkt napfény

*Nap-1. ábra: Néhány, a természetben előforduló jellemző megvilágítási érték*

*forrás: (2012.03.26) <http://www.nigro.hu/2012/04/20/tedd-a-napfeny-be-a-szamba/#ixzz1u7YM0NaC>*

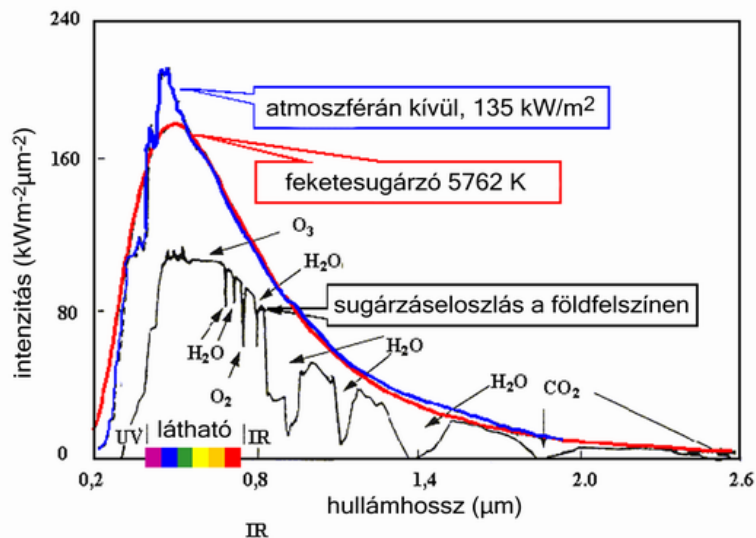
A fenti adatok a megadott honlapon egy olcsó fénymérőtől származnak, de jól egyeznek az egyéb szakirodalmak által közölt adatokkal, ezért ezeket használtam. És mivel a nap teljesítményére is optimista értékeket használtam (napkollektor oldaláról gyűjtött), ezért vélhetőleg a számítás hibájára ez jó hatást gyakorol majd.

A föld felszínére jutó napsugárzás tiszta, napos időben dél környékén napkollektorokkal foglalkozó irodalmak szerint **1000W/m<sup>2</sup>** (télen ez az érték **600W/m<sup>2</sup>** körül van Magyarországon)

Ennek a látható tartományba: **43%-a**, tehát (nyári értékeken számolva) **430W** jut.

##### 3.1.1.1 Direkt napsugárzás

A földfelszínre érkező napfény két részre bontható. Látható fényre és nem látható fényre. A földfelszínre érkező napsugárzás karakterisztikája szerint egy kb. 5800K hőmérsékletű fekete test sugárzásának felel meg. Azért nem teljesen egyezik, mert a földfelszínre érkezéséig különböző közegeken halad át.



Nap-2 ábra: A földre érkező Napsugárzás spektrális eloszlása (fekete vonal) a hullámhossz függvényében.

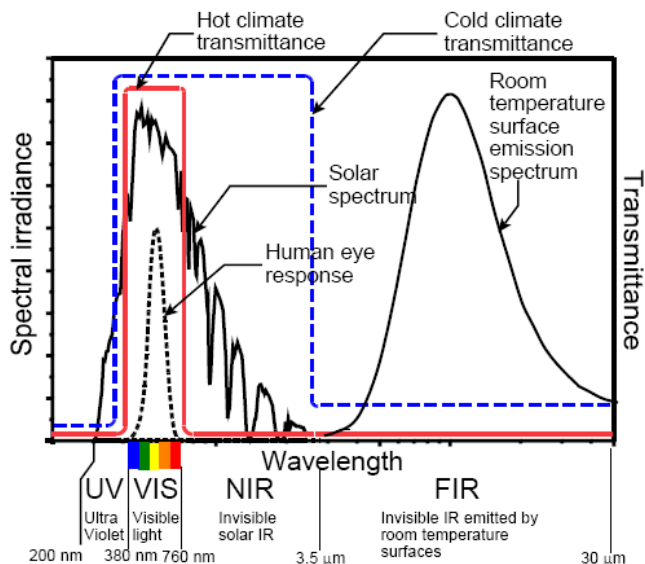
Forrás: (2012.03.20) <http://sdt.sulinet.hu/data/eae8d904-4c76-4920-ae1b-e7bfed79dd8e/1/6/ResourceNormal/M-4-2571kep-normal.png>

A földfelszínre érkező napsugárzás 43%-a esik a látható tartományba. A többi UV és infravörös hullámhosszon érkezik. Ez világítás szempontjából azért lényeges, mert a fennmaradó 57%-ot is figyelembe kell venni, mint ezen fényforrás hőteljesítménye. Ez hideg klíma esetén kedvező „mellékhatás”, de meleg klíma esetén ezt a hőt is el kell vezetni, vagy valamilyen (később ismertetett) módon meg kell akadályozni a bejutását.

A földre érkező napsugárzás hatásfoka 130lm/W.

### 3.1.1.2 Az ablak átteresztő képessége

Egy ideális ablaküveggel szembeni elvárásaink attól is függenek, hogy milyen klimatikus viszonyok uralkodnak egy adott területen. Hideg klímán azt várjuk az ideális ablaktól, hogy a látható mellett az infra tartományba eső sugarakat is engedje át, ugyanakkor a belső térben lévő hősugárzást (távoli infrát) ne. Meleg klímán nem kívánatos a napból és a szórt sugárzásból érkező infra sugarak átengedése. az UV tartományba eső sugarak csak a napsugárzás 3%-át teszik ki, és annyi kedvezőtlen hatásuk van, hogy általában nem kívánatos az átteresztésük. Ideális ablaküveg használatánál 302lm/W hatásfok lenne elérhető.



Nap-3 ábra

Az egyes ablaküvegektől elvárt áteresztési karakterisztika. A piros vonal a meleg klímán elvárt áteresztőképességet jelöli. Kék vonallal a hideg klímán elvárt áteresztőképességet jelölték. Az emberi szem által érzékelt hullámhossztartományt a fekete szaggatott vonallal jelöli. A kép jobb oldalán a szobahőmérsékletre tartozó hőmérsékleti sugárzás, bal oldalán pedig a már látott, napból érkező sugárzás látható.

Forrás: (2012.03.19) <http://www.solarbook.ie/history-of-solar.html>

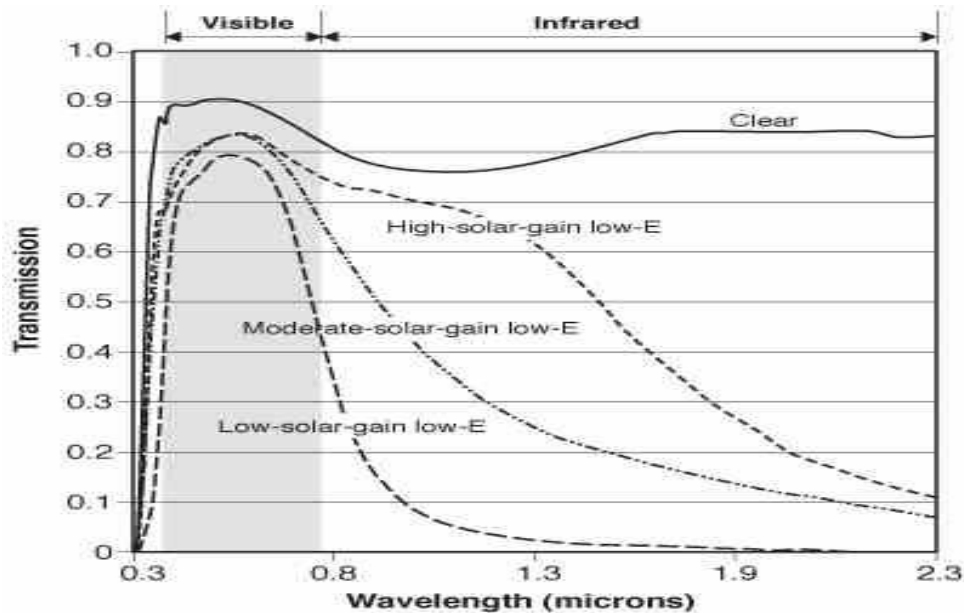
### 3.1.1.2.1 Normál ablaküveg

A normál, fóliázatlan ablaküveg áteresztő képessége a látható tartományban 80-90%. Infra tartományban is kb. 80% (ld. Nap-3 ábra) Azt tapasztalatból tudjuk, hogy a ~300K körüli hőmérsékletre tartozó hőmérsékleti sugárzást nem engedi át (üvegházhatás). Ha nagyobb tömegű üvegen nézünk át, akkor általában zöldnek látjuk. RGB leddel kimutatható, hogy ez a zöld szín azért van, mert az zöld színű fényre a legkisebb az elnyelése az ablaküvegnek. ~30-50cm vastag üveg már a piros led fényének túlnyomó részét elnyeli, míg a zöld színű led fénye jól látható marad. A kék led fényét kevésbé nyeli el, mint a pirosét, de a gyengülés ott is számottevő, a zöldéhez képest. Ez ugyan csak kvalitatív vizsgálat, de látszik, hogy a normál ablaküveghez adagolt Fe(II) ionok valóban hatékonyak az UV sugárzás szűrésében, különösen az UVB és C sugarakra.

### 3.1.1.2.2 Fóliázott, egyéb módon módosított átlátszóságú üvegek

Fóliázással el lehet érni, hogy a hagyományos ablak csak a látható tartományba eső tartományban engedje be a fényt. Ennek egyébként télen fűtés szempontjából is

van kedvező hatása. Hátránya viszont az, hogy (pl. Magyarország esetében) tavasszal és ősszel, még előnyös lenne, ha a hőt is beengedné az ablak. Fóliázással 200lm/W hatások érhető el.



Nap-3. ábra A különböző ablakok átteresztő képessége a hullámhossz függvényében. „Clear” felirat jelöli a normál, fóliázatlan ablaküveget. A sűrű szaggatott vonal egy hűvös klímára készült ablakot, a „Low-solar-gain low-E” feliratú pedig egy meleg klímára optimálisan módosított transzmittanciájú ablakot mutat. Ez az ábra nem tartalmazza a szobahőmérséklethez tartalmazó 3,5-30um-es hullámhosszakat.

Forrás: (2012.04.02) <http://www.commercialwindows.org/lowe.php>



Nap3-4 ábra

Egy fóliázatlan (balra) és egy fóliázott (jobb oldali) ablak összehasonlítása. A példa egy olyan fóliát mutat be, a direkt napsugárzás fényerejét csökkenti. A cég kínál olyan fóliát is, ahol a látható tartományban 80%, infra tartományban 30% az átteresztőképesség. A fólia az külső részén elhelyezve az 5%-os elnyelt napsugárzás is csökkenthető.

Forrás: (2012.04.05) [http://www.johnsonwindowfilms.com/dealer/articleView.php?ARTICLE\\_ID=244](http://www.johnsonwindowfilms.com/dealer/articleView.php?ARTICLE_ID=244)



A hőelvezetés költsége: a beérkező hőmennyiség 73%-a az ablakon keresztül érkezik a belső térbe. Ezért fontos, hogy csak a szükséges mennyiségű fény érkezen be, és lehetőleg a nem látható tartományt teljesen kiszűrjük (ideális ablak).

### 3.1.2 Az ablakon beérkező fény

A beérkező fény általában közvetlenül valamilyen tárgyra (asztal, fotel, padló, ágy) érkezik. Az erről visszaverődő fény az, ami a helyiséget megvilágítja. Figyelembe véve azonban azt a tényt, hogy ezen felületek visszaverő képessége világos színek esetén sem éri el az 50%-ot, máris drámai hatások romlással kell számolni. A visszaverő képesség (albedó) jellemző értéke 30% körül van. Egy sötétkék felületnél a visszaverő képesség csak 10% körül van! Így a bejutó fény akár 90%-a is hővé alakulhat. Ez azt jelenti, hogy a kezdeti 130-200lm/W-os hatások 20-60lm/W közé romlik. További probléma, hogy a hő a földön/falon, tehát alacsonyan keletkezik, ami konvektív áramlást indít el a helyiségben. Ez klimatizálás esetén szintén nagyon kedvezőtlen.

Megoldást a mennyezeten elhelyezett világítótestek jelentenek, melyeken diffuzort helyeznek el. Így a nap hőteljesítmény/lm hatásfoka magasan a legjobb lenne a háztartásban és iparban belső világításra használatos fényforrásaink között. Így a nap hatásfoka elérné 130-200lm/W értéket. Ilyen jó fényhasznosítással (180lm/W) csak kisnyomású Na lámpa rendelkezik, de annak a fénye monokromatikus, nem alkalmas belső terek világítására. A belső tér világítására szóba jöhető fényforrások maximum 90lm/W hatásfokúak. A normál izzó 13lm/W hatásfokú.

## 3.2 Történelmi időkben használt mesterséges fényforrások

### 3.2.1 Gyertya

Ez egy történelmi szempontból fontos fényforrás. Mégis érdemes megállapítani a hatásfokát. 1cd 12,56lm fényáramnak felel meg, ha azt feltételezzük, hogy a gyertya minden irányba azonos intenzitással sugároz. A gyertya lángjának a hőmérséklete  $\sim 1200^{\circ}\text{C}$ . Hatásfoka 0,1lm/W.

### **3.2.1.1 A fényerő egységének meghatározása (történelem)**

„Állandó intenzitású fényforrás, melynek erősségét tudományos fényméréseknél egységül választhatnók, nincs. A gyakorlatban az angol normális gyertya fényét (London spermaceti candle) használják, melynél a láng magassága 43-45 cm. és a fogyasztás óránként 779 gr. (Ezt használják Budapesten a gázlángok erősségének ellenőrzésére.) Olyan viaszgyertyát is használnak normális gyertyául, melyből 10 szál 1 kg-ot nyom. Ha ennek fényét az erősség egységül használjuk, egy-egy fényerő óránként, grammokban kifejezve, az égő anyag a következő mennyiséget fogyasztja: normális gyertya: 8,71; stearin-gyertya: 8,90; faggyú-gyertya: 10,87; olaj-lámpa (lapos láng): 16,00; olaj-lámpa (kerek láng): 8,00; petróleumlámpa (kerek láng): 4,00; légszesz 14 liter. A nap fénye fölé 60000 normális gyertya lángjával 1 m-nyi távolságból; a holdé ugyanazon távolra számítva tizedrésze egy normális gyertya lángjának.” *Forrás: A Pallas nagy lexikona 7. kötet (Fekbér–Geszt 86-87. oldal)*

### **3.2.2 Petróleumlámpa**

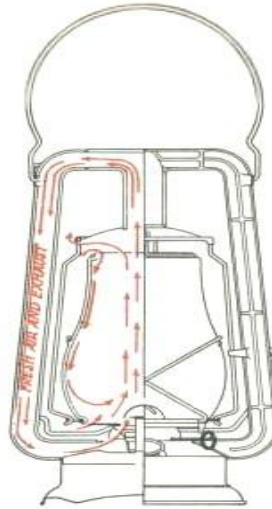
Három fő típusa volt. Az egyes típusok megjelenése a hatásfokjavítással és a fényerőnöveléssel volt kapcsolatos. Arra viszonylag hamar rájöttek, hogy ha kerek helyett lapos lángot használnak, akkor a láng nagyobb felületen érintkezik az oxigénnel, így fényesebben ég.

#### **3.2.2.1 Dead flame típus**

Ez gyakorlatilag egy üvegbúrába zárt gyertya. A gyertyával szembeni előnye az, hogy bizonyos körülmények között kényelmesebb, egyszerűbb a használata. A gyertya pl. csak szélcsendben használható, a petróleumlámpa zordabb körülmények között is (viharlámpa). A láng nem szabadon van, ezért kevésbé tűzveszélyes.

#### **3.2.2.2 Hot blast típus**

Hatékonyabb az elődjénél. Ez a típus felül összegyűjtötte a forró levegőt. Ez a forró levegő egyrészt az égésterméket tartalmazta, másrészt keveredett hozzá friss levegő is. Ezt a keveréket csöveken a lángba vezették vissza, így hoznak létre fényesebb és stabilabb lángot.

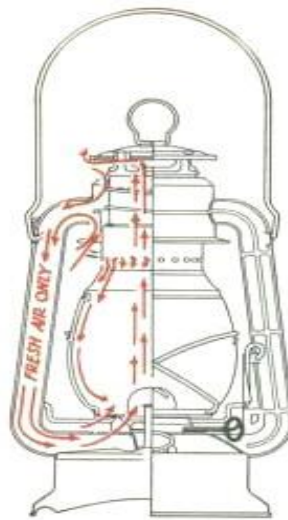


PET-1 ábra

Hot blast típusú petróleum lámpa működése. A piros nyilak a levegő áramlási irányát jelölik.

Forrás: (2012.03.12) [www.lanternnet.com/lanterncare.htm](http://www.lanternnet.com/lanterncare.htm)

### 3.2.2.3 Cold blast típus



PET-2 ábra

Hot blast típusú petróleum lámpa működése. A piros nyilak a levegő áramlási irányát jelölik.

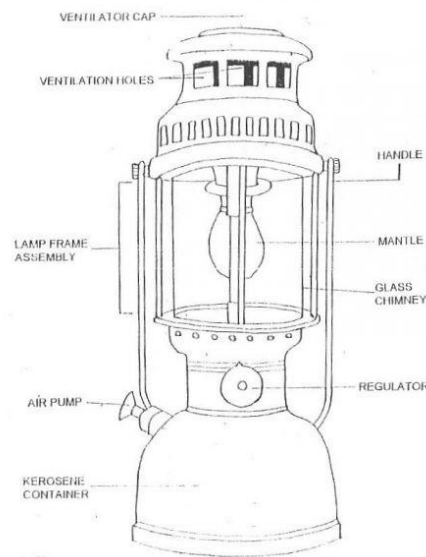
Forrás: (2012.03.12) [www.lanternnet.com/lanterncare.htm](http://www.lanternnet.com/lanterncare.htm)

A Hot blast javított változata. Az égéshez csak kívülről szívta levegőt, ami oxigénben gazdagabb. Ez a típus hatékonyabb az elődjénél. Egy ilyen lámpa 20-100lm fényáramot képes biztosítani. Irodalmak szerint egy 37lm fényáramot biztosító lámpa 40 óra alatt 1l petróleumot használ el. Ez a típus 0,18lm/W hatásfokú volt, ez másfélszerese a gyertyának.

### 3.2.3 Petróleum-gázlámpa, gázlámpa

A gázlámpákat utcákon, közvilágításra használták. Először London utcáin. Később közintézmények, például színházak világítására is használták. A gáz lángja nem ad túl sok fényt (néhány cd), ezért a gázzal egy ún. (tórium nitráttal átitatott) harisnyát hevítenek, mely izzása már jelentős mennyiségű fényt produkál. A egy ilyen petróleum-gázlámpa fényereje kb. 150-500cd. Egy óra alatt kb. 100-150g petróleumot használ el, amelyet levegő-petróleum (96:4 arányú) keverékeként használ. A hatásfok 2,7lm/W, ez több, mint 10-szerese a petróleumlámpáénak.

Forrás: <http://www.vgfszaklap.hu/cikkek.php?id=1356>



PET-3. ábra

Petróleum gázlámpa elépítése

Air pump – levegőpumpa, Mantle – izzóharisnya

Forrás: (2012.03.12) <http://petrofor.hupont.hu/27>

### 3.3 Ma használt mesterséges fényforrások

A háztartásokban, fokozatosan nő a hagyományos izzóhoz képest az energiatakarékosabb fényforrások felhasználása. Ennek egyrészt az a magyarázata, hogy a média és az állam, valamint a „zöld” szervezetek egyre aktívabb kampányt folytatnak az energiatakarékos fényforrások mellett, és a hagyományos izzók ellen. A másik fő oka pedig az, hogy kivonták a forgalomból a nagy teljesítményű (>80W) izzókat. A korszerűbb fényforrások ára már ránézésre is versenyképes a hagyományos

izzókkal. Várható, hogy néhány éven belül kivonják a forgalomból a 60W-os izzókat is. Bár a csere éveket is igénybe vesz majd, mert az emberek még utoljára több évre elegendő készletet vásároltak/vásárolnak fel a betiltott fényforrásokból.

Egy tanulmány, amely a közintézményeink világítását reprezentatív mintán vizsgálta, a következő eredményt közli:

Oktatási intézményekben:

- izzólámpa: 10% (~38 000db)
- fénycső elektronikus előtéttel 3%
- fénycső hagyományos előtéttel 83% (~300 000db)

Kórházakban:

- izzólámpa 19% (46 440db)
- fénycső 71% (172 000db)

*Forrás: (2012.03.12)*

#### ***A BELSŐTÉRI VILÁGÍTÁS KORSZERŰSÍTÉSI LEHETŐSÉGEI (Összefoglalás)***

[http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=3%20s%C3%A1vos%20f%C3%A9nycs%C5%91&source=web&cd=10&ved=0CHYQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.efficientlighting.net%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D550%26Itemid%3D54&ei=STKwT5T3OlbHswaBm4nKBg&usg=AFQjCNH2XGbP9ZhLsHDeTdGheBh4sCwujQ&cad=rja](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=3%20s%C3%A1vos%20f%C3%A9nycs%C5%91&source=web&cd=10&ved=0CHYQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.efficientlighting.net%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D550%26Itemid%3D54&ei=STKwT5T3OlbHswaBm4nKBg&usg=AFQjCNH2XGbP9ZhLsHDeTdGheBh4sCwujQ&cad=rja)

Átlagban napi 9,5 órát használják az izzókat, 8,6 órán keresztül a fénycsöveket. Fő fényforrásként használva a különböző fényforrásokat, nincs különbség a megelégedettségben. A háztartásokban sokkal kisebb a fénycsövek aránya.

A fenti adatokból 84400 izzó, átlag 60W-os teljesítménnyel számolva, napi 9,5 órát használva kWh-ként 50,13ft-os áramdíjjal számolva évente 880,2 millió forint villanyszámlát jelent. Ehhez hozzáadódik a fénycsövek fogyasztása (482000db, 35W-os fénycsővel számolva), ami további 2654,6 millió forint.

### **3.3.1 Termikus fénykibocsátáson alapuló fényforrások**

#### **3.3.1.1 Ívlámpa**

Ma már nem használt fényforrás, de még ma is találkozhatunk vele. Ma már nem világító eszköz, hanem ívhegesztés. A működési elve ugyanaz. Két olyan vezetőt, melyet előzőleg valamilyen áramforrás egy-egy sarkához kapcsoltunk, összeérintünk, majd eltávolítjuk őket egymástól. A két vezető között kialakul az elektromos ív. Ha

megfelelőek a körülmények, akkor ez az elektromos ív stabil lesz. A stabilitás feltétele a megfelelő távolság a két vezető között, illetve a megfelelő áramerősség fenntartása. A mai ívhegesztésnél néhány 10 volt feszültséget, és akár 100A áramerősséget használnak. A negatív elektróda mindig a fogyó elektróda, hogy a becsapódó elektronok a hegesztendő fémeket melegítsék. Mint látszik az ívkisüléskor nagyon nagy hő keletkezik, amit az így működő lámpánál figyelembe kellett venni. Az ívlámpánál két szén (grafit) elektródát használnak, ezek különleges szénből, úgynevezett retortaszénből készültek. Így egy pár elektróda 5-10 óráig világított. A pozitív szénnél 3200°C, a negatív szénnél 2500°C volt mérhető. Ez a hőmérséklet különbség magyarázható a becsapódó elektronok mozgási energiájának hővé alakulásával. Ezért a pozitív szén gyorsabban is fogy. Az ívlámpa működéséhez 40-50V egyenáramra volt szükség, de ebből csak 6,5V esett az íven, 33V feszültség esik a pozitív szénen, és 5,5V esik az elektronok negatív szénből történő kilépésekor. A Pallas nagy lexikona még a régi felfogás szerint írja le a folyamatot. Akkor még az áramot a vezetőkben a pozitív töltések mozgásának képzeltek. Az adatok egy 10A-es lámpára vonatkoztak. A fény nagy részét nem az ív, hanem az izzó szének szolgáltatják. Ez a feszültségesésekből is látszik. Ennek az előnye, hogy arányaiban kevesebb UV fényt tartalmazott, mint a mai ívhegesztés fénye, ahol a fémfelületek hőmérséklete csak ~1500°C.

Egy 10 Amperes ívlámpa fénye 1130 gyertyáénak felel meg. Tehát ehhez a fényerőhöz 400W elektromos teljesítmény szükséges. Ennek a fényforrásnak a hatásfoka (35,5lm/W) több, mint 15-szöröse az addigi legkorszerűbb, petróleumgázlámpáénak. Hátránya viszont, hogy a szabályzó mű ellenére sok odafigyelést és karbantartást igényelt a működtetése.

*Adatok forrása: <http://www.kislexikon.hu/ivlamp.html> (Pallasz nagy lexikona) hozzáférés: 2012.04.18*

### **3.3.1.2 Wolfram izzó**

A lakosság által leggyakrabban használt fényforrás. Bár az EU-ban történtek már intézkedések ennek a visszaszorítására, mert nagyon rossz a hatásfokuk. Például kivonták a 100W-os izzókat a kereskedelmi forgalomból. Az általános izzók élettartama 1000 óra.

#### 3.3.1.2.1 Működési elve

Az köztudott, hogy az izzószálban folyó áram felmelegíti az izzószálat, amitől az fényt bocsát ki. Ez a folyamat önszabályzó is, mivel túláram esetén az izzószál magasabb hőmérséklete miatt az ellenállás nő. Az izzószál egy kettős tekercselésű spirál. Erre azért van szükség, mivel a Wolfram nem tekinthető fekete testnek, de ezzel a tekercseléssel eléri, hogy jobban közelítsen a sugárzása a fekete testéhez. Így javul a hatásfoka. Az izzószál üzemi hőmérséklete ~2400°C. Ez indokolja a Wolfram használatát. Régebben tantál izzószálat is használtak. Kezdetben az izzókban vákumot alkalmaztak, később vákuum helyett kripton gázzal töltötték meg az izzókat. Ez az izzószál élettartamát növelte. A kripton gázt levegőből nyerik ki. Fényáramuk elméletileg egyszerűen szabályozható (fázishasítással), viszont ez a szín változásával és a hatásfok további romlásával is jár (színhőmérséklet csökkenés).

#### 3.3.1.2.2 Az izzó tönkremenetele

A gyártáskori egyenetlenségek az ellenállásban különbségekhez vezetnek. Ahol nagyobb a fajlagos ellenállás, ott több hő fejlődik. Ott a magasabb helyi hőmérséklet miatt jobban párolog az izzószál. Így az egyenetlenségek nőnek. Ez előbb-utóbb az izzószál tönkremeneteléhez vezet. Ezt a folyamatot gyorsítja a ki és bekapcsolás, ahol a hideg izzószálon nagyobb áramerősség folyik, és így még nagyobb a kezdeti hőmérséklet különbség. Tapasztalatból tudjuk, hogy a legtöbb izzó bekapcsoláskor megy tönkre. A Hobbielektronika egy régi számában volt egy kapcsolás, ami egy áramgenerátort használt az izzólámpák „finom” bekapcsolásához. A kapcsolás hátránya az volt, hogy váltóáramra illetve 230V-os feszültségre nem volt használható, és az áramgenerátorok hatásfoka is elég rossz. Ma már fejlettebb a félvezető-ipar. Erről később még lesz szó.

#### 3.3.1.2.3 A hagyományos izzók alkonya

*„Az EU az éghajlatváltozás kihívását, a környezetvédelem és az energiatakarékosság szempontjait szem előtt tartva 2008. december 8-án a nagy energiafogyasztású, hagyományos izzólámpák fokozatos kizorítását javasolta (az Európai Bizottság 2009. március 18-án véglegesen jóváhagyta a határozatot).*

Ennek értelmében 2009. szeptember 1-je után eltűnnek a boltok polcairól a 100 wattos, és az annál erősebb világos burás izzók, és az összes matt, festett vagy opálburás izzó. A teljesítményhatár éves lépésekkel 2012 szeptemberére 7 wattig csökken. A kitiltás az irányított fényű (pl. Tungshflex) lámpákat és a halogén izzólámpákat nem érinti. Becslések szerint az EU-ban jelenleg használatban lévő fényforrások 85%-a hagyományos, rossz hatásfokkal dolgozó izzólámpa. A mintegy 3,5 milliárd izzólámpa energiatakarékosra történő cseréje több mint 30%-kal csökkenti a világítás céljára történő energiafelhasználást, és ezen keresztül évi 15 millió tonnával csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását. Más becslések szerint ezáltal az európai háztartások teljes elektromos energiafogyasztása 10–15%-kal csökken, ami átlagosan évi 50 euró megtakarítást eredményez. Ugyanakkor az intézkedés 2–3000 munkahely megszűnésével jár, ami Magyarországot is érzékenyen érinti. Az intézkedés nyomán keletkező 5–10 milliárd eurós megtakarítást viszont a gazdaságok élénkítésére fordítva új munkahelyek teremthetők. Más államok (USA, Ausztrália) is tervezik a hagyományos izzólámpák kivonását a forgalomból, bár gyártásuk és hulladékuk megsemmisítése drágább, környezetszennyezőbb a hagyományos izzólámpáénál.”

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Izz%C3%B3l%C3%A1mpa> hozzáférés: 2012.05.02.

### 3.3.1.3 Halogén izzók

A halogén izzók működése megegyezik a normál izzókkal. Azok javított változata. A wolfram szál egy semleges gázban van elzárva a levegőtől. A gázhoz kis mennyiségű halogént adagolnak (pl. Bróm, Jód). A burkolat kvarcüvegből készül. Alkalmaznak kerámia burkolatot is, azok az izzók opálosak. A kerámia burkolat fényáteresztő képessége ilyen vastagságnál >90%, és diffúz fényt ad, ami a szemnek kellemesebb (kevésbé kellemetlen) véletlen belenézés esetén. Ez utóbbi típust inkább szemmagasságban elhelyezett és/vagy design lámpákban alkalmazzák. Ezek az izzók nem használhatók szabadon sugárzó formában, mert a forró felületük balesetveszélyes, másrészt a szennyeződés ráég a burkolatra, és ez jelentősen és véglegesen csökkenti a fényerejét. A halogén izzók kis mennyiségű UV fényt is kibocsátanak. Ezért a külső burkolatot UV szűrővel szokták ellátni.



Külön ki kell térni a GU10-es foglalatú izzókra. Ezeket (sajnos csak néha) SPOT lámpaként emlegetik. Eredeti felhasználásuk is ennek megfelelő volt. Design fényként alkalmazták őket, például kiállításokon, vagy kirakatokban egy-egy tárgy kiemelésére. Azonban elkezdtek az építőiparban fürdőszobák, konyhák megvilágítására alkalmazni, mivel irányítottága miatt, látszólag „erős fényük” van. Ezek, a gyakran használt típusú izzók a tapasztalatok szerint több nagyon kedvezőtlen tulajdonsággal bírnak. Beépítésük általában kis helyre történik. Ezért nem hűlnek megfelelően ezek az izzók. Bár ideális (labor) körülmények között a várható élettartamuk 2000-3000h, a gyakorlatban nem éri el ezt az értéket. Sokszor kis dobozba, bútorba zártan helyezik őket el. A fényük is egyenetlen: erős fényű kis folt, ami térvilágítónak alkalmatlanná teszi. Ha például egy konyhaszekrény ajtaja az izzótól 10-20 cm-re van, akkor azt meg is perzseli. Hamar kiégnek, cseréjük valójában egyszerű, de általában a felhasználók ezt nem tudják. Illetve miután fali vagy mennyezeti süllyesztett foglalatba, vagy nagy belmagasságú terek esetén csillárba kerülnek, gyakran több méter magasan, nehezen elérhető helyen vannak. Két fő típusuk van: 12V-os, 230V-os. Az előbbi egyértelmű hátránya az, hogy transzformátor kell a működtetéséhez, ami mindennapos felhasználás esetén nem kedvező. A nagy áramfelvétele miatt vastagabb vezetékre van szükség a szerelésnél, és a kapcsolóknak is nagyobb áramot kell kapcsolni (4A egy db 50W-os izzónál). A halogén izzók hatásfoka 12-17lm/W. Ez főleg a GU-10-es izzóknál megegyezik illetve alatta marad a normál izzókénak, nagyobb teljesítményű izzóknál is csak kb 20%-kal jobb azoknál. Viszont a fényének a színe közelebb áll a napfényhez (3000K-es tipikus színhőmérséklet).

#### 3.3.1.3.1 Miért adagolnak halogén elemet a védőgázhoz?

Az elpárolgó Wolfram a gáztérben, illetve az esetleg a burkolatra kirakódott fém is reakcióba lép a gáztérben lévő halogénnel, és illékony halogenidet képez. Ez a halogenid az izzó wolfram forró részein elbomlik. Így öngyógyító folyamat zajlik, ahol a legvékonyabb (és legforróbb) részre rakódik le a legtöbb wolfram. Ez az ötlet valóban növeli a várható élettartamot.

A halogén izzókat a normál izzókkal megegyező területeken használják. 1-2 éve elkezdtek elterjedni az E27 foglalatba csavarható típusok is.



Halo-1,2,3,4 ábra: Tipikus halogén izzók 1: G-6 foglalatú 300W-os izzó (3000K, 200 üzemóra) 2: R7s foglalatú (2800-3000K, 100-2000 üzemóra) 3: E27-es foglalatú (75W 2000 üzemóra) a képen jól látható, hogy egy másik, egyszerűbb foglalatú típust forrasztanak az E27-es foglalatba a hagyományos izzószál helyére. 4: GU-10 foglalatú izzó (2800K, 5-50W, 2000-3000 üzemóra) Forrás: (2012.04.10) 1. ábra: [http://mikrosat.hu/images/product\\_images/info\\_images/1000w.png.1jpeg.jpg](http://mikrosat.hu/images/product_images/info_images/1000w.png.1jpeg.jpg) 2. ábra: [http://mikrosat.hu/images/product\\_images/info\\_images/r7s.jpg](http://mikrosat.hu/images/product_images/info_images/r7s.jpg) 3. ábra: [http://www.elektro-ight.hu/webshop/sites/default/files/imagecache/product/osram%20halogen%20es%20classic%20a\\_0.jpg](http://www.elektro-ight.hu/webshop/sites/default/files/imagecache/product/osram%20halogen%20es%20classic%20a_0.jpg) 4. ábra: <http://www.lightingfx.com/item--Halogen-GU10--51>

### 3.3.1.3.2 A halogén izzók tönkremenetele

Ezen izzók tönkremenetelében nem csak az izzószál szakadás számottevő, hanem a magasabb hőterhelés miatti ponthegesztett kontaktusok, illetve a lámpatest és a foglalat tönkremenetelével is kell számolni. A 12V-os izzók esetén a több amperes áramerősség miatt a bontható kontaktusok is gyakran károsodnak, ami tűzveszélyes is.

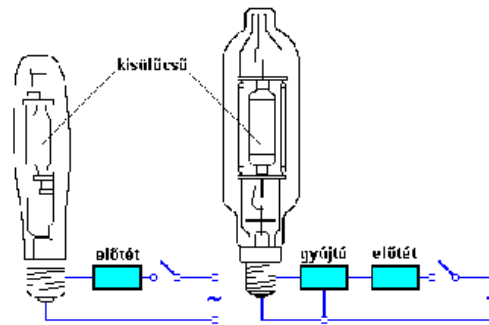
## 3.3.2 Ívkiüléses, egyéb, nem termikus fényemisszió alapuló fényforrások

### 3.3.2.1 Fémhalogén izzók

A fémhalogén lámpa egy kettős üvegburából álló kis vagy nagynyomású kisülőlámpa. A belső, úgynevezett kisülő csőben higanyon kívül fémhalogenidek vannak. Ez a hőterhelés miatt kvarcüvegből készül. A kisülő csőben vagy egy segédelektroda vagy pedig egy gyújtó impulzus segítségével indul meg a fényt gerjesztő kisülés. A külső üvegbura fénypor bevonattal vagy anélkül készül. A lámpában lévő higany elpárolgásához, gőzzé alakulásához 1-4 percre van szükség, a lámpa csak ezek után világít teljes fénnel. A kikapcsolt lámpa viszont csak akkor gyújtható be újra, ha (2-3 perc alatt) lehűlt. Ez a jelenség minden nagynyomású lámpára fennáll, így gyakori ki- bekapcsolás esetén ezek a lámpák egyáltalán nem alkalmazhatók.

A lámpa a felvett teljesítmény kb. 25%-át alakítja fénné, a többi veszteség. A vezérlő elektronika felelős a felvett teljesítmény kb. 50%-ának a hővé alakításáért. A

fémhalogén lámpák hatásfoka 76-100lm/W. Itt is igaz az a szabály, hogy a nagyobb teljesítményű lámpa hatásfoka két azonos típusú lámpa esetén jobb.

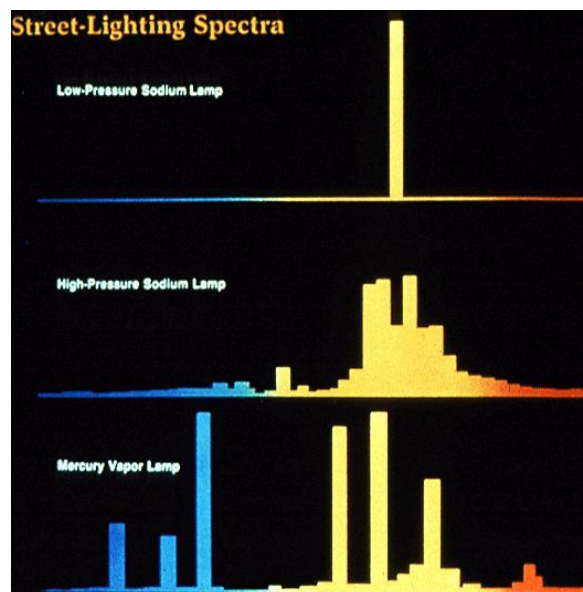


Fhalo-1. ábra A fémhalogén lámpa felépítése és segédberendezései. Bal oldalt az előtét tartalmazza a gyújtó áramkört is, a jobb oldali képen külön gyújtóáramkör van beépítve. Az előtét feladata az áram korlátozása működés közben. Forrás: (2012.04.12)

<http://www.erg.bme.hu/emania/2001/nyitraiz/Htm/viltech/Fenyforr/1fenyforr9.htm>

### 3.3.2.2 Nátrium lámpa

A legjobb fényhasznosítása a nátrium lámpának van.



Na-1. ábra:

3 lámpa spektrumának összehasonlítása.

Legfelül: kis nyomású Na lámpa (csak a D vonal látszik)

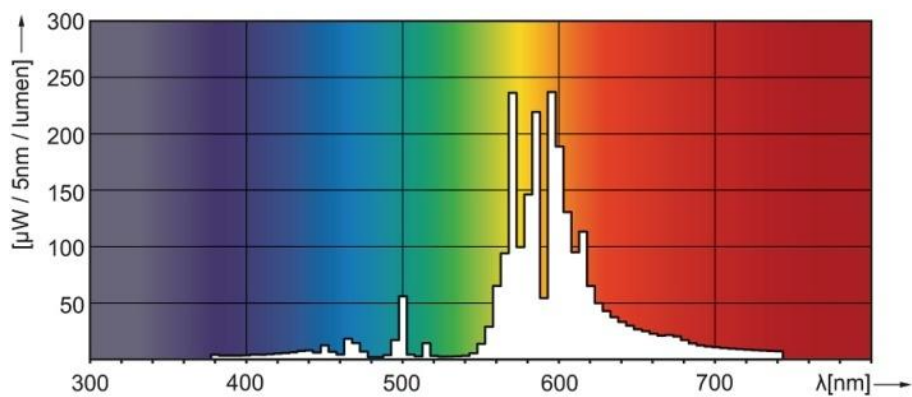
középen: nagy nyomású Na lámpa (részletesen az Na-2 ábránál)

alul: higanygőzlámpa (fénypor nélküli változat) Forrás: (2012.05.03)

[http://bp2.blogger.com/\\_MXxpOSK91HY/R1bPKSZRUuI/AAAAAAAAABg0/ZWHAY5-tjuM/s1600/streetlightspectra1.jpg](http://bp2.blogger.com/_MXxpOSK91HY/R1bPKSZRUuI/AAAAAAAAABg0/ZWHAY5-tjuM/s1600/streetlightspectra1.jpg)

A nátrium lámpa kisnyomású változatának monokromatikus a fénye, ezért belső vagy külső világításra nem használható, viszont a nagynyomású változata igen. Leggyakrabban utcai világításra használják, jó hatásfoka miatt. Újabban épületek éjszakai külső világítására is felhasználják.

Például a MASTER SON-T PIA Plus típusú, 400W teljesítményű utcai világító lámpája 142lm/W hatásfokú, és 20mg higanyt tartalmaz. Élettartama több, mint 16000 óra.



Na-2. ábra

*Nagynyomású Nátrium lámpa fénykibocsátási spektruma.*

*Vízszintes tengelyen a hullámhossz, függőleges tengelyen a lumenenként kisugárzott teljesítmény  $\mu\text{W}$ -ban, 5nm-es hullámhossz-tartományra összegezve. A maximumok sárga-narancs színeknél vannak. Nagynyomású lámpák esetén a Na D (589,3nm) vonala kiszélesedik, és a kisebb intenzitású vonalak is megjelennek a spektrumban. Ez valamelyest javítja a színvisszadást.*

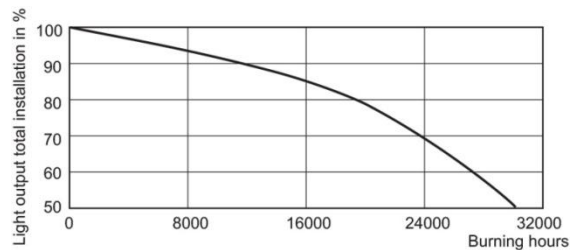
*Forrás: (2012.05.03) [http://www.ecat.lighting.philips.hu/l/professzionalis-fenyforrasok/nagyintenzitasu-gazkisueloe-lampak/son-nagynyomasu-natriumlampak/master-son-t-pia-plus/928144809227\\_eu/](http://www.ecat.lighting.philips.hu/l/professzionalis-fenyforrasok/nagyintenzitasu-gazkisueloe-lampak/son-nagynyomasu-natriumlampak/master-son-t-pia-plus/928144809227_eu/)*

Sárga, narancsszínű fénye ilyen felhasználási területen nem zavaró. Működése teljesen megegyezik a higanygőz lámpákéval. Egy kerámia (alumínium-oxid) csőben hozzák létre és tartják fenn az ívkisülést egy elektronika (gyújtó+ballaszat) segítségével.

#### 3.3.2.2.1 A nátrium lámpa tönkremenetele

A kerámia csőnek 800-1200°C hőmérsékletet kell elviselnie. A nátrium lámpák élettartamának egyik legfontosabb tényezője a nátriumfogyás. A nátrium bediffundál

az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kerámiába, azzal kémiai reakcióba lép, megkötődik (Na-aluminát, Na-B-aluminát keletkezik), illetve a kerámián keresztül távozik (elpárolog).



Na-3. ábra

*A Nátrium lámpa fénycsökkenése az üzemidő függvényében. Az első 16000 órában csak 15% fényerő csökkenéssel kell számolni. Ez napi 8 óra használatot feltételezve több, mint 5 év használati időt jelent.*

*Forrás: (2012.05.03) [http://www.ecat.lighting.philips.hu/l/professionalis-fenyforrasok/nagyintenzitasu-gazkisueloe-lampak/son-nagynyomasu-natriumlampak/master-son-t-pia-plus/928144809227\\_eu/](http://www.ecat.lighting.philips.hu/l/professionalis-fenyforrasok/nagyintenzitasu-gazkisueloe-lampak/son-nagynyomasu-natriumlampak/master-son-t-pia-plus/928144809227_eu/)*

### 3.3.2.3 Hagyományos fénycsövek

Irodák, tantermek megvilágítására használták. Ma is ez a legelterjedtebb fényforrás ezeken a helyeken. A mai fénycsövek már kevésbé vibrálnak, színvisszaadásuk is jobb, mint a régebbi típusoké. Régen  $RA < 70$  volt, ma ez az érték meghaladja a 90-et. Hatásfokuk  $60-75 \text{ lm/W}$ , élettartamuk nagyban függ a begyűjtés gyakoriságtól (napi 1-2 gyűjtés nem rövidíti az élettartamot), az előtétől, de várhatóan 8000h (25% fényerő csökkenés). Vannak kíméletesebb meghajtó elektronikák, amelyek szabályozottabb módon gyűjtik be és üzemeltetik a fénycsöveket, így akár 75-200%-os élettartam növekedést is ígérnek. Meghibásodás esetén ki is kapcsolják azt. Ezzel elkerülik azt a kellemetlen és zavaró jelenséget, amikor 10 fénycső közül egy kiég, és villogásával sok kényelmetlenséget okoz, amíg valaki ki nem csavarja, vagy végre el nem romlik a gyűjtőpatron.

Jellemző paraméterek: „Rövid” 600mm-es fénycső: 21W 1250lm (10000h), 28W 2600lm (63lm/W); 1200mm-es fénycső: 36W 3300lm (83lm/W); „Hosszú” 1500mm-es fénycső: 58W 5200lm (15000h) (91lm/W); és „Kör” fénycső: 40W 3300lm, 55W 4200lm

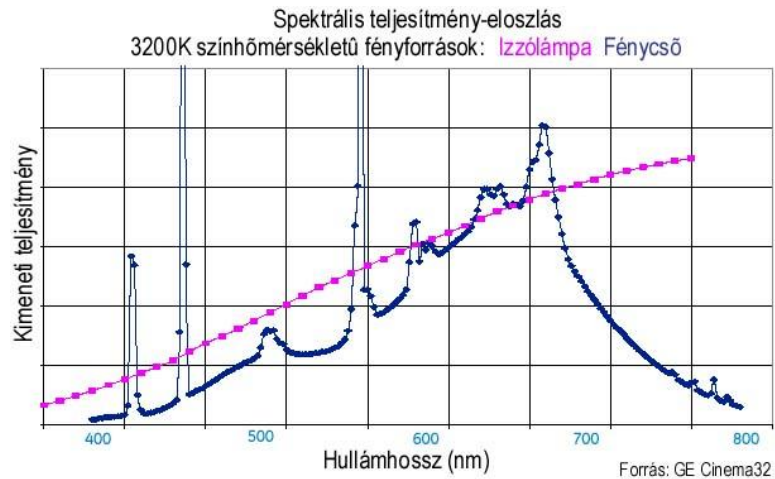
Mindegyik kapható 2700K (meleg fehér), 3000K, 4000K (semleges) és hidegfehér színben. Másik jellemzőjük, hogy hány sávosság (3 vagy 5 – utóbbi a jobb

színvisszaadású). Ez azt jelzi, hogy mennyire jó a színvisszaadásuk. A fénypor nem folyamatos spektrumú fényt emittál, hanem sávós spektrumot.

#### 3.3.2.3.1 Működése

A fénycső egy olyan higanygőz (kevés fémhigany van a csőben, ez tartja telítetten a kisülési csövet) és főleg argongáz (és egyéb gázok) keverékével töltött, fénypor-bevonattal ellátott, mindkét végén elektródokat tartalmazó kisülő cső, amelyben a villamos kisülést fénykeltésre használják fel. Az elektródák közti kisülő térben az elektronok mozgás közben a higanyatomokkal ütköznek és gerjesztik azokat. A Hg atomok az ütközéskor felvett energia nagyobb részét ultraibolya sugárzás formájában leadják. Ezt a sugárzást a fénycső belső falára felvitt fénypor réteg alakítja látható fénné. A villamos kisülés megindításához az elektródákat elő kell fűteni, hogy elektronokat bocsássonak ki. A működő fénycső esetén már a kisülés nem engedi kihűlni az elektródokat, így a működés közben nem szükséges (sőt káros) a fűtés fenntartása. Ezt ötletes tervezéssel oldják meg. Ahhoz, hogy a kisülés meginduljon, egy nagyobb (1-2000V-os) feszültséget kell az elektródok közé kapcsolni. A fenntartáshoz már erre nincs szükség. Ha a kisülés már megindult, a lámpa áramát korlátozni kell. E nélkül ugyanis a kisülő csőben folyó áram minden határon túl nőne, és az áramnövekedésnek csak a fénycső tönkremenetele vetne véget. Ehhez mindössze egy gyújtó patronra (1 db fóliakondenzátor és egy szikraköz alkotja) és egy (fojtó-)tekercsre van szükség. Ez utóbbi a gyújtópatronnal együtt gondoskodik a begyújtáshoz szükséges feszültséglökésről, majd ez után az áram korlátozása a feladata. Néha még egy fázisjavító kondenzátort is elhelyeznek az áramkörbe, de ez nem szükséges a működéshez. Az elektródák felfűtéséről az ötletes bekötésük gondoskodik, mely a fénycső begyulladás után nem kap áramot (a megindult kisülés rövidzárként viselkedik, és a fűtőszálon nem fog áram folyni).

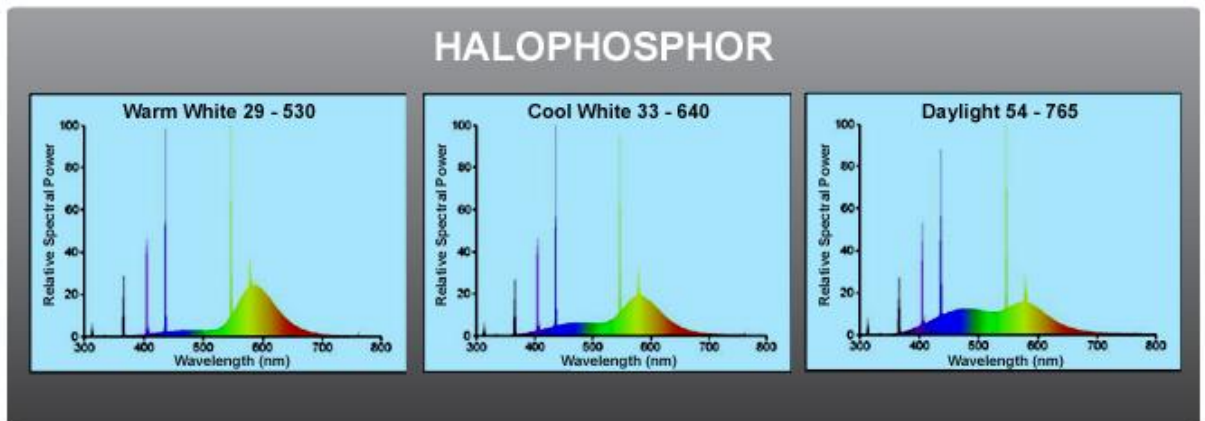
Mivel a fénycső kisülési cső, ezért spektruma vonalas. Ezt korszerű bevonatokkal és gázkeverékekkel próbálják közelíteni a folyamatos spektrumhoz. De a spektroszópos vizsgálat kimutatja főleg a higany vonalait.



Feny-1. ábra

*Egy jobb minőségű fénycső fényének összehasonlítása a hagyományos izzóval*

Forrás: (2012.05.03) [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/hu/a/ac/GE\\_cinema32\\_CRI.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/hu/a/ac/GE_cinema32_CRI.jpg)



Feny-2. ábra

*Különböző színhőmérsékletű fénycsövek spektrumáik összehasonlítása.*

*Az ábrákon látszik, hogy a vonalak megegyeznek (az a kislülési csőből származik), és a lumineszcens réteg különbözik az egyes fénycsöveken.*

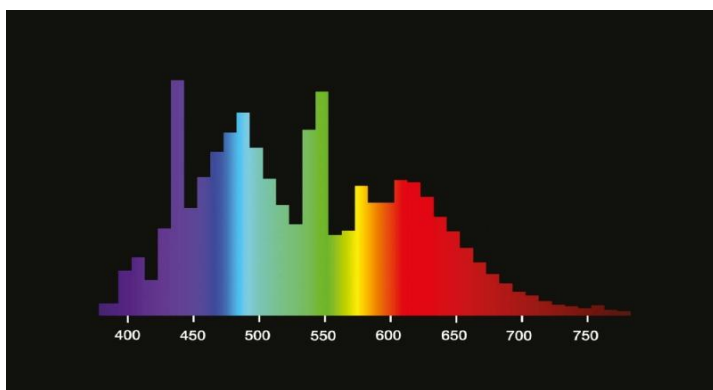
Forrás: (2012.05.13) <http://www.lif.co.uk/lamp-guide/discharge-lamps.html>

### 3.3.2.4 Nagy fényűrűségű fénycsövek

Ezek a fénycsövek jobb hatásfokúak az előzőeknél, működésük és kinézetük megegyezik a normál fénycsövekkel. Egy nagyon jó típus látható az ábrán.

Főbb típusai:

- T8 80-90lm/W energiatakarékos fénycsövek
- T5 100lm/W vékony fénycsövek



Feny-3. ábra OSRAM Biolux T8 típusú fénycső és spektruma

Adatok: 6500K 58W 3700lm (63,8lm/W) 4,6mg Hg, 16000h Ra>90 ára 2200,-/db

Forrás: (2012.05.13) [www.osram.com](http://www.osram.com)

### 3.3.2.5 Kompakt fénycsövek

A kompakt fénycsövek fokozatosan szorítják ki mind a hagyományos izzókat, mind pedig a hagyományos fénycsöveket. Beszerzésük és beszerelésük is könnyű – egyszerűen be kell csavarni az E27-es „normál” vagy az E14-es „kis” foglalatba. Rendelkeznek azokkal a jó tulajdonságokkal, mint a nagy fényűrűségű fénycsövek, mind hatásfokot, mind fényminőséget illetően.

Problémát az jelenthet, hogy az elektronika miatt - amely a foglathoz közelebbi részen helyezkedik el - nem fér bele az új izzó a lámpatestbe. Ez a helyzet főleg akkor áll elő, ha az eredeti izzó ún. gyertyaizzó vagy kis gömbizzó, vagy például R63-as, R80-as reflektorizzó. Ezek az izzók vagy túl picik, vagy szűk a nyakuk éppen ott, ahol a kompakt fénycsövek nagyok az elektronika miatt.

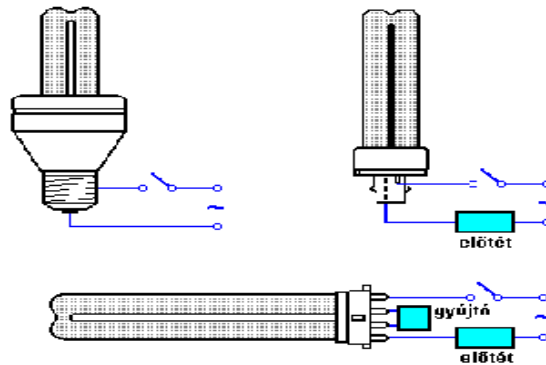
A másik nagy hibájuk ezeknek a fénycsöveknek, hogy bekapcsolás után a teljes fényerőt 1..5 perc múlva érik csak el.

#### 3.3.2.5.1 Működésük

Működési elvük megegyezik a hagyományos fénycsövekkel. Az újítás az, hogy a nagyfrekvenciás (~20-100kHz) előtét legtöbbször (!) a fénycsővel egybe van építve, és foglalat szempontjából kompatibilisek az izzókkal. Az üzemszerű használatra szánt izzók nem tartalmaznak elektronikát, ami előnyös, mivel általában a fénycső előbb tönkremegy, mint az elektronika.

A fényáram szabályozása általában nem megoldható, ha azt az elektronika nem támogatja. A fázishasításos szabályzás itt nem működik, sőt még tönkre is teheti az elektronikát.



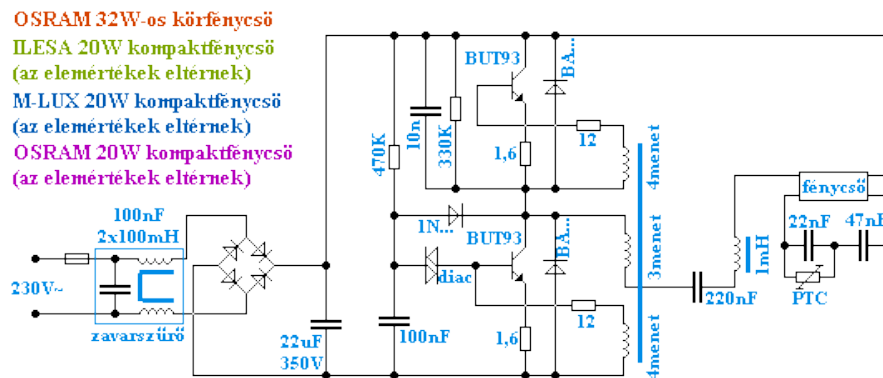


Feny-4. ábra

A kompakt fénycsövek 3 típusának bekötése. Az E27-es vagy E14-es foglalatú tartalmazza a gyújtó és az előtét elektronikát is, a másik két típus nem. Ezekhez speciális lámpatest szükséges, és csak kivételes esetben kompatibilisek két különböző gyártó termékei egymással. Ez probléma lehet, ha fénycsövet kell cserélni, de a gyártó, vagy az importőr nem forgalmazza az adott típust.

Forrás: (2012.05.13) <http://www.erg.bme.hu/emania/2001/nyitraiz/Htm/viltech/Fenyforr/IMG00059.GIF>

Ezekkel az elektronikákkal gond nélkül meghajthatók egyébként a régi típusú fénycsövek is. És látszik az is, hogy miért nem jó szabványos mód a fázishasítás.



Feny-5. ábra

Egy kompakt fénycső meghajtó elektronikája. Látszik, hogy (szakemberek számára) nem bonyolult kapcsolat, minden eleme könnyen beszerezhető. Ezek az elektronikák módosítás nélkül működtetik a hagyományos fénycsöveket is. Az elektronikából néhány elem elhagyható, mely a gyártást olcsóbbá teszi, viszont az élettartamot és a megbízhatóságot csökkenti.

Forrás: (2012.05.13) <http://skory.gylcomp.hu/fenycso/osram1.gif>

Az elektronika első lépésben egyenfeszültséget állít elő. Egy két tranzisztossal megvalósított rezgőkör hozza létre a nagy frekvenciás váltóáramot, ami a fénycsövet

meghajtja. A fázishasítás eleinte semmit sem csinál a fényerővel, de ha elég nagy részét levágjuk, akkor eredményez némi fényerő csökkenést, de akkor már a fénycső villogni is fog.

#### 3.3.2.5.2 A kompakt fénycsövek tönkremenetele

Az várható élettartam gyártótól függően jellemzően 2000 és 8000 óra között változik. Nagyban függ az elektronikától, és attól, hogy mennyit kapcsolgatják őket. Azt javasolják, hogy 2-3 órát világítson egy bekapcsolással, és két bekapcsolás között teljen el több perc, hogy a fénycső teljesen lehűljön. Az egyik leggyakoribb ok, amiért a vártnál hamarabb tönkremennek ugyanaz, mint a hagyományos fénycsöveknél: elszakad, elég valamelyik elektróda. Ez a bekapcsoláskori izzítással lehet kapcsolatban, ugyanis ha túl gyorsan, vagy túlhevíti az elektronika az elektródát, akkor az gyorsabban párolog, vagy az izzónál leírt módon megy tönkre. Ez látszik a használt fénycsöveknél. Jól megfigyelhető feketés-szürkés gyűrű a cső egyik vagy mindkét végén.

A másik lehetőség, ami főleg az olcsó fényforrásokkal fordul elő, az elektronika tönkremenetele. Ennek az egyik és legfőbb oka az elektronika nem megfelelő tervezése. A másik a hitvány minőségű, nagy szórású, válogatatlan (vagy éppen a jobb gyártóktól megvásárolt, selejtezett) alkatrészek.

A félvezetők és a kondenzátorok különösen érzékenyek a túlfeszültségre. Ha például nagy induktivitású fogyasztót ki-be kapcsolgatnak a közelben (nagy motorok, ívhegesztés), azok több száz voltos pillanatnyi túlfeszültséget eredményeznek, ami a 350V-ra méretezett alkatrészekben kárt tehet. A másik lehetőség a rosszul tervezett gyújtó kör, ami akár 1000V-os feszültség csúccsal is terhelheti az alkatrészeket. Ez utóbbi hibák egyre ritkábbak, mivel már a sok év alatt elég sok tapasztalatot szereztek a gyártók a nagyfeszültségű áramkörök félvezetőkkel történő üzembiztos megvalósításában. Szintén érzékenyek még a félvezetők és a kondenzátorok a magas hőmérsékletre is. Az elektrolit kondenzátorok ilyenkor gyorsan kiszáradnak, a félvezetőknek romlanak a paramétereik, és csökken az élettartamuk. Ez azért gyakori, mert az izzókkal való kompatibilitás miatt a gyártók minél kisebb méretű elektronikát szeretnének készíteni.

### 3.3.2.6 Xenon izzók

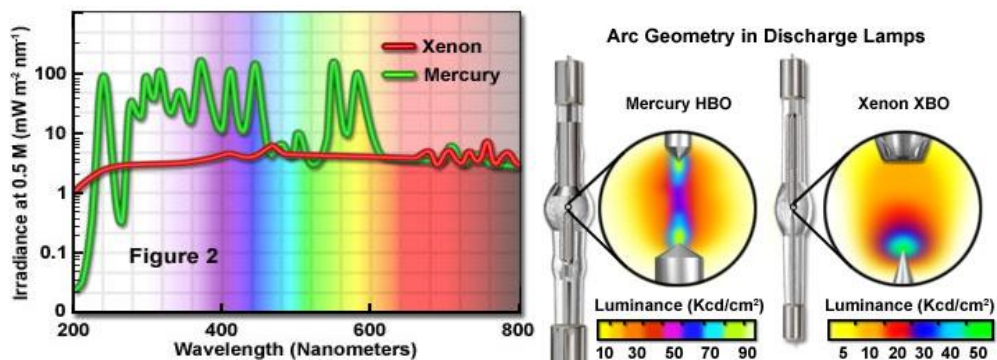


Xe-1. ábra Különböző színhőmérsékletű Xenon lámpák színe  
 Forrás: (2012.04.28) <http://www.xenonizzok.hu/fooldal/htmls/>

Leginkább az járművek világításánál használják. Hatásfoka 85-100lm/W, ami nagyon jónak mondható, mivel a hagyományos illetve a halogén izzóknak 13-20lm/W a hatásfokuk. Nagy probléma velük, hogy nagy az UV sugárzásuk, amit szűrni kell.



Xe-2. ábra A hagyományos és a Xenon izzók fényének összehasonlítása  
 Forrás: (2012.04.28) [http://www.blog\\_eppen\\_ami.abbcenter.com/?id=9028#](http://www.blog_eppen_ami.abbcenter.com/?id=9028#)



Xe-3,4. ábra A Xenon lámpák spektruma, és a fény keletkezésének helye a lámpában (a fókuszálás miatt fontos), összehasonlítva a higanygőz lámpával (Zöld vonal: Hg)  
 Forrás: (2012.04.28)

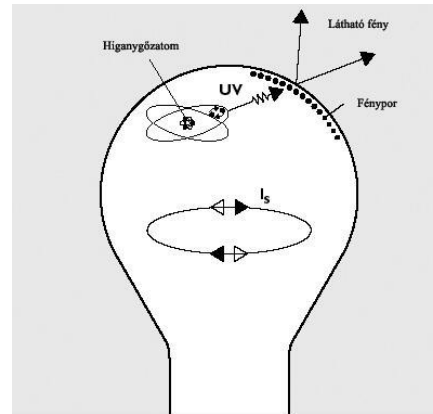
<http://www.olympusmicro.com/primer/techniques/confocal/noncoherentsources.html>

### 3.3.2.7 Indukciós lámpa

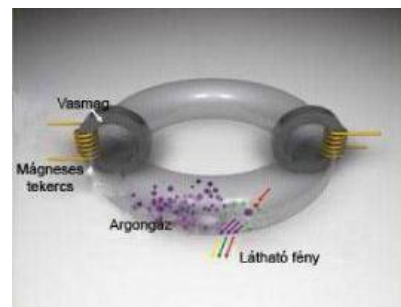
A gyártók különböző konstrukciókban gondolkozva készítették el a termékeiket, azonban az alapelv mindegyikben közös; elektródák nélküli, indukciós elven, nagyfrekvenciás elektromágneses teret keltenek. Ebben a térben kisnyomású, higanygőzzel töltött fényporral bevont burát helyeznek el, ami a fényt bocsájtja ki.

.Ind-1. ábra

Az indukciós lámpa működési: külső nagy frekvenciás mágneses térrel áramot indukálunk a kisülési térben, és a gerjesztett Hg atomok fotont emittálva térnek vissza az alapállapotukba. Ezt az UV fényt a fényport gerjeszti, ami látható fényt emittál (lumineszkál)  
 $I_s$ : a gerjeszt tekercs (mint primer tekercs) által gerjesztett áram (szekunder áram)



Forrás: (2012.04.22) <http://www.villanyszaklap.hu/cikkek.php?id=207>,



Ind 2-3 ábra: a gyakorlatban megvalósított modell, és működési elve

Forrás: (2012.05.02) <http://b-led.hu/images/stories/i1.bmp>,

<http://sites.google.com/site/olcsobbelet/indukcios-lampa---a-joevo-vilagitasi-technikaja>

Az elektronikus gyújtás nagyfrekvenciás áramot generál. Amikor a nagyfrekvenciás áram a gerjesztő tekercsen keresztül folyik, elektromágneses mezőt hoz létre a gázzal töltött térben. Ez a váltakozó mező elektromos kisüléseket hoz létre. Az így létrehozott kisülés a zárt kisülési térben a szabad elektronok felgyorsulását okozza, amik a higany atomokkal ütköznek, és instabil, gerjesztett szintre kerülnek. Azoknak az atomoknak, gerjesztett elektronjai egy magasabb instabil energiaszintről visszaesnek egy alacsonyabb szintre, ultraibolya sugárzás formájában energiát adnak le. A létrejött UV sugárzást látható fénné a foszforral (vagy foszforeszkáló anyaggal) bevont cső alakítja át. Az indukciós lámpa formája javítja a gerjesztett mágneses tér, és így a lámpa hatásfokát.

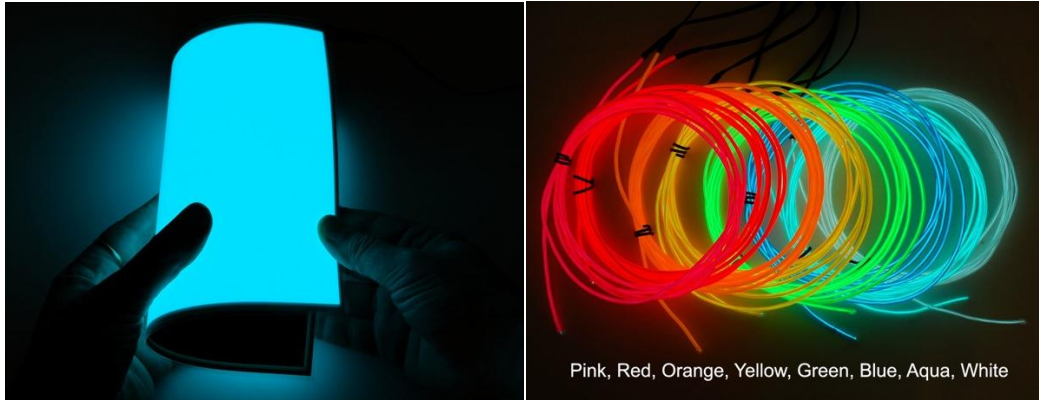
Fényhasznosítása magas, 80-90lm/W irodalmi, de 60lm/W az adatlap alapján. Színvisszaadása is jó (CRI>80), tetszőleges gyakorisággal ki-be kapcsolható, mivel semmilyen elektródát nem tartalmaz a lámpa. A fénye nem pontszerű, hanem a fénycsövekhez hasonlóan diffúz. A reklámozó irodalmak szerint szilárd formában tartalmazza a higanyt (amalgám), ami könnyen hasznosítható. A reklámozó irodalmak nem szólnak arról, hogy a szilárd higany nem emittál semmilyen fényt, hanem az argongázban elkeveredett higanygőz teszi ezt meg. Tehát a megsemmisítésének a költsége valószínűleg a normál fénycsövekével egyezik meg. Előnye azokkal szemben, hogy élettartama sokszor akkora, és a kompakt fénycsövekkel (legalábbis a többségével) ellentétben itt az elektronika külön cserélhető. Mivel a lámpa üzemi hőmérséklete alacsony (40-60°C), ezért sem a részegységek hőterhelésével, vagy a higany számottevő diffúziójával nem kell számolni.

*„Tekintve az indukciós lámpák első ránézésre elég magasnak tűnő beszerzési költségét (néhány 10,000 Ft), általánosságban elmondható, hogy alapvetően csak olyan alkalmazások esetén beszélhetünk gazdaságos üzemeltetésükről, ahol a fényforráscsere a speciális installációs környezet miatt rendkívül nehézkesen (esetleg csak termelés kiesés, gépleállítások árán) ill. a hozzáférhetőség miatt csak nagy költséggel (pl. árkádok) valósítható meg. Ilyenek például a tornyokban, ill. egyéb építményeken (hidak, erőművek) lévő funkcionális-, reklám-, vagy jelzővilágítások, vagy akár a kültéri dekoratív közvilágítás, ahol a helyszíni karbantartásokat minimalizálni kell. Ezekben az esetekben a rendkívül hosszú élettartam és a tartósan kiváló minőségű, stabil fényminőség együttes megléte garantálja az indukciós világítási megoldásba történő beruházások hosszútávon többszörös megtérülését.”*

*Forrás: <http://www.villanyszaklap.hu/cikkek.php?id=207>*

### **3.3.2.8 Elektro-lumineszcens fényforrás (EL fólia, EL kábel)**

Különleges fényforrások. Nagyon laposak,  $d < 1\text{mm}$ , vagy vékony kábel formájúak, tetszőlegesen nagy, akár több  $\text{m}^2$ -es felületűek is lehetnek, hajlékonyak, több színben is készülnek.

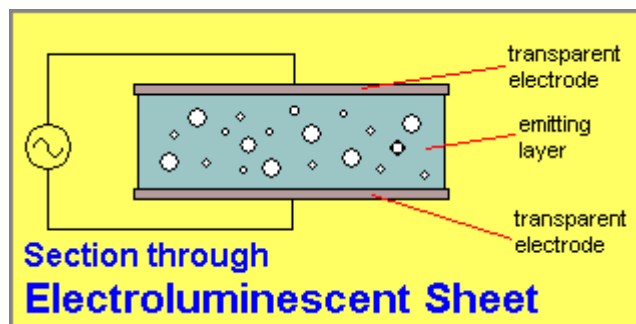


EL-1,2 ábra

Különleges tulajdonságú fényforrások. A képeken látszik, hogy a felületi fényességük olyan kicsi ( $720\text{lm/m}^2$ ), hogy csak sötétben érvényesülnek.

Forrás: (2012.04.08) <http://www.adafruit.com/blog/2011/08/04/new-products-el-wire-white-aqua-blue-green-yellow-orange-red-and-pink-electroluminescent-wire/>,  
<http://www.adafruit.com/blog/2011/08/09/new-product-electroluminescent-el-panel-aqua-plus-extras/>

### 3.3.2.8.1 Működési elvük



EL-3. ábra

Az EL fóliák működési elve: két transzparens elektróda közé szigetelőt és változó elektromos mező hatására fényt emittáló vezetőt helyeznek, és váltófeszültséget adó,  $\sim 100\text{V}$ -os generátorra (inverterre) kapcsolják.

Forrás: (2012.04.08) <http://talkingelectronics.com/projects/Electroluminescence/LitELLine02.html>

Két átlátszó elektróda közé változó elektromos mező hatására fényt emittáló anyagot (pl. foszfor, cink-szulfid) tesznek. A két elektródára néhány tíz, esetleg  $100\text{V}$ -os váltakozó áramot kapcsolnak. Az így létrehozott  $\sim 10000\text{V/cm}$ -es váltakozó elektromos mezőben jön létre a fénykibocsátás. Az emittált fény színe függ a gerjesztő feszültség frekvenciájától is, valamint ha Cu vagy Ag ionokat adagolnak a cink-szulfidhoz, akkor zöld helyett kék színű lesz a lumineszcencia, alkáli fémek esetén tetszőleges szín előállítható, akár fehér is.

Hatásfokuk alacsony, tehát nem felelnek meg lakótér világításra. Viszont jól használhatók olyan helyeken, ahol egyenletes, diffúz, kis fényerő szükséges, pl. mozik, színházak irányfénye, vagy pl. szükségvilágítás, világító tájékoztató táblák, háttérvilágítás kijelzőknél, óráknál. *Forrás: <http://edisontechcenter.org/electroluminescent.html>*

#### 3.3.2.8.2 Az EL fóliák tönkremenetele

Egyébként sem nagy fényerejük gyorsan csökken, 50% 2000-3000h után. A másik probléma, hogy nagyon érzékenyek a gerjesztő feszültség alakjára. Ha nem szimmetrikus a sinus görbe, akkor élettartamuk csak töredéke a 2000h-nak. Érzékenyek az UV-re (napsugárzás), és a nedvességre.

Mivel elég körülményes a meghajtásuk, és tönkremenetel esetén a cseréjük, valamint nem is olcsóak, és a LED technológia is sokat fejlődött, egyre kevésbé használják ezeket az eszközöket. LED-es élvilágítókkal legtöbbször tökéletesen helyettesíthetők. Az EL fóliák hatékonysága 2-10lm/W.

#### 3.3.2.9 LED-ek (fényemittáló diódák)

Az utóbbi néhány évben nagyon sokat fejlődött a LED technika. Az első piros majd zöld LED-ek után megjelentek a nagy fényerejű LED-ek, majd feltalálták a kék LED-eket, ezzel egy időben az UV és a fehér LED-et is. A '90-es évek legvégére hatásfokuk elérte az izzókét, mára már többszörösen meg is haladták azt. Jelenleg olcsóak, és már jelentős fényáramot produkálnak. Élettartamuk ideális esetben (megfelelően méretezett terhelés és hűtés, záróirányú feszültséggel nem terheljük, elektrosztatikus védelem) elérheti a 60000 órát (10% fénycsökkenés). A régi LED-ek üzemi áramerőssége 20mA volt (7-8lm maximális fényáram, jellemzően 3V nyitófeszültség, ~60lm/W hatásfok), a ma világításra használt úgynevezett Power-LED-ek üzemi árama I=350mA, vagy ennek egész számú többszöröse. Nyitó feszültségük >3,5V (jellemzően 10V), akár 100lm-es fényáram, és akár 160lm/W hatásfok.

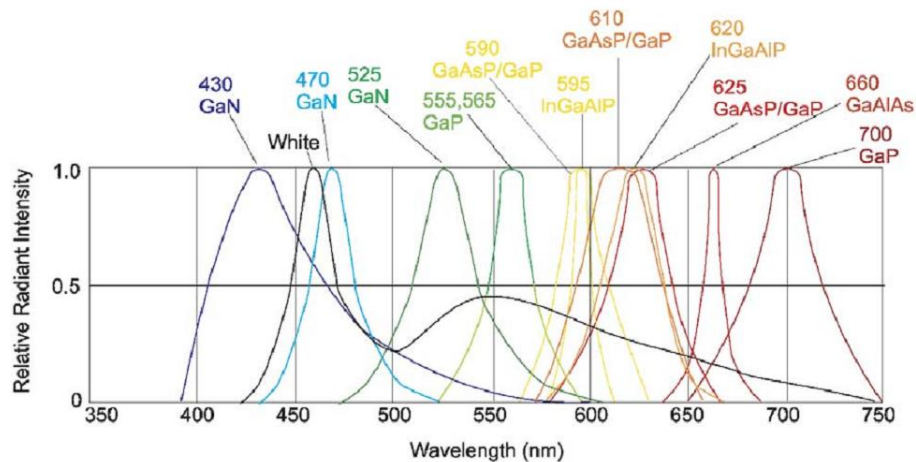
##### 3.3.2.9.1 Felhasználásuk

A kezdeti 0,1lm/W Led-eket műszerekben jelzőfényként használták. Miután megközelítették a fehér LED-ek az izzó hatásfokát, megjelentek a kerékpáros közlekedésben, fejlámpákban, design-fényekben.

Mára már a hagyományos izzók hatásfokát sokszorosán meghaladják, bár a LED-es fényforrások fényárama még csak a csúcs kategóriában éri el pl. a 60-100W-os izzókét. A fényük nagyon irányított (mint a SPOT lámpáké), és ez jelenleg inkább hátrány, mint előny. A POWER LED-ek kb. 60°-os sugárzási szöggel rendelkeznek, de még sok LED-es fényforrásba nem ezeket építik. Jelenleg inkább a SPOT lámpák helyettesítésére használhatók ezek a fényforrások.

Felhasználásuknak az is gátat szab, hogy a hálózati feszültség egyenirányításával előállított 100Hz-es villogás nagyon zavaró. Ráadásul még a meghajtó elektronikák nem túl jó hatásfokúak. A feszültség letranszformálása és egyenirányítása nem jár túl nagy veszteséggel, de az áramgenerátorok nagyon rossz hatásfokúak. Egy 2W-os LED-hez való áramgenerátor szintén 2J hőenergiát termel, és az ára magasabb, mint magáé a LED-é. LED-enként 1db ilyen szükséges, mivel céláramkörrel (cél-IC)-ről van szó. Az univerzális áramgenerátoroknál (pl. 78XX IC) sem jobb a helyzet. Az áramgenerátor legalább a felvett energia 50%-át hővé alakítja.

### 3.3.2.9.2 Működési elvük



LED-1. ábra

A különböző félvezetőkből készült LED-ek által kibocsátott fény jellemző hullámhosszai. A lista nem

teljes, folyamatosan bővül a kínálat. Forrás: (2012.05.10)

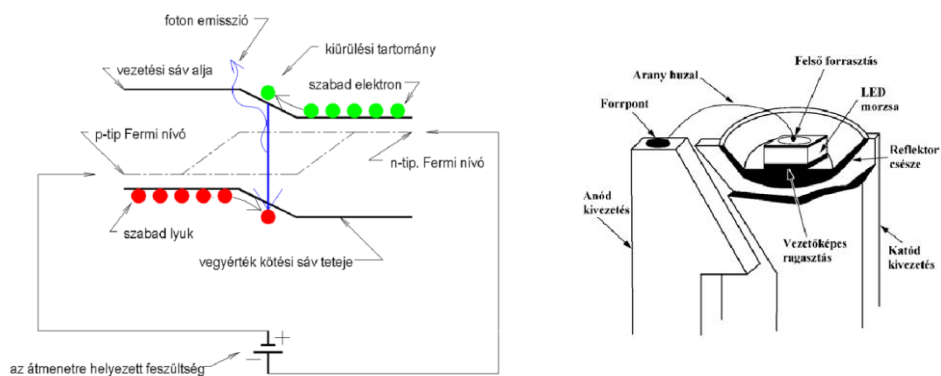
[www.percept.hu/hu/led/Varga\\_Karoly\\_LED\\_meres.pdf](http://www.percept.hu/hu/led/Varga_Karoly_LED_meres.pdf)

A LED-ek félvezetők, az elektrolumineszcens sugárzók közé tartoznak. Olyan rétegdiodák, amiben egy p-n átmenet található. A LED-eket nyitóirányban kell működtetni, ilyenkor az n rétegből lépnek át az elektronok a p rétegbe. A p réteg lyukai



és az n réteg elektronjai egymás felé haladnak, és bizonyos valószínűséggel rekombinálnak. A LED p-n átmenetét úgy alakítják ki, hogy a rekombináció során emittálódó fényt tudjuk hasznosítani (világítson a LED). Különleges tulajdonságuk, hogy az áramerősséggel nem hogy nő, hanem inkább csökken a hatékonyságuk. Kis áramerősségnél (néhány mA) Power-LED-ek esetében akár 250lm/W is lehet, nagy (üzemi ~350-700mA) áramnál már csak maximum 150lm/W. Ennek az oka nem teljesen tisztázott, de nem a hőmérséklet-emelkedéssel van kapcsolatban.

A kibocsájtott sugárzás spektruma az infravörös és az UV között jól szabályozható a felhasznált félvezetők anyagától függően. Pl. GaAs félvezető infravörös, a GaP 557nm-es zöld fényt emittál. Kék fényt GaN illetve InGaN félvezetőkkel állítanak elő.



ábra: A LED-ek működése

Jobb oldalon: a rekombináció és a fénykibocsájtás szemléltető ábrája. Bal oldalon: egy tipikus 5mm-es LED felépítése. A képen látható elektronikát Epoxigyantába ágyazzák a gyártók.

Forrás: (2012.05.10) [www.percept.hu/hu/led/Varga\\_Karoly\\_LED\\_meres.pdf](http://www.percept.hu/hu/led/Varga_Karoly_LED_meres.pdf)

### 3.3.2.9.3 A LED-ek tönkremenetele

A LED-ek félvezető eszközök. Ha záró irányban terheljük őket, azok maximum 7-10V záróirányú feszültséget tudnak károsodás nélkül elviselni (Zener diódával, vagy egyéb módon megvédhetőek a led-ek). Az elektrosztatikus kisülések is károsíthatják, ez főleg a beszereléskor vagy előtte lehet probléma. Érzékeny az ionizáló sugárzásra is.

A Power-LED-ek esetén ( $I > 350\text{mA}$ ) dióda üzemi hőmérséklete 100-110°C, de minél kevesebb, annál hosszabb lesz a LED élettartama. A LED-ek nyitófeszültsége 10V körül van. Függ a hőmérséklettől, és felhasználás előtt az LED-eket nyitófeszültség (és szín és fényerő) szerint válogatni kell. Ha nem áramgenerátort használunk a meghajtásukhoz, akkor ezt figyelembe kell venni. További probléma, hogy a LED-eket

sorba szokták kötni, és ha egy tönkremegy, akkor vagy nem világít a többi sem (szakadás esetén).

Zárlatos meghibásodásnál pedig az áramgenerátorra nagyobb terhelés jut (4 led esetén 25%-kal változik az összes nyitófeszültség). Ha nem áramgenerátorral hajtottuk meg a LED-eket, akkor ilyenkor jelentősen megnő a led-ek terhelése az áramerősség növekedése miatt. Energiahatékonysági okokból az áramkorlátozó ellenállást minél kisebbre választva az a nyitófeszültség csökkenés akkora áramerősség növekedéssel jár, hogy legjobb esetben is biztosan azonnal tönkremegy az összes led az adott körben (rosszabb esetben más is).

#### **4 Az energiahatékonyság javítási lehetőségei**

A fényforrásokat általában nem önmagukban használjuk, hanem úgynevezett világítótestben helyezük el őket. A gyártók feladata olyan világítótest-választékot kínálni, amiből jól válogatva a lentebb leírt szempontoknak megfelelő világítási rendszerek hozhatók létre.

A világító testek feladata pedig az, hogy a fényforrás fényét a lehető legoptimálisabban irányítsák mind térben mind pedig időben, hogy a fényforrások fényét a lehető legjobb határfokkal tudjuk felhasználni. Emellett gyakran esztétikai és anyagi jellegű követelményeknek is meg kell felelni.

A fenti két feladat a gyártók gazdasági érdekével is megegyezik, tehát megoldottnak tekinthető. Természetesen szükség van újabb és újabb fejlesztésekre, mert az igények és a fényforrások is változnak.

A tervező feladata az, olyan világítótesteket tervezzen és helyezzen el a megvilágított térben, hogy a kívánt funkció betöltéséhez szükséges és elégséges mennyiségű fény a szükséges helyen és időben a rendelkezésre álljon. Ez azonban sokszor nem csak a világítótestek és a fényforrások megválasztását jelenti. Az egyéb, a térben lévő, vagy azt határoló elemek (fal, bútorok, mennyezet, stb.) bizonyos tulajdonságainak (alak, szín, elhelyezés) illeszkednie kell a kívánt célhoz.

A fényt igénybe vevő, és/vagy az azt biztosító személy, személyek feladata pedig az, hogy törekedjen a költséghatékony és környezetbarát energiahasználatra. Ennek elősegítésére vagy néha kikényszerítésére az anyagi érdeken kívül egyre több, automatikusan működő „intelligens” rendszer készül. Ez ideális esetben nem csak a kényelmet szolgálja, hanem valóban energiát és hosszú távon pénzt is megtakarít.

Szakirodalmak egyet értenek abban, hogy egy építészetiileg megfelelően méretezett belső tér esetében csak a nappalok 10-30%-ában van szükség mesterséges világításra.

#### **4.1 A fényáram térbeni és időbeli eloszlásának optimalizálása**

Általában ott van szükség a fényre, ahol éppen tartózkodik valaki. A megfelelő viselkedési formák elsajátítása a gyermekkorban elkezdődik, nagy szerepe van benne a nevelésnek. Érdemes megvizsgálni azt is, hogy rövid időre érdemes-e lekapcsolni a villanyt?

Ehhez azt kell figyelembe venni, hogy a fényforrás és a kapcsoló élettartama is függ a kapcsolások számától. A mechanikus kapcsolókat minimum 10000 kapcsolásra tervezik, bár az adatlapok nem nagyon közölnek a lakossági kapcsolóknál ilyen adatot. Az élettartam függ a kapcsolt feszültségtől, és a kapcsolón folyó áramerősségtől is. Ha figyelembe vesszük, hogy ritkán kapcsoljuk a megengedett maximális áramokat, és hogy a kapcsolókra 1-3-5 év garanciát adnak. Az is a kapcsolgatás mellett szól, hogy ma már megjelentek a mechanikus elemet nem tartalmazó úgynevezett szilárdtest kapcsolók is, amelyek ráadásul távirányítóval is rendelkeznek.

A fényforrások élettartam változására vonatkozóan szintén nem sikerül találnom hiteles forrást, így itt is csak abból indulhatunk ki, hogy a várható üzemidő meghatározásánál a teszten valószínűleg figyelembe vették, hogy a fényforrást legalább 4 óránként egyszer ki-be kapcsolják.

Még egy tévhit él a kapcsolgatással kapcsolatban, miszerint bekapcsoláskor a fényforrások olyan sok energiát fogyasztanak, hogy nem éri meg pár percre lekapcsolni őket. Ez egyszerű érveléssel alátámasztható, hogy nem igaz, és mérésekkel igazolható is. Ha például egy hagyományos izzót áramgenerátorra kötünk, akkor is 1 másodpercen

belül eléri a teljes üzemi fényerejét. Az elektronikus vezérlésű eszközöknél például a gyújtás egy kondenzátorból, vagy a gyújtótekercs által tárolt energiával történik, ami maximum néhány Joule.

#### 4.1.1 Helyi megvilágítás

A következő táblázatban felsorolok néhány általam tapasztalt, vagy hallott, esetleg talált problémát, ami a világítás ilyen irányú optimalizálásakor jelentkezhet, és a megoldást is közlöm. Gyakran az időbeli és a térbeli optimalizálás nem választható élesen szét.

Probléma	Megoldás
Számítógépes munkavégzés	Semmi sem indokolja az egész iroda megvilágítását. Azonban a billentyűzet általában meg kell világítani. Ha iratokkal is kell dolgozni, akkor az egész asztal megfelelő fényerővel történő megvilágítása szükséges.
Az irodában többen dolgoznak	Természetes megvilágítás + lokális megvilágítás kombinációja
Rövid időre kell a gép, naponta többször	A világítás vezérlése az asztalról, a gép mellől
Pszichikai hatás: sok embert motivál a munkában, ha erős fény tölti be az irodát	Kiseb fényerejű, energiatakarékos és hideg fényű fényforrások alkalmazása, ha a természetes megvilágítás nem elég, hideg színhatású falak, bútorok, fémek, fém hatású anyagok alkalmazása
Lépcsőházak, közlekedők megvilágítása	Mozgásérzékelők elhelyezése, a lehető legtöbb szegmensre osztva a teret
A mozgásérzékelők nem minden ponton érzékelik megfelelően a mozgást. Későn kapcsolják a fényt, túl hamar lekapcsolják, stb.	Párhuzamosan kötött mozgásérzékelők, korszerűbb típusok
A fénycsövek gyújtása tönkreteszi a mozgásérzékelőket	LED-es fényforrások alkalmazása, vagy 230V-os halogénlámpák

*A világítás modernizációjakor, optimalizációjakor fellépő tipikus problémák*

*és arra javasolt megoldások*

#### 4.1.2 Fényvisszaverő felületek

A térbe juttatott és megfelelően irányított fény hasznosulása nagyban függ attól, hogy a térben milyen színű és milyen anyagminőségű felületekkel találkozunk. A fénnel ilyen esetben a következő dolgok történhetnek:

- elnyelődik: ez általában a világítástechnikában ez a legkedvezőtlenebb eset, viszont előbb-utóbb ez történik a fénnel

- visszaverődik: ez általában előnyös, hiszen így növeli a fényűrűség az adott térben. Ezáltal a tárgyak jobban megvilágítottá, tehát jobban láthatóvá válnak.
- áthalad, megtörik, szóródik: átlátszó vagy áttetsző felületek esetén történik

A felületekről visszaverődő fény eljuthat az ember szemébe, vagy újabb felülettel találkozik terjedése folyamán. A visszavert fény spektrális összetétele a megvilágító fényforrástól, valamint a felület visszaverő képességétől függ. A felületre beérkező és a visszavert fény arányát albedónak nevezzük. 100% az albedója a tökéletesen fehér felületnek. A fehér fal fényvisszaverő képessége 60-80% körül van, de megfelelő festékekkel 95% is lehet.

Fal fajtája	Fényvisszaverő képesség (%)
Sima, fehér fal – agas visszaverő képességű speciális festékekkel	95
Sima, fehér fal, mennyezet – frisse festve hagyományos festékekkel	80
Alumínium	73
Alumínium színezett (bézs)	54
Mennyezet régen festett, fehér	50
Alumínium színezett (sárga)	42
Padlófesték (Eco Floor Paint)	40
Tégla (vörös)	33
Átlagos fal, világos színű	30
Színezett alumínium (vörös)	27
Növényzet zöld része	25
Cement (szürke)	16
Padló (fa)	10
Színezett alumínium (sötétkék)	8
Matt fekete kültéri falfesték	2
Porózus falfestékekkel festett fal	1,5

*HAT-1. ábra: Különböző felületek fényvisszaverő képessége %-ban.*

Forrás: (2012.05) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778804001793>,  
<http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp?purl=/7000986-lpoimS/7000986.pdf>

A táblázatból látszik (és tapasztalatból is tudjuk), hogy a sötét színek általában elnyelik a fényt, tehát egyrészt hővé alakítják a fényt, másrészt csökkentik a szórt fény mennyiségét a térben, azáltal nagyobb fényerejű fényforrásokra van szükség adott átlagos megvilágítás eléréséhez.

Ismertek olyan építészeti megoldások, ahol a **napfényt a mennyezeten vezetik be a térbe**. Viszont ezeket – vélhetőleg – történelmi okból nem alkalmazzuk. Egyszerűen nem szoktunk hozzá, hogy a tetőn átvezetve fényt engedjünk a lakótérbe. A **tetőablakok nem** jelentenek megoldást, mert az azokon belépő direkt fény szintén a

padlóra vetül, és a fali ablakon bejutó fény sorsára jut. A jó megoldás az lenne, hogy kis ablakon, de megfelelő diffúzorral és hővédő fóliával látnánk el a lakásainkat. Az ELTE TTK épületei közül ehhez közelítő megoldással találkozhatunk a Déli épület néhány első emeleti termében a 8-as folyosón, valamint a „Süni” néven ismert befejezetlen ELTE TTK uszodában. Rossz példaként pedig az Északi és a Déli épület üvegtetejű folyosóit említhetnénk meg.

### 4.1.3 Időbeni optimalizálás

**A fényforrások általában nem veszik figyelembe, hogy mikor milyen mértékben van rájuk szükség.**

Nem kapcsolnak ki, ha senki sincs az adott helyen, illetve néha kikapcsolnak akkor is, ha valaki ott van, csak nem mozog. Mindenkinek ismerős, amikor a WC-ben a legrosszabbkor kapcsol le az időzítő, mert nem érzékeli a mozgásunkat, és letelik a beállított 30 másodperc.

A másik lehetőség, amikor van még természetes fény, és csak egy kismértékű kiegészítésre lenne szükség.

Tipikus jelenség az is, amikor a **liftekben** egész nap és éjszaka ég a lámpa. Ez általában 2-4 fénycső folyamatos üzemét jelenti (50-100W). Ki szállna azonban be félelem nélkül egy sötét vagy majdnem sötét liftbe? A megoldás itt is egyszerű, csak programozás kérdése: ha a súlymérő nem mér súlyt, akkor csukja be az ajtót és kapcsolja le a lámpát. Ezt egyébként a régi, kézzel nyitható ajtajú liftek tudták.

Másik ilyen pazarló felhasználás a **folyosók** megvilágítása, ahol nem veszik figyelembe, hogy éppen mennyi fény szűrődik be kintről, van-e a folyosón valaki, és hogy nem azonos mennyiségű rásegítő világítás szükséges az ablakhoz közel, és attól távol. Részleges megoldást jelent, ha az üzemeltető legalább 2 fokozatban tudja kapcsolgatni a lámpát, és ha úgy ítéli meg (éjszaka, verőfényes napsütés), a lámpák felét lekapcsolja. A fokozatmentesen és egyedileg szabályozható (önszabályozó) fényforrások megoldást jelentenének a problémára. És esetleg folyosónként, vagy nagyobb szakaszonként, mozgásérzékelővel is kiegészítve, mert elég nyomasztó egy hosszú sötét folyosón sétálni, ahol csak az a lámpa ég, ami alatt elhaladunk. A mai

technikai fejlettségi szinten ez már megoldható lenne. Létezik mind LED-ekhez mind pedig fénycsövekhez olyan vezérlő elektronika, amivel a fényerő igen tág határok között változtatható. Fénycsöveknél a minimális fényerő 10%, LED-eknél elméletileg nincs ilyen határ. Mivel azonban még nem elég elterjedtek a LED-es világítóeszközök ilyen célra, ezért még ez nagyon drága megoldás, és esetleg nagyon hosszú távon térülne csak meg. Háztartásban valószínűleg sohasem. Ha tömeges igény jelenne meg ezekre a termékekre, akkor az árak a mostani töredékére zuhanna. Ez pl. fénycsövek esetén azt jelentené, hogy a mai 20 ezer forint körüli vezérlő ára pár ezer forintra esne, és a fénymérő és közelségérzékelő is beleférne ebbe az árba. Ma már elég fejlettek az ún. egytokos számítógépek is, tehát együtt működő intelligens rendszerek is megvalósíthatóak lennének. Már ezeknél a mikroszámítógépeknél is cél az, hogy alvó módban nagyon kicsi legyen a fogyasztásuk. Tehát nem áll fenn az a lehetőség, hogy a megspórolt energia nagy részét elhasználja az intelligens elektronika.

A fentiekből látszik, hogy intelligens megoldásokra és **jól szabályozható fényforrásokra van szükség**. Háztartási felhasználásnál ez azt jelenti, hogy az adott egyébként sem nagy teljesítmény fényforrást akár naponta 30-szor, vagy még többször ki-be kell kapcsolni.

#### 4.1.4 Komplex optimalizálás

A bejárati ajtónál, olyan helyre kellene elhelyezni egy áramtalanító kapcsolót, ami szelektíven, **egy kapcsolással áramtalanítja az összes fényforrást** a lakásban. (Érdeemes ilyen módon az egyéb elektromos eszközöket is áramtalanítani – TV, DVD, számítógép, stb. – így ha senki sincs otthon, nem fogyasztanak áramot a készenléti módban lévő, vagy esetleg bekapcsolva felejtett eszközök). Ez olyan esetben méginkább kifizetődő, ahol a világítás vezérlését elektronika végzi, mivel azokon kikapcsolt állapotban is folyhat néhány mA vagy  $\mu\text{A}$  áram.

## 4.2 Műszaki fejlesztési lehetőségek

### 4.2.1 Elektromos hatékonyság javítása (lm/W)

Ez a fejlesztők feladata. A felhasználó csak annyit tehet, hogy **a régi fogyasztókat legalább meghibásodásukkor** új, korszerűbb típusúra cseréli. A választásnál fontosak a gazdasági megfontolások és a személyes preferencia sorrend is.

### 4.2.2 Élettartam növelés

A gyártók törekednek erre. Az előzőekből látszik, hogy míg egy hagyományos izzó esetén 1000 vagy maximum 2000 órát ígértek, addig egy korszerű LED-es fényforrásnál ez 20000, de akár 60000 óra is lehet. Mivel még nem elég nagyok a tapasztalatok a LED-es fényforrások üzemeltetésében, ezért a gyártók óvatosak.

### 4.2.3 Felújítás

Villamossági felújításkor megfontolandó lehet a megszokott villanykapcsoló helyett olyan **kapcsolókat** beépíteni, hogy a fényforrások ne csak a helyiségbe belépés helyén legyenek kapcsolhatók, hanem pl. az ágy fölül, fotelból, vagy a TV elől is kapcsolható legyen, illetve a fényerő szabályozható legyen.

### 4.2.4 Fejlesztés

Jelenleg még csak fejlesztés alatt vannak, illetve nagyon drágák az olyan intelligens eszközök, amik automatikusan áramtalanítják a nem használt eszközöket, ki-be kapcsolják a fényforrásokat, a klímát, illetve szabályozzák azokat, szabályozzák az ablakok árnyékolását, stb. Ezek a programok léteznek már számítógépre, és néhány új építésű luxuslakás már tartalmazza is ezeket. Ezek az intelligens eszközök és az érzékelők szintén áramot fogyasztanak, tehát csak akkor éri meg a használatuk, ha valóban spórolnak is energiát. Utólagos telepítésük azért is nehézkes, mert érzékelőket is el kell helyezni. Ha egyedi gyártásból tömeggyártásba kerülnek, várható, hogy az áruk csökken.

## 5 Fényforrások környezetbarát tulajdonságainak összehasonlítása

### 5.1 A befektetett teljesítményre jutó fényáram számítása

#### 5.1.1 Nap

Az irodalmi adatok alapján a következő számítással határoztam meg a Nap fényének hőteljesítményre vonatkoztatott hatásfokát:

$$\text{hatásfok} = \frac{\text{Látható fény}}{\text{Hőteljesítmény}} = \frac{130000\text{lm}}{1000\text{W}} = 130 \text{ lm/W}$$



Figyelembe vettem, hogy a napfény fényárama  $130000\text{lm}/\text{m}^2$ , hőteljesítménye  $1000\text{W}/\text{m}^2$ . A számításokat  $1\text{m}^2$  felületre végeztem el, így a teljesítmény  $1000\text{W}$ , a fényáram  $130000\text{lm}$ .

### 5.1.2 Fóliázott ablak

Ablak esetében, ahol az áteresztőképesség függ a frekvenciától a következő egyszerűsített számítással határozható meg az áteresztett fény hatásfoka:

$$\eta_{\text{ablak}} = \frac{T_{\text{látható}} * 130000\text{lm}}{P_{\text{összes}}}$$

ahol  $\eta_{\text{ablak}}$  az adott ablak által átengedett fény hatásfokát  $\text{lm}/\text{W}$ -ban,  $T_{\text{látható}}$  pedig a látható fényre vonatkoztatott transzmittanciát jelöli. Az értékeket a gyártó cégek megadják. Figyelembe véve azt az irodalmi adatot is, hogy a látható fény a teljes sugárzás 43%-át teszi ki, a következőképpen végezhető el a számítás:

$$P_{\text{összes}} = T_{\text{látható}} * 1000\text{W} * 0,43 + T_{\text{nemlátható}} * (1 - 0,43) * 1000\text{W}$$

$T_{\text{nemlátható}}$  a látható hullámhosszon kívül eső sugárzásra a transzmittancia.  $P_{\text{összes}}$  az összes hőteljesítményét jelenti. Ezt visszaírva az előző egyenletbe, és rendezve megkapjuk a keresett hatásfok képletét:

$$\eta_{\text{ablak}} = 130 \frac{\text{lm}}{\text{W}} * \frac{T_{\text{látható}}}{0,43T_{\text{látható}} + (1 - 0,43)T_{\text{nemlátható}}}$$

Az ideális ablaknál:

$$T_{\text{látható}} = 1 \quad \text{és} \quad T_{\text{nemlátható}} = 0$$

A számítások eredményei a 3.1.1 fejezetben és a 8.2 mellékletben megtalálhatók.

### 5.1.3 Kémiai fényforrások

A kémiai fényforrások hatásfoka ( $\eta$ ) is kiszámítható. Ehhez ismerni kell a fényforrás fényáramát ( $I$ ), a tüzelőanyag fogyasztását ( $F$ ), és annak fűtőértékét ( $c$ ). A hatásfok:

$$\eta = \frac{I}{F * c}$$

képlettel számítható. Ha a fényáramot lumenben, a fogyasztást g/s-ben, a fűtőértéket kJ/kg-ban mérjük, az eredményt lm/W-ban kapjuk meg. A kémiai energiával működő fényforrásoknál ezzel számoltam.

#### 5.1.4 Elektromos energiát használó fényforrások

Itt a hatásfok számítása azért nem okozott problémát, mert a teljesítményt (P) és a fényáramot (I) a gyártók, forgalmazók mindig megadják. A hatásfok ( $\eta$ ) számítása:

$$\eta = \frac{I}{P}$$

képlettel történt, ahol a fényáramot lumenben, a teljesítményt Watt-ban számoltam. A számítás eredménye az adott fényforrásoknál, valamint a 8.4 mellékletben megtalálhatók.

#### 5.2 Világítási költség számítása

A világítási költségnél a fogyasztók jellemző beszerzési árát, és az élettartamuk alatt felhasznált energia árát (a mai áron) vettem figyelembe. Valamint a fényforrás élettartama alatt évi 20% kamatot is számoltam. A üzemeltetési költségnél számítást 1380lm-re normálva végeztem el, ami egy 100W-os hagyományos (Tungsram) izzó fényárama.

#### 5.3 Élettartam

Egy elektromos fogyasztó nem csak működése során terheli a környezetet. Annak előállítása és tönkremenetele után a megsemmisítése illetve ártalmatlanítása, újra feldolgozása szintén terheli vagy terhelheti a környezetet. Nem lehet tetszőlegesen alacsony értékre csökkenteni például a veszélyes anyag felhasználást. Ezért szükséges, hogy az előállított és energia hatékony eszközeink élettartama minél hosszabb legyen. Az élettartamot több tényező befolyásolja. A jó tervezés, a megfelelő előállítási technológia, és a felhasználás szakszerűsége is számít. A gyertya esetében az élettartamról nem beszélhetünk, de a petróleumlámpa, gázlámpa, ívfénylámpa esetében már igen. Itt az élettartamot évtizedekben mérhetjük, ha azt a tulajdonosa kellő gonddal használta. Az élettartam problémája a hagyományos izzónál jelent meg először, ahol hulladék is keletkezett, illetve nem csak egyszerűen a fogyó anyag pótlásáról kell gondoskodnunk. A mai izzók élettartama 1000-2000 üzemóra körül

várható, valamint hasonló a lakóterek világítására használt halogén lámpáké is. A kisülési csövek élettartama 5000-20000 óra, kevés ki-be kapcsolást feltételezve. A LED-es fényforrások élettartamára a gyártók 20000-60000 órát ígérek, vagy akár 5-10 év garanciát is vállalnak. Ilyen **garancia az egyéb fényforrásokra soha sincsen**. A fényforrások élettartama és a működési hőmérséklet (izzószál, kisülési cső, félvezető hőmérséklete) között megfigyelhető valami-féle összefüggés, de nem mondható ki egyértelműen a kettő között fordított arányosság a technológiai különbségek miatt.

## 5.4 Hulladék

Már az előző fejezetben említettem, hogy hulladék keletkezik a fényforrások elhasználódásakor. Bár bizonyos megközelítés szerint a hulladék nem más, mint nem megfelelő helyen lévő nyersanyag, de azt is figyelembe kell venni, hogy gazdaságos-e ennek a nyersanyagnak a pillanatnyi felhasználása. Az EU-ban gyártott és vásárolt termékek ára tartalmazza a gyártásukkor keletkező hulladékok megsemmisítési költségét is, ugyanakkor ez nem biztos a fejlődő országokból, vagy például Kínából érkező termékekre. Az EU célja az, hogy ne lehessen az előállítás és a megsemmisítés költségét ilyen módon csökkenteni. Ennek az egyik lehetséges módja a termékdíj, ami egy fogyasztás alapú adó, minden egység termékre. Az első eladónak (importőr, gyártó) kell megfizetnie, de végül a fogyasztó fizeti.

### 5.4.1 Milyen hulladékok keletkeznek?

Az izzóknál nincs szükség semmilyen elektronikára a működéshez. Tehát ott valóban csak a fényforrás játszik szerepet a hulladékképződéskor. A LED-ek és a kisülési csövek esetén más a helyzet. Itt a modern típusoknál már komoly elektronika kerül beépítésre. Ha az külön cserélhető, és jól van méretezve, akkor az elektronika élettartama sokszorosán meghaladja a fényforrásokét. Bár az elektrolit kondenzátorokat tartalmazó elektronikák esetében az elektrolit kondenzátorok élettartama ~2000h. Ez nagyon függ a működési hőmérséklettől. Ha a tervezésnél figyelembe veszik ezt a tényt, akkor ez az élettartam 10000 óra is lehet, vagy a legjobb megoldás: nem elektrolit kondenzátort kell beépíteni. A másik gyenge pontja az elektronikának a fémréteg ellenállás, hasonló okok miatt. Sok esetben az áramkör lelkét egy IC adja. Azok, ha a hűtésük megfelelő, évtizedekig is működhetnek. Régen a

forrasztáshoz ón-ólom (cin, forrasztóón) ötvözetet használtak, ma elterjedőben vannak más, ólommentes eutektikumok is.

#### **5.4.1.1 Izzók**

A hagyományos izzóknál és a halogén lámpáknál nem keletkezik veszélyes hulladék. Mégsem lehet a fehér üveg vagy a fémhulladék közé dobni. Az üveg újra felhasználható, de az alumínium és a Wolfram is visszanyerhető belőle.

#### **5.4.1.2 Kisülési csövek, kompakt fénycsövek**

Ezek mindig tartalmaznak higanyt folyékony vagy szilárd (amalgám) és gőz formában. Ezt ártalmatlanítják (ez azt jelenti, hogy az emberre nem veszélyes koncentrációban és vegyületben tárolják). Egy kisülési cső 1-20mg higanyt tartalmaz. A fém a kohászatba kerül, és az üveget pedig újra feldolgozzák a fénycsőgyárak. A fénypor foszfort tartalmazhat. Az elektronikai hulladék gazdaságos újrahasznosítására is folynak kísérletek. Általában elmondható, hogy ezeknek az üzemeknek a rentábilis működéséhez szükség van egy bizonyos minimális mennyiség beérkezéséhez, tehát az üzemek hatékonysága még várhatóan javulni fog.

#### **5.4.1.3 LED-ek**

Még nem érte el ezen fényforrások mennyisége, és különösen az elhasználódott fényforrások mennyisége azt az értéket, amikor a specifikus megsemmisítésük és az újrahasznosításuk gazdaságos, vagy szükséges lenne. A LED egy EPOXI gyantába zárt félvezető darab. Kis mennyiségű aranyat, ritka földfémeket tartalmaz. A kivezetései ónozott – valószínűleg – vas lábak (ferromágneses anyag).

## **6 A dolgozat eredményeiből következő ajánlások hétköznapi felhasználásra különböző területeken**

Egy teljes villamos-hálózati átalakítás egy átlagos (80-120m<sup>2</sup>-es) családi ház vagy lakás esetén több százezer forint, de akár 1-2 millós nagyságrendű is lehet\*. Ezt a korszerűsítést akkor érdemes elvégeztetni, ha az elektromos hálózat állapota ezt egyébként is indokolja. A világítótestek, fényforrások cseréje általában könnyebben és olcsóbban oldható meg. A jelenlegi állapothoz alkalmazkodva a felhasználás függvényében más és más fényforrások javasolhatók. Figyelembe kell venni, hogy

- mennyibe kerül a fényforrás beszerzése
- mennyibe kerül az üzemeltetésük
- milyen minőségű fényt adnak, alkalmasak-e az adott tér megvilágítására
- milyen mennyiségű és eloszlású fényáramot biztosít

*\*adat forrása: Rábcai László villanyszerelő mester, magánvállalkozó; Dekor'99 Kft (az ár a tervezést, az anyag- és a kivitelezési díjat, az engedélyeztetést (ha szükséges) tartalmazza, a világítótesteket, fényforrásokat általában nem)*

## 6.1 Nappali szoba, étkező, iroda, tárgyaló

Itt az emberek sokat tartózkodnak, pihennek, beszélgetnek, TV-znek. Fontos, hogy szabályozható, kellemes fényű ( $R_a > 80$ , semleges fényű) fényforrás legyen, és várhatóan sokat is használják azt. Itt naponta 4-8 órán keresztül is használhatják a lámpákat. Az egész teret egyenletesen és folyamatosan kell megvilágítani, de az olvasáshoz helyi megvilágítás szükséges. TV-t sem szabad teljesen sötét szobában nézni, mert az nagyon igénybe veszi a szemet. A megvilágítási igény így 20-200lux között változik. Erre szabályozható mennyezeti fényforrás megfelelő. Ennek hiányában egy erős és nem szabályozható mennyezeti fényforrás, és olyan helyi világítótest, amely a mennyezet felé fordítva elegendő fényt ad például a TV-zéshez, lefelé fordítva pedig az olvasáshoz. Ez esetben ezt a fényforrást is sokat fogják használni. Megfelelnek a nagyobb teljesítményű kompakt fénycsövek, és a jobb minőségű fénycsövek egyaránt. Napi 4 órás használat esetén 1-1,4Ft/1380lm/h üzemeltetési költséggel számolhatunk, amely ár tartalmazza már a fényforrás beszerzési költségét is.

## 6.2 Hálószoba

Itt inkább helyi világításra lehet szükség, olvasáshoz, esetleg TV-zéshez. A fényforrások használata várhatólag 1-2 óra naponta. Meleg fényű kellemes, megnyugtató világításra van szükség. A kompakt fénycsövek és a hagyományos fénycsövek sem ajánlhatók, a rövid idejű működés miatt. A LED-es lámpák túl drágák, megtérülésük csak speciális szokások esetén, vagy nagyon hosszú évek, évtizedek alatt várható. Itt várhatóan a hagyományos izzók felelnek meg a legjobban az elvárásoknak, kb. 5,1-5,5Ft/1380lm/h üzemeltetési költség várható. Esetleg akcióban lehet érdemes LED-es izzót vásárolni.

### 6.3 Fürdő

A fürdőben többféle tevékenységet folytatunk. A fürdés nem igényel sem jó színvisszaadású, lámpát, és elegendő 100lux körüli fényerő, vagy néha 8-10cd. A sminkelés erős, és jó színvisszaadású diffúz megvilágítást igényel, a borotválkozás csak erős diffúz fényt. Várható használat személyes szokásoktól függ, de férfiaknál napi 10 perc, hölgyeknél, ha a fürdőben sminkelnek, akkor minimum fél-1 óra. Itt a jobb színvisszaadás miatt javasolt a halogén lámpa helyi megvilágításként (több darab). A tér megvilágítása napi 2-4 óra használatot (2,5 fő/család) figyelembe véve, és a sokszor felkapcsolva felejtett lámpát is belekalkulálva szintén a fénycsöveket és a kompakt fénycsöveket ajánlom. 1,6-2,4ft/1380lm/h üzemeltetési költséggel számolhatunk.

### 6.4 WC, Folyosó

Itt naponta többször rövidebb időt töltünk, Ra=60-as színvisszaadási index is megfelelő. legjobb megoldás a hagyományos izzó, esetleg – főleg a folyosóknál – mozgásérzékelővel, időzítő-kapcsolóval ellátva. WC esetén érdemes bentre is tenni kapcsolót, és akkor nem kell az időzítőt 20 percre állítani. Szintén 5-5,5ft/1380lm/óra költséggel számolhatunk.

### 6.5 Konyha

A konyhában mindenképpen jó helyi megvilágításra van szükség, amelyeket napi maximum 1-2 órát használunk. Mennyezeti világítás szükséges, de semmilyen különösebb követelménynek nem kell megfelelnie. Kivéve természetesen, ha étkező is a konyha, mert akkor itt is hosszabb tartózkodás valószínű, ez esetben a nappalinál leírtak mérvadóak.

A helyi megvilágítás viszont nagyon lényeges:

- mosogató (napi fél óra)
- előkészítő (napi fél-2 óra)
- tűzhely (napi fél óra, gyakori ki-be kapcsolgatás)

Ezek a helyeken fontos a jó színvisszaadás, a semleges fény. Szintén a halogén lámpák felelnek meg a legjobban, melyek irányított fénye itt előnyös. 5-5,5ft/1380lm/h üzemeltetési költség várható.

## 6.6 Munkahelyek

Itt lehetne a világítás legnagyobb részét természetes fénnel megoldani. Egyenletes, hosszú idejű megvilágítás szükséges. A beszűrődő fényhez adaptálódó világításnak itt lehetne a legnagyobb szerepe. Alkalmas érzékelővel összekötve a fénycsövek elektronikus előtétjét, nagyon energia hatékony rendszerek építhetők ki. A fényforrások színhőmérséklete széles skálán mozog, minden helyre lehet találni megfelelő színösszetételű fényforrást. 1ft – vagy természetes fényhez alkalmazkodva kevesebb (0,1ft) – lehet az 1380lm/h-ra jutó világítási költség.

## 6.7 Nyilvános WC-k, mosdók

Nagyobb munkahelyek, áruházak, nyilvános WC-inek megvilágítására a forgalomtól függően többféle megoldás javasolható. Ha legalább az üzemidő 25%-ában tartózkodik valaki a helyiségben, akkor már megéri energiatakarékos fluoreszcens fényforrást használni. Javításként alkalmazható mozgásérzékelő, ami a fényerőt a minimumra (10-30%) csökkenti, ha senki sincs a helyiségben. Így élettartam csökkenés nélkül használhatjuk a fénycsöveket, mert elkerüljük a gyakori begyújtást.

## 7 Összefoglalás

Fényforrás	Működési elv	Energia hatékonyság (lm/W)	Javíthatóság	Élettartam (h)	Üzemeltetési költség (HUF/1380lm/óra) 1/4/8/16 h üzemidő/nap (20% kamat)***	Hulladék, nyersanyag
Gyertya, petróleum lámpa, gázlámpa	kémiai (oxidáció)	0,1-2,6*	A láng égési hőmérsékletének emelése	-	- - -	-
Wolfram szálas, halogén izzók	Izzószál	10-16	Izzószál élettartamának és hőmérsékletének növelése	1000-2000	5,4 5,3 5,3 5,2	Alumínium, üveg, kerámia, Wolfram
Fénycsövek, kompakt fénycsövek	kisülési cső	60-110	Ra javítása, szabályozhatóság	2000-8000	2,6 1,2 1,16 1,1	Higany, szennyezett üveg, alumínium, elektronikai hulladék
LED-es lámpák	félvezető	80-130	Hatásfok javítása, vezérlő elektronikák tökéletesítése, ár csökkentése	10000-60000	>>100 5,3 3,1 2,5	Műanyag, vas, gallium, elektronikai hulladék
Napfény	termo-nukleáris magfúzió	130-300	Rendelkezésre állás, jobb ablaküvegek, új fényforrások	10 milliárd év** (még 50%)	-	-

Az egyes fényforrások tipikus tulajdonságainak összefoglalása

\* Égésből számolt hatásfok,

\*\* Kereszturi Ákos és Tepliczky István (szerk) Csillagászati tankönyv kezdőknek és haladóknak (elektronikus változat)

MCSE; Pápics Péter István, Iskum József: A napészelezés kézikönyve MCSE (2006) Hozzáférés: 2012.05.11

\*\*\* A fényforrások beszerzési ára az élettartama alatt eltelt időre évi 20% kamatos kamatot számoltam.

Megállapítható, hogy a ma korszerűnek mondott fényforrások valóban energiahatékonyabbak, mint az elődjek.

A gyertyától elindulva, ami 0,1lm/W nagyságrendű fényáramot biztosított, a gázlámpák 3lm/W-os hatásfokkal világítottak. Nagy ugrást az elektromos árammal működő fényforrások jelentettek, ahol az ívlámpa 35lm/W-ra volt képes. Ehhez képest visszalépést jelentettek a wolfram-izzók, 14lm/W-nál kisebb hatékonyságukkal. Mégis elterjedt, mert üzemeltetése lényegesen egyszerűbb és olcsóbb volt, mint az ívfény lámpáké. Nem volt fogyóelektróda, nem kellett kézzel állítani, és nem kellett 8-10 óránként alkatrészt cserélni benne. A higanygőz lámpák 60lm/W hatékonyságukkal megelőzik az összes addigi fényforrás hatékonyságát, de kezdetben a fényük (színvisszaadási index kisebb volt, mint 60, és vibráltak) nem felelt meg a



háztartásoknak. Esztétikailag is erősen kifogásolhatóak voltak a régi fénycsőarmatúrák, és jellegzetes 50Hz-es bűgő hangot adtak működés közben az előtétjük (fojtótekerccs) miatt. **Ma már készítenek 90-nél jobb Ra-értékű fénycsöveket**, amelyeknél a vibrálást a fénypor nagyrészt megszünteti. És kaphatók esztétikus armatúrák is, amelyek elektronikus előtéttel rendelkeznek, ezért egyrészt nem is vibrálnak, másrészt nincsen a jellegzetes bűgő hangjuk bekapcsolt állapotban. A kompakt fénycsövek is ide sorolhatók, csupán annyi a különbség, hogy a szokásos E27 és E14-es foglalatba csavarhatók.

A fénycsövek fényereje elektronikus előtéttel szabályozható ugyan, de ezek az előtétek drágák, és magánlakások esetében általában csak a világító test cseréjével építhetők be.

Általános szabályként kimondható, hogy a hagyományos fényforrások kb. 6-10x több energiát fogyasztanak korszerű társaiknál. Napi 1-2 órás üzemidő esetén és figyelembe véve a beszerzési árakat (ami tartalmazza a hulladékkezelés forintosított költségeit), mégis olcsóbb ezeket használni. Ha egy helyiséget többször, rövid időre használunk, és az első valamint az utolsó használat között minden **4 óránként** számítva a fényforrás használata **eléri az egy órát**, akkor megéri fluoreszcens fényforrást használni. Még tovább javítja a helyzetet, ha adaptív (fényviszonyok, jelenlét) vezérlésű fényforrásokat használnánk.

A LED-es lámpák jelenlegi magas áruk (és a hozzájuk szükséges elektronika) miatt még versenyképtelenek a fénycsövekkel szemben, azonban ott még nagy fejlődés várható.

## 8 Mellékletek

### 8.1 A gyakorlatban használt színskálák és alapszíneik

Alapszínek	Színkeverés	Jellemző terület	Színskála neve
piros, zöld, kék	additív	vizuáltechnika, világítástechnika	RGB skála
Egy rövidebb (~400nm) és egy hosszabb (~600nm) hullámhosszú fény keveréke	additív	részleges színskálák, főleg régebben volt jelentősége, pl. piros – narancs – sárga – zöld árnyalatok előállíthatóak egy piros és egy zöld LED segítségével.	
Vörös, sárga, zöld, kék, ibolya	-	a látható spektrum (szivárvány) főszínei	
Vörös, narancs, sárga, zöld, cián, kék, ibolya	-	színeire alkalmas eszközzel felbontott fehér fény	
Cián, magenta, sárga	szubsztraktív	tárgyakra történő fényvisszaverődés	CMY skála
Cián, magenta, sárga, fekete	szubsztraktív	nyomdatechnika	CMYK skála

### 8.2 A Nap adatai

A direkt napfény maximuma a földfelszínen (lux)	130000
Teljesítménye (W/m <sup>2</sup> )	~1000
Látható fény aránya (%)	43

#### 8.2.1 Hatásfok\* változás különböző transzmittanciájú üvegek esetén

TL: Látható fényáteresztő képesség (%)	TN: Nem látható fényáteresztő képesség (%)	Hatásfok (lm/W)	100W-os izzó fényáramával egyenértékű teljesítmény (W/1380lm)	Megjegyzés
100	100	130	10,62	direkt napfény a föld felszínén, szabad levegőn 1m <sup>2</sup> felületre számolva
64	27	193	7,12	fóliázott ablaküveg
100	0	302	4,56	ideális ablak (100% látható, 0% nem látható transzmittancia)
90	85	134	10,28	ablaküveg

\*hőteljesítményre vonatkozó hatásfok

### 8.3 Történelmi fényforrások adatai

Fényáram (lm)	Anyagfogyás (g/h)	Fűtőérték (J/g)	Teljesítmény (W)	Hatásfok (lm/W)	Inverz hatásfok (W/lm)	Megnevezés
12,56	8,9	40000	99	0,127	7,873	sztearin gyertya 1200°C
12,56	10,87	33000	100	0,126	7,933	faggyú gyertya
12,56	16	18000	80	0,157	6,369	olajlámpa
12,56	14	20000	78	0,161	6,192	légszesz-liter
3768	120	42000	1400	2,691	0,372	petróleum-gázlámpa
37	17,5	42000	204	0,181	5,518	Cold flame petróleum lámpa
14192,8	-	-	400	35,482	0,028	Ívfénylámpa 10A/400W

## 8.4 Mesterséges fényforrások adatai (jelenlegi villamos energia ár: 50,13ft/kWh)

Teljesítmény (W)	Fényáram (lm)	Hatásfok (lm/W)	100W-os izzóhoz viszonyítva (W/1380lm)	Élettartam (h)	ár (HUF)	színhőm (K)	HUF/1380 lm/h (4h használat)	HUF/1380lm/h napi 8h használat	HUF/1380lm/h napi 16h használat	HUF/1380lm/h napi 1h használat	Megnevezés
100	1380	13,8	100	1000	300	2300	5,33	5,32	5,32	5,40	TUNGSRAM 100W normál
80	1380	17,2	80	2000	800	2700	4,47	4,44	4,42	4,68	TUNGSRAM 230V/80W Halogén
7	420	60	23	10000	1250	2700	1,94	1,72	1,64	6,75	T2 spirál kompakt fénycső <a href="http://www.mixvill.hu/1/products/541">http://www.mixvill.hu/1/products/541</a>
23	1600	69,5	19,8375	10000	1350	2700	1,22	1,16	1,13	2,58	T2 spirál kompakt fénycső <a href="http://www.mixvill.hu/1/products/541">http://www.mixvill.hu/1/products/541</a>
20	1300	65	21,2	10000	1450	2700	1,36	1,28	1,25	3,16	T2 spirál kompakt fénycső <a href="http://www.mixvill.hu/1/products/541">http://www.mixvill.hu/1/products/541</a>
9	900	100	13,8	20000	16500		5,36	3,12	2,45	235	ledes izzó
56	4450	79,4	17,3	2000	800		1,01	1,00	1,00	1,08	56W normál fénycső
150	14000	93,3	14,7	6000	2000		0,79	0,78	0,78	0,90	Fémhalogén izzó <a href="http://www.1000bulbs.com/category/150-watt-medium-base-metal-halide-lamps/">http://www.1000bulbs.com/category/150-watt-medium-base-metal-halide-lamps/</a>
28	350	12,5	110	2000	310	2700	6,23	6,19	6,17	6,56	Normál halogén izzó 28W E27 <a href="http://www.elektro-light.hu/webshop/node/758">http://www.elektro-light.hu/webshop/node/758</a>
42	550	13	105	2000	310	2700	5,73	5,70	5,68	5,94	Normál halogén izzó 42W
76	1050	13,8	99,8	2000	310	2700	5,24	5,22	5,22	5,35	Normál halogén izzó 70W E27 <a href="http://www.elektro-light.hu/webshop/node/761">http://www.elektro-light.hu/webshop/node/761</a>
50	850	17	81,1	500	400	2700	5,41	5,39	5,38	5,55	50W halogén GU-10
55	850	15,4	89,2	350	300	2400	5,90	5,88	5,88	6,00	Autó fényszóró normál izzó
35	3000	85,7	16,1	2500	13000	5000-9000	3,62	3,40	3,30	5,40	HID XENON SZETT!!! <a href="http://www.xenonizzok.hu/fooldal/htmls/">www.xenonizzok.hu/fooldal/htmls/</a>
250	19000	76	18,1								Nagy teljesítményű fémhalogén lámpa
3500	350000	100	13,8								Nagy teljesítményű fémhalogén lámpa 3500W
180	32500	180	7,64								Kis nyomású Na lámpa
400	38000	95	14,5								Javított színvisszadású nagy nyomású Na lámpa
23	1380	60	23	60000	11000		10,36	2,45	1,64	>>1000	Indukciós lámpa Genura 230V 23W/827 E27 15000h 5év garancia
400	56000	140	9,85	15000	10150	2000	0,54	0,52	0,52	1,33	Philips Son-T-Plus Pia Master 400 Watt <a href="http://greenshop.hu/hu/kerteszet/technikai-felszerelés/világítás/technika/izzok/viragzasi/philips/philips-son-t-plus-pia-master-400-watt.html">http://greenshop.hu/hu/kerteszet/technikai-felszerelés/világítás/technika/izzok/viragzasi/philips/philips-son-t-plus-pia-master-400-watt.html</a>
23	1520	66,08696	20,8	8000	1790		1,39	1,31	1,28	2,69	TUNGSRAM Kompakt fénycső DULUXSTAR Twist 23W/825 E27 warm comfort light 2mg Hg

## 9 Irodalomjegyzék

1. **Gamow-Cleveland.** *Fizika.* Budapest : Gondolat, 1973. old.: 528, 529, 530.
2. **Dr. Szilágyi Miklós.** *Fizikai kislexikon.* Budapest : Műszaki könyvkiadó, 1977.
3. **András, Arató.** Világítástechnika. *Magyar elektronikus könyvtár.* [Online] 2003. [Hivatkozva: 2012. május 16.] <http://mek.oszk.hu/00500/00572/html/>.
4. —. Világítástechnika 1.0. *Magyar elektronikus könyvtár.* [Online] 1999. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://mek.oszk.hu/00500/00572/html/>.
5. **NIGRO@NIGRO.HU.** Tedd a napfényt be a számba.... *Nigro blogja.* [Online] 2012. 04 20. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.nigro.hu/2012/04/20/tedd-a-napfenyt-be-a-szamba/>.
6. **Péter, Végh.** A hiányzó sárga alapszín? <http://www.videopraktika.hu>. [Online] 2011. 02 20. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.videopraktika.hu/articles/341>.
7. **Cyber House.** History of Solar Panel Development. *Solar Book.* [Online] 2009. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.solarbook.ie/history-of-solar.html>.
8. **Johnson Window Films, Inc.** Solar Energy. *Johnson Window Films.* [Online] 2009-2012. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] [http://www.johnsonwindowfilms.com/dealer/articleView.php?ARTICLE\\_ID=244](http://www.johnsonwindowfilms.com/dealer/articleView.php?ARTICLE_ID=244).
9. *Pallas nagy lexikona 7. kötet.* 1914.
10. The Source for Tubular Hurricane Lanterns and Parts. *Lantern Care & Terminology.* [Online] 2011. 02 13. [Hivatkozva: 2012. 03 15.] <http://www.lanternnet.com/lanterncare.htm>.
11. **László, Rusvai.** Békebeli világítástechnika. *Víz Gáz Fűtéstechnika - épületgépészeti szaklap.* [Online] 2008. 04. [Hivatkozva: 2012. 03 13.] <http://www.vgfszaklap.hu/cikkek.php?id=1356>.
12. A BELSŐTÉRI VILÁGÍTÁS KORSZERŰSÍTÉSI LEHETŐSÉGEI (Összefoglalás). *www.efficientlighting.net.* [http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=3%20s%C3%A1vos%20f%C3%A9ny%C5%91&source=web&cd=10&ved=0CHYQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.efficientlighting.net%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D550%26Itemid%3D54&ei=STKwT5T3OibHswaBm4nKBg&](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=3%20s%C3%A1vos%20f%C3%A9ny%C5%91&source=web&cd=10&ved=0CHYQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.efficientlighting.net%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D550%26Itemid%3D54&ei=STKwT5T3OibHswaBm4nKBg&)
13. Ívlámpa . *Kislexikon.* [Online] [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.kislexikon.hu/ivlamp.html>.
14. Index of /student/pub/fenyforrasok. *BME TTK Atomfizikai tanszék honlapja.* [Online] 2005. 11 08. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] [http://www.fat.bme.hu/student/pub/fenyforrasok/ff4\\_izzolampak2\\_web.ppt](http://www.fat.bme.hu/student/pub/fenyforrasok/ff4_izzolampak2_web.ppt).
15. **Zoltán, Nyitrai.** Világítástechnika - Mesterséges világítás. [Online] 2001. 05 01. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.erg.bme.hu/emia/2001/nyitraiz/Htm/viltech/Fenyforr/1fenyforr9.htm>.
16. Hull Lighting. [Online] 2012. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.hull-lighting.co.uk/>.
17. **Henriett, Mandoky-Lovas.** NAGYNYOMÁSÚ NÁTRIUMLÁMPÁK KERÁMIA ÉGŐTESTÉNEK FALÁBAN LEJÁTSZÓDÓ KORROZIÓS FOLYAMATOK VIZSGÁLATA. *BME Vegyészternöki és Biomernöki Kar PHD gyűjtemény.* [Online] 2008. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] [http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Vegyeszternoki\\_es\\_Biomernoki\\_Kar/2008/Mandoky-Lovas\\_Henriett/](http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Vegyeszternoki_es_Biomernoki_Kar/2008/Mandoky-Lovas_Henriett/).
18. **Gábor, X.** Elektronikus fénycső előtét. *Skori weblapja.* [Online] [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://skory.gylcomp.hu/fenyecs/fenyecs.html>.
19. **László, Fábíán.** (Világítástechnika témakör) Az indukciós lámpa. *Villanyszerelők szaklapja.* [Online] 2004. 07 08. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.villanyszaklap.hu/cikkek.php?id=207>.
20. **Colin Mitchell.** ELECTROLUMINESCENCE THEORY. *Talking Electronics.* [Online] [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://talkingelectronics.com/projects/Electroluminescence/LitELine02.html>.
21. Electroluminescent Lamps. *Edison Tech Center.* [Online] 2010. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://edisontechcenter.org/electroluminescent.html>.
22. **Károly, Varga.** Mérési módszer kifejlesztése LED-ek ellenző vizsgálatához Szakdolgozat . *Percept Kft.* [Online] 2003. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] [www.percept.hu/hu/led/Varga\\_Karoly\\_LED\\_meres.pdf](http://www.percept.hu/hu/led/Varga_Karoly_LED_meres.pdf).
23. **Racine Tadeu Araújo Prado, Fabiana Lourenço Ferreira.** Energy and Buildings Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials. *ScienceDirect.* [Online] 2005. 04. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778804001793>.
24. **Haider Taha, David Sailor, Hasthem Abari.** High-Albedo Materials for Reducing Building Cooling Energy Use. *DOE Scientific and Technical Information.* [Online] 1992. 01. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] <http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp?purl=/7000986-lpoimS/7000986.pdf>.
25. Tudja Ön, mi a termékdíj? *A szelektív hulladékgyűjtésről - Szelektív hulladékgyűjtés.* [Online] 2009. [Hivatkozva: 2012. 05 16.] [http://www.szelektiv.hu/hir.314.tudja\\_on\\_mi\\_a\\_termekdj](http://www.szelektiv.hu/hir.314.tudja_on_mi_a_termekdj).
26. **András, Takács-Sánta.** Egységnyi gazdasági teljesítmény bioszféraátalakító hatása (Z). *Bioszféra-átalakításunk nagy ugrásai.* hely nélkül. : L'Harmattan Kiadó, 2008, old.: 92-96.