

VILÁGÍTÁSTECHNIKA
segédlet az EKR dokumentáció
készítéséhez



**Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 86.**

VILÁGÍTÁSTECHNIKA
Segédlet energetikai auditorok részére

**MMK FAP azonosító:
2021/206-ENT**

Budapest, 2021. november

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Energetikai Tagozatának gondozásában, a 2021. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

A kidolgozásért felelős szakértő (témavezető):

Nagy János

Közreműködő szakértő(k):

Horváth Rita

Kapitor György

Mertli Ferenc

Papp Ábrahám

Sitku György

Dr. Zsebik Albin

Lektorálta:

Némethné dr. Vidovszky Ágnes

Kiadó:

Magyar Mérnöki Kamara
1117 Budapest, Szerémi út 4.
info@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	11
2. Bevezető	12
3. Világítástechnikai alapok	15
3.1. A látható fény	15
3.2. Világítástechnikai alapfogalmak.....	17
3.3. Élettartam.....	24
3.4. Az anyagok optikai jellemzői	25
3.5. Az emberi szem világítást befolyásoló tulajdonságai.....	27
4. Világítástechnikai eszközök és jellemzőik	29
4.1. Kisnyomású ívkisüléses fényforrások.....	30
4.1.1. Fénycsővek.....	30
4.1.2. Kompakt fénycsővek	35
4.1.3. Indukciós lámpa	39
4.1.4. Kisnyomású nátriumlámpa.....	40
4.2. Nagynyomású ívkisüléses fényforrások.....	41
4.2.1. Fémhalogén - lámpák.....	42
4.2.2. Nagynyomású nátriumlámpák.....	44
4.3. Félvezető alapú fénykeltés.....	47
4.3.1. Világító diódák.....	47
4.3.2. LED típusok.....	49
4.3.2.1. LED lapkák.....	49
4.3.2.2. LED tokok.....	50
4.3.2.3. Áramköri hordozóra szerelt LED tokok.....	50
4.3.2.4. COB LED.....	50
4.3.2.5. LED modulok	51
4.3.2.6. Cserélhető LED modulok.....	51
4.3.2.7. Teljes LED-es fényforrások	52
4.3.3. LED fényforrások működtetése	56
4.3.4. Fényforrások élettartama.....	60
4.4. Lámpatestek - világítótestek.....	62
4.4.1. Névleges teljesítmény	63
4.4.2. Fényforrás	63
4.4.3. Névleges feszültség.....	64

4.4.4.	Névleges frekvencia	64
4.4.5.	Elektromágneses zavar	64
4.4.6.	Teljesítménytényező	65
4.4.7.	Túláram	65
4.4.8.	Szabályozhatóság	66
4.4.9.	Fotometriai jellemzők	67
4.4.10.	Felfutási idő	70
4.4.11.	Korrelált színhőmérséklet	70
4.4.12.	Színvisszaadási index	71
4.4.13.	Standard színmegfelelőségi eloszlás (SDCM)	71
4.4.14.	Névleges fényáram	72
4.4.15.	Fényhasznosítás	73
4.4.16.	Sugárzási szög	73
4.4.17.	Káprázás elleni védelem UGR	73
4.5.	Termék és anyagjellemzők	75
4.5.1.	Anyaghasználat	75
4.5.2.	Optikai elemek	75
4.5.3.	Alkalmazhatóság	76
4.5.4.	Tanúsítványok	76
4.5.4.1.	IP, IK védettség	76
4.5.4.2.	Érintésvédelem	78
4.5.4.3.	Tűzállóság	78
4.5.4.4.	Káros sugárzások - EN62471	78
4.5.4.5.	Tanúsítványok	79
4.6.	Működtetési, működési jellemzők	79
4.6.1.	Környezeti hőmérséklettartomány	79
4.6.2.	Élettartam	80
4.6.3.	Kapcsolások száma	81
4.6.4.	Fényforráscsere	81
4.6.5.	Felszerelhetőség	81
5.	Világítástervezés	83
5.1.	Általános világítás	83
5.2.	Világításszabályozás tervezése és felszerelése	89
5.2.1.	Világításszabályozók	90

5.2.2.	Lámpák és lámpatestek.....	91
5.2.3.	Kulcsfontosságú környezeti hatások	91
5.3.	A látási feladat meghatározása, a világítás rendeltetése, rendszere	92
5.4.	Fogalom meghatározás:.....	96
5.4.1.	Üzemi világítás.....	96
5.4.2.	Nem üzemi világítás.....	96
5.4.3.	Speciális világítás.....	96
5.5.	A világítási jellemzők meghatározása	96
5.5.1.	A vizuális komfort meghatározásának fő jellemzői.....	97
5.5.1.1.	Fénysűrűség-eloszlás	97
5.5.1.2.	Megvilágítás	98
5.5.1.3.	A közvetlen környező terület megvilágítása	100
5.5.1.4.	Egyenletesség.....	100
5.5.1.5.	Káprázás	100
5.5.1.6.	Fényirány	104
5.5.1.7.	Színszempontok	105
5.5.1.8.	Villogás és sztroboszkóp-hatás.....	106
5.5.1.9.	Avulási tényező.....	106
5.5.1.10.	Energiaszempontok	108
5.5.1.11.	Természetes fény	108
5.5.2.	A világítás módjának hatásai.....	111
5.6.	A világítástechnikai eszközök kiválasztása	113
5.7.	Világításméretezési módszerek.....	119
5.8.	Funkcionális terek.....	120
5.8.1.	Speciális követelmények.....	121
5.8.2.	Tisztaterek.....	121
5.8.3.	Robbanásveszélyes terek	122
5.9.	Törpefeszültségű világítási hálózatok.....	126
5.10.	Világítás (LED) élettani hatásai	127
5.11.	Világítás biztonságtechnikai tényezői.....	130
5.11.1.	Beltéri világítás.....	130
5.11.2.	Kültéri világítás	133
5.12.	LED világítás tervezése során felmerülő kérdések	136
5.12.1.	LED-es beltéri világítás.....	136

5.12.2.	LED-es kültéri világítás	139
5.12.3.	LED-es közvilágítás.....	143
5.12.3.1.	Karbantartási tényező meghatározása	145
5.12.3.2.	Közvilágításban alkalmazott optikák jellemzői	146
5.12.3.3.	Korszerűsítés - megtakarítási és tervezési lehetőségek.....	147
5.12.3.4.	Üzemeltetési szempontok, hibajelenségek.....	147
5.13.	Világítás vezérlés.....	148
5.13.1.	KNX rendszer	149
5.13.2.	LON rendszer	150
5.13.3.	DALI rendszer	151
5.13.4.	Rendszerek összehasonlítása	153
5.13.5.	Szereléstechika.....	156
5.13.6.	Létesítési költségek	157
5.14.	Épületminősítési és energiahatékonysági rendszerek.....	158
5.14.1.	BREEAM	159
5.14.2.	LEED	160
5.14.3.	WELL.....	162
5.14.4.	GA Energhahatékonysági osztályozás	165
5.15.	Tartalékvilágítás.....	167
5.16.	Tartalékvilágítás kialakításával és energiahellátásával kapcsolatos követelmények.....	169
5.17.	Világítás korszerűsítés	177
5.18.	EKR – Energhahatékonysági Kötelezettségi Rendszer	180
6.	Energhagazdálkodási megfontolások a világítástechnika területén	182
6.1.	A világításkorszerűsítést ösztönző jogszabályok	183
6.2.	Energhiamegtakarítási lehetőségek.....	183
6.2.1.	A fényforrásokban rejlő lehetőségek és korlátok	183
6.3.	Izzólámpa, kompakt fénycső, vagy LED?	185
6.4.	A fénycső, vagy LED cső?.....	187
6.5.	Az előtétek hatása az energiahatékonyságra	191
6.6.	A lámpatestek szerepe a világítás hatékonyságának növelésében.....	192
6.7.	A világítás szabályozhatóságának fontossága	193
6.8.	A határoló felületek és a gazdaságosság	195
6.9.	A tervszerű karbantartás fontossága	196
6.10.	A világítás környezeti hatása.....	196

7. Gyakorlati javaslatok a világítás energiatakarékos megoldására.....	197
7.1. Energiatakarékos megoldások.....	197
7.1.1. Irodák.....	197
7.1.2. Műhely és csarnoképületek.....	197
7.1.3. Belső téri közlekedő - és egyéb területek.....	198
7.1.4. Fontos figyelmeztetések.....	199
7.1.5. Ipari technológiai területek.....	199
7.1.6. A kültéri világítás energiatakarékos megoldása.....	200
7.2. A várható megtakarítás.....	200
7.3. Az elszámolható megtakarítás.....	201
8. Megvilágítás mérése	203
8.1. Megvilágítás mérés vs fénytechnikai felülvizsgálat.....	203
8.2. A vizsgálandó paraméterek és alkalmazandó előírások.....	204
8.3. Személyi és környezeti feltételek.....	204
8.4. A megvilágításmérő műszer.....	206
8.5. Dokumentáció, rögzítendő adatok, mérési pontok kijelölése.....	208
8.5.1. Munkahelyek esetén a mérési pontok kijelölése.....	208
8.5.2. Közvilágítás (útvilágítás) mérési helyeinek meghatározása.....	209
8.6. Mért adatok értékelése.....	210
8.7. Mérési jegyzőkönyv minta.....	211
9. Üzemviteli megfontolások.....	213
9.1. Üzemeltetési és karbantartási elvek.....	214
9.2. LED-es világítótest üzemeltetés kritikus pontjai.....	215
10. Mintapéldák a világításkorszerűsítés energia és költség-megtakarításaira	217
10.1. Kültéri világításkorszerűsítés - 2021. szeptember 1 előtt.....	217
10.1.1. A kiinduló adatok.....	217
10.1.2. A várható és elszámolható energiamegtakarítás.....	219
10.1.3. A várható költségmegtakarítás.....	219
10.2. Kültéri világításkorszerűsítés - 2021. szeptember 1 után, korai csere nélkül.....	220
10.2.1. A kiinduló adatok.....	220
10.2.2. A várható és elszámolható energiamegtakarítás.....	222
10.3. Kültéri világításkorszerűsítés - 2021. szeptember 1 után, korai csere figyelembevételével.....	223
10.3.1. A kiinduló adatok.....	223

10.3.2. A várható és elszámolható energiamegtakarítás.....	223
11. Mellékletek.....	226
11.1. Fogalommeghatározás.....	226
11.2. Kivonat a 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendelet 1. mellékletéből.....	227
11.3. További világítástechnikai fogalmak.....	235
11.4. A gyártmányok védettségének jelölése.....	240
11.5. Pontmódszer.....	242
11.6. Hatásfokmódszer.....	243
11.7. Egyszerűsített méretezési eljárások.....	244
11.8. Mérés-i jegyzőkönyv sablon.....	245
12. Irodalomjegyzék.....	253
Ábrajegyzék.....	255

1. Vezetői összefoglaló

A terméktervezés, majd az ezt követő a gyártási folyamat tekintetében a felépítéses (additív) gyártási technológiák térhódítása új fejezetet nyitott. A termékek tetszőleges szempont szerint optimalizálva (irányfüggő, egyedi, terhelési körülményekhez igazított, a szerkezet viselkedésére jellemző tulajdonságok létrehozása) egyedi gyártásban készülnek – legyen szó polimerről, fémes szerkezeti anyagról, esetleg kompozitról – amely folyamat nélkülözi a hagyományos gyártási eljárások szerszámozással kapcsolatos kiadásait, így a termék a nyomtatási folyamatot követően használatra kész.

A különféle elven működő berendezések bekerülési költségei ugyan jelentősen magasabbak a hagyományos, anyagválasztás vagy anyagformázás elvén dolgozó technológiáknál, azonban a testreszabott egyedi gyártás lehetőségéből adódó előnyök képesek a gyártási költségekből adódó hátrányok kiegyenlítésére. A termékek tervezéséhez, valamint gyártásához szükséges anyagmodell meghatározásakor számolnunk kell a nyomtatási iránytól függően változó anyagjellemzőkre – elsősorban annak következményeként, hogy az eljárások jelentős, koncentrált hő-bevitel elvén olvasztják össze az alapanyag részecskéit, - amelyek az ortotróp anyagmodellek alkalmazásával írhatók le.

2. Bevezető

A villamos energia egy részét mesterséges világításra használják. Mint az energiagazdálkodás más területein, a világítástechnikában is alapvető feladat a gazdaságos megoldások keresése és megvalósítása, az elavult rendszerek korszerűsítése.

A félvezető alapú fényforrások, azaz a LED-ek megjelenése és használhatósága a világítástechnikában, forradalmasította a szakterületet. Ilyen jelentős műszaki fejlesztés a gázkisülő fényforrások megjelenése óta nem történt a világítástechnika területén. Már a fénycsövek, majd a higanylámpa, nátriumlámpák és fémhalogénlámpák kifejlesztése is nagyot lendített a fényforrásipar fejlődésén, úgy gyártási technológia, mint felhasználási területek széleskörűsége tekintetében szemben az izzólámpás világítással. E fejlesztések jelentős fényhasznosítás növekedést eredményeztek, ami energetikai szempontból fontos lépés volt.

A LED-ek a folyamatos tökéletesítése a fényhasznosítás növekedését, a színvisszaadás javulását eredményezte. A paramétereinek minősége maga után vonja a világítótestek és a működtető elektronikák fejlesztését. Egyre növekvő fényhasznosítású, tehát energiatakarékosabb termékek jelennek meg a piacon. Ám LED-es új termékek alkalmazása, használata, eltér az eddigi világítási szokásoktól, több és más paraméterre kell odafigyelni azok alkalmazása során.

A fényforrások, áramköri szerelvények és világítótestek technológiai fejlesztésének legfőbb céljai között szerepel a kellemes, de több szempontból „olcsó” fény létrehozása. A LED használata a világítástechnikában jelentős változásokat eredményezett, úgy energetikai, mint a vizuális komfortérzet tekintetében. A világító diódák (LED) fejlesztésének eredményeképpen napjainkban már nagy választékban állnak rendelkezésre azok a fényforrások és világítótestek, amelyek a korábbiaknál lényegesen kisebb energiafelhasználás mellett tudják biztosítani az igényelt világítási paramétereket. Ha már az utóbbi évek fejlesztéseit taglaljuk, nem szabad megfeledkeznünk a világítástechnika területén megjelent „okos” megoldásokról sem, amelyek segítségével az energiamegtakarítás tovább fokozható.

A világítástechnika területén megtakarítás céljából megvalósuló korszerűsítés, tehát nem azt jelenti, hogy kényelmi, biztonsági, egészségügyi szempontok és vizuális komfortérzetünk ellenére csökkentjük a világítás szintjét. A vizuális komfortérzet, a látási feladat ellátása mellett kell törekedni a kevesebb energiafelhasználásra. Ennek módja az új eszközök megfelelő alkalmazása, a fölösleges világítások elkerülése és a körültekintő üzemeltetés lehet. A takarékoskodás eredménye is többoldalú: kevesebb energiafelhasználás, tehát kisebb villamos-energia számla, ugyanakkor hozzájárul a

környezet védelméhez, mert a megtakarított energiát nem kell légszennyezéssel járó eljárással megtermelni. A higanyt tartalmazó kis- és nagynyomású gázkisülő fényforrások kiváltása LED világítótestekre, környezetvédelmi szempontból fontos. A LED-ek és azok működtető elektronikája elektronikai hulladéknak minősül! Azokat nem szabad a kommunális hulladékba kidobni, hanem erre szakosodott cégnek kell átadni.

A világítás korszerűsítésekor, a gazdaságossági összehasonlító elemzések során figyelembe kell venni a felhasznált eszközök és anyagok műszaki paramétereit, árát, várható élettartamát, hatásfokát és megbízhatóságát. Számolni kell a létesítési, vagy korszerűsítési, üzemeltetési és karbantartási munkák költségével. A környezetvédelem szempontjából gondolni kell a felhasznált eszközök és anyagok előállítási és megsemmisítési energia- és költség vonzatára is.

A régi berendezések kiváltására hivatott új rendszer csak akkor tekinthető gazdaságosnak, ha a korszerűsítés költsége az üzemeltetési költségben jelentkező megtakarításokból az élettartamánál rövidebb idő alatt megtérül. A veszteségfeltáró tapasztalatok sokszor azt mutatják, hogy a korábbi rendszerek nem tesznek eleget az ergonómiai követelményeknek, nem biztosítják a szabványban meghatározott megvilágítást. Ilyen esetben a döntésnél nem szabad csupán a megtakarításból számolható megtérülési mutatókat figyelembe venni.

Egy új világítási rendszer tervezésekor a feladatnak megfelelően a fénytechnikailag és ergonómiailag helyes megoldások közül, nem egyértelműen a legkisebb beruházási költséggel járó megoldás a legjobb választás. A különböző megoldásokat célszerű a berendezési elemek várható élettartama során felmerülő egyéb költségekkel (energia, fényáram csökkenés, karbantartás) figyelembe venni.

Nagyon fontos, hogy a világítási berendezések korszerűsítését mindenképp fénytechnikai méretezés alapján kell elvégezni. A méretezés alapjául szolgáló szabványokban meghatározott világítástechnikai paraméterek betartása ajánlott (belsőtéri munkahelyek esetében - tekintettel az erre vonatkozó jogszabályra - kötelező). Tekintettel a LED-ek elektronikus meghajtóval (driver) történő működtetésére, a korszerűsítés elvégzését megelőzően célszerű villamoshálózati elemzést is végezni, ugyanis kapacitív fogyasztók kerülnek beépítésre a hálózatra. Ugyancsak odafigyelést igényel a LED-ek működtetői által keltett felharmonikus tartalom, ugyanis ez jelentős hálózati zavar forrása lehet.

A segédletben bemutatjuk a világítástechnikai alapfogalmakat, áttekintjük a korszerű világítástechnikai eszközöket, bemutatjuk működési elveket, rámutatunk a tervezői és üzemeltetői munka során igen gyakran elhanyagolt kérdések fontosságára,

javaslatokat ill. példákat mutatunk be energiahatékonysági intézkedések esetében a várható és az elszámolható energiamegtakarítás meghatározására.

3. Világítástechnikai alapok

Az emberi észlelés egyik legfontosabb eszköze a látás. A kutatások szerint a feldolgozott információtömeg mintegy 80÷90%-a közvetlenül a látás útján a szemek segítségével jut az agyba. Bizonyított, a világítás és a közérzet, valamint a fizikai és a szellemi teljesítőképesség szoros összefüggése, éppen ezért a világítástechnikával foglalkozó szakembereknek kiemelt feladata az emberi szem és psziché egészségének megőrzését, valamint a megfelelő munkateljesítményt biztosító műszaki megoldások fejlesztése és alkalmazása. A nagyobb, de még szabványos megvilágítás a munka termelékenység szempontjából is kedvezőbb. Ezen felismerés következménye, hogy az elmúlt évtizedekben a megvilágítási szintek javasolt értékei növekvő tendenciát mutatnak. A jelenleg javasolt értékek sem jelentenek a látóteljesítmény szempontjából felső határt, azokat elsősorban gazdasági szempontok határozzák meg. Nagy megvilágítást adóberendezések létesítési költsége és energia igénye nagy. Napjainkban úgy a belsőtéri, mint a külsőtéri munkahelyek, valamint a közvilágítás megvilágítási értékét, egyenletességét, káprázási tényezőjét, színhőmérsékletét és színvisszaadását szabványok határozzák meg.

A fentiekre tekintettel a világítási rendszereket tervező és üzemeltető szakembereknek a szabványok ismeretén túl, igen széles ismeretanyaggal kell rendelkezniük. Az elektrotechnika mellett, az optika, ergonómia és az építészet egyes területeit is ismerni kell. Mivel a világítási rendszereket nem elegendő csak a megvilágítás-helyességük, vagy esztétikai értékük szerint vizsgálni, megfelelőségüket műszaki, gazdasági és környezetvédelmi kritériumok alapján is elemezni kell, munkájukhoz a gazdasági és környezetvédelmi ismeretek is szükségesek.

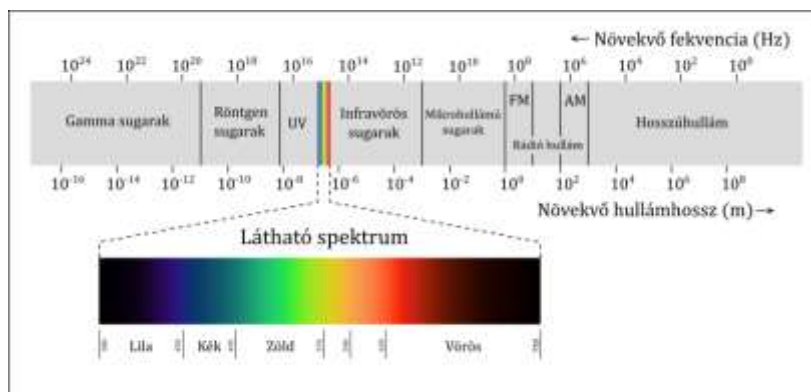
A tapasztalatok szerint napjainkban is még számos gazdaságtalanul, és sokszor az egészségre is ártalmas módon működő világítási rendszer üzemel, aminek oka egyrészt a telepítésük óta eltelt idő, - azaz az avulásuk -, másrészt a technikai fejlődés eredményeként gyártott korszerűbb energiatakarékos egységek nem kellő ütemű elterjedése, a fogyasztók, felhasználók igénytelensége, vagy az üzemeltetők ezirányú ismeretének hiánya.

3.1. A látható fény

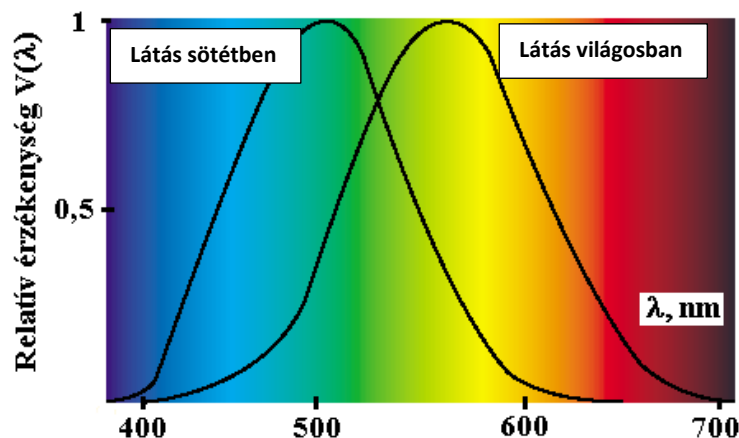
Az elektromágneses sugárzás 100 nm-től 1 mm hullámhosszig terjedő tartománya az ún. optikai sugárzás, azonban az emberi szem ennek csak a 380 és 780 nm közötti részét érzékeli látható fényként (1. ábra). A 780 nm-nél nagyobb hullámhosszúságú optikai sugárzás elnevezése infravörös (Infra Red: IR) sugárzás, míg a 380 nm-nél rövidebb hullámhosszoké az ultraibolya (Ultra Viola: UV) sugárzás.

A fény a fényforrásból kiindulva a homogén izotróp közegben a tér minden irányában egyenes vonalban terjed. Az egyenes vonalban haladó fénysugár a valóságban azonban nem létezik, bevezetésére az érthetőség, és a gyakorlati számítások megkönnyítése miatt került sor. [1]

A látható sugárzást prizmával felbontva kapjuk az ún. természetes színeket (szivárvány), amelynek az a magyarázata, hogy a szem az eltérő hullámhosszúságú fénysugárzást különböző színűnek látja. A látás fontos jellemzője az is, hogy a szem nem azonos érzékenységgű az egyes színekre, amit az ún. láthatósági függvény $V(\lambda)$ szemléltet (2. ábra). A szem színérzékenysége függ a megvilágítástól is, azaz sötétben és világosan nem ugyanazok a láthatósági görbék adódnak, nem ugyanazok a legjobban látható színek. Világosan a zöldessárga színérzetet keltő 555 nm hullámhosszúságú fényre a legérzékenyebb a szem, míg sötétben az 507 nm körüli kék színek a legjobban észlelhetők (V vesző lamda). Általában a világítási rendszereket világosan látáshoz tervezik, így a jobboldali görbe használata szokásos, azonban speciális esetekben alkalmazni kell a sötétben látásra vonatkozó értékeket is.



1. ábra Az elektromágneses sugárzás tartományai [10]



2. ábra Láthatósági függvények [10]

A fényérzet kialakulásakor a szem egyrészt a fény hullámhossz szerinti összetételét, másrészt a fény mennyiségét érzékeli. Az előbbi alapján alakul ki a színérzet, míg az

utóbbi alapján a „világosság”.

A természetes fény szokásos neve a „fehér fény”, amelyben a szivárvány összes színe megtalálható. Az ilyen fényre jellemző, hogy spektrális eloszlása folytonos, azaz minden színű fény megtalálható benne. Ha egy adott fénysugárzásban csak egy színű fény jelenik meg akkor monokróm a fény, ha azonban véges számú színből áll, akkor kromatikus, amelynek a spektrális eloszlása lehet folytonos, vagy sávós.

3.2. Világítástechnikai alapfogalmak

A világítástechnikának, mint önálló tudománynak saját fogalomrendszere van, amelynek megismerése elengedhetetlen a világítási feladatok megoldásához és értelmezéséhez. Ezért a következőkben ismertetésre kerül néhány alapvető, majd a segédlet végén ennek kiegészítéseként még számos világítástechnikai fogalom meghatározása (zárójelben az angol megnevezésekkel) található.

Egy monokromatikus fényforrás által sugárzott fizikai teljesítményt megszorozva az adott fényszínhez tartozó láthatósági értékkel, a kibocsátott fényt teljesítmény által keltett fényérzetre jellemző mennyiséget az ún. fényáramot kapjuk. Egyszerűbben meghatározva a fényáram a sugárzott teljesítmény emberi szem által érzékelt része.

A **fényáram** (Luminous flux): az SI származtatott egysége.

Jele: Φ

Mértékegysége a **lumen**; jelölése: **lm**

Természetesen a fényforrások jellemzően nem egyszínű fényt sugároznak, így a 3. ábrán látható láthatósági függvény szerint kell a szorzatokat összegezni. Folytonos eloszlású spektrum esetén ennek a műveletnek a matematika megfelelője az integrálszámítás, és így általánosan a fényáram:

$$\Phi = K_m \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d(\lambda)$$

ahol:

K_m - a láthatósági görbe csúcsát jelentő monokromatikus sugárzáshoz tartozó maximális fényhasznosítás (683 lm/W)

$\Phi_{e\lambda}$ - a sugárzott teljesítmény a hullámhossz függvényében

$V(\lambda)$ - a láthatósági függvény

Egy fényforrás alapesetben a tér minden irányában sugároz, azonban a gyakorlati problémák megoldásához ismerni kell, a tér bizonyos irányába kisugárzott fény mennyiségét. A fényforrást pontszerűnek elképzelve a sugárzás térbeli irányultságát a térszöggel lehet jellemezni. A térszög egysége a szteradián (sr), ami az egységnyi sugarú gömb egységnyi felületű része. Általános esetben a térszög úgy számolható, hogy az R sugarú gömb kérdéses irányba eső felületét osztjuk a gömbsugar négyzetével. A térszög jelölése általában Ω , és a gömb teljes felülete $4 \cdot \pi \cdot R^2$, így egységnyi sugár esetén a teljes térszög $\Omega = 4 \cdot \pi$ szteradián.

Most már definiálható a **fényerősség** fogalma, ami megegyezik egy fényforrás által az egységnyi térszögbe kisugárzott fényárammal.

A **fényerősség** (Luminous intensity): az SI egyetlen világítástechnikai alapegysége.

Jele: I

Mértékegysége a **kandela**; jelölése: cd.

Képlete: $I = \Phi / \Omega$, lm/sr = cd.

A fotometria SI mértékegység-rendszerének (System International) egyik alapegysége a kandela (cd), a fényerősség egysége. A Nemzetközi Súly és Mértékügyi Bizottság (CGPM) 1979-es határozata alapján ennek meghatározása: A kandela olyan sugárzó fényerőssége adott irányban, amely 540.1012 Hz frekvenciájú monokromatikus sugárzást bocsát ki, amelynek sugárerőssége ebben az irányban 1/683 W/sr. Az 540 THz frekvenciának normál levegőben 555,016 nm hullámhosszúság felel meg. A kandela definíciója fotopos, szkotopos és mezopos tartományra is érvényes.

A gyakorlatban a fényforrások ill. a lámpatestek katalógusaiban a fény irányítottságától függően a fényáramot, vagy a fényerősséget szokás megadni. A fényáram jellemzően a tér minden irányában (közel) egyenletesen sugárzó fényforrásokat jellemzi, míg a fényerősséget a valamely meghatározható irányban kisugárzó fényforrásokra, vagy fényforrásokkal felszerelt lámpatestekre alkalmazzák.

Egy megvilágított felület világosságát azonban nagyban befolyásolja, a későbbiekben ismertetésre kerülő anyagi optikai tulajdonságok mellett a felületre jutó (beeső) fényáram is. Az egységnyi felületre eső fényáram megnevezése a **megvilágítás**.

A megvilágítás (Illuminance): az SI származtatott egysége.

Jele: E

Mértékegysége a **lux**; jelölése: lx

Képlete: $E = \Phi / A$, $\text{lm/m}^2 = \text{lx}$

A megvilágítás a világítástechnika egyik legfontosabb fogalma. A szakági szabványok az egyes munkahelyekre a munkavégzés jellegétől, munkafolyamattól és a megvilágított felülettől függő megvilágítási szinteket írnak elő. Az megvilágítási értékek összevetéséhez nyújt segítséget 1. táblázatban bemutatott néhány gyakorlati érték.

1. táblázat Néhány megvilágítási érték

Fényforrás	Megvilágítás E, lx
Napsütéses tiszta égbolt nyáron délben	100 000
Napsütéses tiszta égbolt télen délben	10 000
Alkonyati égbolt	100-300
Holdtölte, tiszta égbolt	0,2
Tiszta égbolt holdfény nélkül	0,001
Régebbi közvilágítás	0,5-10
Újabb közvilágítás	10-50
Régebbi belső téri világítás	20-200
Újabb belső téri világítás	100-1000
Irodavilágítás	300-500

A definíciók alapján látszik, hogy a fényerősség (I) és a megvilágítás (E) egyaránt a fényáramból származtatott mennyiségek, ezért vizsgálható a közöttük fennálló kapcsolat is. Az egyszerűség kedvéért az ábrázolás legyen most síkbeli (3. ábra), ahol az alkalmazott jelölések a következő módon értelmezendők:

s - a fényforrás

P - az A felület pontja

ϑ - az SP egyenes és a függőleges sík által bezárt szög, °

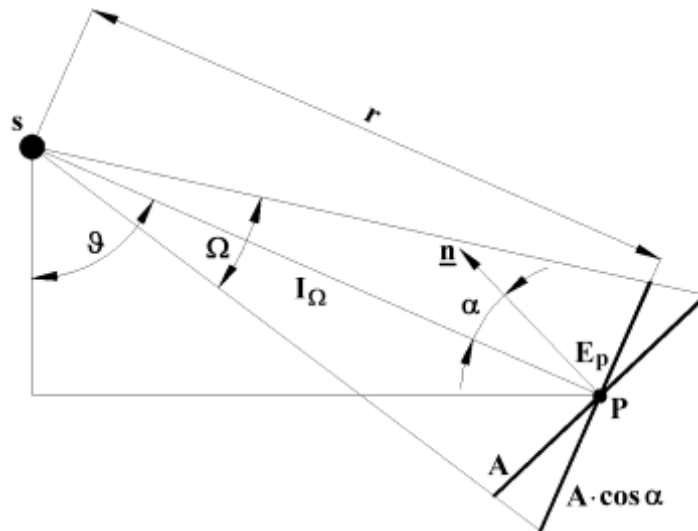
Ω - térszög, sr

I_{Ω} - a teljes fényáram Ω térszögbe kisugárzott része, lm

\underline{n} - az A felület normálisa

α - az A felület normálisa és az SP egyenes által bezárt szög, °

E_p - a P pontbeli megvilágítás, lx



3. ábra A fényerősség és a megvilágítás viszonya

Legyen az S fényforrás által kibocsátott fényáram Φ , akkor az Ω térszögbe jutó része Φ_Ω . Az Ω térszögre értelmezett fényerősség a definíció szerint:

$$I = \frac{\Phi_\Omega}{\Omega}$$

amiből: $\Phi_\Omega = I \cdot \Omega$

Az Ω térszög definíciója szerint az r sugarú gömb felületegységének és a gömbsugar négyzetének a hányadosa. Ha az sugár megfelelően nagy, és az A felület elegendően kicsi, akkor a felület SP irányú merőleges vetülete megegyezik a P ponton áthaladó gömbfelület azonos nagyságú felületelemével, tehát:

$$\Omega = \frac{A \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

Ezt behelyettesítve a fényáram képletébe:

$$\Phi_\Omega = I \cdot \frac{A \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

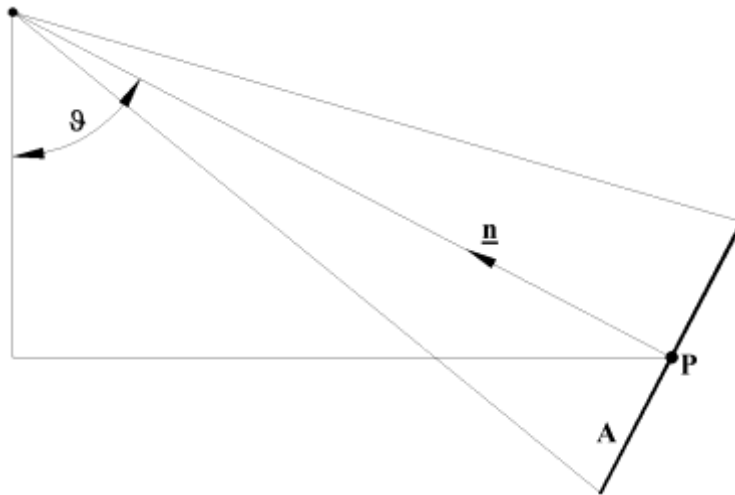
Mivel a P pontban értelmezhető megvilágítás a fényáramból származtatható, így az előző összefüggést behelyettesítve adódik a megvilágítás és a fényerősség kapcsolata:

$$E = \frac{\Phi_\Omega}{A} = \frac{I \cdot A \cdot \cos \alpha}{A \cdot r^2} = \frac{I \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

Látható, hogy a megvilágítás adott fényerősség mellett a fényforrás és a vizsgált pont távolságának négyzetével arányosan csökken. Ezt az arányosságot szokás **távolsági törvénynek** is nevezni, és ez a későbbiekben ismertetendő pontmódszerrel történő számítás alapösszefüggése.

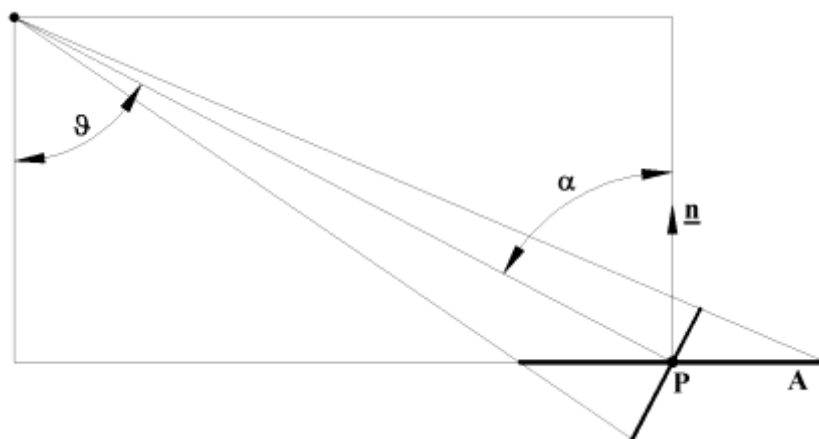
A gyakorlatban három esetnek van kiemelt szerepe:

I. A fénysugár irányára merőleges felület megvilágítása



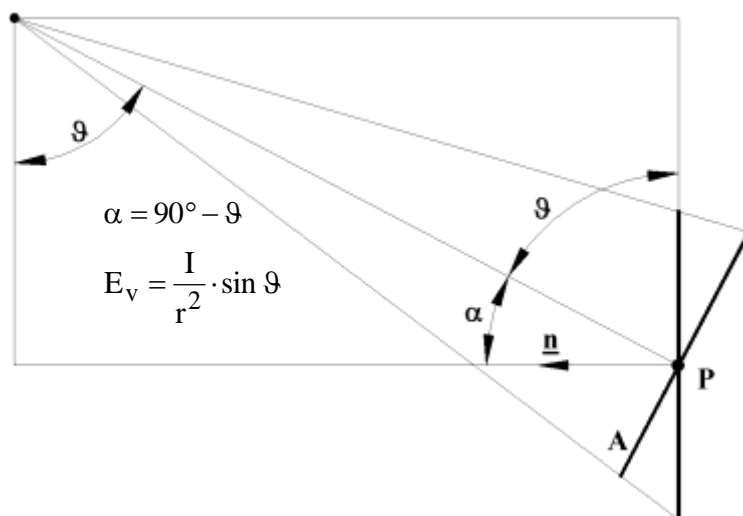
4. ábra Merőleges felület megvilágítása

II. Vízszintes felület megvilágítása



5. ábra Vízszintes felület megvilágítása

III. Függőleges felület megvilágítása



6. ábra Függőleges felület megvilágítása

Az emberi szem egy tárgyat vagy felületet nézve, nem annak megvilágítását érzékeli, hanem a felület látszólagos fényességét.

A szemben keltett fényérzetre jellemző mennyiség a **fénysűrűség** (*felületi fényesség, felületi világosság*). Ez tulajdonképpen a világító felület a vizsgált irányra merőleges vetületének fényerőssége, vagyis a fényerősség felületi sűrűsége.

A **fénysűrűség** (Luminance)

Jele: **L**

Mértékegysége: **cd/m²**

Képlete: **$L = I / A$ cd/m²**

Ez a meghatározás a gyakorlati esetek többségét nagymértékben leegyszerűsíti, hiszen egy gömb alakú sugárzásnál a gömbi kör területével, míg henger alakú sugárzóknál az átmérő és a magasság által meghatározott téglalappal lehet számolni. A fénysűrűség továbbá értelmezhető egzaktan nem meghatározható felület esetén is (pl.: égbolt, vagy egy felhő estén) [1], [2].

A definíció alapján a vizsgálat irányával α szöget bezáró normálisú (\underline{n}) A felület fénysűrűsége:

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha}$$

A megvilágítás és a fényerősség kapcsolata alapján, az Ω térszöget az előzőekhez hasonlóan értelmezve:

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha} = \frac{E \cdot r^2}{A \cdot \cos \alpha} = \frac{E}{\Omega}$$

Vagyis a fénysűrűség értelmezhető a megvilágítás térszög szerinti sűrűségékeként is.

Egy fényforrás, vagy világítótest kiválasztásakor energetikai szempontból a legfontosabb kérdés, hogy az adott termék milyen hatásokkal alakítja át a villamos energiát fényenergiává. A fényforrások és világítótestek energetikai hatásfoka a **fényhasznosítás**, ami a sugárzott összes fényáram (Φ), és a felvett összes villamos teljesítmény (P) hányadosa. Minél nagyobb fényhasznosítású egy fényforrás, üzemeltetése általában annál gazdaságosabb.

A **fényhasznosítás (luminous efficacy of a source)**: az SI származtatott egysége.

Jele: η

Mértékegysége a **lumen/watt**; jelölése: **lm/W**

Képlete: $\eta = \Phi/P$, lm/W

Fontos, hogy a hálózathoz felvett teljesítménnyel kell számolni és nem a fényforrások egységteljesítményével!

Egy fényforrás alkalmazhatóságát és jóságát nagyban befolyásolja az általa sugárzott fény színe. A fényforrás **színhőmérséklete** (Color temperature) a feketesugárzó hőmérséklete (K). Ezen hőmérsékleten a fényforrás és a feketesugárzó által kibocsátott sugárzás spektrális összetétele (színessége) azonos.

A gyakorlatban a fényforrások jelentős része olyan spektrális eloszlású fényt sugároz, amihez nem lehet azonos összetételű fényt kibocsátó meghatározott hőmérsékletű fekete testet találni (szelektív sugárzók). Ilyenkor azt a hőmérsékletet kell figyelembe venni, amelyen a fényforrás és az ideális fekete test sugárzásának a látható tartományban vizsgált spektrális eloszlása a legkevésbé tér el egymástól. Ez a hőmérséklet az ún. **korrelált színhőmérséklet**. A szabvány három csoportot határoz meg színhőmérséklet szerint:

- meleg (M)
- semleges (S)
- hideg (H)

Az egyes fényforrások különböző színösszetételű fényt bocsátanak ki, amelyek spektrális összetétele nem azonos a természetes fényével. Ennek következtében a tárgyak vagy felületek természetes fénynél megszokott színe a mesterséges megvilágításban nem ugyanolyannak látszik.

A fényforrásra jellemző korrelált színhőmérsékleten sugárzó fekete test, és a fényforrás által sugárzott fény által létrehozott színérzetek különbözőségére jellemző a **színvisszaadási index** (jele: R_a). Megállapodás szerint a természetes fény és az izzólámpa színvisszaadása $R_a = 100$. Az R_a intervallumait a **2. táblázat** közölt színvisszaadási fokozatok tartalmazzák.

2. táblázat A fényforrások színvisszaadási indexe

Kategória	R_a	Színlátás	Példák
1 A	>90	kiváló	Izzólámpák, többsávos fénycsövek
1 B	80...90	kiváló	Fémhalogénlámpák ritkaföldfém-adalékkal
2 A	70...80	jó	De luxe fénycsövek, fémhalogénlámpák
2 B	60...70	jó	Deluxe fénycsövek, fémhalogénlámpák
3	40...60	közepes	Higanylámpák
4	<40	gyenge	Nagynyomású nátriumlámpák



Kisnyomású nátrium
lámpával megvilágított
minta



Fémhalogénlámpával
megvilágított minta

7. ábra Színvisszaadás

3.3. Élettartam

Az élettartam a fényforrás, a működtető egység és a világítótest működőképességét jellemző időtartam. Megkülönböztetünk átlagos, névleges, tényleges, prognosztizált, garantált élettartamot.

Átlagos élettartam a kiegészi görbe 0%-os értékéhez tartozó időtartam.

Névleges élettartam a gyártó által deklarált érték.

Tényleges élettartam az az időtartama meddig a vizsgált termék működött.

Prognosztizált élettartam a tényleges üzemi viszonyok és a termék jellemzői alapján kalkulált időtartam.

Garantált élettartam, amelyre a terméket a gyártó - a garanciális (jótállási) szerződésben rögzített - feltételekkel érvényesnek tekinti.

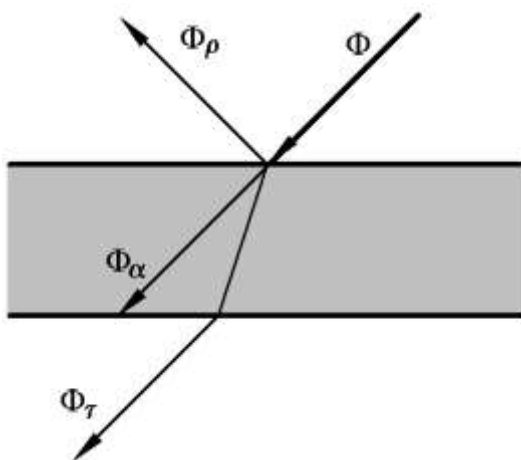
A fényforrások és világítótestek élettartamához szorosan kapcsolódó fogalom a hasznos működési idő.

Hasznos működési idő az az időtartam, amelyben a fényforrás működési jellemzői az előírt tartományon belül maradnak.

A fényforrások és világítótestek esetében megemlítendő a „fényhalál” fogalma, ami akkor következik be, amikor a névleges fényáram 70%-ra csökkent.

3.4. Az anyagok optikai jellemzői

A megvilágított testek legtöbbször a **8. ábrán** látható módon a felületükre eső fényáram (Φ) egy részét visszaverik (Φ_ρ), egy részét elnyelik (Φ_α), és a megmaradó részt áttereszik (Φ_τ). Természetesen az anyagok nem egyforma tulajdonságokat mutatnak a különböző hullámhosszú fényre szemben. Az egyszerűség kedvéért a következő részben csak az egy hullámhosszú monokróm fénysugár optikai viselkedéséről lesz szó, de a tárgyalt jellemzők egyszerűen kiterjeszthetők egy folytonos spektrális eloszlású fényre is.



8. ábra A fény útja általános esetben

A visszavert sugárzás mennyiségére jellemző az anyag **reflexiós tényezője** (ρ), ami a visszavert-, és a beeső sugárzás hányadosa.

$$\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi}$$

Hasonló módon határozható meg az anyag **abszorpciós tényezője** (α), ami az elnyelt fénysugár és teljes fénysugár hányada:

$$\alpha = \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi}$$

Továbbá az áteresztett fénymennyiségre jellemző **transzmissziós tényező** (τ), ami az áteresztett, és a teljes fénysugár hányada.

$$\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi}$$

Az energiamegmaradás törvényének értelmében a beeső sugárzás megegyezik a visszavert, az elnyelt és az áteresztett sugárzás összegével:

$$\Phi = \Phi_{\rho} + \Phi_{\alpha} + \Phi_{\tau}$$

Ami alapján logikus, hogy az anyagjellemzők összege:

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Tájékoztatásul az **3. táblázat** kerültek felsorolásra néhány anyag optikai tulajdonságai.

3. táblázat Néhány fényáteresztő anyag optikai jellemzői

Anyag	ρ , %	α , %	τ , %
Átlátszó síkűveg (3 mm)	6	4	90
Matt üveg (3 mm)	10	20	70
Opálűveg (3 mm)	20	30	50
Drótűveg (6 mm)	10	30	60
Gipsz	90	10	-
Matt fehér papír	80	20	-
Csiszolt ezüst	90	10	-
Világos vakolat	40	60	-
Nyers beton	25	75	-
Vörös tégl	15	85	-
Sárga tégl	25	75	-

Mint ahogy a fejezet elején említésre került az anyagok optikai tulajdonságai függenek a fény hullámhosszától. Ezt kihasználva lett a fejlesztések eredménye az egyre jobban elterjedő **hidegtükör** és a **hőszűrő üveg**. A hidegtükrök gyakorlatilag csak a látható tartományba eső sugárzást verik vissza, így egyre gyakrabban alkalmazzák olyan helyeken, ahol az infravörös és az ultraibolya sugárzás káros hatású. A hőszűrő üveg is hasonló megfontolásokból került kifejlesztésre, csak itt a látható fénysugárzás átengedése, és a káros hősugárzás visszaverése a cél.

Mint korábban láttuk a szemben keltett fényérzet a fénysűrűség függvénye. A tárgyak megkülönböztetését azonban a fénysűrűségük különbözősége teszi lehetővé, amit a **kontraszt** jellemez. Általános értelmezésben a kontraszt az adott tárgy L_2 , és a környezet L_1 fénysűrűség-különbségének, és a környezet fénysűrűségének aránya [12].

$$K = \frac{L_2 - L_1}{L_1} = \frac{\Delta L}{L_1}$$

Látható, hogy az érzékelés feltétele a fénysűrűségek különbsége. Azt a minimális fénysűrűség különbséget, amit adott megvilágítási szint mellett a szem még érzékelni képes **küszöb fénysűrűségnek** nevezzük (ΔL).

A megvilágítási szintet növelve nő a fénysűrűség, ez azonban a képlet alapján a kontraszt csökkenését vonja maga után, vagyis a túlzott megvilágítás is kerülendő.

A túlzottan nagy fénysűrűség különbség hatására a látást zavaró **káprázás** jöhet létre. A káprázás lehet **közvetlen** és **közvetett**, attól függően, hogy a káprázást okozó fény forrása egy valós fényforrás vagy egy reflektáló felület. A káprázás erősségére használatos a **zavaró** káprázás kifejezés, amikor az csak látási kellemetlenséget okoz, és a **rontó** káprázás, ha a zavarás következtében a látási teljesítmény is csökken.

A világítási berendezések fontos tulajdonsága, hogy adott körülmények között a tér mely részeiben nem okoznak káprázást. Általánosan akkor tekinthetők káprázás mentesnek, ha nem idéznek elő közvetlen káprázást és a határoló és egyéb felületek tulajdonságai olyanok, hogy nem jön létre tükrözés vagy csillogás.

3.5. Az emberi szem világítást befolyásoló tulajdonságai

A világítástechnikai feladatok megoldásához elengedhetetlen az emberi szem alapvető tulajdonságainak ismerete. Ebben a fejezetben elsősorban világítástechnikai szempontokból fontos fogalmak kerülnek ismertetésre, a szem biológiai felépítésének megismeréséhez ajánljuk a témához kapcsolódó szakirodalom olvasását.

Az egyes megfigyelt tárgyak különböző távolságban helyezkedhetnek el a megfigyelőtől, a szem azonban a szemlencse domborúságának változtatásával mégis képes éles képet előállítani. Ez a folyamat az **akkomodáció**, és a szemtől legtávolabb eső, és hozzá legközelebb elhelyezkedő élesen látott tárgyak távolsága az akkomodációs terület. Az akkomodációs terület nagysága erősen függ az életkortól és a változása tulajdonképpen a rövidlátás és a távollátás kialakulásának oka. Fontos megjegyezni, hogy az akkomodációs képesség függ a megvilágítási szinttől is, és 100 lx megvilágítási szint alatt már érezhetően csökken [3].

Gyakran tapasztalható, hogy egy erősen megvilágított helyiségből késő este kilépve a szemünk csak bizonyos idő elteltével – ami akár 30 percnél is több lehet – „szokik hozzá a sötétséghez”. Fordított helyzetben is ugyanez tapasztalható, de mindössze néhány másodperc alatt. Ezt a folyamatot – amikor a szem a látótér fénysűrűségéhez és a színingerekhez alkalmazkodik – **adaptációnak** nevezzük [2].

4. Világítástechnikai eszközök és jellemzőik

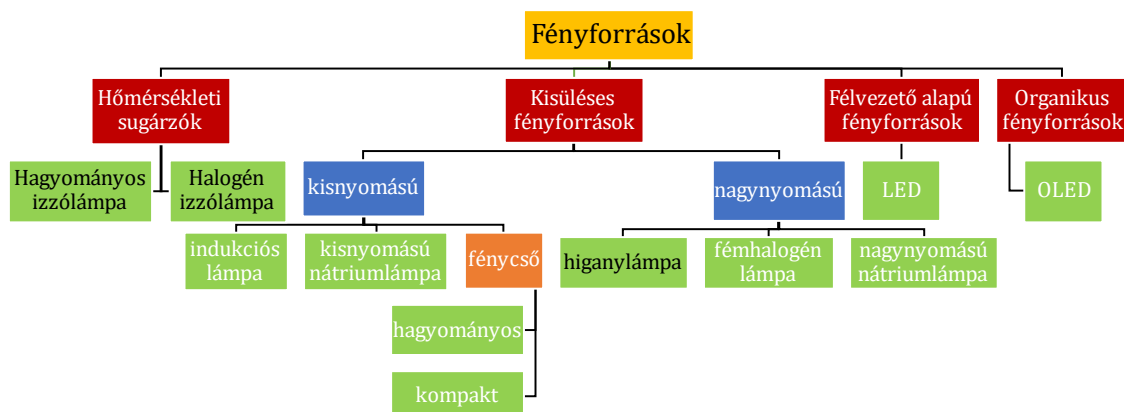
Világítástechnikai eszközként nem csak a fényt közvetlenül előállító fényforrásokat tekintjük, hanem számos kiegészítő – bár a világítás szempontjából azonos fontosságú – elemet is, mint a lámpatestek a működtető szerelvények, a villamos transzformátorok, szabályozó és vezérlő elemek stb.

Fényforrásnak – technikai értelemben – a mesterséges fényt előállító (kibocsátó) eszközöket szokás nevezni. A fénykibocsátás megvalósulása alapján a fényforrásokat két csoportra lehet osztani úgy, mint:

- hőmérsékleti sugárzók (izzólámpák), és
- lumineszcens sugárzók (kisülő lámpák)
- organikus fényforrások (OLED).

A sugárzás mindhárom esetben annak tudható be, hogy az elektronok egy magasabb energiaszintről mindig egy alacsonyabb energiaszint elérésére törekszenek, és az eközben felszabaduló energia alakul át fénnnyé. A lényegi különbség az, hogy az elektronok miként kerültek ebbe a magasabb energiaszintű állapotba, vagy másképpen mondva miként lettek gerjesztve.

Az Európai Unió energiahatékonysági és környezetvédelmi megfontolások alapján direktívákban szabályozta a kevésbé hatékony fényforrások gyártásának és forgalmazásának beszüntetését, piacról történő kivonását. Az alábbi ábrán található fényforrások közül, a hőmérsékleti sugárzók (izzó, halogén izzó) és a higanylámpa működését nem mutatjuk be. Ezek a segédlet mellékletében megtalálhatók.



9. ábra Fényforrások csoportosítása

4.1. Kisnyomású ívkisüléses fényforrások

Mint a fejezet elején említésre került a fény lumineszcens sugárzással is előállítható. Ebben az esetben a fényt sugárzó atomi részek gerjesztése sugárzás elnyelésével, vagy nagysebességű töltéshordozókkal történő ütközéssel (ívkisülés) valósul meg. A gerjesztett atomok által kibocsátott sugárzás vonalas vagy sávós spektrumú, és nem mindig jelent látható fénysugárzást, ezért azt ilyenkor át kell alakítani (transzformálni), a megfelelő hullámhosszra. Az átalakítást végző anyag gerjesztésének megszűnése után is hosszabb-rövidebb ideig sugároz fényt, amit után világításnak neveznek. Ha a sugárzás időtartama rövidebb, mint 10^{-8} s, akkor fluoreszcens sugárzásról beszélünk, ha ez az idő nagyobb, mint 10^{-8} s, akkor a jelenség neve foszforeszcencia [8].

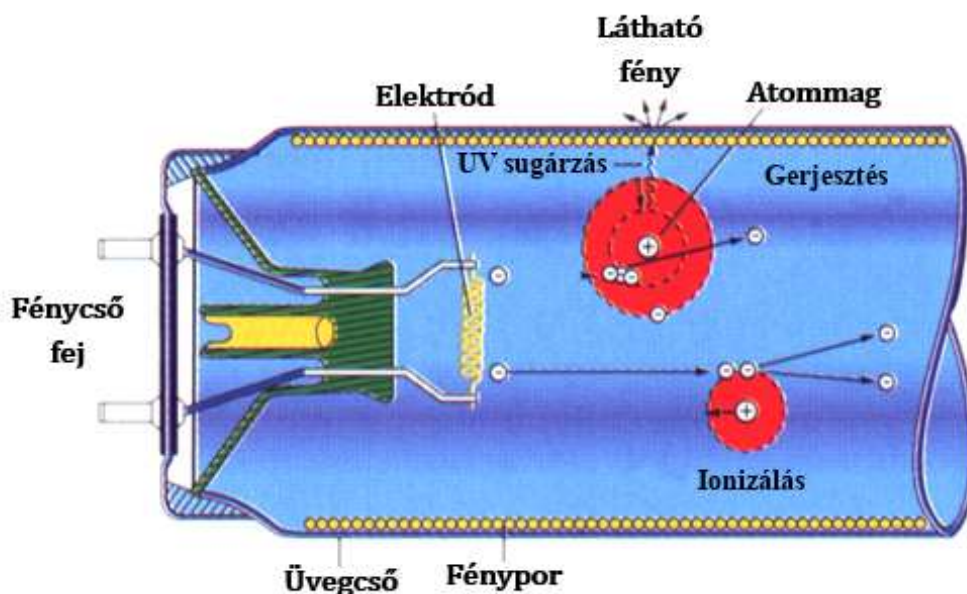
4.1.1. Fénycsővek

A standard fénycsőveket és a T12 típusokat az Európai Unió az Ecodesign irányelvek alapján kivonta forgalomból azok alacsonyabb szintű fényhasznosítása és gyenge színvisszaadása miatt, csak az un. háromsávós és ötsávós típusok kaphatók.

Mivel a belsőtéri fénycsőves lámpatestek helyét az energetikai világításkorszerűsítések során lépésről-lépésre átveszik a LED világítótestek és LED panelek, ezért a fénycsővek belátható időn belül kivonásra kerülnek. Ennek két oka van: a LED-ek fényhasznosítása jóval nagyobb, másrészt azok higanytartalma.

A hagyományos fénycsővek a legelterjedtebb kisnyomású ívkisüléses fényforrások. Felépítésüket **10. ábra** szemlélteti.

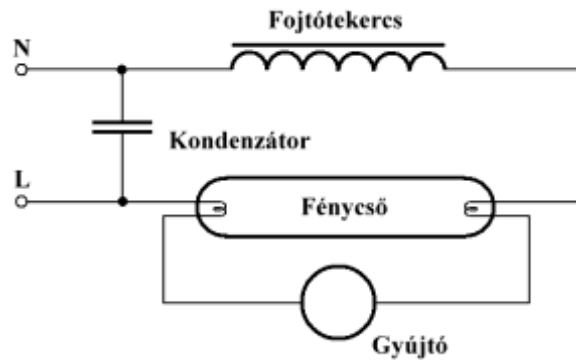
Az üvegből készült fénycső belső felülete fluoreszcens anyagú fénypor bevonattal van ellátva, és a belső térben alacsony nyomású argon vagy argon és kripton keverékéből álló töltőgáz, valamint kis mennyiségű higany van. A nemesgázokra (argon, kripton) az ívkisülés létrehozásához van szükség.



10. ábra A fénycső felépítésének vázlata

Az ívkisülés által gerjesztett higanyatomok ultraviolet sugárzást bocsátanak ki, amit a fénypor alakít át látható fénné. A fényporok összetételével befolyásolható a fény színe, így mára már léteznek ún. három-, és ötsávos fénycsövek is. Az ívkisülés úgy jön létre, hogy a katódokon lévő emittáló bevonat a hevítés hatására elektronokat bocsát ki. Ehhez szükség van a katódok felmelegítésére, amit a bekapcsolás után meg kell várni (kb.: 1 s), de működés közben az ívkisülések hője már biztosít.

A hálózati feszültség nem elegendő az ívkisülés megindításához, ezért a fénycsövekkel együtt mindig kell ún. gyújtó, ill. fojtó elemeket alkalmazni (11. ábra). A legegyszerűbb gyújtó egy bimetált tartalmazó alkatrész, ami a fénycső bekapcsolásakor zárja az áramkört és így a katódok kellően felmelegednek. Ezután a gyújtó megszakítja az áramkört és az így kialakuló áramlökés indítja meg az ívkisülést. Az ívkisülés létrejötte után azonban az ívkisülés karakterisztikájából adódóan az áramerősség olyan mértékben nőne, amit nem szabad megengedni, így ezt korlátozni kell egy ún. előtétellel, ami leggyakrabban egy fojtótekercs. A már „begyújtott” fénycső üzemi feszültsége kisebb, mint a begyújtáshoz szükséges feszültség, ezért a gyújtó áramkörnek a következő bekapcsolásig nincs semmilyen szerepe. A fénycsövek öregedése közben azonban a gyújtási feszültség növekszik, ami a fénycsövek villogásához vezet. Általában azonban a csövek cseréjét már hamarabb kell elvégezni, amikor már a névleges fényáramuk az előírt érték alá csökken. A fényáram csökkenés a fénypor öregedésének és a katódporlódásnak a következménye. A nem üzemelő, de feszültség alatt levő fénycsövek is fogyasztanak elektromos energiát, tehát ezek cseréjéről mielőbb gondoskodni kell a fölösleges energiafogyasztás kiküszöbölése miatt.



11. ábra Általános fénycső kapcsolat

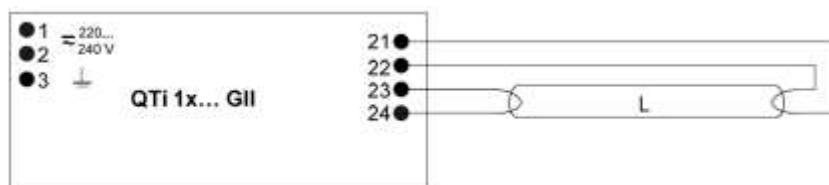
Az ábrán látható kondenzátor az induktivitás hatását korrigáló fázisjavító kondenzátor. Alkalmazására a meddő teljesítmény csökkentése miatt van szükség.

A fénycsőformák száma meglehetősen korlátozott. A legáltalánosabb a különböző átmérőjű egyenes csőforma. A különleges alakú fénycsöveket már kivonták forgalomból.

A lineáris fénycsövek méretmegadásánál az átmérők szokásos megadása a T betű és utána valamilyen számérték (T5, T8,), amit 1/8"-al szorozva kapható meg a valós méret. Ennek értelmében egy T8-as jelzésű fénycső átmérője 26 mm.

$$T8 \rightarrow 8 \cdot 1/8" = 25,4 \text{ mm} \approx 26 \text{ mm}$$

Korábban volt tendencia, hogy T12-es fénycsövek többségét felváltják az ugyanolyan hosszúságú, de kisebb teljesítményű, energiatakarékosabb T8-as fénycsövek, valamint a hagyományos gyújtó és előtét elemeket is a kisebb tömegű elektronikus előtétetek. Ezek 25- 30 kHz-es frekvenciával működnek, így megszűnik a fénycsövek sarkain tapasztalható zavaró vibráló fény, továbbá a gyújtás biztosabb, ami szintén a kellemetlen villogásokat zárja ki, és a magas frekvencia mintegy 10% fényáram növekedést okoz. Az elektronikus előtétetek fontos jellemzője, hogy alkalmazásukkal a 30%-os energia megtakarítás mellett a fényáram is szabályozhatóvá válhat, amennyiben ezeknek speciális szabályozható változatait alkalmazzuk, ami további akár jelentős megtakarítást is eredményezhet.



12. ábra Elektronikus fénycső kapcsolás

A fénycsövek energetikai értékelésekor nem szabad megfeledkezni a velük együtt alkalmazott előtét veszteségeiről sem. A nagy veszteségű, de olcsó előtétek visszaszorítása, és az egységes értékelési mód kialakításának érdekében a vezető előtétgyártók kidolgozták a teljes lámpaáramkör energiahatékonyságát értékelő **EEI** rendszert [14]. Ez alapvetően hét csoportot különböztet meg, amelyek a **2. táblázat** egy 36 W teljesítményű T8-as (Ø26 mm) normál fénycső példáján kerülnek bemutatásra.

2. táblázat A T8 / 36 W normál fénycső EEI osztályozása [14]

Osztály	Megnevezés	Lámpatest teljesítmény
D	Nagy veszteségű inductív előtétek	> 45 W
C	Normál inductív előtétek	≤ 45 W
B2	Kis veszteségű inductív előtétek	≤ 43 W
B1	Igen kis veszteségű inductív előtétek	≤ 41 W
A3	Elektronikus előtétek	≤ 38 W
A2	Kis veszteségű elektronikus előtétek	≤ 36 W
A1	Szabályozható elektronikus előtétek	≤ 38 / 19 W $\Phi \leq 100\% / 25\%$ -nál

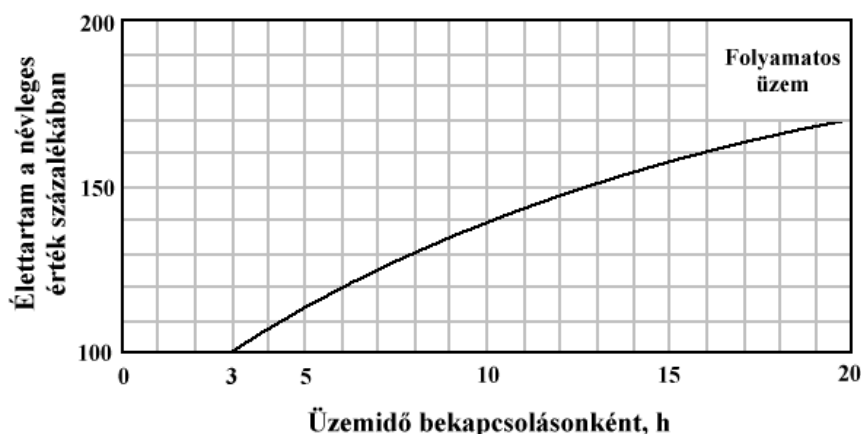
Látszólag ellentmondás, hogy a 36 W-os névleges teljesítményű fénycső előtétrel együtt értendő teljesítménye a táblázat szerint szintén 36 W. Ez azért lehetséges, mert az A2-es osztályban már az elektronikus előtét van feltüntetve, ami a nagy működési frekvenciának köszönhetően $\approx 10\%$ -kal nagyobb fényáram kibocsátást tesz lehetővé, vagyis azonos fényáramhoz kisebb villamos teljesítményre van szükség. Mivel a táblázat teljesítmény adatai azonos fényáramhoz viszonyítottak, ezért a fénycsőre eső teljesítmény kisebb a névlegesnél, és az előtétrel együtt adja a 36 W-os értéket.

A fénycsövek viszonylag érzékenyek a környezeti hőmérsékletre, optimális üzemi hőmérsékletük 5-25°C között van. A T5-ös (16mm) változatok már a rossz szellőzésű helyeken is alkalmazhatók, mert működési hőmérsékletüket 30 °C-ra állították be, azaz itt éri el a maximális fényáramot. Erre azért volt szükség, mert egy 22-25 °C környezeti hőmérsékletű irodában, a tapasztalat azt mutatja, hogy a mennyezetre szerelt lámpatestek körül magasabb a hőmérséklet. Alacsony hőmérsékleten a fényáram gyorsan csökken, és a fénycső villogni kezd, ahogy megpróbál újra meg újra

begyűjtani. Ez a jelenség csak az induktív előtétetekkel történő működtetés esetén fordul elő. Az elektronikus működtetéskor alacsony hőmérsékletnél a fénycső egyszerűen kikapcsol. A nagy páratartalom is káros, mert csökkenti az előtét által előállított gyújtási feszültséget, ezért a fénycsöveket előre bevonják szilikonnal. Ahol ezek a feltételek nem biztosíthatók, ott zárt és megfelelő védettségű lámpatesteket kell alkalmazni.

A fénycsövek fényhasznosítása alacsonyabb a LED-ekénél, élettartamuk pedig úgyszintén rövidebb a félvezető alapú fényforrásukénál.

A fénycsövek élettartamát befolyásolja az egy-egy bekapcsolásra jutó átlagos üzemidő is. A névleges élettartam érték itt is a fénycsövek 50%-os meghibásodási valószínűségét jelenti, de bekapcsolásonként 3 órás átlagos üzemidőre vonatkoztatva. A **13. ábra** látható, hogy az 5 órás üzemidőkhöz már a névlegesnél mintegy 15%-kal nagyobb élettartam tartozik, és folyamatos üzemeltetés esetén ez akár 70% is lehet. Legtöbbször azonban a fénycsöveket a fényáramuk csökkenése miatt kell kicserélni, ami, ha meghaladja a 30%-ot, akkor az üzemeltetés már gazdaságtalanná válik. A 30%-os fényáramcsökkenést „fényhalálnak” szokás nevezni.



13. ábra A bekapcsolásonkénti üzemidő hatása az élettartamra

A fénycsövek eddigiekben leírt előnyös ill. hátrányos tulajdonságait a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat A fénycsövek előnyös és hátrányos tulajdonságai

Előnyök	Hátrányok
Cserélhetőek az integrált LED fényforrásokat tartalmazó lámpatestekkel ellentétben	Fényhasznosításuk csak a fele a hasonló retrofit LED fényforrásokhoz képest
A fényporok kombinációjával speciális spektrumok gazdaságosan előállíthatóak	Élettartamuk is csak a fele a hasonló retrofit fényforrásokhoz képest és harmadnyi a LED lámpatestekkel összehasonlítva
Az UVA, UVB és UVC sugárzás könnyen és gazdaságosan létrehozható, ahol szükséges	Az előtétel kellemetlen zajjal működhetnek
Elektronikus előtéttel jól és villogásmentesen szabályozhatók	A fénycső villogása kellemetlen lehet
Névleges élettartamuk a folyamatos üzemet közelítve akár 70%-kal is nő	Kellemetlen villogás jöhet létre, ha gyújtó folyamatosan megpróbálja begyújtani a fénycsövet és
Fogyasztásuk egyenesen arányos a fényárammal	Névleges fényáramát lassan éri el a gyors LED fényforrásokhoz képest
Nagy méretük miatt a fénysűrűségük kicsi, ami kellemes szórt fényt biztosít	A fénycsövek fényáramukhoz képest nagy méretűek
Felfutási áramuk jóval kisebb, mint a LED fényforrásoknak ezért alacsonyabb értékű kismegszakítókkal védhetőek	Rádiófrekvenciás zavart okozhatnak
A T5 és Speciális típusaik jobban tolerálják a magasabb hőmérsékletet	Élettartamcsökkenést okoz a gyakori ki-bekapcsolás, melyet akár 200000 ciklusig is túrnek a LED fényforrások

4.1.2. Kompakt fénycsövek

A kompakt fénycsövek működési elve gyakorlatilag megegyezik a fénycsövek működésével. Kifejlesztésük célja elsősorban az volt, hogy a fénycsövek előnyös tulajdonságaival rendelkező kisméretű fényforrás jöjjön létre, ami alkalmas az izzólámpák kiváltására. A kisülőtér hosszát azonban nem lehetett korlátlanul csökkenteni, ezért a megoldás az lett, hogy a hosszú csövet mintegy „összehajtogatták”. A minél kisebb méretek elérése érdekében az eredetileg egyszeres hajtogatású kétcsöves modellek mellett a gyártók kifejlesztették a négy-, hat-, és nyolc csöves változatokat is (14. ábra).



14. ábra A kompakt fénycsövek kialakítási formái

A többcsöves kifejezés némileg megtévesztő, hiszen valójában egyetlen kisülőcsőről van szó. A kompakt fénycsövek készülhetnek két, ill. négycsapos dugaszolható kivitelben, és menetes foglalattal. A kétcsapos változatba beépítésre kerül a gyújtó is,

de a négycsaposnak külső gyújtásra van szüksége. Az alkalmazott előtéték elektronikus működésűek. Az izzólámpákkal való teljes cserélhetőség érdekében, a fénycsővel egybe építik az elektronikus előtétet, így azok az izzóknál megszokott E-jelű Edison-fejes foglalatokba közvetlenül becsavarhatók.



15. ábra OSRAM DULUX sorozatú kompakt fénycső [15]

Egy ilyen lámpatest felépítését mutatja a **15. ábra**, ahol a számozás értelmezése a következő:

1. PTC termisztor a villogásmentes, azonnali gyújtáshoz
2. Rádiófrekvenciás zavarshield
3. Kapcsolótranzisztorok
4. Lámpaáram-stabilizátor
5. Kondenzátor a villogásmentes üzemhez

Az elektronikus előtét alkalmazása itt is a fénycsöveknél részletezett előnyös tulajdonságokkal jár, vagyis növekszik a fényáram, biztosabb gyújtás és egyes típusoknál a fényáram szabályozható.

Technikai okokból a kompakt fénycsövekhez csak három-, és ötsávos fényporokat használnak, ezért a színvisszaadásuk kitűnő ($R_a = 82$). A színhőmérsékletük 2700K-tól 6500 K-ig terjed.

Élettartamukat a fénycsövekhez hasonlóan háromórás átlagos üzemidőre vonatkoztatva adják meg a gyártók, az eddigiekben megszokott 50%-os meghibásodási valószínűség mellett.

A kompakt fénycsövek előnyös és hátrányos tulajdonságai, nagyrészt megegyeznek a hagyományos fénycsöveknél leírtakkal. Az eltérő tulajdonságokat a **4. táblázat** tartalmazza.

4. táblázat A kompakt fénycsövek előnyös és hátrányos tulajdonságai a LED-ekhez képest

Előnyök	Hátrányok
Cserélhetőek az integrált LED fényforrásokat tartalmazó lámpatestekkel ellentétben	Az izzólámpákhoz szokott felhasználók, gyakran kapcsolgatják ki-be, ami a gyors tönkremenetelükhöz vezet
Elektronikus előtétrel jól és villogásmentesen szabályozhatók	
Névleges élettartamuk a folyamatos üzemet közelítve akár 70%-kal is nő	Nagyobb méretűek mint a LED retrofit fényforrások
Fogyasztásuk egyenesen arányos a fényárammal	Fényhasznosításuk csak a fele a hasonló retrofit LED fényforrásokhoz képest
Nagy méretük miatt a fénysűrűségük kicsi, ami kellemes szórt fényt biztosít	Élettartamuk is csak a fele a hasonló retrofit fényforrásokhoz képest és harmadnyi a LED lámpatestekkel összehasonlítva
Felfutási áramuk jóval kisebb mint a LED fényforrásoknak ezért alacsonyabb értékű kismegszakítókkal védhetőek	Névleges fényáramát lassan éri el a gyors LED fényforrásokhoz képest
A speciális típusaik jobban tolerálják a magasabb hőmérsékletet	Rádiófrekvenciás zavart okozhatnak
	Élettartamcsökkenést okoz a gyakori ki-bekapcsolás, melyet akár 100000 ciklusig is túrnak a LED fényforrások

A kompakt fénycsövek helyét napjainkban átveszik a retrofit LED fényforrások, amelyek nem izzók! Az utóbbiak fényhasznosítás, élettartama, gyújtáskészsége és nem utolsósorban a teljes fényáram elérése lényegesen rövidebb, mint a kompakt fénycsövéké.

A világító diódák gyors elterjedésének köszönhetően a gyártók több kompakt fénycső típus gyártását megszüntették, helyettük sok esetben azonos fejeléssel ellátott LED-et jelentettek meg.

4.1.3. Indukciós lámpa

Ez a fényforrás típus nem terjedt el a felhasználók körében. Nagyon kevés helyen alkalmazzák, köszönhetően a jobb fényhasznosítású és műszaki paraméterű fényforrások megjelenésének a piacon.

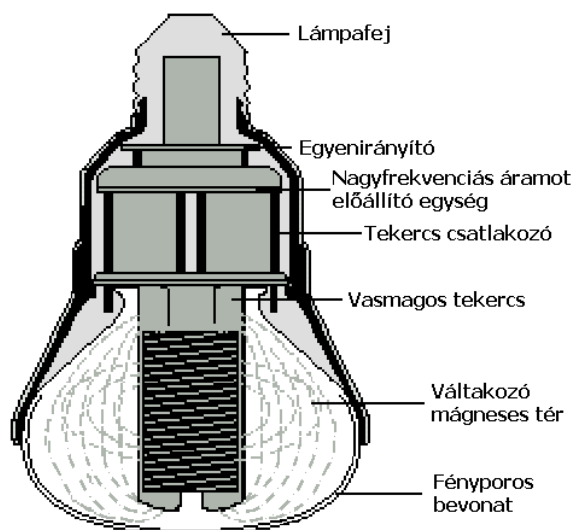
Az indukciós lámpa tulajdonképpen egyfajta speciális kisnyomású kisülőlámpa, és mivel a mérete is izzólámpa nagyságú, így a kompakt fénycsövek közé sorolható. Működési elve azon a megfigyelésen alapul, hogy a nagyteljesítményű rádióadók közelében, a fénycsövek kikapcsolt állapotban is világítanak, ami az erős mágneses tér gerjesztő hatásának köszönhető.

Az indukciós lámpák közül a legismertebb Genral Electric által gyártott Genura lámpa, amelynek felépítése a **16. ábra** látható. A zárt üvegburában kisnyomású kripton gáz, és kismennyiségű higany van. A gerjesztést a burába benyúló tekercs mágneses tere hozza létre, és higany atomok által kibocsátott ultraibolya sugárzást a korábbiakban ismertetett módon bura belső felületén lévő fénypor alakítja át látható fénné. A lámpa elektródákat nem tartalmaz, ami miatt hosszabb az élettartama, és ez kialakítás gyártási szempontból is kedvező

Az 50 Hz frekvenciájú hálózati feszültséget, az elektronika először egyenfeszültséggé alakítja át (egyenirányítás), majd 2,5 MHz-es nagyfrekvenciájú váltakozó jellé alakítja. A nagy frekvencia miatt a lámpa rádiófrekvenciás zavart okozhatna, ezért a bura belsején, árnyékoló hatású átlátszó ólom-oxid réteg van.

A ház biztonsági védőelemként funkcionál, így a felhasználó nem tud hozzáérni feszültség alatt lévő részekhez. Ha akár a műanyag-, akár az üvegrész repedt, vagy törött, a lámpát üzemeltetni nem szabad.

A lámpabura leginkább a reflektorburás izzólámpákéhoz hasonlít, ami irányított fényt eredményez.



16. ábra A Genura lámpa felépítése

4.1.4. Kisnyomású nátriumlámpa

A kisnyomású nátriumlámpa hazánkban nem használt kültérek megvilágítására és a közvilágítási hálózatokon sem, ez elsődlegesen a monokromatikus fényének tudható be.

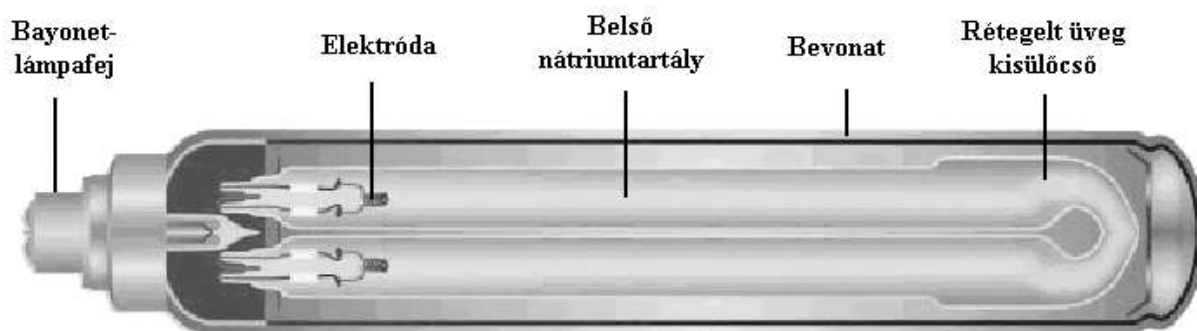
A kisnyomású nátriumlámpákban az ívkisülés a gáztérben lévő nátriumatomokat gerjesztve közvetlenül látható sárgás színű fényt hoz létre, ezért nincs szükség fénypor alkalmazására. Ebben a fényszín tartományban az emberi szem érzékenysége a maximálisához közeli, mint ahogy azt a láthatósági függvények is szemléltetik. Ebből következően a nátriumlámpa fényhasznosítása nagyon jó, hiszen egy ugyanolyan sugárzási teljesítményű, de folytonos spektrális eloszlású fényt adó fényforrással összevetve a sárga fény jóval nagyobb fényérzetet kelt.

Leggyakoribb felhasználási területük a közvilágítás, de annak ellenére, hogy élettartamuk nagy, és a legjobb fényhasznosítású fényforrásnak tekinthetők, nálunk nem terjedtek el rossz színvisszaadásuk miatt (R_a - gyakorlatilag 0, de igazából nem értelmezhető).

Előnyös tulajdonsága, hogy a kikapcsolása, vagy feszültség kimaradás után azonnal képes újra gyújtani.

Felépítésüket a 17. ábra szemlélteti. Az ívkisülés a belső hajlított, rétegelt üvegből készülő kisülőcsőben megy végbe, ami a megfelelő hőmérséklet fenntartása érdekében egy vákuumcsőbe (külső bura) van szerelve.

A kisnyomású nátriumlámpákat csak a hozzájuk tervezett - előtétet és gyújtót együtt tartalmazó - gyújtókészülékkel lehet üzemeltetni. Fontos megemlíteni, hogy robbanás-, vagy tűzveszélyes környezetben az üzemeltetésük nem biztonságos.



17. ábra A kisnyomású nátriumlámpa felépítése

A leírtak alapján kisnyomású nátriumlámpa előnyös és kedvezőtlen tulajdonságait a **5. táblázat** foglalja össze.

5. táblázat A kisnyomású nátriumlámpák előnyös és hátrányos tulajdonságai

Előnyök	Hátrányok
A legjobb fényhasznosítású hagyományos fényforrások	Fényvisszaadásuk gyakorlatilag nulla
Viszonylag hosszú élettartamuk	Speciális gyújtóáramkör alkalmazása szükséges
Újragyújtásuk azonnali	Robbanás-, és tűzveszélyes helyen nem alkalmazhatók

4.2. Nagynyomású ívkisüléses fényforrások

Ezek a fényforrásfajták, mint a nevük is mutatja szintén az ívkisülést használják a látható fény előállítására. Mivel ezeknél a lámpáknál a folyamat nagyobb nyomáson játszódik le, a keletkező elektromágneses sugárzás, ugyan még mindig vonalas jellegű, de már nagyobb hullámhosszúságú, a látható tartományba eső összetevőket is tartalmaz. Ha a gáztérben mozgó elektronok pozitív ionokkal találkoznak, akkor semleges atomokká válva újra egyesülhetnek (rekombináció). A nagy nyomás miatt az ionok sűrűsége jóval nagyobb, így a rekombináció is sokkal gyakrabban játszódik le, mint a kisnyomású fényforrásokban. A folyamat energia felszabadulással jár, ami folytonos spektrumú ún. rekombinációs sugárzásban nyilvánul meg. Ennek köszönhetően a nagynyomású fényforrások fénye a kis intenzitású folytonos, és a nagy intenzitású vonalas spektrum eredőjeként alakul ki. Mivel a fény ezeknél a lámpáknál nagyrészt

közvetlenül az ívkisülésből származik, a fényporokat csak a színvisszaadás javítására szokás használni.

Fontos jellemzőjük, hogy bekapcsolásuk után a névleges fényáramukat csak bizonyos idő elteltével érik el. Ezt az időt felfutási időnek nevezik (jele: t_f), és típustól függően 5-10 perc közötti tartományban mozog.

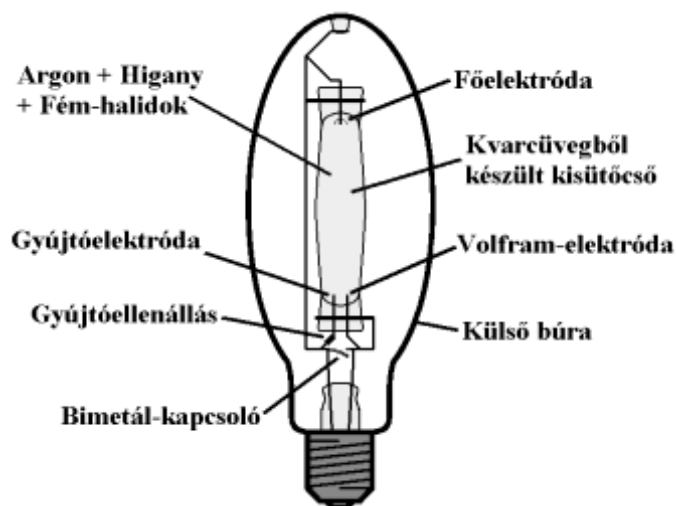
Felépítésükre jellemző, hogy a kisülés az erre a célra megfelelően kialakított viszonylag kisméretű kisülőcsőben megy végbe, néhány bar üzemi nyomáson. A nagy hőmérsékletek miatt ennek anyaga általában a hőnek ellenálló kvarc, kerámia, vagy a nagynyomású nátriumlámpa esetén alumínium - oxid, A kisülőcső körül csepp-, vagy ellipszoid alakú üvegbúra van, ami egyrészt védi a csövet a környezet hatásaitól, másrészt viszont a környezetet védi főleg a káros hő-, és ibolyántúli sugárzástól. A külső búra szerepe lehet még a diffúz fény előállításához szükséges felületminőség biztosítása, vagy a megfelelő összetételű fénypor hordozása.

4.2.1. Fémhalogén - lámpák

A fémhalogén - lámpák a higanylámpa továbbfejlesztésének eredménye. Általános felépítésüket a **18. ábra** szemlélteti, továbbá alapvető kialakítási változataik a teljesség igény nélkül a **19. ábra** láthatók.

A legfőbb különbség, hogy a kisülőcsőbe az argon és a higany mellé az ívkisülés színképét javító anyagokat adalékolnak. A kisülőcsőbe nátrium-, indium-, és tallium jodidokat keverve, az ún. fehér fényű vagy természetes fehér fényű fémhalogén - lámpákat kapjuk eredményül.

Ezekben a kisülőcsövet gyakran kerámia bevonat borítja, mert a nagy nyomáson a nátrium atomok képesek lennének a kvarcüvegen át-jutni. A lámpák 2000 W-os teljesítményig készülnek, és egyes típusaik 380 V-os hálózatról is üzemeltethetőek. Fényhasznosításuk maximuma 130 lm/W körüli, színvisszaadásuk azonban eléri $R_a = 90$, azaz kiváló (eztért is használják még stadionvilágításra is).



18. ábra Fémhalogénlámpa általános felépítése



19. ábra Fémhalogén lámpa típusok [10]

A kisülőcsőbe további halogénvegyületeket (diszpórium) adva jönnek létre a nappali fényű fémhalogén – lámpák. Ezek színvisszaadása kiváló $R_a > 90$, de a fényhasznosítás 100 lm/W körüli értékre csökken. Ezeket a lámpákat előszeretettel alkalmazzák nagy színvisszaadási követelményeket támasztóipari célra, valamint sportlétesítmények, stadionok és stúdiók megvilágítására. Készülnek átlátszó és diffúz fényt adó bevonattal, továbbá azonnal újra gyújtható változatban is.

A lámpatípusok megnevezésénél némileg megtévesztő a „nappali fényű” és a természetes „fehér fényű” megnevezések használata, hiszen a hétköznapi

nyelvhasználatban a nappali fényt tekintjük természetesnek. Mivel a fényvisszaadási index meghatározásakor is a nappali fényszínből indulunk ki, így ennek a megnevezésnek a használata az $R_a > 90$ színvisszaadási indexű fényforrás esetén logikus, azonban az $R_a = 65$ értékű természetes fehér fény helyett helyesebb lenne a korrelált színhőmérséklet tárgyalásánál bevezetett „semleges” fehér megnevezés alkalmazása.

Napjainkban a fémhalogénlámpás világítást LED világítótestekre cserélik jobb fényhasznosításuk, azonnali (felfutási idő nélküli) fénykibocsátásuk, hosszú élettartamuk és könnyű üzemeltetésük, karbantartásuk miatt.

A fémhalogén – lámpák előnyös, illetve hátrányos tulajdonságait, manapság kiváltásukra legtöbbször használt LED-es ipari mélysugárzókkal és fényvetőkkel összevetve a **6. táblázat** foglalja össze.

6. táblázat A fémhalogén – lámpák előnyös és hátrányos tulajdonságai

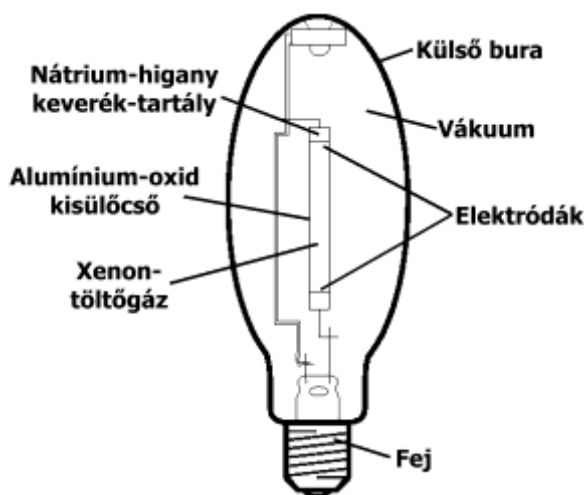
Előnyök	Hátrányok
Kilowattos teljesítménytartományban kisebb helyigénnyel rendelkeznek, mint LED-es alternatívái	A működtetésükhöz használt lámpatestek hatásfokát is figyelembe véve fele annyira hatékonyak, mint a LED-es lámpatestek
Cserélhetőek az integrált LED fényforrásokat tartalmazó lámpatestekkel ellentétben	Égetési helyzete nem tetszőleges
Optikailag könnyebben fókuszálhatóak, előnyösebbek szűkensugárzó fényeloszlásokhoz	Felfutási idejük 4 perc körüli és az újragyújtást követően sem képesek azonnali fénykibocsátásra általános típusaik
Oszlopcsúcson is elhelyezhetőek a nagyteljesítményűek mert hagyományos előtétük távolabb is elhelyezhetőek	Élettartamuk csak tizede a kiváltó LED-es lámpatesteknek.
Felfutási áramuk jóval kisebb mint a LED fényforrásoknak ezért alacsonyabb értékű kismegszakítókkal védhetőek	Nem szabályozhatóak
	Kellemetlen villogás jöhet létre, ha gyújtó folyamatosan megpróbálja begyújtani a lámpát

4.2.2. Nagynyomású nátriumlámpák

Ezeknél a lámpatípusoknál a „nagy nyomású” jelző elsősorban a már ismertetett kisnyomású nátriumlámpától való megkülönböztetést szolgálja, mivel a kisülőcsőben uralkodó nyomás alig nagyobb a légköri nyomásnál. Működési elve hasonló a már bemutatott nagynyomású kisülő lámpákéhoz. A legfőbb különbségek a kisülőcső kialakításában, és töltetében vannak (**20. ábra**). A cső egyik végén lévő tartályban

található az ívkeltéshez szükséges nátrium-higany keverék. A tartály a kisülőcső leghidegebb része, így a felesleges nátrium és higany itt kondenzálódik és gyűlik össze.

A nátrium agresszív vegyi viselkedése miatt a kisülőcső anyaga alumínium-oxid, hengeres alakja vékony és hosszúkas. Fényáteresztő képessége 90% feletti, és nátriumot, higanyt, valamint töltőgázként xenont tartalmaz. A nagynyomású náatriumlámpa színvisszaadása $R_a \approx 25$, valamivel jobb, mint a kisnyomású változaté, de még így is igen gyenge. A xenon töltőgáz nyomásának emelésével azonban ez javítható. Az utóbbi évek fő fejlesztési törekvése elsősorban a színvisszaadás javítása volt, aminek eredményeként megszülettek, a javított-, és erősen javított színvisszaadású típusok is, ami viszont a fényhasznosítás csökkenésével járt együtt. Az alaptípusa akár 140 lm/W-os fényhasznosítást is elért, de a javított változat mindössze 90-95, míg az erősen javított 80 lm/W körüli értékekre képes.



20. ábra A nagynyomású náatriumlámpa felépítése



21. ábra A nagynyomású nátriumlámpák néhány kialakítási típusa [10]

A nagynyomású nátriumlámpák fontosabb tulajdonságai a Hiba! Érvénytelen könyvjelző-hivatkozás.**ban** olvashatók.

7. táblázat A nagynyomású nátrium lámpák előnyös és hátrányos tulajdonságai

Előnyök	Hátrányok
	Alaptípusa mindössze $R_a = 25$ körüli színvisszaadású
Élettartama során a fényárama jelentős mértékben nem csökken	
	Gyújtási ideje nagy (2-8 perc)
Cserélhetőek az integrált LED fényforrásokot tartalmazó lámpatestekkel ellentétben	A színvisszaadás javulásával a fényhasznosításuk romlik

Felfutási áramuk jóval kisebb, mint a LED fényforrásoknak ezért alacsonyabb értékű kismegszakítókkal védhetőek	Még a legspeciálisabb változataik hosszú élettartama is csak a fele az általános LED alternatíváiknak
--	---

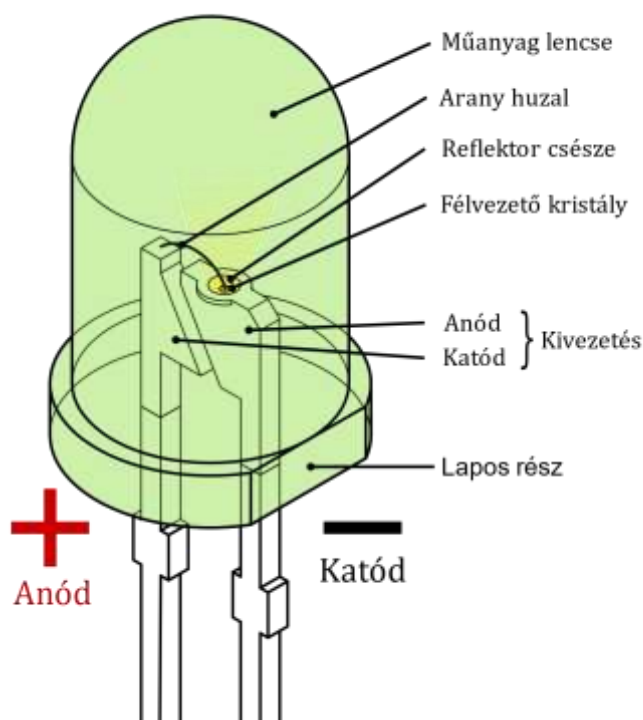
A nátriumlámpákat elsődlegesen a közvilágításban használják, de előfordulnak külsőtéri munkahelyek világításánál is.

Napjainkban a települések közvilágítás korszerűsítési programjai a nátriumlámpás közvilágítás lecseréléséről szólnak LED világítótestekre, mivel jobb a fényhasznosításuk, színvisszaadásuk és bekapcsoláskor felfutási idő nélkül érik el szinte teljes fényáramukat.

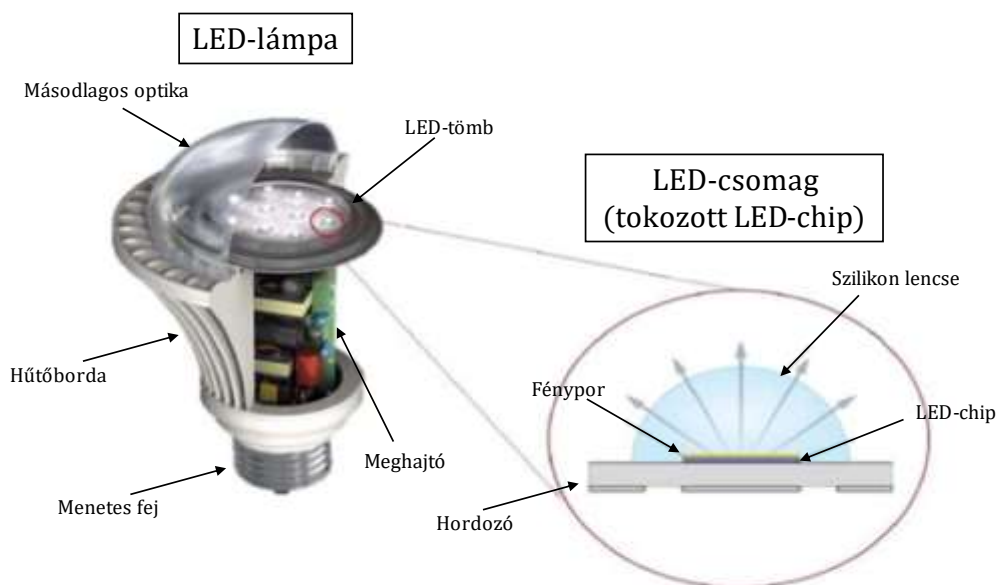
4.3. Félvezető alapú fénykeltés

4.3.1. Világító diódák

A világító diódák a szilárdtest fényforrások családjába tartoznak, mivel félvezető anyagból készülnek (22. ábra). A közismert neve, a LED szó az angol Light Emitting Diode (fénykibocsátó dióda) kifejezés rövidítéséből származik. A LED lényegében nyitó irányban működő félvezető rétegdióda, melyben a foton emisszió az injektált töltéshordozók p-n átmeneten végbemenő rekombinációja során jön létre. A kibocsátott fény színe a félvezető anyag összetételétől, azaz ötvözőitől függ, spektruma az infravöröstől az ultraibolyáig terjedhet.



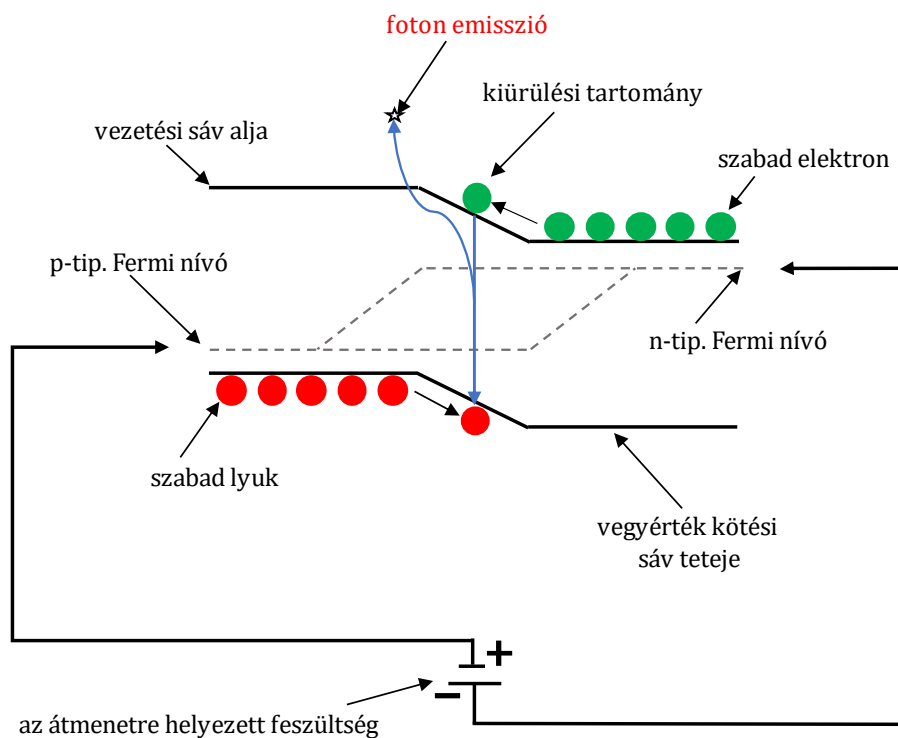
22. ábra. A világító dióda felépítése



23. ábra. E27 fejelésű LED felépítése

Működése:

A diódára kapcsolt elektromos áram a LED anyagában levő atomok elektronjait gerjeszti, amitől azok nagyobb energiaszintű elektronpályára lépnek. A mikor azok visszatérnek eredeti energiaszintjükre, energialeadás keletkezik fotonkibocsátás formájában. Nyitóirányú áram esetén a PN átmeneten az elektronok a N rétegből a P-be, a lyukak a P rétegből az N-be diffundálnak (24. ábra). A diffúziós kisebbségi és többségi töltéshordozók között rekombinációs folyamat indul meg, melynek során a felszabaduló energia fotonok formájában kerül kisugárzásra. A kisugárzott fotonok mennyisége a feszültség nagyságától függ, egészen egy bizonyos nyitóirányú áramértékig, ahonnan már nem számottevő a változás.



24. ábra. A világító dióda (LED) működési elve

A sugárzás csak úgy jöhet létre, ha az elektronok átkerülnek a nagyenergiájú vezetési sávból a kisebb energiájú vegyértéksávba. Mivel az elektron ebben az állapotba nem stabil, kis idő elteltével visszaugrik az eredeti elektronpályájára. A többletenergia, amivel előzőleg képes volt feljebb lépni, sugárzás formájában hagyja el az atomot.

A LED-ek előnye, hogy a fény előállításához alacsony áramerősséget és feszültséget igényelnek, alacsony a fogyasztásuk, nagy a kapcsolási sebességük, kis helyen elférnek, ütésállóak és hosszú az élettartamuk. A LED-ek működésük közben nagyon melegsznek, ezért gondoskodni kell a hűtésükről! A túlmelegedés élettartam csökkenéshez vezet.

4.3.2. LED típusok

A LED fényforrások különböző formában, eltérő tokokban, különféle a fotometriai tulajdonságaikat és mechanikai kialakításukat meghatározó kivitelben kerülnek ipari felhasználásra. A gyártásuk során megszülető konstrukciókat vesszük sorra azzal a megjegyzéssel, hogy ezeknek csak legvégső változataikkal találkozunk a lámpatestekben.

4.3.2.1. LED lapkák

A LED lapkák a LED-eket előállító félvezető gyárban található tisztatéri gyártósorok végtermékei. Ezek azok a félvezető lapkák (LED chip), amelyek az alkalmas félvezető

anyagból elkészített LED pn átmeneteket tartalmaznak. A félvezető gyárban ezeket speciális kialakítású, kerek félvezető szeleten készítik el alkalmas félvezetőtechnológiai lépésekkel. A félvezető szeleten kialakított, elektromos kontaktusokkal ellátott LED lapkákat a darabolás előtt, még a szeleten tesztelik, megméri annak elektromos és optikai jellemzőit. A hibás LED lapkákat még a szeleten megjelölik, így darabolás után a selejtes lapkákat nem tokozzák.

4.3.2.2. LED tokok

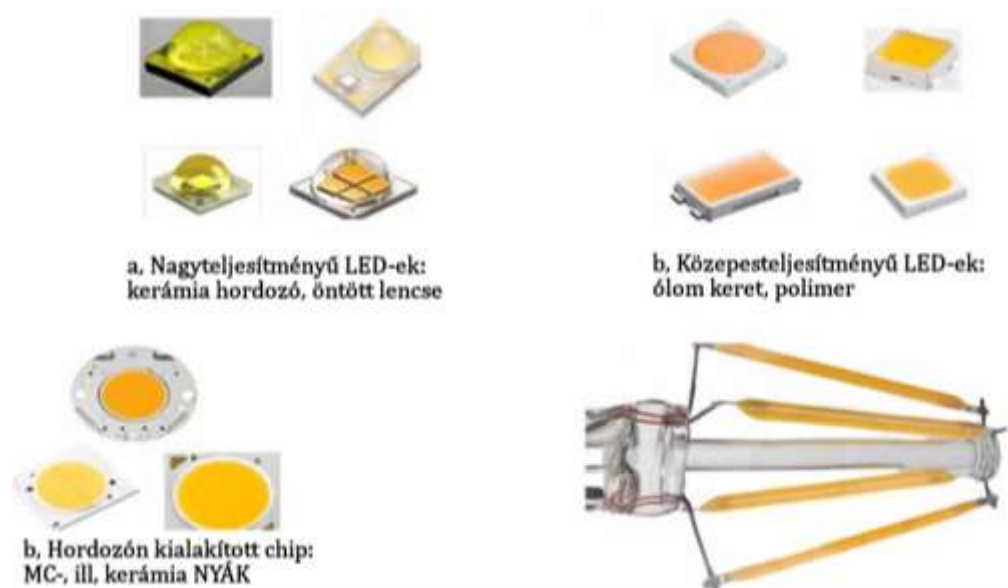
Azért, hogy a fenti LED lapkák a továbbiakban felhasználhatóak legyenek szükséges, hogy mechanikai, kémiai védelmet kapjanak és megfelelő optikával, hűtőfelülettel és külső elektromos csatlakozókkal ellátott tokba kerüljenek. A kék fényt sugárzó LED lapkákat ebben a fázisban látják fényporral, hogy fehér LED-et kapjunk. Természetesen ezt követően is vizsgálják a kiegészített fényforrásokat.

4.3.2.3. Áramköri hordozóra szerelt LED tokok

A lámpatestekben történő felhasználás érdekében ezután a LED tokokat áramköri hordozóra szerelik, ami egy jó hővezető-képességű ún. fém magvas nyomtatott huzalozású lemez, angol elnevezése (metal core printed circuit board) után az ún. MCPCB. Ez egy, a felületén egy vékony elektromos szigetelő réteggel és a LED-ek elektromos bekötését szolgáló réz fóliával fedett lemez. A fémből készült áramköri hordozónak különös jelentősége van a LED hűtése szempontjából, hiszen a tok hűtőfelületén távozó hő ez vezeti tovább a környezet (pl. egy hűtőborda, vagy a lámpatest ház) felé. Az ilyen kialakítású fényforrásokkal már találkozhatunk a LED világítótestekben. Azonban sokkal inkább ezeknek hűtőszelvényekkel ellátott változataikkal, amiken a hűtőbordák a hatékony működést és a hosszú élettartamot biztosítják.

4.3.2.4. COB LED

A termikus határfelületek számának csökkentésére jellegzetes példát az ún. CoB (chip-on-board) tokozású LED-ek jelentik, ahol az elektromosan sorba kötött LED lapkákat közvetlenül egy jó hővezető kerámiából készült áramköri hordozó lemezre ültetik be és a fényport erre a LED mátrixra viszik fel. Egy ilyen kész CoB LED-et aztán alkalmas hűtőszelvényre szerelik.



25. ábra LED típusok

4.3.2.5. LED modulok

A LED modulok (26. ábra) egy jó gyakorlati kompromisszumot jelentenek a fixre szerelt LED-ekkel kialakított LED-es világítótestek és az ismeretlen termikus és optikai paraméterekkel bíró hagyományos lámpatestekben való használatra szánt retrofit LED lámpák között. Rengeteg típusuk létezik főleg az irányított fényű hagyományos fényforrások kiváltására, de a szabványos formai kötöttségek nélkül kialakított megfelelő hűtőbordákkal. A megfelelő működtetőegységekkel kiegészítve akár professzionális világítótest is felépíthető a retrofit fényforrásokkal megvalósított kompromisszumos „modernizálásokkal” ellentétben. Ugyanígy elérhetőek nagyobb transzparens felületek háttérmegvilágítására kifejlesztett modulok, melyek gyakori fényforrások pl. a reklámtábláknál. Lineáris felépítésű lámpatestekbe építhetőek be egyszerűen a hosszúkás, MCPCB-re telepített LED modulok.



26. ábra LED modulok

4.3.2.6. Cserélhető LED modulok

Az ilyen LED modulok (27. ábra) azzal a hozzáadott értékkel rendelkeznek, hogy a specifikált mechanikai csatlakozó felületekkel megteremtik a termékek közötti csereszavatosságot. Ez lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy az „A” gyártó LED

modulját a “B” gyártó foglalatában, a “C” gyártó optikájával és a “D” gyártó hűtőbordájával használhassa.



27. ábra Cserélhető LED modul

4.3.2.7. Teljes LED-es fényforrások

A LED-es fényforrások legismertebb fajtái az ún. retrofit LED lámpák. Ezekkel a legnagyobb probléma az, hogy egyáltalán nem definiált az, hogy milyen termikus környezetben kerülnek felhasználásra. Ugyanaz a LED lámpa típus (pl. egy halogén spot lámpát helyettesítő LED lámpa) kerülhet egy jól szellőző helyre, ahol a lámpa hűtőfelületéről a környezet felé jól biztosított a konvektív hőátadás, de kerülhet olyan helyre is (pl. egy szellőztetés mentes álmennyezetbe süllyesztett lámpatestbe), ahol kifejezetten rossz a hőátadás. A kétféle alkalmazási környezetben a LED lámpa teljes fényárama és várható élettartama is jelentősen el fog térni egymástól. A retrofit LED lámpák minden olyan jellegzetes rendszer összetevőt tartalmaznak, amit egy dedikált LED-es világítótest is: meghajtó elektronikát (tipikusan részben a lámpafejben, részben a hűtőszerelvény belsejében elrejtve), áramköri hordozó lemezt rajta a LED tokokkal, ami egy optikával és/vagy diffúzorral van körül véve. A leggyakoribb típusaik a hagyományos izzólámpákat kiváltó retrofit LED fényforrások, de ugyanilyen a LED reflektorlámpa is. Mindkét változat az összes, gyakran előforduló fejjel ellátott kivitelben fellelhető, ami lehetővé teszi, hogy az általánosan használt lámpatestekbe beszerelhetőek legyenek. Ilyen fejelések láthatók a hagyományos típusokat követő sorrendben a GU10, GU5.3, E27 és E14 valamint a G53 a 28. ábrán.



28. ábra Hagyományos és reflektoros LED lámpák

A speciálisabb fejjel szerelt típusaik a két végén fejtelt fényforrások pl. R7s, a törpefeszültségről üzemelő G4 és GY 6.35, vagy a hálózati feszültségű G9, sőt még a „vonalizzók” S14D és-S fejeléssel is elérhetőek (29. ábra).



29. ábra Speciális retrofit LED fényforrások

Ugyanide sorolhatjuk a kompakt fénycsövek kiváltására alkalmas retrofit LED lámpákat is. Üzemeltetési sajátosságuk, hogy ellenőrizni kell az eredeti hagyományos fénycsövek előtétjeit ugyanis vannak a retrofit LED lámpáknak direktben a hálózati feszültségről, előtét nélkül üzemelő típusai, de egyes változataik alkalmasak a korábban a hagyományos fényforráshoz esetlegesen alkalmazott elektronikus előtéttel is együtt működni. A kompakt fénycsöveknek megfelelően elérhetőek a G24 és G23 család változatai, a 2G11 fejelés és a GX24-es változatok is (30. ábra).



30. ábra Retrofit LED fényforrások

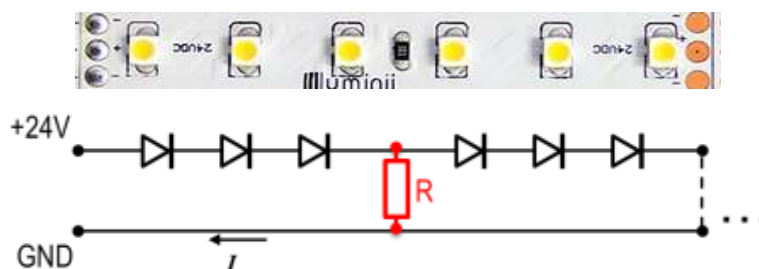
Rendkívül népszerűek és gyakran alkalmazott hasonlóan besorolható fényforrások a flexibilis LED szalagok (31. ábra). Népszerűségük oka, hogy rugalmasan kombinálhatóak az üzemeltetésükhöz szükséges/javasolt egyéb kiegészítőkkel. Pontosan egyező profilok, burák, rögzítő szerelvények, de elektromos betápláló és

soroló elemek, valamint működtető és szabályozó elektronikák is elérhetőek. Széles választékuk is felhasználóbarát ugyanis az általános világítási feladatokra gyártott szalagok is már elérhetőek akár 2000-6500K színhőmérséklettel. Színvisszaadásuk elérheti a CRI98-as értéket, teljesítményük a 60 Wattot méterenként, fényáramuk akár a 7000 lm/m szintet is. Elérhetőek állandó és változtatható színhőmérsékletű fehér fénnel, de RGB és RGBW változatokban vagy egyszínű színes LED szalagként is.



31. ábra LED flexibilis szalag

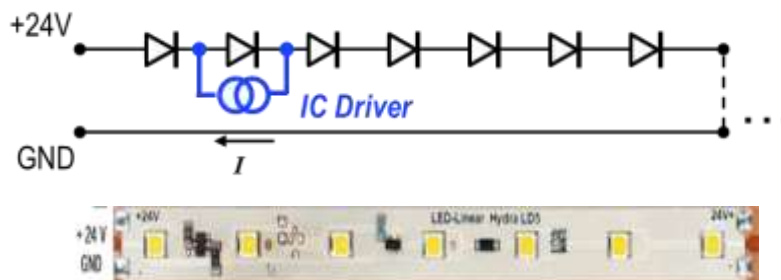
Átgondolt üzemeltetés indokolt az egyszerűbb változataiknál, amelyekben a kisebb és általában szabható szakaszokon ellenállásokkal biztosítják a LED morzsák üzemi feszültségét. Ez a technikailag nem a legkifinomultabb megoldás sajnos azt is eredményezi, hogy hosszabb szalagok esetén szemmel látható fényáramesés is tapasztalható. Ugyancsak hátrányos következmény, hogy egyetlen LED morzsa esetleges kiesésekor a közvetlen mellette lévő társai túlterhelődhetnek és rövid időn belül követhetik szomszédukat. Az ilyen szalagok jól felimerhetőek az egyszerű, egyetlen, felületre-szerelt ellenállásukról (32. ábra).



32. ábra Ellenállásosztóval épített LED szalag

A csökkenő fényáram problémát még lehet orvosolni a kétoldali megáplálással, de az igazán professzionális megoldást a szalagokra integrált áramgenerátoros üzemeltetés nyújtja. ebben az esetben a szalagok teljes hosszán azonos fényárammal számolhatunk

szakaszonként és egy esetleges meghibásodás esetén is megtartja az optimális munkaponti viszonyokat a fennmaradó LED morzsák számára (33. ábra).



33. ábra Integrált áramgenerátoros meghatású LED szalag

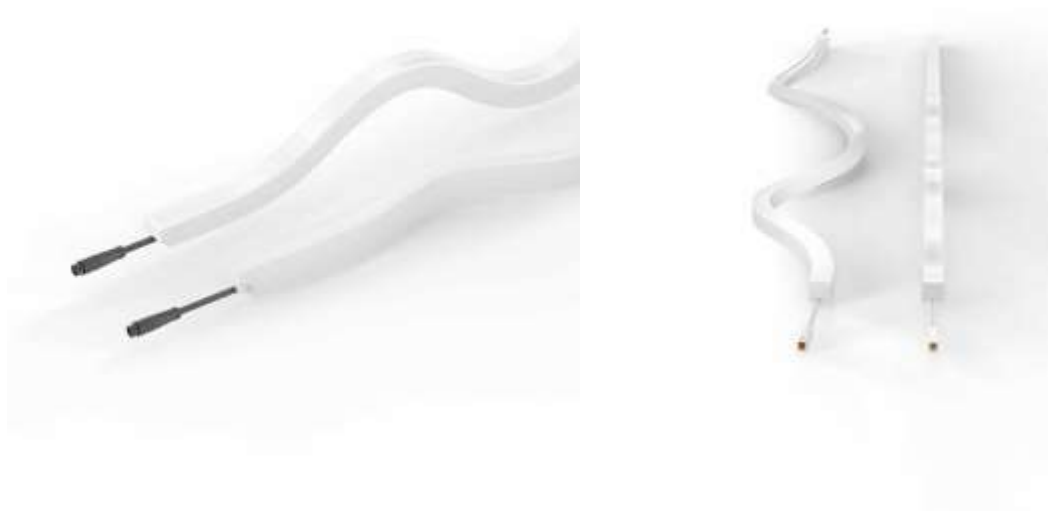
Különböző világítási feladatokat lehet megoldani a különböző sűrűséggel, chip-távolsággal felépített szalagokkal. A sűrűbb pl. 1 cm alatti közökkel szereltekkel direkt rálátásnál is könnyen elérhető egy egyenletes diffúz világító felület, míg az ennél nagyobb közökkel szerelt szalagokkal inkább a direkt láátás nélküli (nem dekorációs céllal megjelenő burájú) általános megvilágítást adó, általános felületek megvilágítására alkalmas. További lehetőségeket ad, hogy IP védett kivitelben is elérhetőek. A leggyakoribb magas védettségi fokuk az IP66 és IP67, de léteznek IP68 változatok is, de ezeknél már inkább a csatlakozók, betáplálások technikai nehézségei jelentik a felhasználásuk korlátait (34. ábra).



34. ábra Védett LED szalagok

A profilok, melyek az elengedhetetlen hűtést is biztosítják a szalagoknak, különböző fényeloszlást adó diffúzorokkal is elláthatóak, de vannak ún. kapszulázott szalagok is, melyek a LED chipet körülvevő kitöltő anyaggal befolyásolják a fényeloszlást. Ez a megoldás mechanikai védelmet is biztosít a szalagoknak és a megbízhatóbb változataik poliuretán alapanyagúak melyek ellenállnak a városokban megtalálható agresszív gázoknak, csapadékaiknak. A szalagok általában csak az egyik irányban flexibilisek

vagyis csak egyik irányba hajlíthatóak meghatározott minimális sugárral, de szintén megtalálhatóak az ún. 3D flexibilis szalagok, amelyek minden dimenzióba irányíthatóak. Ilyen típusok szükségesek pl. egy csigalépcső korlátjának pontos lekövetésére (35. ábra).



35. ábra Egy irányba hajlítható, IP67 védettségű kapszulázott LED szalagok és 3D változatuk

4.3.3. LED fényforrások működtetése

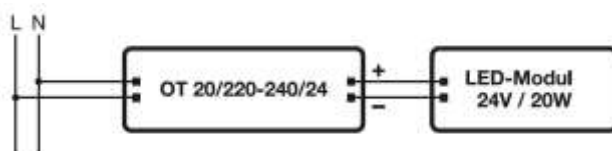
A LED fényforrások üzemeltetéséhez a hagyományos lámpák többségénél már megszokott módon működtető egységre van szükség. Ezek az elektronikus előtétetek biztosítják a megfelelő elektromos-energiaellátást a LED modulok számára (36. ábra).



36. ábra LED működtetők (driver) és vezérlők

Rögtön az elején két fő csoportra oszthatjuk ezeket mert hasonló módon a lámpatestekhez itt is találhatunk normál és IP védett kivitelűeket. Az üzemelés környezeti körülményeinek megfelelően kell megválasztani IP védettségüket.

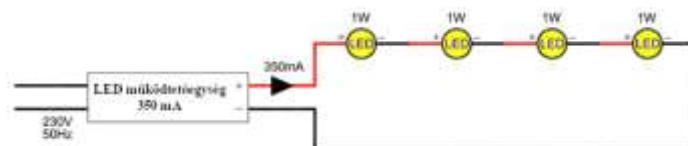
Hasonlóan két nagy csoportot különíthetünk el az üzemeltetett LED modulok szükségleteinek megfelelően. A talán jobban ismert és a LED szalagoknál leginkább alkalmazottak az ún. állandó feszültséget biztosító működtető egységek (37. ábra)



37. ábra Állandó feszültségű meghajtó és modulja

Ezek a típusok állandó egyenfeszültséggel látják el a modulokat, amiket párhuzamosan kapcsolhatunk, teljesítmény egyeztetést követően. A professzionális technológiában leggyakrabban 24V és 48V feszültséget alkalmaznak. Semmiképpen sem 12V-os rendszereket, amelyek az egyszerű fizikai törvény miatt kétszeres árammal terhelik a vezetőket azonos teljesítmény esetén, ami például a LED szalagoknál direkt hatással van a LED morzsák üzemelési hőmérsékletére. Mivel ez azonos mechanikai kialakítás és körülmények között magasabb hőmérsékletet jelent ez negatívan hat a LED fényforrás élettartamára (is).

A másik nagy csoport az állandó áramot nyújtó működtető egységek, ahol a LED morzsák vagy modulok sorba kötve táplálhatóak a meghajtóról (38. ábra).



38. ábra Állandó áramú meghajtó és LED moduljai

Az ipari felhasználású lámpatesteknél már szinte kizárólag ilyen megtáplálású rendszerekkel találkozhatunk. Mivel a LED fényforrások fényárama közel lineárisan együtt mozog a táplálásnál használt áram erősségével – természetesen a LED paramétereiből adódó korlátokon belül – a különböző áramú meghajtókkal a befolyásolhatjuk a világítótest fényáramát az installáláskor vagy szakemberek segítségével akár utólag is.

Veszélyes biztonságtechnikai problémája a LED-es világítótesteknek a működtető egység szekunder feszültsége. Kisebb teljesítményű világítótestekben, amikor

viszonylag kisszámú LED-et kötnek sorba, ezek eredő feszültsége nem haladja meg a törpefeszültség biztonsági értékét, azaz nem okozhat áramütést. Ezek az úgynevezett SELV rendszerű előtétek. Az egyre nagyobb teljesítményű és ezzel együtt egyre több LED sorba kötésével kialakított világítótest típusokban a nagyszámú sorba kötött LED miatt az eredő feszültség meghaladhatja a megengedett biztonsági törpefeszültség értéket, azaz a világítótest szekunder oldalán levő feszültség áramütést okozhat. Ezekben a világítótestekben már normál szigeteléssel kell ellátni a LED tápvezetékeket, és megfelelően kell szigetelni a LED-eket, illetve a LED-eket tartalmazó paneleket is. Az egyes modulok csatlakozói (amelyek általában bontható kivitelűek) is csak olyan típusúak lehetnek, amelyeknek megfelelő a szigetelési szintje. A szigeteléssel együtt megoldható a kábelek tehermentesítése is, ami szükséges feladat az általában álmennyezet mögött szerelt, különálló működtetőegységet tartalmazó rendszereknél (39. ábra).



39. ábra Tehermentesítő kábelerőgátók

A fentebb tárgyalt előtétek természetesen szabályozható kivitelben is megtalálhatóak a világítótestekben. Az egyik módszer az amplitúdómodulálással végzett fényáramszabályozás, de ez alacsonyabb szintre érkezve bizonytalan szabályozást eredményez vagy egyszerűen kihunyhatnak a fényforrások. Körülbelül a 20% alatti üzembiztos szabályozás érdekében használják a lámpatesteknél is tárgyalt ún. PWM vagyis az impulzusszélesség-modulációval történő szabályozást. Megemlítendő, hogy a zavaró villogás elkerülése érdekében a megtáplálás frekvenciájának elég nagynek kell lennie. Az IEEE P1789 előírásainak megfelelően ennek nagyobbnek kell lennie mint 1,2 kHz. Ma már léteznek olyan kombinált szabályozható előtétek is, amik a magasabb értékeken még amplitúdómodulációs szabályozással üzemeltetik a LED-eket míg a 20% alatti tartományban észrevétlenül átkapcsolnak PWM szabályozásra.

Egy különleges szabályozhatóságnak tekinthető az önmagukat, automatikusan szabályozó működtető egységek egy típusa, az állandó fényáramot biztosító előtétek (CLO). Mivel a LED fényforrások működésük során folyamatosan öregednek és vesztenek fényáramukból az ilyen speciális előtétek a működtető áram értékének emelésével a lámpatest teljes élettartama során biztosítják a kezdeti és állandó fényáramot.

A szabályozható előtétetek vezérlésére leggyakrabban az analóg, egyenfeszültségű 1-10V jeleket alkalmazzák, vagy a digitális jelfolyamokkal működő DALI, KNX rendszereket. A digitális vezérlésű DALI előtétetek néhány fejlettebb típusa „megérti” a nyomógombos vezérlést is (Touch DIM). A vezérlő jelek továbbításának újabb és egyre gyakoribb módja vezeték nélküli, Wi-Fi vagy Bluetooth hálózatokon keresztül történik (pl. Zigbee, Loxone).

Az üzemeltetés szempontjából a szabályozás általában egy kedvező eredménnyel járó hozzáadott érték, de nem szabad elfelejteni a nagyobb mennyiségű szabályozható előtéttel működő hálózatoknál, hogy alacsonyabb szinten vesztenek hatékonyságukból és teljesítménytényezőjük esik. Ez utóbbi egy kb. 25%-on működő előtétnél akár 0,7 is lehet.

A fenti tulajdonságok mellett még fontos megemlíteni a működtető egységek teljesítményét. Azon gyártók termékeinek tekintetében, melyek adatlapjaikon kinyilatkozzák, teljes mértékben kiterhelhetők a névleges teljesítményig. Ahogy a világítótesteknél is tárgyaljuk az egyenfeszültségű működés szélesebb körben teszi felhasználhatóvá az előtéteteket, például tartalék világítási hálózatokon. Ugyanilyen fontos tulajdonság, hogy a korszerű működtető elektronikák olyan beépített hőmérsékletvédelemmel rendelkezik, amely érzékeli a működtető elektronika hőmérsékletét és amennyiben az meghaladja a beállított megengedett értéket, elkezdi leszabályozni a teljesítményt, ami a működési hőmérséklet csökkenésével jár. A leszabályozás addig a teljesítményig történik, amelynél a tápegység hőmérséklete visszaáll a megengedett értékre. Szintén fontos, hogy csak olyan előtéttel rendelkező világítótesteket használjunk, amikben megfelelő felharmonikus szűrés van.

Főleg közvilágítási LED lámpatestek működtető egységeinél szempont a túlfeszültségvédelem hiszen a táphálózaton egyaránt előfordulhatnak légköri eredetű (villámcsapás) és kapcsolási túlfeszültségek. Ezek értéke a több kV értéket is elérheti ezért az előtétgyártók a közvilágításban alkalmazott előtétetekbe 6 vagy 10 kV-os túlfeszültségvédelmet építenek be.

Nem utolsó sorban érdemes ellenőrizni a működtető egység élettartamát is, amely a korszerű típusoknál 100.000 üzemóra.

Ezt erősen befolyásolja ezen elektronikák esetében is a környezeti hőmérséklet ezért ennek tartományával is tisztában kell lennünk. Példánkban ez -25°C- +60°C amihez 75°C-os maximális névleges felületi hőmérséklet tartozik, aminek ellenőrzési pontját az előtétetek felületén T_c -vel jelölnék.

4.3.4. Fényforrások élettartama

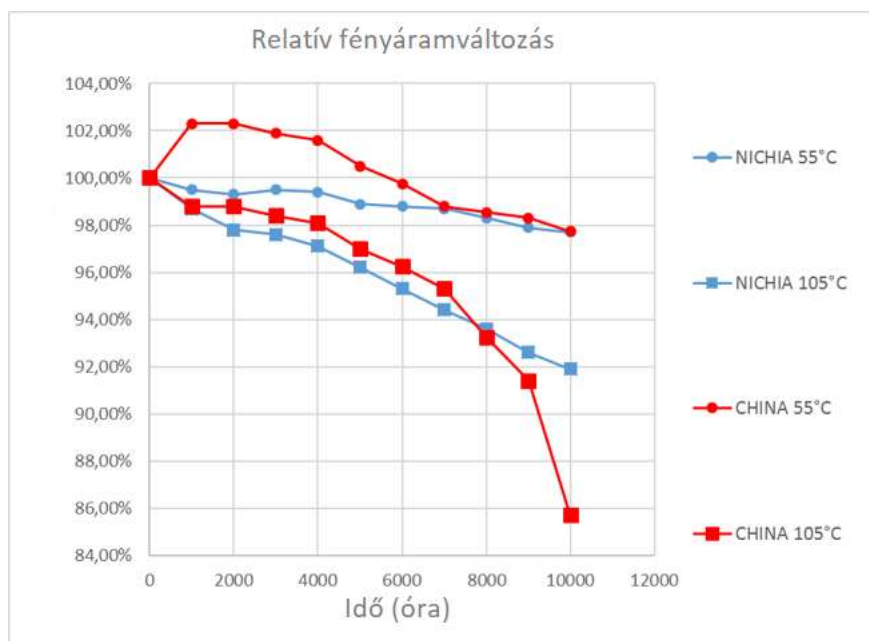
Az élettartam az egyik legfontosabb és legtöbbször emlegetett fényforrás jellemző és szerencsés esetben egzakt módon össze is hasonlítható. A LED fényforrások esetében azonban ennek meghatározására nem használható a hétköznapi nyelvben egyszerűen csak „kiégésnek” nevezett időpillanat. A LED-ek életében is előfordulnak un. hirtelen meghibásodások, de ezek igen ritkák ezért az általánosan használt élettartam leírására inkább a fénycsöveknél már megismert, gazdaságos élettartam, a 70%-os kezdeti fényáram időpontja az un. „fényhalál” ideje áll közelebb.

Mégis az előbbi, látványos és egyszerűbben értelmezhető élettartam leírására használják a hirtelen meghibásodásig eltelt időt és a hirtelen meghibásodás mértékét ami olyan jelenség leírására alkalmas amikor a LED-alapú lámpatest tovább már egyáltalán nem bocsát ki fényt, mivel a rendszer meghibásodott. Mindezek az adatok a vélelmezett hosszú élettartamból kiindulva valójában a rendszer megbízhatóságát jellemzik. Egy vizsgált LED-es lámpatest csoport fényáramának bizonyos időpontban bekövetkező hirtelen degradációját hirtelen meghibásodásig eltelt időnek nevezik, és általában Cy-nal jelölik. A hirtelen meghibásodásig eltelt idő azt az időtartamot adja meg, amelynek elteltével a LED modulok adott y százaléka már nem bocsájt ki fényáramot.

Bonyolultabb jellemző a LED modulok hasznos élettartama, amely már az öregedő fényforrásra, a fokozatos fényáram-csökkenésével kapcsolatban ad információt és a lámpatestben lévő fényforrás fényáram-tartására vonatkozik. Azt mutatja meg, hogy a lámpatestben lévő fényforrások kezdeti fényáramának mekkora része áll még rendelkezésre bizonyos idő eltelte után. Egy vizsgált LED-es lámpatest csoport fényáramának fokozatos és meghatározott csökkenését egy bizonyos időpontban hasznos élettartamnak nevezzük, jelölése: LxBy. A hasznos élettartam azt az időtartamot adja meg, amely alatt a LED modulok adott százaléka (y) már nem éri el az x fényáram-tartási tényezőt. Gyakran használt fényáram szintek az L90, L80, L70 és egy példával szemléltetve az L70B10 élettartama azt az időt jelenti, ami alatt az azonos LED modulok csoportjának 10%-a már csak a kezdeti fényáram 70%-át emittálja. Ahhoz, hogy egyértelműen össze lehessen hasonlítani a gyártók élettartam-adatait, az IEC bevezette a közepes hasznos élettartamot (Lx). A közepes hasznos élettartam az az idő, amelynél a LED modulok csoportjának 50%-a (B50) már nem teljesíti a kezdeti fényáram legalább x százalékát. A közepes hasznos élettartamot általában Lx-szel jelölik – B50 megjegyzés nélkül.

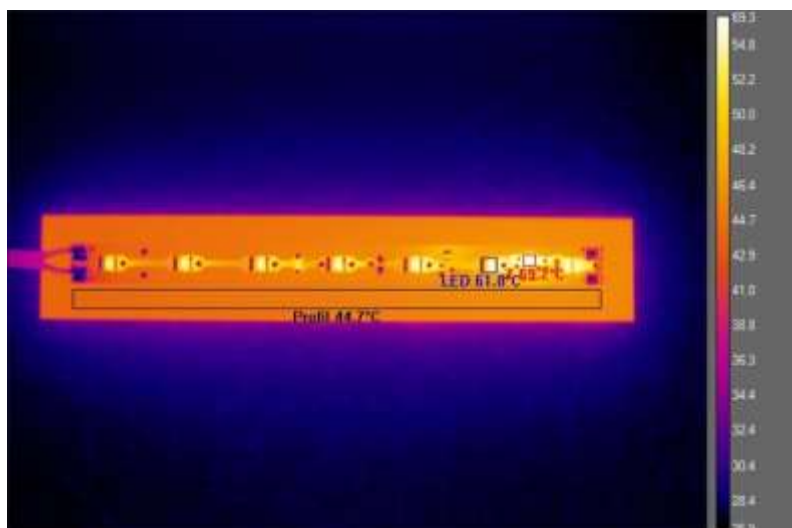
Fontos megjegyezni, hogy a fenti élettartam információkat egy adott és azonos környezeti hőmérsékleten érdemes összevetni és az adatokat is ezzel együtt szokták megadni, ami általában 25C°. Rögzítése azért fontos mert a számos hatáson felül

legegyértelműbben a környezeti hőmérséklet befolyásolja a LED fényforrások élettartamát (ezen felül még a hosszú élettartam érdekében védeni kell a párától és a vegyi anyagoktól is). Ennek hatása látható a 40. ábrán ahol különböző LED chip-ek fényárama látható életük során 55°C és 105°C környezeti hőmérséklet mellett. Jól kivehető, hogy magasabb hőmérsékleten a fényáramok csökkenése jóval gyorsabb és nagyobb arányú.



40. ábra A hőmérséklet hatása a fényáramra

A világítástechnikában alkalmazott nagyobb teljesítményű LED-eknél a nem kielégítő hűtés okozza a legtöbb meghibásodást. Éppen ezért a professzionális gyártók igen nagy figyelmet fordítanak a LED fényforrások hűtésére. Ideális esetben igyekeznek hűtőfelületekkel, speciális, alacsony hőellenállású anyagok felhasználásával alacsony hőmérsékleten tartani a LED morzsákat. Egy ilyen törekvés eredménye látható a 4.32. ábrán, ahol a megfelelő alumínium hűtőfelület alkalmazásával egy 40W/méter teljesítményű LED szalag fényforrásainak hőmérséklete nem lépi túl a 60°C-ot.



41. ábra Egy 40W/m LED szalag hőmérsékletviszonyai

4.4. Lámpatestek - világítótestek

A világítási berendezéseknek a fényforrás mellett másik lényeges eszköze a lámpatest. Az érvényben levő szabvány megfogalmazása szerint a lámpatest a fényforrás fényének elosztására, szűrésére vagy átalakítására szolgál, tartalmazza a fényforrás(ok) rögzítésére és védelmére, valamint a hálózati csatlakoztatásra szolgáló alkatrészeket, esetenként az egyéb működtető áramköri elemeket.

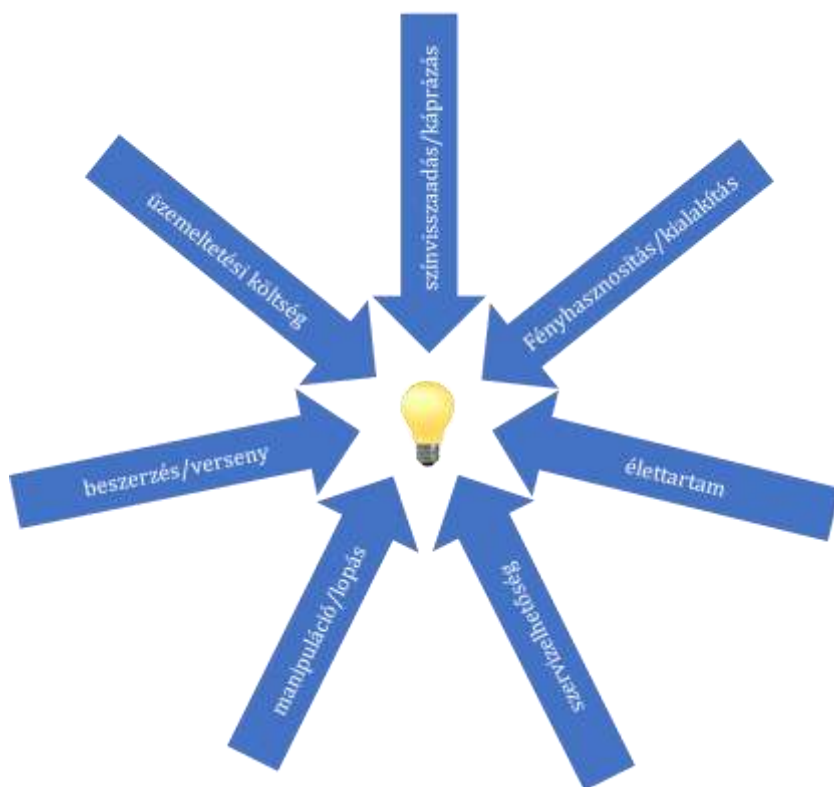
A világítótest a lámpatest foglatába helyezett fényforrással, illetve gyártáskor beépített (integrált) LED-del együtt értendő termék. A nemzetközi fénytechnikai szótár angol és német nyelvű része a lámpatest és világítótest fogalmakat nem különbözteti meg.

Ennek alapján a lámpatestnek

- fénytechnikai (fény irányítása, szórása)
- elektromos (a fényforrások működtetése, szabályozása)
- mechanikai feladatai vannak.

Nem hanyagolhatók el azonban ezeken kívül az esztétikai funkciók sem. A lámpatestnek stílusában, jellegében, kivitelének színvonalában alkalmazkodnia kell ahhoz a helyzethez, térrészhez, objektumhoz, amelynek világítására alkalmazzák. A világítótesteknek ki kell elégíteniük az érintés- és hővédelmi, a LED-del működőknél pedig a hőelvezetési követelményeket is.

A felsorolt feladatok sokfélesége a kereskedelemben kapható lámpatestek igen széles választékát eredményezi, így a kiválasztásukkor igen gondosan kell eljárni.



42. ábra. Világítóttestek kiválasztási kritériumai

A lámpatest jellemzésének főbb szempontjai a következő pontok alatt csoportosítottuk.

4.4.1. Névleges teljesítmény

Névleges teljesítmény az adott fényforrásnak vagy lámpatestnek a gyártó által megadott villamos teljesítménye, amelyet a fényforrás vagy lámpatest meghatározott feltételek mellett (pl.: névleges feszültségen üzemeltetve) felvesz.

Értékeléskor fontos figyelembe venni, hogy egy adott névleges teljesítményű fényforrást üzemeltető lámpatestnél a működtető áramköri elemek veszteségeivel, felhasznált teljesítményével is számolni kell. Ez összehasonlításnál, kimutatásnál vagy megtérülés-számításnál jelentősen befolyásolhatja eredményünket. Jellemzően a kisülő lámpa-testek előtétjei befolyásolják a felvett teljes névleges teljesítményt, de az egyre szigorodó körülmények miatt ezekről nem szabad megfeledkezni a nagyhatásfokú elektronikus működtetővel rendelkező lámpa-testeknél sem.

4.4.2. Fényforrás

Lehetnek izzólámpás (habár az izzólámpák kivonásra kerültek), fénycsöves, kompaktfénycsöves, nagynyomású kisülőlámpás, LED-es lámpatestek. A fényforrások

befogadását általában a foglalat milyensége, illetve az áramköri szerelvények (előtét és gyújtó) műszaki paraméterei és a méretek határozzák meg.

4.4.3. Névleges feszültség

Névleges feszültség az a tápfeszültség, vagy tápfeszültség-tartomány, amelyre az alkatrészt vagy a készüléket tervezték. Ezt a feszültséget vagy feszültségtartományt a készüléken vagy alkatrészen általában feltüntetik.

A mai elektronikus működtetők esetében a feszültség tartomány jóval szélesebb, mint a korábbi előtétekkel működtetett lámpatesteknél (egyértelműen, ha a névleges fotometriai értékek is megtartandóak). Nem szabad, hogy összezavarjon bennünket a LED modulok, LED fényforrások névleges feszültsége, esetleg árama, amely az esetek többségében törpefeszültség (kivéve a hálózati 230 Volton üzemelő, direkt megáplálású LED fényforrásoknál), amit szintén feltüntetnek az adatlapokon, de az ezeknek megfelelő feltételeket a működtető egységek, meghajtók állítják elő.

4.4.4. Névleges frekvencia

Névleges frekvencia az a frekvencia vagy frekvencia-tartomány, amelyre az alkatrészt vagy készüléket tervezték.

A lámpatestek megáplálása a mi üzemeltetési területünkön általában 50Hz-en történik és a működtető egységek alakítják át a fényforrásoknak megfelelően. A kisülő fényforrásoknál a passzív áramköri elemeket követően sem változik a táplálás 50 Hz (bár a fény villogása 100Hz-es). Elektronikus előtétek esetében a működtető frekvencia jóval nagyobb lesz. Fotometriai szempontból a stroboszkóp hatás megszüntetése a nagy frekvencia legfőbb előnye. Üzemeltetési szempontból sokkal fontosabb a 0 Hz-es, egyenfeszültségű megáplálás lehetősége egy lámpatestnél. Ez ugyanis lehetővé teszi, hogy közvetlenül tartalékvilágítási feladatokat is ellásson lámpatestünk, amennyiben az egyre gyakoribb, központi, egyenfeszültségű táplálást alkalmazzák az épületben vész esetén.

4.4.5. Elektromágneses zavar

Elektromágneses kompatibilitás, EMC a villamos készülékek azon tulajdonsága, hogy nem bocsátanak ki olyan mértékű elektromágneses sugárzást, amely más villamos készülékek működését megzavarja, és ilyen sugárzást áramfelvételük felharmonikus-tartalma sem okoz. Ugyanakkor a más villamos készülékek által kibocsátott, megengedett mértékű elektromágneses sugárzás sem zavarja meg az adott készülék működését. Az elektromágneses kompatibilitást (összeférhetőséget) szabványokban meghatározott zavarkibocsátási és zavartűrési vizsgálatokkal ellenőrzik. Ha valamely

villamos készüléken feltüntették a CE jelölést, ez azt is jelenti, hogy a készülék a villamos biztonsági követelmények mellett az elektromágneses kompatibilitási követelményeknek is megfelel a gyártó szerint (ld később).

A világítástechnikában inkább időszakos zavarforrásként vizsgálandóak világítótestek, működtető egységeink és a zavarvédelem leginkább ezen eszközöknél, mint kibocsájtó berendezésnél megoldandó a szabványoknak, ajánlásoknak megfelelő gyártással és teszteléssel (igazolással). Azonban az egyre több helyen használt, rádiófrekvenciás vezérléssel ellátott működtetők esetében azoknak védelme is fontos. A korábban használt, hagyományos előtéttekkel üzemelő világítótesteknél a rádiófrekvenciás zavarok elnyomására szolgáló zavaroszűrő kondenzátorral találkozhattunk.

4.4.6. Teljesítménytényező

A teljesítménytényező a hatásos teljesítmény és a látszólagos teljesítmény hányadosa (λ). A látszólagos teljesítmény a feszültség és az áramerősség effektív értékének szorzata. Jelenleg általában nem tesznek különbséget a teljesítménytényező és a fázistényező ($\cos\phi$) között, amely csupán az alapharmonikus szinuszos meddőteljesítményt veszi figyelembe. A jövőben azonban várható, hogy a félvezetők fel-harmonikus-termelő hatását is figyelembe véve a két értéket a gyakorlati életben is meg fogják különböztetni egymástól.

Igen fontos jellemzője a lámpatesteknek mind a teljesítmény tényező, mind a fázistényező, ugyanis a meddő teljesítmény is terheli hálózatunkat és igen komoly túlterheléses baleseteket okozhat nagyszámú lámpatestek üzemeltetése során. Alapvető minőségi és műszaki követelmény, hogy a lámpatestek e jellemzője megfelelő legyen, szerencsés esetben minden terhelési szinten nagyobb mint 0,9.

4.4.7. Túláram

A felfutási túláram a lámpatestek bekapcsolásakor jelentkező áram-felvétel, amely nagyobb, mint a normál üzemi körülményekhez tartozó névleges áram.

A kisülő lámpáknál is jelentkező megugró áramfelvétel, amelynek intenzitása és lefolyása, jól tolerálható volt az általános túláramvédelmi eszközökkel. Az újabb LED fényforrásokkal üzemelő lámpatesteknél ezek igen meglepő értékeket érhetnek el, igen gyorsan, amelyeket az ún. kismegszakítók már nem tűrnek el. Energiamegtakarítást eredményező felújításkor probléma lehet, hogy az amúgy jóval kisebb névleges teljesítményű lámpatestek induláskor a korábbinál nagyobb áramokkal terhelik meg a vezetékhálózatot. Éppen ezért a gondos gyártók az adatlapokon feltüntetik, hogy az

adott lámpatestből pl. egy C típusú 10A-es kismegszakítóval védett hálózaton maximum 15 darab szerelhető fel.

4.4.8. Szabályozhatóság

A fényáram változtatás (vezérlés, szabályozás) olyan megoldása, amellyel a névleges fényáram fokozatokban, vagy folyamatosan meghatározott értékig csökkenthető. A fényforrások nagyobb része megfelelő berendezéssel szabályozható. Ezt a fényforrás gyártók általában jelölik. Ugyanígy megkülönböztetik az integrált LED fényforrást alkalmazó lámpatestgyártók is.

A közvilágításban még ritkán alkalmazott szabályozás a hálózaton lévő intelligens eszközök segítségével oldható meg. Vezérlése viszont általában távoli, előre meghatározott és leginkább a napszaktól függő.

Az általános célú lámpatestek szabályozásának hosszú ideje alkalmazott módszerei külön vezetékeken juttatták el vezérlő jeleiket a szabályozásra alkalmas működtetőegységekhez. Ilyenek az analóg jelet alkalmazó 1-10V vezérlést használó rendszerek és a digitális DALI szabályozás. Ez utóbbi rendkívüli rugalmasságával lehetővé teszi, hogy különböző csoportokat alakítsunk ki, az opcionálisan beépíthető központokkal előre fixált programok alapján szabályozzák a lámpatesteket. Mindkét rendszerrel különböző érzékelők összekapcsolásával tehetjük önszabályozóvá a világítást.

Manapság egyre inkább terjedő vezeték nélküli szabályozásban az adatokat rádiófrekvenciás jelekkel juttatják el a lámpatestekhez. A rendszer minden alkotóeleme a fali kapcsolóktól, az érzékelőkön át a működtető egységekig e módon kommunikálnak. A már elterjedt változataik a Zigbee, Loxone és egyéb Bluetooth technikán alapuló szabályozások. A rendszerek az igényeket sokszor meghaladó rugalmassággal működnek. Korlátjuk viszont, hogy az adattovábbítás típusától függően az egységek közötti maximális távolság meghatározott.

A harmadik nagyobb csoportot alkotják a lámpatestekbe beépített, önálló szabályzó érzékelők, amelyek a lámpatest környezetében észlelhető megvilágítási viszonyoknak, a felhasználó személye jelenlétének megfelelően szabályozza a lámpatestet. Ennek fejlettebb változatai néhány, az érzékelővel felszerelt lámpatest környezetében elhelyezett és azokkal kapcsolatban lévő világítótesteket is azonos módon szabályozza.

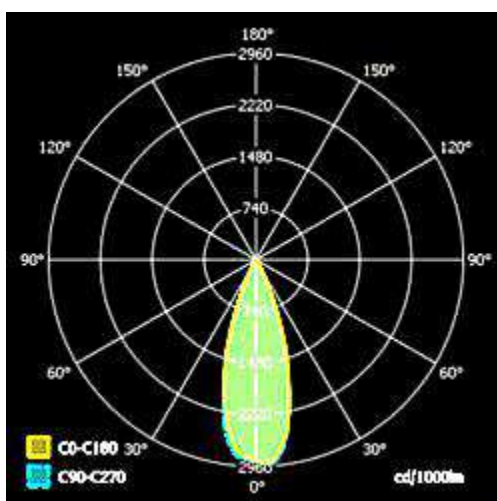
A LED fényforrások szabályozásánál gyakran alkalmazott technika az ún. PWM vagyis az impulzusszélesség-modulációval történő szabályozás. Megemlítendő, hogy a zavaró villogás elkerülése érdekében a megtáplálás frekvenciájának elég nagynek kell lennie

(és a fény-forrásnak is képesnek kell lennie ennek befogadására). Az IEEE P1789 előírásainak megfelelően ennek nagyobbak kell lennie mint 1,2 kHz.

4.4.9. Fotometriai jellemzők

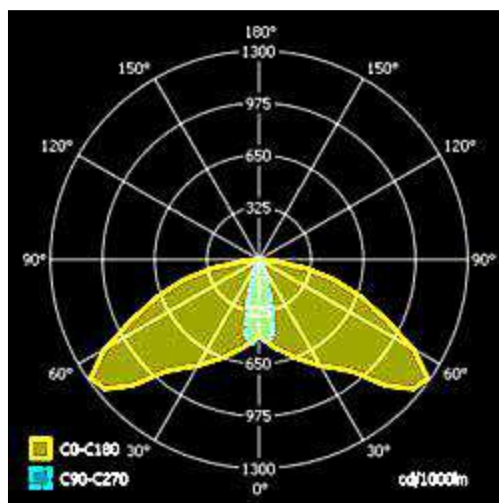
A fényeloszlás, a térbe sugárzott fényerősség, ami irányfüggő is, ez eldöntheti egy lámpatest adott célra történő alkalmazhatóságát, továbbá alapját képezi a világítástervezési számításoknak. A lámpatest körül kialakult térbeli „fényttestet” a fényeloszlási görbékkel szokás jellemezni. Ezeket tulajdonképpen a lámpatest meghatározott irányokban felvett síkokban mérhető fényerősség vektorok végpontjai alkotják.

A szögérték a síkon belül a függőlegessel bezárt szöget jelenti. A sugárzási irányban az illető szöghöz tartozó, 1000 lm beépített fény-áramra vonatkozó fényerősségértékek olvashatók le cd/klm egységekben. Néhány, gyakrabban előforduló fényeloszlási görbére mutatnak példát a **43-45. ábrák**.



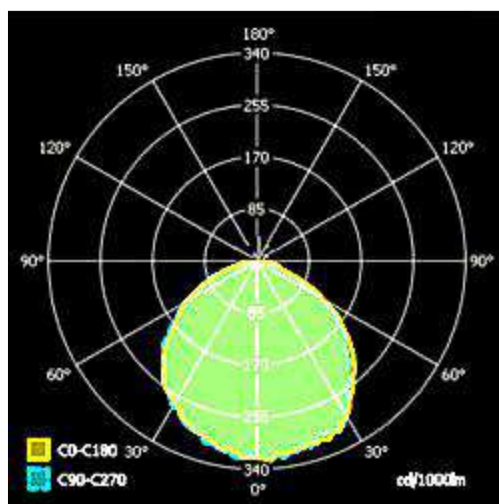
43. ábra

A **43.** ábrán egy körszimmetrikus fényeloszlású lámpatest vagy fényforrás görbéje látható, ami erősen irányított fénnel rendelkezik ezért kiemelő világításra vagy nagyobb távolságokról történő megvilágításra alkalmas. Éppen ezért lenne alkalmazható múzeumokban műtárgyakhoz vagy sportpályák magas oszlopain.



44. ábra

A 44. ábra görbéje az egyik irányban (a C0-C180 síkon) egy szélesen sugárzó fényeloszlást mutat, ami viszont alkalmas lehet bevásárló központok gondolái között, hogy a két oldalon, a polcokon elhelyezett termékeket világítsa meg.








45. ábra

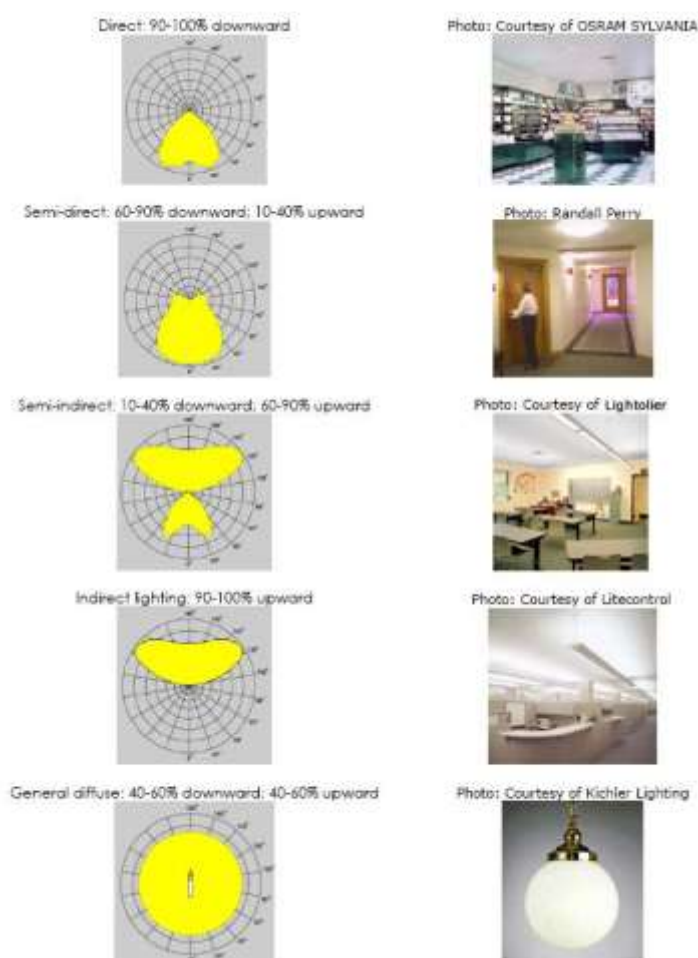
Egyenletes, diffúz fényeloszlást mutat a 45. ábra, amely tipikusan egy opál burás lámpatest jellemzője, ami gyakran alkalmazott általános világítási feladatokra, általános terekben.

A lámpatestek fényeloszlás görbéi is igen sokfélék lehetnek, azonban az egyes feladatokhoz meghatározható az alkalmas fényeloszlású lámpatestek csoportja. Ezekre a csoportokra mutatunk példákat a 30. ábrán.

Attól függően, hogy a lámpatest a tér melyik részébe milyen arányban sugározza fényét, a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) ajánlása szerint a következő csoportosítás tehető.

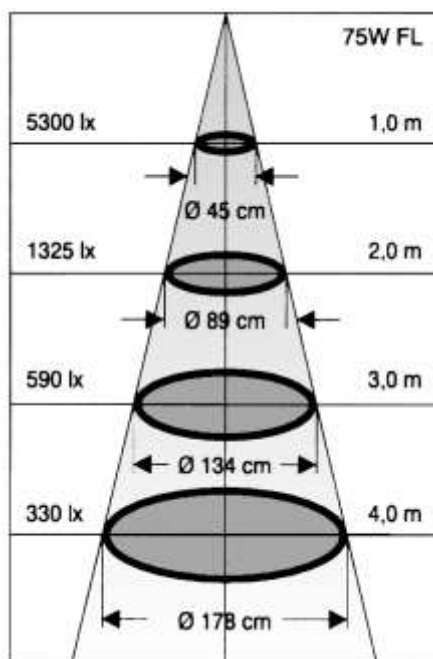
8. táblázat Lámpatestek sugárzási irány szerinti csoportosítása

Osztály	Jel	A fénysugarak közelítő megoszlása	
		Felső térész	Alsó térész
Közvetlen	A 	0÷10	90÷100
Főleg közvetlen	B 	10÷40	60÷90
Szórt	C 	40÷60	40÷60
Főleg közvetett	D 	60÷90	10÷40
Közvetett	E 	90÷100	0÷10



46. ábra Lámpatestek sugárzási irány szerinti csoportosítása

Főként az ún. irányított fényű lámpák esetében szokásos megadni, hogy mekkora felületen, milyen távolságból, mekkora megvilágítás kapható (**47. ábra**).



47. ábra Megvilágítás a fényforrástól való távolság függvényében

4.4.10. Felfutási idő

A fényforrás bekapcsolásától az állandósult fényáram 95 %-ának eléréséig eltelt idő. A fény-források a felfutási idő hossza alapján rövid felfutási idejű (6 s-nál nem hosszabb) és hosszú felfutási idejű (6 s-nál hosszabb) fényforrásokra oszthatók. Előző csoportba természetesen a LED fényforrások, az izzólámpák, a hagyományos fénycsövek és bizonyos típusú kompakt fénycsövek, az utóbbi csoportba főként a nagynyomású kisülő lámpák és a kisnyomású nátriumlámpa tartoznak.

4.4.11. Korrelált színhőmérséklet

Színhőmérséklet a szürke sugárzókra értelmezhető mennyiség, azon fekete sugárzó valódi hőmérséklete, amelynek színe megegyezik a kérdéses szürke sugárzó színével. Ez abból következik, hogy a két sugárzó spektrális eloszlása „hasznos”, csupán egy állandó szorzó, az emissziós tényező különbözteti meg őket.

A LED fényforrásoknál, de már a fénycsöveknél is igen széles választék állt rendelkezésünkre a színhőmérsékletet illetően. Lehet, hogy ezért is, de igen egyszerűnek tűnik ellenőrzése, ám kiemelten fontos jellemző. A fényforrásoknál tárgyalt módon meghatározott meleg, semleges és hideg színhőmérsékletek közül a legutóbbit, főleg 6000K felett, csak indokolt esetben javasolt használni (effekt világítás, showtechnika). Még fontosabb azon fényforrások színhőmérséklete, amiket olyan területeken használunk, ahol az emberek huzamosabb ideig tartózkodnak. Tipikus területük: helyiségeink, a mesterségesen megvilágított munkahelyeink. A manapság

megjelenő tanulmányok alapján a 380-500 nm-es, kék spektrum intenzív alkalmazása káros lehet a szem retinájára és alkalmas a test cirkadián ritmusának megzavarása. Mivel a hidegebb színhőmérsékletű fényforrások teljes spektruma nagyobb arányban tartalmaz kékes összetevőket a mai modern belsőtéri alkalmazásokban – leginkább a kevésbé szabályozott üzemidejű irodákban – a meleg színhőmérsékletű, általában 3000K-es világítótestek alkalmazása javasolt.

A fentiek érvényesek a szabadtéren alkalmazott, akár közvilágításban használt világítótesteknél is azzal a kiegészítéssel, hogy esetükben a semleges színhőmérséklet - az erre vonatkozó szabályozás megjelenéséig –gyakran fellelhető még akkor is, ha a színhőmérséklet növelésével a fényszennyezés is jelentősebb. Ugyanide tartozik, hogy általában műemléki környezetben, a meleg, akár 2700K-es színhőmérséklet is elvárás lehet.

4.4.12. Színvisszaadási index

A színvisszaadási index annak jellemzésére használt mérőszám, hogy a kérdéses, spektrális sugárzéeloszlásával jellemzett fényforrással megvilágítva, kiválasztott jellemző színminták (referencia színminták 1...8) színe milyen mértékben változik meg a referenciasugárzóval megvilágított színükhöz képest. A referenciasugárzó Planck sugárzó, ha a fényforrás korrelált színhőmérséklete kisebb, mint 5000K; természetes fehér (D65) fény, ha nagyobb mint 5000 K . A 8 minta átlagából a színi áthangolódást is figyelembe véve számított Ra általános színvisszaadási index értéke 100, ha nincs színeltolódás és minél nagyobbak a színekülönbségek, annál kisebb az index értéke. Az egyes színmintákra (pl. emberi bőr színe, levélzöld stb. külön-külön is értelmezhetők a speciális Ri színvisszaadási indexek.

A korábbi, főleg kisnyomású technológián alapuló fényporos fényforrásoknál hozzászokhat-tunk az általában Ra 85 érték körüli színvisszaadáshoz. A modernebb és széleskörben alkalmazott LED fényforrásokkal üzemelő világítótesteknél is ilyen értékekkel számolhattunk. Jelen-leg azonban az általános LED fényforrások fejlesztése során inkább a fény „minőségének” javítása a cél. Éppen ezért találhatunk a megfelelő minőségű fényforrások és lámpatestek között egyre több Ra >90 értékű belsőtérben használható megoldást.

4.4.13. Standard színmegfelelőségi eloszlás (SDCM)

A fényforrások színelterését – gyakorlatilag a színhőmérsékletük eltérésének mértékét - írja le a szíenkoordináta rendszerben ábrázolt MacAdam ellipszisek segítségével. Az ellipszisek azt mutatják, hogy az azonos terméksorozatban lévő LED fényforrások hogyan térnek el a névleges értékektől a szín -konzisztencia tekintetében. A 2

MacAdam ellipszisen belüli eltéréseket lehet általánosságban alkalmazott műszeres mérésekkel észlelni. A 3 ellipszisen belüli eltérések már észrevehetőek. Az 5 ellipszis határain látható színek eltérése már markánsnak tekinthető.

Már az új installációk esetében is fontos a színeltérések ellenőrzése, különösen fehér felületek megvilágításakor zavaróak a különbségek.

A hosszútávú és gazdaságos üzemeltetés során is nagyon fontos az alkalmazott fényforrások színstabilitása. Ennek jellemzésére használják a kiterjesztett fotometrikus kódot az EN 62717 szabványnak megfelelően. Ennek első 3 számjegye jólismerten színvisszaadási indexet és a színhőmérsékletet jelenti. Az ezt követő számjegyek a használat során jelentkező színeltéréseket és fényáramváltozásokat jelöli az üzemidőtől függően. Sorrendben a 4. szám a kezdeti SDCM (Színegyezéstől való standard eltérés) értéket jelenti a jelzett MacAdam ellipsziseken belül. Az 5. számjegy ugyan-ezt az értéket mutatja a megadott élettartam 25%-ánál (maximum 6000 óránál). A 6. szám-jegy a kezdeti fényáram fennmaradó részét százalékos formában a megadott élettartam 25%-ánál (maximum 6000 óránál).

Egy egyszerű példával élve a W930/348 fotometrikus kód egy melegfehér fényforrást jelöl 90 feletti Ra indexszel és 3000K színhőmérséklettel, aminek színeltérése 3 MacAdam ellipszisen belül volt a 3000K-es szíenkoordináta-hoz képest a beépítéskor, de az üzemelés (öregedés) során max 6000 üzemóránál ez kicsúszik 4 ellipszisbe és fényárama 20%-kal lecsökkent a kezdeti értékhez képest.

4.4.14. Névleges fényáram

Névleges fényáram egy adott lámpatípusnak a gyártó által megadott fényárama, amely a világítástechnikai számítások alapját képezi.

A korrekt tájékoztatás érdekében a LED fényforrású világítótestek adatlapjai gyakran tartalmaznak két féle fényáramot is. Értelmezésük igen fontos ugyanis az egyik mérőszám a beépített LED fényforrások fényáramát jelenti míg külön szerepeltetik a komplett lámpatest fényáramát, ami már az optikai rendszerek (tükrök, lencsék, burák stb.) által módosítottak és veszteségeik miatt kisebb érték.

A hagyományos fényforrásokkal üzemelő lámpatesteknél nem találhatunk a lámpatestre vonatkozó fényáram adatot ugyanis a hasonló módon képződő valós kibocsájtott érték kiindulópontja az alkalmazott és nem fixen beépített fényforrás, ami a kivitelről, gyártótól függően szerény mértékben, de különböző lehet.

4.4.15. Fényhasznosítás

Fényhasznosítás a fényáram és a világítótest által felvett teljesítmény hányadosa. Egysége: lumen/watt, jele: η

A lámpatest hatásfokán a lámpatestből kisugárzott fényáramnak (Φ_L) és a benne levő fényforrás névleges fényáramának (Φ_F) a hányadosát értjük

$$\eta_L = \Phi_L / \Phi_F.$$

A *lámpatest hatásfoka* (η_L), belső téren a helyiséghatásfokkal (η_H) együtt határozza meg a világítási hatásfokot

$$\eta_v = \eta_L \cdot \eta_H$$

4.4.16. Sugárzási szög

Az irányított fényű lámpák jellemzésére szolgál. Jelenti síkba vetítve annak a szögnek a kétszeresét, amelyet a maximális fényerősséget képviselő irány és a maximális fényerősség felének megfelelő irány egymással bezár. A sugárzási szög alapján megkülönböztetünk szélesen sugárzó (flood) és keskenyen sugárzó (spot) lámpákat. A sugárzási szög más megnevezése: félértékszög. Az általában körszimmetrikus tükörrel (vagy fényeloszlással rendelkező) lámpatestek sugárzási szöge, (fényeloszlása) áttetsző előtétekkel, lencsékkel módosítható. Ezek a lámpatest eredeti záróüvegére illeszthetők vagy azokkal kicserélhetők. Ezek alkalmazása természetesen eredendően tudatos és tervezett is lehet, (mint például az un. szoborlencsék használata múzeumokban), de meglévő installációk finomhangolására vagy módosítására is alkalmasak. Azonban az ezekkel korrigálható hibák elkerülése érdekében a számítógépes szimuláció, világítástechnikai tervezés adhat elbírálható eredményt tervezéskor és alapot ellenőrzéskor.

4.4.17. Káprázás elleni védelem UGR

A káprázás látási zavar vagy kényelmetlenség, amelyet nagy fénysűrűségek, és/vagy fénysűrűség különbségek okoznak. A káprázás hatása szerint lehet zavaró, vagy rontó káprázás. A forrása szerint lehet közvetlen (direkt), vagy tükröző káprázás.

A nézési irányhoz közel eső, általában önvilágító tárgy okozta káprázást nevezzük direkt káprázásnak. A tükröző káprázás, amelyet általában a visszavert fény okoz, elsősorban akkor, ha a visszavert kép ugyanabban vagy közel ugyanabban az irányban jelenik meg, mint a szemlélt tárgy. Ilyen zavart okoz a TV vagy számítógép képernyőjén

a lámpatest képének megjelenése, vagy a tükröző felületek, mint fényes papír, fényesre polírozott asztallap.

A kápráztató hatások közül azt nevezzük zavaró káprázásnak, amely látási kényelmetlenséget okoz, anélkül, hogy szükségképpen rontaná a tárgy látását. Ilyen zavart okozhat, ha pl. egy nagy fénysűrűségű tárgy a perifériás látás területén. A kápráztató hatások közül az a rontó, amely látásromlást eredményez, csökkenti a látóteljesítményt. Pl. az úton szembejövő gépjármű lámpái „elvakítanak”, ennek következményeként nem látható a környezet.

Beltéri lámpatestek által keltett zavaró káprázás meghatározására a CIE „Egységes káprázás értékelés” (UGR) módszer alkalmazandó, a következő képlet alapján:

$$UGR = 8 \cdot \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

ahol:

L_B – a háttér fénysűrűsége, képlettel számítható, ahol E_{ind} a vertikális (függőleges) közvetett megvilágítás.

L – a lámpatestek világító részeiből érkező fénysűrűség a dolgozó szemének irányába.

ω – térszög, a lámpatestek világító részei és a dolgozó szeme között

p – lámpatestek Guth pozíció indexe, amely a nézés vonalától való elmozduláshoz kapcsolódik.

A káprázásra ajánlott határérték egy sorozat, ahol a szintek az érzékelhető különbségeket jelentik. Az UGR sorozat: 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28. Ez körülbelül azt jelenti, hogy a 13-as érték éppen csak érzékelhető. A gyakran emlegetett 19-es érték az érzékelhető szint felett még elfogadhatónak tekinthető. Az UGR 28-as értéke már egyértelműen kényelmetlen míg a 30 feletti értékek már alig tolerálhatóak. A belső terek jellegének megfelelő maximális UGR értékek meghatározottak. Ilyen például az általános irodai munkahelyek esetében a 19-es érték, de egy váróteremben ez 22, míg egy raktárban 25.

A követelmények egyszerűbb teljesítése érdekében egyes lámpatesteknél az adatlapok szerepeltetik a világítótest alkalmazása esetén, meghatározott körülmények között, a helyiségben elérhető maximális UGR értéket. Leggyakrabban az irodai felhasználásra szánt világítótesteknél találkozhatunk az $UGR < 19$ jelöléssel. A tervezést/ellenőrzést

lehetővé teszik a már említett számítógépes világítástervező programok, ezért már a dokumentációban egyszerűen vizsgálhatóak ezek az értékek.

4.5. Termék és anyagjellemzők

4.5.1. Anyaghasználat

Főként a lámpatest mechanikai vázát alkotó házat és az optikai funkciót ellátó alkatrészeket (tükör, bura) alkotó anyag fajtája az, amely magát a lámpatestet is minősíti. A lámpatestek házának anyaga általában alumínium öntvény, fröccsöntött műanyag, ill. a kettő kombinációja. A cél a nagyfokú szilárdság mellett lehetőleg kis súly.

A LED világítótestek esetében nagy jelentősége van a működésközben keletkezett hő elvezetésének. Elsődlegesen a passzív hőelvezetés használatos a LED világítótestek esetében.

Olyan helyeken, ahol a lámpatest erős mechanikai hatásoknak, rázkódásnak ütdésnek lehet kitéve, mint pl.: egy vonat kocsin, darun, vagy sportpályákon, fontos szempont a lámpatestek mechanikai teherbírása, és a fényforrások rögzítésének biztonsága. A burára vonatkozóan a jó fényáteresztő képesség, UV sugárzással szembeni kisfokú érzékenység és megfelelő mechanikai szilárdság a követelmény. A plexi "üveg" UV-vel szembeni ellenállóképességével, a polikarbonát mechanikai szilárdságával, ütésállóságával tűnik ki.

A tükrök anyaga elsősorban alumínium, amely igen jó reflexiós tulajdonságokat mutat. Leggyakoribb tükrökészítés a fröccsöntött műanyagok fémgőzölése. A LED-es világítótestek esetében elterjedt a lencsékkel történő fényeloszlás/fényirányítás alkalmazása. Ez a megoldás jelentős határfok, illetve fényhasznosítás növekedést eredményez.

4.5.2. Optikai elemek

A két fő optikai módszer a tükörrel (reflexióval) és a bura kialakításával (refrakcióval) előidézett fényeloszlás. A LED fényforrásokat alkalmazó világítótesteknél viszont előtérbe kerültek a fénykibocsátó diódára közvetlenül ráillesztett különböző fényeloszlást biztosító lencsék.

A fénytechnikai elemzéshez hozzátartozik, hogy minél kisebb mértékben kápráztasson. Erre szolgálnak pl. a fénycsöves lámpatestekbe helyezett rácsok (raszterek). A közvilágítási lámpatesteket a szabvány káprázási index osztályokba sorolja aszerint, hogy a függőlegestől mért szögben mekkora a maximális fényerősség.

4.5.3. Alkalmazhatóság

Külső térben:

- közvilágítás,
- dísz-,
- sportvilágítás stb.

Belső térben:

- lakás,
- iroda,
- étterem,
- múzeum stb.

4.5.4. Tanúsítványok

4.5.4.1. IP, IK védettség

A szilárd testnek (a kéztől a finom porig), és a víznek (az esővíztől a tengervízig) a lámpatestbe való behatolása elleni, továbbá a lámpatestnek az ütés (ütődés) elleni védelmét is a lámpatest kialakításával lehet megvalósítani. A külső mechanikai behatások elleni védelem fokozatának megfelelően a lámpatesteket az úgynevezett IP számokkal jelölik meg (International Protection, nemzetközi védettség). Az IP számok nemzetközi osztályozási rendszert alkotnak, ahol az egyes jelzések műszaki tartalma a lenti táblázatokban (16-18. táblázat) tekinthető át. Az IP betűjelzést követő első számjegy a szilárd idegen testek, a második számjegy a víz behatolása elleni védelmet jelenti. IP 20-nál kisebb védettséggel nem készíthető lámpatest, így ez a fokozat jelenti az alapvédettséget (normál kivitel).

Az IP 20 jelölést nem szükséges az adattáblán feltüntetni, de nagyobb védettség esetén az IP számok feltüntetése kötelező. A harmadik számjegy, amennyiben feltüntetik és releváns, a mechanikai sérülések elleni védelmet jelöli, hasonló információval, mint az IK számok.

Az IK védettség a világítótestek háza által nyújtott védettségi fokozatot jelöl, amely megadja a külső mechanikai hatásokkal szembeni ellenállóságot. Minden szám a behatás energiájára utal (Joule-ban), amit a világítótest el tud viselni. A beltéri lámpatestek az esővíz behatolása ellen nem védettek, általában normál kivitelűek, IP 20 védettségűek. Vizes beltéri helyiségekben magasabb védettségű (pl. csepegővíz ellen védett) lámpatestet kell használni.

Szabadtéri használatra szánt lámpatest legalább IP 23 védetségű. A vízbehatolás megakadályozására a lámpatest nyílásainál (pl. vezetékbevezetésnél, bura-ház illesztésnél) megfelelő rugalmas anyagból készült tömítéseket helyeznek el. A vandálbiztosnak tekinthető lámpatestek IK10-es besorolást kaphatnak.

16. táblázat A gyártmányok IPxy védetsége a szilárd testek behatolása ellen (x... az első számjegy)

SZÁMJEL	JELENTÉS
IP0y	Védetség nincs a szilárd testek behatolása ellen
IP1y	Védetség a 12 mm-nél nagyobb szilárd testek behatolása és a tenyér benyúlása ellen
IP2y	Védetség az 5,0 mm-nél nagyobb méretű szilárd testek behatolása és az ujjak benyúlása ellen
IP3y	Védetség a 2,5 mm-nél nagyobb méretű szilárd testek (pl. Ø 2,5 huzal) behatolása ellen
IP4y	Védetség az 1,0 mm-nél nagyobb méretű szilárd testek (pl. Ø 1,0 huzal) behatolása ellen
IP5y	Védetség a por káros mértékű (üzemet zavaró) behatolása ellen (tömítettség)
IP6y	Védetség a por behatolása ellen teljes mértékben

17. táblázat A gyártmányok IPxy védetsége a víz behatolása ellen (y...a második számjegy)

SZÁMJEL	JELENTÉS
IPx0	Védetség nincs a víz behatolása ellen
IPx1	Védetség függőlegesen csepegő víz ellen
IPx2	Védetség 15°-os dőlésszögben csepegő víz ellen
IPx3	Védetség eső ellen
IPx4	Védetség bármilyen irányból freccsenő víz ellen
IPx5	Védetség bármilyen irányú vízszög ellen
IPx6	Védetség hullámozó víz (tengervíz) behatolása ellen
IPx7	Védetség meghatározott időtartamú vízbemerítés (tisztítás) esetére
IPx8	Védetség hosszú időtartamú vízbemerítés (üzemeltetés) esetére

18. táblázat A gyártmányok IPxyz védettsége mechanikai sérülés ellen (z... a harmadik számjegy)

SZÁMJEL	Az ütési energia (az ütőmunka) Nm	A próbakalapács	
		ejtési magassága, m	tömege, kg
IPxy0	Védettség nincs mechanikai sérülés ellen		
IPxy1	0,225	0,15	0,15
IPxy3	0,5	0,20	0,25
IPxy5	2,0	0,40	0,50
IPxy7	6,0	0,40	0,50
IPxy9	20,0	0,40	5,00

4.5.4.2. Érintésvédelem

Az érintésvédelem a villamos berendezéseknek és szerkezeteknek olyan műszaki védelme, amely annak meggátlására szolgál, hogy a villamos szerkezetek testét érintő személyek és háziállatok (haszonállatok) szigetelési hiba következtében veszélyes áramütést kapjanak. A nemzetközi szabványok átvételével újabban a hazai szabványokban is „közvetett érintés elleni védelem”-nek nevezik. Érintésvédelmi szempontból I. osztályú (védővezetővel ellátott), II. osztályú (kettős vagy megerősített szigetelésű) és III. osztályú (törpe feszültségen üzemelő) lámpatestek használhatók.

4.5.4.3. Tűzállóság

A világítótestek, általában a házuk, tűzveszélyességi vizsgálata ami egy ún. izzóhuzalos módszer. A fenti szabvány ezen része meghatározza az izzóhuzalos vizsgálat részleteit, amelyeket szilárd elektromos szigetelőanyagokon vagy más szilárd anyagokon kell alkalmazni. Eredményeül az izzóhuzal gyúlékonysági indexét kapjuk (GWFI). A GWFI a legnagyobb hőmérséklet, amelyet a szabványosított eljárás során határoztak meg, és amelynél a vizsgált anyag nem gyullad meg, vagy ha meggyulladt, az izzószál eltávolítása után 30 másodpercen belül kialszik (és nem égett el teljesen). Ugyanígy a megolvadt részek, cseppek nem okoznak újabb tüzet. Az lámpatestek esetében ez általában 650C°.

4.5.4.4. Káros sugárzások - EN62471

A nemzetközi szabvány útmutatást ad a fényforrások, lámpatestek fotóbiológiai biztonságának értékeléséhez. Pontosabban a kék fény okozta fotokémiai károsodást meghatározására alkalmas és a fényforrásokat 0., 1., 2. és 3. rizikócsoportba sorolja. Az RG0 jelzésű fényforrás kockázatmentes, vagyis fotóbiológiai veszély nem tekinthető észszerűen előre láthatónak, még folyamatos, korlátlan használat esetén sem. A

további csoportokat kockázatmentestől eltérő csoportoknak, azaz 1-es, 2-es vagy 3-as kockázati csoportba tartozónak tekintjük.

Természetesen az általános lámpatestek az RG0 csoportba tartoznak. Az igen nagy fényáramú és nagyobb színhőmérsékletű lámpatestek, mint pl. egyes fényvetők akár az RG2 besorolást is elérhetik.

4.5.4.5. Tanúsítványok

A két leggyakoribb és legfontosabb jelölést kell megemlítenünk, amelyeknek megléte bizonyosságot ad a gyártó felelősségvállalásáról és a termék megfelelőségéről.

A CE jelölés az Európai Unió direktíváit alkalmazó országokban, így Magyarországon is kötelező jelölés, amellyel valamely termék gyártója vagy felelős forgalmazója kinyilvánítja, hogy az adott termék az EU direktívák követelményeit kielégíti. A CE jel nem minőségi jel, tehát meglétének a termék minőségére vonatkozó információtartalma nincs. A CE feltüntetése világítástechnikai termékeken annyit jelent, hogy azok a gyártó vagy a forgalmazó – vizsgálatokkal alátámasztott – megítélése szerint megfelelnek az élet- és vagyonbiztonság, valamint az elektromágneses kompatibilitás követelményeinek és a környezetvédelmi előírásoknak. Ez utóbbi esetben és pontosabban az egyes veszélyes anyagok elektromos és elektronikus berendezésekben való alkalmazásának korlátozását célzó irányelveinek. A CE feltüntetéséhez szükséges vizsgálatoknak nem kell függetlennek lenni, azok a gyártó vagy forgalmazó saját vizsgálatai lehetnek.

Az ENEC európai érvényű vizsgálati jel, amely azt igazolja, hogy az adott villamos készüléket az ENEC egyezményhez csatlakozott valamely ország bejelentett, független vizsgáló intézménye a biztonsági és működési követelményeket előíró szabványok szerint megvizsgálta és megfelelőnek találta. Az ENEC jel kiadásának további feltétele, hogy a gyártás legalább az ISO 9002 minőségbiztosítási rendszer előírásainak megfelelően történjék. Az ENEC-et követő szám a jelhasználati engedélyt kiadó országra utal, Magyarországot a 18 szám jelöli. Az ENEC-et kezdetben csak lámpatestek és alkatrészeik esetében alkalmazták, érvényességét újabban más készülékekre is kiterjesztették.

4.6. Működtetési, működési jellemzők

4.6.1. Környezeti hőmérséklettartomány

A gyártók megadják azt a legnagyobb környezeti hőmérsékletet, amelyen a lámpatest rendeltetésszerű feltételek mellett működhet. A lámpatestek ezt a hőmérsékletet 10 °C-kal meghaladó hőmérsékleten - nem állandó jelleggel - való működésre is

alkalmasak. Ha a lámpatest gyártója másként nem adja meg, a beltéri környezeti hőmérséklet $+25^{\circ}\text{C}$, a kültérié $+15^{\circ}\text{C}$.

A környezeti hőmérséklet kritikus jellemző a lámpatestekben működő elektronikus alkatrészek élettartama szempontjából ugyanúgy, mint az általuk üzemeltetett fényforrások fényáramára gyakorolt hatásuk miatt. Különösen a LED fényforrások öregedését és ezzel fényáramát és élettartamát befolyásolja igen károsan a tervezettnél nagyobb hőmérséklet.

A korszerű működtető elektronikák nagy része már olyan saját beépített hőmérsékletvédelemmel rendelkezik, amely érzékeli a működtető elektronika hőmérsékletét és amennyiben az meghaladja a beállított megengedett értéket, elkezdi szabályozni a teljesítményt, ami a működési hőmérséklet csökkenésével jár. A szabályozás addig a teljesítményig történik, amelynél a tápegység hőmérséklete visszaáll a megengedett értékre. Előfordulhat az is, hogy a hőmérséklet olyan magas, hogy a tápegység csak teljes kikapcsolással tud védekezni.

4.6.2. Élettartam

A fényforrás, működtető egység működőképességét jellemző időtartam. Fényforrások szempontjából megkülönböztetünk átlagos, névleges, tényleges, prognosztizált, garantált élettartamot. Átlagos élettartam a kiégési görbe 50%-os értékéhez tartozó időtartam. Névleges élettartam a gyártó által deklarált érték. Tényleges élettartam az az időtartam ameddig a vizsgált fényforrás működött. Prognosztizált élettartam a tényleges üzemi viszonyok és a fényforrás jellemzői alapján kalkulált időtartam. Garantált élettartam, amelyre a fényforrást gyártó – a garanciális szerződésben rögzített – feltételeket érvényesnek tekinti. Fényforrások élettartamához szorosan kapcsolódó fogalom a hasznos működési idő. Hasznos működési idő az az időtartam, amelyben a fényforrás működési jellemzői az előírt tartományon belül maradnak.

A LED-ek esetében (is) az üzemidő során a fényáram folyamatosan csökken, így az élettartam végének például azt az időpontot tekinthetjük, amikor a LED fényárama a kezdeti érték 70%-ára csökken. LED-ek vonatkozásában többféle élettartam definíció szokásos. Mindegyik esetben élettartamnak azt az időt tekintik, amikor a vizsgált LED populáció adott hányada esetében a fényáram a kezdeti érték egy adott százalékára csökken. A legelterjedtebb az ún. B50-L70-es élettartam. E szerint az élettartam vége akkor következik be, amikor a vizsgált LED populáció felénél a fényáram a kezdeti érték 70%-ára csökken. A konkrét várható élettartam a LED üzemi áramától és üzemi hőmérsékletétől függ, ezért az élettartamot sokszor egy görbesereggel adják meg a gyártói termék adatlapok. Az élettartam végére általános világítási feladatokra szánt

LED-es fényforrások esetében az L70-es, míg indikátor vagy dekorációs célokat szolgáló LED-ek esetében az L50-es kondíciót szokták használni.

4.6.3. Kapcsolások száma

Kapcsolási ciklusok száma az üzemeltetés során a gyártó által garantált kibekapcsolások száma. A élettartamára általában hatással van, hogy a működéssorán a ki- és bekapcsolások hogyan követik egymást. A korábban használt kis- vagy nagynyomású fényforrások élettartamát jelentősen befolyásolta a gyakori kapcsolás. A LED fényforrások sokkal jobban viselik ezt a terhelést viszont pont ebből kiindulva és az energiamegtakarítás érdekében gyakrabban kapcsolják ezeket akár automatikusan is. Éppen ezért ildomos ezeknek maximális számát kalkulálni és ellenőrizni az adatlapokon.

4.6.4. Fényforráscsere

A hagyományos fényforrásokkal üzemelő lámpatesteknél a fényforráscsere egyszerűen kivitelezhető a megadott villamos paraméterek, valamint a fényforrások fejelése és a lámpatestben található foglalatok figyelembevételével. Egy-egy ilyen művelet végrehajtásakor a szükséges tisztításokkal együtt a világítási berendezés fotometriai teljesítménye ismét magasabb színvonalú (az eredeti fényeloszlást megközelítő, nagyobb fényáram, nagyobb megvilágítás).

Az egyre erősödő környezetvédelmi törekvések nyomán szükségszerűen felmerül a LED fényforrások cserélhetőségének és ezzel a világítótestek felújításának, javításának és leginkább az újrahasználatosságának lehetősége. A modernebb LED fényforrású lámpatestekben ez a lehetőség már biztosított.

Ez a lehetőség viszont nem tévesztendő össze a hagyományos fényforrások befogadására tervezett lámpatestek „modernizálásával” mikor az eredeti fényforrásaikat un. retrofit LED fényforrásokkal helyettesítjük. A kommunális területeken használatos professzionális lámpatesteknél nem ezt tekinthető hosszútávú megoldásnak, új installációkban egyértelműen kerülendő. Általánosságban a lakosság körében használt termékeknel, amelyek többnyire Edison foglalattal szereltek, a méreteket (fényforrás lámpabura) figyelembevéve pozitív, energiatakarékos megoldás lehet.

4.6.5. Felszerelhetőség

A beltéri lámpatestek lehetnek falra, mennyezetre, sínrendszerre szerelhetők, mennyezetbe süllyeszthetők, függeszthetők, padlón vagy asztalon elhelyezhetők stb.

A kültéri lámpatestek lehetnek oszlopra, karra, falra, acélsodronyra stb. szerelhetők, földbe szúrhatók.

A fentieken kívül nem közömbös a lámpatest súlya, mérete, alakja és színe. A tervező választja ki mindezen szempontok szerint a céljainak leginkább megfelelőt.

A belső-, ill. szabadtéren üzemelő lámpatestek a talajhoz viszonyított elhelyezési magasságuk szerint három csoportba sorolhatók (**9. táblázat**).

9. táblázat Fénypontmagasságok besorolása

Fénypontmagasság h	Belső téren m	Szabadtéren m
Kis	$4 \leq h$	$h \leq 8$
Közepes	$4 < h = 8$	$8 < h = 16$
Nagy	$h > 8$	$h > 16$

5. Világítástervezés

A világítástechnika területén az utóbbi években jelentős fejlődésnek, fejlesztésnek lehettünk tanúi, amelyek következtében lényeges változások történtek a világítás berendezések tervezése, alkalmazása és üzemeltetése területén is. Mára már olyan sok információt és adatot kell ismerni, melyek teljes körű bemutatására ez a fejezet nem elegendő, azonban figyelemfelkeltőként igyekszünk néhány alap és hasznos információt adni a villamos tervezéssel foglalkozó szakemberek részére.

Előző fejezetekben már átfogó képet kaphattunk a világítástechnikához tartozó alapok, egyes eszközök jellemzőiről, fényforrásokról és a lámpatestekről. Ezek ismerete, kiindulási alapként szolgálnak a tervezés során. Azonban egy világítási rendszer tervezése rendkívül összetett folyamat, melyhez számos további tényezőt kell ismernünk és azzal kalkulálnunk szükséges. A világítási berendezések korszerűsítése nem történhet meg a rendszer újra tervezése nélkül! A korszerű LED-es világítótestek műszaki paraméterei lényegesen eltérnek a lecserélésre kerülő lámpatestekétől, ezért fontos a világítás újra méretezése.

5.1. Általános világítás

A világítástervezés, széleskörű látást és érzékelést igényel, amelyek összeillesztéséhez szükséges a fentebb már ismertetett tényezők és alapfogalmak ismerete. Ezen információhalmazt felhasználva, tudatosan sorba rendezve az egymást követő lépéseket, viszonylag könnyen algoritmusba szervezhető a tervezés és annak folyamata, a rendelkezésre álló építészeti információk, szabványok és előírások, valamint a gyártók lámpatest és fényforrás adatai segítségével.

Milyen a jó világítás?

Alapinformáció, azaz „Jónak” mondható egy világítás, ha mindenki elégedett. Ezen túl, azonban meg kell feleljen minden műszaki, környezeti, építészeti és egyéb követelménynek, szempontnak.

A világítás tervezésének kritériumai önmagukban még nem eredményeznek a szó tágabb értelmében vett jó világítást, legfeljebb csupán fiziológiailag elégséges világítást. A fényt (beleértve a természetes fényt is) és a helyiséget össze kell hangolni egymással. Csak ekkor bontakozhat ki a vizuális érzékelés a maga teljességében és válhat az egész helyiség vizuális élménnyé.

Domináns térformáló világítás segítségével sok esetben fokozni lehet a térhatást. A fényépítészet és a világítástechnika meghatározza egy helyiség atmoszféráját, ami másfelől az emberek érzelmeire hat.

A teljesség igénye nélkül néhány fontos tényező:

- biztosítja az előírt megvilágítási szintet,
- ne kápráztasson,
- ne keletkezhessenek zavaró árnyékok,
- legyen megfelelő a színvisszaadás,
- színhőmérsékleti csoportja, feleljen meg a szabványban meghatározott kellemes hatásnak,
- ne okozzon a berendezés, komfortérzet-csökkenést (pl. zaj, villogás)
- ne legyen „foltos” a világítás (térbeli és időbeli egyenletessége, feleljen meg az előírásoknak),
- legyen gazdaságos, energiatakarékos,
- feleljen meg a napjainkban fokozott elvárásoknak pl. szabályozhatóság.

A világításban résztvevő eszközök szempontjából az utóbbi időben, számos olyan előírás jelent meg, amely a gyártókat is rákényszeríti a környezettudatos gyártásra. Ilyen előírás, a **Green Public Procurement (GPP) Criteria for Indoor Lighting Technical Background Report** dokumentum.

Új világítás létesítése – akár egy egész épületre, akár egy bizonyos területre nézve – nagy hatással van az épület energiafogyasztására. Egy új világítási rendszernek addig kell a helyén maradnia, amíg egy gazdaságosabb megoldással történő lecserélése gazdaságossági és környezetvédelmi szempontból indokoltta nem válik, és ez idő alatt a világítás energiát fog fogyasztani. Az új világítási rendszerekhez a beépített teljesítménysűrűségen alapuló rendszermegközelítést alkalmaztuk. Két eltérő követelménycsoportot adunk meg:

1. Ahol az egész épület új világítást kap, a követelmény a beépített világítási teljesítményre vonatkozik (beleértve a fényforrásokat, az előtéteteket és a szabályozó eszközöket) osztva a teljes padlófelülettel (W/m^2).

2. Ahol az új világítás egy épület adott területére korlátozódik, a követelmény a $W/m^2/100lx$ normalizált teljesítménysűrűségre vonatkozik. Ez a lámpákat, előtéteteket és szabályozó eszközöket magában foglaló világítás által elfogyasztott teljes teljesítmény osztva a terület teljes padlófelületével és a területen mérhető megvilágítás századrészével. Például, ha a megvilágítás 500 lx lenne, a világítási teljesítményt a padlófelülettel, majd 5-tel kellene elosztani.

Ha egy épület egészében kell világítást felszerelni, az épület egészében világításra fordított max. teljesítmény és az épület teljes alapterületének hányadosa nem haladhatja meg az **10. táblázatban** található értékeket:

10. táblázat

Épület típusa	Világítási telj. sűrűség, W/m ²
Autóparkoló	2,2
Bíróság	13
Kiállítási tér, múzeum	7,5
Tűzoltóállomás	11
Továbbképző intézmény	11
Kórház	11
Könyvtár	11
Iroda (főként kis irodákra osztott)	11
Iroda (főként nagytermes)	10
Rendőrség	13
Posta	13
Börtön	8
Középületek előcsarnoka	7,5
Lakóház	9
Lakóház (csak közösségi terek)	4,5
Iskola	7
Sportközpont	7,5
Városháza	12

Ha a világítási berendezést egyedi helyen vagy az épület egy részében kell felszerelni, a területen a világítás maximális teljesítménye és a teljes padlóterület 100 lx megvilágítására eső hányadosa nem haladhatja meg az **11. táblázatban** található értékeket:

11. táblázat

Terület típusa	Normalizált világítási telj. sűrűség, W/m ² /100 lux
Hálósobák	6
Büfék	3,2
Autóparkolók	2
Közlekedőterületek, ideértve a lifteket, lépcsőházakat	3
Konferenciatermek	2,6
Tornatermek	2,6
Előcsarnokok	2,6
Kórtermek és vizsgálóhelyiségek	3,5
Konyhák (otthonokban)	4
Konyhák (éttermekben)	2,6
Laboratóriumok	2,6
Könyvtárak	3
Társalgók – nagy területűek	4,5
Társalgók – kis területűek	6
Irodák (nagyterűek)	2
Irodák (kis területűek)	2,8
Növénytermesztő helyiségek	3
Postai helyiségek / telefonközpontok	3
Börtöncellák	3,5
Recepciók	3,5
Mosdók, WC-k, fürdőszobák	4
Kiskereskedelem	3,2
Iskolai osztálytermek	2
Raktárhelyiségek	3
Városzobák	3

Az alkalmazott megközelítés először egy adott megvilágítás eléréséhez szükséges teljesítménysűrűséget adja meg W/m²/100 lx értékben valamennyi tipikus térre. Ezeket azután összevetették az MSZ EN 12464-1 javasolt megvilágítási értékeivel, hogy W/m²-értékeket kapjanak. A világítás LPD teljesítménysűrűsége adott térben a következő:

$$LPD = N \cdot P / A \quad \text{W/m}^2,$$

ahol P az egyes lámpatestek által felvett teljesítmény (beleértve a fényforrások és az előtéték fogyasztását is), N a lámpatestek száma, A térben lévő munkasík területe.

12. táblázat

Fényforrás típusa	Világítás típusa	Fényhasznosítás, lm/W	Normalizált világítási teljesítménysűrűség, W/m²/100 lux	
			Kis irodák	Nagytermes irodák
ALAPKÖVETELMÉNYEK				
Lineáris fénycső	Direkt	55	3,2	2,4
	Direkt/indirekt	70	3,2	2,5
Kompakt fénycső (mélysugárzó/vitrin)	Direkt	35	5,1	3,8
Kompakt fénycső (lakásvilágítás)	Direkt/indirekt	30	7,5	5,9
ÁTFOGÓ KÖVETELMÉNYEK				
Lineáris fénycső	Direkt	60	3,0	2,2
	Direkt/indirekt	75	3,0	2,4
LED/nagyintenzitású kisülőlámpa (mélysugárzó/vitrin)	Direkt	45	4,0	3,0
Kompakt fénycső/LED (lakásvilágítás)	Direkt/indirekt	40	5,6	4,4

A lámpatestek teljesítőképességére léteznek különböző nemzeti ajánlások és követelmények. Ezek igyekeztek a lámpatesthatásfokra fókuszálni. A lámpatesthatásfok a lámpatest által kibocsátott fény osztva a fényforrás és az előtét által elfogyasztott teljesítménnyel. Ez megegyezik a fényforrás és az előtét fényhasznosításának és a lámpatest optikai hatásfokának szorzatával.

Az **12. táblázat** alapján elméleti teljesítménysűrűségek származtathatók az épületben lévő különböző helyiségekre. A választott megközelítés szerint meg kell határozni a tér méretét és a benne használt világítás típusát.

A különböző épületekre vonatkozó teljesítménysűrűségek W/m² határértékeinek meghatározásához (EU GPP 1. kritérium) első lépésként venni kell a fenti határértékeket és hozzá kell kapcsolni azokat a különböző terek W/m² értékeinek meghatározásához az MSZ EN 12464-1-ben javasolt megvilágítás értékekhez. Bizonyos tér-típusokhoz több ajánlás is tartozik (lásd 5.4. táblázat). A dőltbetűs számok olyan terekre vonatkoznak, amelyekre nincs ajánlás az MSZ EN 12464-1-ben, és helyettük az Egyesült Királyság ajánlásait vették figyelembe.

A rendelet által meghatározott ajánlások alapján, a fajlagos energiafelhasználás lx értékre vetített energiafelhasználása alapján, az alábbi besorolást vehetjük mérvadónak:

- $< 2 \text{ m}^2/\text{lux}$ → kiváló
- $2 < 4 \text{ m}^2/\text{lux}$ → jó
- $4 < \text{m}^2/\text{lux}$ → nem megfelelő

A különböző épületek teljesítménysűrűségét úgy kapjuk meg, hogy meghatároztuk az épületeken belüli domináns tértípusokat, és megfelelő súlyozási értékeket rendelünk hozzájuk.

13. táblázat

A tér típusa	Normalizált világítási teljesítmény-űrűség, W/m ² /100 lux		Javasolt megvilágítás, lux	Világítási teljesítménysűrűség, W/m ²	
	Alapkövetelmények	Átfogó követelmények		Alapkövetelmények	Átfogó követelmények
Hálósobák	7,5	6	100	7,5	6
Büfék	3,5	3,2	200	7	6,4
Autóparkolók	2,2	2	75	1,65	1,5
Közlekedőterületek, ide értve a lifteket, lépcsőházakat	3,2	3	100	3,2	3
Konferenciatermek	2,8	2,6	500	14	13
Tornatermek	2,8	2,6	300	8,4	7,8
Előcsarnokok	2,8	2,6	300	8,4	7,8
Kórtermek és vizsgáló helyiségek	4	3,5	100/300/500	4/12/20	3,5/10,5/17,5
Konyhák (otthonokban)	5	4	200	10	8
Konyhák (éttermekben)	2,8	2,6	500	14	13
Laboratóriumok	2,8	2,6	200	14	13
Könyvtárak	3,2	3	200/500	6,4/16	6/15
Társalgók	6	4,5	200	12	9
Társalgók	7,5	6	200	15	12
Irodák (nagyterüek)	2,3	2	300/500	6,9/11,5	6/10
Irodák (kis területűek)	3	2,8	300/500	9/15	8,4/14
Géptermek	3,2	3	200	6,4	6
Postai helyiségek / telefonközpontok	3,2	3	500	16	15
Börtöncellák	4	3,5	200	8	7
Recepciók	4	3,5	300	12	10,5
Mosdók, WC-k, fürdőszobák	5	4	100/200	5/10	4/8
Kiskereskedelem	3,5	3,2	300/500	10,5/17,5	9,6/16
Iskolai osztálytermek	2,3	2	300/500	6,9/11,5	6/10
Raktárhelyiségek	3,2	3	100	3,2	3
Városzobák	3,2	3	200	6,4	6

Az MSZ EN 15193 szabvány kWh/(m²év) kifejezett LENI-értékeket (LENI = Lighting Energy Numeric Indicator = Világítási energia numerikus mutatója) használ, amely a világításra fordított teljes energiafelhasználást mutatja, és átfogóbb megközelítést jelent, mivel lehetővé teszi a világításszabályozás teljesítőképességének közvetlen számításba vételét. Ehhez azonban bonyolult és részletes számítás szükséges, beleértve az épületben rendelkezésre álló természetesfény és terület-igénybevétel alakulásának ismeretét is.

A világítás szabályozási és vezérlési követelmények, azokat a legnyilvánvalóbb területeket fedik le, ahol energia pazarlódhat el azáltal, hogy a világítást szükségtelenül bekapcsolva hagyják. Az átfogó követelmények ezenfelül feltételeket tartalmaznak bizonyos, fényszabályozással ellátandó területek megvilágítására is. A fényszabályozással energiát lehet megtakarítani és ki lehet elégíteni a

benntartózkodók igényeit is – lehetővé téve számukra, hogy a munkakörnyezetet megváltoztassák.

Az Európai Bizottság különböző termékekre és szolgáltatásokra kidolgozta az EU általános zöld közbeszerzési kritériumait (Eu GPP). A zöld közbeszerzés önkéntes intézmény. A jelen technikai háttérjelentés a „belső világítás” termékcsoporthoz vonatkozik. A „belső világítás” az épületekben lévő világítási rendszerek minden aspektusát lefedi, néhány speciális világítási alkalmazás kivételével. A belső világításnak része az épületekben felszerelt lámpatestek, előtétetek világításszabályozók. Ez különösen fontos terület a zöld közbeszerzés számára, főként a világítási rendszerektől származó jelentős energiafogyasztás és CO₂-kibocsátások okán.

A bevezetett szabályozások, úgynevezett zöld követelményeit, lásd. pl. közbeszerzés:

- Tervezési fázisban biztosítani kell, hogy az új világítási rendszerek a világítási feladat követelményeit kielégítő, kis teljesítménysűrűséggel rendelkezzenek,
- Nagy fényhasznosítású cserelámpák beszerzése,
- Világításszabályozás használata az energiafogyasztás további csökkentésére,
- Szabályozható előtétetek használatának ösztönzése, ahol a körülmények lehetővé teszik,
- Installációs fázisban biztosítani kell, hogy a rendszer a tervezettnek megfelelően, energiahatékony módon üzemeljen,
- Támogatni kell a kisebb higanytartalmú fényforrásokat,
- Újból fel kell használni vagy újrahasznosítani kell a hulladékot.

5.2. Világításszabályozás tervezése és felszerelése

A ritkán használt terek világítását jelenlétérzékelőkkel kell vezérelni, amelyek lekapcsolják a világítást, amikor a terület kiürül, hacsak ez nem veszélyeztetné a biztonságot.

Az olyan területeket, amelyek éjszaka nincsenek használatban és ahol a világítást feledékenységéből bekapcsolva hagyhatják, időkapcsolókkal vagy jelenlétérzékelőkkel kell felszerelni, amelyek lekapcsolják a világítást, miután a terület éjszaka kiürül.

Oldalsó ablakokkal ellátott területek világítását az ablakokkal párhuzamos sorokban kell vezérelni úgy, hogy az ablakokhoz közelebb lévő sorokat különállóan le lehessen kapcsolni.

Irodák, konferenciatermek, osztálytermek és laboratóriumok világításának a benntartózkodók által – alkalmas helyeken elérhető kapcsolók segítségével –

szakaszolhatónak és/vagy vezérelhetőnek kell lennie. Ilyen típusú terekben a szabályozható világítás megvilágítás értékét automatikusan kell tudni beállítani úgy, hogy a világítási rendszer új korában, (amikor a lámpák és lámpatestek tiszták és nagy fényáramúak) a világítás a megvilágítás előírt karbantartási értékére csökkenthető le. Ha a területen természetes fény is van, azt fény szabályozóval összekapcsolt automatikus szabályozás működtesse. Az irodákban az egyedi munkaterületek világításának különállóan szabályozhatónak kell lennie.

Természetes fénnel megvilágított közlekedő területek és recepciók világítását az automatikusan érzékelő fény szabályozóval kell vezérelni.

5.2.1. Világításszabályozók

A világításszabályozók igen költséghatékonyak lehetnek, tipikus megtérülésük 2-4 év, ha meglévő világítási rendszerhez csereként használják őket. Új világítási rendszerek esetén a korszerű világításszabályozók felszerelésének költsége ugyanakkora lehet, mint egy hagyományos kézi szabályozó rendszeré. Ennek az az oka, hogy ilyenkor nincs szükség a falra szerelt kapcsolókat bekötni. Az automatikus világításszabályozókkal 30-40% villamosenergia költség takarítható meg járulékos beruházási költség nélkül.

A világításszabályozók felszerelése előtt az ajánlatkérőnek informálnia kell a tervezést/szerelést végzőt arról, hogy milyen célra és milyen sűrűséggel használják a területet, és meg kell adnia az adott világításszabályozással kapcsolatos minden követelményt, beleértve a biztonsági követelményeket is. A biztonsági szempontokat nem szabad eltúlozni; a nyilvánvaló veszélyektől mentes területeken helyesen felszerelt fényérzékelők hatékonyan fognak működni a benntartózkodók veszélyeztetése nélkül. Kulcsfontosságú helyeken, például lépcsőházakban bekapcsolva lehet hagyni kis teljesítményű világításokat-, miközben a világítás döntő részét lekapcsolják.

Az épületekre vonatkozó világításszabályozás kritériuma, mindössze minimális gondoskodásra, területre terjed ki, azonban gyakran költséghatékony lehet a Beruházó számára további szabályozók specifikálása. A terület igényeitől és használatának gyakoriságától függően ezek a következők lehetnek:

- időkapcsolók használata, ahol csak beállított idő alatt van szükség világításra (pl. más, kötött nyitvatartású épületekben);
- időkésleltető kapcsolás, ahol csak meghatározott időtartamok alatt van szükség világításra, pl. vitrinek szemléltetése során;

- kulcsos (kártyaleolvasós) kapcsolók használata, pl. növénytermesztő helyiségekben vagy szállodai hálósobákban, ahol a világítás csak a kártyával történt aktivizálással kapcsolódik be.

5.2.2. Lámpák és lámpatestek

Az épületek világításának költsége meghatározó kezd lenni az épületek energiaköltségében. Például egy tipikus lámpatest mindössze 50-100 euróba kerül. Ugyanakkor egy ilyen lámpatest 20 éves élettartama alatt, napi 8 órát üzemeltetve 400-500 eurónyi elektromos energiát fogyaszt (10 eurócent/kWh feltételezése mellett). Emiatt rendszerint költséghatékony drágább lámpatestet használni még akkor is, ha az csak 10-20%-kal nagyobb hatásfokú. A nagyobb hatásfokú lámpatestek használata néha lehetővé teszi, hogy kevesebb lámpatestet kelljen felszerelni, amivel beruházási tőkét lehet megtakarítani.

Az energiahatékony lámpáknak hosszabb az élettartama a nekik megfelelő hagyományos izzólámpák és volfrámszálas halogénlámpák vagy akár a fénycsövek élettartamánál, ami karbantartási költséget és energiát takarít meg. Sajnos még ma is nagyon sok helyen találkozunk régi, hagyományos fényforrással szerelt lámpatestekkel.

5.2.3. Kulcsfontosságú környezeti hatások

A világítási berendezés, életciklusának különböző fázisaiban hatással van a környezetre:

- a. Gyártása során az előállításukhoz felhasznált energia és nyersanyagok, veszélyes anyagok terhelik a környezetet
- b. Az eszközök forgalmazása során a szállításból eredő kibocsátásokat és a csomagolások felhasználását kell figyelembe venni
- c. Működési ciklus. Elsősorban a világításra használt energiából származó széndioxidkibocsátások értendők ide.

Élettartam vége. Ez a fényforrások, lámpatestek hulladékkezelésénél felhasznált energiát, a kiszabaduló vegyi anyagokat – például higanyt – az elektronikai alkatrészek hulladékkezelését jelenti.

5.3. A látási feladat meghatározása, a világítás rendeltetése, rendszere

A világítás rendszerét és rendeltetését a megvalósulás helyszíne határozza meg, mert az lehet:

- belső és/vagy szabad tér
- száraz – nedves;
- veszélyes – nem veszélyes stb.
- és a helyszín funkciója, azaz ott zajló tevékenység: szerelés, rakodás, közlekedés stb.

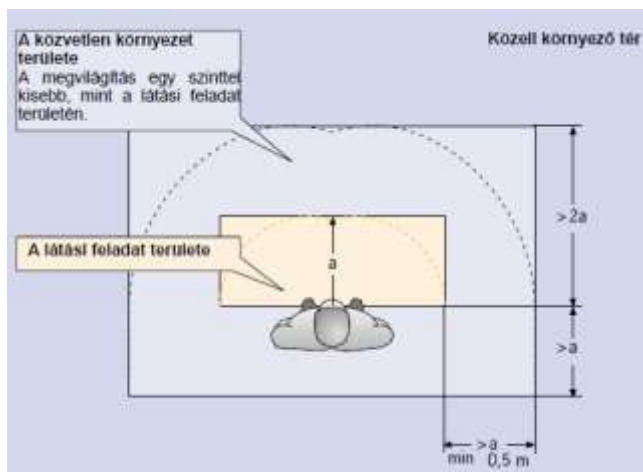
A felmerülő számtalan kérdést és vizsgálati szempontot sorba kell szednünk és elindulni egy tölcser szerű útvonalon, mely elvezet a megfelelő világítás kiválasztásához.

1. Elsődleges szempont minden esetben: **kiszolgálni a látási feladatot**, felmérni és megfogalmazni a világítási feladatot. Ahhoz, hogy a látási és világítási feladatot fel tudjuk mérni, ismernünk kell, a látás szempontjából relevánsnak tekinthető, elsősorban a felismerendő tárgy méretét, fénysűrűségét, a háttérhez viszonyított kontrasztját, valamint a felismerhetőség időtartamát.

A szabvány alkalmazási területével kapcsolatban hadd utaljunk a látási teljesítményre, azaz a látási feladat gyors és hibátlan teljesítésére, mint a világítás minőségének lényeges jellemzőjére. A látási teljesítmény annál nagyobb,

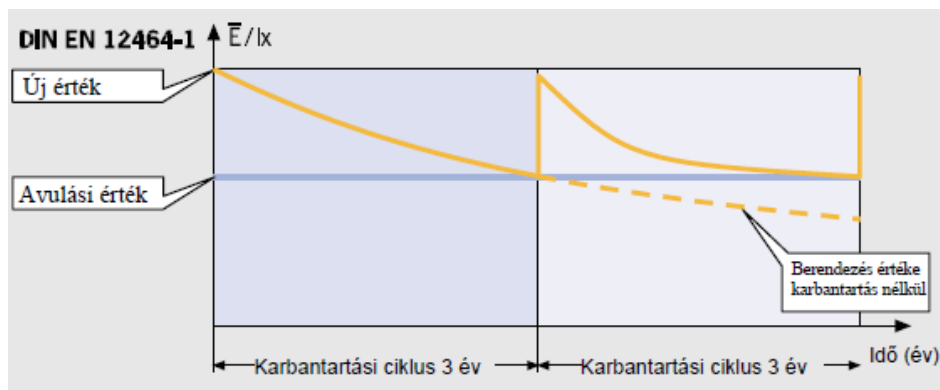
- minél nagyobb a látási részlet, azaz a még kivehető formarészlet mérete,
 - minél nagyobb a látás tárgyának a háttérhez viszonyított kontrasztja, valamint
 - minél hosszabb a látás tárgyának a felismerhetőségi ideje, azaz a mérés időtartama.
 - minél nagyobb a fénysűrűség a látási feladaton, annál nagyobb – nehezen kivehető részletek esetén is – a látási teljesítmény.
2. Fontos meghatároznunk, a **látási feladat területét**, mely a munkahely azon részterülete, ahol a látási feladatot végzik. Amennyiben a látási feladat területének mérete és/vagy helyzete nem ismert, úgy azt a területet kell a látási feladat területének tekinteni, ahol a látási feladat előfordulhat.

3. A **közvetlen környezet területe**, a látási feladat területét körülvevő, a látótérben található, legalább 0,5m széles terület.



48. ábra Példa a látási feladat területét körülvevő közvetlen környező terület alsó határétekeire.

4. A **megvilágítás karbantartási (avulási) értéke (E_m)**, az az érték, amely alá nem süllyedhet az átlagos megvilágítás egy meghatározott felületen. Az E_m tehát az átlagos megvilágítást jelenti abban az időpontban, amikor a karbantartás esedékessé válik. Ezért is nevezik avulási értéknek, hiszen ennek elérésekor karbantartás, illetve esetleg javítás válik szükségessé.



49. ábra Példa Az átlagos megvilágítás csökkenése a berendezés üzemideje során, példa: hároméves karbantartási ciklus.

A fényforrások és lámpatestek előregedése és szennyeződése, valamint a helyiség reflexiók tulajdonságai romlásának következtében a megvilágítás az üzemidő folyamán csökken. E csökkenés kompenzálására az új berendezésnek

nagyobb megvilágítással (új érték) kell rendelkeznie. A tervezés során ezt a csökkenést az avulási tényező segítségével fejezik ki.

5. A **megvilágítás egyenletessége** [U_0], a minimális és az átlagos megvilágítás aránya egy látási felületen.

$$U_0 = E_{\min} / E$$

A megvilágítás értéke, így annak egyenletessége, nagyban függ a látási feladat területének és annak környezetének funkciójától, rendeltetésétől. Erre vonatkozóan az MSZ EN 12464 szabvány, mind beltéren, mind kültéren megadja az egyenletesség értékét.

A világítás rendeltetésének és rendszerének fogalma az 5.5. táblázat segítségével értelmezhető.

14. táblázat A világítás rendeltetésének és rendszerének összefüggése

A VILÁGÍTÁS		
RENDELTETÉSE		RENDSZERE
Üzemi világítás MSZ EN 12464: Fény és világítás. Munkahelyi világítás <ol style="list-style-type: none"> 1. rész: Belső téri munkahelyek 2. rész: Szabadtéri munkahelyek 		<ul style="list-style-type: none"> Egyenletes általános világítás. Irányított általános világítás. Helyi világítás (belső téren általános világítással együtt; szabadtéren önállóan is).
Nem üzemi világítás MSZ EN 1838: Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás		Általában orientált és/vagy helyi világításként megvalósított rendszer
Biztonsági világítás:	Helyettesítő világítás:	
<ul style="list-style-type: none"> Különösen veszélyes munkaterületek világítása Nagy terek világítása (pánik elleni világítás) Menekülési utak biztonsági világítása ► Biztonsági jelzések 	<ul style="list-style-type: none"> biztonsági tápellátású (a személyek biztonsága érdekében) tartalék tápellátású (nem a személyek biztonsága érdekében) 	
Speciális világítás <ul style="list-style-type: none"> Tér- és Díszvilágítás Reklám, kiemelő világítás Őrvilágítás Egyedi igények szerinti világítás 		Rendszer szerint nem csoportosítható

5.4. Fogalom meghatározás:

5.4.1. Üzemi világítás

Azon a területen megvalósított világítás, ahol a látási feladatot el kell végezni, azaz ahol valamilyen munkavégzés zajlik és/vagy emberek tartósan tartózkodnak. Ahol a világítás minősége befolyásolja a látási teljesítményt, a munkavégzés biztonságát, továbbá az emberek aktivitását és közérzetét. Ezért a világítást úgy kell kivitelezni, hogy a mindenkori funkciójának eleget tegyen és harmonikusan illeszkedjék a környezetbe. Üzemi világítás kizárólag valamilyen központi tápellátásról (hálózat vagy diesel) üzemeltetett lámpatestekkel, helyileg vagy központilag működtethető. Munkahelyek megvilágítási értékei és egyéb paraméterei szabványban rögzítettek.

5.4.2. Nem üzemi világítás

Tartalékvilágítás. Általában akkor lép működésbe, ha az üzemi világítás valamilyen oknál fogva működésképtelenné válik. Ilyen esetben, biztosítanunk kell a helyiségben, épületben tartózkodók számára a biztonságos kijutást. A tartalékvilágítás lehet az üzemi világítás része, működhet azzal egyszerre, vagyis ugyanazok a lámpatestek látják el mindkét funkciót, csak valamilyen biztonsági vagy tartalék tápellátásról üzemeltetve.

A tartalékvilágítással nem olyan magas megvilágítási szintet biztosítanunk, mint a normál világítással, nem kötelező minden helyiségben kiépíteni, azonban az MSZ EN 1838 szabványban meghatározott megvilágítási értékeket és egyenletességet biztosítani szükséges.

5.4.3. Speciális világítás

Világítás szempontjából nem besorolható, nem vonatkoznak rá szabvány követelmények, maximum kültéren helyes előírások, városképi követelmények. Általában, valamilyen díszítő funkciót látnak el, illetve beltéren meglévő általános világítás mellett kiegészítő világításként funkcionálnak, legtöbbször egyedi igényeknek megfelelően.

5.5. A világítási jellemzők meghatározása

A jó világítás megvalósításához a szükséges megvilágításon felül, a világítás egyéb mennyiségi és minőségi jellemzőit is figyelembe kell venni, melyek meghatározásához és használatához, a világítási szabványok nyújtanak segítséget.

A világításra vonatkozó követelményeket a következő igények határozzák meg:

- vizuális komfort, amely a munkavégző számára jó közérzetet biztosít, ezáltal közvetve hozzájárul a nagyobb termelékenységhez,
- látási teljesítmény, amely lehetővé teszi a munkavégző számára, hogy nehéz körülmények között és hosszabb időn át is el tudjon végezni látási feladatokat,
- biztonság.



50. ábra A munkahelyek világításának minőségi jellemzői

5.5.1. A vizuális komfort meghatározásának fő jellemzői:

5.5.1.1. Fénysűrűség-eloszlás

A fénysűrűségnek a látótérben való eloszlása határozza meg az adaptált állapotot, amely a látási teljesítményt befolyásolja. Egyenletes adaptációs fénysűrűségre van szükség ahhoz, hogy növelni tudjuk:

- a látás élességét,
- a kontrasztérzékenységet (azaz a kis fénysűrűségkülönbségek megkülönböztetésének képességét),
- a szem funkcióinak (pl. akkomodáció, konvergencia, a pupilla változása, szemmozgások stb.) teljesítőképességét.

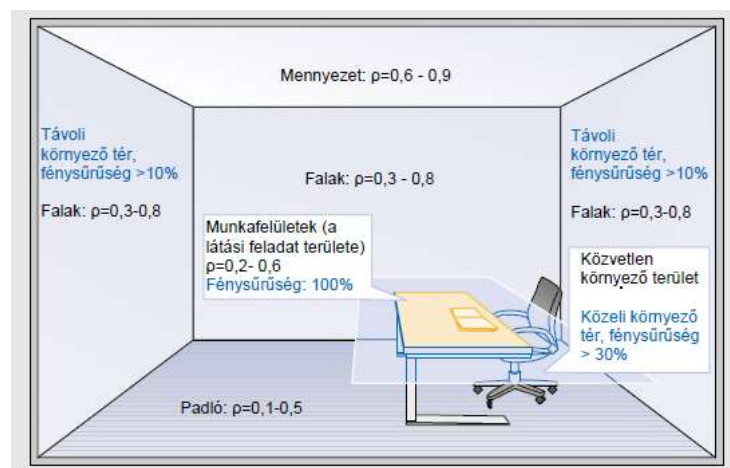
A fénysűrűségnek a látótérben való eloszlása a vizuális komfortot is befolyásolja. A fenti okokból kerülni kell a következőket:

- túl nagy fénysűrűség, ami káprázást okozhat,

- túl nagy fénysűrűség-különbség, ami az állandó alkalmazkodás miatt kifáradást okozhat,
- nagyon kis fénysűrűség és túl kicsi fénysűrűség-különbség, ami kevésbé vonzó és ösztönző munkakörnyezetet hoz létre.

Minden felület fénysűrűsége fontos. A fénysűrűség a felületek reflexiós tényezőjétől és megvilágításától függ. Egy helyiség fő felületeihez a következő reflexiós tényezőket ajánljuk:

- mennyezet: 0,7 – 0,9
- falak: 0,5 – 0,8
- munkafelületek: 0,2 – 0,6
- padló: 0,2 – 0,6



51. ábra Az MSZ EN 12464-1 szerinti reflexiós tényezők

5.5.1.2. Megvilágítás

A megvilágítás és annak a látási feladat területén, illetve a környező területen való eloszlása nagyban befolyásolja azt, hogy egy személy milyen gyorsan, milyen bizonyossággal és milyen könnyen ismer fel és végez el egy látási feladatot.

Valamennyi az MSZ EN 12464-1 szabványban rögzített megvilágítási érték a megvilágítás karbantartási értéke és a látási teljesítményt, valamint a vizuális komfortot szolgálja.

A szabvány táblázataiban megadott értékek a látási feladat értékelési felületén (amely lehet vízszintes, függőleges vagy ferde) mért megvilágítás karbantartási értékei. A világítóberendezés életkorától és állapotától függetlenül az átlagos megvilágítás az adott feladat esetében nem csökkenhet a táblázatban megadott érték alá. Ezek az

értékek a szokásos látási feltételek esetén érvényesek és a következő tényezők figyelembevételével állapították meg őket:

- pszichológiai és fiziológiai szempontok, mint pl. a vizuális komfort és a közérzet,
- a látási feladat által támasztott követelmények,
- vizuális ergonómia,
- gyakorlati tapasztalat,
- biztonságosság,
- gazdaságosság.

A megvilágítási értékek legalább egy szinttel eltérhetnek a megadott skálaértékektől, ha a látási feltételek eltérnek a szokásostól.

Mintegy másfélszeres szorzó jelenti azt a legkisebb szignifikáns különbséget, ami már észlelhető megvilágításváltozásra utal.

Az ajánlott megvilágítási értékek skálája a következők (lx):

$$20 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 75 \cdot 100 \cdot 150 \cdot 200 \cdot 300 \cdot 500 \cdot \\ 750 \cdot 1\,000 \cdot 1\,500 \cdot 2\,000 \cdot 3\,000 \cdot 5\,000$$

A megvilágítás karbantartási (avulási) értékeit növelni kell, ha:

- a látási feladat a munkafolyamat szempontjából döntő fontosságú,
- a hibák kiküszöbölése költségnövekedéssel jár,
- nagyon fontos a pontosság vagy a termelékenység növelése,
- a munkavégző személy látási képessége az átlag alatt van,
- a látási feladat nagyon kis részleteket vagy kis kontrasztokat tartalmaz,
- a látási feladatot nagyon sokáig kell végezni.

A megvilágítás karbantartási (avulási) értéke az előírtnál kisebb lehet, ha:

- a látási feladat nagyon nagy részleteket, illetve kontrasztokat tartalmaz,
- a látási feladatot csak nagyon rövid ideig kell végezni.

Azokon a munkahelyeken, ahol állandóan dolgozik valaki, a megvilágítás karbantartási (avulási) értéke nem lehet kisebb, mint 200 lx.

5.5.1.3. A közvetlen környező terület megvilágítása

A közvetlen környező terület megvilágítása a látási feladat területének megvilágításától függ, és biztosítani kell a fénysűrűség egyenletes eloszlását a látótérben.

A munkaterület környezetében előforduló vagy helyi megvilágítás-ingadozások vizuális túlterheltséget és rossz közérzetet okozhatnak.

A közvetlen környező terület megvilágítása lehet kisebb, mint a látási feladat területé, de az 5.6. számú táblázatban megadott értékek alá nem csökkenhet.

A világításnak a látási feladat területének megvilágításán túl a megfelelő adaptációs fénysűrűség-eloszlást is biztosítani kell.

15. táblázat Az egyenletesség, valamint a közvetlen környező terület és a látási feladat területének megvilágítása közötti összefüggés.

A látási feladat megvilágítása	A közvetlen környező terület megvilágítása
lx	lx
>750	500
500	300
300	200
<200	E_{feladat}
Egyenletesség: > 0,7	Egyenletesség: > 0,5

5.5.1.4. Egyenletesség

A munkaterületet egyenletesen kell megvilágítani. A munkaterület és a közvetlen környezet megvilágításának egyenletessége nem lehet kisebb az 15. táblázatban megadott értékeknél.

Ha a megvilágítás egyes lámpák előregedése, illetve idő előtti kiégése vagy szennyeződése által okozott csökkenése a legkisebb megvilágítású pontjában gyorsabb ütemű, mint az átlagos (közepes) megvilágítás csökkenése, akkor a berendezés karbantartását, illetve tisztítását már az egyenletesség alsó határértékének elérésekor el kell végezni.

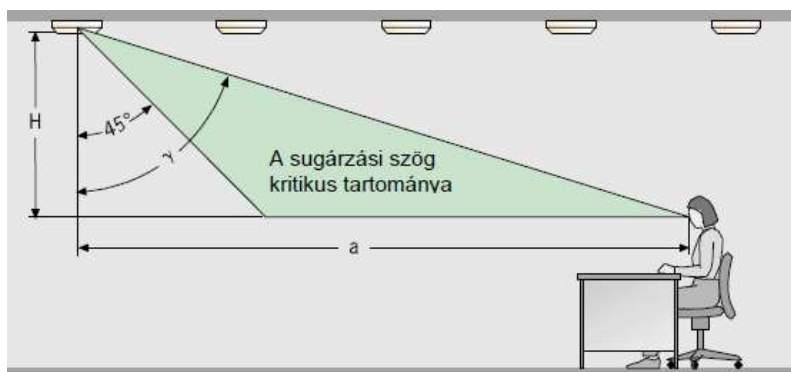
5.5.1.5. Káprázás

A káprázást a látótérben előforduló világos felületek okozzák. Beszélünk zavaró és rontó káprázásról. A tükröző felületekről visszavert fény által előidézt káprázás tükröző káprázás vagy fátyolreflexió néven ismert. Lehet továbbá közvetlen káprázás,

amit a nagy fénysűrűségű fényforrásra való rálátás okoz. Ilyen pl. a csillárba szerelt és abból a burán túl lógó kompaktfénycső.

A hibák, a kifáradás és a balesetek elkerülése céljából fontos, hogy korlátozzuk a káprázást. Belsőtéri munkahelyek esetében a zavaró káprázást közvetlenül a világos lámpák és ablakok okozhatják. Ha a zavaró káprázás határértékeit betartjuk, rendszerint nem lép fel említésre méltó rontó káprázás sem.

MEGJEGYZÉS A vízszintes sík feletti látószögek esetében különösen fontos a káprázás kiküszöbölése.



52. ábra A káprázás szempontjából kritikus szögtartomány

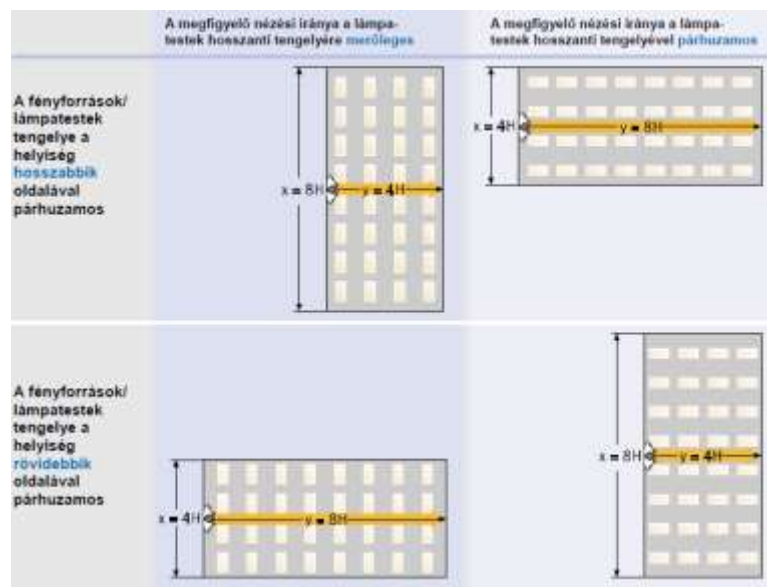
A belsőtéri világítóberendezések által okozott közvetlen káprázás fokát a CIE Unified Glare Rating (UGR) elnevezésű képlet vagy táblázatos módszerének segítségével határozhatjuk meg.

A tervdokumentációban fel kell sorolni valamennyi, az UGR-érték megállapításánál alapul vett feltételezést. A világítóberendezés UGR-értéke nem haladhatja meg a szabvány táblázataiban megadott határértékeket.

Ha a helyiségben mért legnagyobb UGR-érték túllépi a táblázatban megadott határértéket, újra kell gondolni a munkahelyek megfelelő elrendezését.

Az UGR-táblázatokat a világítótestgyártók bocsátják rendelkezésre.

A tervező besorolja az értékelendő világítóberendezést a fenti szempontok szerint, majd a táblázatok alapján megállapítja a megfigyelőnek „a lámpatestekkel párhuzamos”, illetve „a lámpatestekre merőleges” nézési irányára vonatkozó UGR-értéket. Ezt a feladatot ma már a számítógépes szoftverek elvégzik a tervezők helyett, a kiválasztott lámpatest adatai alapján.



53. ábra Standardizált, egyenletes lámpatestelrendezések az UGR táblázatos módszeréhez. A megfigyelő nézési iránya merőleges (balra), illetve párhuzamos (jobbra) a fényforrások/lámpatestek tengelyével, amely a helyiség hosszabbik (fent) vagy rövidebbik (lent) oldalával lehet párhuzamos. Az x koordináta a nézési irányra merőleges, az y pedig párhuzamos (az x és y értékei példák).

Sem a fényforrások és lámpatestek (közvetlen káprázás), sem pedig a nagy fénysűrűségek fényes felületen való tükröződése (tükröző káprázás) nem szabad, hogy káprázást okozzon.

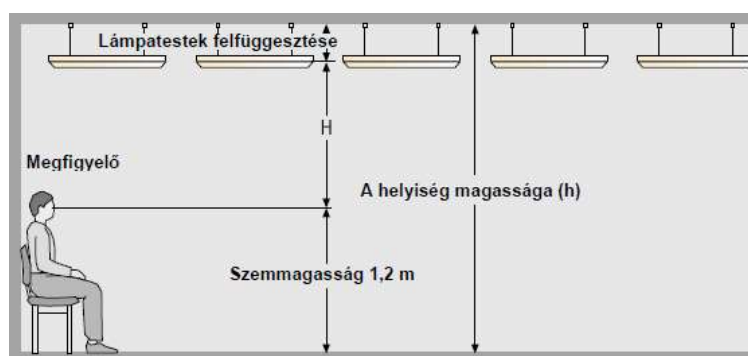
Különleges esetekben, mint például előcsarnokok vagy dísztermek megvilágításakor nagyobb fénysűrűségek és a környezethez viszonyított nagyobb kontrasztok válhatnak szükségessé, amennyiben a fényforrások és világítótestek elsősorban dekoratív elemként szolgálnak.

A közvetlen káprázás korlátozása belsőterekben:

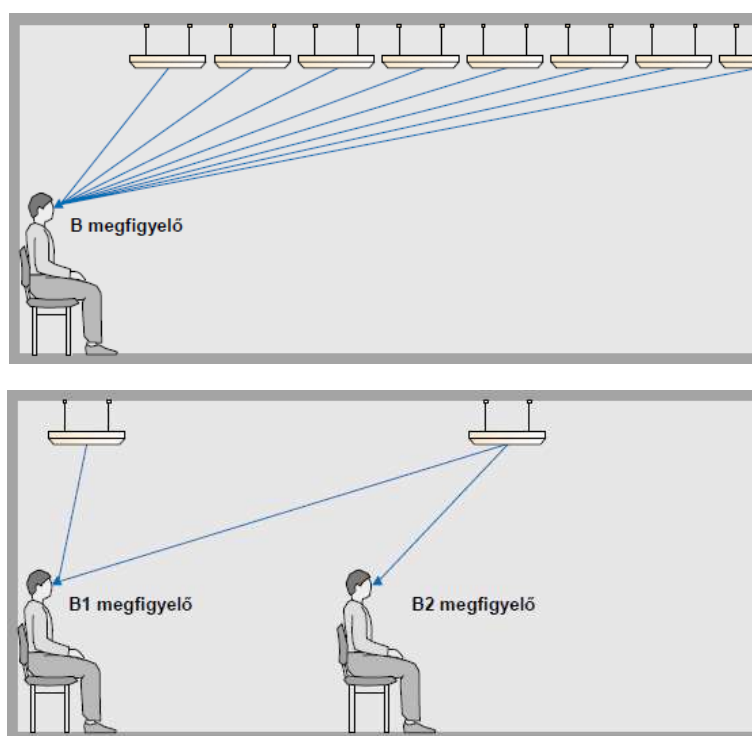
- Egyedi és fénysávos elrendezésű világító-berendezések

Egyedi megvilágításnál alkalmazott lámpatestek esetében ernyőzéssel vagy valamilyen alkalmas eszközzel meg kell akadályozni a lámpára való direkt rálátást.

Több lámpatest elhelyezése esetén, a megfigyelő és a lámpatest pozíciója, azok sűrűsége lesz a meghatározó, annak érdekében, hogy a berendezés UGR-értékét a megfigyelő elhelyezkedésétől függő változását, a lehető legkisebb értékre korlátozzuk.



54. ábra A megfigyelő és a világítótestek vízszintes síkjának általánosan használt elrendezése. Utóbbi – ülő megfigyelő esetén – $H = h - p - 1,2$ [m] magasságban helyezkedik el a megfigyelő szeme felett. A „p” a lámpatestsor felfüggesztésének hosszúsága.



55. ábra A világítótestek sűrű elrendezése ($s = 0,25 \cdot H$) esetén az UGR-érték szinte független a megfigyelő elhelyezkedésétől (felső kép). Szellős elrendezés esetén (alsó kép) a B1- gyel jelölt megfigyelő számára kisebb, míg a B2-vel jelölt megfigyelő számára nagyobb UGR-érték adódik.

Általában azonban az UGR-érték mindkét esetben kisebb, mint a világítótestek szoros elrendezése esetén.

- Világító mennyezetek

A világító mennyezetek fénysűrűsége – amennyiben magas követelményeket támasztunk a világítással szemben - 45° -os sugárzási szög fölött nem lehet több, mint 500 cd/m^2 .

- A tükröződő káprázás korlátozása

Nagy fénysűrűségeknek a látási feladaton való tükröződése megváltoztathatja a látási feladat felismerhetőségét. A szemlélt tárgyon fellépő tükröződés kontrasztsökkenést és látási zavart (azaz tükröző káprázást) és ezáltal a látási feltételek romlását idézhetik elő.

A fátjolreflexiót és tükröző káprázást a következő eljárások segítségével lehet megakadályozni, illetve csökkenteni:

- felületek kialakítása (matt felületek),
- a világítótestek és a munkahelyek megfelelő elrendezése,
- a világítótestek fénysűrűségének csökkentése,
- a világítótestek világító felületének növelése,
- világos mennyezet és falak.

5.5.1.6. Fényirány

Az irányított fény a tárgyakat, felületi struktúrákat kiemelheti. Ezt a jelenséget a „modelling” fogalmával írjuk le.

A „modelling” fogalma a szórt és irányított világítás kiegyenlítettségét jelenti és gyakorlatilag minden belsőtér világításának fontos minőségjellemzője. Egy belsőtér általános képén javíthatunk, ha az építészeti jegyek, az emberek és a tárgyak megvilágítását úgy alakítjuk ki, hogy a formák és a felületi struktúrák tisztán kivehetők legyenek és kellemes benyomást keltsenek. Ezt akkor érhetjük el, ha a fény észrevehetően rendelkezik kitüntetett iránnyal. Így jönnek létre a „modelling” szempontjából jó, fontos, határozott árnyékok.

A világítás ne legyen túlságosan irányított, mert ekkor túlságosan éles árnyékok képződnek, de ne legyen túlságosan szórt sem, mert ekkor teljesen megszűnik a térbeliség érzete, ami rendkívül álmosító vizuális környezetet eredményez.

A világításnak nem szabad túlságosan irányítottnak lennie, mert éles árnyékok képződnek. Ugyanakkor túl szórt se legyen, mert elvesz a „modelling” hatás és kedvezőtlen álmosító vizuális hatás jön létre.

A világítás minősége nagymértékben függ a tárgyak felismerhetőségétől és a függőleges felületek világosságától. A cilindrikus megvilágítás (E_z) és a vertikális megvilágítás (E_v) ezek leírására alkalmas fotometriai mennyiségek.

A kellemes vizuális kommunikáció függ a jelenlevő személyek arcvonásainak felismerhetőségétől. A cilindrikus megvilágítás (Ez) ennek leírására alkalmas fotometriai mennyiség.

MEGJEGYZÉS: Az arcok jó felismerhetősége szempontjából kb. 15cd/m^2 és 20cd/m^2 közötti arc-fénysűrűségek tekinthetők elégségesnek. Ekkora fénysűrűségeknek 150lx és 200lx közötti cilindrikus megvilágítás felel meg.

5.5.1.7. Színszempontok

A fényforrás színminőségét két tulajdonsággal jellemezhetjük:

a) Fényforrás fényszíne:

Egy fényforrás „fényszíne” az (általa sugárzott) fénynek a megfigyelő által érzékelt színére vonatkozik, és a hozzá legjobban hasonlító színhőmérséklet (T_{CP}) segítségével írható le.

A színhőmérséklet megválasztása pszichológiai és esztétikai kérdés is, továbbá attól is függ, hogy mit tekintünk természetesnek. A megvilágítási szint, a helyiség és a bútorok színe, a környezet klímája és az alkalmazási mód mind-mind befolyásolják a választást. Általában az emberek a meleg vagy semleges színhőmérsékletet érzik kellemesnek.

b) Színvisszaadás:

A színvisszaadás, amely az adott fényforrás által megvilágított tárgyak és személyek színhatását befolyásolja.

A látási teljesítmény, a komfortérzet és a jó közérzet szempontjából fontos, hogy a környezet, a tárgyak, valamint az emberek bőrének a színe természetesen és valósághűen jelenjen meg. Mindez vonzó és egészséges külsőt kölcsönöz az embereknek.

Fontos, hogy a biztonsági színek mindig jól felismerhetők legyenek.

A fényforrások színvisszaadási tulajdonságainak objektív jellemzése céljából bevezették a R_A általános színvisszaadási indexet. A lehetséges legmagasabb R_A érték 100. A színvisszaadás minőség gyengülésével ez az érték csökken. A vonatkozó létesítési szabványok meghatározzák az egyes tevékenységekhez szükséges általános színvisszaadási indexet. Általában 80-nál kisebb színvisszaadási indexszel rendelkező fényforrásokat és világítótesteket ne használjunk olyan belsőterekben, amelyekben hosszabb ideig tartózkodnak emberek. Bizonyos helyi adottságok és/vagy tevékenységek esetében (pl. magas csarnokokban) előfordulhatnak kivételek, de

ilyenkor is biztosítani kell – megfelelő eljárások segítségével – a jobb színvisszaadást az állandó munkahelyeken, továbbá ott, ahol fontos a biztonsági színek hibátlan felismerése.

A fenti két tulajdonságot egymástól függetlenül kell megvizsgálni.

5.5.1.8. Villogás és sztroboszkóp-hatás

A villogás látási zavart okoz és fiziológiai hatásokat (pl. fejfájást, vagy epilepsziás görcs rohamot) idézhet elő.

A sztroboszkóp-hatás veszélyes helyzeteket teremthet azáltal, hogy befolyásolja a forgó vagy ide-oda mozgó géprészek észlelését.

A világítórendszereket úgy kell elhelyezni, hogy megakadályozzuk a villogást és a sztroboszkóphatást.

5.5.1.9. Avulási tényező

A világítóberendezések avulási tényezőjét valamennyi lehetséges hatás figyelembevételével kell megtervezni, beleértve a környezetet, a karbantartási tervet és magát a lámpatestet.

Az egyes látási feladatokra érvényes ajánlott megvilágítási értéket a „megvilágítás karbantartási értéke” elnevezéssel tüntetik fel, melyet előző fejezetben már megismertünk. Az avulási tényező a fényforrás és az előtétek előregedésétől, a lámpatesttől, a környezettől és a karbantartási tervtől függ.

A tervező feladatai:

- meg kell adnia az avulási tényezőt, továbbá fel kell sorolnia valamennyi feltételezett értéket, amely ennek alapjául szolgált;
- meg kell határoznia – a helyiséghasználat függvényében – a világítóberendezést;
- átfogó karbantartási tervet kell készítenie, amelynek tartalmaznia kell a fényforrások cseréjének, valamint a lámpatestek és a helyiség tisztításának gyakoriságát, továbbá a tisztítás módját.

A mesterséges világítóberendezések megvilágítási, illetve fénysűrűségi értékei az üzemidő során nem állandóak, hanem – különböző tényezők következtében – csökkennek. Ilyen tényező a fényforrások előregedése és kiégése, a fényforrások és lámpatestek szennyeződése, továbbá belsőtéri világítás esetén a helyiséget határoló felületek reflexiók tényezőinek csökkenése (a helyiség szennyeződése) is.

Az átlagos megvilágítási értékek semmilyen időpontban nem csökkenhetnek az MSZ EN 12464-1 5. fejezetében megadott értékek alá. Ezért is nevezik ezeket karbantartási értékeknek. Ahhoz, hogy az élettartam során adódó megvilágítás- illetve fénysűrűségcsökkenést kompenzáljuk, az új berendezésnek ennyivel nagyobb megvilágítással kell rendelkeznie (kezdeti megvilágítás E_0). A csökkenést a tervezéskor az avulási tényező segítségével ragadhatjuk meg. A tervezés alapjául szolgáló kezdeti megvilágítás a karbantartási értékből és az avulási tényezőből adódik.

Kezdeti megvilágítás = karbantartási érték / avulási tényező

Kezdeti megvilágítás = karbantartási érték * kezdeti megvilágítási (tervezési) tényező

Az **avulási tényező (MF)** a fényforrás- illetve lámpatestfajtától, a helyiség porosodásának, illetve szennyeződésének mértékétől, továbbá a karbantartás módjától és gyakoriságától függ. Az MF a következő tényezőkből tevődik össze:

- a **fényforrás fényáramának avulási tényezője (LLMF)**, amellyel a fényforrás fényáramának a használati idő során bekövetkező csökkenését jellemezzük;
- a **fényforrás túlélési-tényezője (LSF)**, amellyel a fényforrásnak a használati idő során bekövetkező kiegészét jellemezzük, annak valószínűségét adja meg, hogy a fényforrás a névleges élettartamához hogyan viszonyul (eléri, túléli-e);
- a **lámpatest avulási tényezője (LMF)**, amellyel a lámpatestek optikai rendszerének két tisztítás közötti elpiszkolódásából adódó hatást jellemezzük;
- a **helyiség avulási tényezője (RMF)**, amellyel a helyiséget határoló felületek reflexiós tényezőjének rosszabbodását jellemezzük.

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RMF$$

A megvilágítás a fényforrások, lámpatestek, a helyiséget határoló felületek és a berendezési tárgyak felületeinek előregedése, illetve elszennyeződése következtében csökken. Ezért a munkahelyeken rendszeresen ellenőrizni kell a megvilágítást. A berendezés karbantartását meg kell kezdeni, ha a megvilágítás érték az MSZ EN 12464-1 5. fejezetben előírt karbantartási értéket megközelíti. (pl.: $E_m = 500$ lx, akkor a karbantartás megkezdendő $E_{avmért} = 520$ lx). A világítóberendezés karbantartását megkönnyíti, ha a fényforrások és a lámpatestek jól és veszélytelenül hozzáférhetők. Bizonyos körülmények között gazdaságosabb, ha a fényforrásokat egy bizonyos üzemidő elteltével csoportosan cseréljük ki és egyúttal a tisztítást is elvégezzük.

A fényforrások kicserélése során ügyelni kell arra, hogy az új fényforrások teljesítménye, fényárama, fényszíne, színvisszaadási tulajdonsága megfeleljen a világítástechnikai minőségi jellemzőkkel szemben támasztott követelményeknek.

5.5.1.10. Energiaszemponatok

A világítóberendezéseknek meg kell felelniük az egy bizonyos terület megvilágításával szemben támasztott követelményeknek anélkül, hogy energiát pazarolnának. Fontos azonban, hogy eközben ne tegyünk engedményeket a világítási minőségi jellemzők rovására csak azért, hogy az energiafelhasználást csökkentsük. Ehhez, megfelelő világítási rendszerekre, vezérlő- és szabályozó berendezésekre, valamint a rendelkezésre álló természetes fény kihasználására van szükség.

Az energiaszükséglet a világítórendszer technológiájától függően nagyon különböző lehet.

A következőkben felsoroljuk az energiatudatos világítás legfontosabb kritériumait:

- a fényforrások, világítótestek és azok működtető egységeinek nagy rendszer fényhasznosítása;
- nagy lámpatesthatásfokok, amit nagy reflexiós- illetve áteresztési tényezővel rendelkező optikai rendszerekkel lehet elérni, és amelyek segítségével a fényforrás fényárama a lehető legkisebb veszteséggel lép ki a lámpatestből;
- nagy világítási hatásfokok, amelyeket a lámpatest fényáramának a megvilágítandó felületekre való irányításával, továbbá a helyiséget határoló felületek nagy reflexiós tényezői segítségével érhetünk el;
- a mesterséges világítás csökkentése, ill. lekapcsolása az egész helyiségben vagy annak egy részében, ha van elegendő természetes fény;
- a mesterséges világítás csökkentése ill. lekapcsolása az egész helyiségben vagy a helyiség egyes részeiben, ha a dolgozók nem tartózkodnak ott.

Jó megoldás, ha a világítás összes paraméterét figyelembe vevő épületrendszergazdálkodás anélkül optimalizálja az energiafelhasználást, hogy a világítás minőségi jellemzői csorbát szenvednének.

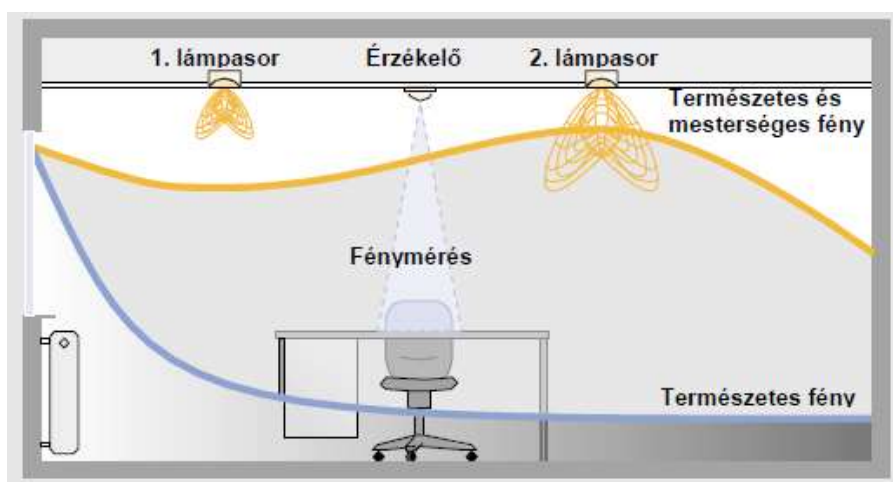
5.5.1.11. Természetes fény

A természetes fény részben vagy egészben átveheti egy látási feladat megvilágítását. A természetes fény mennyisége és spektrális összetétele a nap folyamán változik, ezáltal változásokat idéz elő a helyiségben. Az ablakokon át oldalról beeső természetes fény különleges fénysűrűségeloszlást, valamint jellegzetes árnyékhatásokat hoz létre a helyiségben.

Az ablakok lehetővé teszik a külvilággal való kapcsolatot, amit a legtöbb ember kedvezően fogad.

Ablakos helyiségben a természetes fény az ablaktól távolodva erősen csökken. Hogy biztosíthassuk a munkaterület előírt megvilágítását és a helyiség egyenletes fénysűrűség-eloszlását, kiegészítő világításra van szükség. Alkalmazhatunk automatikus vagy manuális bekapcsolást és/vagy fényáramszabályozást annak érdekében, hogy a mesterséges és a természetes világítás megfelelő kölcsönhatása megvalósuljon.

Az ablakon keresztül beeső fény által okozott káprázás megakadályozására szükség esetén árnyékolás eljárásokat kell alkalmazni.



56. ábra A természetes fény megvilágításának sematikus ábrázolása egyik oldalán ablakos helyiségben és a természetes fény kis megvilágítási értékeinek kompenzálása természetes fénytől függően szabályozott mesterséges világítás segítségével.

A mesterséges világítás természetes fénytől függő szabályozása természetes-energiaforrást hasznosít és ezáltal drasztikusan csökkentheti a világítás villamos-energiaszükségletét. Az ilyen szabályozási rendszereknek azonban arra is tekintettel kell lenniük, hogy a világítás minőségi jellemzőit (elsősorban a megvilágítást és a káprázáskorlátozást) továbbra is be kell tartani.

Oldal világított helyiségben a természetes fény távolsággal csökkenését a helyiség belsejében mesterséges fénnel kompenzálhatjuk. Az épület- és energiagazdálkodás vezérlő és szabályozó rendszerei ezeket az értékeket a természetes fény függvényében a beállított előírt értékeknek megfelelően szabályozzák (56. ábra).

A külvilággal való kapcsolat pszichológiai hatása és az embereknek a természetes időjárás és fényviszonyokból való, gyakran öntudatlan részesedése – a nagyvonalúan méretezett ablakoknak és a munkahelyek elrendezésének köszönhetően – kétségtávol jelentős mértékben hozzájárul a munka világának emberibbé tételéhez.

Megfelelően szabályozott mesterséges világítás segítségével – leutánozható a természetes fény dinamikája, ami a világítási szintet és a színhőmérsékletet illeti. Ily módon a számítógéppel megtervezett környezet szimulálni tudja a természetes fény által létrehozott atmoszférát a helyiségben.

Ezeknek a világítási minőségi és mennyiségi jellemzőknek az összesítéséből tudjuk meghatározni egy adott látási feladat és látási terület világítását. Mint látható, a legtöbb jellemzőt általában a helyszín és a tevékenység jellegétől függően lehet meghatározni.

Csak valamennyi minőségi jellemző figyelembevételére esetén felelhet meg a világítóberendezés a vele szemben támasztott követelményeknek. A látási feladat típusa és nehézségi foka, illetve a helyiség jellege szerint egyik vagy másik minőségi kritérium prioritást élvezhet.

A különböző látási feladatok fénytechnikai paramétereit szabványok határozzák meg, előre felállított standardok alapján. Jelenleg nálunk a világítástechnika területét szabályozó legfontosabb szabványok (a teljesség igénye nélkül) az:

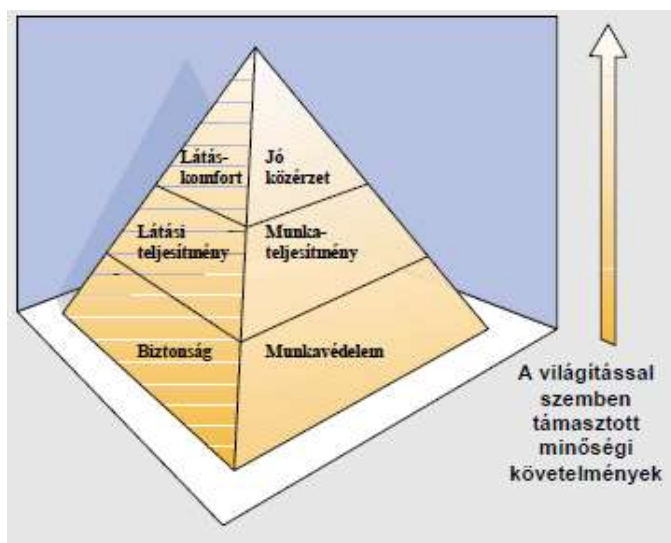
- **MSZ EN 13201-2-3-4** - Fény és világítás. Útvilágítás.
- **MSZ CEN/TR 13201-1** - Fény és világítás. Útvilágítás. Irányelvek a világítási osztályok kiválasztásához
- **MSZ EN 60598-2-2** - Lámpatestek. Süllyesztett lámpatestek.
- **MSZ EN 60598-2-3** - Lámpatestek. Közvilágítási lámpatestek.
- **MSZ 2364 szabványsorozat** - Legfeljebb 1000 V névleges feszültségű erősáramú villamos berendezések létesítése.
- **MSZ HD 60364 szabványsorozat** - Kisfeszültségű villamos berendezések
- **MSZ EN 12665** – Fény és világítás. Alapfogalmak
- **MSZ EN 12464-1** - Fény és világítás. Munkahelyi világítás – Belsőtéri munkahelyek
- **MSZ EN 12464-2** - Fény és világítás. Munkahelyi világítás – Szabadtéri munkahelyek
- **MSZ EN 1838** – Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás

A szabványokat vagy a pontos megjelenési dátummal együtt kell idézni, figyelembe venni - az elnevezésen, illetve a számozáson felül – ezt nevezzük keltezett utasításnak. Ha csak az elnevezéssel és a számmal, a dátum megjelölése nélkül utalunk rá, azt keltezettlen utasításnak nevezzük. Utóbbi esetben, mindig az aktuális változat a kötelező érvényű, azt kell figyelembe venni és alkalmazni a tervezés során.

Az utóbbi időben, számos változás, ill. módosulás történt szabványaink területén, így mindenképpen szükséges az adott időben érvényes szabványok ellenőrzése és értelmezési módjának felülvizsgálata!

A MSZ EN 12464-1 szerinti, a helyes munkahelyi világításra vonatkozó követelmények a szükséges látási teljesítményből és a kívánt látáskomfortból következnek, bár a gazdasági megfontolások is szerepet játszanak.

A látási teljesítmény és a látáskomfort inkább olyan fogalmakhoz kapcsolható, mint a munkateljesítmény, a termelékenység, a hibátlan (vizuális jellegű) munkavégzés, illetve a jó közérzet.



57. ábra A jó világítás nagyobb biztonságot, motivációt és jó közérzetet eredményez a munkavégzés során.

Az 57. ábra piramisának teljes „térfogata” – a világítás területén belül – a munkavédelem világítástechnikai értelemben kibővített fogalmát írja le, amely nemcsak a munkavégzés biztonságát, hanem az egészségvédelmet és az általános elégedettség-érzést is magába foglalja.

A szabványértékek alsó határértékeket jelentenek. A világítóberendezés mennyiségi és minőségi számértékeinek növelése a legtöbb esetben a tágabban értelmezett munkavédelem mérhető javulását idézi elő.




5.5.2. A világítás módjának hatásai

Miután a szabványok segítségével meghatározásra kerültek az alapkövetelmények, amelyet a tervezendő világítási rendszernek ki kell elégíteni, meghatározható a világítás módja.

A világítás módját előzőleg már ismertettük, mind belső, mind szabadtéren, a lámpatesteknél bevezetett csoportosítás szerint, így megkülönböztetünk:

- közvetlen (direkt)
- főleg közvetlen
- szórt (direkt – indirekt)
- főleg közvetett
- közvetett (indirekt) világítási módot.

Az egyes módozatok alkalmazása elsősorban a tevékenység típusától, és az elérni kívánt hatástól függ. Nyilvánvalóan egy étterem kellemes családi hangulatának kialakulását inkább a szórt fény segíti elő, azonban egy ipari létesítményben a munkadarab megvilágítására sokszor a közvetlen világítás a legalkalmasabb.

Világításmód	Energia megtakarítás	Káprázás	Egyenletesség	Árnyékhatás
közvetlen				
Főleg közvetlen				
szórt				
Főleg közvetett				
közvetett				

58. ábra A világítási mód és annak hatásai

Magyarázat:

Mind a világítás módját, mind a minőségi jellemzőket előzőleg már megismertük, azonban ezek egymásra gyakorolt hatásával még nem foglalkoztunk. Bár a 58. ábra magáért beszél, néhány megállapítást hozzáfűzhetünk:

- Közvetett és/vagy rejtett világítás alkalmazása esetén, a legtöbb műszaki jellemző tekintetében a legjobb eredményt érjük el, kivéve a gazdaságosságot/energiamegtakarítást.
- Folyamatos vita tárgya, hogy közvetett világítással, hogy lehet energia megtakarítást elérni, hiszen sokkal több lámpatest szükséges közvetett megvilágítás esetén, mint közvetlen megvilágításnál? A közvetett világításmód akkor lehet energiahatékony, ha jó, világos reflexiós felületekkel ellátott a megvilágítandó terület. Híd, vagy nagy belmagasságú közösségi tér megvilágításakor, „szóró” tükörrel szerelt lámpatesteket tudunk alkalmazni.

- A leggyakrabban vegyes világítást alkalmazunk, azaz közvetett és közvetlen megvilágítást tervezünk.
- Előzőleg hosszasan foglalkoztunk azzal, hogy minél több, sűrűbb osztásban helyezünk el világítótesteket, közvetlen megvilágítással, annál jobb az egyenletességünk. Ez azonban rendkívül kedvezőtlen a Káprázás szemszögéből, lásd UGR értékek.
- A táblázat alapján egyértelmű megállapítás lehetne, hogy a legoptimálisabb világítás a „szórt” világítási mód. Azonban a legtöbb helyen ez nem megoldható, vagy nem megfelelő. Ma már az irodai munkahelyek esetében se kedvelt a szórt világítás, inkább a munkafelületre koncentrált, közvetlen világítást részesítik előnyben, a hatékony munkavégzés előtérbe helyezése végett, lásd állólámpák, asztali lámpák. Azokon a területeken viszont, ahol fontos pl. egy termék vagy egy kép megvilágítása, kiemelése, csak közvetlen világítás jöhet szóba.
- Mit tehetünk, ha egy jó minőségi jellemzőkkel rendelkező, de mégis energiahatékony világítást szeretnénk megvalósítani? A megoldás nagyan függ a megvilágítandó tér funkciójától.

5.6. A világítástechnikai eszközök kiválasztása

Az előírt értékek a fényforrások, lámpatestek, működtető szerelvények, és ezek elhelyezésének szinte végtelen számú kombinációjával megvalósíthatók. A kiválasztásukat mégis az nehezíti, hogy a beruházási költséget szem előtt tartva kell a lehető leggazdaságosabban működő, ergonómiaileg megfelelő esztétikus megoldást megtalálni.

Az első feladat a fényforrás fajtájának kiválasztása. Manapság – számos előnyös tulajdonsága miatt – szinte már mindenhová LED-t választunk, kivételt képez néhány terület, mint pl. a közvilágítás, ahol szabályozottan még szükséges lehet nátrium vagy fémhalogén fényforrás alkalmazása.

Európai Unió szabályozás miatt, 2018 szeptember 1-je után ki kell vezetni a piacról a halogén izzókat, csak a raktáron lévők adhatóak el, illetve a speciális igények szolgálhatóak ki gyártás terén. Ez a rendelet elindított egy folyamatot, amelynek eredményeként, egyre több hagyományos technológiával előállított fényforrás gyártását szüntették meg, vagy alakították át. Így ma csak kivételes esetben lehet alkalmazni, például meglévő közvilágítás egy szakaszának felújítása során fémhalogén és nátrium fényforrásokat. Illetve, ahol már lehetőség van rá, ott ezek is kiváltásra kerülnek korszerű, energiatakarékos fényforrásokra. Magyarországon, a Tungsram

gyárnak köszönhetően hagyománya van a halogén izzók gyártásának, azonban mára már csak kizárólag a gépkocsikba való halogén izzók gyártásával foglalkoznak.

Napjainkban már szinte csak a 1-2 nagyobb gyártó gyárt pl. kompakt és hagyományos fénycsöveket. Utóbbit először a retrofit LED fényforrással szerelt fénycsövek váltotta fel, majd később a nyák lapok felületbe integrál LED chippes panelek.

A halogénteknológia kivonásnak elsősorban környezetvédelmi oka van, a halogénizzók ötször annyi energiát használnak, mind a LED-es fényforrások, illetve jóval több hőt termelnek.

Szakértők szerint a halogénlámpák kizorításával 15 millió tonnánál is több széndioxid-kibocsátást lehet évente megtakarítani Európában. Mind a halogénlámpák, mind a fénycsövek LED-re való lecserélésével, jelentős energiafogyasztás csökkenést is eredményezhet. A LED technológiának és a hozzátartozó működtető egységeknek, a felhasználás helyétől függően, akár 1/5 vagy 1/10 annyi energiaigénye van, mint a hagyományos fényforrásoknak.

Tervezői szempontból is számos tekintetben egyszerűsödött a feladat, hiszen nem kell bajlódni a fényforrások típusával, előtétekkel, méretekkel stb. hiszen a LED technológiának köszönhetően, ma már komplett világítótesteket kapunk, szinte szét se lehet szedni őket, pontosan kalibrált működtető egységekkel, akár beépítve, akár külön csatlakoztatva. Méretezés és alkalmazhatóság tekintetében is sokkal egyszerűbb a feladat, hiszen sok esetben csökkentek a variációk, ma már bármilyen méretű világítótestet legyártanak igény szerint, csak az optika a fő kérdés, azaz a felhasználás helye és célja.

A LED-ek széles körű alkalmazása elől, mára elhárultak azok az akadályok, amelyek jelentősen korlátozták a használatukat, értve itt az árszínvonalat és a hűtési nehézségeket. Utóbbira azonban még néhány speciális esetben muszáj figyelni és biztosítani a megfelelő hőelvezetést, az elektronikai egységek hosszútávú működésének biztosítása végett (pl. beton süllyeszték, vagy akár zárt álmennyezet esetén is).

LED-ek esetében, mai napig a legnagyobb problémát a csereszabatossága jelenti. A folyamatos fejlődés, fejlesztés miatt, akár 1 év alatt megváltozik a teljesítményük, fényáramuk, fényhasznosításuk stb., ezért már egy rövid időn belüli meghibásodás esetén is problémát okozhat, ugyanolyan műszaki paraméterekkel rendelkező LED fényforrás, világítótest beszerzése. Természetesen a legtöbb minőségi nagy gyártó, meghatározott időintervallumon belül garantálja a teljes körű csereszabatoságot. A mai korszerű LED-ek egyik nagy előnye a hagyományos fényforrásokkal szemben, a

nagy megbízhatóságuk és a hosszú élettartamuk. Ezeknél a világítótesteknél már nem ismert fogalom az alkatrész csere, szinte kizárólagosan teljes csere történik.

A LED-ek, illetve a LED világítótestek esetén, a korai katasztrofális hibák, már a gyártásközi tesztelésnél kiszűrhetők, így csökkent a beépítés és beüzemelés utáni cserék száma. A fényforrások élettartamára, inkább a folyamatos, exponenciális modellel leírható degradáció a jellemző.

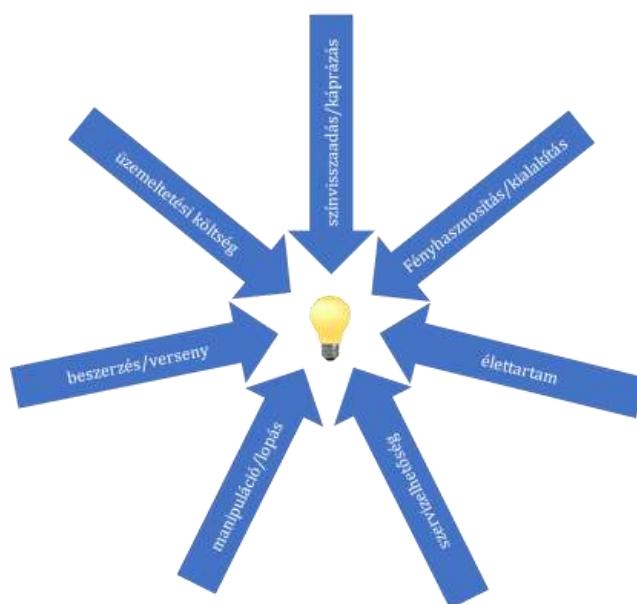
Különböző LED típusok hosszú távú viselkedésének korrekt, egyértelmű összehasonlíthatósága érdekében az USA-beli LED gyártók létre hoztak egy világszerte elfogadott szabványt, amely segítségével minden gyártó azonos körülmények közt öregítheti a LED-jeit és mérheti azok kibocsájtott fényének paramétereit. Ez az **IES LM-80-as szabvány**.

Összefoglalva elmondható, hogy adott minőség esetén a felhasználás körülményei szabják meg az élettartamot: a LED-eket általában tág áramtartományban lehet használni, de azonosan jó hűtés esetén is rövidül az élettartam az áramerősség növelésével.

Ennek tükrében fontos, hogy bármilyen célra is választunk fényforrást, vagy LED világítótestet mindenképpen figyelembe kell vennünk az alábbi minimális szempontokat:

- Megfelelő egységteljesítmény.
- A látási feladatnak megfelelő színhőmérséklet és színvisszaadás.
- Káprázáskorlátozás – UGR érték.
- Helyiség funkciójához illesztendő lámpatest,
- Üzemidő és garanciális csere ideje,
- Gazdaságossági szempontok, beleértve az esetleges szabályozhatóság igényét is.

Az alábbi 5.12. ábrával előzőleg már találkozhattunk, de más megvilágításban, jelen helyzetben beruházói szemszögből vizsgálhatjuk meg egy lámpatest beszerzésénél figyelembe veendő és mérlegelendő tényezőket.



59. ábra Világítótest kiválasztásának kritériumai

Miután a megfelelő fényforrás kiválasztásra került, és körvonalazódtak az alkalmazandó lámpatestek, a világításmódja, és a lámpatestek térbeli elhelyezése, akkor a névleges megvilágításból kiszámítva a szükséges fényáramot, meghatározható a fényforrások szükséges mennyisége. A világítótestek, és a fényforrások sajátossága, hogy az öregedés hatására a kibocsátott fényáramuk folyamatosan csökken. Ez különösen igaz ott, ahol az agresszív vagy poros közeg gyorsan elpiszkolhatja az optikai elemeket. Ezeket a hatásokat a különböző szabványok eltérő módon veszik figyelembe az ún. tervezési-, vagy avulási tényezővel, mellyel előzőleg már megismertedtünk, mint fogalommal.

Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a világítási rendszert mindig meghatározott mértékben túl kell méretezni úgy, hogy az idővel romló paraméterek ellenére az egyes elemek cseréjekor, vagy élettartamuk végén is kielégítse az előírt követelményeket.

A lámpatestek kiválasztásánál nagyon fontos, hogy a világítás tervezője együttműködjön az építésszel, belsőépítésszel és lakberendezővel. Tudni kell, hogy vannak-e, és ha igen, akkor hol helyezkednek el a bevilágítók, nyílászárók, technológia épületben futó daruk, gépészeti elemek stb. Fontos szempont, hogy az adott tér oldalt vagy felül világított-e.

A mesterséges és természetes világítás összehangolása szempontjából három alapesetet különböztetünk meg

- A természetes világítás a belső térben, a teljes alkalmazási időszakban kielégítő (valóságban ilyen nincs, vagy nagyon ritka pl. télikert).

- Természetes megvilágítással nem számolhatunk (nincsenek bevilágítók és/vagy éjszakai üzem).
- A természetes világítás az alkalmazási időszak egy részében elegendő, de más részében szükség van mesterséges világításra is.

Ez utóbbi esetben gondoskodni kell a mesterséges és természetes világítás térbeli és időbeli összehangolásáról. Ez a gyakorlatban elsődlegesen azt jelenti, hogy lehetőleg a mesterséges világítás iránya egyezzen meg a természetesével, valamint a mesterséges világítás a térben legyen szakaszoltan kapcsolható vagy szabályozható.

A lámpatest kiválasztásánál azokat a fontos szempontokat kell figyelembe vennünk, amelyeket előzőleg, mint világítás tervezési kritériumokat már megismertünk. Így a lámpatest tekintetében, az első fő szempont az alkalmazni kívánt világítási mód meghatározása: közvetlen (direkt), főleg közvetlen, szórt (direkt – indirekt), főleg közvetett, közvetett (indirekt). A mérlegelés során figyelembe kell vennünk, hogy minél közvetettebb világítást alkalmazunk, annál egyenletesebb lesz a megvilágítás térbeli eloszlása, ugyanakkor annál kisebb lesz annak átlagos értéke. Ez előnytelenül hat a gazdaságosságra! A világítási mód kiválasztásánál, tekintettel kell lenni a határoló felületek színére, reflexiós tulajdonságaira is. Sötét felületek használata esetén a közvetett világítás alkalmazása kerülendő.

A lámpatest kiválasztásánál további szempont azok fizikai elhelyezése és ott való rögzítési módja. Belsőterén, ha pl. van álmennyezet, akkor a villamos szerelvények a fölött elhelyezhetők, és a lámpatestek általában süllyesztettek. Amennyiben nincs álmennyezet, részben kérdés a kábelezés módja és esetlegesen a lámpatestek működtető egységeinek elhelyezése. Belsőtéri lámpatestek választékát a különböző gyártói katalógusok mutatják be, amelyek sok esetben szerelési utasításokat, módokat is meghatároznak.

Néhány „ökölszabály”:

- A lámpatestek elhelyezésének legfőbb szabálya, hogy azok **nem kápráztathatnak**. Ennek biztosítása érdekében, ha az adott helyen a fő nézési irány meghatározható, akkor a lámpatest hossz tengelye legyen párhuzamos a fő nézési iránnyal. Ha nem határozható meg a fő nézési irány (pl. nagy egyterű irodák, óvodai foglalkoztatók stb.), akkor a lámpatest hossz tengelye legyen párhuzamos az ablakkal.
- Belsőterén a káprázás mértékét az **UGR (Unified Glare Rating)**, közvilágítás esetén a **TI (Threshold Increment)** jellemzőkkel, szabadtéri munkahelyek esetén pedig R_g CIE káprázásértékelési módszerrel adjuk meg. Mindegyikre

igaz, hogy minél kisebb az értékük, annál kevésbé kápráztatnak a világítótestek.

- Káprázás nem csak közvetlenül, hanem közvetett módon is létrejöhet a térben elhelyezett csillogó felületeken. Ezt a lámpatest fényeloszlásának megfelelő megválasztásával, és a lámpatest elhelyezésével tudjuk elkerülni. Ha van rá lehetőség, egyeztetni kell a belsőépítésszel, beruházóval, hogy a csillogó felületeket a munkahelyeken és azok környezetében kerülni kell. Végző esetben a legjobb elkerülési mód a közvetett világítás alkalmazása lehet
- Nem kevésbé fontos szabály, hogy a mesterséges világítás illeszkedjék a természeteshez. Ez oldalvilágított terekben úgy valósítható meg, hogy a lámpatesteket az oldalvilágítókhoz közelebb helyezik el. A természetes megvilágítás eloszlása ugyanis oldalvilágított helyiségekben mindig aszimmetrikus. Ezen kívül – éjszaka, amikor csak mesterséges világítás van – az oldalvilágítókon kijutó fény miatt, azok közelében kisebb lesz a megvilágítás, így ez is indokolja, hogy a lámpatestek „súlypontját” az oldalvilágítók irányába toljuk el. Fontos, hogy az ablakhoz közelebb lévő lámpatestek, lámpatest sorok külön kapcsolhatóak legyenek legjobb, ha minden sor külön kapcsolható pl. iskolai tanterem.
- Képernyős munkahelyeknél elvárás, hogy a lámpatestek fénye a képernyő olvashatóságát ne akadályozza. Ennek érdekében a szabvány előírja, hogy az ilyen helyeken alkalmazott lámpatestek fényeloszlása olyan legyen, hogy a függőlegestől számított 60° fölött a fényerősségük kisebb legyen mint 1000 cd (illetve rosszabb minőségű képernyők esetében 200 cd).
- Közlekedők világítás tervezése során, a keskeny folyosókon a lámpatesteket általában a nézési iránnyal párhuzamosan célszerű elhelyezni, természetesen úgy, hogy közben a káprázási és egyenletességi követelményeket is be kell tartani. Ez alól kivétel, ha a folyosó falain bemutató tablók, vitrinek vagy egyéb látnivalók vannak.
- Lépcsőházak világításánál az árnyékmentesség fontos szempont. Itt arra is ügyelni kell, hogy a közlekedő személyek árnyéka ne akadályozza a megfelelő látási feltételeket. Talán apróságnak tűnik, de lépcsők esetén fontos ügyelni a fellépő élek árnyék mentességére, megelőzve a megtévesztést és a bontás veszélyét.
- A világítási berendezés villamos tervezésében a világítás kapcsolása rendkívül fontos. Energiaszegény világunkban a takarékoskodás egyre nagyobb szerepet kap. Ezért a világítási berendezéseket szakaszosan, a látási feladatnak megfelelően lehessen ki- és bekapcsolni.
- Fontos szempont lehet, hogy a világítás szabályozható legyen. Ennek mind műszakilag, mind szerelés technikailag többféle megoldása van. A

legkedvezőbb, ha a dolgozó maga tudja magának a megfelelő megvilágítást beállítani. Ez azonban nagy egyterű irodák esetén sok konfliktust eredményezhet, hiszen minden ember más pozícióban helyezkedik el és mások az igények is. Képernyős munkahelyek esetében különösen nagy jelentősége van a szabályozhatóságnak és a helyi kiegészítő világításnak.

A világítás minden látási feladatra és körülményre vonatkozó minőségi kritériumnak való megfelelés. A világítás minőségi és mennyiségi paramétereit szabványok írják elő, ahogy az előzőekben ezeket már ismerhettük.

5.7. Világításméretezési módszerek

A világítástechnikai tervezés során, a fentebb említett információhalmaz feldolgozását, ma már szinte kivétel nélkül az erre a célra kifejlesztett programok segítségével végzik a szakemberek. Pár éve még, egy magára valamit is adó lámpatestgyártó saját számítógépes programmal segítette a tervezést, amit ingyen a felhasználók rendelkezésére bocsátott. Az ilyen szoftverek, természetesen az adott gyártó lámpatestadatait tartalmazták csak, azonban mára ezek száma jelentősen megcsappant, hiszen előtérbe kerültek a gyártófüggetlen programok pl. Dialux, Relux, Ezek a programok figyelembe vesznek minden előírást és követelményt, illetve bármilyen előírás változása esetén, egy független cég módosítja a programban a szükséges paramétereket és online mindenki rendelkezésére bocsátja. Ennek megfelelően, mindenki ugyanabban a programban tud dolgozni, azonosan értelmezve minden követelményt és előírást, és az eredmény is azonos formában elérhető.

Az új gyártófüggetlen szoftverek már háromdimenziós terek felépítését teszik lehetővé, ahol a tervező a kiválasztott világítótesteket, lámpatesteket tetszés szerint elhelyezheti, sőt akár a berendezés (irodai asztal, munkapad stb.) helyzetét változtatva juthat el az optimális megoldásig. Beállíthatja minden felület anyag és reflexió értékét, így méretezhetők a közvetlen és közvetett káprázási értékek is, valamint az árnyék hatások is.

Tekintettel arra, hogy a lámpatestek adatait a gyártók egységes, minden program, szoftver által használható formátumú (pl. IES; EULUMDAT) fájlban adják meg, minimális számítástechnikai ismerettel, bármely szoftverrel, bármely lámpatesttel tudunk számításokat végezni, de azért világítástechnikai alapismeretekre szüksége van. Az internet segítségével nagyon sok gyártó által létrehozott adatbázis érhető el, és így a világítástechnikai eszközök és alkatrészek óriási választéka áll a tervező rendelkezésére.

Ezek a programok általában javaslatot is tudnak adni, hogy adott világítási paraméterek eléréséhez hány világítótest felszerelése szükséges az adott térben, illetve azoknak milyen legyen a térbeli kiosztása. Célszerű azonban felülbírálni az ajánlatot, mivel azok általában „építészeti szimmetriát” tükröznek, nem veszik figyelembe a természetes világítás adottságait, és az általában kötött bútorozást.

Ma már a tartalékvilágításhoz tartozó biztonsági világítás is könnyen méretezhető ezen szoftverek segítségével.

A számítógépes tervezés nagy előnye, hogy a megrendelő még a megvalósítás előtt képet kaphat a kialakuló fényviszonyokról, és akár a tervezővel együttműködve változtathat is rajta.

A jelenleg hatályos Magyar Mérnöki Kamara Tervtartalmi Követelményrendszere alapján, a villamos tervezőnek a kiviteli tervdokumentációhoz csatolnia kell minden jellemző helyiségre vonatkozó üzemi és tartalék világításra vonatkozó megvilágítás számítást, a betervezett lámpatestek, fényforrások, világítótestek megjelölésével. Ez a dokumentáció egy kattintással kinyerhető a legtöbb világítástervező programból.

Mindegyik szoftver a korábban alkalmazott „kézi” számítások alapján működik, így a használatukhoz fontos az eljárások megismerése, továbbá a papíron végzett számítások gyakran szolgálhatnak a számítógépes tervezés előkészítésére, vagy az ott kapott eredmények ellenőrzésére.

A számítási módszerek részletes használati leírása az 1. számú mellékletben található.

5.8. Funkcionális terek

Az épületek egyes részein vagy az egészre vonatkozóan, megkülönböztetünk tereket, az ott végzett munkafolyamat, látási feladat, szerkezeti kialakítás, védettség stb. tekintetében. Ezen megkülönböztető jegyek alapján, funkciók szerint nevezzük el a tereket, és az adott funkcióra megfogalmazott követelmények szerint tervezzük azok építészeti, gépészeti és elektromos rendszereit, beleértve a világítástechnikát is.

A teljesség igénye nélkül, néhány funkcióban kiemelten megkülönböztetést érdemlő tér:

- Irodai terek
- Ipari és kézműves tevékenységek helyiségei
- Oktatási intézmények helyiségei
- Egészségügyi intézmények helyiségei
- Közlekedés: repülőterek, vasúti létesítmények

Ahogy minden szakág és rendszer esetében, a világítást is, az adott funkcióhoz előírt követelmények szerint kell kialakítani a helyiség világítását, és kiválasztani az annak megfelelő lámpatesteket is.

5.8.1. Speciális követelmények

Az ipar és a technológiák, elektronikai eszközök fejlődésével egyre több olyan munkafolyamat kerül kialakításra, amelyet különös gondossággal kell végezni és környezetnek is ehhez kell illeszkednie. Néhány, a mindennapokban előforduló környezet, ahol speciális követelményeknek kell megfelelni:

- TV közvetítés pl. uszoda csillogó víztükörrel
- Medencevilágítás nagy víznyomásnak kitéve
- Nagy belmagasságú, salgó polcos raktár leolvasási feladattal
- Öntöde, pára és kb. 60 fokos lámpatest környezeti hőmérséklettel
- Savas / lúgos környezet
- TIER minősített szerverszoba EMC védelemmel
- Alagutak világítása
- stb.

5.8.2. Tisztaterek

Jelenleg a felújítások, korszerűsítések és gyártóüzemek építésének korát éljük. Számtalan kórház épül vagy újjul meg, kutató laborok létesülnek, de ide sorolhatjuk az élelmiszeripari gyárakat is, ahol szintén magas higiéniai elvárásoknak kell megfelelni.

Ezekben a terekben, az építészet mellett, az elektromos szerelvényekre vonatkozóan is vannak alap elvárások, követelmények, melyek sok esetben egyéb plusz költséget és kialakítást is eredményeznek.

- Alapvető követelmény a min. IP54-es védettség a lámpatestekre és min. IP44 a szerelvényekre vonatkozóan.
- A lámpatesteknek már gyártmány szinten meg kell felelni a tisztatéri besorolásnak. Itt fontos megemlíteni, hogy míg pl. egy általános LED panel 2-3kg, addig egy ugyanolyan méretű tisztatéri lámpatest 12-15 kg, azaz kb. 5x súlya van. Ennek a normál raszteres álmennyezet tartószerkezete nem felel meg, megerősített szerkezetet kell kérni az építészttől!
- A szerelvények tekintetében elvárás az antibakteriális vagy egyes gyártóknál antimicrobiális kialakítás.
- Minden elektromos szerelvénynek meg kell felelni és alkalmasnak kell lennie, a tisztítási munkálatok elvégezhetőségére.

- Tisztatéri helyiségben nem alkalmazható olyan világítási megoldás, melyen a por és egyéb baktériumok megtapadhatnak, azaz pl. függesztett világítást nem lehet kialakítani. Ennek megfelelően, mennyezetre szerelt lámpatest esetén, csak olyan típus elfogadható, melybe be van építve a működtető elektronika.
- Élelmiszeripari tisztatéri helyiségen belül nem lehet kábeltartószerkezet, kábelezés, így minden lámpatesthez, szerelvényhez egyedileg kell kültérről bekábelezni a legrövidebb úton, tömbszelencés kábel falátvezetéssel.
- Minden fémszerkezetet, beleértve a lámpatestek fém burkolatát is, be kell kötni a védő-összekötő hálózatba (EPH).

5.8.3. Robbanásveszélyes terek

A robbanás elleni védelemmel egyre többször találkozunk és egyre több figyelmet kap, ezért 2021 év elején megjelent az Országos Tűzvédelmi Szabályzatot (OTSZ) kiegészítő Tűzvédelmi Műszaki Irányelv sorozat, 13.2 azonosítójú Robbanás elleni védelem c. része. A kiadás ismereti a robbanás elleni védelem módszertanát, folyamatát, létesítési feltételeket, műszaki méretezéseket és módszertanokat. Külön fejezetben részletesen felsorolja azokat a rendeleteket, szabványokat, amelyek valamilyen formában a robbanásveszéllyel, illetve védelemmel foglalkoznak.

A robbanás elleni védelem célja: a területre vonatkozó – a robbanás megelőzését, és/vagy az esetlegesen bekövetkező robbanás káros hatásainak minimalizálását célzó olyan műszaki és szervezési jellegű megoldások bemutatása, amelyek a robbanás elleni védelmi szempontból releváns veszélyes technológiák esetén lehetővé teszik a biztonságos üzemeltetést és munkavégzést.

Robbanásveszélyes terület vagy tér kifejezés, egy összefoglaló fogalom, amelyet sok tényező (munkafolyamat, anyag, berendezés stb.) minősített robbanásveszélyesnek. Ennek megfelelően, megkülönböztetjük ezeket a tereket:

- a helyiség funkciójából adódóan robbanásveszélyes, pl. nagyteljesítményű gázkazánházak vannak.
- az ott tárolt anyagok miatt robbanásveszélyes, pl. veszélyeshulladék tároló.
- az térben ideiglenesen vagy folyamatosan végzett munka miatt robbanásveszélyes, pl. festő vagy asztalos műhely, de ide sorolhatjuk a savas targoncák akkumulátortöltő helyiségét is.

A felsorolt kialakítás, tevékenység és az ott tárolt anyagok alapján a robbanásvédelmi tervező, elkészíti a helyiség vagy annak egy részletére kiterjedő háromdimenziós zónatérképet. A térkép alapján kerül besorolásra a helyiség, illetve behatárolásra a

robbanásveszélyes terület, ahol valamilyen intézkedést kell végeznünk, hogy megfeleljünk az előírásoknak és ne okozzunk közvetlen vagy közvetett tűz- és robbanás veszélyt.

A robbanásveszélyes térségek a robbanóképes gázközeg előfordulási gyakorisága és időtartama alapján zónákba vannak sorolva a következők szerint:

- **0-ás zóna:** Olyan térség, amelyben gáz-, gőz- vagy ködállapotú éghető anyag levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes közeg van folyamatosan, vagy hosszú ideig, vagy gyakran jelen.
- **1-es zóna:** Olyan térség, amelyben normál üzemben, várhatóan, esetenként gáz-, gőz- vagy ködállapotú éghető anyag levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes közeg fordul elő.
- **2-es zóna:** Olyan térség, amelyben normál üzemben gáz-, gőz- vagy ködállapotú éghető anyag levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes közeg várhatóan nem fordul elő, de ha mégis előfordul, akkor csak rövid ideig marad fenn.

Lehetséges gyújtóforrások:

- a) **Forró felületek**
- b) Mechanikus szikrák
- c) Láng, forró gázok
- d) Elektromos szikra
- e) Kóbor elektromos áram és a katódos védelem
- f) Elektrosztatikus feltöltődés
- g) Villámvédelem
- h) Elektromágneses hullámok
- i) Ionizáló sugárzás
- j) Nagyfrekvenciás sugárzás
- k) Ultrahang
- l) Adiabatikus kompresszió
- m) Kémiai reakciók, öngyulladás

A felsorolt gyújtóforrások közül kijelöltük azokat, amelyek akár a helyiségben vagy térben kialakított és ott üzemeltett világítást is érintik, illetve a betervezett lámpatest is lehet gyújtóforrás.

Ezért a robbanások elkerüléséhez a robbanás elleni védelem alkalmazása során, a feldolgozott, tárolt, szállított vagy előállított anyagok közül meg kell állapítani azon anyagok körét, amelyek robbanásveszélyes tulajdonságokkal jellemezhetőek az adott térben. A robbanásveszélyes anyagok körül az adott térben robbanásveszélyes zónák jönnek létre, amelyek határait meg kell állapítani a zónabesorolás folyamata során. A zóna kiterjedését műszaki és szervezési intézkedésekkel a technológiában megkívánt mértékben kell szabályozni. A zónabesorolást el kell végezni a vonatkozó szabvány és előírások, jogszabályok alapján, amelynek az eredményét zónabesorolási dokumentációban kell rögzíteni. Az egyes zónákon belül az adott zóna besorolásának megfelelően tervezett, telepített, beüzemelt és üzemeltetett robbanásbiztos kivitelű villamos és nem villamos gyártmányok alkalmazhatók.

Az egyes robbanásveszélyes zónákban a fentieken túl a munkafolyamatokat úgy kell megtervezni, hogy azok további gyújtóforrást ne jelentsenek.

A robbanásvédelmi tervező által készített zónabesorolás megadja, a robbanásveszélyes zóna kiterjedését, annak veszélyességi fokozatait, amely alapján pl. a betervezendő lámpatestek kiválasztási folyamatát elkezdhetjük, azonban ez még kevés a teljes kiválasztáshoz, hiszen figyelembe kell vennünk a környezetet, a munkavégzést, a robbanásveszélyes anyagok egyéb hatásait is. A robbanásveszélyes technológiából adódó kockázat megállapításánál, a tervezési folyamat során a robbanásveszélyes zóna terjedésének megakadályozása céljából egyéb védelmi intézkedéseket is tehetnek.

Tervezés szempontjából, a robbanás elleni védelem folyamata, akkor tekinthető lezártnak, ha az OTSZ 99.§ (1) bekezdésében foglalt előírások teljesülnek, ha megállapításra kerül a robbanásveszély mértéke és ettől függően olyan dokumentáció kerül összeállításra, amelyből a tervezett technológia biztonságos üzemeltetése a tervezett környezetben igazolható.

Robbanásveszélyes közeg lehet:

- por
- gáz
- gőz
- köd
- vegyszer
- bármilyen robbanásszerűen gyulladó, éghető anyag.

A felsorolásból láthatjuk, hogy tervezés szempontjából máris több dolognak kell megfelelniük, amelyeknek megfelelően kell vizsgálnunk a kiválasztott lámpatestünket, mint IP védettség, lámpa ház és bura anyaga, rögzítés és bekötés módja stb.

Azok a lámpatestgyártók, akik minősített kivitelben gyártanak robbanásveszélyes lámpatesteket és világítótesteket, a katalógusukban megadják, hogy melyik zóna esetén, melyik termék típus választható. A legyártott termékeket egyesével tesztelik és minősítik. A helyszíntre leszállított lámpatest/világítóttest csomagolásának tartalmaznia kell, a benne lévő lámpatest minősítésének eredményét igazoló papírokat!

Néhány, a robbanásveszélyes környezetbe tervezendő világítás és elektromos hálózatra vonatkozó figyelem felhívás, kialakítási követelmény:

- A robbanásveszélyes környezetbe beépítendő lámpatesteknek, fokozott IP védettséggel kell rendelkeznie, ez azonban még nem jelenti azt, hogy megfelel robbanásvédelmi szempontból. Fordítva igaz lehet, azonban bekerülés szempontjából nem lenne gazdaságos, rb-s lámpatestet választani, csak a magas védettségi fokozat miatt.
- Amennyiben tartalékvilágításra is szeretnénk használni a beépített rb-s lámpatestet, a tartalék tápforrást a robbanásveszélyes téren, zónán kívül helyezzük el lehetőség szerint.
- Robbanásveszélyes térbe tervezendő lámpatest nem tartalmazhat kapcsolóüzemű tápegységet, vagy bármilyen szikra képződéssel működő egységet, alkatrészt.
- A világítást működtető kapcsolókat, a robbanásveszélyes zónán kívül, ha lehetőség van rá, akkor a helyiségen kívül helyezzük el.
- Amennyiben a robbanásveszélyes térben kell elhelyeznünk bármilyen elektromos szerelvényt (pl. kapcsoló), annak is meg kell felelni a zónabesorolási következményeknek, azaz rb-s kialakításúnak kell lennie.
- A lámpatestbe beépítendő előtétnek, meg kell felelnie a nagyfrekvenciás hullámokra előírt követelményeknek.
- A lámpatesteknek meg kell felelni az elektrosztatikus feltöltődés elleni, illetve az elektromágneses hullámok kibocsátási követelményeknek.
- A robbanásveszélyes térbe beépítésre kerülő lámpatestek áramköreit, áramvédő-kapcsolóval kell ellátni.

Összefoglalva: Robbanásveszélyes tér tervezése esetén, meg kell felelni a robbanásvédelmi tervező által készített zónabesorolás követelményeinek, illetve

minden környezeti hatást figyelembe kell venni, és azoknak együttesen megfelelően kell kialakítani a védelmi intézkedéseket.

5.9. Törpefeszültségű világítási hálózatok

A törpefeszültségű világítási hálózatok használata az utóbbi években egyre erősödött, és megszorodott az ilyen típusú világítótestek gyártása is.

Míg régen csak a beltéri díszítő világítások, esetében találkozhattunk törpefeszültséggel ma már bárhová nézünk láthatunk ilyen eszközöket nem csak a világítás, hanem az elektronikai eszközök területén is.

A LED-szalagok megjelenésekor (12 V), elsősorban a 24V-os és a 48V-os típusok terjedtek el. Eleinte a reklám, majd a beltéri díszítő világításoknál jelentek meg, mostanra szinte bármilyen világítótest esetében találkozhatunk ilyen kivittel, beépített vagy mellé csatolt tápegységekkel. A LED chippek fejlődésével, a kitűzött minél magasabb egységteljesítmények elérése miatt, egyre inkább újra a 230V-os irányba haladunk.

Van egy terület, ahol viszont még felfutó ágban van a törpefeszültségű világítási hálózat, ez pedig a tartalékvilágítási rendszerek. Ezen rendszerek működéséből eredően, azaz akkor működnek, mikor a normál üzemi / hálózati ellátás kimarad, a nagy egységteljesítményű normál világítási lámpatestek működtetéséhez, nagy kapacitású központi szünetmentes berendezésekre (UPS – Uninterrupt Power System) volt szükség. Ezek bekerülési költsége, elhelyezése, hűtése, karbantartása, kábelezési problémái miatt rendkívül költségesek voltak. alternatív megoldásként, a normál világítási lámpatestekbe épített inverterekkel próbálták kiváltani, azonban a működtetési, karbantartási és a felügyeleti, feszültségmentesítési problémák miatt ez se volt a legjobb megoldás.

A LED-ek megjelenésével, lecsökkent a lámpatestek egységteljesítménye, így csökkentek az UPS méretek is. A törpefeszültségű LED-es világítótestek megjelenésével, az általános világítási lámpatestektől elkülönülő, biztonsági világítási világítótestek jelentek meg. Mivel az irányfény lámpatestekben is lehetségessé vált a LED-es kivitel, így a 24V-os és a 48V-os törpefeszültségű kialakítás alkalmazása, a teljes tartalékvilágítási rendszert le lehetett választani az általános világítási rendszerről.

Ma már szinte minden gyártó palettáján elérhető a 24V és a 48V-os tartalékvilágítási rendszer. A rendszerek elektromos igénye, olyan mértékben lecsökkent, hogy kisméretű, pár kW-os központok jelentek meg. Mivel a törpefeszültségű rendszerek használata esetén, nem tűzvédelmi követelmény a feszültségmentesítés, nagyobb épületek esetén, a több kis központ használatával, jelentősen lecsökkenthető a

funkciótartó / tűzálló kábelezés a kivitelezői oldalon is egyre nagyobb az érdeklődés és az igény iránta.

Meg kell említeni, hogy szintén terjed a törpefeszültségű világítótestek alkalmazása és használata a robbanásveszélyes terekben, mivel jelentősen csökkenthető a kockázat mértéke a használatukkal.

5.10.Világítás (LED) élettani hatásai

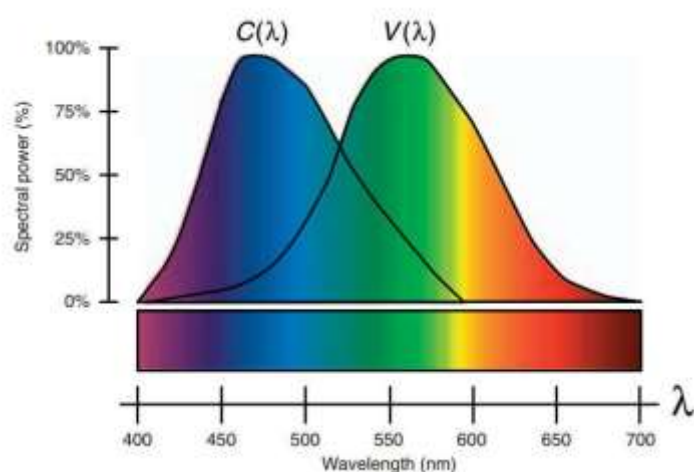
A nappalok és éjszakák ciklusa fontos szerepet játszik a 24 órás életritmus szabályozásában és fenntartásában anyagcserénk, viselkedésünk és a fiziológiai tényezők szempontjából. Ez a jelenség a cirkadián ritmus. A cirkadián kifejezés a latin 'Circa' (körül) és a diem vagy dies (nap) szóból származik, szó szerint 'körülbelül egy nap'-ot jelent – valamint a cirkadián rendszer a 'belső óra'-ra utal. A cirkadián ritmus szinte minden organizmusra jellemző egészen a baktériumoktól az emlősökig. Endogén, vagyis spontán módon keletkezik a szervezetben. Ez a belső ritmus általában nem pontosan 24 órás periódus, ezért a ciklusokat igazítani kell, elsődlegesen a napi világos-sötét ciklusok által.

Az elsődleges „cirkadián óra” az emlősökben az ún. szuprakiazmatikus magokban (SCN) helyezkedik el, és a hipotalamikus mag körülbelül 50 000 sejtet tartalmaz. Az SCN a szemén keresztül kapja a fény adatokat. A retina nem csak a jól ismert fotoreceptorokat tartalmazza, amelyek segítségével a fényt detektálja (pálcikák és csapok), hanem a fényérzékeny retinális ganglion sejtek egy részhalmozát is. Utóbbiak fényérzékeny sejtek, valamint közvetlenül kapcsolódnak a szuprakiazmatikus maghoz és más agyi területekhez. Az SCN jeleket közvetít az agy más részeire, hogy ellenőrizze a cirkadián ritmus időzítését, beleértve az alvás-ébrenlét ciklust, a teljesítményt és az éberséget, hormonok termelődését - mint a melatonin és a cortisol -valamint a testhőmérséklet alakulását. A fénynek tehát számos hatása van szervezetünkre amellet, hogy a cirkadián ritmust alakítja. Először is a tobozmirigyben termelődő melatonin, amely 2 órával a természetes alvásidő előtt, a sötétedés jeleinek hatására termelődik. Ez elnyomható az éjszakai fényhatás által ugyanazon a retina – SCN – tobozmirigy úton, ahol a melatonin keletkezik és befolyásolja ritmusunkat. Másodsorban, a fény egy stimuláns és közvetlen élénkítő hatást vált ki az agyban, beleértve a szubjektív álmoság értékelés mérhető hatását, a reakció időt, a kognitív teljesítményt és az agyi aktivitást.

Tény, hogy a cirkadián rendszer normál ciklikusságát megbontva számos negatív egészségügyi következményt gyakorolhat az emberre, bár nem mindegyik teljesen tisztázott.

A fény információk, mint az időzítés, intenzitás, spektrum, időtartam és a fényalakzat a retinális fotoreceptorok által érzékelték, amelyek fő meghatározó tényezői a cirkadián ritmus alakításának. A nem megfelelő vagy elkésztett fényhatás megzavarja a normál cirkadián ritmust, ezzel negatív hatást gyakorolva a dolgozó teljesítményére, éberségére, egészségére vagy biztonságára.

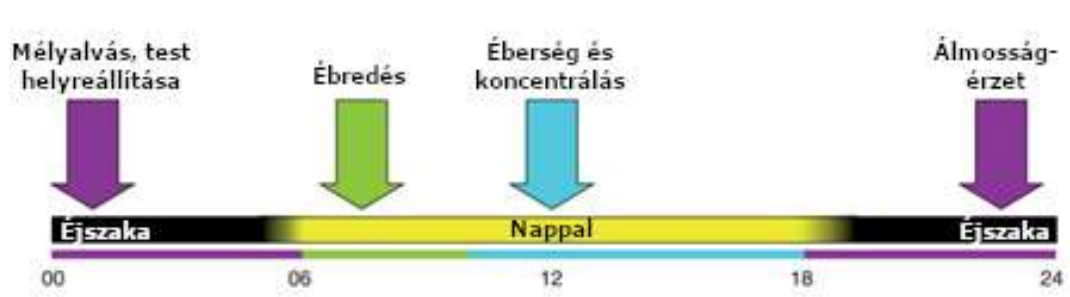
Brainard és Thapan két spektrumot határozott meg az emberben zajló melatonin szupresszió válasz számára annak érdekében, hogy meghatározza a nem-vizuális rendszer spektrális érzékenységét. Ezen spektrumok csúcs érzékenysége a látható rövid hullámhosszú (kék) fény tartományban (446-477 nm) van. Ezzel összhangban volt Brainard és Thapan felfedezése, mégpedig, hogy a kék-fény érzékeny fotopigmentnek nevezett melanopsin a fényérzékeny ganglion sejtekben helyezkedik el. Az érzékenységi görbe az alábbi ábrán látható.



60. ábra A vizuális rendszer színeképi érzékenysége (fotopos görbe $V(\lambda)$) és a cirkadián rendszer (melanopsin spektrum $C(\lambda)$).

A 2000-es évek elejétől kezdődően számos vizsgálatot végeztek, amelyek során a különböző színhőmérsékletű fények és különböző megvilágítási értékek esetén figyelték a (dolgozó) emberek viselkedését, életritmusát. A kísérlet eredménye azt mutatta, hogy a melatonin szint csökkent a besugárzás hatására, ezzel növelve a megfigyelők éberségi állapotát. Az időzítéssel kapcsolatban a koraesti- és éjszakai fényhatásra azt találták, hogy késlelteti a cirkadián órát - azaz kiterjeszti a biológiai napot -, miközben a kora délelőtti világítás előrehozza azt és lerövidíti a biológiai napot.

Az éberség hatás szempontjából, a megvilágítás hatása vagy elkerülése az időzítéssel különbözik. Például, miközben a reggeli fény hatékony lehet az álmoság érzet csökkentésében, addig az éjszakai fényhatás káros hatást gyakorolhat a későbbi alvásra és annak minőségére, mert a nap késői szakaszában nemkívánatos helyzet jelentkezik, ami gerjeszti az éberségi állapotot.



61. ábra A nap három szakaszra osztható a nem-vizuális hatások alapján

Az eredmények azt mutatják, hogy a késői órákban 1-2 órás időtartamban használt önvilágító eszközök által kibocsátott fény jelentősen elnyomta a melatonin szintet, megközelítőleg 23-38%-kal. Ez azzal magyarázható, hogy ezen önvilágító eszközök háttérvilágításához használt fényforrások rövid hullámhosszú (kék) fényt (csúcs hullámhossz ~ 460 nm) bocsátanak ki, közel a cirkadián rendszer csúcs érzékenységehez, ezzel maximálisan elnyomva a melatonin termelődést és növelve az éberségi állapotot. Az elnyomás mértéke pedig összefügg a besugárzással és a fényhatás időtartamával.

Ha belegondolunk, ma már a notebook, a tablet, az óra is valamilyen LED alapú világítással működik, amelyet még a lefekvés pillanatában is kényszeresen nyomkodunk, nézegetünk, félve, hogy lemaradunk valamiről. Egyre kevesebb nyomtatott könyvet vesznek az emberek, mert elolvassák az internetről, vagy épp digitális könyvként. Az eredmény látható, hiszen az emberek túlnyomó többsége, fáradt és kimerült napközben, mert nem pihenni ki magát, nem alszik eleget és azt a kevés időt is úgy, hogy előtte a digitális eszközök fényhatásainak tette ki a szervezetét.

Mostanra sokan ráébredtek, hogy a fentebbi életvitel nem vezet jó irányba, azonban a munkáltatók nem tudnak hatni a dolgozók magánéletbeli szokásaira, ezért a munkahelyeken próbálnak olyan környezetet teremteni, ami kedvezően hat a dolgozókra, azok hatékonyságára. Ehhez a legkézenfekvőbb eszköz a természetes és a mesterséges fény, világítás. Az utóbbi időben ehhez nagy segítséget nyújtott a LED-ek megjelenése és gyors ütemű fejlődése.

A LED-ek segítségével, olyan fiziológia hatásokat érhetünk el, amelyek nyugalmat, meghittséget tudnak árasztani, de akár ösztönzőleg is hatnak az emberekre. Kimutatható, hogyha egy munkahelyen a dolgozók jól érzik magukat, kellemes a környezet, az ösztönzőleg hat a dolgozókra, tehát nő a termelékenység. Ezt kihasználva, a munkáltatók hajlandóak a világítási megoldásokba pénzt fektetni, hiszen láthatóan ez megtérül. Az előzőekben ismertetett kísérletek eredményeként, megjelentek olyan LED-es világítótestek, amelyek a fényáramuk szabályozásán túl, a színhőmérsékletüket is lehet változtatni. Így akár lekövethető a külső természetes fény

változása, de bármelyik pillanatban lehet olyan megvilágítást biztosítani adott terekben, hogy az növelje a figyelmet, ébrenlétet és a koncentrációt.

Az emberi természetből legkézenfekvőbb módon fakad valamilyen pillanatnyilag észlelt jelenség összehasonlítása valamely általa megszokottnak vélt körülmény közötti észlelettel. A mesterséges világítás esetében ilyen összehasonlítás tehető a színes környezet elemeinek emberi megfigyelő által természetes sugárzáseloszláskor észlelt színészlelete, valamint ugyanazon felületek mesterséges világítás által megvilágított színészlelete között.

5.11. Világítás biztonságtechnikai tényezői

A villamos biztonságtechnika elsődleges célja a személyi balesetek és súlyos anyagi károkat okozó tüzesetek, katasztrófák megelőzése, másodlagos célja pedig a berendezések megbízható működésnek biztosítása.

A villamos szakemberekről – szaktervezők, villanyszerelők, műszaki ellenőrök -, az előírások nemcsak a kellő szakismereteket feltételezik, hanem a gondosságot is. A villamos biztonsági szabályzat általános alapelve szerint a mesterséges belsőtéri világítás létesítését és üzemeltetését is a vonatkozó szabványok és biztonsági előírások szerint kell végezni. Ez egyaránt vonatkozik a gyártmány kiválasztására (tervezés), beépítésére (villanyszerelés) és üzemeltetésére (karbantartás).

Legyen szó beltéri vagy kültéri lámpatestről, minden esetben fontos kétséget kizáróan ismernünk a származási helyet. További követelmény, hogy a termékhez mellékeltszerelési útmutató egyértelműen jelezze, milyen beépítési és üzemelési viszonyokra készült a termék

5.11.1. Beltéri világítás

Beltéri világításként ma már döntő többségben LED-es fényforrásokat, világítótesteket használunk, így ezek használatából adódó biztonságtechnikai tényezőkre, szeretnénk felhívni a figyelmet.

Mint azt előző fejezetekben már említettük, a LED-ek legfontosabb speciális tulajdonsága, a melegedéssel szembeni érzékenysége. Ezért nagyon fontos az alkalmazás helye és az elhelyezés, beépítés módja. Minden LED-es fényforrás, valamilyen hőelvezető felülettel (alumínium hűtőtömlő) rendelkezik, mely passzív hűtési elv szerint elvezeti a hőt és átadja a környezetének. Ha bármilyen módon, korlátozzuk, vagy a beépítés módja szerint akadályozzuk a hőelvezetés folyamatát, a LED-ek túlmelegednek, ami lerövidíti az élettartamukat, azonban extrém esetben tüzet is okozhatnak.

Egyre több helyen, előszeretettel alkalmaznak rejtett világítást, melyhez LED-szalagot használnak. A rendszer elemeit – LED-tekercs, betáp- és összekötő elemek, tápegység, diffúzor – helyszínen szerelik össze. Itt is elsődleges követelmény a beépítendő termékek kiváló minősége. A tekercsben kapható LED-szalagot a helyszínen méretre vágják, és öntapadós felületével felragasztják a kijelölt felületre, alakzatnál a szükséges összekötő elemekkel együtt. Rossz hővezetőjű felületek – pl. gipszkarton, fa, műanyag - esetén alumínium profil alkalmazása szükséges, amely a lámpatestekhez hasonlóan a hőelvezetést végzi. A LED pontszerű fényét profilba pattintható műanyag diffúzorral komfortosítják. Kerülni kell a kültéri, IP65/68 védettségű LED-szalag belsőtéri alkalmazását (száraz üzem), mert a műanyagba öntött LED hőháztartását a külsőtér jobb hűtőközegére (pl. víz, épülethomlokzat) méretezik. A LED-es világítási berendezés érintésvédelme I. vagy II. érintésvédelmi (év) osztályú lámpatest, ill. 12 vagy 24 V-os (SELV) LED-szalag alkalmazásával oldható meg. A 12V-os típusok használata professzionális világítási feladatokhoz nem ajánlott!

Növeli a biztonságot, ha a törpefeszültségű (SELV) és a primer (230V 50Hz) tekercs galvanikusan is el van választva (III. év. osztály). Éghető felületre csak a tűzvédelmi előírásoknak megfelelő, MM-jelzéssel ellátott típus szerelhető. Végül megemlítendő, hogy a LED-szalag elektronikai termék, tehát érzékeny a statikus feltöltődésre. Ezért a szerelésnél célszerű elektrosztatikus földelés alkalmazása. Természetesen alapvető követelmény velük szemben, hogy valamennyi rájuk vonatkozó szabványnak megfeleljenek. (Lámpatestszabvány, fotobiológiai biztonság, EMC.)

Ugyan a LED-szalag és tartozékainak biztonságtechnikája kapcsán, meg kell említeni és fel kell hívni a figyelmet a helyszíni szerelés megfelelőségére, az eszközök álmennyezetben való elhelyezésének módjára. Egy nem megfelelő védettséggel ellátott kötés, illesztés esetén könnyen kicsúszhatnak vezetékek, és az álmennyezet fölött nehezen átlátható a munkavégzés, a hanyag szerelés könnyen eredményezhet áramütést.

Ipari terekben, csarnokokban is az egyik alapvető követelmény a lámpatesttel szemben a megfelelő IP védettség, és mivel beltérben (általában) vízbehatolásra nem kell számítani, a valószínűleg poros környezet miatt a porbehatolás elleni védelem kiemelt fontosságú.

Ipari létesítmények esetén, a legtöbbször nagy belmagasságú terekről beszélünk, ahol a lámpatestek alatt gépek helyezkednek el és folyamatos munkavégzés folyik, így itt is elvárt szempont a karbantartás mentesség is. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a világítótesteket nem kell legalább évenként portalanítani és ellenőrizni a belső szerelvények, vezetékkötések épségét.

Ipari környezetben lényeges működési biztonságot befolyásoló elem: a környezeti hőmérséklet. A hátrányos körülmények összegződése esetén előfordulhat, hogy a világítótestek környezeti alaphőmérséklete 50-60 °C is lehet, különösen meleg napsütéses nyári délutánokon.

Alapvető annak ismerete a tervezéskor, hogy a világítótestek napközben is folyamatosan működnek, vagy csak sötétedéskor kapcsolják be őket. Folyamatos működés esetén a tervezési hőmérséklet nyilván jóval magasabb, mint abban az esetben, ha csak sötétedéstől működnek a világítótestek. A gyártók általában megadják a világítótestek maximális működési környezeti hőmérsékletét.

A korszerű működtető elektronikák nagy része már olyan saját beépített hőmérsékletvédelemmel rendelkezik, amely érzékeli a működtető elektronika hőmérsékletét és amennyiben az meghaladja a beállított megengedett értéket, elkezdi szabályozni a teljesítményt, ami a működési hőmérséklet csökkenésével jár. A szabályozás addig a teljesítményig történik, amelynél a tápegység hőmérséklete visszaáll a megengedett értékre. Előfordulhat az is, hogy a hőmérséklet olyan magas, hogy a tápegység csak teljes kikapcsolással tud védekezni.

Beltéri csarnokokban, raktárakban légköri eredetű túlfeszültség viszonylag ritkán alakulhat ki, azonban kapcsolási eredetű túlfeszültség gyakran előfordulhat. (Nagy teljesítményű villamos berendezések, be-, illetve kikapcsolása, zárlat stb). A LED-es világítótestekbe épített elektronikus működtető elemek igen érzékenyek a túlfeszültségre, illetve a túlfeszültség impulzusokra. Az előtéttek többsége tartalmaz túlfeszültség védelmet, azonban előfordul, hogy ezek az értékek nem érik el a biztonságos védelmi szintet. Ez esetben vagy a világítótestekbe kell beépíteni egy kiegészítő védelmet, vagy a táphálózatba kell beépíteni egy megfelelő túlfeszültségvédelmet.

Mivel a csarnokokban, raktárakban általában nagyszámú és nagy teljesítményű LED-es berendezés kerül felszerelésre, gondot kell fordítani a bekapcsolás módjára. Ugyanis a működtető egységek bekapcsoláskor meglehetősen nagy értékű tranziens áramlökést hoznak létre. Nagyszámú világítótest egy időben történő bekapcsolásakor előfordulhat, hogy a védelem működésbe lép, anélkül, hogy ténylegesen hibajelenség fordult volna elő. Az előtétgyártók általában megadják a fellépő maximális bekapcsolási áramot, illetve azt, hogy pl. egy 16 A-es kismegszakítóra maximálisan hány egység köthető. A probléma megoldható több lépcsőben történő bekapcsolással, több fázisra, áramkörre történő osztással.

Tervezéskor ellenőrizni kell, hogy csak olyan előtéttel rendelkező világítótestek kerüljenek beépítésre, amelyekben megfelelő felharmonikus szűrés van. (A

felharmonikus áramok értékének összegét THDi értéknek nevezik, és megengedett maximális értéke 20 %).

5.11.2. Kültéri világítás

A kültéri világítási berendezések alatt általában a közvilágítást, vasútvilágítást, ipari, mezőgazdasági terek, szabadtéri tárolók, raktárak világítását, díszvilágítást, és a sportvilágítást értjük.

E berendezések biztonságos üzemelésének meghatározó tényezője a védettség. A védettség két számjegyből áll, az első a porbehatolás elleni védelmet, a második a vízbehatolás elleni védettséget jelöli. Kültéri lámpatestek esetében jelenleg, főleg LED-es világítótestek esetén minimálisan az IP34 is elegendő lenne, de általában az IP 65 védettségi szintet tartják megengedhetőnek. Azonban az új fejlesztésű LED-es berendezések már általában IP 66 védettségi szintűek. A burkolatba süllyesztett berendezések, víz alatti berendezések védettsége természetesen ennél magasabb. Természetesen minden világítótesttel szemben alapvető követelmény a vonatkozó szabványoknak történő megfelelés.

16. táblázat Védettségi besorolások

IP védettségek			
Első számjegy		Második számjegy	
Érték	Jelentés	Érték	Jelentés
0	Nem védett	0	Nem védett
1	>50 mm átmérőjű testek ellen védett (kézfej)	1	Függőlegesen csepegő víz ellen védett
2	>12 mm átmérőjű testek ellen védett (ujj)	2	Függőlegestől 15°-ig eltérő csepegő víz ellen védett
3	>2,5 mm átmérőjű testek ellen védett (szerszám)	3	Esővíz ellen védett. Függőlegestől legfeljebb 60°-os szögben érkező permetező víz ellen védett
4	>1 mm átmérőjű testek ellen védett (vezeték)	4	Fröccsenő víz ellen védett (minden irányból)
5	Porlerakódás ellen védett. A por behatolását teljesen nem akadályozza meg, de a bejutás mértéke a működést nem akadályozza	5	Vízszög elleni védelem (minden irányból)
6	Por behatolása ellen védett	6	Erős vízszög ellen védett
		7	Időszakos vízbe merítés ellen védett
		8	Tartós vízbe merítés ellen védett
		9K*	Fokozott védettség vízbe merítés, és nagynyomású tisztítás hatásai ellen

A LED-es világítótestek, ellentétben a hagyományos gázkisüléses fényforrással, induktív előtétrel működő lámpatestekkel, mivel gyakorlatilag minden egységük elektronikus elem, sokkal érzékenyebbek a kültéri behatásokra, mint elődjeik.

A LED-es berendezéseknek két fő eleme van. Természetesen a világítótest burkolat mellett. Az egyik meghatározó elem az elektronikus előtét (tápegység), amely előállítja LED-ek működéséhez szükséges tápáramot, a másik meghatározó elem maga a világító egység, a LED modul, a LED-ekkel.

A kültéren üzemelő berendezések általában napközben nincsenek bekapcsolva, működési időtartományuk általában nem azonos a nap legmelegebb időszakával. A LED-es berendezések mindkét meghatározó elektronikus eleme igen érzékeny a működési hőmérsékletre. A berendezést úgy kell méretezni, hogy károsodás nélkül elviselje - akár hosszabb időn keresztül is - a nagyobb környezeti hőmérséklet. A korszerű meghajtóegységek rendelkeznek saját hőmérsékletvédelemmel.

Alattomos jelenség, hogy a megengedett hőmérséklet értékek túllépésekor nem biztos, hogy azonnal meghibásodik a berendezés, viszont lecsökken az előtét és LED-ek élettartama.

Kültéri berendezéseknél igen nagymértékben befolyásolja a működési körülményeket a környezeti hőmérséklet, illetve a napsütés. Jelenleg kedveltek a sötét, grafit színű világítótestek, ezek felületi, illetve belső hőmérséklete viszont bekapcsolás nélkül is elérheti az 50-60 °C-ot. Ezért csak megbízható, jó minőségű, megfelelően méretezett hőelvezetéssel rendelkező lámpatesteket kell beépíteni olyan helyekre, ahol közvetlen napsütésnek lehet kitéve a lámpatest.

Kültéren alkalmazott világítótestek esetén, a táphálózaton egyaránt előfordulhatnak légköri eredetű (villámcsapás) és kapcsolási túlfeszültségek, ezek a több kV értéket is elérhetik. Nyilvánvaló, hogy a LED-es világítótestek elektronikus tápegységeit ezen túlfeszültségek ellen védeni kell. A legtöbb korszerű előtét tartalmaz túlfeszültségvédelmet. Ennek védelmi szintjét a gyártók általában katalógusaikban megadják. Ennek mértéke nem minden esetben elegendő, ekkor szükséges kiegészítő túlfeszültség védelem. Különösen a szabadvezetékes hálózatokon üzemelő közvilágítási világítótestek vannak kitéve a légköri eredetű túlfeszültségnek.

Főleg közvilágítási berendezések esetében fordul elő, hogy bekapcsolt állapotban akarják javítani a világítótesteket. Természetesen, ha a berendezés nem világít, nem látszik, hogy feszültség alatt van. Ezért gyakran helyeznek el a világítótestekben egy kékes bontókapcsolót, amely a világítótest nyitásakor annak egységeit egészen a hálózati csatlakozópontig feszültségmentesíti. Ennek nyilvánvaló módon életvédelmi

célja van, mivel a feszültség alatti szereléskor, nem körültekintő, vagy nem megfelelő képesítésű (FAM) szerelők esetén, előfordulnak áramütéses balesetek.

A világítótestek túláram, illetve zárlatvédelme nem elhanyagolható. Kábeles hálózat esetén az oszlop aljában elhelyezett kábelcsatlakozó doboz tartalmaz olvadóbiztosítót, amely ellátja az oszlopon levő világítóttest egyedi védelmét. Szabadvezetékes hálózaton telepített világítóttestek esetén más a helyzet. Ebben az esetben is szükséges egyedileg biztosítani a világítóttesteket, mivel ennek elhagyása esetén egy berendezésben fellépő hiba esetén a szakaszvédelem lép működésbe, ezáltal teljes utcák borulhatnak sötétbe, emellett a hibás egység megtalálása is nehézkes. Szokásos megoldás a lámpatest leágazásba külső függőbiztosítót elhelyezni, vagy ami praktikusabb megoldás, minden világítóttestbe egyedi biztosítót kell elhelyezni.

A LED-ek alkalmazásával ugrásszerűen megnőtt a díszvilágítási berendezések választéka, és alkalmazhatósági lehetősége.

A LED-ek színválasztéka, a színvezérlés gyakorlatilag végtelen lehetősége megsokszorozta a felhasználási területet. Ezek a díszvilágítási berendezések általában olyan helyeken vannak felszerelve, amelyek nehezen megközelíthetők. Ezek alkalmazásával kapcsolatban az alapvető követelmények: igen megbízható, hosszú élettartam, magas szintű üzembiztonság, biztonságos rögzítés, és megbízható, megfelelő védettség. No és persze a fényszennyezés elleni védelem!

A színes LED-ek alkalmazásával nagymértékben megnőtt a burkolatba süllyesztett LED-es világítóttestek alkalmazási lehetősége. E berendezések tervezésekor igen gondosan kell eljárni. Ugyanis a tápfeszültség ebben az esetben is 230 V-os primer feszültségű tápegység és ennek szekunder törpefeszültségével táplálják a LED-es egységeket. A 230 V-os tápegységet igen gondosan, csak arra alkalmas tokozatban és megbízhatóan zárható helyen kell elhelyezni. Fokozott gondot kell fordítani a talajszint alatt levő vezetékkötésekre. Ezeket általában IP 68 védettségű, zselés csatlakozódobozban helyezik el. Mostanság a burkolatban süllyesztett, felfelé világító lámpatestek nem preferáltak, egyrészt a gyakori karbantartási igényük miatt, másrészt a zavaró és fényszennyező kialakításukból adódóan. Az OTÉK előírásai szerint az égbolt irányába világítani tilos (pl. járdába süllyesztett világítóttestekkel), mert az fényszennyezést okoz!!!

Mivel a világítóttestekben levő LED-eket számos helyről be lehet szerezni, és vannak olyan LED típusok, amelyek UV tartományban is sugároznak, szükséges annak ellenőrzése, hogy az alkalmazni kívánt világítóttestnek nincs-e UV sugárzása, amely károsíthatja a látást. Megbízható LED gyártók megadják az egyes LED típusokra vonatkozó fotobiztonsági adatokat.

Veszélyes biztonságtechnikai problémája a LED-es világítótesteknek a működtető egység szekunder feszültsége.

Kisebb teljesítményű világítótestekben, amikor viszonylag kisszámú LED-et kötnek sorba, ezek eredő feszültsége nem haladja meg a törpefeszültség biztonsági értékét, azaz nem okozhat áramütést. Ezek az úgynevezett SELV rendszerű előtétek. Ezek burkolatán minden esetben feltüntetik a "SELV" feliratot.

Az egyre nagyobb teljesítményű és ezzel együtt egyre több LED sorba kötésével kialakított világítótest típusokban a nagyszámú sorba kötött LED miatt az eredő feszültség meghaladhatja a megengedett biztonsági törpefeszültség értéket, azaz a világítótest szekunder oldalán levő feszültség áramütést okozhat. Az ilyen típusú előtéteken nem tüntetik fel a "SELV" feliratot. Ezekben a világítótestekben már normál szigeteléssel kell ellátni a LED tápvezetékeket, és megfelelően kell szigetelni a LED-eket, illetve a LED-eket tartalmazó paneleket is.

Összefoglalva: a LED-es világítótestek sokkal érzékenyebbek a környezeti behatásokra, az üzemelési hőmérsékletre, a túlmelegedésre. Ami kevés kárt okozott a hagyományos lámpatestekben, sokkal több problémát, hibát okozhat a LED-es berendezésekben: a túlfeszültség. Fokozottan kell ügyelni az alkalmazott világítótest védettségi szintjére, mivel a berendezésben levő elektronika igen érzékeny a nedvességre, páralecsapódásra.

5.12.LED világítás tervezése során felmerülő kérdések

Világítástervezés alatt, mesterséges villamos táplálású világítást értünk. A világítástervezésnek bármelyik élettérben és életciklusban nagy jelentősége van.

- Élettér alatt építményen kívüli szabadtereket (külső vagy kültér) vagy az építményen belüli helyiségeket, területeket (belső vagy beltér) értünk.
- Életciklus alatt a napszak változásokra gondolunk, ugyanis ezen pillanatok befolyásolják az elvárt mesterséges világítás szükségességét (külső téren: nappal →szürkület →éjszaka; belső térben: ugyanezen ciklusok természetes világítással rendelkező helyiségekben, míg a természetes világítással nem rendelkező helyiségekben →használat során folyamatos).

5.12.1. LED-es beltéri világítás

Amikor egy épület tervezését elkezdjük, alapvető tényként kezeljük, hogy minden belső térben, bármely pillanatban szükséges belsőtéri világítás alkalmazása. Minden épületben kialakításra kerülnek olyan belsőterek, amelyek tervezése során számtalan, az általános követelményeken túlmutató specifikumokat kell figyelembe venni.

Jellemző belsőtéri világítási helyzetek, funkciók:

- általános közlekedőterek, előterek, lépcsőházak
- irodai helyiségek (kis- és nagyterű)
- előadótermek, koncert- és színháztermek
- sport célú helyiségek
- raktárak (kis- és nagylégterű, raktározás módja szerinti kialakítás)
- gyártó- és üzemi területek.

Az, hogy az épületben milyen világítást alakítunk ki, részben a szabvány követelményeknek való megfelelés, részben az egyedi elképzelések határozzák meg. A világítás tervezéshez általában több szakág együttműködése, együtt gondolkodása szükséges:

- **Építész:** Meghatározza a tér méretét, tájolását, ablakok helyét, számát és méretét.
- **Belsőépítész:** kijelöli a munka- és közlekedő, pihenő tereket, meghatározza az ál-/mennyezet és a padlóburkolat típusát, formáját és kialakítását.
- **Gépészet:** Elhelyezi a szükséges hűtő-fűtő berendezéseket, légtechnikai csatornákat, amelyek jelentősen befolyásolják az álmennyezet kialakítását, álmennyezeti tér méretét és a lámpatestet elhelyezhetőségét.
- **Statikus:** Ugyan ritka, de például egy látszóbeton fal és födém esetén meghatározhatja, hol lehet rögzíteni, megfűzni a tartószerkezetet, illetve milyen súllyal lehet terhelni, pl. egy nagyfeszítávú üzemcsarnok szendvicspanel mennyezetét.

LED es világítás tervezés során felmerülő létesítési és üzemeltetési kérdések:

Új világítás létesítésekor, vagy meglevő világítás korszerűsítésekor, fontos a létesítést befolyásoló tényezők vizsgálata, megtérülési számítások elvégzése, főleg, ha pályázati pénzből történik a felújítás. Milyen kérdések is merülnek fel egy adott tér világítás tervezése során?

- **Helyiség kialakítása:** nyitott vagy zárt tér, benapozottság stb.
- **Helyiség funkciója:** lásd előzőleg felsorolt világítási helyzetek.
- **Helyiségben végzett munkafolyamat**
 - közlekedés,
 - irodai munka,
 - gyártás,
 - stb.

- Helyiség védettség szerinti besorolása
 - száraz tér,
 - nedves tér,
 - tisztatér,
 - robbanásveszélyes tér,
 - vandálbiztos tér.
- Lámpatest környezeti hőmérséklete
- Belsőépítészeti igények
- Elhelyezési és rögzítési kérdések
- Üzemeltetési és karbantartási kérdések

A felsoroltak közül érdemes az üzemeltetési kérdések hosszú ideig tartó problémákat eredményezhetnek. Tervezés szempontjából, alapvető kérdés, hogy a feltételezett ideális üzemeltetési körülmények esetén, milyen gyakorisággal várható a karbantartások és az esetleges cserék szükségessége? Erre a kérdésre a tervező azt a választ adja, hogy ezt nagyban befolyásolja a kiválasztott és beépített lámpatest minősége és műszaki paraméterei. Ez valóban így van, azonban mint tervezőnek, körütekintőnek és megfelelő gondossággal kell eljárni a kialakítás során, hiszen hiába lesz jó minőségű és műszaki paraméterekkel rendelkező a betervezett lámpatest, ha azt nem lehet megközelíteni, elérni, így rendszeresen karbantartani sem. Az elpiszkolódás, esetleges környezeti hatások miatt, a karbantartás elmaradásával a legjobb világítási berendezés élettartama és műszaki jellemzői is drasztikusan csökkennek!

LED-es világítótestekkel ma már szinte minden tér világítási igényét ki tudjuk szolgálni, azonban ugyanúgy igénylik és szükséges számukra is a rendszeres karbantartás, hiszen csak így érhetik el a gyártó által garantált üzemórát.

A LED-es világítótestek különösen érzékenyek a külső hőmérsékletre. Alapesetben is hőt adnak le, a megfelelően méretezett és kialakított felületeken, hűtőbordákon. Ha a környezeti hőmérséklet olyan nagy, hogy nem tud a LED chip megfelelően lehűlni, gyorsan fog romlani a világítás hatásfoka, és rövid időn belül tönkremegy a világítótestet. Ezért tervezőként, fontos figyelni a világítótestek elhelyezése során a megfelelő szellőzésre, hőelvezetésre. Zárt álmennyezet esetén is szükséges jelezni a gépész tervező részére, hogy a világítótestek által kibocsátott hőt el kell vezetni, azaz szellőztetni kell az álmennyezetet. Egy ipari létesítmény esetén, különösen fontos a legfelső térben kialakuló hőmérséklet. Mivel a hő felfelé száll és a mennyezet alatt telítődik, ahol a lámpatest is elhelyezkedik, pl. egy olyan gyártócsarnokban, ahol

műanyag vagy fém öntőgépek működnek, könnyen kialakulhat 50-70 fok közötti hőmérséklet is, melyet a legtöbb LED-es világítótest már nem tud hosszú ideig elviselni.

5.12.2. LED-es kültéri világítás

A LED használata és fejlődése, olyan mértékben felgyorsult, hogy ma már megfelel minden elvárásnak, így akár kültéren is alkalmazhatjuk. Kültéri világítás, mint fogalom alatt több világítási helyzetet, feladatot kell megkülönböztetni, amely mind külön követelményeket és elvárásokat támaszt a tervezők felé. Megkülönböztetünk:

- **Közvilágítás:** Elsősorban olyan gyalogos és/vagy gépjármű forgalom által használt utak világítását értjük alatta, amelyek nem köthetők közvetlenül épülethez vagy bármilyen létesítményhez. Jellemzően közvetlenül az áramszolgáltatói hálózatról kerül megáramlásra, külön elszámolási mérő vagy rendeletben szabályozott elszámolással az üzemeltető felé. A kialakítás jóváhagyását, minden esetben a tulajdonos, üzemben tartótól kell kérni (pl. önkormányzat), kivételt képez Budapest, ahol a BDK – Budapesti Dísz és Közvilágítási Kft., mint rendeletben szabályozott üzemeltetőnek és karbantartójának is jóvá kell hagynia a terveket. Ha a település rendelkezik világítási mestertervvel, annak előírásait be kell tartani!
- **Térvilágítás:** Hasonlóan a közvilágításhoz, gyalogos és/vagy gépjármű forgalom által használt utak, területek világítását értjük alatta, azonban akár köthető közvetlenül egy épülethez, létesítményhez is. Ennek megfelelően, ellátása biztosított lehet az áramszolgáltatói hálózatról is, vagy közvetlenül valamilyen létesítmény belső elektromos hálózatáról is. Lehet pl. egy közparkban kialakított játszótér vagy sportpálya, de lehet egy épülethez tartozó belső udvar világítása is.
- **Díszvilágítás:** Olyan világítási feladatot, megoldást értünk alatt, amely során valamit ki szeretnénk emelni a környezetből. Ezek lehetnek épületek, szobrok, emlékművek is például tereken. Hasonlóan a térvilágításhoz, a világítótestek energiaellátását lehet biztosítani az áramszolgáltatói, közüzemi hálózatról és egy adott épület belső elektromos hálózatáról is. A tervezett világítás kialakítás jóváhagyását, a tulajdonostól és az üzemeltetőtől függően lehet megkapni. Magántulajdon esetén, a tulajdonos hagyja jóvá míg, ha közüzemi hálózatról kerül ellátásra, a közvilágítással megegyezően történik az engedélyezés. Mindkét esetben azonban ki kell kérni a helyi Főépítész véleményét, jóváhagyását, illetve esetenként még a Műemlékvédelem engedélye is szükséges lehet. Budapest esetén, külön ún. Városképi jóváhagyást is meg kell szerezni, amelyet a főépítész és a Fővárosi

Önkormányzat ad ki. Továbbá, szükség lehet környezetvédelmi hatástanulmányra és környezetvédelmi jóváhagyásra is.

- **Sportvilágítás:** Sporthelyszínek megvilágítása. Ezeken a területeken, már évek óta megfigyelhető a LED-esítési tendencia, amely több okra vezethető vissza.
 - Kisebb energiaigény: Mai LED világítótestek energiaigénye, közel 1/3-a a hagyományos lámpatestekének.
 - Villogásmentesség és szabályozhatóság: Kiemelt sportlétesítményekben, ahonnan TV közvetítést végeznek, sokkal jobb minőségű felvételek készíthetők.
 - Azonnali újragyújtás: Pillanatnyi feszültségkimaradás esetén, a világítótestek azonnal újragyújtanak, így nincs szükség kiegészítő pánik elleni világításra, illetve TV közvetítés esetén elkerülhető vagy minimalizálható a médiaszolgáltatási bírság mértéke.

Ezekkel a fogalmakkal és kialakítási módokkal szükséges tisztában lennünk, mert itt már nem elegendő ismerni a szabvány előírásokat és követelményeket, meg kell felelni több egyedi igénynek is.

Kültéri világítással több szabvány is foglalkozik, amelyek közül mindig az adott környezetre, világítási feladatra vonatkozót kell figyelembe venni.

- **MSZ EN 13201-2-3-4** - Fény és világítás. Útvilágítás.
- **MSZ CEN/TR 13201-1** - Fény és világítás. Útvilágítás. Irányelvek a világítási osztályok kiválasztásához
- **MSZ EN 12464-2** - Fény és világítás. Munkahelyi világítás – Szabadtéri munkahelyek
- **MSZ EN 12193** – Fény és világítás. Sportlétesítmények világítása

Kültéri világításnál fontos és szükséges figyelembe venni, a többi kültéren elhelyezett vonalas installációt, mint közép- és nagyfeszültségű vezetékek, víz, gáz és szennyvíz vezetékek, illetve számtalan gyengeáramú alépítményt is. Ezek „pontos” elhelyezkedésére vonatkozóan rendelkezésre állnak közműterképek, amelyek bárki számára elérhetőek az e-közmű oldalán. Ezen vonalas létesítmények megközelítésére, szintén vannak előírások, melyeket figyelembe kell venni:

- **MSZ 7484-1** - Közmű és egyéb vezetékek elrendezése közterületen. Forgalom meghatározások (01.040.93)
- **MSZ 7484-2** - Közmű és egyéb vezetékek elrendezése közterületen. Elhelyezés a térszín alatt (01.040.93)

- **MSZ 13207 -** 0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű erőáramú kábelek és jelzőkábelek kiválasztása, fektetése és terhelhetősége (29.060.20)

A LED-es kültéri világítások tervezése során természetesen figyelembe kell vennünk a hagyományos/régi eszközökkel megfogalmazott általános elveket, mielőtt azok mellett, vagy azok helyett új LED-es világítás építünk ki.

Általános elvek

- A világítási feladat megfogalmazása
- Megvilágítási (esetleg fénysűrűségi) szintek megállapítása
- Egyenletességi követelmények
- Káprázási veszélyek számbavétele
- Fő nézési irányok meghatározása

LED specifikus elvek

- **Optikai megfontolások:** A ma gyártott jó minőségű LED-es lámpatestek már hajszálpontos optikával rendelkeznek, azaz bármilyen megvilágítási feladatot el tudunk látni velük, csak optika kérdése az egész. Ez sokszor problémához vezethet, hiszen a LED-es lámpatest pontosan oda világít, ahova irányítjuk minimális szórt fénnel. Ez egyszerre előny és hátrány is.
 - Előny:
 - az optikai határfok szempontjából, a fény csak oda megy, ahova szánjuk, nincs szórt fény.
 - Jelentősen kisebb a fényszennyezés.
 - Hátrány:
 - Mivel nincs szórt fény, ezért éles határ lehet a megvilágított terület és háttér között → plusz lámpatest/-ek beépítése válhat szükségessé. (Ez komoly gondot jelenthet, a sport-, dísz- és közvilágításban is),
 - Káprázás.
- **Színhőmérsékleti variációs lehetőségek:** A mai LED-ek széles színhőmérsékleti tartományban állnak rendelkezésre. Néhány évvel ezelőtt szinte csak a hideg 6000-6500K színhőmérsékletű LED-ek voltak kaphatóak. Manapság 2700K és 6500K között szinte minden színhőmérséklet kapható,

ami akár magán a lámpatesten vagy központi szabályozással is kiváltasztható, amely nagy lehetőséget és szabadságot is jelent a tervezőknek. Külterén különösen igaz, hogy nagy körütekintéssel válasszuk ki az alkalmazott színhőmérsékletet. Általános szabály, hogy a hidegebb 6000K vagy még magasabb színhőmérsékleteket kerüljük, vagy csak igen indokolt esetben használjuk, mert ennek kedvezőtlen hatásai lehetnek a környezetünkben levő élőlényekre az embereket is beleértve. Az ajánlott színhőmérséklet szabadterén és beltérben maximum 3000K lehet, esetleg a díszvilágításnál lehet ettől eltérő.

Ugyanakkor egyre több olyan díszvilágítási megoldást látható, ahol tudatosan játszanak azzal, hogy az épület egyes részeit más-más színű, esetleg színhőmérsékletű megvilágítást kapnak.

- **Színváltási lehetőségek:** A szakmai és építészeti közvéleményt is megosztja a LED-ekben rejlő színváltási lehetőség. A dísz- és díszítővilágításban rohamosan terjed, hiszen öltöztetni lehet vele egy épületet, helyiséget stb. Azonban kiaknázható az emberekre kifejtett élettani hatások szempontjából, ahogy arról az előző fejezetben részletesen értekeztünk már. Jól kell használni és alkalmazni ezt a lehetőséget, meg kell találni a helyét a mindennapokban. A színváltási lehetőségnek biztonsági világításban akár funkcionális alkalmazása is lehet. Erre a legközismertebb példa a budapesti 4. metró állomásain alkalmazott színváltós LED csík, a biztonsági sáv jelzésére.
- **Tartószerkezeti megfontolások:** A LED világítótestek általában kisebbek és könnyebbek, mint a hagyományos lámpatestek így nagy rendszerek esetében kisebb tartószerkezetekre lehet szükség.
- **Élettartam:** A LED világítótestek nagyobb várható élettartama nagyobb biztonságot és lehetőséget ad, de sokkal nagyobb felelősséget is ró a tervezőre.
- **Azonnali újragyújthatóság és szabályozhatóság:** Ezek a tényezők teljesen új lehetőségeket jelentenek a tervező és felhasználó szempontjából is Pl. TV közvetítés biztosítás sporthelyszínek esetén, ahol pillanatnyi áramszünet után azonnal, azonos fényárammal lép működésbe a teljes világítás.
- **Áramköri megfontolások:**
 - Túláram védelem. A LED-ek jóval érzékenyebbek a túláramra, mint a hagyományos fényforrások, különösen kültéren erre nagy gondot kell fordítani.
 - Nagy rendszerek esetében az indulási áramra való méretezést, körütekintőbben kell végezni, mint a hagyományos rendszerek esetében

- A legtöbb LED driver, kapcsoló üzemű tápokkal rendelkezik, így a feszültségesésre kevésbé érzékenyek a LED világítótestek, mint a hagyományos típusok.
- A LED-ek szabályozhatósága lehetővé teszi a kapcsolási fokozatok helyett a szabályzási szintek használatát, eltérő megvilágítási igények kielégítésére.
- **Karbantartás:** A LED-es kültéri rendszereket is karban kell tartani! Szerencsére jó minőségű termékek esetében a karbantartásra ritkábban van szükség és olcsóbban is megoldható, mint a hagyományos világítási eszközök esetében!

5.12.3.LED-es közvilágítás

A közvilágítást az előző alfejezetben már említettük és felsoroltuk a rá vonatkozó szabványokat és követelményeket, azonban világítástechnikai szempontból szükséges külön beszélni róla, hogy a gyakorlati tapasztalatok is beépítésre kerüljenek.

A 2016-tól hatályos MSZ EN 13201-2...4 szabvány, valamint a hozzá tartozó TR 13201-1 műszaki jelentés, a világítási helyzetek meghatározását követően ad ajánlást az útvilágítás tervezéséhez és az alkalmazandó útosztályokhoz.

A világítástechnikai jellemzők meghatározásának alapjául szolgáló világítási helyzetet, a forgalomba résztvevők, azaz az úthasználók és jellemző sebességük határozza meg. Figyelembe kell venni azt is, ha vannak olyan közlekedési szereplők, akikre az adott közterület használatának tiltása érvényes.

A világítási helyzet kiválasztását követően, az út jellegének, a keresztezések távolságának és szintbeli elhelyezkedésén túlmenően, a forgalomsűrűség, valamint a vezetési feladat nehézségének meghatározása szükséges ahhoz, hogy a szabvány ajánlások alapján a megfelelő útosztályt alkalmazzassuk a tervezés során.

Az előbbieken leírtak függetlenek attól, hogy milyen fényforrással tervezünk, és jogos a kérdés, hogy akkor miben is különbözik a LED-es közvilágítás, a hagyományos világítástól.

17. táblázat

Tervezési szempont	Kisülő csöves fényforrásokkal üzemelő lámpatestek	LED lámpatestek
Fénypontmagasság	A hagyományos berendezéseknél általában az egyenletességi kritérium teljesítését a nagyobb fénypontmagassággal oldották meg a tervezők. A nagyobb fénypontmagasság miatt azonban a fény egy nagyobb hányada nem a megvilágítandó felületre jutott, hanem szórt fényként a környezetet világította meg, ezért nagyobb teljesítményeket volt indokolt alkalmazni, mint ami kisebb fénypontmagasságon szükséges lett volna.	A LED berendezéseknél a megvilágítás egyenletességének biztosítása a megfelelő optika kiválasztásával, illetve a lencsék sugárzási szögének helyes alkalmazásával megoldható. A megfelelő út-fényáram értékek beállítása azonban általában alacsonyabb fénypontmagasságot igényel. A LED berendezésekben a relatív kisebb fény-pont magasságokhoz és nagyobb kiosztási távolságokhoz is a kisülő csöves lámpa-tesztékhez képest szélesebb optikai választékkal lehet élni, így technikailag a fény-pontmagasság megválasztása elsősorban a kápráztatás mérséklésének figyelembevételével kell, hogy megtörténjék.
Optikai lehetőségek	A hazánkban jelen lévő gyártók a lámpatesteket sztetenderd optikával szállítják, így ott nincs nagyobb választási lehetőség.	A LED lámpatesteknél pl. lencse- vagy tükör konfigurációkkal kiválóan szabályozható, hogy az egyes LED-ek fénye hova érkezzon. A LED lámpatestek energiahatékony alkalmazása pont ennek köszönhető elsősorban: a fény oda jut el, ahol a megvilágításra szükség van.
Teljesítményszintek	A leggyakoribb hagyományos kisülő csöves berendezéseknél a teljesítmény, és így a fényáram szintek is lépcsőkben valósulnak meg: 36W-70W-100W-150W-250W-400W. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy ahol számítások szerint egy 113W-nak megfelelő teljesítményhez rendelhető fényáramra lenne szükség, ott a tervező automatikusan a 150W-os fényforrást választotta, így az adott közterületen túlvilágítás és többlet energiafelhasználás állt elő.	A LED berendezéseknél az alkalmazott teljesítmény és fényáram a LED-ek / LED-modulok számával és a meghajtással jól szabályozhatók és adekvát módon igazíthatók a megvilágítási igényekhez. Ez a LED berendezések alkalmazásából fakadó egyik fő megtakarítási tényező. Pl. a 36W-100W-ig terjedő 3 lépcsőfok a ma a piacon elérhető LED-es lámpatesteknél akár 5-10W-os teljesítmény- és ennek megfelelő fény-áram lépcsőkkel is lefedhető.
Hajlásszög	A hagyományos berendezéseknél az optika kialakításából fakadó-	A modern LED berendezések optikai megoldásai sokkal

	an, a legkedvezőbb megoldás az 5 fokos hajlásszög. Kevésbé hatékony berendezések-nél ennél nagyobb is alkalmaznak, ott azon-ban a káprázás értéke jelentősen megnő.	finomabb módon irányítják a fényt, így ott a sztenderd megoldások helyett a hajlásszög egyedi beállítása nagy szerepet kap. A modern, síkban elhelyezett modulokkal szerelt lámpatesteknél ráadásul a hajlásszög növelése már nem jár feltétlenül a kápráztató hatás növekedésével, viszont a fény a megfelelő felületre fog jutni.
--	---	---

Mindezek azért is jelentős különbségek, mert Magyarországon nagyrészt a közüzemű villamos energia elosztó hálózatra kerülnek fel a közvilágítási lámpatestek, amelyek esetében pl. a tartószerkezet úttól való távolsága, a korlátozottan alkalmazható fénypontmagasságok stb. már korábban is igényelték volna az érzékenyebb tervezési lehetőségek alkalmazását, azonban a hagyományos, kisülő csöves technológia ezt nem tette, vagy nem elég hatékonyan tette lehetővé.

Továbbiakban teljesség igénye nélkül kiemeltünk néhány olyan fontosabb tényezőt, tulajdonságot, illetve szempontot, melyek említést érdemelnek, és fontos figyelni rájuk a közvilágítás korszerűsítés tervezése során. A fontosabb tulajdonságokat, szempontokat részletesen is kifejtjük.

5.12.3.1. Karbantartási tényező meghatározása

A tervezés során sokan elkövetik azt a hibát, hogy nem megfelelően határozzák meg a karbantartási tényezőt. A kisülő csöves fényforrásokkal üzemelő lámpatestek esetén az $MF=0,8$ karbantartási tényezőt alkalmazták és alkalmazzák továbbra is a LED-es tervezésnél.

Mások abból a téves marketing kampányból kiindulva, hogy a LED-eket nem kell karbantartani ezt az értéket 1-nek vették. Hol is van az igazság?

Az alkalmazott lámpatestekben a világítástechnikai kalkulációk MF-faktorának kiszámítása során, felhasználva a CIE/VTT vonatkozó ajánlását (érvényes szabvány nincs!), a tényező számításának módja a következő:

$$MF(t) = SMF * LLMF * LMF * LSF$$

ahol:

SMF: az útfelület avulási tényezője

LLMF: a fényforrás avulási tényezője

LMF: a lámpatest avulási tényezője

LSF: a fényforrás túlélési tényezője

Az **útfelület avulási tényezője** nem az alkalmazott fényforrástól függ. Értéke „beállt” utak esetén 1.

A **fényforrás és a lámpatest avulási tényezője** LED-ek esetén a fizikai és termikus/elektromos tényezőkre vezethető vissza. A LED-es világítótestnek, mint elektronikai egységnek az élettartama kétféleképpen óvható, illetve növelhető: a lámpatest illetve a közvetlen optikai tér megfelelő fizikai védelmével, illetve az elektronika megfelelő védelmével. Az alkalmazott lámpatestekben a védelem módjai ennek megfelelően a következők:

Fizikai védelem:

- IP66 optikai tér
- a bura magas szintű törés és UV-védelme, illetve geometriájából adódóan elhanyagolható mértékű piszkolódása

Termikus elektromos tényezők:

- a meghajtó egységek túlfeszültségvédelme (ált. 1,5-4 kV)
- a LED-ek megfelelő hűtése
- a teljes elektronikai rendszer (meghajtóegység és LED-ek együttese) védelmét biztosító fokozott, és a magyarországi hálózati sajátosságoknak eleget tevő túlfeszültségvédelme 10 kV-ra méretezve

A **fényforrás túlélési tényezője** a megfelelő és hosszútávon fenntartható közvilágítás érdekében további védelemként az alkalmazott lámpatestek mindegyike megfelel a B10 előírásnak is, amely szerint a lámpatestben lévő LED-ek legfeljebb 10%-ának meghibásodása (rövidzárba menetele) nem okozhatja az optikai sajátosságok (pl. fényeloszlás) érdemi megváltozását. Ezáltal egy újabb pozitív irányú tényezővel korrigálható ($B10=1/0,9=1,11$) a karbantartási tényező.

5.12.3.2. Közvilágításban alkalmazott optikák jellemzői

A hagyományos kisülő csöves lámpatesteknél a fényeloszlás módját elsősorban a tükröválaszték és a tükrő, illetve a fényforrás egymáshoz viszonyított elhelyezkedése határozta meg. A LED-es világítótesteknél – már-már egyeduralkodó módon – egyre inkább a lencsés optikák terjednek el, amelyekben a LED-fényforrás(ok) elé elhelyezett fényterelő lencsék biztosítják a kívánt fényeloszlás létrejöttét. Mivel a lencsetervezés

professzionális alapokon zajlik, a variációk és a különféle világítási feladatokhoz történő optimalizálás lehetőségei korlátlanok.

5.12.3.3. Korszerűsítés - megtakarítási és tervezési lehetőségek

A járdák világítás tervezés során nem számolunk a fákkal, így az első legszembetűnőbb a LED-es korszerűsítéseket követően, hogy fás, bokros környezet esetén, a járda szinte teljesen sötét marad. Ennek elsődleges oka, hogy a LED lámpatesteket úttest világításra tervezték!

A korszerűsítések alapvető célja a hálózaton üzemeltetett avult berendezések arányának csökkentése. Technológiától függetlenül is csökkenthetők a költségek pl. hatékonyabb optikák és előtétek használata mellett.

A közvilágításra kötelezett önkormányzatoknak, a nagyobb megtakarításra és sok esetben a jelenleginél adaptívabb és jobb közvilágításra van szüksége, amely jelen állapotban csak a LED-es világítótestekkel valósítható meg.

A LED-es világítótestek alkalmazásával az alábbiak szerint realizálhatók a korszerűsítési célok:

- Jobb közvilágítás, azaz a megfelelő megvilágítási szintek a megfelelő helyszíneken
- Nagyobb mértékű fogyasztási költségmegtakarítás
- Üzemeltetési költségmegtakarítás

A LED-es világítótestekhez tervezett egyre korszerűbb és sokoldalúbb meghajtóegységekkel olyan egyéb „smart” lehetőségek is számításba kerülhetnek, mint pl. a távfelügyelet és a fényáramok adaptív és akár egyedileg is programozható/működtethető szabályozása.

A tervezés szempontjából ezek előzetes egyeztetése és felvetése kulcskérdés, annak érdekében, hogy a tervezés legfontosabb céljai már a koncepció szintjén is tisztázásra kerüljenek.

5.12.3.4. Üzemeltetési szempontok, hibajelenségek

A kültéri világítás, és elsősorban a közvilágítás tervezése során, minen esetben szem előtt kell tartani a környezet változását. Nem elegendő megfelelnünk a „milyen volt” kialakításnak, le kell követnünk a környezet változásait, és lehetőség szerint figyelembe kell azokat venni.

5.13. Világítás vezérlés

Napjainkban az épületek és otthonok okos vezérlési megoldásai egyre elterjedtebbek. A mai rendszereknél és eszközöknél már nem csak az energiatakarékosság elvárás, hanem egyre fontosabb kiválasztási szempont, hogy az optimális működés elérése érdekében az eszközök vezérelhetők és rendszerbe köthetők is legyenek, sőt komplett eseménysorozatok fussanak le egy-egy igény kiválasztásával. Természetesen azt is szeretnénk elérni, hogy a rendszerünket akár távolról is ellenőrizni és felügyelni lehessen.

Az energiahatékonyság mellett nem szabad megfeledkezni a vizuális komfort érzetről sem. Ez a szempont már nem csak otthonainkban fontos, hiszen ahogy már a LED-ek élettani hatásai fejezetben foglalkoztunk vele, a munkahelyi környezet jelentős befolyással bír az emberi szervezetre. Egy rosszul megtervezett világítási rendszer ronthatja a koncentrációt, csökkentheti a munkavégző képességet. Azonban egy jól megtervezett és üzemeltetett világításvezérlés javíthatja a komfort érzetet és növelheti a koncentrációt is.

A piac nagyon szerteágazó, számtalan megoldás áll rendelkezésünkre a világítás vezérlés kialakításához. Kérdés, hogy a beruházó mennyire energiatudatos és mennyire fontos számára a kollégái egészsége és komfort érzete. Szerencsére a ma épülő irodaépületek valamilyen minősítést szeretnének szerezni, hogy ezzel is minél nagyobb és jobb bérlőket találjanak. Ezek a minősítések (Breeam, LEED, Well) több szempontból vizsgálják az épületet, az abban kiépített rendszereket, valamint a belső komfortot is, így nagyban előmozdította a világításvezérlést, illetve a nagyobb komplex automatizálási rendszerek fejlődését és azok alkalmazását a mindennapokban. Természetesen, ez megfelelő szakmai ismereteket is megkövetel a tervezők és a kivitelezők részéről is. Nagyobb rendszerek esetén, az alkalmazni kívánt rendszerelemek kiválasztása is átgondolást igényel. Fontos, hogy a későbbiekben bővíthető, rugalmas, jól standardizált, több gyártó által alkalmazott megoldást válasszunk.

Ma már a lehetőségek tárháza áll a beruházók rendelkezésére a beépíthető rendszerek tekintetében, mely jelentős átfogó ismeret kíván a tervezőktől is, hogy a beruházó számára a leghatékosabb megoldást és rendszert tudjuk ajánlani. A teljesség igénye nélkül felsorolunk néhány rendszert, ami megfelel a fent említett követelményeknek. Feltételezzük, hogy mindenki találkozott már valamilyen formában ezekkel a rendszerekkel, ezért nem ismertetnénk részletesen a rendszerek kialakulását, felépítését, elemeit.

5.13.1. KNX rendszer

A KNX rendszer, gyártó- és alkalmazásfüggetlen mivel központi szabványra épült. A piacon, jelenleg több mint 500 gyártó kínál különböző termékeket a rendszerhez és több, mint 8000 KNX tanúsítvánnyal rendelkező készülékcsoportból választhatunk. A különböző gyártók által kínált KNX termékek kombinálhatók, minden készülék kompatibilis a többivel. A KNX logó garantálja, hogy a készülékek minden esetben képesek egymással kommunikálni és egy rendszerként működni. A rendszert a kisebb lakásoktól kezdve a sok százezer négyzetméter alapterületű középületekig, mindenféle épülettípusban alkalmazzák.

Az összes kommunikációs eszköz egyetlen busszal történő összekapcsolása, jelentősen csökkenti a tervezési és telepítési időt. A kialakításnak köszönhetően, bármikor rugalmasan bővíthető új applikációkkal, hiszen az új komponensek könnyen csatlakoztathatók a meglévő buszrendszerhez. A korábban kialakított rendszer bármikor növelhető, módosítható a későbbiekben, így mindig akár a legújabb megoldásokat is használhatjuk, amelyek a rendszer eredeti telepítésekor még nem léteztek.

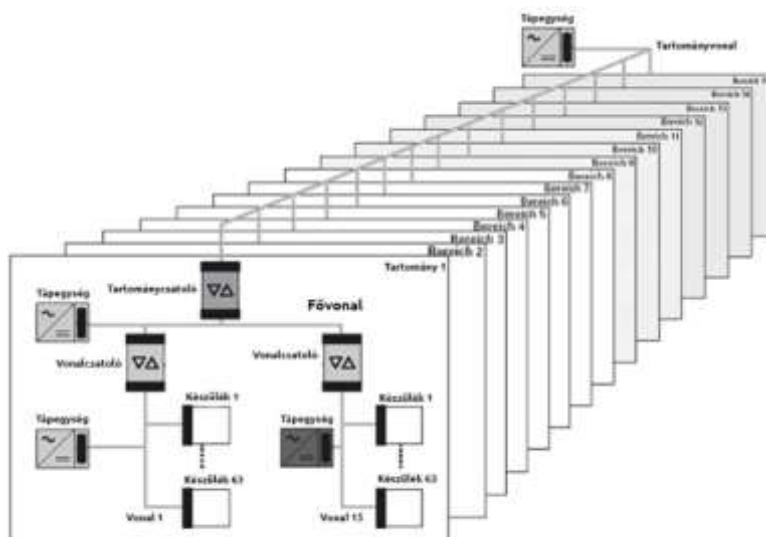
A KNX rendszer technológiája szerint szereléskor a fogyasztót közvetett módon kapcsoljuk. Mindegyik működtető elem – ezeket szenzoroknak nevezzük – és a tényleges kapcsolóelemek – aktorok – egy közös átviteli közegen keresztül kapcsolódnak össze. Így, ha egy vezérlőgombot megnyomunk, az információt (távíratot) küld az átviteli közegen át a végrehajtó egységnek (aktornak), amely aztán végrehajtja a parancsot, kapcsolja a terhelést.

Buszkábeles átvitel használata esetén a KNX-rendszer hierarchikus felépítésű, vonalakból és tartományokból (területekből) épül fel. A legkisebb telepítési egység a vonal, ehhez csatlakoznak az egyes készülékek. Egy vonal maximum 4 szegmensből állhat, mindegyik legfeljebb 64 résztvevőt tartalmazhat. A résztvevők tényleges száma egy vonalon a kiválasztott tápegységtől és az egyes készülékek teljesítményigényétől függhet.

Mivel egy vonalon legfeljebb 64 készülékünk lehet, újabb vonalat csak akkor kell indítanunk, ha ennél többre van szükségünk. Egy tartományban összesen 15 vonal lehet, azaz összesen $15 \times 15 \times 64 \times 4 = 57\,600$ készüléket jelent összesen. Ha azonban még ennyi sem lenne elegendő, IP-csatolókon keresztül tovább bővíthetjük a rendszert.

A rendszer vonalakra és tartományokra való felosztásának számos előnye van. Egyrészt megnöveli a működés megbízhatóságát, hiszen mivel a vonalak és tartományok saját tápegységgel vannak ellátva, ezért villamosan elszigeteltek. ennek

köszönhetően, ha egy vonalon belül meghibásodás jön létre, a rendszer többi része zavartalanul működik tovább. Másrészt egy vonal vagy tartomány helyi adatforgalma nem befolyásolja a többi vonal és tartomány adatátbocsátását, azaz a kommunikáció felgyorsul. Harmadrészt a vonalakra és tartományokra való felosztás révén a KNX rendszer áttekinthető marad, ami fontos az üzembe helyezéskor, valamint megkönnyíti a diagnosztikai vizsgálatot és a karbantartást.



62. ábra KNX rendszer felépítése

Az egyes vonalak kábelezésekor a szabvány megengedi a csillagpontos, a buszrendszerű, a fa és esetenként akár még a gyűrű kialakítású topológiát is. A leggyakoribb topológia az első három kombinációja. A gyakorlatban a buszvezeték arra visszük, amerre a legegyszerűbb.

5.13.2. LON rendszer

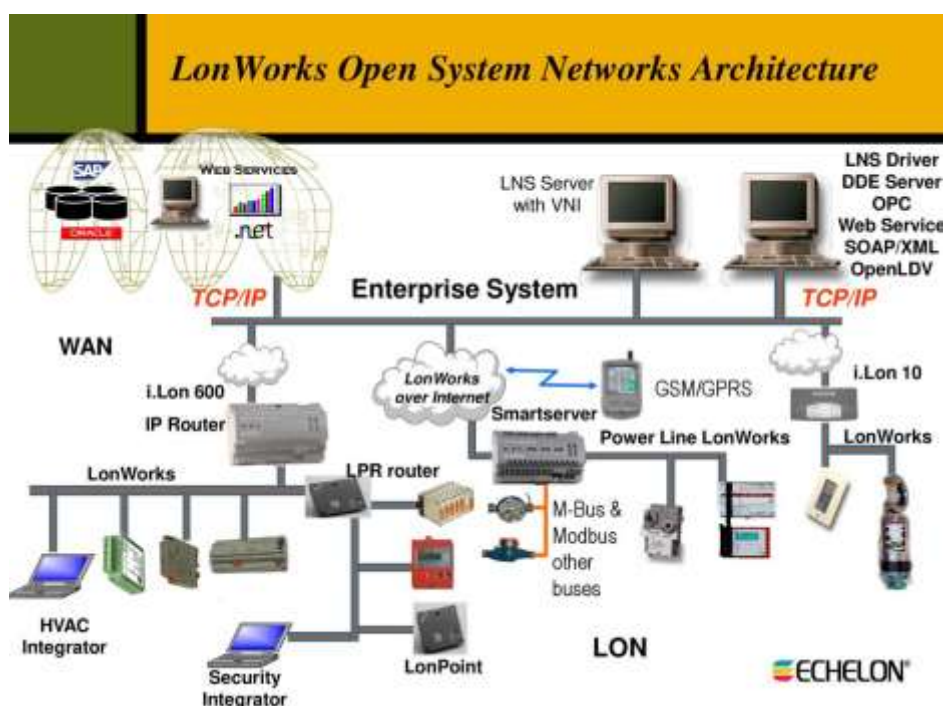
A LON a „Local Operating Network - helyi működésű hálózat” rövidítése, és - elsősorban az épületautomatizálásban használt - terepibusz szabványt jelöl. A rendszer fő hardvereleme, egy Neuron mikrochip, amely három 8 bites soros processzort tartalmaz, amelyek közül kettő végrehajtja a protokollt. A harmadikat a csomópont alkalmazásához használják. Az ISO/IEC 14908 szabvány szerinti szabványosított technikaként bármely piaci szereplő rendelkezésére áll a LonWorks®. Különbséget tesz az érzékelők, végrehajtók és vezérlők között. Esemény váltja ki az adatcserét.

Nagy komplexitása miatt a LonWorks® számos épületautomatizálási alkalmazás számára megfelelő (pl. beléptető rendszer, HVAC rendszerek, tűzriasztók, világítás- vagy liftvezérlők). A termékfejlesztők a technológiát helyi operációs hálózatnak (LON) tekintik, amely lehetővé teszi az eszközök számára, hogy kommunikációt folytassanak

egymással a közös protokollon keresztül. Azok a termékek, amelyek a Neuron chipet a LonWorks szabványoknak megfelelő módon használják, azonosító jelet viselnek.

A LonMark International kaliforniai vállalat végzi a rendszerhez fejlesztett új eszközök tanúsítását. Az alkatrészek tanúsítása lehetővé teszi, hogy a mérnökök olyan iparágtól vagy alkalmazástól független specifikációt írjanak, amely világosan megmutatja a nyílt rendszer előnyeit bármilyen méretű projektnél. Az új LonMark „rendszerdefiníció” öt kategóriát foglal magában: a rendszer viselkedése, az eszközök, a csatlakozás, az eszköz interfészek, valamint a hálózati szoftver és eszközök.

A LonWorks négy fő eleme a LonTalk protokoll, a Neuron chip, a LonWorks adó-vevők, valamint a hálózatkezelő és az alkalmazásszoftver.



63. ábra LonWorks rendszer felépítése

A LonTalk protokoll egy saját ütközés-előrejelzési algoritmust használ, amely lehetővé teszi egy csatorna számára a maximális kapacitás kihasználását.

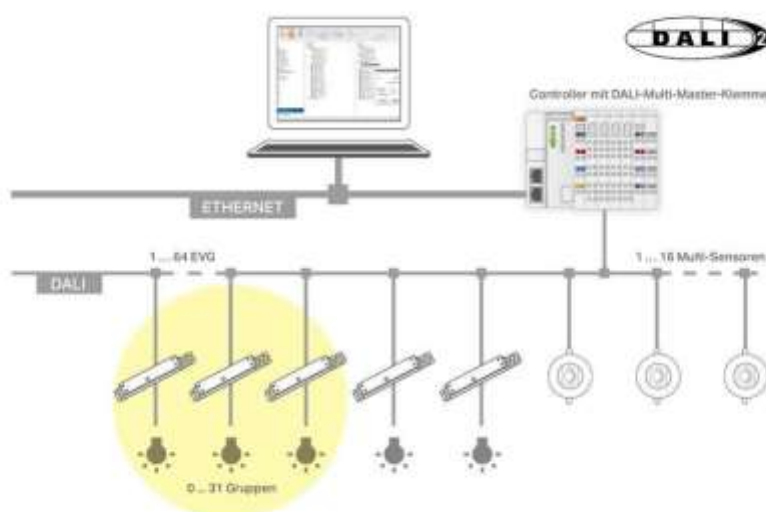
A LonWorks hálózat tervezésére, telepítésére, üzemeltetésére és karbantartására szolgáló szoftverprogram, a LonMaker Integration Tool a Microsoft Visio grafikus felületet használja.

5.13.3. DALI rendszer

A DALI angol mozaikszó, betűi a Digital Addressable Lighting Interface szavak rövidítéséből adódik. Jelentése magyarra fordítva: digitálisan címezhető világítási

interface. A DALI épületvilágítási célokra létrehozott protokoll, amelyet az olyan világításvezérlő eszközök közötti kommunikációra is használnak, mint az elektronikus előtétetek, megvilágítás érzékelők vagy mozgásérzékelők. A DALI szabványt a TridonicAtco cég dolgozta ki a világítástechnika eszközök neves gyártóival együttműködve. Ma ezek a gyártók az ún. DALI Munkacsoport tagjai.

Az IEC 62386 szabványban szerepel a protokoll pontos leírása és az együttműködési képességeinek kifejtése, amely bemutatja a különböző villamos eszközökkel való kommunikáció képességét (pl. transzformátoros vezérlés). E szabvány váltja fel a gyakran használt analóg 1-10 V-os fényáramszabályozó interfészt. A DALI lehetővé teszi az információk, (például a világítási parancsok), a hiba részletek és a diagnosztika eszközei közötti információk továbbítását. A DALI-2 a DALI legújabb verziója. Javított interoperabilitást kínál a különböző gyártók termékei között a kötelező tanúsítás révén. Több funkcióval bővült ezek közül a legfontosabb, hogy olyan vezérlőeszközöket tartalmaz, amelyek nem szerepeltek az eredeti DALI-ban, ezek a multi master modulok. A DALI maximalizálja a rugalmasságot, a könnyen állítható világításvezérléssel az új feltételeknek megfelelően. A telepítést követően újra vezetékezés nélkül is könnyen elvégezhető a lámpák hozzárendelése és csoportosítása. Továbbá, a buszrendszerek segítségével (pl. KNX, BACnet vagy MODBUS) speciális DALI vezérlők integrálhatók a magasabb szintű vezérlőrendszerekbe és az épületautomatizálási rendszerekbe.



64. ábra DALI rendszer felépítése

A DALI hálózat legalább egy alkalmazásvezérlőből és busz tápegységből, valamint bemeneti eszközökből, vezérelt berendezésekből áll. Az alkalmazásvezérlők kétirányú adatcserével vezérelhetik, konfigurálhatják vagy lekérdezhetik az egyes eszközöket. A DALI protokoll lehetővé teszi az eszközök címezését külön-külön, csoportosan vagy

közvetítés útján. Mindegyik eszközhöz egyedi rövid cím tartozik, 0 és 63 között, így akár 64 vezérlő és 64 vezérlő eszköz is lehetséges egy alaprendszerben. A cím hozzárendelés a buszon keresztül "üzembe helyezési" protokoll segítségével történik, általában az összes hardver telepítése után. Az adatokat aszinkron, fél-duplex, soros protokoll segítségével továbbítják az eszközök között kétvezetékes buszon, rögzített adatátviteli sebességgel 1200 bit / s. Egyetlen vezetékpár foglalja magában a DALI hálózaton történő kommunikációhoz használt buszt. A hálózat elrendezhető busz vagy csillag topológiában, vagy ezek kombinációjában. A kábelhossz maximum 300 méter lehet. Minden eszköznek van egy hídirányítója a bemenetén, így polaritás-érzékeny.

Egy körön belül maximum 64 db modul, 16 db csoport és 16 világítási kép lehet. A rendszer feszültsége 9,5-22,5V között változhat, általában 16V-ot alkalmaznak. Egy kör maximális árama 250mA lehet.

A DALI megvilágítási szinteket egy 8 bites érték határozza meg, a 0 értéke ki van kapcsolva, az 1 a teljes fényáram 0,1% -át, a 254 a teljes fényáramot jelenti, más értékeket pedig logaritmikusan interpolálunk, ami lépésenként 2,77% -os növekedést eredményez.

Az IEC 62386-104 számos vezeték nélküli és vezetékes szállítási alternatívát ír le a hagyományos vezetékes DALI buszrendszerhez képest. Lehetséges, hogy a DALI-t összekapcsoljuk a vezeték nélküli kommunikációval olyan alkalmazás-átjárókon keresztül, amelyek lefordítják a DALI és a választott vezeték nélküli protokollt.

5.13.4. Rendszerek összehasonlítása

Mindhárom rendszer gyakran alkalmazott az épületfelügyeleti rendszerek kiépítésekor. Azt, hogy melyik rendszer a legalkalmasabb, leg gazdaságosabb megoldás mindig az elvégzendő feladat dönti el. A kiválasztásnál több szempontot kell figyelembe venni. A legfontosabb az elvégzendő feladat, de fontos a rendszer mérete, az eszközök közti távolság, a már meglévő eszközök integrálhatósága is. A gyakorlatban többször előfordul, hogy az adott feladatra egy kevert rendszer a legalkalmasabb.



65. ábra KNX DALI Gateway

Egy ilyen megoldásnál kihasználható mindkét rendszer előnyös tulajdonsága. A KNX a LON és a DALI rendszerek összekapcsolására több gyártó is kínál megoldásokat.

18. táblázat A rendszerek tulajdonságainak összefoglalása:

	KNX	LonWorks	DALI
Hálózati topológia	Csillagpontos Busz Fa Gyűrű	Bármilyen topológia alkalmazható	Busz Csillag vagy ezek kombinációja
Kommunikáció sebessége	9600 bit/s	kialakítástól függ akár 1,25 Mbps	1200 bit/s
Fizikai kommunikációs adathordozó	Csavart érpár Rádiófrekvencia IP Erősáramú hálózat	Csavart érpár Rádiófrekvencia Koaxiális kábel Száloptika Erősáramú hálózat	Egy érpár
Eszközök száma	Egy vonalon 64 db egy rendszerben: 57600	128 db eszköz hálózatonként	Egy körön 64 db
Internet	KNX/IP	LonWorks/IP	DALI/IP
Maximális kábel hossza	700 m	2000 m	300 m
Alkalmazási terület	HVAC rendszerekhez, távoli eléréshez, biztonság- és energiamenedzsmenthez világítás vezérléshez	első sorban HVAC rendszerekhez, folyamat szabályzásra, valamint világítás vezérlésre	világítás vezérléshez,

A világításvezérlési lehetőségek elemzésekor, illetve az egyéb rendszerek tervezési, üzemeltetési tapasztalatai alapján megfogalmaztunk néhány alapkövetelményt, amelynek meg kell felelnie a kiépítendő rendszernek:

- Nyitott szabványosított protokoll

- Gyártófüggetlen alkalmazhatóság
- Rugalmasan bővíthetőség, tovább fejleszthetőség
- Kapcsolódási lehetőség más protokollokhoz, rendszerekhez
- Integrálhatóság a meglévő épületfelügyeleti rendszerbe

A lámpatestekbe épített előtétek rendelkeznek DALI kommunikációval. Így kézen fekvő lenne, hogy ezt kihasználva építsük meg a rendszerünket. Azonban ilyenkor kell megvizsgálni a tervezendő épület/-rész nagyságát, a kiépítendő egyéb rendszereket, mint pl. árnyékolás és gépészeti rendszerek, illetve egyeztetni, hogy mi a Beruházó igénye!?

Ha egy családi házról van szó, ma már ritka, hogy csak a világítást kelljen vezérelni, viszont csak a nagyobb luxus házak esetén fér bele a költségkeretbe egy komplex rendszer. Így itt lehetőség van a kisebb, kevésbé elterjedt rendszerek alkalmazására is, akár még a rádiós kialakítás is alkalmazható, pl. Loxone, Domintell, TapHome, Niko, Nective, Habitaq, Smart Home, iNELS, Fibaro, Enika, Amit stb.

Irodai környezetben azonban már jelentős előnye van a DALI rendszernek, hiszen egyrészt a nagy gépészeti rendszerek Magyarországon még nagyon elkülönülnek, független rendszerként jelennek meg az épületben, amihez csak csatlakoztatási igény szokott felmerülni. Másrészt, a világításon kívül talán még az árnyékolási feladat merül fel az irodai terekben, amihez viszont már sok DALI eszköz gyártó rendelkezik vezérlő egységgel.

Hotelek esetében már más a helyzet. Mivel általában sok szoba, közösségi tér, konferenciaterem stb. található egy épületben, sok kapcsolási feladat, világítási kép merül fel, így itt már a nagyobb, komplex rendszereknek van inkább létjogosultsága. Általában az egyszerű DALI rendszertől indulva, haladunk a KNX rendszerek felé, illetve itt már a gépészeti automatika rendszerek is tudnak olyan integrált rendszert biztosítani, ahol egy rendszerben le tudják kezelni a világítási és árnyékolási feladatokat is. Viszont, minél nagyobb és többrejtű az épületfelügyeleti rendszer, annál energiatudatosabban tud működni, hiszen a rendszer ki tudja használni az egyes területek jelzéseit. Pl. világítás jelenlétérzékelő jelére fel- vagy lekapcsol a helyiség fűtése, hűtése, szellőzése.

Különleges területnek számítanak a múzeumok, kiállító terek. Itt árnyékolással keveset kell foglalkozni, hiszen a teljes fénykizárást szeretik a legtöbb helyen, ezért a világítás a fő szempont. Nagyon sok minden függ attól, hogy milyen jellegű kiállítóteremről, múzeumról van szó. Ha állandó kiállítás van jellemzően, és költséghatékony megoldás a cél, akkor ritkán használnak központi világításszabályozást, inkább előszeretettel használják azokat a lámpatesteket, amin közvetlenül beállíthatjuk a fényáramot,

esetleg színhőmérsékletet. Ha nagy belmagasság problémát okoz, akkor már a központi rendszernek van előnye, de manapság megelőzték a helyi bluetooth vezérléses megoldások, mint pl. a nagyon gyorsan fejlődő Casambi rendszer. Ebben az esetben a lámpatestekhez vásárolni kell egy kicsi vezérlő egységet, amelynek segítségével, akár egy mobiltelefonról is beállítható a világítás. Azoknál a kiállításoknál, amelyek időszakosak, illetve interaktívak, ráadásul nagy a belmagasság, ott már elkerülhetetlen a központi világításvezérlés. Részben gazdasági okai vannak, részben a folyamatos karbantartó és üzemeltető személyzet hiánya, (akik mindig át tudnák programozni a világítást, az adott kiállításnak megfelelően) eszköz hiány (pl. darus emelők stb.) Interaktív kiállítás esetén, a kiállítás vezetők jobban kedvelik a DALI-s rendszereket, mivel itt sokszor és akár gyorsan is változhatnak a világítások, amit legtöbbször egy tabletről vezérelnek, ezt a DALI rendszerrel a legkönnyebb megoldani, a kapott üzemeltetői visszajelzések alapján. Egy új, korszerű nagy múzeumban, viszont már szinte kizárólag KNX rendszer kerül kiépítésre. Ennek oka a sokrétűség, a gyártófüggetlenség, a több éven, évtizeden át megbízható gyártói megfelelés, rugalmas bővíthetőség.

Magyarországtól nyugatra, de akár a távol keleten is, a nagyobb hotel, irodaház, középületek stb. szinte kivétel nélkül, egy nagy központi épületautomatika rendszerrel kerülnek megépítésre. Nyugaton szinte egyeduralkodóvá válik a KNX rendszer ezekben az épületekben, míg a távol keleten nagy verseny van a KNX és a IT, azaz IP alapú LON rendszerek között.

5.13.5. Szereléstechika

Szinte mindegy melyik rendszerről beszélünk, csillag vagy fa kábel- struktúráról, biztosan kijelenthető, hogy több kábelre és több védőcsőre kell számítani a padlóban, illetve mennyezetben. Az alap minden rendszer esetében, hogy a vezérelni kívánt eszköz (lámpatest, dugalj, árnyékoló) betáplálása, közvetlenül elosztószekrényből történik, csillagpontos kiépítéssel. Általában az elosztóba kerül beépítésre a vezérlőegység, melynek valamely kapcsolt vagy dimmelt kimenetén keresztül tápláljuk meg az eszközöket. Fontos megjegyezni, hogy nem minden eszköz tud a kimenetén 16A-t kapcsolni, így ha nagyobb fogyasztót kívánunk vezérelni, akkor meg kell relézni, a betáplálását. Illetve vannak olyan kisebb rendszerek, ahol nagyon kell figyelni a nulla vezeték szétosztására, mert csak azonos nulla szakaszon lévő eszközöket tudja egy csoportban, együtt kezelni a központi vezérlő eszköz.

A kapcsoló, szabályzó tasztaura, érzékelő szenzor esetében már kicsit más a helyzet. Itt a buszos rendszereknek adhatunk előnyt, hiszen mint a rendszerek bemutatásánál írtuk, egy buszvonalra 64db eszközt tudunk felfűzni, míg sok rendszer esetén közvetlenül kell kikábelezni minden szerelvényhez. Szerencsés, ha használható pl.

Cat5e kábel, így a 8 ér esetén, legalább 4db közeli szerelvényt, össze tudunk fogni, és ezzel kábelt spórolni.

Nagyobb okosházak esetén, a kábelezés miatt nagyon sok probléma szokott kialakulni a kivitelezés során. Annyi elmenő kábel van a padlóban (leginkább a kapcsoló szerelvényekhez), hogy a sok védőcső nem fér el a padlóban, főleg azé elosztószekrény környezetében. Ugyanis, biztosan kell valamilyen gépészeti csövet is keresztezni még a padlóban és még hő- és lépésszigetelés is kellene, egy kis esztrich beton is a burkolat alá, hogy ne repedezzen szét később a burkolat. Ilyenkor a végén 2-4 cm-t általában emelni kell a padló rétegrendjén, amely addig nem nagy probléma, amíg nem többszintes házról van szó, ahol a betonlépcsőn végig vezetni ezt a pár centiméter változást már nagyon nehéz.

Egyre több olyan problémával lehet találkozni, hogy az új energetikai szabályozások miatt, már a fő tartófalak vastagsága egyre inkább lecsökkent, és a külső szigetelés vastagsága növekszik. Elég abszurd, de már lehet olyan megoldással találkozni, hogy a 15cm-es vasbeton főfalat nem engedte megvésni a statikus, azaz nem lehetett benne kábelezni. Ilyenkor nincs más megoldás, amit lehet az aljzatban, illetve földemben, szerencsés esetben az álmennyezetben kell elvezetni és csak a minimális fel- és leállásokat kell függőlegesen levezetni a falakon, azt is kifúrva, a külső szigetelés alatt lehet csak megoldani, majd a szerelvélynél vissza befúrva a süllyesztődobozba.

Összességében elmondható, hogy a LED-es lámpatesteknek köszönhetően, lényegesen lecsökkent az épületekben a világítás elektromos igénye, azonban az új technológiai igények miatt, viszont lényegesen megnőtt a felhasznált kábelek mennyisége.

5.13.6. Létesítési költségek

Talán nem árulunk el titkot, hogyha azt mondjuk, hogy a beruházás többbe fog kerülni, mint a hagyományos szerelési és kapcsolási megoldásnál. Az, hogy mennyivel fog többbe kerülni, attól függ, hogy:

- mit akarunk vezérelni?
- mennyire összetett és sokrétű a kiépítendő vezérlési feladat?
- Van-e gépészeti vezérlési feladat?
- Akarjuk-e egymásba integrálni a rendszereket?
- Akarunk-e távoli elérést, vezérlési lehetőséget?
- Mennyit akarunk áldozni az okoslétesítmény kényelmére?

Ezek a kialakítások mind növelhetik egy bizonyos kiépítettségig a költségeket, azonban van egy határ, ami után már csak minden programozás kérdése. Viszont a

programozásnak is van egy díja, ami természetesen minél nagyobb a rendszer, annál nagyobb, de ez szerencsére általában egyszeri költség, hacsak nem akarunk később változtatni a működési elveken.

Gyakorlati tapasztalatok alapján, családi házak esetében nem beszélhetünk megtérülésnél, akármilyen okos rendszert építünk is ki. Mivel még egy nagy ház esetén sincs annyi fényforrás, eszköz, hogy azok vezérlésével annyi költséget tudjuk belátható időn belül megtakarítani, hogy megtérüljön a rendszer. Várhatóan, hamarabb kell, vagy fogjuk az egész házat teljesen felújítani, mint megtérüljön a kiépített világításvezérlés. Abban az esetben, ha nem esünk túlzásokba, és ugyanaz a rendszer kezeli a világítást, árnyékolást, mint a gépészeti hűtést, fűtést és melegvíz készítést, akkor már lehet megtakarítást elérni, de még mindig 10-20 év között mérhető a megtérülés.

Irodaházak, közintézmények és az ipari létesítmények esetén már a méretből adódóan más a helyzet. Mivel ezekben az épületekben folyamatos munkavégzés, amihez állandó, azaz napközben és éjszaka is kell a világítás, lehet költségmegtakarítást és megtérülést prognosztizálni, belátható időn belül. Ugyan a korszerű LED-es világítással itt is lecsökkent a világítás energiaigénye, de ha egy kis odafigyeléssel tervezzük meg a rendszereket, kihasználjuk a természetesen fényt, a jelenlét-érzékelőket építünk be, további kb. 20% energiát lehet megtakarítani. Ez azt jelentheti, hogy 5-8 éven belül megtérülhet a beépített világításvezérlés. Ha van rá lehetőség, és össze lehet csatolni a világítási és a gépészeti, árnyékoló rendszereket, további energiát tudunk megtakarítani a gépészeti rendszereken is. Természetesen, nagyban függ az adott épületben végzett munkától, üzemidőtől és a bent dolgozók egyéni szokásaitól, igényeitől.

5.14. Épületminősítési és energiahatékonysági rendszerek

Mai világunkban, rohamosan fejlődik minden, napról napra jelennek meg újítások, új találmányok, amelyek hatással vannak életünkre, környezetünkre. Ebben a folyamatos fejlődésben kívántak a jogalkotók egy olyan minősítési rendszert megalkotni, ahol mérhetővé tudják tenni az épületet környezettudatosság, energiatudatosság, valamint az egészség és jólét szempontjából. Ezen szempontok alapján készített minősítések alapján, könnyebben tudnak választani a bérlők, felhasználók, de még a dolgozók is, hogy hol szeretnének dolgozni.

A nemzetközileg elismert szabványoknak való megfelelés segít az építőmérnököknek, az építészeknek és az épületek tulajdonosainak olyan fenntartható épületek kifejlesztésében, amelyek megfelelnek mind a környezetvédelmi, mind a felhasználóbarát megoldásoknak. A denkstatt magas színvonalú szakmai tapasztalatait használja fel az épülettervezés és a projekt megvalósításának különböző szakaszaiban.

Ez magába foglalja a környezeti, gazdasági és szociokulturális dimenziók, valamint a LEED és a BREEAM fenntartható épület- és körzeti tanúsítványok szisztematikus alkalmazását is.

5.14.1. BREEAM

A minősített épületek számát tekintve hazánkban eddig a BREEAM rendszer szerint minősített épületekből van a legtöbb (2018-as adat). Ennek oka többek között az is, hogy az eredetileg 1990-ben az Egyesült Királyságban kifejlesztett rendszer a meglévő épületek minősítésében is nagy sikereket tud felmutatni, hisz külön minősíthető az épület, az üzemeltetés, illetve az épülethasználók környezettudatossága is.

A BREEAM rendszert kifejlesztő és üzemeltető angol építés-kutatási szervezet, a BRE (Building Research Establishment) a minősítési rendszert 2008 óta tette elérhetővé a nemzetközi piacokon is és azóta számos európai országban nemzeti BREEAM rendszer üzemeltető szervezet is létrejött, ami többek között a helyi nyelven való minősítést is lehetővé teszi.

A rendszer 9 kategóriába csoportosítva fogalmazza meg a fenntarthatósági kritériumokat, ezzel holisztikus módon mérve a minősített projekt teljesítményét. A kritériumok jellemzően az Európai, illetve hazai szabványokat követik. Az eltérő súlyozású kategóriák határozzák meg az összpontszámot, ami csillag jelölésű minősítési szinteket eredményez.



66. ábra A BREEAM rendszer minősítési kategóriái

Az új építésű projekteket jellemzően két lépcsőben, a tervezési fázisban (design stage) és a kivitelezést követően (post construction) minősítik, míg a meglévő épületek minősítése egylépcsőben, online felületen keresztül zajlik és éves megújításra is szorul. A minősítéseket minden esetben egy licenszrel és akkreditációval rendelkező BREEAM minősítővel, illetve céggel kell lebonyolítani, aki a minősítói dokumentációkat összeállítja és a minősítói szerv felé benyújtja.

5.14.2. LEED

Az amerikai LEED minősítési rendszer szerint minősített épületek számát tekintve hazánkban és a Közép-európai régióban is a BREEAM után a második legsikeresebb rendszer, illetve az 1998-as bevezetése óta globálisan is az egyik legelterjedtebb rendszernek mondható.

A LEED minősítés részben amerikai szabványokon és azokhoz kapcsolódó követelményeken alapszik, de a nemzetközi alkalmazhatóságot elősegítendő, alternatív (pl. európai) szabványokkal is be lehet bizonyítani a követelményeknek való megfelelést.

A LEED zöldépületértékelő rendszer öt környezeti kategóriába sorolja a különböző követelményeket. Minden minősítendő projektnek teljesítenie kell egy sor előkövetelményt is és a további kritériumoknak való megfelelésség határozza meg az össz-pontszámot, amely minősített, ezüst, arany, illetve platina minősítési szintet eredményez. További értékes pontokat kaphat egy projekt, ha az úgynevezett innováció kategóriában is ér el pontokat olyan környezettudatos megoldásokkal, melyek adott esetben túlmutatnak a minősítési rendszer követelményein.

Az új építésű projekteknél lehetőség van a kétlépcsős minősítési eljárásra, melynél a tervszintű, illetve a kivitelezést követő megfelelésségi anyagok kerülnek benyújtásra. Meglévő épületek minősítése egy lépcsőben zajlik, és a minősítés kiterjed az épületre, annak üzemeltetésére, illetve az épület használói környezettudatosságra is.



67. ábra A LEED rendszer minősítési kategóriái

19. táblázat A BREEAM és LEED rendszer összehasonlítása kategóriák alapján

	BREEAM	LEED
Az értékelés során figyelembe vett főbb szempontok	Menedzsment Egészség és jóllét Energia Közlekedés Víz Anyagok Hulladék Területhasználat Légszennyezés Innováció	Fenntartható helyszín Vízhasználat hatékonysága Energia és légkör Anyagok és erőforrások Belső környezet minősége Innováció és tervezési eljárás
Épülettípusok, tevékenységek, alkalmazhatók vagy amelyekre	Új épület Bővítés Meglévő épület Jelentős felújítás Tartószerkezet és külső határoló szerkezetek	Új épület Bővítés Meglévő épület Jelentős felújítás Tartószerkezet és külső határoló szerkezetek
Minősítési kategóriák	Osztályozás nélkül Megfelelt Jó, Nagyon jó Kiváló Kiemelkedő	Tanúsított Ezüst Arany Platina
Nemzetközi minősítésre alkalmas változatok	Iroda Kereskedelmi Ipari Speciális alkalmazású épület Meglévő épületre (BREEAM-In-Use) Egyedi (Bespoke)	Iroda Kereskedelmi létesítmény belső kialakítás LEED ND Meglévő épületre (LEED Existing Building)
A minősítési eljárás nehézsége, összetettsége	Közepes	Közepes

Mint 19. táblázat mutatja, a két rendszer felépítése és vizsgálati szempontjai hasonlóak. A megadott pontokból nem látszódik ugyan, de villamos szempontból szinte megegyezik. Mindkét rendszer esetén, a felmerülő kérdések egy jól kidolgozott villamos tervdokumentáció, elsősorban műszaki leírás és sémarajz segítségével igazolható.

A vizsgálatok szempontjai:

- Elszámolási mérések: Igazolni szükséges hol kerülnek mérők beépítésre a rendszerben, illetve mindkét rendszer esetén van egy minimum kW érték vagy arányszám a teljes energiaigényhez viszonyítva, mely alatt minden fogyasztót mérni szükséges.

Megjegyzés: A mérési előírásoknak való megfelelést segíti, a Magyarországon hatályban lévő „1/2020. (I. 16.) MEKH rendeletnek, azaz energetikai szakreferens igénybevételére köteles gazdálkodó szervezetek által telepítendő almérők telepítési pontjainak, valamint az almérők alkalmazásával történő mérés minimális követelményeinek meghatározásáról” szóló előírás, mely a 2020-as évre, illetve már a 2021-es évre meghatározott kötelező méréseket adott teljesítményszintre vonatkozóan.

- Külső világítás: Módja és működési elve, reklámvilágítás fénysűrűsége stb. Alapraizon jeleölve a lámpatestek pozícióját, megvilágítás számítás, illetve lámpatest adatlapok csatolása szükséges általában. CIE 150 Technical Report – Guide ont he limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations, illetve a CIE 126 Technical Report – Guidelines for minimizing sky glow nemzetközi szabványoknak megfeleelve.
- Fényszennyezés: Talán ez a legnehezebb és legmunkaigényesebb feladat, melyhez biztosan szükséges igénybevenni világítástechnikai szakembert, hogy teljesítsük és bemutassuk a CIE 150 nemzetközi szabványnak való megfelelést:
 - A szabvány 2.2. és 2.3. táblázatai, a tervezet épületre kerülő lámpatestek fényviszonyait, azok által okozott fényszennyezések, az épület környezetében található más épületre vonatkozó hatásait vizsgálja.
 - A szabvány 2.4. táblázata, a tervezet épületre szerelendő lámpatestek fényviszonyait abból a szempontból vizsgálja, hogy a szórt és reflektáló fények, milyen hatással vannak a környező utakon közlekedő gépjárművek vezetőire. Azaz, milyen mértékben zavarja a gépjármű közlekedést a tervezett világítás.
 - A szabvány 2.5. táblázata, azon lámpatestek fényszennyező hatását vizsgálja, melyek felfelé világítanak.

5.14.3. WELL

A WELL épületminősítő rendszer 2014-ben jött létre. Az észak-amerikai IWBI (International WELL Building Institute) irányítja, a független tanúsítás az IWBI és a

GBCI (Green Business Certification Inc.) együttműködésével történik. Utóbbi egyben a LEED épületminősítő rendszer tanúsító szerve is.

Az elmúlt évtizedben a különböző zöld minősítő és tanúsító szabványok (pl. LEED, BREEAM) fontos lépéseket tettek a zöld épületek, illetve a környezettudatos építési gyakorlatok elterjedéséért. Ugyanebben az időszakban az emberek egészségét és jóllétét javító stratégiák viszonylag kis szerepet játszottak az építési gyakorlatok fejlődésében. A WELL az első olyan holisztikus minősítési rendszer, amely az épületben tartózkodó emberek egészségét és jóllétét helyezi a középpontba. A szabvány tudományos és orvosi kutatásokon alapul, melyek az épített környezet hatásait vizsgálják az emberek életminőségére, produktivitására, szellemi és testi jóllétére.

A WELL tanúsítási rendszert nagyon jól kiegészíti a többi zöld épületet minősítő rendszer: a WELL és LEED értékelését ugyanaz a cég, a GBCI hagyja jóvá, így a követelmények több esetben megegyeznek, a két rendszer harmonizálva van. A WELL a BREEAM minősítőrendszerrel közösen szintén törekszik az egymás közötti átjárhatóság biztosítására, a kritériumrendszerek összehangolására. A minősítés folyamatában ugyanakkor jelentős újdonságok és eltérések is vannak: minden projekthez egy hitelesített WELL Assessort (WELL által tanúsított szakembert) jelölnek ki, aki helyszíni mérések, riportok alapján végzi a tanúsítást, míg a többi tanúsítási rendszert esetében a minősítés online dokumentáció alapján készül, a helyszín ismerete nélkül. Másik lényeges eltérés a kötelező újraminősítés, melyet háromévente kell elvégezni. Az újraminősítés során lehetséges magasabb vagy alacsonyabb fokozat elérése, vagy akár a tanúsítás visszavonása is.

A minősítés néhány évvel ezelőtti megjelenése miatt még kevésbé elterjedt.

AIR	Quality standards including filtration, cleaning protocols, microbe control, material safety
WATER	Testing and monitoring to control public water additives and system contaminants
NOURISH- MENT	Promotion of healthy food options, nutrition labeling, safe food preparation and sourcing
LIGHT	Glare free and circadian lighting design, effects of surfaces & contrast, light quality, daylighting
FITNESS	Active design, enhanced ergonomics, activity incentives, and structured fitness programs
COMFORT	Physical and visual ergonomics; thermal, olfactory, and acoustic comfort
MIND	Organizational policies and transparency, biophilic design, flexible and adaptable spaces

68. ábra A WELL rendszer témakörei

A rendszer összesen 100 kritériumot határoz meg, ezeken belül minimum előírásokat (Precondition), melyeket minden egyes témakörön belül kötelező teljesíteni.

A végső eredményt az ezen felül elért pontszámok optimalizálása adja, így összesen háromféle minősítés megszerzése lehetséges: ezüst, arany és platina. A minimum előírások teljesítéséért ezüst minősítés kapható, az ezen felüli kritériumok 40%-os teljesítéséért arany, míg 80%-ért platina minősítés adható. Ezeken kívül +5 pont szerezhető az olyan innovációs javaslatok teljesítéséért, melyek újszerű módon foglalkoznak az egészség és a jóllét kérdéseivel.

Mint látjuk, külön témakör a világítás a minősítés folyamatában. Mint látható, elsősorban a betervezett világítás emberre való hatásait vizsgálják, mint: csillogásmentesség, cirkadián világítás, fényeffektusok, színvisszaadás/kontraszt, fényminőség és természetes világítás.

A rendszeren belül lehetőség van szerkezetkész projektek, új és meglévő beltérek, valamint új és meglévő épületek minősítésére is. A jelenlegi, v1-es verzió irodaépületeknél alkalmazható, ugyanakkor a kísérleti programok keretében lehetséges oktatási, kereskedelmi és többlakásos épületek, valamint éttermek és ipari konyhák minősítése is. Szeptember eleje óta pedig már épületgyűttesek minősítésére is van lehetőség a WELL Communities program keretében. A minősítési feltételeknek megfelelő tervezést és dokumentációk elkészítését koordinálhatja, segítheti a WELL AP (WELL Accredited Professional), aki egy, a WELL követelményeinek és minősítés folyamatának ismeretéről vizsgával tanúbizonyságot tett szakértő.

5.14.4. GA Energiahatékonysági osztályozás

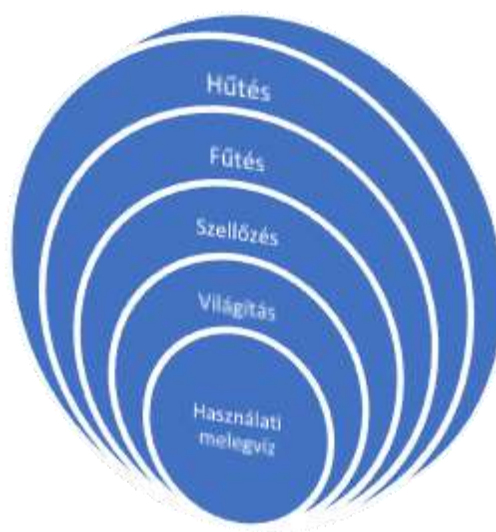
Fontos megemlíteni a témában az épületautomatika rendszereket, amelyek segítségével az üzemeltetési költségek lényeges csökkentése érhető el, annak függvényében, hogy milyen szintű szabályozó-beavatkozó rendszert alkalmazunk az adott épületnél.

Előírások:

- EN 15232 - Épületautomatikai hatékonysági szabvány
- EN15232 - Épületautomatikai hatékonysági szabvány kiegészítés.
- MSZ-04-140/3 – Hőmérsékleti értékek betartása
- Energy Performance of Building Directive (EPBD)

A fejlesztések tekintetében az alábbi megvalósítási sorrend lehet mérvadó:

- Mérünk→ központi adatgyűjtés
- Analizálunk
- Beavatkozunk
- Folyamatos EMC (Energia Monitoring Control) üzemeltetési működtetése.



69. ábra Épületek energiateljesítményéről szóló irányelv

Az épületek energia hatékonysághoz az EU irányelve szerint - Épületek energiateljesítményéről szóló irányelve (EPBD) - a hő- és villamos energia felhasználási területeket kell figyelembe vennünk:

20. táblázat Az EN 15232 szabvány négy különböző GA rendszert definiál

Osztály	Energiahatékonyság (Épületek energetikai teljesítőképessége)
A	<p>Amely megfelel nagy energiahatékonyságú épületfelügyeleti rendszernek és műszaki épületüzemeltetésnek:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hálózatba kötött épületautomatika automatikus igénygyűjtéssel és igény szabályozással ✓ Időzített karbantartási ciklus ✓ Energia monitoring (energia felhasználás folyamatos figyelemmel kísérése) ✓ Fenntartható energia optimalizáció
B	<p>Amely megfelel a továbbfejlesztett épületfelügyeleti rendszernek és néhány speciális műszaki épületüzemeltetés-funkciónak</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hálózatba kötött épületautomatika automatikus igénygyűjtés és igény szabályozás nélkül ✓ Energia monitoring (energia felhasználás folyamatos figyelemmel kísérése) ✓ Nincs fenntartható energia optimalizáció
C	<p>Amely megfelel a standard épületfelügyeleti rendszernek</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hálózatba kötött épületautomatika az elsődleges (primer) berendezéseknél pl.: kazánok, légkezelők csoportban, időjárásfüggő szabályozás ✓ Nincs elektronikus helyiségautomatizálás, csak például termosztatikus radiátor szelepek vannak. ✓ Nincs energia monitoring
D	<p>Amely olyan épületfelügyeleti rendszernek felel meg, ami nem energiahatékony. Az efajta rendszereket modernizálni kell. Új épületeket ilyen típusú rendszerekkel nem lehet építeni.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nincs hálózatba kötött épületautomatika (pl.: csak kazán termosztát van) ✓ Nincs elektronikus helyiségautomatizálás ✓ Nincs energia monitoring

Mint látjuk, a besorolás szerves része az energiamérés és a szabályozás, amelynek szerves része a világításvezérlés. Az EN 15232 középpontjában az energia hatékonyság funkcióinak meghatározása és a (GA) épületfelügyeleti rendszerek lehetséges megvalósítási módjai állnak. Az energiamegtakarítás alapját ezen funkciók összessége fogja meghatározni.

- Fűtési-Hűtési üzem szabályozása
- Szellőzés üzem szabályozása
- Világítás vezérlések
- Az épület folyamatos energia monitoring

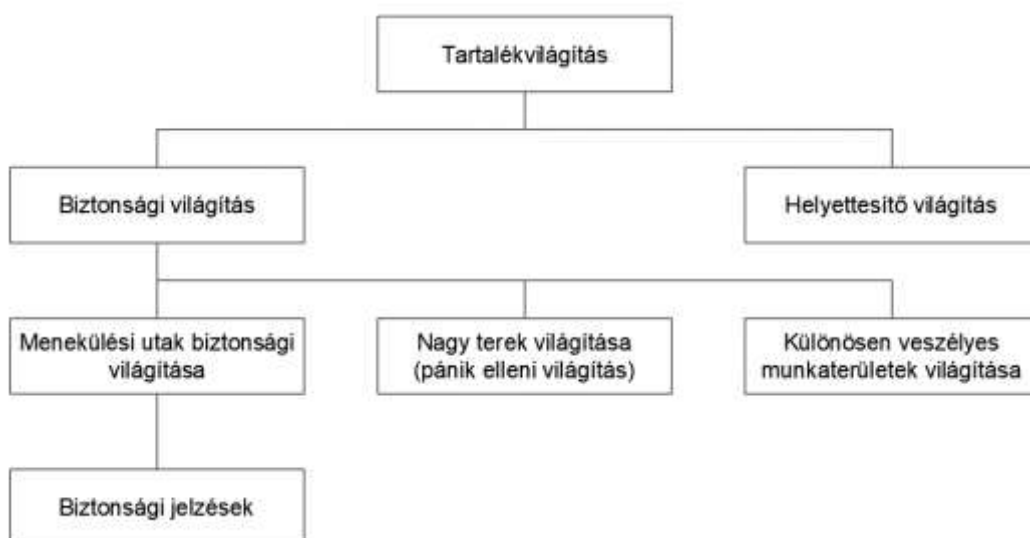
Következőkben felsorolt, komfortmegoldások, egy közös központi felügyeleti és vezérlő rendszerbe összefogva, tudják kifejezni az egész épületre vonatkozóan hatásukat és tudnak a leghatékonyabban működni:

- ÉPÜLETGÉPÉSZETI AUTOMATIZÁLÁS
- VILÁGÍTÁS
- ÁRNYÉKOLÁS
- IDŐJÁRÁSKÖVETŐ MŰKÖDÉS
- ÜZEMELTETÉS, KARBANTARTÁS
- ENERGIAMENEDZSMENT
- KAPCSOLAT AZ ÉPÜLET EGYÉB RENDSZEREIVEL
- BIZTONSÁGI VILÁGÍTÁS
- BELÉPTETŐ RENDSZER
- ELEMZŐ ÉS ÁLLAPOTJELZÉS RIPIORTOK
- IRODASPECIFIKUS MEGOLDÁSOK

5.15. Tartalékvilágítás

A tartalékvilágítás működtetésére, a normál (üzemi) világítás táphálózatának kiesésekor kerül sor, ezért ettől a táphálózattól független áramforrásról kell működtetni.

A mindennapi szóhasználatban, nagyon sokan összekeverik, és az üzemi világítás mellett, a „biztonsági világítás” kifejezést használják tévesen, a tartalékvilágítás helyett. A vonatkozó MSZ EN 1838 szabvány értelmében, a tartalékvilágítás gyűjtőfogalom, amely több, speciális világítási módot ölel fel, az 50. számú ábrán bemutatottak szerint.



70. ábra Speciális világítási módok

A menekülési utakon lévő biztonsági jelzések biztonsági világításának az a célja, hogy megfelelő látási feltételeket és irányfelismerést teremtsen, elősegítve ezzel a tájékozódást és a menekülési utak könnyű felismerését és használatát. Mindennapokban megkülönböztetünk:

- **kívülről megvilágított biztonsági jelzést**, amelyet szükség esetén külső fényforrással világítanak meg.
- **belülről megvilágított biztonsági jelzés**, amelyben szükség esetén belső fényforrás világít.

A **helyettesítő világítás**, a tartalékvilágítás azon része, amely a szokásos tevékenység elvégzését teszi lehetővé.

A felsorolt tartalékvilágítási rendszerek mindegyikének működéséhez, valamilyen tartalék áramforrásra van szükség. Tartalék áramforrásról beszélhetünk másodlagos hálózati betáplálásról vagy szünetmentes berendezésekről, mint diesel aggregátor vagy UPS. Mivel a másodlagos hálózati betáplálás üzembiztonságát, min. 1 órás folyamatos rendelkezésre állását nem lehet garantálni, ezért a gyakorlatban tartalékvilágítás tápellátás céljából, csak a szünetmentes berendezéseket használjuk. Általános szabvány előírás / elvárás, hogy a biztonsági világítás, az előírt megvilágítás 50%-át 5s alatt, az előírt megvilágítás 100%-át 60s alatt érje el. Ennek a feltételnek csak a diesel aggregátorral nem tudunk megfelelni, hiszen annak van egy indítási folyamata, mely során míg eléri azt az üzemállapotot, hogy a terhelést át tudja venni, meghaladja az előírt időtartamot. Az UPS berendezés tulajdonképpen egy szinte azonnal rendelkezésre álló tápforrás, melynek működése, csak az átkapcsolás időtartamától függ, amely beállítástól függően 1-5s között biztosítható.

A gyakorlatban sokáig az általános világításba épített kis szünetmentes tápegységekkel biztosították a működést, azonban a sok kis inverter karbantartása, ellenőrzése és 2-3 évenkénti cseréje jelentős üzemeltetési költséget jelentett. Ezért nagyobb épületek és rendszerek esetén, a központi szünetmentes rendszerek kezdtek teret nyerni. Itt már egy nagyobb akkumulátor telepet kellett elhelyezni, mely biztosította az előírt működési időt. Az üzemeltetés ezeknél a rendszereknél lényegesen egyszerűbb és olcsóbb lett, hiszen megfelelő hőmérséklet tartás mellett, csak 10 évente kellett az akkumulátorokat cserélni. Azonban, mivel 220V-os egyenfeszültséget szolgáltatott a rendszer, tűz- és életvédelem miatt, a központi rendszerektől, az adott tűzszakaszig, vagy az abban lévő első lámpatestig, funkciótartó (tűzálló) kábelezt, kellett kiépíteni. Így már a központ, illetve a funkciótartó kábeleztés miatt, már egy lényegesen drágább beruházási költség merült fel a rendszerre vonatkozóan. Ma már jellemzően törpefeszültségű 24V-os és 48V-os kis központokat lehet használni, köszönhetően a LED-es lámpatestek megjelenésének, ezáltal az egységteljesítmények

lecsökkenésének. Így továbbra is biztosított a gyors és biztonságos működés az előírt időtartamra, azonban nem kell külön hűtött helyiséget kialakítani, illetve nincs szükség a funkciótartó kábelezésre sem. Elmondható, hogy ma már egyszerű, kis világítási rendszereket létesítünk a tartalékvilágítás ellátására, amely költséghatékony beruházást és üzemeltetést biztosít, megfelelő biztonság mellett.

Megjegyzendő, hogy tervezőként mindig a biztonságra törekszünk. Ezért amennyiben létesül az épületben másodlagos vagy diesel aggregátoros hálózat, a tartalékvilágítás rendszer normál betáplálását ezeken keresztül is biztosítjuk, ezzel növelve az üzembiztonságot.

A tartalékvilágítás céljából alkalmazott lámpatestek üzemideje előre kalibrált, illetve ma már a világítási funkciónak megfelelő optikával vannak ellátva. A látási területen ellátandó funkciónak megfelelően, a biztosított megvilágítási értékek szabványban rögzítettek.

5.16. Tartalékvilágítás kialakításával és energiaellátásával kapcsolatos követelmények

Ahhoz, hogy az előző fejezetben ismertetett tartalékvilágítási rendszerek a jogszabályok által megkívánt módon működjenek, a létesítést, ellenőrzést és a karbantartást az MSZ EN 60598-2-22, MSZ EN 50172 és az MSZ EN 62034 szabványok előírásai alapján kell elvégezni.

A tartalékvilágítási rendszer kialakításakor, a lámpatestek élettartama során fellépő legrosszabb feltételeket kell alapul venni (pl. legkisebb fényáram, legnagyobb káprázás). Menekülési útirányt jelző rendszerben alkalmazhatóak azok a lámpatestek, amelyek fénytechnikai jellemzője a jogszabályban előírt áthidalási idő végén is megfelel a vonatkozó műszaki előírásban rögzítetteknek (pl. a fénysűrűség az előírt működési idő alatt $<2 \text{ cd/m}^2$).

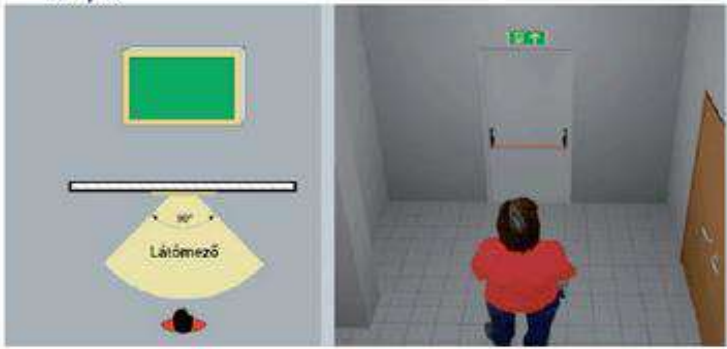
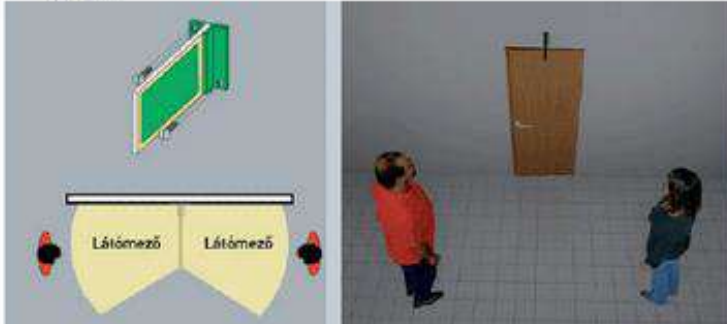

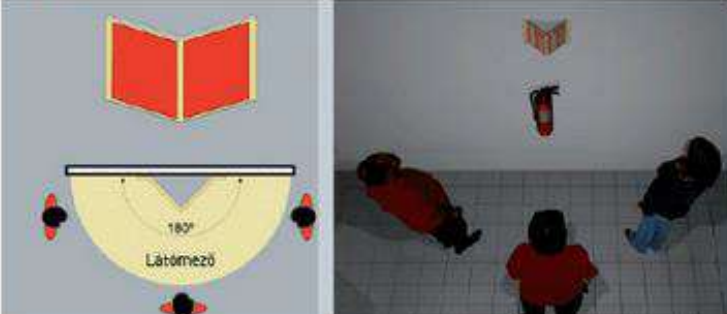
A kiürítési folyamat végrehajtásához szükséges látási feltételek megteremtéséhez kell a teret megvilágítani. A jelzéseket, amelyeket minden vészkijárat és a menekülési utak mentén is el kell helyezni, meg kell világítani, hogy egyértelműen megjelöljék a biztonságos helyig vezető menekülési utat. Az MSZ EN 1838 szabvány szerint, ez a követelmény akkor teljesül, ha a világítást szolgáltató lámpatesteket a menekülési utak biztonsági jelzéseit legalább 2 m-re a padlószint felett szerelik fel. Gyakorlati szempontból, a látás megkönnyítése érdekében, a biztonsági jelzések ne legyenek a jelzés legnagyobb felismerési távolságánál, a vízszintes nézési iránytól számított 20°-nál magasabban felszerelve.

A biztonsági jelzések elhelyezésére, az OTSZ és a 7.4-es sorszámú TvMI – (Villamos berendezés, villámvédelem és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem) ad iránymutatásokat, meghatározásokat.

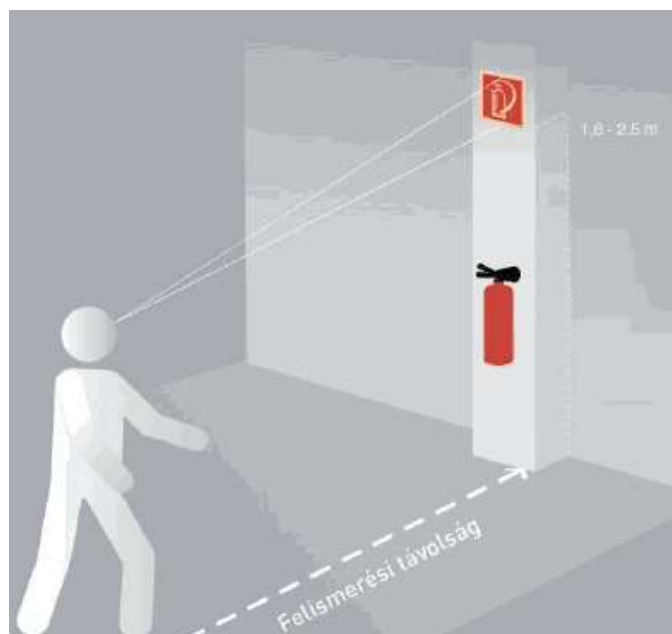
Az OTSZ 152. § (1) bekezdésében foglalt követelmények teljesítésére mutatnak be megoldásokat az 51., 52, 53. ábrák:



71. ábra A menekülési jel elhelyezése

Ábra	Leírás
<p>1. Típus</p> 	<p>Sík jel fallal párhuzamos felszerelése.</p>
<p>2. Típus</p> 	<p>Falra merőlegesen szerelt kétoldalas jel.</p>
<p>3. Típus</p> 	<p>Mennyezetre függesztett, kétoldalas jel.</p>
<p>P. Típus</p> 	<p>Panoráma jel, ez biztosítja a legjobb láthatóságot.</p>

72. ábra A biztonsági és menekülési jel elhelyezésének változatai



73. ábra A tűzvéelmi jel rögzítési magassága az OTSZ 149. §-ban foglalt követelményeknek megfelelően

A kívülről vagy belülről megvilágított menekülési jeleknek minden esetben olyan piktogramoknak kell lenniük, amelyek a menekülési útvonal irányát egyértelműen megjelölik.

Az MSZ EN 1838 szabvány szerint kiemelendő területek a világítási eszközök elhelyezése szempontjából:

- a) minden vészhelyzetben használandó kijárat ajtó közelében;
- b) lépcsők közelében;
- c) bármilyen egyéb szintváltozás közelében;
- d) menekülési utak közelében;
- e) menekülési utak kívülről megvilágított biztonsági jelzései, menekülési utak irányjelzései, egyéb olyan biztonsági jelzések, amelyeket tartalékvilágítás esetén meg kell világítani;
- f) minden irányváltozás helye;
- g) a folyosók minden kereszteződésének helye;
- h) az utolsó kijárat közelében, és az épületen kívüli biztonságos hely;
- i) minden elsősegélyhely közelében úgy, hogy a mentődoboznál legalább 5 lx vertikális megvilágítás legyen;

- j) minden tűzoltó készülék és kézi jelzésadó készülék közelében úgy, hogy a tűzriasztás kézi jelzésadóinál, a tűzoltó készülékeknél és a tűzvédelmi panelnél legalább 5 lx vertikális megvilágítás legyen;
- k) a mozgáskorlátozottak részére kialakított menekülési berendezések közelében és;
- l) a mozgáskorlátozottak részére kialakított menedékhely és vészjelzők közelében. Idetartoznak a mozgáskorlátozottak részére kialakított menedékhelyek kétirányú kommunikációs rendszerei is, beleértve a WC-kben elhelyezett vészhívók helyét is.

A biztonsági világítás, biztonsági jelzések és a menekülési útirányt jelző rendszer alkalmazására, kialakítására és elhelyezésére, az 54/2014 BM rendelet XIII. fejezet – Villamos és Villámvédelmi berendezések 76. alfejezetének 146.§ - 153.§-ig tartó pontjai adnak részletes tájékoztatást. Ezért itt most ezeket nem soroljuk fel, csak néhány egyéb jogszabályi követelményt (villamos TvMI 7.4), illetve a mindennapokból érkező gyakorlati kialakítási tapasztalatot szeretnénk megosztani:

- m) A biztonsági világításnak nemcsak teljes hálózatkieséskor, hanem az üzemi világítás részleges kimaradása esetén is be kell kapcsolnia, A világítási áramköröket tartalmazó elosztókba, vagy részterületek ellátását biztosító áramkörökhöz feszültségfigyelőket (az áramköri kismegszakítókhoz segédérintkezőket) kell beépíteni, amik figyelik a hálózat kiesését és jelzést adnak a központi akkumulátoros biztonsági világítás bekapcsolására. Saját akkumulátoros biztonsági világítás esetén szintén biztosítani kell a működést (feszültségfigyeléssel, az áramköri kismegszakítókhoz segédérintkezőkkel, vagy a biztonsági világítás áramköri leágazásának megfelelő elhelyezésével).
- n) Olyan területeken, ahol az üzemi világítást hosszú felfutású és visszagyújtási idejű fényforrást tartalmazó (pld. nagynyomású fémhalogén és nátrium lámpák) lámpatestekből áll, melyeknek a begyújtási ideje hosszú és csak a kihűlés után gyújtanak újra, a biztonsági világításnak annyival tovább kell működnie, míg a fényforrások biztonsággal újra gyújtanak.
- o) Központi akkumulátoros biztonsági világítási áramkörre elhelyezhető biztonsági világítás lámpatest vagy kívülről vagy belülről megvilágított menekülési jelet tartalmazó lámpatest darabszáma – az alkalmazott rendszereknél általában - 20 db lehet (ettől el lehet térni, de az a telepített rendszer külön vizsgálatát teszi szükségessé, és a felügyeleti rendszer

működését külön igazolni szükséges). Ez a korlát felügyeleti rendszer alkalmazásából adódik:

- hurokfelügyelet esetén az áramkör áramfelvételét figyeli a rendszer, és az áram-felvétel százalékos változása adja a jelzést
 - címzett felügyelet esetén a címző áramkör max. 20 db lámpatest felügyeletét tudja ellátni
- p) Központi akkumulátoros biztonsági világítási rendszerek kiépítése során egy adott tűzszakaszon belül a lámpatestek táplálására a jogszabály előírásai szerint előírt működőképességüket megtartó kábeleket és vezetékeket kell használni. A tűzálló kábelrendszer helyett a vonatkozó műszaki előírásban javasolt megoldás (a lámpatestek „fésűs” (két - normál kábelezéssel szerelt - áramkörről, felváltva történő) megtáplálása jogszabálytól való eltérés nélkül nem alkalmazható.
- q) A legfeljebb 2 m széles menekülési utak középvezetében, a padlószinten horizontálisan mért megvilágítás ne legyen 1 lx-nál kisebb. Legalább az út félszélességének megfelelően középső sávban a megvilágítás sehol ne csökkenjen ezen érték 50%-a alá. A szélesebb menekülési utak, több 2 m-es sávként kezelhetők, vagy a nagy terek (pánik elleni) világításával lehet ellátni.
- r) A legkisebb és a legnagyobb világítás aránya (az EN 12665 szerinti *Ud* érték) a menekülési út középvezetében legalább 1:40 legyen.
- s) A látást rontó (fiziológiai) káprázást a látótérben lévő lámpatestek fényerősségének korlátozásával kell kis értéken tartani.
- t) A biztonsági színek felismerése érdekében, az alkalmazott fényforrások színvisszaadási indexe, *Ra* legalább 40 legyen. A lámpatest ezt az értéket ne rontsa jelentősen.
- u) A biztonsági világításnak a menekülést szolgáló működési ideje legalább 1 óra legyen.
- v) A biztonsági világítás, minden esetben az előírt megvilágítás 50%-át 5s alatt, az előírt megvilágítás 100%-át 60s alatt érje el.
- w) Nagy terek/menekülési utak világítása: ha egy helyiségben biztonsági világítás szükséges, és a helyiség nem csatlakozik a szomszédos tűzszakasz menekülési útjához, akkor a köztük lévő menekülési utat is meg kell világítani.

Mi a helyzet a valóságban?

Ha tartalékvilágításról beszélünk kisebb létesítmények esetén, a Megrendelő és a Kivitelező is az egyszerű és olcsó megoldást szereti előnyben részesíteni. Kitűzött cél minden esetben, hogy feleljünk meg az előírásnak és vegye át a hatóság az épületet a használatbavételi eljárás során.

Ebből az egy mondatból minden kiderül! Láthatjuk, hogy nem egy gondos Megrendelőről van szó, számára nem elsődleges szempont a biztonság. Csak a beruházási költség a fontos, a későbbi üzemeltetési feladat és annak költsége már nem. Ez lehet azért, mert eladásra készül a létesítmény, vagy csak az elkövetkező 10-15 évben úgy gondolják nem lesz szükség karbantartásra, úgyis működik még minden, hiszen „új még”. Még egy nagyobb bérbe vagy eladásra épülő létesítmény esetén se gondolkoznak előre sajnos. Látjuk, hogy ma egy eladás vagy egy nagyobb bérlő esetén, milyen auditok, átvilágítások készülnek. Szinte minden leendő vevő, vagy bérlő felteszi kérdésként és pontozással súlyozza az egész projekt szempontjából, a kiépített tartalékvilágítási rendszer típusát, fajtáját.

Sajnos itt szoktak kezdődni a problémák, majd a kivitelezés során a kivitelező megpróbál tovább olcsósítani. Részben a betervezett tartalékvilágítási rendszerek, lámpatestek kiváltásával, részben pl. elhagy biztonsági és/vagy irányfény lámpatesteket pl. szociális blokkokból. Utóbbi esetben arra hivatkoznak, hogy a szociális blokk nem számít nagy térnek, se menekülési útvonalnak, így nem szükséges biztonsági vagy pánik elleni világítás. „Különben is, az ajtó fölött lévő irányfény olyan lesz, hogy ad annyi fényt, hogy ki fog találni!” Ez részben igaz is lehet, de egy picit nagyobb szociális blokk esetén már mi a helyzet, ahol esetleg több tagoltság is van a helyiségben? Ráadásul pont egy szociális helyiségben tartózkodhatnak olyan személyek (vendégek) akik nem rendelkeznek helyismerettel, így nekik nehézkes és időigényes lehet a kijutás.

Szintén mindig kivitelezői javaslat, hogy a betervezett központi akkumulátoros rendszert, váltsuk ki saját akkumulátorosra. Ezzel megspórolják a központot, a részére kialakított helyiséget és annak hűtését, illetve 230V-os rendszer esetén funkciótartó kábelezést. Beruházás szempontjából ez mind igaz, ugyanakkor számtalan probléma van vele utólag!

- Ha a normál világítási lámpatestet használjuk fel biztonsági világítás céljából, ellenőrizni, újra méretezni szükséges a megvilágítási értékeket helyiségekben és a menekülési útvonalakon, ugyanis a normál világítási lámpatest főleg fénycsöves és kompakt fénycsöves fényforrás esetén, a normál fényáramnak

kb. a 10%-át adja csak le akkumulátoros üzemben. Ezzel sajnos nagyon sokan nem számolnak!

- A saját akkumulátoros rendszer akkumulátorait ugyanúgy karban kell tartani, és az előírások szerint 2-3 évente cserélni szükséges. Sajnos tovább nem tudják garantálni az előírt 1 órás üzemidőt már.
- Saját akkumulátoros rendszer esetén, havonta egyesével kell végigellenőrizni a lámpatestek működőképességét és jegyzőkönyvezni kell, amihez kell karbantartó személyzet. A központi rendszer esetén ezt kioktatott személy, a központon egy gondnyomás segítségével lekérheti. Probléma esetén, a hibás lámpatest beazonosítása lényegesen egyszerűbb, hiszen vagy pontos címzés alapján, vagy hurokfelügyelet esetén, terület alapján könnyen beazonosítható.
- Amennyiben a saját akkumulátoros rendszer központi felügyelettel kerül kiegészítésre, abban az esetben minden lámpatestet fel kell fűzni egy buszkábelen keresztül. Ebben az esetben ki kell építeni egy gyengeáramú kábelt, amelynek a kiépítése és a szakadása is okozhat problémát. Azonban, ma már az ilyen rendszer bekerülési költsége megegyezik a 24V-os vagy a 48V-os központi akkumulátoros rendszer költségével. Utóbbi esetben modern és korszerű rendszert kapunk, az előzőleg felsorolt problémák elkerülésével.

Természetesen a központi akkumulátoros rendszernek is megvannak a hátrányai. A nagyobb 230V-os rendszerek esetén, amelyek egy főközpont és esetleg több alközpont kialakításban kerülnek telepítésre, valóban sok funkciótartó (tűzálló kábelt) igényelnek. Biztonság szempontjából ez ugyan megnyugtató, azonban költséges kialakítás. Valamelyest lehet csökkenteni a funkciótartó kábelezésen, a központ és az alközpontok felszálló aknák közelében való elhelyezésével. Illetve van egy olyan engedmény, hogy a több tűzszakaszon történő átvezetés esetén, a megtáplálандó tűzszakaszhatáráig, vagy az abban elhelyezett első lámpatestig kell a funkciótartó kábelezést kiépíteni, onnantól hagyományos kábelezés készülhet a tűzszakaszon belül. Ezt minden esetben egyeztetni szükséges az illetékes Tűvédelmi Hatósággal és jóvá kell hagyatni. Megjegyzendő, hogy a kötésnek minden esetben a tűzszakasz határon belül kell lennie, és funkciótartó kivitelben kell készülnie.

Szintén fontos tűzvédelmi követelmény, hogy amennyiben a kialakított központi akkumulátoros rendszer biztonsági tartalék ellátási funkciót tölt be (már pedig igen), akkor az előírt tűvédelmi besorolásnak megfelelő védett helyiségben, vagy aknában kell elhelyezni.

A LED megjelenésével, ahogy már előzőleg írtuk a tartalékvilágítási rendszer is sokat egyszerűsödött:

- kisebb egységteljesítmények jelentek meg,
- a normál világítástól elkülönült a tartalékvilágítási rendszer
- könnyebb üzemeltetni és karbantartani a lámpatesteket,
- a LED-es lámpatestek és a gyári optikák alkalmazásával, csökkent a tartalékvilágítási lámpatestek száma, kisebb akkumulátor egységek kerülnek telepítésre, nincs szükség külön helyiségre és hűtésre a rendszer részére,
- a LED-ek használatával, megnőtt a rendszer élettartama is.

5.17. Világítás korszerűsítés

Az elmúlt szűk 10 évben robbanásszerű fejlődés és egyben megújulás is indult el a piacon a LED-ek megjelenésével. Mára számtalan energetikai pályázaton vagyunk túl, amely során sok, elsősorban középület világítása újult meg, a gépészeti rendszerekkel párhuzamosan.

A világítás korszerűsítésnek számtalan előnye van, amely nem megfelelően kezelt az üzemeltetők és a karbantartók, illetve a tulajdonos részéről sem.

- A régi hagyományos, nagy egységteljesítményű lámpatestek lecserélése korszerű, kis energiafelhasználású LED világítótestekre. Ennek eredményeként, szinte minden épület esetén több 10kW-os nagyságrendű teljesítménymegtakarítást értek el. Ezt tovább növelte, a gépészeti rendszerek cseréje, új korszerű és kisebb energiaigényű gépekre. A felszabadult energiakontingens a legtöbb épület esetében ottmaradt, nem kezdtek vele semmit! Sőt ma már feltettek mellé napelemes rendszereket is, amely középületről lévén szó, munkaidőben, azaz csúcsidőben szintén plusz energiaellátást biztosít az épületnek, tovább növelve a megtakarítást. Szinte minden esetben módosítani kellett volna a meglévő áramszolgáltatónál lekötött kapacitás mennyiségét.
- Mivel a legtöbb pályázat, csak lámpatest cseréről szólt, így a régi lámpatestek helyére kerültek felszerelésre az új lámpatestek. Az új LED-es világítótestek fényhasznosítása lényegesen nagyobb, ezáltal a biztosított megvilágítási értékek is nagyobbak. Sok esetben ez a terek túlvilágítását okozta. Forrás hiányában, nem lehetett újra kábelezni a helyiségek világítását, hogy esetleg több körre bontva lehessen kapcsolni, fény- és jelenlét érzékelővel kiegészíteni, fényáram szabályozást kiépíteni stb., hogy a megvilágítási értékeket a szabványos értékre korlátozzuk.
- A pályázatoknak köszönhetően, a létesítmények költséget takarítottak meg a karbantartás és az energiafelhasználás csökkenésének köszönhetően, amelyet ma már az elmaradt kábelhálózat, vezérlés stb. korszerűsítésére

lehetne használni. Már egyre kevésbé vannak ilyen pályázatok, illetve a piaci szereplők is szeretnék korszerűsíteni. Így a teljes rendszer megújítását, a költségmegtérülés számításokra alapozva végzik. A karbantartási alapból és az energiamegtakarítási alapból évekre visszszámolva határozzák meg a megtérülést és a rendszer felújítására vonatkozó költségkeretet.

Sajnos a világítás korszerűsítés, gyors LED-esítés eredményeként számtalan probléma is előkerült, amelyek megoldásával számtalan épület még ma is küzd, hiszen további költséget jelent ezek elhárítása.

- Ahogy az előzőekben említésre került, az energetikai pályázatok, a legtöbb esetben csak lámpatest cserére vonatkoztak, vezetékek cserére nem. Azon túl, hogy a régi alumínium vezetékek sok esetben megtörték az átszerelés során, egy sokkal nagyobb problémával is szembesülni kellett. Ugyan az új LED-es világítótestek egységteljesítménye töredéke a régi lámpatestekének, így ez nem okoz problémát, azonban az új világítótestek indítási árama igen. Sok ipari létesítményben, iskolában, egyterű irodában, nem tudják miért van, hogy amikor felkapcsolják a világítást, lekapcsolja a kismegszakítót az elosztóban. Hívják a karbantartót, villanyszerelőt, aki a probléma gyors megoldására, kicseréli a védelmet 2-3x nagyobb értékre. Ez ugyan várhatóan megoldja a problémát, de egy régi, előregedett elosztóba, amely nem erre az áramerősség értékekre lett méretezve, könnyen lehet tűzeset a végeredmény.
- Napjainkban a világítási rendszerek szinte már minden új beruházás során energiatakarékos LED fényforrásokat tartalmaznak, amelyek kapcsolóüzemű tápegységeik miatt nemlineáris fogyasztók, ezért terhelésük kapacitív és felharmonikus zavarforrásnak is tekinthetők. Ugyanez elmondható a modern frekvenciaváltós hajtással ellátott motorokra is. Utóbbi esetén, sajnos szintén tovább rontja a helyzetet a magyarországi tendencia, azaz a költségspórolás, amelynek eredményeként nem, vagy nem a legkorszerűbb szűrőket építik be a motoros hajtásokhoz. A hálózatra való visszahatás eredménye a jelalakok torzulása, melyek véletlenszerű hálózati hibákhoz és veszteségekhez vezetnek. Ezért jelenleg az épületek esetében, az egyik legnagyobb kihívást a villamos hálózatok zavarforrásainak és meddőteljesítményének beazonosítása jelenti.

Mit is jelentenek ezek a valóságban?

Az imént említett energetikai pályázatok és a költségmegtakarítások eredményeként, mindenhol igyekeznek a meglévő hagyományos lámpatesteket, új korszerű LED-es világítótestekre cserélni, vagy már alapból azzal megépíteni. A gyakorlatban több olyan probléma is felmerült az utóbbi időben irodaházak és múzeumok esetén is, hogy az

áramszolgáltató mérése, jelzése alapján nagy a meddő termelése az épületnek, ha nem változtatnak azonnal, bírságot kell fizetnie a tulajdonosnak. Beruházó, üzemeltető és a kivitelező is azonnal a tervezőre mutat, hogy Ő a hibás!

Feszülten, de elindul egy probléma kutatás. Van olyan irodaház, ahol nem kapcsolnak be az újonnan beépített hagyományos fázisjavító berendezések. A betápláláson lévő 2000A-es megszakító berendezés védelmi egységét kiolvassuk, tapasztalható, hogy a maximális átfolyó zárlati áram 3160A, a megszakítók síncsatlakozói elszíneződve, valószínűsíthetően a túláramok miatt, azonban téves leoldás nem történt a főelosztóban. Nehéz azonnal megmondani mi a probléma? Ilyenkor már be kell vonni a gépészt is, mert biztos az ő gépei okozzák. Sajnos ilyen esetben nincs mit tenni, végezni kell egy folyamatos, min. 2 hetes terhelésmérést a főelosztón, megpróbálni visszavezetni az elsődleges hibaforrásra, amely szinte minden esetben az említett motoros hajtású gépészeti berendezések, (ahol nincs beépítve a megfelelő szűrő), illetve a LED-es világítás. A szűrők utólagos beépítésével, sokat lehet javítani a helyzeten, de teljesen nem oldja meg a problémát, ezért legalább a főelosztóba be kell építeni aktív felharmonikus szűrőket. Sajnos ez egy drága berendezés, de ha nem akar bírságot fizetni a felhasználó az áramszolgáltatónak, muszáj beépíteni.

Általában felmerül, hogy akkor ez most kinek is volt a hibája, ki viselni a költséget, de egy józan gondolkodású beruházó belátja, hogy Ő akart energiatakarékos megoldásokat beépíteni, de nem biztos, hogy a legkorszerűbb lámpákat építette be, ahogy a gépészetbe se a legjobb szűrőket. A tervező ezzel nem igazán tud ma se számolni, és jelenleg a piacon elérhető hálózatszámító szoftverek sem. Két dolgot tehet a villamos tervező:

- A tervek készítése során jelzi a várható problémát, és előre mutatóan, kiépíti az aktív szűrő részére is egy leágazást a főelosztóban (betáplálási pontonként) a szükséges áramváltóval együtt.
- A hálózatfelújítás, vagy új hálózat tervezése esetén kalkulált hagyományos fázisjavító berendezéseket (kondenzátorok = kapacitív) nem kell a kivitelezés időpontjában beépíteni. A várható nagyságot be kell tervezni, ki kell írni költségvetésben, a leágazást ki kell építeni a főelosztóban, azonban a berendezést csak akkor érdemes megvásárolni, ha az épület közel teljes kapacitással üzemel. Ilyenkor lehet végezni egy 2 hetes folyamatos terhelésmérést, amelynek eredményeként kell megvásárolni a szükséges kapacitív vagy induktív fázisjavító berendezést, a szükséges méretben.

Ipari környezetben hasonlóan találni ilyen problémákat, csak általában nagyobb egységteljesítményű LED világítótestek vannak beépítve, melyek indítási árama még nagyobb.

Kültéren és közvilágításban jelentős energiamegtakarítást érhetünk el a LED-es világítótestek alkalmazásával, azonban itt is érdemes figyelni az indítási áramokra. Ha Budapest esetében megnézzük a BDK Kft. és a Főváros által kiadott Mestertervet, láthatjuk, hogy annak ellenére, hogy pár kW energiaigénye van egy-egy dísz- vagy közvilágítási rendszernek, mégis minden csatlakozó elosztó első túláram-védelmének min. 3x50A-nek kell lennie. Ez egy megelőző intézkedés, hiszen nem lenne szerencsés, ha ezek a kapcsolás során fellépő indítási áramok megjelenének az áramszolgáltató hálózatán és ott okoznának problémát.

5.18.EKR – Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer

Nemrég megjelent új EKR rendelet, amelynek célja, hogy támogassa azokat az energiahatékonysági beruházásokat, amelyek segítségével csökkenthető hazánk széndioxid kibocsátása. A fogyasztók által elért energiamegtakarításokat auditorok ellenőrzik és tanúsítják, majd ezek az ún. fehér tanúsítványok vagyoni értékű jogként értékesíthetővé válnak a kötelezett energiakereskedők számára. Ezen keresztül pedig forrást biztosítanak a beruházásokhoz.

A rendelet hivatkozik, több előző rendeletre, mint pl. a Biztosság (EU) 2019/2020 rendeletére, amely a fényforrások és különálló vezérlőegységek környezettudatos tervezésére vonatkozó követelményeknek, a 2009/125/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti megállapításról szól. Ez a rendelet foglalkozik a világítástechnikai eszközök, többet között a fényforrások és vezérlőegységek környezettudatos tervezésével, megfelelőségével.

A lényegesnek tekintett és számszerűsíthető környezetvédelmi jellemzők tekintetében az alábbiakban megjelölésre kerül az e rendelet hatálybalépésének időpontjában a piacon elérhető legjobb technológia.

A hasznos fényáramra alapuló hatékonyságot alapul véve a fényforrások tekintetében az alábbiak a piacon elérhető legjobb technológiák:

- Nem irányított fényű hálózati fényforrások: 120–140 lm/W
- Irányított fényű hálózati fényforrások: 90–100 lm/W
- Irányított, nem normál hálózatról (UPS, diesel, napelem stb.) működő fényforrások: 85–95 lm/W
- Lineáris fényforrások (csövek): 140–160 lm/W

A különálló vezérlőegységek tekintetében a piacon elérhető legjobb technológia energiahatékonysága 95 %.

Egyes termékek esetében a speciális elvárások (például fokozott színvisszaadás) miatt ezek a referenciaértékek nem feltétlenül érhetőek el.

A fényforrások és a különálló vezérlőegységek tekintetében a piacon elérhető legjobb technológia egyáltalán nem tartalmaz higanyt.

Mint az előírásokból látható, egyre emelik a fényforrások fényáramával, ezáltal a fényhasznosításukkal szembeni elvárásokat. Ezeknek a követelményeknek egyre inkább, csak a jobb, minőségi gyártók fognak tudni a jövőben megfelelni.

6. Energiagazdálkodási megfontolások a világítástechnika területén

Az Európai Unió Ecodesign direktívái alapján a kevésbé hatékony, azaz kis fényhasznosítású fényforrások kivonása, eleve energia megtakarításra kényszeríti a felhasználókat. Az energiagazdálkodást a világítástechnika területén is a rendszerszemlélet alapján kell elemezni, a kölcsönhatásokat is figyelembe kell venni. A világítási eszközök által felvett energia közel teljes mennyisége fénnyé, hővé és zajjá alakul át, amely eloszlik az épületben. Ezért, ha a világítási rendszer által felhasznált energia mennyiségét csökkentjük azáltal, hogy jobb fényhasznosítású fényforrásokat, illetve világítótesteket használunk, az épületbe jutó hő mennyisége is csökkenni fog. Ez a hatás nyáron a hűtési, télen a fűtési hőfelhasználásban fog megjelenni. A tapasztalat azt mutatja, hogy a nyári hűtési hőszükséglet és ezzel párhuzamosan a légkondicionáló berendezések energiafelhasználása jelentős mértékben csökkenhet energiatakarékos rendszerelemek használatával. Ugyanakkor télen kisebb lesz a belső hőtermelés, ami a fűtési hőszükséglet növelését igényli. (A rendszerint elektromos légkondicionálás sokkal költségesebb, mint a gáz alapú fűtés, és ráadásul az év nagyobb részében is üzemel, ezért a nagyobb hatásfokú világítási rendszer telepítése után a kisebb mértékű légkondicionálás elektromos energiamegtakarítása rendszerint nagyobb, mint a fűtésre fordított többlet gázfelhasználás költsége.)

Az energiatakarékos világítási rendszerek tervezését, ill. a régi rendszerek átalakítását kedvezően befolyásolja:

- a nagy fényhasznosítású és kis fényáram-csökkenésű fényforrások és integrált LED-es világítótestek rendelkezésre állása,
- a kiváló optikai hatásfokú világítótestek kínálata,
- szabályozható rendszerek kialakításának lehetősége,
- kiváló fényhasznosítású világítótestek kínálata
- a rendszeres és tervszerű karbantartás,
- a belső terek felületi kialakításának lehetősége,
- a természetes fény kedvező hasznosítása,
- az energiatakarékos világítás fontosságának, lehetőségeinek és előnyeinek népszerűsítése,
- a környezetvédelem fontosságának tudatosítása,
- a hatóságok és a gazdasági szféra köreiből eredő határozott jogi, erkölcsi és anyagi támogatás, a „rugalmas” rendszerek kialakításának lehetősége.

6.1. A világításkorszerűsítést ösztönző jogszabályok

Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény közvetlenül nem nevesíti a világításkorszerűsítést, ettől függetlenül fontos energiahatékonyság növelő intézkedésnek tekinthető. A törvény által bevezetett Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer (a továbbiakban: EKR) már jelentős ösztönző a világításkorszerűsítés keretében a fényforrások és világítótestek cseréjére.

A végfelhasználási energiamegtakarítással kapcsolatos adatszolgáltatásról szóló 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendelet (a továbbiakban: rendelet) 1. mellékletének 2.5. Világításkorszerűsítés fejezete egy korábban kialakított világítási rendszernek egy jobb fényhasznosítású, kisebb teljesítményigényű világítási rendszerre történő cseréje esetére határozza meg az elszámolható energiamegtakarítás egyszerűsített, energetikai audit nélküli számításának módját. Az energiahatékonysági beruházás részének tekinti a lecserélendő világítótestek leszerelését, az elektromos hálózat áramköri szerelvényeinek felújítását és az új LED világítótestek felszerelését.

A segédlet 9. fejezetében a rendeletben meghatározott módszert két példán keresztül kül- és beltéri világításkorszerűsítés esetére mutatjuk be. Mindkét példában további két esetet, 2021. szeptember 1 előtti, vagy utáni megvalósítást, és ezen belül is különböző kialakítási és üzemeltetési módokat feltételezzünk. A 2021. szeptember 1 azért fontos dátum, mert az EU bizottságnak a fényforrások és különálló vezérlőegységek környezettudatos tervezésére vonatkozó követelményeknek a 2009/125/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti megállapításáról szóló 2019/2020 (2019. október 1.) rendelete (a továbbiakban: EU rendelet) ezt az időpontot határozta meg az energiahatékonysági követelmények minimum követelményei betartásának határnapjaként.

A példákban rámutatunk a határnap jelentőségére az EKR-ben elszámolható energiamegtakarítás meghatározásánál.

6.2. Energiamegtakarítási lehetőségek

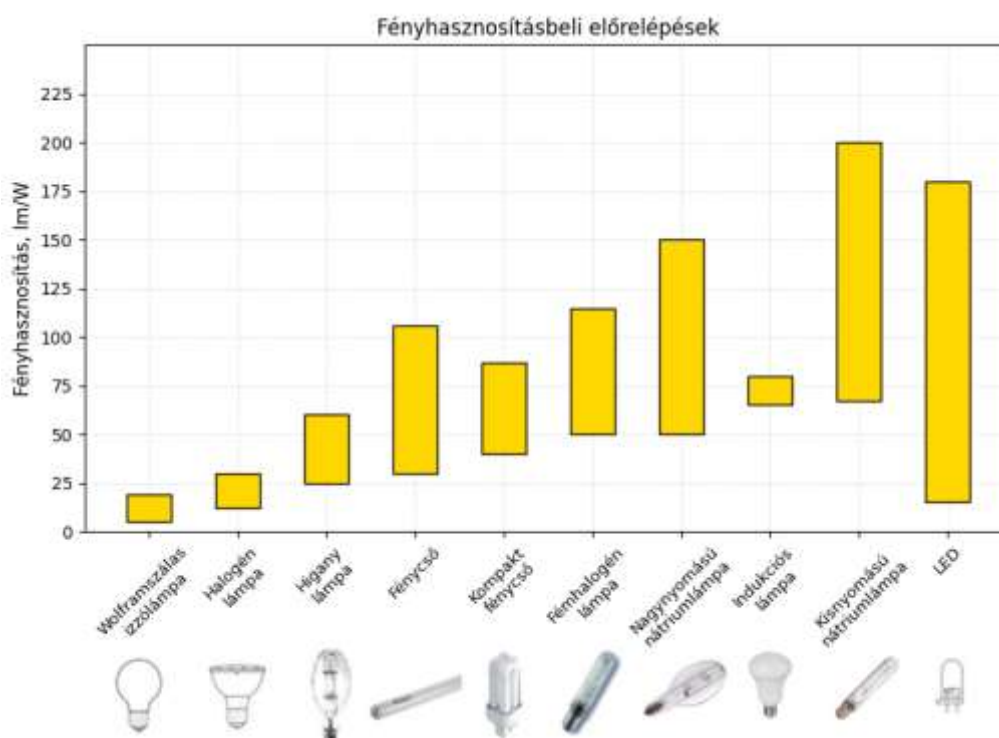
6.2.1. A fényforrásokban rejlő lehetőségek és korlátok

A mesterséges világítás alapja a fényforrás. A világítási célra felhasznált villamos energia nagy részben a világítási berendezésben alkalmazott fényforrás fényhasznosításán és a lámpatest hatásfokán múlik. Emiatt a fényforrások, az azokat működtető áramköri szerelvények és lámpatestek technológiai fejlesztése kiemelkedő jelentőségű. A 21. táblázat az általános világításban alkalmazott fényforrások fejlődését mutatja a fényhasznosítás alapján. A műszaki fejlesztések a fényhasznosítás

többszörösére növelését eredményezték. Ezáltal egy adott terület azonos megvilágításához szükséges fajlagos teljesítményigény (W/m^2) fényforrás típusonként jelentősen csökkent.

21. táblázat Az általános világításban alkalmazott fényforrások fejlődése [12]

Típus	Bevezetés éve	Max. fényhasznosítás lm/W	
		egykori	2021. évi
Wolframszálas izzólámpa	1905	5	19
Higanylámpa	1932	25	60
Kisnyomású nátriumlámpa	1932	67	200
Fénycső	1936	30	106
Halogénlámpa	1959	12	30
Fémhalogénlámpa	1964	50	102
Nagynyomású nátriumlámpa	1965	50	150
Kompakt fénycső	1980	40	87
Indukciós lámpa	1991	65	80
LED	1999	15	180



74. ábra A különböző típusú fényforrások és fényhasznosításuk

Mivel az Európai Unió környezetvédelmi okokra hivatkozva a 74. ábrán ismertetett fényforrásokat kivonta forgalomból, és további beszüntetésekre kerül sor a jövőben, a világítási berendezések korszerűsítésére, illetve újak létesítésére maradnak a LED-ek.

A különféle gyártmányok minősége, fényhasznosítása, élettartama, káprázási tényezője, színhőmérséklete és megbízhatósága tekintetében a kiválasztást körültekintően kell elvégezni. Az általános világításban alkalmazott fényforrások és világítótestek kiválasztásánál szem előtt kell tartani az egyéb műszaki és esztétikai szempontokat is, mert csupán a világítás energetikai jósága nem elegendő érv. A fénycsőeket, kompaktfénycsőeket, fémhalogénlámpákat és nátriumlámpákat már nem használják új világítási berendezések kialakítására, mindössze csak karbantartási, pótlási célból szerelik be a meglévő lámpatestekbe.

6.3. Izzólámpa, kompakt fénycső, vagy LED?

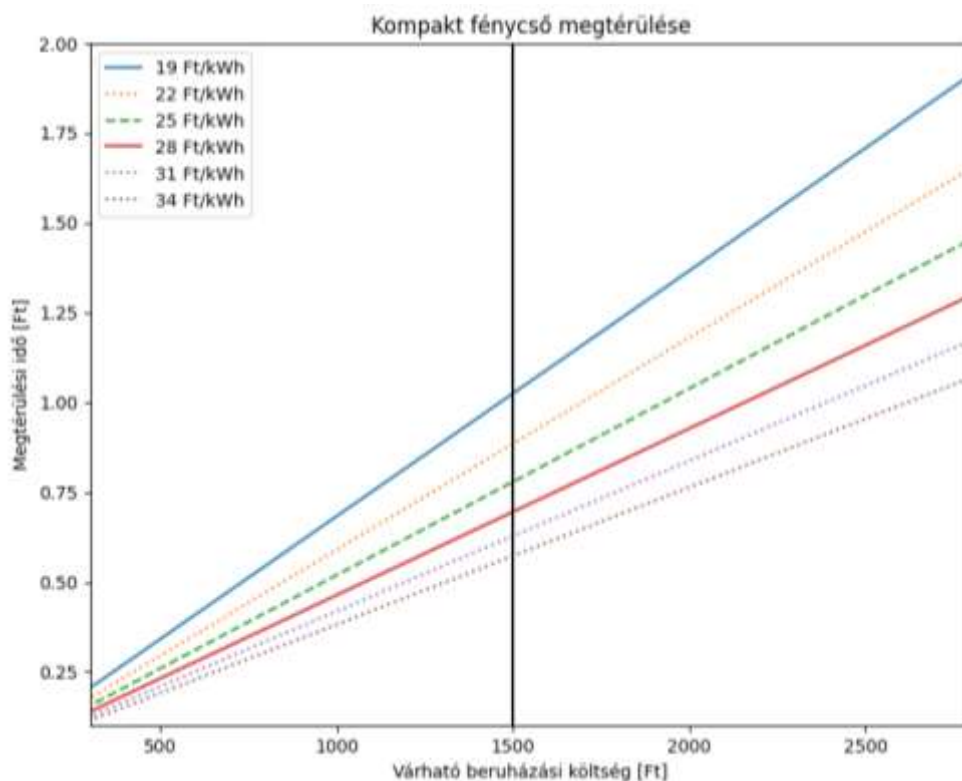
A 22. táblázat szerint a kompakt fénycső fényhasznosítása több mint négyszerese az izzólámpáénak, a LED-é pedig nyolcszorosa. A várható élettartama ugyanakkor tíz-, illetve 15-szöröse. Ez első látásra egyértelműen a LED-ek alkalmazására ösztönöz, a döntést megelőzően azonban körültekintőbben kell eljárni.

Mivel az izzólámpákat kivonták forgalomból energiatakarékossági okokból, marad a kompakt fénycső és LED közötti választási lehetőség. Figyelembe kell venni, hogy a kompakt fénycsőek teljes fényáramukat a bekapcsolást követően később érik el, egyes típusok vibrálnak és villognak, nem bírják a gyakori ki-be kapcsolást, ami az élettartamuk jelentős csökkenéséhez vezet. Tehát marad a LED, amennyiben gazdaságilag is megéri.

Példaként számoljuk ki, mennyi megtakarítást eredményez egy 23 W-os kompakt fénycső cseréje egy hasonló (esetünkben több) fényáramot és világítási komfort érzetet biztosító LED-re. A számítás során a világítás időtartamának a kompakt fénycső élettartamát tekintettük. Az eredményt az alábbiakban foglaltuk össze:

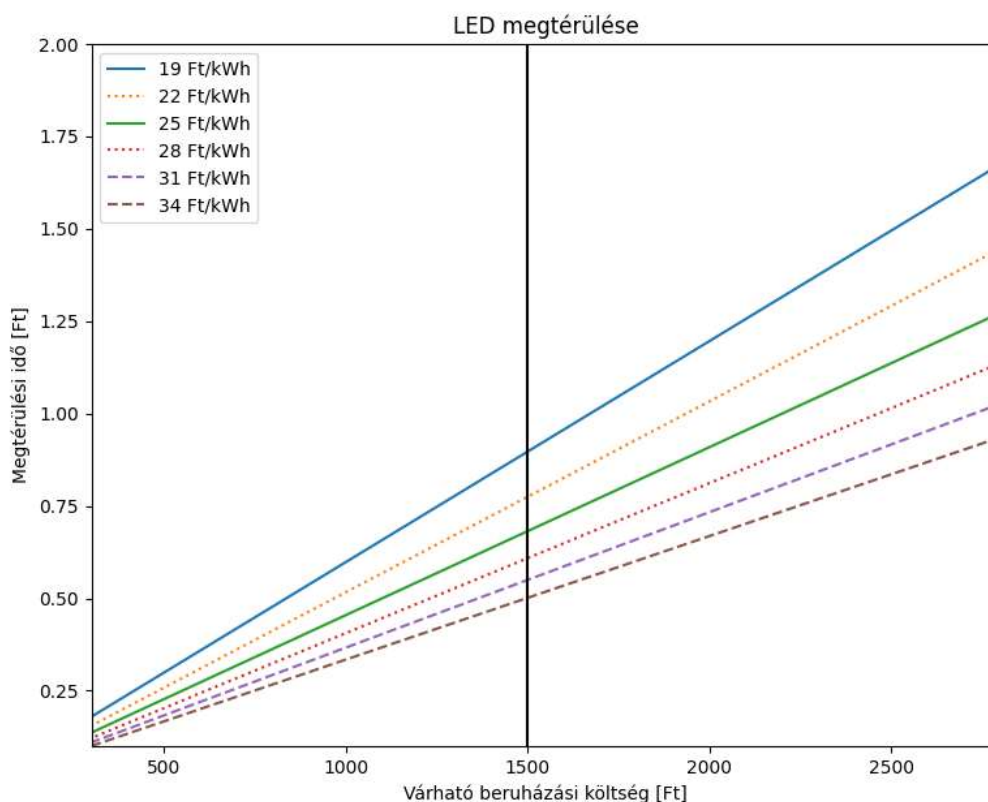
22. táblázat Izzólámpa és a kompakt fénycső összehasonlítása [12]

Típus	Izzólámpa	Kompakt fénycső	LED
Teljesítmény, W	100	23	12
Fényáram, lm	1380	1500	1500
Üzemelési idő, h	10 000	10 000	10 000
Átlagos élettartam, h	1000	10 000	15 000
Üzemelés alatti cserék száma	10	1	0,5
Fogyasztott energia, kWh	1000	230	120
Relatív fogyasztás, %	100	23	12



75. ábra A kompakt fénycső beépítésének egyszerű megtérülési ideje

Az eredmények alapján látható, hogy a 23 W teljesítmény igényű kompakt fénycső élettartama során 770 kWh-val fogyaszt kevesebb energiát. A **75. ábrán** a kompaktfénycső beruházási költségének függvényében látható az egyszerűsített számítási móddal meghatározott megtérülési ideje különböző villamos-energia árak eltételezésével. Látható, hogy egy $\Delta N = 77$ W villamos teljesítmény megtakarítást eredményező 1400 Ft-ba kerülő kompakt fénycső 1000 h/év átlagos üzemvitel és 25 Ft/kWh villamos-energia ár mellett kevesebb, mint 1 év alatt megtérül.



76. ábra A LED beépítésének egyszerű megtérülési ideje

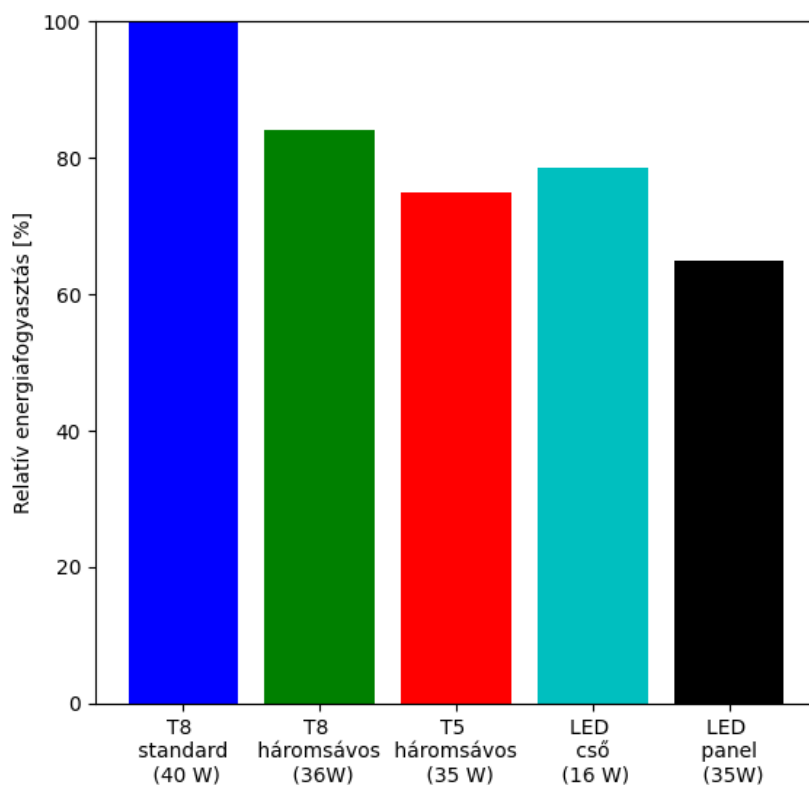
Az eredmények alapján látható, hogy a 12 W teljesítmény igényű LED élettartama során 880 kWh-val fogyaszt kevesebb energiát, mint a 100 W-os izzólámpa. A **76. ábrán** a LED beruházási költségének függvényében látható az egyszerűsített számítási móddal meghatározott megtérülési ideje különböző villamos-energia árak feltételezésével. Látható, hogy egy $\Delta N = 88$ W villamos teljesítmény megtakarítást eredményező 1600 Ft-ba kerülő LED 1000 h/év átlagos üzemvitel és 25 Ft/kWh villamos-energia ár mellett kevesebb, mint 1 év alatt megtérül.

6.4. A fénycső, vagy LED cső?

Napjainkban a középületek, kereskedelmi helyiségek, irodák, iskolák és egyéb munkahelyek általános világítását többnyire még hagyományos (egyenes) fénycsövekkel oldják meg. Ezeknek a berendezéseknek a korszerűsítése folyamatban van. A még működő fénycsöves lámpatesteket LED panelekkel, vagy LED fényforrást tartalmazó világítótestekkel helyettesítik energiahatékonysági, esztétikai és vizuális komfortérzet szempontok figyelembevételével. A 23. táblázat és a 77. ábra a közel hasonló teljesítményű és optimális körülmények között üzemelő fénycsövek, LED csövek és LED panel relatív energiafogyasztását mutatja be, alapul véve a 26 mm átmérőjű standard fénycsövet. A termékeknél használt előtétetek és működtető elektronikák veszteségeit nem vettük figyelembe a számításnál a fenti táblázatban.

23. táblázat Különböző típusú fénycsövek, LED cső és panel teljesítményigénye

Típus	26 mm-es standard	26 mm-es háromsávós	16 mm-es háromsávós	LED cső	LED panel
	T8	T8	T5		
Teljesítmény, W	36	36	35	16	35
Fényáram, lm	2850	3350	3650	1600	4200
Fényhasznosítás*, lm/W	79	93	104	100	120
Színvisszaadási fokozat	2. b	1. b	1. b	1.b	1.b
Relatív fényáram az élettartam végén, %	70	95	95	70	70
Relatív energiafogyasztás, %	100	84	75	78,5	65



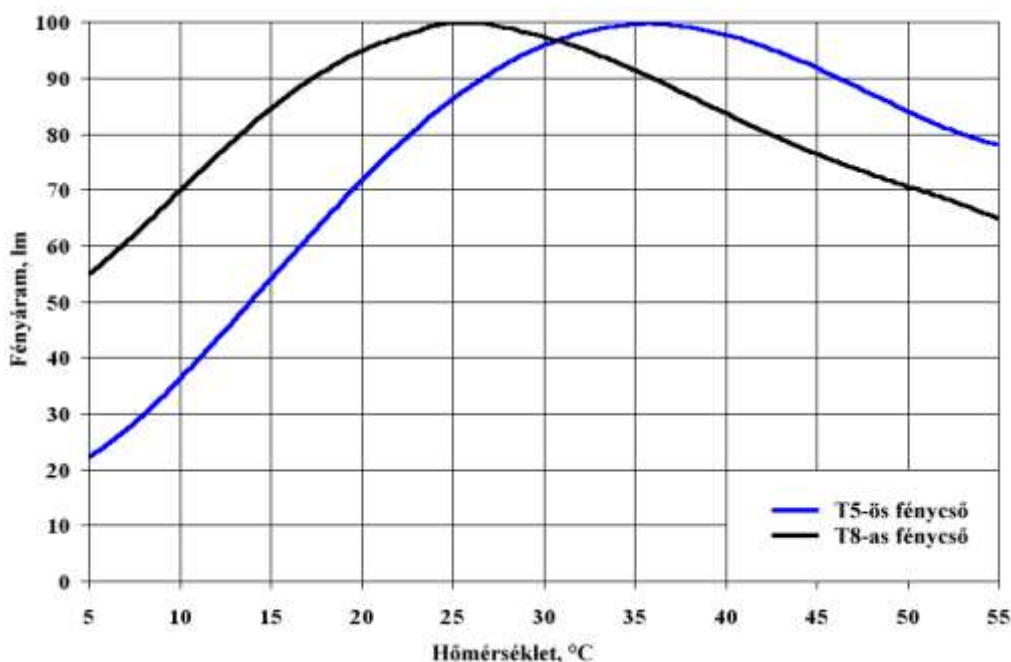
77. ábra Fénycsövek, LED cső és panel relatív energiafogyasztása

A LED panelek alkalmazásával akár 35%-al csökkenthető a rendszer beépített teljesítménye és ezáltal a szükséges világítótestek száma is amennyiben a szabványos megvilágítás korábban is biztosított volt.

A meglevő berendezések felújításánál, illetve karbantartásánál a korszerűsítési lehetőségek a rendelkezésre álló anyagi források függvénye. A megtakarítási

lehetőségek ismeretében is gyakran előfordul, hogy a rendelkezésre álló források a régi lámpatestek felhasználásával csak a fénycsövek LED csőre történő cseréjét teszik lehetővé. A **23. táblázat** adataiból az derül ki, hogy a LED cső fényárama kisebb, mint a T8-as fénycsöveké. A fényhasznosítása is elmarad a T8-as fénycsövekéhez viszonyítva. Ám a LED cső fényáramát nem 360 fokba bocsátja ki, hanem mindössze 180 fokba, azaz a lámpatest alsó tégelébe, a megvilágított sík irányába. Emiatt kevesebb a lámpatest hatásfokának betudható fényáram veszteség. Tehát a LED cső által kisugárzott fényáram azonos megvilágítást eredményez, mint a T8-as fénycső. Ha a fényforrások száma nem változik, az energia megtakarítás 25%. Ez már jelentős eredmény. A LED csövek alkalmazása adott típusok esetében már szükségessé teszi a lámpatestek áramköri átalakítását, aminek következménye a termék CE minősítésének elvesztése! Ebben az esetben, bármilyen káresemény (tűzeset, áramütés stb.) bekövetkezte esetén, a lámpatest átszerelőjét terheli a felelősség!

A 26 mm átmérőjű fénycsövek névleges fényárama 25°C környezeti hőmérsékleten érhető el (**78. ábra**), ami egyben meghatározza alkalmazási területüket is. Az alumínium tükörrel vagy zárt burával rendelkező belső téri lámpatestekben a fényforrás környezetének hőmérséklete meghaladja az optimális munkaponti hőmérsékletet. Ez fényáram csökkenést és a névlegesnél kisebb megvilágítást eredményez. Ugyancsak a fényáram csökkenéséhez vezet a nagyon kis hőmérsékleten (pl. hűtőházakban) történő alkalmazás is. A fejlesztések eredményeképpen a korszerű LED csövek névleges fényárama nagyobb környezeti hőmérsékleten jön létre, ám ez nem haladhatja meg a 45°C, mert az a gyors tönkremenetelét okozza. A LED csövek előnye, hogy kis környezeti hőmérsékleten kiválóan működnek, pl. hűtőházakban, pultokban.



78. ábra T5 és T8 típusú fénycsövek fényáramának változása a környezeti hőmérséklet függvényében [12]

Hasonló problémával lehet találkozni az álmennyezetekben alkalmazott és viszonylag kis térfogatú mélysugárzók esetében is, ahol a lámpatest rendeltetésszerű elhelyezése megakadályozza az üzemeltetés közben keletkező hő szabad kiáramlását. A megfelelő szellőzés hiányában a fényforrás körül 50°C hőmérséklet is kialakul. Ilyen hőmérséklet mellett a két-, ill. négycsapos kompakt fénycsövek névleges fényárama legalább 20%-kal csökken. A fényáram csökkenés elkerülése érdekében az álmennyezetekben célszerű az erre a célra kifejlesztett, amalgám tartalmú kompakt fénycsöveket alkalmazni, amelyek még 60°C környezeti hőmérsékleten is a névleges fényáramuk 95%-át bocsátják ki.

A kompaktfénycsövek helyettesítése LED retrofit fényforrásokkal nem ajánlott, mivel azok optikai paraméterei nem biztosítják a korábbi fényeloszlást, ami a megvilágítás egyenletlenségét eredményezi.

Az integrált LED-es mélysugárzók esetében is biztosítani kell az álmennyezet feletti megfelelő hőáramlást, egyébként azok élettartama nagyon lerövidül. Az álmennyezetbe építhető LED panelekre is ugyanez a megállapítás érvényes.

A LED fényforrások és integrált LED-es világítótestek hűtéséről, a környezeti légáramlásról gondoskodni kell a hosszú élettartam elérése érdekében!

A világítástechnikában a LED napjaink sztárjának mondható. A fényforrásokat és világítótesteket szinte mindenhol LED-re, vagy azzal üzemelő lámpatestekre cserélik.

6.5. Az előtétek hatása az energiahatékonyságra

Korábban általánosan elfogadott volt, hogy egy korszerűtlen induktív előtét helyett elektronikus előtétet célszerű alkalmazni, s általa mintegy 30% körüli energia megtakarítás érhető el.

Napjainkban a várható megtakarítás meghatározásához az előtétek miatti többlet energia felhasználását a tipizált fényforrásoknak a 245/2009/EK rendeletben közzétett hatásfokával számítjuk (24. táblázat). A régi lámpatestek teljesítményigényének számításánál ugyanis figyelembe kell venni a fényforrás teljesítményén kívül az induktív, vagy elektronikus előtétben keletkezett veszteséget is. A fényforrás és előtét együttes teljesítménye eredményezi a lámpatest teljesítményigényét. Az előtét teljesítményigényét a 24. táblázat adataival kell meghatározni.

24. táblázat Nem szabályozható fénycsőelőtétek hatásfokai

A lámpa típusa	A lecserélt világítótest névleges teljesítménye ($P_{\text{lecs}} \text{ névleges}$), [W]	Az előtét hatásfoka ($\eta_{\text{előtét}}$) % (B1 kategória)
T8	18	71,3 %
T8	36	83,4 %
T8	58	86,1 %
TC-L	18	71,3 %
TC-L	24	76,0 %
TC-L	36	83,4 %
TC-D / DE	10	67,9 %
TC-D / DE	13	72,6 %
TC-D / DE	18	71,3 %
TC-D / DE	26	77,2 %
TC-T / TE	13	72,6 %
TC-T / TE	18	71,3 %
TC-T / TC-TE	26	77,5 %
TC-DD / DDE	10	68,8 %
TC-DD / DDE	16	72,4 %
TC	9	60,3 %
TC	11	66,7 %
T5	13	72,6 %
T2	6	58,8 %
T2	8	65,0 %

T2	11	72,0 %
T2	13	76,0 %
T2	21	79,2 %
T2	23	80,7 %
T5-E	14	72,1 %
T5-E	21	79,6 %
T5-E	24	80,4 %
T5-E	28	81,8 %
T5-E	35	82,6 %
T5-E	39	82,6 %
T5-E	49	84,6 %
T5-E	54	85,4 %
T5-E	80	87,0 %
TC-LE	40	83,3 %
TC-LE	55	84,6 %

6.6. A lámpatestek szerepe a világítás hatékonyságának növelésében

A 4.4. fejezetben bemutattuk a lámpatestek/világítótestek konstrukciós követelményeit. A fényforrások mellett a világítási berendezések teljesítmény csökkentésének másik fontos eleme a megfelelő fény- és hőtechnikai tulajdonságokkal kialakított lámpatest alkalmazása. A feladat eléggé összetett. Éppen ezért a lámpatestek kialakításánál és elhelyezésénél fontos követelmény az alkalmazott fényforrásokhoz történő illesztés. A kedvező hatásfok, a látási feladatoknak megfelelő fényeloszlás, a káprázás korlátozása és a fényforrás védelme között megfelelő megoldást kell találni. Az energiahatékonyság a lámpatest fénytechnikai hatásfokával arányos. Minél nagyobb e hatásfok, annál kevesebb energiára van szükség egy előírt, vagy igényelt megvilágítási szint eléréséhez. A gyakorlatban gyakran találkozni előregedett és tartósan szennyezett lámpatestekkel, amelyek hatásfoka 50% alatt van. Ezek cseréje jelentős mértékben növelheti az energiahatékonyságot.

A LED világítótestek esetében a megfelelő hűtés biztosítása elmaradhatatlan. Az újabb konstrukciók esetében a világítótestek hatásfoka a beépített LED morzsák fényhasznosításával közel azonos, mivel a kibocsátott fényáramot lencsék segítségével irányítják a megvilágítandó felületre. Ezáltal lényegesen kisebb a fényáram veszteség. Ez a jellemző olyan helyeken biztosít komoly előnyöket, ahol a felújítást megelőzően

burás lámpatesteket alkalmaztak egyszerűen csak kényelmi, technikai vagy a termék akkori elérhetősége miatt és nem a megkívánt IP védelem tette szükségessé az ilyen, hatásfokot rontó, burás megoldás. A gyakorlatban ez jól látható a tantermekben, irodákban amikor előregedett burás lámpatestek helyett kis fényáramveszteséggel üzemelő világítótestek kerülnek felszerelésre. Ehhez járul még hozzá, hogy az ilyen lencsés optikai megoldásokkal irányítottabb, kedvezőbb fényeloszlás alakítható ki ami tovább javítja az energiahatékonyságot.

A lámpatestek/világítóttestek gazdaságosságát nagymértékben befolyásolhatja az alkatrészek és a felhasznált anyagok ára, élettartama, megbízhatósága, valamint a szerelés és karbantartás egyszerűsége, vagy akár annak minimális igénye. Az optikai rendszer kiváló minőségű tükör- és bura-lencse anyagának, rendszeres tisztításának, illetve a szennyezés elleni jó védettségének köszönhetően a természetes avulásból eredő fényáramcsökkenés erősen korlátozható, ami a már említett tervezési tényező mértékének megállapításában, és ezáltal a berendezés energiaigényének lefaragásában jelentős szerepet játszik.

A LED fényforrások alkalmazása esetén különös figyelmet kell fordítani a világítóttestek kialakítására. A meglevő lámpatest foglalatába becsavarható LED-ek esetében a kialakításánál figyelni kell arra, hogy elkerülhető legyen a túlmelegedés és általa az élettartam csökkenés.

6.7. A világítás szabályozhatóságának fontossága

A világítás időtartamának csökkentése érhető el a szabályozhatóság növelésével az ún. „rugalmas” kialakítással. Az épületek belső tereiben sok lehetőség nyílik az energiahatékony, és emberközpontú világítási rendszer megvalósítására. A rugalmas kialakításra különböző módszerek ismertek:

- az alapszintű általános és a kiemelő helyi szintű világítás alkalmazása,
- a lámpatestek csoportos, többfokozatú kapcsolása kézi, vagy automatikus úton, mint pl. fénykapcsoló-, ill. mozgásérzékelő, jelenlétérzékelő, vagy épületfelügyeleti intelligens irányítási rendszer segítségével,
- a szükséges megvilágítási szint lépcsőzetes, illetve folyamatos üzemű, egyéni igényeknek megfelelő kézi szabályozása,
- mesterséges világítás automatikus szabályozása az előre meghatározott, de tetszőlegesen változtatható szintre a helyiséget érő természetes fény változása függvényében,
- a lámpatestek sínre szerelése és az elrendezés igény szerinti változtatása.

A LED világítótestek működtető egysége lehet szabályzásra és vezérlésre alkalmas, ezáltal könnyűszerrel kapcsolható a legkülönbébb intelligens rendszerekhez (DALI, KNX, Loxone, stb.)

Az alapszintű általános és a kiemelő helyi szintű világítás alkalmazása mind a bel- mind a kültéri világítás esetében jelentős mértékű megtakarítást eredményezhet. Hasonlóképpen elmondható ez például a szabadtéren elhelyezett műszerek leolvasásához szükséges megvilágítás esetében is.

Az energiapazarlás egyik legjellemzőbb oka a mesterséges világítás esetében is az emberek feledékenysége és közönyössége. Sok esetben a benntartózkodás miatt szükségszerűen megvilágított helyiségben a világítást a helyiség elhagyásával egyidejűleg célszerű lenne kikapcsolni, vagy mérsékelni. A világítás teljes, vagy csoportos kézi kapcsolásának lehetősége szinte mindenhol biztosított, de gyakran nem használják megfelelően, pedig ezzel jelentős mértékben csökkenthető lenne a felesleges fogyasztás.

Az energiapazarlás emberi tényezőinek csökkentésére különböző megoldások alkalmazhatók, gazdasági és környezetvédelmi szempontok figyelembevételével. A legegyszerűbb változat a berendezések már említett és nem mindig elegendően hatékony kézi kapcsolhatóságának ill. fényszabályozhatóságának megvalósítása. Ez minden helyiségben általános és helyi világításként külön-külön is érvényesülhet. Ennél többet nyújt a sok kényelmetlenségtől megkímélő távirányító készülék.

A következő lépés az ember jelenlétét figyelő, a világítás kapcsolását irányító jelenlétérzékelő alkalmazása, amelyeknek működését a természetes világítás szintjét ellenőrző, megfelelő helyen beépített fényérzékelő ellenőrzi. A módszer továbbfejlesztett változata az intelligens elektronika általi vezérlés, amelynek működési elve az emberek évszakonként változó fényigényén alapul.

A leglátványosabb eredményeket az intelligens rendszerekkel lehet elérni. Ezeknek a rendszereknek általában az a feladatuk, hogy egy adott helyen a fény természetes és mesterséges összetevői együttesen biztosítsák az igényelt megvilágítást és esetenként a színhőmérsékletet is. Ehhez a helyiségek különböző pontjaiban elhelyezett fényérzékelők folyamatosan szolgáltatják az információkat, melyek alapján a beavatkozások történnek. Az energiatakarékos megvilágítás elemei a megfelelően kialakított oldal- és mennyezeti bevilágítók. A becslések szerint napjaink világítási villamosenergia igényének mintegy 50%-a megtakarítható lenne ezeknek az eszközöknek az alkalmazásával.

A felsorolt működtetési módok kialakítása akár egy önálló világításkorszerűsítési projekt, vagy annak egy részfeladata is lehet, ezért érdemes számba venni az így elérhető energia-megtakarítást (25. táblázat):

25. táblázat

Működtetési mód	Megtakarítás, %
Kézi szabályozás - kapcsoló a falnál	30
- távkapcsoló	50
Szenzoros szabályozás	60
Szabályozás mozgásérzékelővel	70

Az EKR keretében elszámolható energiamegtakarítás számításánál a szabályozhatóságot az ún. \ddot{U}_k „üzemviteli korrekciós tényező”-vel lehet figyelembe venni. Értékei a következők:

- a.) Szabályozható csarnokvilágítás esetén, - ha a csarnok megvilágítása automatikusan szabályozható a külsőtéri világítás függvényé-ben, akkor a figyelembe vehető korrekciós tényező $\ddot{U}_k = 0,77$.
- b.) Soronként kapcsolható világítás esetén, - ha az intézményvilágítás soronként kapcsolható a külsőtéri természetes világítás függvényében, akkor a figyelembe vehető korrekciós tényező $\ddot{U}_k = 0,83$.
- c.) Szabályozott közvilágítás korszerűsítés esetén, - ha az új LED-es közvilágítás szabályozható, akkor a figyelembe vehető korrekciós tényező $\ddot{U}_k = 0,8$. A hazai gyakorlatban ez 24:00 órától 5:00 óráig történő 50%-os megvilágítás csökkentést jelent.

6.8. A határoló felületek és a gazdaságosság

A szórt fénnnyel világított kisebb alapterületű helyiségek energiatakarékos világításában jelentős szerepet játszik a határoló felületek megfelelő kialakítása. A felületek csillogásmentes, világos színezete jelentősen befolyásolja a berendezés energiahatékonyágát, hisz ha a mennyezet reflexiós tényezője $\rho = 0,5$, a falé $\rho = 0,3$ és a padlóé $\rho = 0,1$, és a reflexiós tényezőt 10%-kal növeljük, a világítás hatásfoka is közel 10%-kal javulni fog. Ez azt is jelenti, hogy ezzel kb. ugyanannyi energia takarítható meg. Az esti órákban alkalmazott világos színű függönyök az ablakfelület nagyságától függően tovább emelik a rendszer hatékonyságát.

6.9. A tervszerű karbantartás fontossága

A nem megfelelően végzett karbantartás, amelynek része a rendszeres ellenőrzés, az idejében történő lámpacsere, a lámpatestek és a falfelületek tisztításának, valamint a hibás alkatrészek kiváltásának és javításának elmulasztása, a névlegesnél kisebb megvilágítást és ezáltal a berendezés gazdaságosságának romlását eredményezi. A nagynyomású lámpák általában hosszabb ideig működőképesek, mint ahogy a gazdaságos üzemelés megengedné, ezért esetenként a kiegészelőt célszerű a csoportos cserét végrehajtani. A világítótestek optikai rendszerének tisztítása, valamint a helyiség határoló felületeinek előre ütemezett újrafestése nagyban segíti a világítás hatásfokának szinten tartását.

A LED világítótestek úgyszintén igénylik a rendszeres karbantartást, tisztítást. Karbantartás során fontos az optikai rész tisztítása, valamint a hűtőfelület portalanítása.

6.10. A világítás környezeti hatása

Az emberiség a kényelmének növelésére irányuló tevékenységével folyamatosan megzavarja a természeti környezetében korábban kialakult egyensúlyt. A XX. században ez a zavaró hatás már olyan méreteket öltött, amely elősegítheti az ember és környezete harmonikus egyensúlyának felborulását. Emiatt indokolt, hogy a környezet védelmére a gazdaság valamennyi területén különös figyelmet fordítsanak. A világítástechnika területén is fontos a környezetvédelem fontosságának tudatosítása, a szennyezés mértékének csökkentése. Ez több szinten valósulhat meg. Mivel a villamos-energia termelése során a levegőbe kibocsátott szennyezőanyag mennyisége egyenesen arányos a megtermelt energiával, a világítás hatékonyságának növelése a környezetvédelem egyik eszköze, viszont figyelembe kell venni a működtetéshez szükséges termékek előállítása során felhasznált energiamennyiséget is.

A villamos erőművekben felhasznált tüzelőanyag fajtájától és az erőművek állapotától függően a légszennyezés mértéke eltérő, de a környezetvédelmi hatások kimutatására jól alkalmazhatók a magyar Villamos Erőmű Rendszerre az elmúlt években meghatározott szennyezőanyagok kerekített értékei. Eszerint 1 kWh villamos energia megtakarítás ~ 600 g CO₂, ~ 10 g SO₂ és ~ 1 g NO_x kibocsátás csökkenést eredményez. A környezeti hatások elemzése során tekintettel kell lenni arra is, hogy a világítási eszközök gyártása is energiát igényel, s különböző – gyakran veszélyes - hulladék anyagok termelésével jár. A működésképtelen fényforrások és világítótestek központosított begyűjtése és környezetbarát feldolgozása és újrahasznosítása megoldott hazánkban. Az Európai Unió legújabb direktívája alapján a termékek, így a lámpatestek ÚJRAHASZNÁLATÁRÓL kell gondoskodni. Ez nagyon sok szervezési, szerelési, mérési és minősítési problémának a megoldását jelenti.

7. Gyakorlati javaslatok a világítás energiatakarékos megoldására

Egy világításkorszerűsítési feladat során feltétlenül el kell végezni a világítás méretezési és ellenőrzési számításokat mind gazdasági, energetikai és környezeti szempontok szerint. Ebben a fejezetben a – világítástechnikai számítások menetének részletes bemutatása nélkül – a tapasztalatok és előírások alapján számos olyan javaslat kerül ismertetésre, amelyek figyelembevételével elvégezhető egy működő rendszer értékelése és az igények szerinti átalakítása.

Ezek a javaslatok természetesen a megvilágított helyiségektől, az ott végzett tevékenységektől, az ott töltött idő napi alakulásától stb. függően eltérőek.

7.1. Energiatakarékos megoldások

7.1.1. Irodák

Az irodák világítástechnikai felülvizsgálata során kialakult általános tapasztalatok alapján a következő korszerűsítések javasolhatók:

Egyenletes általános világítás helyett javasolt az alapszintű általános és a kiemelő helyi világítás alkalmazása.

T8-as hagyományos működtetésű fénycső helyett javasolt a LED cső, de inkább a LED panelek használata. Helyi világításra integrált LED-es asztali lámpa javasolt. A halogénlámpás világítást célszerű LED fényforrásra cserélni.

Mivel napjainkra az irodákban szinte kivétel nélkül alkalmaznak számítógépeket, így a világítási rendszerek tervezésekor ezekre különös figyelmet kell fordítani. A megfelelő világítási viszonyok kialakítása szempontjából azonban nem mindegy, hogy a munkavégzés mekkora része zajlik közvetlenül a számítógépen. A napjainkban alkalmazott lapos monitorok felületén többnyire már nem jelenik meg a világítótestek tükröződése. Ettől függetlenül, a számítógépes munkahelyek elhelyezésénél oda kell figyelni az ablakok és a világítótestek nagyobb fénysűrűségére, ami megjelenhet a képernyőn, ami zavaró hatást kelt. Az irodavilágítás korszerűsítését követően, megvilágítás méréssel ellenőrizni kell a szabványnak való megfelelést!

7.1.2. Műhely és csarnoképületek

Az ipari, közlekedési és mezőgazdasági épületek világításának kis, közepes és nagy fénypontmagasságú eseteit külön tárgyaljuk. A korszerűtlen berendezések jellemzői - és a helyettük javasolt korszerű megoldások a következők:

4 m fénypontmagasságig a T8-as fénycső helyett alkalmazhatóak a LED csövek, vagy teljeskörű korszerűsítés esetén a LED-es világítótestek.

4÷8 m fénypontmagasság között a T8-as fénycső helyett az előző megoldás javasolt; míg a nagynyomású gázkisülő lámpák (nátrium, vagy fémhalogén) helyett integrált LED-es ipari világítótest.

8 m fénypontmagasság fölött a nagynyomású gázkisülőlámpák helyett jó fényhasznosítású ipari LED mélysugárzó.

Üzemelő műhely és csarnoképületek felújítása esetén a rövidebb termelési-időkiesést szolgálják az un. gyorszerelésű, sínes ipari LED világítási rendszerek. A rendelkezésre álló fényeloszlások lehetővé teszik a különböző, fent említett magasságokon való üzemelést, sőt az olyan speciális feladatokat is megoldják, mint amilyenek a magasraktárak polcközeinek megvilágításánál születnek.

Minden esetben újra kell méretezni a világítási berendezést és annak üzembehelyezésekor kalibrált műszerrel megvilágítást kell mérni, valamint ellenőrizni kell a színhőmérsékletet és a káprázást!

7.1.3. Belső téri közlekedő - és egyéb területek

A közlekedők közé tartoznak a lépcsőházak, folyosók, előterek, előszobák, előcsarnokok; az egyéb helyiségek közé pedig a mosdók - WC-k, kis raktárak. Ezek korszerű világítási módszereit szokás az alapterületük szerinti felosztásban tárgyalni.

A kis alapterületű közlekedő- és egyéb helyiségekben (pl. irodai vagy üzemi mosdók - WC-k, kis lépcsőházak rövid folyosók, előszobák) általában sűrűn és rövid időtartamra helyileg kapcsolgatják a világítást. A kompakt fénycsőes mélysugárzók és halogén lámpák helyett LED-es mélysugárzók szerelhetők.

A közepes alapterületű közlekedő- és egyéb helyiségekben (pl. közönségforgalmú mosdók - WC-k, nagy lépcsőházak, hosszú folyosók, előterek) általában ritkán és hosszabb időtartamra (helyileg vagy központilag) kapcsolják a világítást: a fénycsőes, vagy kompakt fénycsőes lámpatestek helyettesíthetők LED panelekkel, vagy LED mélysugárzókkal.

A nagy alapterületű közlekedő- és egyéb területekben (pl. széles lépcsőházak, előcsarnokok, közforgalmú mosdók, WC-k) általában központilag kapcsolják a világítást. Itt a célnak megfelelő, méretezés alapján választott LED panel felszerelése javasolt. Háromsávós T8-as vagy T5-ös, elektronikus működtetésű fénycső használata elfogadható.

Valamennyi esetben fénytechnikai felülvizsgálattal ellenőrizni kell a szabvány előírásainak való megfelelést.

7.1.4. Fontos figyelmeztetések

Ha a központi kapcsolás fénykapcsolóval működik, viszonylag nagy megvilágítási intervallumot célszerű beállítani az esetleges sűrű ki- bekapcsolgatások elkerülése érdekében.

Ha jelenlétérzékelők (mozgásérzékelők) működtetik a világítást, akkor feltétlenül LED-es világítótestet érdemes használni. Kisebb alapterületű helyiségekben gazdaságos lehet akár az E fejelésű LED fényforrás alkalmazása is!

Kizárólag gazdasági számítással lehet eldönteni, hogy a sűrű kapcsolgatást lehetővé tevő működtető berendezések, valamint az azt "elviselő" fényforrások (kompakt fénycső, vagy LED) létesítési többletköltsége elvárt időtartamon belül megtérül-e az üzemeltetési költségmegtakarításból, amely a kisebb fényforráscsere költségéből és a kisebb energiaköltségéből számolható.

7.1.5. Ipari technológiai területek

Nagy fénypontmagasságon jellegzetes megoldások a fényvetőtornyos világítások. A korszerűtlen megoldások helyett javasolt korszerű világítások a következők:

Nagynyomású gázkisülő lámpák helyett egyértelmű javaslat: LED-es fényvetők használata. Fényhasznosítás szempontok alapján javasolt a lencse optikával szerelt termékek használata.

Az aszimmetrikus fényeloszlású fényvetőkkel hatásosan lehet csökkenteni a káprázási veszélyt; továbbá "szélesebb" területet egyenletesebben lehet megvilágítani, mint a forgásszimmetrikus fényvetőkkel.

A kis fénypontmagasságú tartószerkezetekre ún. közvilágítási jellegű LED lámpatesteket szerelnek. A világítási célú tartószerkezetek a világítási oszlopok, "egyéb célú" tartószerkezetként épületek oldalfalai, perontetők szerkezete, víztornyok, más célú oszlopok (pl. a közúti villamos, vagy a közforgalmú vasút vontatási felsővezeték tartó oszlopai) használhatók fel.:

A korszerűtlen T8-as fénycsövek helyett javasolt a LED csövek, vagy integrált LED-es világítótest alkalmazása. Belső térben kisebb megvilágítási szinteken a LED mélysugárzókkal is jó világítás létesíthető. Világítási vagy egyéb célú oszlopokon korszerűbb megoldás a gondosan méretezett LED-es világítótestek szerelése.

Nagynyomású gázkisülőlámpák helyett egyértelműen az integrált LED-ek javasolhatók

Fontos! Minden világítás korszerűsítést csak világítástechnikai méretezés alapján célszerű elvégezni. Az üzembehelyezést követően fénytechnikai felülvizsgálattal kell ellenőrizni a vonatkozó szabványnak való megfelelést.

7.1.6. A kültéri világítás energiatakarékos megoldása

Napjainkban a közvilágításban jelentős mennyiségben levő nátriumlámpák és kompakt fénycsövek még mindig óriási lehetőségeket rejtenek az energia megtakarítás területén. Ezek kiváltására alkalmasak a LED-ekkel szerelt világítótestek. A közvilágítási hálózatok korszerűsítése folyamatosan zajlik, részben harmadik feles finanszírozással, másrészt különféle támogatott energia megtakarítási programok keretében.

A nátriumlámpák és fémhalogénlámpák a nagy kiterjedésű szabadtéri munkahelyek, rakterületek és nagy ipari csarnokok világításában szintén gyakran alkalmazott fényforrások. A tevékenység színvisszaadási igényétől függően a fémhalogén-, vagy nátriumlámpák világítás korszerűsítés keretében LED-es világítótestekkel eredményesen kiválthatók, ezáltal jelentős mennyiségű energia takarítható meg.

Gyakorlati számok azt mutatják, hogy az elérhető energia megtakarítás 40-50% között van.

7.2. A várható megtakarítás

A világítási célra felhasznált villamos-energiát (E , kWh), a világítás teljesítményigényének (P , kW) és a világítás időtartamának (t , h) szorzata adja: $E = P \cdot t$. Ebből adódnak a mesterséges világításra felhasznált villamos-energia csökkentésének legkézenfekvőbb lehetőségei:

- csökkenteni kell a világítási berendezésbe beépített és/vagy felhasznált P villamos teljesítményt, és
- csökkenteni kell a világítás bekapcsolt t időtartamát.

E csökkentéseket természetesen úgy kell megvalósítani, hogy eközben a világítástechnikai jellemzők kielégítsék a világítási berendezés által kiszolgált alaptevékenység (pl. munkavégzés, közlekedés) látási igényeit. (Különben a világítási berendezés létesítése értelmét veszti: a rossz világítás egyértelműen energiapazarlást jelent.)

Amennyiben a korszerűsítés során a változatlan megvilágítást eredményező új fényforrás, vagy világítótest teljesítményigénye, $P_{új}$ kisebb lesz a lecserélt teljesítményigényénél, P_{lecs} azaz, $P_{új} < P_{lecs}$ ugyanazon t időtartamig történő világítás esetén a várható megtakarítás

$$\Delta E_{évi, v} = (P_{lecs} - P_{új}) \cdot t_{m, j} / 1000 \cdot 3,6 / 1000, \text{ GJ /év lesz.}$$

7.3. Az elszámolható megtakarítás

Az elszámolható megtakarítás fogalmát az energiahatékonysági törvény az EKR meghatározásával vezette be. Ha a világításkorszerűsítést 2021. szeptember 1. előtt megvalósították, az elszámolható energiamegtakarítás megegyezik a fentebb ismertetett módon meghatározott várható megtakarítással.

$$\Delta E_{évi, e} = \Delta E_{évi, v}$$

Ha azonban a korszerűsítés később történt, elszámolható megtakarításként csak a fentebb hivatkozott 2019/2020 EU rendelet által meghatározott energiahatékonysági minimum követelményhez tartozó teljesítményigény és a nála kisebb teljesítményigényű új fényforrás/világítótest közti különbséggel számított energiamegtakarítás tekinthető elszámolhatónak.

$$\Delta E_{évi, e} = (P_{on\ max} - P_{új}) \cdot t_{m, j} / 1000 \cdot 3,6 / 1000, \text{ GJ /év lesz,}$$

ahol:

$P_{on\ max}$ – a bekapcsolt fényforrás EU rendelet által meghatározott maximális megengedhető teljesítményigénye, W

Az EU rendelet „2021. szeptember 1-jétől a fényforrások P_{on} megadott teljesítményigénye nem haladja meg a $P_{on\ max}$ [W] maximálisan megengedett értéket, amely meghatározás szerint a Φ_{use} megadott hasznos fényáram [lm] és a megadott CRI (a képletben R) színvisszaadási index függvénye, az alábbiak szerint:

$$P_{on\ max} = C \cdot (L + \Phi_{use} / (F \cdot \eta)) \cdot R, [W] \quad (\text{MEKH rendelet 2.5.6.1. sz. képlet})$$

ahol:

C: teljesítmény korrekciós tényező, az ERK jegyzék 2.5.6. fejezete szerint

L: a működtető egység/előtét teljesítményigénye [W] (A többlet energiamegtakarítás számításakor a különbségképzés miatt nem releváns.)

Φ_{use} : az új világítótest fényárama, *lm*

F: energiahatékonysági tényező, az ERK jegyzék 2.5.6. fejezete szerint

η : a fényhasznosítás, az új világítótest, vagy fényforrás műszaki adatlapja szerint, vagy az adatlapon/csomagoláson szereplő fényáram és a névleges teljesítményigényének hányadosaként meghatározva, *lm/W*

R: színvisszaadási tényező (CRI) $R = 1$, a színvisszaadás módosító tényezője a teljesítményigény számítás során egyszerűsítésként figyelmen kívül hagyható.

Az elszámolható energiamegtakarítás meghatározását tovább bonyolítja a korai csere esete. Ezt a fényforrás és világítótest tulajdonságai és üzemeltetési módjaira is tekintettel példával szemléltetjük.

8. Megvilágítás mérése

Világítási berendezések korszerűsítése során szükséges a meglévő berendezés felmérése és az új berendezés átvétele előtt a fénytechnikai adatok ellenőrzése.

A meglévő berendezés felmérése állhat részben megtekintésből és a lámpatestek, fényforrások számbavételéből, részben a villamos hálózat nyomvonalának, terhelhetőségének, kapcsolhatóságának vizsgálatából és a **fénytechnikai paraméterek ellenőrzéséből**. Ez utóbbi elsősorban megvilágítás műszeres ellenőrzését jelenti. Célszerű a káprázást, egyenletességet, színvisszaadást, tartalékvilágításokat is vizsgálni legalább szemrevételezéssel.

Az átépített berendezés esetén minden esetben szükséges a felülvizsgálat elvégzése.

Fénytechnikai adatok mind azok, amire a szabvány előírást tesz. Két féle előírás lehet tételes, ami azt jelenti, hogy az adott paraméterre konkrét számadat vonatkozik, vagy másik lehetőség, hogy a szabvány óhajt fejez ki. Ilyen a színhőmérsékleti előírás. A jelenleg hatályos európai szabvány szerint a világítás színhőmérséklete legyen kellemes.

8.1. Megvilágítás mérés vs fénytechnikai felülvizsgálat

A megvilágítás mérés a műszeres mérést jelenti. Ennek módjára a szabványok adnak előírást. A legfontosabb, hogy joghatással járó mérést csak hitelesített vagy kalibrált műszerrel lehet végezni. Ez a vonatkozó törvény szerint¹ azt jelenti, hogy a mérési feladat elvégzésére alkalmas hiteles mérőeszközzel vagy kalibrált, használati etalonnal (ellenőrzött mérőeszközzel) kell végezni. A kalibrálás egyszerűen azt jelenti, hogy a laboratórium, amely a kalibrálást végzi, a maga műszerét visszavezeti a nemzeti etalonra. Magyarán nem kalibrálás az, ha két megvilágításmérőt egymás mellé teszünk, még akkor sem kalibrálás, ha közülük az egyik műszer kalibrált vagy akár hitelesített.

Joghatással jár a mérés, ha annak eredménye az állampolgárok és/vagy jogi személyek jogát vagy jogi érdekeit érinti, különösen, ha **a mérési eredményt mennyiség és/vagy minőség tanúsítására** — a szolgáltatás és ellenszolgáltatás mértékének megállapítására — vagy **hatósági ellenőrzésre és bizonyításra használják fel**; továbbá az élet- és egészségvédelem, a környezetvédelem és a vagyonvédelem területén.

¹ 1991. évi XLV.tv a mérésügyről és a 127/1991. (X. 9.) rendelet a mérésügyről szóló törvény végrehajtásáról.

8.2. A vizsgálandó paraméterek és alkalmazandó előírások

Energetikai korszerűsítés esetén a korszerűsített berendezésnek meg kell felelnie a vonatkozó érvényes előírásoknak. Jelenleg a kézirat leadásakor a munkahelyekre vonatkozóan ez, a kötelező érvényű 3/2002.(II.8) SzCsM-EüM rendelet.

A rendeletben hivatkozott szabvány MSZ EN 12464-1 belső téri munkahelyek vonatkozásában. Szabadtéri munkahelyek esetén az MSZ 12464-2.

A szabványok a munkahelyek megvilágítási szintjére (annak karbantartási értékére), a megvilágítás egyenletességére, képernyős munkahelyek esetén a képernyő fénysűrűségére, a káprázás elkerülésére, a színvisszaadásra adnak tételes előírásokat. Színhőmérséklet tekintetében csak óhajt fogalmaz meg a szabvány „A fényszint pszichológiai, esztétikai szempontok alapján és a természetes megjelenést figyelembe véve kell megválasztani. A választás függ a megvilágítási szinttől, a helyiség és bútorzat színétől, a környezet klímájától és az alkalmazás jellegétől.” Néhány tevékenység esetén a követelmény táblázat konkrét színhőmérséklet tartományt is előírhat.

A rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjét határozza meg. 8. § (2) bekezdése szerint „A belső téri munkahelyek esetén a világítás mennyiségi, minőségi jellemzőit nemzeti szabvány határozza meg.”

A (3) bekezdés pedig előírja, hogy „A belső téri mesterséges világítás világítástechnikai jellemzőinek megfelelését rendszeresen ellenőrizni kell.”

8.3. Személyi és környezeti feltételek

A fénytechnikai vizsgálatok elvégzésének jogszabályban meghatározott személyi feltétele nincs. Tekintettel arra, hogy ma csak villamos táplálású világítási berendezéseket kell vizsgálni, célszerű, ha a mérést végző lehetőleg villamos vagy gépész végzettséggel rendelkezik. Személyi feltételnek tekinthető, hogy a mérést végző vagy azt irányító személy ismerje a vonatkozó szabvány előírásokat. Itt kell megjegyezni, hogy a világítási berendezést **mindenkor a létesítéskor érvényes szabvány szerint kell vizsgálni, minősíteni**. Ebből következik, hogy a korszerűsítés előtt a meglévő berendezést sok esetben a már hatálytalan, de a berendezés létesítéskor hatályos szabvány szerint kell minősíteni, azaz ismerni kell a korábbi előírásokat is.

Ez a gondolat egyedi és a világítástechnika specialitása. Ha az újabb szabvány nagyobb megvilágítást, vagy nagyobb fénysűrűséget ír elő, azt a régi berendezés nem tudhatja. Mivel a kisebb megvilágítás vagy fénysűrűség, esetleg rosszabb színvisszaadás nem okoz közvetlenül balesetet, ezért környezetvédelmi szempontból is jobb megoldás, hogy csak a berendezés nagyobb átalakítása után kell az új előírásnak megfelelni.

Nagyobb átalakítás pl. ha fényforrásfajta váltás történik, pl. fénycső helyett LED kerül beépítésre.

Környezeti feltételek:

Minden műszernek, így a megvilágításmérőnek is van egy működési hőmérséklet tartománya. Precíz laboratóriumi mérések esetén a műszert a laboratóriumi körülményeknek megfelelő hőmérsékleten kell kalibráltatni. Gyakorlati, helyszíni mérésekhez elfogadható az általánosan megadott 5°C - 35°C közötti hőmérséklet tartomány. Nyári kánikulában, kohóknál, de akár pékségeknél is, a környezeti hőmérséklet az átlagosnál nagyobb lehet. Ilyen esetekben a műszert a környezeti átlag hőmérsékletre kell kalibráltatni a mérés megkezdése előtt.

Szabadtéri méréseknél különös jelentősége van a hőmérsékletnek, valamint az időjárásnak, esőben, hóban nem szokás mérni, de befolyásolhatja a mérést a felhős idő is.

Értelemszerűnek tűnik, hogy a mesterséges világítást akkor kell mérni, amikor a természetes megvilágítás értéke közel 0 lx. Ez nyilván nem életszerű, már csak azért sem, mert a holdfény is néhány lux megvilágítást okoz.

Belső téri munkahelyek esetén a helyszíni mérésnek mindenképpen lesz valamilyen hibája. Ha nappal a természetes fény mellett mérünk, akkor az befolyásolja a mérést, ha este sötétedés után, akkor az ablakon kiáramló fény vagy a környezet bevilágítása hamisíthatja meg az eredményt.

Ennek megfelelően a gyakorlat azt mondja, hogy

- a sötétítő függönyök úgy legyenek be- vagy széthúzva, ahogy azt általában használják.
- A természetes fény vagy más helyiségből, területről bevilágító fényeket zavaró fényként kell figyelembe venni. A zavaró fény nagysága nem lehet nagyobb, mint a vizsgált feladatra megadott megvilágítás érték 50 %-a.
- Ha van rá lehetőség, akkor természetes fény nélkül kell mérni.
- Szabadtéri munkahelyeken mindig sötétedés után kell a mérést végezni, akkor, amikor a természetes megvilágítás 0,5 lx-nál kisebb.

Környezeti feltételként vizsgálandó a világítási berendezés feszültség szintje. A mérés előtt és után is célszerű a feszültség szintet ellenőrizni. Az adott helyiségben a kapcsolóknál szokás a feszültségmérést végezni. Nagy csarnokok esetén a csarnok elosztónál és a legtávolabbi lámpatestnél célszerű mérni.

A világítótest fényáramát és élettartamát befolyásolja a táphálózat feszültsége. Korábban a névlegestől eltérő feszültség esetén a mért értékeket korrigálni kellett. Ma, ha feszültség a névlegestől 5 %-al jobban eltér, minősítő mérés nem végezhető. A hálózati feszültség szint helyreállításáról kell gondoskodni a fénytechnikai mérés előtt.

Fontos! A mérés minden körülményét pontosan rögzíteni kell. Időpontokat perc pontossággal, mért értékeket egy tizedes jegy pontossággal legalább. Rögzítendő a mérés során bekövetkező természetes fény változása, az időjárás változás is.

Szabadtéri berendezések esetén a mérést jelentősen befolyásolhatja a szélhatás is. Rögzíteni kell a szélsébséget is.

Természetesen a mérésnél ügyelni kell arra, hogy a mérést végző ruházata ne befolyásolja a mérést, ne árnyékolja a műszert.

8.4. A megvilágításmérő műszer

A világítástechnikai gyakorlatban ma már általában szilícium (Si) fényelemeket alkalmaznak. A pontosabbak műveleti erősítővel működnek. A méréshatárok kiterjesztése előtétzűrőkkel, illetve az erősítés értékének megváltoztatásával történhet.



79. ábra A megvilágítás mérő műszer

A korszerű, hitelesíthető műszerek ezen túlmenően $\cos \varphi$ előtéttel rendelkeznek. Ez biztosítja azt, hogy a ferdén beeső fényáramot a beesési szög koszinuszával arányosan veszi figyelembe a műszer.

A 79. ábra kézi műszer fényképe. Ez utóbbin a fekete koncentrikus körök közül a legkisebb az érzékelő sapkája, a legszélső az az árnyékolás, ami lehetővé teszi, hogy a nagy lapos szögben beeső fényeket kiszűrje. A jobb oldali kis fekete pötty a bekapcsoló gomb.

A helyes érzékelés érdekében a műszernek $V(\lambda)$ illesztésűnek kell lennie. Ez azt jelenti, hogy az érzékelője az emberi szem spektrális eloszlásának megfelelően érzékel.

A műszer kalibrálásáról, hitelesítéséről már ejtettünk szót. Ennek fontosságát nem lehet eleget hangoztatni, különös tekintettel arra, hogy a piacon nagyon sokféle műszert, szoftvert lehet kapni. Ez utóbbiak okos telefonra telepítve elvileg megvilágítás mérésre is alkalmasak. A telefon spektrális eloszlása azonban nem ismert. A cosinus feltét sem biztosított. az okos telefonnal mérés jó lehet a célból, hogy megállapítsuk: itt mérni kell, mert a megvilágítás nem megfelelő. Ezt azonban szabad szemmel is megállapíthatjuk. (Amennyiben a telefonos applikáció hitelesíthető, akkor a hitelesítési irat szerinti feltételekkel megvilágítás mérésre használható.)

8.5. Dokumentáció, rögzítendő adatok, mérési pontok kijelölése

Mind a belsőtéri, mind a szabadtéri munkahelyekre, valamint a közvilágításra vonatkozó szabvány megadja, hogyan kell a mérési pontokat kijelölni. Valamennyi szabvány azt mondja, hogy a mérést azokban a pontokban kell végezni, amely pontokra a számítás történt. Valamennyi szabvány előírja, hogy az ismételt méréseket ugyanazokban a pontokban kell végezni. Ez nagyon fontos az energetikai felújításoknál, hogy a lecserélendő berendezés paramétereit mérjük, a felújítás elvégzése után ugyanazokban a pontokban ellenőrizzük az új berendezés paramétereit. A pontok helyét célszerű, ideiglenesen ugyan, de maradandóan megjelölni.

8.5.1. Munkahelyek esetén a mérési pontok kijelölése

A vizsgálandó munkahely alaprajzára mind belsőtéren, mind szabadtéren mérőhálót kell felfektetni, amelyben a maximális rácsosztást a következő képlettel kell számítani:

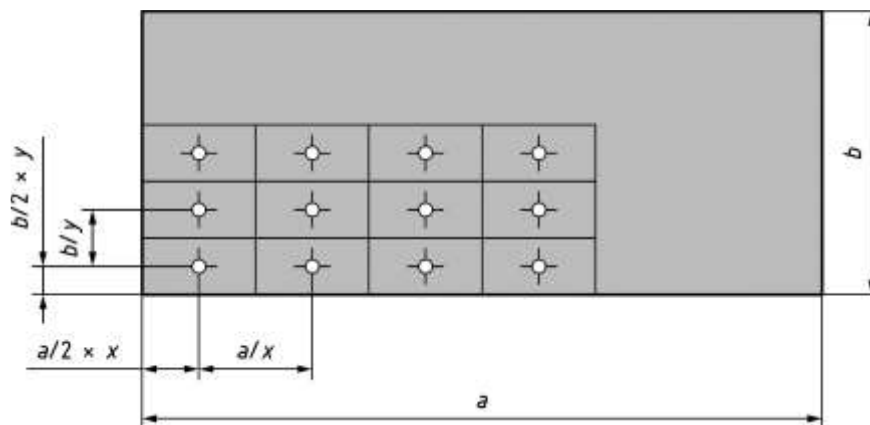
$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10}(d)},$$

ahol **p** a rácsosztás, **d** a vizsgált terület hosszabbik mérete, de ha a hosszabbik oldalnak a rövidebbek oldalhoz viszonyított hányadosa 2 vagy ennél nagyobb, akkor **d** a terület rövidebbek oldalának a mérete

A rács cellái lehetőleg négyzetesek legyenek, a cellák hosszúság/szélesség aránya 0,5 és 2 közötti legyen

A mérést a látási feladat síkjában, munkasíkon kell végezni. (Ha üres helyiségben kell mérni, akkor 0,85 m magasságban kell a horizontális megvilágítást mérni. Vertikális megvilágítás mérési magassága 1,5 m.)

A belső téri munkahelyekre vonatkozó szabvány módosítása a mérési pontok felvételére a következőt javasolja:



80. ábra Belső tér mérési pontjai

ahol a – a vizsgálandó/mérendő terület hosszabbik oldala,

b – a vizsgálandó/mérendő terület rövidebb oldala,

x – a hosszabbik oldal mentén a pontok száma,

y – a rövidebb oldal mentén a pontok száma.

Belső téri munkahelyek esetén, ha nincs a fal mellett munkahely, akkor a faltól számított 0,5 m sáv elhagyható, illetve az átlag és az egyenletesség számításánál nem kell figyelembe venni az ide eső pontokat.

Mind a belsőtéri, mind a szabadtéri munkahelyekre, valamint a közvilágításra vonatkozó szabvány megadja, hogyan kell a mérési pontokat kijelölni. Valamennyi szabvány azt mondja, hogy a mérést azokban a pontokban kell végezni, amely pontokra a számítás történt. Valamennyi szabvány előírja, hogy az ismételt méréseket ugyanazokban a pontokban kell végezni. Ez nagyon fontos az energetikai felújításoknál, hogy a lecserélendő berendezés paramétereit mérjük, a felújítás elvégzése után ugyanazokban a pontokban ellenőrizzük az új berendezés paramétereit. A pontok helyét célszerű, ideiglenesen ugyan, de maradandóan megjelölni.

8.5.2. Közvilágítás (útvilágítás) mérési helyeinek meghatározása

Közvilágítás (útvilágítás) esetén általában fénysűrűséget kell mérni. Ha a fénysűrűség méréshez nincs elegendő egyenes szakasz az úton, akkor megvilágítást is lehet mérni. Megvilágítást kell mérni a gyalogos zónákban, illetve a pedálos járművek útvonalán.

Közvilágítás megvilágítás mérését is azokban a pontokban kell végezni, amely pontokra a méretezés készült.

A mérési pontok felvételét a 80 ábra mutatja:

ahol

1- jelenti a közvilágítási lámpahelyet

2- a vizsgált terület szélessége

3 – maga a mérendő terület

S – a lámpahelyek közötti távolság, m

D – a mérési pontok távolsága hosszirányban

d – a mérési pontok távolsága keresztirányban

N – a hosszirányú mérőpontok száma (x jelöli a mérőpontok helyét)

Keresztirányban általában forgalmi sávonként 3 mérő sor elegendő, hosszirányban

- ha a lámpahelyek távolsága \leq , mint 30 méter, akkor $N = 10$
- ha a lámpahelyek távolsága nagyobb, mint 30 m, akkor $N = S/D$, ahol $D < 3$ m és N egész szám.

8.6. Mért adatok értékelése

A mért adatok kiértékelése mindig az adott szabvány alapján kell történnék! A szabvány ismerete nem megspórolható!

A mérés során a mért adatokat célszerű táblázatban rögzíteni a mérési pontok sorszámaival, vagy más egyértelmű jelöléssel. Fontos a mérés reprodukálhatósága!

A mért megvilágítási értékekből meg kell határozni a mért értékek számtani átlagát. Ezt az értéket kell összevetni az adott területre előírt megvilágítás karbantartási értékével. Jól lehet, a szabvány azt mondja, hogy a karbantartási érték azt jelenti, hogy a megvilágítás nem eshet ez alá az érték alá, de ez nem azt jelenti, hogy az adott tér egyetlen pontján sem lehet kisebb az előírt értéknél a mért érték. A karbantartási érték az adott terület átlagára értendő!

Meg kell határozni a mért értékekből a megvilágítás egyenletességére vonatkozó mutató szerinti értéket is. Belsőtéri munkahelyek esetén általában U_0 értékét kell meghatározni, ami a mért értékek legkisebbikének és az átlag értéknek a hányadosa. A számított érték nem lehet kisebb, mint amit az adott tevékenységhez a szabvány „A világítási követelmények táblázat”-ában megad.

Szükséges lehet a munkaterület és közvetlen környezet világításának egymáshoz való viszonyának megállapítására is. Közvetlen környezet általában 0,5 m széles sáv a tényleges munkaterület mellett.

Szabadtéri munkahelyek esetén is általában U_0 értékét kell meghatározni, de esetenként a nem túl szerencsés különbözőség nevű egyenletességi mutatót is meg kell határozni. Ennek jele: U_d . Meghatározása: a mért legkisebb és a mért legnagyobb érték hányadosa.

Közvilágítás esetén nemcsak U_0 , hanem hosszirányú egyenletesség vizsgálata is szükséges. Ennek jele: U_1 értelmezése a forgalmi sáv középvonalában mért minimum és maximum érték hányadosa. Közvilágításban vizsgálandó még az útszél megvilágítás hányados is. Ez az útszél belső és külső oldalán mért átlagos megvilágítások hányadosa.

Új berendezés vagy felújított berendezés teljeskörű felülvizsgálata esetén értékelni kell a káprázáskorlátozást, színvisszaadást, színhőmérsékletet is. Ezeknél nem műszeres mérést kell végezni, hanem a tervvel, illetve a beépített eszközök megadott értékeivel kell összehasonlítani a szabványban megadottakat.

A berendezés minősítése akkor megfelelő, ha minden paramétere megfelelő értékű.

8.7. Mérési jegyzőkönyv minta

A mérési jegyzőkönyvre a szabványok mintát nem adnak, csak azt határozzák meg: mit kell tartalmaznia.

Szükséges megadni:

1. A vizsgálat pontos helyszínét (település, utca, házszám, emelet, ajtószám vagy egyéb azonosításra alkalmas megnevezés)
2. A vizsgálat időpontja (ha többször kell elmenni vagy több alkalommal történik a vizsgálat, akkor minden időpontot jelölni kell)
3. A vizsgálat célja (pl.: meglévő állapot ellenőrzése, karbantartási idő meghatározása, átépítés előtti állapot rögzítése, új berendezés átadás-átvétel előtti vizsgálata...)
4. A vizsgálatnál használt műszer(ek)adatai (azonosító jele, gyári száma, hitelesítés vagy kalibrálás adatai (a hitelesítést/kalibrálást végző laboratórium megnézése, a vizsgálat időpontja, érvényességi feltételek, stb)
5. Szabadtér esetén időjárási körülmények (hőmérséklet (az adat származhat

saját mérésből, de ennek is hitelesített hőmérőnek kellene lenni, vagy származhat a Meteorológiai Intézet (OMSZ) hivatalos adatbázisából), szélviszonyok, eső, havazás, holdfény stb.)

Belsőtéri mérés esetén a helyiség hőmérséklete, bevilágítók állapota stb.

6. Zavaró fények (szabadter esetén a természetes világítás mennyisége, belsőter esetén a bevilágítás mértéke a mérés előtt, alatt (nemcsak a természetes fény, hanem a mesterséges bevilágítást is figyelembe kell venni. pl. folyosó világítása)
7. Mérőpontok felvételének módja
8. Mérés leírása
9. Mért és vizsgált adatok

Ha a megrendelő megadja, hogy mit kell tudnia a világításnak (szabvány száma, tevékenység kritériumai) akkor a jegyzőkönyv tartalmazza az előírt értéket és a mért értéket és azok kiértékelését, megfelel, nem felel meg.

Ha megbízás szerint a vizsgálatot végzőnek kell meghatározni a vonatkozó szabványt, akkor a kiválasztás körülményeit is le kell írni. (Ez elsősorban közvilágítás mérésnél fordul elő, hogy a vizsgált utca besorolása nem áll rendelkezésre. A besorolást a mérést végző is elvégezheti, de akkor ennek minden szempontját le kell írni)

Oktatásban használt jegyzőkönyv minta a mellékletben található.

9. Üzemviteli megfontolások

A világítási berendezések korszerűsítése során gyakran előfordul, hogy nem veszik figyelembe azok üzemeltetési körülményeit és feltételeit.

Az új termékek kiválasztásakor a gyors megtérülés miatt, a rosszabb minőségű és egyben olcsóbb LED világítótestek kerülnek felszerelésre a beruházási költség gyorsabb megtérülése miatt. Csakhogy egy rövidebb élettartamú terméket gyakrabban kell cserélni, ami a rendszer üzemeltetési költségeit emeli. Ez a költség elviszi az energia megtakarításból származó hasznot.

Korszerűsítéskor elengedhetetlen a világítási berendezés világítástechnikai méretezése az érvényes szabványoknak megfelelően a vizuális komfortérzet biztosítása érdekében. Az általános megvilágítás mellett egyes munkahelyeken helyi világításról is gondoskodni kell. Ez szintén növeli az üzemeltetési költségeket.

A munkavédelmi felülvizsgálatok alkalmával fontos a munkahelyi megvilágítás mérése. A mérés menetét a 8. fejezetben ismertetjük. A megfelelő megvilágítás, egyenletesség, káprázásmentesség, a jó színvisszaadás és kellemes színhőmérséklet növeli az ott dolgozók hatékonyságát és termelékenységét.

Ha meghibásodik egy LED világítótest, azt mindenképp azonos paraméterűre, ha lehet azonos gyártmányúra kell cserélni! Gyakran látni kevert színhőmérsékletű fényforrásokat lámpatestekbe helyezve, ami sem esztétikailag, sem funkcionálisan nem praktikus megoldás.

A működtető egységek és fényáram szabályzók kompatibilitása a beszerelt LED-es világítótestekkel elengedhetetlen a villogás és működés közbeni vibrálás elkerülése érdekében. A LED-ek és más fényforrások fényárama csökken a működési idő előrehaladtával. A gyártók az élettartam idejét a 30%-os fényáramcsökkenés bekövetkezténél határozzák meg. Például, amikor 70%-ra csökken a LED panel által kibocsátott fényáram, azt már le kellene cserélni. Tehát nem addig kell működtetni egy világítótestet, amíg az még valamennyire világít!

A LED panelek esetében többnyire csak a működtető egység hibásodik meg, ami külön csatlakozik a panelhez és egyszerűen cserélhető. A gyártótól vagy forgalmazótól azonos paraméterű működtető beszerzése után végezhető el a csere!

A nem megfelelő minőségű LED működtetők jelentős felharmonikus zavart okoznak az elektromos hálózaton. Ez káros hatással lehet az automata és robot gépek vezérlésére és egyéb gyengeáramú berendezésekre. Ilyen esetekben hálózati analízátorral

érdeemes hosszabb időtartamú méréseket végezni, és a felharmonikus tartalmat szűrők beépítésével mérsékelni, vagy a gyenge minőségű működtetőt cserélni.

A LED panelek kapacitív fogyasztók! Nagyobb világítási berendezés esetén a felhasználó (irodaház, üzem stb.) fázisjavító berendezését felül kell vizsgálni, ha szükséges a beállításokon módosítani a túlkompenzálás elkerüléséért.

A LED-ek és működtető elektronikájuk nagyon hőérzékenyek, ezért az álmennyezet fölött biztosítani kell a szellőzés lehetőségét.

Fénycsöves világítótestek villogását és vibrálását elektronikus előtétek használatával lehet elkerülni. Előnyük a nagyfrekvenciás működés és kis saját fogyasztás. Általában 150W-os teljesítményig a nagynyomású nátriumlámpákat és fémhalogénlámpákat is lehet elektronikus előtétről működtetni.

A világítótestek buráinak időszakos tisztítása ipari környezetben nem elhanyagolható, ugyanis jelentős megvilágítás csökkenést eredményez a szennyezett bura.

9.1. Üzemeltetési és karbantartási elvek

Hagyományos kültéri világítási lámpatestek esetén, az üzemeltetési feladat a fényforrás és az elektromos szerelvények cseréjét, valamint a karbantartási feladatokat (búra, - tükör tisztítás, foglalat és csatlakozások ellenőrzése) foglalja magába.

A javításhoz szükséges fényforrások és elektromos szerelvények kereskedelmi forgalomban szabadon beszerezhetők, gyártótól független alkatrészecskék, amelyek a lámpatest árához képest viszonylag olcsók. A standard teljesítmény értékek miatt viszonylag kevés alkatrészt jelent, aminek a készletezése az üzemeltetőknek nem okoz jelentős raktárkészletet. Az élettartamból kiszámolva jól tervezhető a várható meghibásodás és a csere időpontja. A javításhoz felhasznált anyagok költségéből és a ciklusidőből kalkulálható egy átalánydíjas javítási költség, ami mind a felhasználó mind az üzemeltető számára előre tervezhetővé teszi az üzemeltetési költségeket, munkát és bevételeket.

LED-es világítótestek esetén az üzemeltetési feladat részben vagy egészben eltér az eddigi gyakorlattól!

A LED-es világítótestek hibáinak döntő többsége a helyszínen nem, vagy csak részben javítható. A fényforrás, előtét, gyújtó csere helyett a LED-es világítótesteknél a helyszínen csak a működtető elektronikát, teljes szerelvénylapot vagy komplett lámpatestet lehet cserélni.

A hibák javításához szükséges alkatrészek zömében gyártófüggő és az eddig a javításhoz használt alkatrészekhez képest drágább termékek, így meghibásodás esetén az anyagköltség jelentős részt fog képviselni a javítási költségekben. A LED-es világítótestek javításához a sokféle típus és teljesítmény miatt szinte lehetetlen csere alkatrész raktározásáról gondoskodni. A prognosztizált hosszú élettartam miatt a LED-es világítótesteknél nem lehet a várható javítási költséget tervezni, ezért az átalánydíjas javítási költség helyett más üzemeltetési költségstruktúrát kell választani.

9.2. LED-es világítótest üzemeltetés kritikus pontjai

- Mennyi ideig szól a jótállás és mire vonatkozik?
- A vállalt jótállás érvényesíthető-e az adott beszállítónál? (létezik-e a beszállító?)
- Az adott világítótesthez az élettartam alatt létezik-e kompatibilis csere alkatrész? (ugyanolyan fényeloszlású, teljesítményű, fényhasznosítású LED panel, meghajtó)
- A javításhoz szükséges alkatrész, világítótest beszerzésének átfutási ideje. (indokolatlanul hosszú javítási időt okozhat)
- A bejelentett hibahelyen felszerelt világítótest pontos típus ismerete: a hiba javításához szükséges alkatrészeket csak a helyszín és a pontos típus ismeretében lehet meghatározni. A pontos típus ismerete nélkül a hiba javítása előtt a helyszínen kell meghatározni a javítási feladatot, ami többszöri kiszállást és a javítási idő meghosszabbodását fogja eredményezni.
- Karbantartási feladatok elvégzésének szükségessége: hibátlan működés esetén is el kell végezni a karbantartási feladatokat (kábelkötések, túlfeszültség védelmek ellenőrzésén túl a szigetelések állapotának ellenőrzése, optikák és burák tisztítása stb.), mert ennek hiányában a világítótestek fényhasznosítása erősen csökkenni fog. Amennyiben a karbantartási feladatok továbbra is fennállnak, akkor ez az üzemeltetési költségekben meg fog jelenni, amelynek eredményeképpen az prognosztizált minimális üzemeltetési költség jelentősen megemelkedhet.

Konklúzió: A LED-es világítótestek üzemeltetése új kihívásokat jelent, és az üzemeltetési gyakorlatban, teljes körű szemléletváltást igényel. A későbbi üzemeltetési költséget alapvetően befolyásolja a megfelelő világítótest és megbízható beszállító kiválasztása. Az üzemeltetőknek alkalmazkodniuk kell a megváltozott igényekhez, technológiához.

Sajnos Magyarországon ma még mindig elsődleges szempont, kivitelezői és sokszor beruházói és így tervezői oldalról is az árszint, a minőséggel szemben. Ennek

megfelelően, sajnos még ma is találkozni olcsón megoldható felújítással, amelynél semmilyen energetikai szempont nem kerül figyelembevételre. Hasonló problémát látunk, az olcsón közel vagy távol keletről behozott LED világítótestek esetében is. Ezeknek a lámpatesteknek a legtöbbször nincsenek, speciális laboratóriumokban kimért fénytechnikai paraméterei, így tervezni és számítógépes programmal megvilágítás számítást sem lehet velük végezni. Azonban, mivel a kereskedelemben elérhető, a forgalmazó leigazol minden megfelelőséget, sok esetben a beruházót is meggyőzik, aki örül, mert pénzt takarít meg, kiváltják az eredetileg betervezett, minden előírásnak, műszaki, minőségi és mennyiségi jellemző követelménynek megfelelően kiválasztott lámpatestet. Végeredményben a beruházó kap egy új világítótestet, helyiség világítást, ami a legtöbb esetben még túl is lesz világítva, hiszen legtöbbször ezeknek a világítótestnek a LED chipjei jelentősen túl vannak hajtva. Az eredmény borítékolható, hiszen a túlhajtott LED gyorsabban öregszik, jobban melegszik, amire várhatóan nem volt méretezve a hűtése, így szinte biztosra vehető, hogy 2-3 éven belül vagy nem lesz már megfelelő a helyiség előírt megvilágítási értéke, vagy tönkre mennek a világítótestek és cserére lesz szükség. Ha gondos és valamire adó beruházóként utána számolunk, szinte biztosra vehető, hogy az újabb felújítás, világítótest csere után bőven megérte volna a megfelelő minőségű és megbízhatóságú világítótestet választani, még ha nagyobb is lett volna a kezdeti beruházási költség.

10. Mintapéldák a világításkorszerűsítés energia és költség-megtakarításaira

Amint arra már korábban hivatkoztunk, a bemutatásra kerülő példákat a 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendelet „1. melléklet III. rész, 2.5. Világításkorszerűsítés fejezetben ismertetett számítási módszer szem előtt tartásával úgy választottuk, hogy általuk a különböző, gyakorlatban előforduló esetek bemutatásra kerülhessenek.

A példáknál kiindulási megközelítés, hogy a jelenlegi világítási rendszer régi, a fényforrások fényhasznosítása kicsi, ezért célszerű jobbra cserélni.

Az energiahatékonysági beruházás a lecserélendő világítótestek leszerelését, az elektromos hálózat áramköri szerelvényeinek felújítását és az új LED világítótestek felszerelését foglalja magába.

10.1. Kültéri világításkorszerűsítés - 2021. szeptember 1 előtt

10.1.1. A kiinduló adatok

Az intézkedés tárgyát képező világítási rendszerek névleges műszaki adatait és az üzemviteli jellemzői (a korszerűsítésről a készre jelentés, a lecserélt és új világítótest adat-, vagy katalóguslapjának, valamint az EKR jegyzék 2. 5. 2. és 2. 5. 2. 2. táblázatának felhasználásával).

26. táblázat

A	B	C	D
	Műszaki adat	Lecserélt/ világítótest	Új világítótest
lcs1	Típus _{lcs, k} - a lecserélt világítótestek típusa		-
lcs2	A lecserélt világítási rendszer/világítótest üzembehelyezésének időpontja, [év]	2010	-
lcs3	P _{lcs, k} = lecserélt világítótestek típusonkénti névleges villamos teljesítményigénye, [W/db]	250	-
lcs4	n _k = lecserélt világítótestek típuson belüli mennyisége [db]	10	-
lcs5	η _{előtét} = lecserélt világítótest előtétjének hatásfoka [%]	90	
új1	Típus _{új, i} - az új LED világítótestek típusa,	-	
új2	Az új világítási rendszer üzembehelyezésének időpontja, [év]	-	2021. július
új3	P _{új i} = az új LED világítótestek típusonkénti villamos teljesítményigénye [W/db]	-	100

új4	n_i = új LED világítótestek típuson belüli mennyisége, [db] [db]	-	10
új5	$\eta_{új, i}$ = új LED világítótest típusok fényhasznosítása [lm/W]	-	100
új6	\ddot{U}_k = Üzemviteli korrekciós tényező	1	0,8
	$t_{m, j}$ = a „j” világítási csoportra érvényes tipizált éves működési idő [h/év].	4000	

A lecserélt és a helyettük felszerelt világítótesteket a készre jelentésben célszerű fényképekkel dokumentálni, az adatlapjait igazolásként mellékelni.



81. ábra Lecserélt 10 db, - Régi világítótest és fényforrás: HGL 2x125 W



82. ábra Új világítótest: INESA ZD 516

10.1.2.A várható és elszámolható energiamegtakarítás

A lecserélt világítási rendszer és az új LED világítási rendszer teljesítményigényének különbségéből számolható az éves várható energiamegtakarítás, $\Delta E_{\text{év}, i}$

$$\Delta E_{\text{év}, i} = (P_{\text{lecs}, k} \cdot n_k \cdot \ddot{U}_{k \text{ lecs}} - P_{\text{új}, i} \cdot n_i \cdot \ddot{U}_{k \text{ új}}) \cdot t_{m, j} / 1000 \cdot 3,6 / 1000 \quad [GJ / \text{év}]$$

ahol:

A képletek után a számozás a mellékletként csatolt EKR jegyzékben a számozás.

$P_{\text{lecs}, k} = 250 \text{ W}$, a lecserélt világítótestek típusonkénti teljesítményigénye vezérlő/előtét nélkül

$$P_{\text{lecs}, k} = P_{\text{lecs}, k \text{ névleges}} / \eta_{\text{előtét}} = 250 / 0,9 = 278 \quad [W/db]$$

$\eta_{\text{előtét}} = 90 \%$, a lecserélt világítótest előtétjének hatásfoka az EKR jegyzék 2.5.2.2. táblázata, szerint.

$n_k = n_i = 10$, a lecserélt világítótestek típuson belüli száma.

$\ddot{U}_{k \text{ lecs}} = 1$, a lecserélt világítótestek csoportjára érvényes üzemviteli korrekciós tényező (az EKR jegyzék 2 2.5.8.2. pontjában nincs meghatározva).

$P_{\text{új}, i} = 100 \text{ W}$, az új LED világítótestek típusonkénti teljesítményigénye.

$\ddot{U}_{k \text{ új}} = 0,8$; az új világítótestek csoportjára érvényes üzemviteli korrekciós tényező. (7.6. fejezet)

$t_{m, j} = 4000 \text{ h/év}$, „j” világítási csoportra érvényes tipizált éves működési idő. (Az EKR jegyzék 2.5.8.1. fejezete szerint, köz és külső térvilágítás kategóriába sorolva.)

A fenti adatokkal a várható megtakarítás

$$\Delta E_{\text{év}, i} = (278 \cdot 10 \cdot 1 - 100 \cdot 10 \cdot 0,8) \cdot 4000 / 1000 \cdot 3,6 / 1000 = 28,512 \text{ GJ /év}$$

Tekintettel arra, hogy a világításkorszerűsítés 2021. szeptember 1 előtt megvalósult, az elszámolható megtakarítás megegyezik a várható megtakarítással

$$\Delta E_{\text{év}, i} = \Delta E_{\text{év}, e}$$

10.1.3.A várható költségmegtakarítás

A várható költségmegtakarítás, $\Delta K_{\text{év}}$ két tétel összegeként határozható meg.

$$\Delta K_{\text{év},i} = \Delta K^1_{\text{év},i} + \Delta K^2_{\text{év},i}$$

Az egyik az új világítótest élettartamának végéig évente jelentkező, a villamosenergia felhasználás csökkentéséből származó, $\Delta K^1_{\text{év}}$ az energiamegtakarítás és a villamosenergia Ft/kWh-ban megadott árának, k_v , szorzataként határozható meg,

$$\Delta K^1_{\text{év},i} = 1000 \cdot \Delta E_{\text{év},i} / 3,6 \cdot k_v, \text{ Ft/év}$$

a másik, ΔK^2 egyszeri, a beruházási költséget csökkentő részének tekinthető. A végsőenergia felhasználás csökkentéseként az EKR keretében értékesíthető, vagy saját hatáskörben jóváírható energiamegtakarítás és az értékesítés Ft/GJ-ban meghatározott ára, k_E , vagy az energiahatékonysági járulék (2021-ben 50 000 Ft/GJ), szorzataként határozható meg,

$$\Delta K^2 = \Delta E_{\text{év},i} \cdot k_E, \text{ Ft.}$$

Legyen a példában a villamosenergia ára $k_v = 40 \text{ Ft/kWh}$, az eladásra szánt elszámolható energiamegtakarításnak a hitelesítés díjával csökkentett eladási ára $k_E = 20\,000 \text{ Ft/GJ}$.

Ezekkel az árakkal

$$\Delta K_{\text{év},i} = 1000 \cdot \Delta E_{\text{év},i} / 3,6 \cdot k_v = 1000 \cdot 28,512 / 3,6 \cdot 40 = 316\,444 \text{ Ft/év}$$

$$\Delta K^2 = \Delta E_{\text{év},i} \cdot k_E = 28,512 \cdot 20\,000 = 569\,600 \text{ Ft}$$

Az eredmény mutatja az EKR ösztönző hatását a világításkorszerűsítésre, - az eladható energiamegtakarítás 569 600 Ft-al csökkentheti a beruházási költséget, miközben évente 316 444 Ft/év energia költség megtakarítást eredményez.

A gazdasági értékelést ennek szem előtt tartásával kell elvégezni.

10.2. Kültéri világításkorszerűsítés - 2021. szeptember 1 után, korai csere nélkül

10.2.1.A kiinduló adatok

Az intézkedés tárgyát képező világítási rendszerek névleges műszaki adatai és az üzemviteli jellemzői megegyeznek az előző példa adataival azzal a különbséggel, hogy a lecserélt világítótestek több mint 15 évvel a csere előtt üzembe lettek helyezve.

Az elszámolható energiamegtakarítás meghatározásában lényeges különbség, hogy a fentebb hivatkozott EU rendelet szerint az EKR-ben nem számolható el a várható megtakarítás, hanem annak csak egy előírt energiahatékonysági szint fölötti része, azaz

a **többlet megtakarítás**, a **többlet energiamegtakarítás** feltételét a 2019/2020 EU bizottsági rendelet által meghatározott kritérium alapján kell megvizsgálni, (EKR jegyzék 2.5.6.). Eszerint „2021. szeptember 1-jétől a fényforrások P_{on} megadott teljesítményigénye (a bekapcsolt világítótest teljesítményigénye) nem haladja meg a P_{onmax} , maximálisan megengedett értéket, amely meghatározás szerint a Φ_{use} megadott hasznos fényáram és a megadott CRI (az alábbi képletben R) színvisszaadási index függvénye, az alábbiak szerint:

$$P_{onmax} = C \cdot (L + \Phi_{use}/(F \cdot \eta)) \cdot R, W$$

ahol:

C: teljesítmény korrekciós tényező, az ERK jegyzék 2.5.6. fejezete szerint, irányított hálózatról működő fényforrás esetén $C = 1,23$ (a hálózatot irányított hálózatnak tekintjük, mivel távirányítással, vagy programozás által csökkenthető a világítótestek fényárama).

L: a működtető egység/előtét teljesítményigénye, W (A többlet energiamegtakarítás számításakor a különbségképzés miatt nem releváns.)

$\Phi_{use} = 10\,000\text{ lm}$ az új világítótest fényárama, az új világítótest, vagy fényforrás műszaki adatlapja szerint

$F = 0,85$ energiahatékonysági tényező az ERK jegyzék 2.5.6. fejezete szerint az új világítótestet irányított fényűnek tekintve

$\eta = 100\text{ lm/W}$ a fényhasznosítás. Az új világítótest, vagy fényforrás műszaki adatlapja szerint, vagy a fényáram és a névleges teljesítményigényének hányadosaként meghatározva.

$R = 1$ a színvisszaadási tényező (CRI). A színvisszaadás módosító tényezője a **teljesítményigény számítás során** egyszerűsítésként figyelmen kívül hagyható. A fenti értékekkel

$$P_{onmax} = 1,23 \cdot (0 + 10\,000/(0,85 \cdot 100)) \cdot 1 = 144,7\text{ W};$$

Mivel az új LED-es világítótest teljesítményigénye $P_{on} = 100\text{ W} < 144,7\text{ W}$, a lecserélt világítótest 15 éves referencia élettartamán túl is **elszámolható többlet energiamegtakarítást eredményez.**

10.2.2. A várható és elszámolható energiamegtakarítás

A gazdasági értékeléshez szükséges éves várható energiamegtakarítás megegyezik az 1. példában meghatározott értékkel.

Az elszámolható, esetünkben a „többszörös energiamegtakarítás” meghatározásához az 1. példában megadott adatokon felül ismerni kell a környezettudatos tervezési követelmények szerinti referencia fényhasznosítást, ($\eta_{\text{ref}, i}$), amelyet $\eta_{\text{küszöb}} = 120$ lm/W fényhasznosítási küszöbérték, (2019/2020 EU bizottsági rendelet II. melléklet, 1. táblázatában a „rendelet hatálya alá tartozó egyéb, a fentiekben nem megjelölt fényforrások” besorolása szerint), az új világítótest F_i energiahatékonysági és a C_i teljesítmény korrekciós tényezőinek figyelembevételével kell meghatározni, (EKR jegyzék 2.5.7.1. képlet).

$$\eta_{\text{ref}, i} = \eta_{\text{küszöb}} \cdot F_i / C_i, (2.5.7.1.)$$

$$\eta_{\text{ref}, i} = \eta_{\text{küszöb}} \cdot F / C = 120 \cdot 0,85 / 1,23 = 83 \text{ lm/W}$$

Az EKR jegyzék 2.5.7.2. és 2.5.7.2. képlete irányított és nem irányított fényű világítótestekre közvetlenül megadja $\eta_{\text{ref}, i}$ értékeit. 0,83 lm/W, ill. 111 lm/W.

Ezekből az értékekből levonható a következtetés, hogy ha a nem irányított fényű új világítótest fényhasznosítása nem nagyobb mint 111 lm/W, a régi cseréjével nem keletkezik elszámolható megtakarítás.

A példa esetében, - 100 lm/W az új világítótest fényhasznosítása, - is így van. Tekintettel azonban arra, hogy az új világítótest irányított fényű, a megadott értékekkel a lecserélt világítótest 15 éves referencia élettartamán túl elszámolható többszörös energiamegtakarítása:

$$\Delta E_{\text{többszörös/év}, i} = P_{\text{új}, i} \cdot n_i \cdot (\eta_{\text{új}, i} / \eta_{\text{ref}, i} - 1) \cdot t_{m, j} / \ddot{U}_k / 1000 \cdot 3,6 / 1000,$$

$$\Delta E_{\text{többszörös/év}, i} = 100 \cdot 10 \cdot (100 / 83 - 1) \cdot 4000 / 0,8 / 1000 \cdot 3,6 / 1000 = \mathbf{3,69 \text{ GJ /év}}$$

ahol:

$\ddot{U}_k = 0,8$; mert a közvilágításhoz hasonlóan a világítást 24:00 órától 5:00 óráig 50%-os mértékre csökkentik.

Figyelemre méltó a két példa eredményének összehasonlítása. Ha a csere 2021. szeptember 1 előtt megvalósult, az elszámolható megtakarítás **28,512 GJ /év**, ha később, akkor csak **3,69 GJ/év**.

10.3. Kültéri világításkorszerűsítés - 2021. szeptember 1 után, korai csere figyelembevételével

Az elszámolható megtakarítás meghatározásában fontos szerepet kap a korai csere meghatározása. A világítótestek cseréje esetén a világítótestek élettartamának figyelembe vehető értéke 15 év. Ha a régi világítótestet az üzembe helyezést követő 15 évnél korábban korszerűre cserélik, a korai csere időszakára a várható energiamegtakarítás elszámolható, az azt követő időszakra csak előírt energiahatékonysági szint fölötti része.

10.3.1. A kiinduló adatok

Az intézkedés tárgyát képező világítási rendszerek névleges műszaki adatai és az üzemviteli jellemzői megegyeznek az előző példák adataival. Azt feltételezzük, hogy a lecserélt világítótesteket a 15 év referencia élettartamának lejárta előtt lecserélik.

Az elszámolható megtakarítás meghatározásának **első lépéseként** megvizsgáljuk, a korai csere fennállásának kérdését, majd amennyiben számolható korai cserével, meghatározzuk a kiinduló állapothoz képest az energiamegtakarítás mértékét.

Az EKR jegyzék 2.5.3. pontja szerint a „világítási rendszerek esetében a lecserélt világítási rendszer, illetve világítótest élettartamát az EU ajánlás alapján a lámpatestek élettartamának megfelelően 15 évnek kell tekinteni. A fényforrások elszámolható maximális élettartama a folyamatos csere miatt nem vehető figyelembe. Az új LED világítótestek standard módon elszámolható maximális élettartama 15 év”.

Erre tekintettel a lecserélt világítótest hátralevő, az elszámolható megtakarítás meghatározásánál a korai csereként figyelembe vehető élettartama a régi világítási rendszer üzembehelyezési időpontjának a 15 év maximális élettartammal megnövelt értéke és az új világítási rendszer üzembehelyezési időpontja közti különbség.

Esetünkben $T_{\text{korai}} = 2010 + 15 - 2021 = 4$ év. Mivel az érték > 0 , az elszámolható megtakarítás meghatározásánál számolható a korai cserével.

10.3.2. A várható és elszámolható energiamegtakarítás

A gazdasági értékeléshez szükséges éves **várható energiamegtakarítás** megegyezik az 1. példában meghatározott értékkel.

A kiinduló állapothoz képest megállapított, és a gazdasági értékeléshez szükséges éves várható éves energiamegtakarítás mértéke, megegyezik az 1. példában meghatározott megtakarítás értékével

$$E_{\text{korai}}/\text{év} = \Delta E_{\text{év}, i} = 28,512 \text{ GJ} / \text{év}.$$

A többlet megtakarítás megegyezik a 2. példában meghatározott megtakarítás értékével

$$E_{\text{többlet}}/\text{év} = \Delta E_{\text{többlet}}/\text{év}, i = 3,69 \text{ GJ} / \text{év}$$

A korai csere miatt elszámolható megtakarítás meghatározásához célszerű használni a Hivatal honlapjáról letölthető Excel fájlt és a hozzá tartozó módszertani útmutatót.

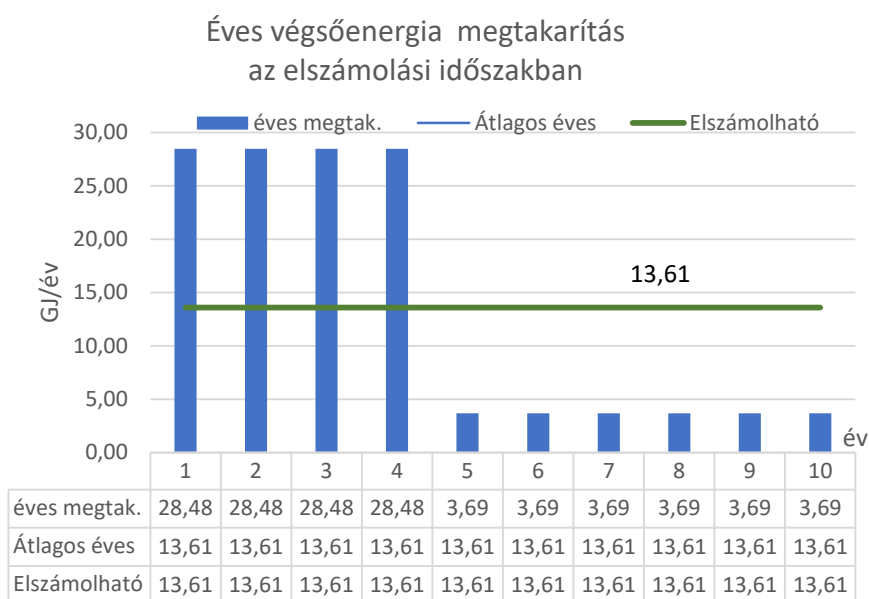
Az elszámolás lényege, hogy a korai csere időszakára a várható, azon felül a többlet megtakarítás vehető figyelembe, majd az így meghatározott értékek átlaga képezi az EKR-ben elszámolható megtakarítást.

A példánk esetére az elszámolható megtakarítás kiinduló adatai és az eredmény:

A VÉGSŐENERGIA MEGTAKARÍTÁS EKR ELSZÁMOLÁSÁNAK ENERGETIKAI ADATAI			
EKR végsőenergia megtakarítás elszámolás éve:	2021 év		
Az elszámolni kívánt energiamegtakarítás várható teljes élettartama	15 [év]	Tteljes	
A beruházás vagy intézkedés kötelezettségi időszakra vetített éves avulása	0,0% [%/év, átl.]	AVéves,%	
Korai csere esetén a lecserélt berendezés hátralévő élettartama	4 [év]	Tkorai	
A kiinduló állapothoz képest megállapított éves energiamegtakarítás mértéke	28,48 [GJ/év]	ΔEkorai/év	
Az energiahatékonysági minimumkövetelményhez, ennek hiányában a kiinduló állapothoz képest megállapított energiamegtakarítás mértéke	3,69 [GJ/év]	ΔEtöbblet/év	
Elszámolásra kerülő évek száma:	10 [év]	Telszámolható	
RÉSZLETSZÁMÍTÁSOK AVULÁS FIGYELEMBEVÉTELE NÉLKÜL			
Korai időszakra számított végsőenergia megtakarítás (avulás nélkül):	113,92 [GJ]	Ekorai = ΔEkorai/év · Tkorai	
Fennmaradó időszakra számított végsőenergia megtakarítás (avulás nélkül):	22,14 [GJ]	Etöbblet = ΔEtöbblet/év · (Telszámolható - Tkorai)	
Elszámolható időszak teljes végsőenergia megtakarítása (avulás nélkül):	136,06 [GJ]	Eteljes = Ekorai + Etöbblet	
Elszámolható időszak átlagos éves végsőenergia megtakarítása (avulás nélkül):	13,61 [GJ/év]	Eátlag = (Ekorai + Etöbblet) / Telszámolható	
RÉSZLETSZÁMÍTÁSOK AVULÁS FIGYELEMBEVÉTELÉVEL			
Korai időszakra számított éves átlagos avulási veszteség növekmény mértéke:	0,00 [GJ/év]		
Fennmaradó időszakra számított éves átlagos avulási veszteség növekmény mértéke:	0,00 [GJ/év]	VESZTnöv,AV/év	
Elszámolható időszak teljes végsőenergia megtakarítása (avulással csökkentve):	136,06 GJ	Eteljes, AV = ΣiEteljes,AV,i	
Elszámolható időszak átlagos éves végsőenergia megtakarítása (avulással csökkentve):	13,61 [GJ/év]	Eteljes/év, AV = ΣiEteljes,AV,i / Telszámolható	
ALTERNATÍV SZAKPOLITIKÁK TÁMOGATÁSI ADATAI			
Igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya [%] (1)		TÁMvnt(1)	
Igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya [%] (2)		TÁMvnt(2)	
Igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya [%] (3)		TÁMvnt(3)	
Összes igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya:	0,0%	TÁMvnt,össz.	
Nyilatkozat arra vonatkozóan, hogy a beruházás vagy intézkedés lakóépület energiahatékonyságát javítja [IGEN/NEM]:			
Elszámolási hányad a vissza nem térítendő támogatási arányok figyelembevételével:	100,0%	ARÁNYvnt	
Igénybe vett szakpolitikai tanácsadást nyújtó szerv megnevezése:		Csak ha addicionálisan közreműködött	
EKR elszámoláskor figyelembevehető végsőenergia megtakarítás hányad [%]:	100%	ARÁNYelszámolható	
Kötelezett által elszámolható éves megtakarítás:	13,61 [GJ/év]	Eelszámolható = Eteljes, AV × ARÁNYelszámolható	

83. ábra A példánk esetére az elszámolható megtakarítás kiinduló adatai és az eredmény

A korai csere évében az éves, az azt követő években a többlet, valamint a ténylegesen elszámolható megtakarítás szemléltetése:



84. ábra Éves végső energiamegtakarítás az elszámolási időszakban

A táblázatban és az ábrán látható $E_{\text{elszámolható/év}} = 13,61 \text{ GJ/év}$ elszámolható megtakarítás mutatja a korai csere jelentőségét is. Az EKR miatt célszerű a kevésbé hatékony világítótesteket mielőbb lecserélni.

11. Mellékletek

11.1. Fogalom meghatározás

Tartalékvilágítás: Olyan világítás, amely akkor lép működésbe, amikor a normál (üzemi) világítás tápellátása, meghibásodik.

Biztonsági világítás: A tartalékvilágítás azon része, amely a helyiség/épület biztonságos elhagyásához, vagy ezt megelőzően a potenciális veszélyes tevékenység befejezésének megkísérléséhez szolgáltat világítást.

A **különösen veszélyes munkaterületek világítása**, a biztonsági világítás az a része, amely azon személyek biztonságát szolgálja, akik potenciálisan veszélyes helyzetben vannak vagy veszélyes tevékenységet folytatnak, lehetővé téve a kezelők és a helyiségben tartózkodók biztonsága érdekében a megfelelő leállítási műveletek elvégzését.

A **nagy terek (pánik elleni) világítása**, a biztonsági világítás azon része, amely a pánik megelőzésére szolgál, és olyan világítást szolgáltat, amely az emberek számára lehetővé teszi az olyan helyre való eljutást, ahonnan a menekülési út felismerhető. Azaz a célja, hogy csökkentse a pánik kitörésének valószínűségét, megfelelő látási feltételek és irányfelismerés létrehozásával, biztosítsa a menekülési útirány elérését. A menekülési utak és a nagy terek biztonsági világítása (pánik elleni világítása) lefelé, a vonatkozási felületre irányuljon, de az efölötti legfeljebb 2m-re lévő akadályok is kellő mértékben legyenek megvilágítva.

A **menekülési utak biztonsági világítása**, a biztonsági világítás azon része, amely a helyiségben tartózkodók számára lehetővé teszi a menekülés eszközeinek hatékony felismerését és biztonságos használatát.

Célja, hogy elősegítse az ott tartózkodóknak a helyiség biztonságos elhagyását, megfelelő látási feltételek és irányfelismerés létrehozásával a menekülési utak mentén és a különleges helyiségekben, valamint biztosítsa a tűzoltó- és biztonsági felszerelések könnyű felismerését és használatát.

A **biztonsági jelzések**, az a jelzés, amely geometria alak és szín segítségével általános információt, grafikus jellel kiegészítve pedig egyedi biztonsági információt közöl.

11.2.Kivonat a 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendelet 1. mellékletéből

„AZ EGYES ENERGIAHATÉKONYSÁGI INTÉZKEDÉSEKBŐL VAGY BERUHÁZÁSOKBÓL SZÁRMAZÓ ENERGIAMEGTAKARÍTÁS MÉRTÉKÉT MEGHATÁROZÓ JEGYZÉK”

2.5.1. Az intézkedés leírása, általános feltételek

Energiahatékonyság növelő intézkedésnek minősül egy korábban kialakított világítási rendszernek egy jobb fényhasznosítású, kisebb teljesítményigényű világítási rendszerre történő cseréje. Az energiahatékonysági beruházás a lecserélendő világítótestek leszerelését, az elektromos hálózat áramköri szerelvényeinek felújítását és az új LED világítótestek felszerelését foglalja magába.

A világításkorszerűsítés esetén előzetes méretezéssel és utólagos, jegyzőkönyvvel dokumentált fényméréssel szükséges ellenőrizni a megvilágítás MSZ EN 12464-1 szabványnak való megfelelését.

2.5.1.1. Világítások csoportosítása és várható megtakarításai

a) Beltéri világítások

aa) Magas ipari csarnokok világítása

ab) Alacsony ipari csarnokok világítása

ac) Intézmények, szálláshelyek, üzletek, stb. belsőtéri világítása

A várható megtakarítás a lecserélt világítási rendszer és az új, szabványos megvilágítási intenzitással rendelkező világítási rendszer energiafelhasználásának különbsége.

b) Kültéri világítás

A várható megtakarítást a lecserélt lámpatestek számával megegyező új lámpatestek energiafelhasználásának figyelembevételével kell meghatározni. A megvilágítási igény növelésből származó új lámpatestek energiafelhasználását nem lehet figyelembe venni a megtakarítás számításánál.

c) Közvilágítás

A várható megtakarítást a lecserélt lámpatestek számával megegyező új lámpatestek energiafelhasználásának figyelembevételével kell meghatározni. A megvilágítási igény növelésből származó új lámpatestek energiafelhasználását nem lehet figyelembe venni a megtakarítás számításánál.

2.5.2. A kiindulási és az intézkedést követő állapot rögzítése

Az intézkedés tárgyát képező világítási rendszerek névleges műszaki adatait és az üzemviteli jellemzőit az 2.5.2.1. táblázat szerint kell rögzíteni.

2.5.2. táblázat

Névleges műszaki adatok és üzemviteli jellemzők felvétele

A	B	C	D
	Műszaki adat	Lecserélt világítótest	Új világítótest
<i>Korai csere esetén: (a lecserélt lámpatest életkora < 15 év)</i>			
lcs1	Típus _{lecs, k} - a lecserélt világítótestek típusa		-
lcs2	A lecserélt világítási rendszer/világítótest üzembe-		-

	helyezésének időpontja, [év]		
lcs3	$P_{\text{lcs}}, \text{névleges}, k = \text{lecserélt világítótestek típusonkénti névleges villamos teljesítményigénye, [W/db]}$		-
lcs4	$n_k = \text{lecserélt világítótestek típuson belüli mennyisége [db]}$		-
lcs5	$\eta_{i, \text{előtét}} = \text{lecserélt világítótest típus előtét hatásfoka [\%]}$		
<i>Minden, nem korai cserének minősülő csere esetében:</i>			
új1	Típus _{új, i} – az új LED világítótestek típusa,	-	
új2	Az új világítási rendszer üzembehelyezésének időpontja, [év]	-	
új3	$P_{\text{új}, i} = \text{új LED világítótestek típusonkénti villamos teljesítményigénye [W/db]}$	-	
új4	$n_i = \text{új LED világítótestek típuson belüli mennyisége, [db]}$	-	
új5	$\eta_{\text{új}, i} = \text{új LED világítótest típusok fényhasznosítása [lm/W]}$	-	
új6	$\ddot{U}_k = \text{Üzemviteli korrekciós tényező}$		
új7	$C = \text{korrekciós tényező}$	-	2021.09.01-től
új8	$F = \text{fényhatékonysági tényező}$	-	2021.09.01-től
	$t_{m, j} = a, „j” \text{világítási csoportra érvényes tipizált éves működési idő [h/év]}.$		

2.5.2.1. A lecserélt világítótestek típusonkénti villamos teljesítményigényének számítása, az előtét veszteség figyelembevételével

$$P_{\text{lcs}} = P_{\text{lcs, névleges}} / \eta_{\text{előtét}} \quad [kW] \quad (2.5.2.1.1.)$$

Az intézkedéshez világítótestenként rögzíteni szükséges a lecserélt világítótestek névleges teljesítményét és előtétjeik hatásfokát.

A lecserélt világítótestek előtétjeinek energiahatékonysági kategóriáját a számítás során egységesen B1 besorolásúnak szükséges tekinteni.

A gyakrabban előforduló világítótest típusok és előtét hatásfok adatait a 2.5.2.1. és 2.5.2.2. táblázat tartalmazza.

Ettől eltérő típusok és hatásfokok szerinti megtakarítás kalkuláció egyedi audittal lehetséges.

2.5.2.1. táblázat

Nem szabályozható fénycsővek és előtétjeik hatásfoka

A lámpa típusa	A lecserélt világítótest névleges teljesítménye ($P_{\text{lcs, névleges}}$), [W]	Az előtét hatásfoka ($\eta_{\text{előtét}}$) % (B1 kategória)
T8	18	71,3 %
T8	36	83,4 %
T8	58	86,1 %

TC-L	18	71,3 %
TC-L	24	76,0 %
TC-L	36	83,4 %
TC-D / DE	10	67,9 %
TC-D / DE	13	72,6 %
TC-D / DE	18	71,3 %
TC-D / DE	26	77,2 %
TC-T / TE	13	72,6 %
TC-T / TE	18	71,3 %
TC-T / TC-TE	26	77,5 %
TC-DD / DDE	10	68,8 %
TC-DD / DDE	16	72,4 %
TC	9	60,3 %
TC	11	66,7 %
T5	13	72,6 %
T2	6	58,8 %
T2	8	65,0 %
T2	11	72,0 %
T2	13	76,0 %
T2	21	79,2 %
T2	23	80,7 %
T5-E	14	72,1 %
T5-E	21	79,6 %
T5-E	24	80,4 %
T5-E	28	81,8 %
T5-E	35	82,6 %
T5-E	39	82,6 %
T5-E	49	84,6 %
T5-E	54	85,4 %
T5-E	80	87,0 %
TC-LE	40	83,3 %
TC-LE	55	84,6 %

2.5.2.2. táblázat
Nagy intenzitású kisülőlámpák előtétjeinek hatásfokai

A lecserélt világítóttest névleges teljesítménye ($P_{\text{lecs. névleges}}$)	Az előtét hatásfoka ($\eta_{\text{előtét}}$) %
$P \leq 30$	78
$30 < P \leq 75$	85
$75 < P \leq 105$	87
$105 < P \leq 405$	90
$P > 405$	92

2.5.3. Az intézkedés élettartama

Világítási rendszerek esetében a lecserélt világítási rendszer, illetve világítótest élettartamát az ajánlás alapján a lámpatestek élettartamának megfelelően 15 évnek kell tekinteni. **A fényforrások elszámolható maximális élettartama a folyamatos csere miatt nem vehető figyelembe.** Az új LED világítótestek standard módon elszámolható maximális élettartama 15 év.

2.5.4. Az intézkedés hatásának éves csökkenése – éves avulás mértéke

Az új világítási rendszer, illetve világítótest beépítése esetén, a standard módon elszámolható maximális élettartam alatt nincs energiahatékonysági avulás (végsőenergia megtakarítás csökkenés).

2.5.5. Az intézkedés által elért, elszámolható energiamegtakarítás számítási elve

A számítás során figyelembe kell venni a lecserélt világítási rendszer, illetve világítótest átlagos várható élettartamát.

- a) A lecserélt berendezés várható élettartamának lejárt előtti energiamegtakarítás számítása

Amennyiben a lecserélt világítási rendszer, illetve világítótest nem érte el az átlagos várható élettartamának végét, az Ehat.vhr. 7. melléklet 2.6. pontja szerint az intézkedés korai cserének minősül.

- b) A lecserélt berendezés átlagos várható élettartamának lejárt után a többlet megtakarítás számítása

A **fényforrások** és különálló vezérlőegységek környezettudatos tervezésére vonatkozó követelményeknek a 2009/125/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti megállapításáról szóló bizottsági (EU) 2019/2020 rendelet [a továbbiakban: (EU) 2019/2020 bizottsági rendelet] II. melléklet 1. a) pontja 2021. szeptember 1-jétől határoz meg követelmény értékeket.

A Rendelet X. melléklet 1. rész 2.7.5.b) pontja szerinti elszámolás 2021. szeptember 1-jét követően megvalósuló intézkedések esetén alkalmazandó.

Amennyiben a világítási rendszer, illetve világítótest cseréjére annak átlagos várható élettartama lejártát követően került sor, akkor az elszámolható energiamegtakarítás kizárólag a környezettudatos tervezési energiahatékonysági követelménynek megfelelő, megvilágítási típustól függő, maximálisan megengedett referencia teljesítményből számított energiaigény és az új LED világítótestek egyenkénti energiaigényének különbségéből számítható többlet energiamegtakarítás.

2.5.6. Az új LED világítási rendszer energiahatékonysági követelményei

Az (EU) 2019/2020 bizottsági rendelet II. melléklet 1. a) pontja szerint

2021. szeptember 1-jétől a fényforrások P_{on} megadott teljesítményigénye nem haladja meg a P_{onmax} $[W]$ maximálisan megengedett értéket, amely meghatározás szerint a Φ_{use} megadott hasznos fényáram $[lm]$ és a megadott CRI (–) színvisszaadási index függvénye, az alábbiak szerint:

$$P_{onmax} = C \cdot (L + \Phi_{use}/(F \cdot \eta)) \cdot R; \quad (2.5.6.1.)$$

ahol:

$$\eta: \text{a fényhasznosítás} \quad [lm/W]$$

L: a vezérlőegység/előtét teljesítményigénye $[W]$ (A többlet energiamegtakarítás számításakor a különbségképzés miatt nem releváns.)

C: teljesítmény korrekciós tényező

$C = 1,08$ nem irányított, hálózatról működő fényforrás esetén

$C = 1,23$ irányított, hálózatról működő fényforrás esetén

F: energiahatékonysági tényező

$F = 1$ nem irányított fényű fényforrás esetében (NDLS, teljes fényáram)

$F = 0,85$ az irányított fényű fényforrások esetében (DLS, kúp alakú fényáram)

R: színvisszaadási tényező (CRI) $R = 1$, a színvisszaadás módosító tényezőjét a teljesítményigény számítás során egyszerűsítésként figyelmen kívül hagyjuk.

Amennyiben a világításkorszerűsítés extrém feltételei miatt a CRI színvisszaadási tényező a végsőenergia megtakarítást dominánsan befolyásolja, úgy az egyedi audit során figyelembe vehető.

2.5.7. A környezettudatos tervezési követelményeknek megfelelő referencia fényhasznosítási tényező számítása

Az (EU) 2019/2020 bizottsági rendelet II. melléklet, 1. táblázatában a fényhasznosítás nem egyezik meg a minimálisan elvárt fényhasznosítással. Ez utóbbi kiszámításához figyelembe kell venni a fényforrás hasznos fényáramának (F_i) energiahatékonysági tényezőjét.

A környezettudatos tervezési követelmények szerinti referencia fényhasznosítást, ($\eta_{ref, i}$) a LED világítótest fényforrás típusonkénti fényhasznosítása (η_i) alapján, az (F_i) energiahatékonysági tényezőjének figyelembevételével, típusonként külön-külön kell meghatározni.

$$\eta_{ref, i} = \eta_i \cdot F_i / C \quad [lm/W], \quad (2.5.7.1.)$$

$\eta_{k\ddot{u}s\ddot{o}b}$ = fényhasznosítás LED világítótestek esetén az (EU) 2019/2020 bizottsági rendelet II. melléklet, 1. táblázatának, „a rendelet hatálya alá tartozó egyéb, a fentiekben nem megjelölt fényforrások” besorolása szerint.

$$\eta_{k\ddot{u}s\ddot{o}b} = 120 \text{ fényhasznosítás küszöbértéke} \quad [lm/W]$$

C: teljesítmény korrekciós tényező

$C_i = 1,08$ nem irányított, hálózatról működő fényforrás esetén

$C_i = 1,23$ irányított, hálózatról működő fényforrás esetén

F: fényhatékonysági tényező

$F_i = 1$ nem irányított fényű világítótestek esetében (NDLS, teljes fényáram)

$F_i = 0,85$ az irányított fényű világítótestek esetében (DLS, kúp alakú fényáram)

a) Irányított fényű világítótest esetében:

$$\eta_{ref, i} = \eta_{k\ddot{u}s\ddot{o}b} \cdot F / C = 120 \cdot 0,85 / 1,23 = 83 \quad [lm/W] \quad (2.5.7.2.)$$

b) Nem irányított fényű világítótest esetében:

$$\eta_{ref, i} = \eta_{k\ddot{u}s\ddot{o}b} \cdot F / C = 120 \cdot 1 / 1,08 = 111 \quad [lm/W] \quad (2.5.7.3.)$$

A számítást a LED világítótestek típusa szerint külön-külön szükséges elvégezni.

2.5.8. Tipizált üzemviteli paraméterek

2.5.8.1. Tipizált éves világítási rendszer működési idők

$t_{m,j}$ = „j” világítási csoportra érvényes tipizált éves működési idő [h/év]

a) Ipari csarnokokban 2 műszakban: $t_{m,j} = 253 \times 16 \text{ óra} = 4048 \text{ [h/év]}$

aa) jó benapozású és nagy ablakos csarnoképületben = 2500 [h/év]

3 műszakban: $t_{m,j} = 253 \times 24 \text{ óra} = 6072 \text{ [h/év]}$

ab) természetes fénnel rosszul megvilágított üzemsarnokban, folyamatos üzem esetében = 8760 [h/év]

ac) jó benapozású és nagy ablakos csarnoképületben = 4524 [h/év]

b) Irodaépületben 1 műszak + takarítási idő: $t_{m,j} = 253 \times 8 + 200 \text{ óra} = 2224 \text{ [h/év]}$

ba) jó benapozású és nagy ablakos irodaépületben: $1800 + 200 = 2000 \text{ [h/év]}$

c) A közvilágítás tipizált működési ideje: $t_{m,j} = 4000 \text{ [h/év]}$

d) A kültéri világítás tipizált működési ideje megegyezik a c) pont szerinti tipizált működési idővel, ha azt kizárólag sötétedés érzékelő vezérli.

A fenti tipizált üzemidők használata a rendelet szerinti számítás során kötelező. Amennyiben az üzemidők egyedi megítélése indokolja, úgy azokat csak egyedi audit keretén belül lehet érvényesíteni.

2.5.8.2. Üzemviteli korrekciós tényezők

\ddot{U}_k = Üzemviteli korrekciós tényező

a) Szabályozható csarnokvilágítás

Ha a csarnok megvilágítása automatikusan szabályozható a kültéri világítás függvényében, akkor a korrekciós tényező: $\ddot{U}_k = 0,77$

b) Soronként kapcsolható világítás

Ha a beltéri világítás soronként kapcsolható a kültéri természetes világítás függvényében, akkor a korrekciós tényező: $\ddot{U}_k = 0,83$

c) Szabályozott közvilágítás korszerűsítés

Amennyiben az új LED-es közvilágítás szabályozható, akkor a korrekciós tényező:

$$\ddot{U}_k = 0,8$$

A korrekciós tényező a hazai gyakorlat alapján 24:00 órától 5:00 óráig történő 50%-os megvilágítás csökkentés esetére számított.

2.5.9. Az éves energiamegtakarítás számítása

2.5.9.1. Lecserélt berendezés várható élettartamáig elszámolható éves energiamegtakarítás

A lecserélt világítási rendszer és az új LED világítási rendszer teljesítményigényének különbségéből számolható éves energiamegtakarítás. [GJ / év]

$\Delta E_{\text{korai/év, i}}$ = éves megtakarítás a korai csere időszakában

$$\Delta E_{\text{korai/év, i}} = (P_{\text{lecs, k}} \cdot n_k \cdot \ddot{U}_{k,j, \text{lecs}} - P_{\text{új, i}} \cdot n_i \cdot \ddot{U}_{k,j, \text{új}}) \cdot t_{m,j} / 1000 \cdot 3,6 / 1000 \quad [GJ / \text{év}]$$

(2.5.9.1.1.)

ahol:

$P_{\text{új}, i}$ = új LED világítótestek típusonkénti teljesítményigénye [W/db]

n_i = új LED világítótestek típuson belüli száma [db]

$P_{\text{lecs}, k}$ = lecserélt világítótestek típusonkénti teljesítményigénye, vezérlővel/előtéttel együtt, a (2.5.2.1.1.) képlet szerinti számítással [W/db]

$\eta_{i, \text{előtét}}$ = lecserélt világítótest típus előtét hatásfoka [%]

n_k = a lecserélt világítótestek típuson belüli száma

$t_{m, j}$ = „j” világítási csoportra érvényes tipizált éves működési idő [h/év].

$\ddot{U}_{k, j}$ = „j” világítási csoportra érvényes tipizált üzemviteli korrekciós tényező 2.7.8.2. pont szerinti besorolás figyelembevételével

$$\Delta E_{\text{korai/év}} = \Sigma \Delta E_{\text{korai/év}, i} \text{ (a szummázás „i”, „k” és „j” változók szerint végzendő)} \quad [\text{GJ/év}] \quad (2.5.9.1.2.)$$

2.5.9.2. Lecserélt berendezés várható élettartamán túl elszámolható éves többlet energiamegtakarítás

Az elszámolható energiamegtakarítás a (C) teljesítmény korrekciós tényezővel korrigált, maximálisan megengedett referencia teljesítményből számított energiaigény és az új LED világítótestek egyenkénti energiaigényének különbségéből számítható többlet energiamegtakarítás.

A többlet energiamegtakarítás számítása

$$\Delta E_{\text{többlet/év}, i} = P_{\text{új}, i} \cdot n_i \cdot (\eta_{\text{új}, i} / \eta_{\text{ref}, i} - 1) \cdot t_{m, j} \cdot \ddot{U}_k / 1000 \cdot 3,6 / 1000 \quad [\text{GJ/év}] \quad (2.5.9.2.1.)$$

$$\Delta E_{\text{többlet/év}} = \Sigma \Delta E_{\text{többlet/év}, i} \text{ (a szummázás „i” és „j” változók szerint végzendő)} \quad [\text{GJ/év}] \quad (2.5.9.2.2.)$$

ahol:

i = új LED világítótest típusok száma

j = kapcsolási csoportok száma

$P_{\text{új}, i}$ = új LED világítótest típusok teljesítményigénye [W/db]

n_i = egy típuson belüli, új világítótestek mennyisége [db]

$\eta_{\text{új}, i}$ = új LED világítótest típusok fényhasznosítás [lm/W]

$\eta_{\text{ref}, i}$ = referencia fényhasznosítási tényező LED világítótest típusonként 2.5.7. pont szerint számítva [lm/W]

$t_{m, j}$ = „j” világítási csoportra érvényes éves működési idő [h/év].

\ddot{U}_k = „j” világítási csoportra érvényes üzemviteli korrekciós tényező 2.5.8.2. pont szerinti besorolás figyelembevételével

2.5.10. Az elszámolható végsőenergia megtakarítás igazolásához szükséges dokumentumok:

- A lecserélt világítótestekre vonatkozóan típusonként egy típuson belüli számát n_k [db], a világítótest típusok és névleges villamos teljesítményigényét $P_{\text{lecs}, j}$ [W] igazoló műszaki adatlap vagy egyéb dokumentum,
- Korai csere esetén a lecserélt világítási rendszer üzembehelyezési dátumát igazoló dokumentum,

- c) Az új világítótestekre vonatkozóan típusonként egy típuson belüli számát $n_i [db]$, a világítótest típusok és névleges villamos teljesítményigényét $P_{új, i} [W]$ és fényhasznosítását, $\eta_{új, i} [\%]$ igazoló dokumentumok, műszaki adatlapok,
- d) A világítási rendszer szabályozhatóságát és szakaszolhatóságát igazoló dokumentum,
- e) Az új világítási rendszer üzembehelyezését igazoló dokumentum (pl. üzembehelyezési jegyzőkönyv),
- f) Számításokkal alátámasztott végsőenergiamegtakarítás $[GJ/év]$ igazolása.

2.5.11. Az intézkedés elszámolhatóságának kezdete a sikeres próbatüzetet követő nap, vagy a beruházás aktiválásának időpontja.

11.3. További világítástechnikai fogalmak

A **fénymennyiség** (Quantity of light).

Jele: **Q**

SI mértékegysége: **lumen-szekundum**; jelölése: **lms**

A **Q** a fényáram (Φ) és annak hatás idejének (t) szorzata. Képlete: **$Q = \Phi \cdot t$** , lms

A **fényforrás felfutási időtartama**

Jele: **t_F**

Mértékegysége: **perc.**

A fényforrás bekapcsolásától az állandósult fényáram 95%-ának elérésig eltelt időtartam.

A **fényforrás új rágyújtási időtartama**

Jele: **t_U**

Mértékegysége: **perc.**

"Pillanatnyi", vagy s , vagy \min nagyságrendű feszültségkimaradás után a feszültség visszatérésétől a fényforrás állandósult fényáramának 95 %-ának elérésig eltelt időtartam.

A **káprázás** (Glare) jelensége akkor lép fel, ha a szemet - a pillanatnyi adaptációs állapotához képest - túl nagy fénysűrűség éri, vagy ha a látótérben lévő tárgyaknak nagy a fénysűrűség-különbsége. A *közvetlen* káprázást a látótérben megjelenő fényforrás, míg a *közvetett* káprázást fényes felületről visszaverődő fénysűrűség váltja ki. Hatása szerint: *zavaró - rontó*

Közvetlen világítás (Direct lighting). Az a világítási mód, amelyet olyan térbeli fényeloszlású lámpatestek hoznak létre, amelyek fényáramának 90%-tól 100%-ig terjedő része közvetlenül a végtelennek feltételezett munkasíkra irányul.

Főleg közvetlen világítás (Semi-direct lighting). Az a világítási mód, amelyet olyan térbeli fényeloszlású lámpatestek hoznak létre, amelyek fényáramának 60%-tól 90%-ig terjedő része közvetlenül a végtelennek feltételezett munkasíkra irányul.

Szórt világítás (General diffused lighting). Az a világítási mód, amelyet olyan térbeli fényeloszlású lámpatestek hoznak létre, amelyek fényáramának 40%-tól 60%-ig terjedő része közvetlenül a végtelennek feltételezett munkasíkra irányul.

Főleg közvetett világítás (Semi-indirect lighting). Az a világítási mód, amelyet olyan térbeli fényeloszlású lámpatestek hoznak létre, amelyek fényáramának 10%-tól 40%-ig terjedő része közvetlenül a végtelennek feltételezett munkasíkra irányul.

Közvetett világítás (Indirect lighting). Az a világítási mód, amelyet olyan térbeli fényeloszlású lámpatestek hoznak létre, amelyek fényáramának csak a 0% és 10% közötti része irányul közvetlenül a végtelennek feltételezett munkasíkra.

Irányított világítás (Directional lighting). Az a világítási mód, amely során a munkasíkot vagy a tárgyat kitüntetett irányú fény világítja meg.

Diffúz világítás (Diffused lighting). Az a világítási mód, amely során a munkasíkot vagy a tárgyat megvilágító fénynek nincs kitüntetett iránya.

Fényárvilágítás (Floodlighting). A tájnak, a jelenetnek vagy a tárgynak a környezetéhez képest lényegesen nagyobb megvilágítása (rendszerint fényvetőkkel).

Pontszerű világítás (Spotlighting). Olyan világítás, amely valamely tárgy vagy korlátozott méretű felület megvilágítását, lényegileg szórt fény nélkül, a környezethez képest igen nagy mértékben megnöveli.

Tartalékvilágítás (Emergency lighting). Az üzemi világítás kimaradása esetére létesített mesterséges világítás.

(Veszélyes) munkahelyek biztonsági világítása (Safety lighting). Tartalék világítás, amely a veszélyes munkát végző személyek látási feltételeit biztosítja a veszélyes munkafolyamat leállításáig és a veszélyes terület elhagyásáig

Kijárat utak biztonsági világítása (Escape lighting). A helyiség menekülési útvonalának felismerhetősége és használhatósága érdekében létesített tartalékvilágítás.

(Kijáratmutató) irányfény. Kijáratot mutató jelzőfény.

Megvilágításvektor (Illuminance vector). Vektormennyiség, amelynek nagysága az adott pontot tartalmazó felületelem két oldali megvilágításának maximális különbsége, iránya pedig a felületelemre merőleges és a nagyobb megvilágítástól a kisebb felé mutat.

Izokandela görbe (Iso-intensity curve; iso-intensity line [USA]; isocandela curve or line (deprecated)). Olyan gömbfelületen lévő vonal, amely gömbfelületnek a középpontja a fényforrás fénypontja, a vonal pedig azoknak a közös középpontú vektoroknak a végpontjait köti össze, amely vektorok irányában a fényerősség azonos; vagy ennek a görbének síkbeli ábrázolása.

Izokandela diagram (Iso-intensity diagram; isocandela diagram). Az izokandela-görbék összessége.

Félértékszög (Half-peak divergence; one-half-peak spread [USA]). Az adott síkban ábrázolt poláris fényerősség eloszlási görbe azon két iránya által meghatározott szögtartomány, amelyben a maximális fényerősség 50%-ra csökken.

Megjegyzés: Az angol szóhasználat szerint a nyaláb szórása (beam spread) azt a szöget jelenti, amelyen belül a nyaláb tengelyére merőleges síkban mért megvilágítás nagyobb a maximum 10%-ánál.

Optikai hatásfok(a világítótest optikai hatásfoka) (Optical light output ratio). A világítótest meghatározott körülmények között mért teljes fényáramának az aránya a világítótestben működő lámpák egyedi fényáramának az összegéhez.

Megjegyzés: A kizárólag izzólámpás világítótestek optikai és fénytechnikai hatásfoka gyakorlatilag megegyező.

Fénytechnikai hatásfok (a világítótest fénytechnikai hatásfoka) (Light output ratio (of a luminaire); luminaire efficiency [USA]). A világítótest meghatározott gyakorlati körülmények között mért teljes fényáramának az aránya a világítótestben működő és a világítótest előtéteivel működtetett lámpák meghatározott körülmények között, a világítótesten kívül mért egyedi fényáramának az összegéhez.

Erősítési tényező (a világítótest erősítési tényezője) (Magnification ratio). A világítótest (általában fényvető) legnagyobb fényerősségének az aránya a világítótestben működő lámpa átlagos térbeli fényerősségéhez.

Közvetlen fényáram (Direct flux). A világítási berendezésből az adott síkra közvetlenül sugárzott fényáram.

Közvetett fényáram (Indirect flux). A világítási berendezésből az adott síkra közvetve, egyéb felületről visszaverődés útján sugárzott fényáram.

Fénypont (Light centre). A fotometriai mérések és számítások kiindulópontja.

Osztás (Spacing). A szomszédos lámpatestek fényponttávolsága.

Felfüggesztési távolság (Suspension length). A mennyezet és a fénypont közötti távolság.

Helyiségtényező (Room index; Installation index).

Jele: **k**

A fénypont, a vonatkozási sík és a helyiségméretek által meghatározott mennyiség, ami a világítási hatásfokot befolyásolja

Vonatkoztatási felület (Reference surface). Az a felület, amelyre az E megvilágítást előírják, ill. amelyen mérik.

Munkasík (Work plane; Working plane). Az a vonatkoztatási felület, amelyen a munkavégzés, közlekedés történik.

Redukált világítási hatásfok (Reduced utilisation factor).

Jele: η_A

?

A vonatkozási felület (A) átlagos megvilágításának (E) és a felületre jutó fényáram (Φ/A) aránya (**területhatásfoknak** is nevezhető).

Képlete: $\eta_A = E \cdot A / \Phi$

(Elektromágneses) sugárzás (Electromagnetic) radiation

1. Az energia kibocsátása vagy terjedése elektromágneses hullámok, illetve az azokhoz rendelhető fotonok alakjában.
2. Maguk az elektromágneses hullámok vagy a fotonok.

Optikai sugárzás (Optical radiation). Olyan elektromágneses sugárzás, amelynek hullámhossza

- a kb. 1 nm hullámhosszúságú röntgensugárzás és
- a kb. 1 mm hullámhosszúságú rádiósugárzás hullámhossztartománya közé esik.

Megjegyzés: A továbbiakban, ha csak a sugárzás szó szerepel, az optikai sugárzást jelent.

Látható sugárzás (Visible radiation). Vizuálisan észlelhető optikai sugárzás.

Megjegyzés: A látható sugárzás spektrális tartományának határai nincsenek pontosan rögzítve, mert függenek a retinát elérő sugárzott teljesítmény értékétől és az észlelő szemének érzékenységétől. Alsó határát általában 360 nm és 400 nm, felső határát 760 nm és 830 nm között szokás megadni.

Infravörös sugárzás (Infrared radiation). A látható sugárzásnál nagyobb hullámhosszú optikai sugárzás.

Megjegyzés: Az infravörös sugárzás számára a 780 nm és 1 mm közötti tartományt általában így osztják fel: IR-A 780 ÷ 1400 nm, IR-B 1,4 ÷ 3 m, IR-C 3 m ÷ 1 mm.

Ultraibolya sugárzás (Ultraviolet radiation). A látható sugárzásnál kisebb hullámhosszú optikai sugárzás.

Megjegyzés: Az ultraibolya sugárzás számára a 100 nm és 400 nm közé eső tartományt általában így osztják fel: UV-A 315 ÷ 400 nm, UV-B 280 ÷ 315 nm, UV-C 100 ÷ 280 nm.

Monokromatikus sugárzás (Monochromatic radiation). Egyetlen hullámhosszal jellemezhető sugárzás. A gyakorlatban az igen kicsiny hullámhossz-tartományba eső sugárzás, amely egyetlen hullámhossz megadásával jellemezhető.

Megjegyzés: A monokromatikus sugárzás jellemzésére egyaránt használják annak a levegőben vagy a vákuumban meghatározott hullámhosszát.

Spektrum; a sugárzás spektruma; színekép (Spectrum). A sugárzás monokromatikus összetevőinek az összessége.

Megjegyzés: 1. Van vonalas spektrum, folytonos spektrum és vegyes spektrum. 2. A spektrum kifejezést a sugárzás és az anyag kölcsönhatásával kapcsolatban is használják (például gerjesztési spektrum, hatásspektrum)

Pontszerű sugárzó (Point source). Sugárforrás, amelynek méretei a sugárforrás és a besugárzott felület közötti távolsághoz képest elég kicsik ahhoz, hogy a számításokban és a mérésekben elhanyagolhatók legyenek.

Megjegyzés: A minden irányban egyformán sugárzó pontszerű sugárforrást izotóp sugárforrásnak vagy egyenletes pontszerű sugárzónak nevezik.

(Természetes) világítási tényező(D) (Daylight factor). Adott sík adott pontjában az égbolt által közvetlenül vagy közvetve létesített megvilágításnak az aránya ugyanennek a takaratlan égboltfélgömbnek vízszintes síkban létesített megvilágításához. A megvilágításnak a közvetlen napfénytől származó részét figyelmen kívül kell hagyni.

Megjegyzés: Az üvegezés hatása, a piszkolódás stb. figyelembe van véve. Belsőtéri világítás számításakor a közvetlen napfény hatását külön kell figyelembe venni.

11.4.A gyártmányok védettségének jelölése

27. táblázat A gyártmányok IPxy védettsége a szilárd testek behatolása ellen (x... az első számjel)

SZÁMJEL	JELENTÉS
IP0y	Védettség nincs a szilárd testek behatolása ellen
IP1y	Védettség a 12 mm-nél nagyobb szilárd testek behatolása és a tenyér benyúlása ellen
IP2y	Védettség az 5,0 mm-nél nagyobb méretű szilárd testek behatolása és az ujjak benyúlása ellen
IP3y	Védettség a 2,5 mm-nél nagyobb méretű szilárd testek (pl. Ø 2,5 huzal) behatolása ellen
IP4y	Védettség az 1,0 mm-nél nagyobb méretű szilárd testek (pl. Ø 1,0 huzal) behatolása ellen
IP5y	Védettség a por káros mértékű (üzemet zavaró) behatolása ellen (tömítettség)
IP6y	Védettség a por behatolása ellen teljes mértékben

28. táblázat A gyártmányok IPxy védettsége a víz behatolása ellen (y...a második számjel)

SZÁMJEL	JELENTÉS
IPx0	Védettség nincs a víz behatolása ellen
IPx1	Védettség függőlegesen csepegő víz ellen
IPx2	Védettség 15°-os dőlésszögben csepegő víz ellen
IPx3	Védettség eső ellen
IPx4	Védettség bármilyen irányból freccsenő víz ellen
IPx5	Védettség bármilyen irányú vízszugár ellen
IPx6	Védettség hullámzó víz (tengervíz) behatolása ellen
IPx7	Védettség meghatározott időtartamú vízbemerítés (tisztítás) esetére
IPx8	Védettség hosszú időtartamú vízbemerítés (üzemeltetés) esetére

29. táblázat A gyártmányok IPxy védettségének összerendelhető (megvalósítható) választéka

IP00	--	--	--	--	--	--	--	--
IP10	IP11	IP12	--	--	--	--	--	--
IP20	IP21	IP22	IP23	--	--	--	--	--
IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	--	--	--	--
IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	--	--	--	--
IP50	--	--	--	IP54	IP55	IP56	--	--
IP60	--	--	--	--	IP65	IP66	IP67	IP68

30. táblázat A gyártmányok IPxyz védettségét a benyúlás ellen kiegészítő betűjelek

BETŰJEL	JELENTÉS
A	Védettség a tenyér benyúlása ellen
B	Védettség az ujj benyúlása ellen
C	Védettség 100 mm hosszú, \varnothing 2,5 mm huzallal való benyúlás ellen
D	Védettség 100 mm hosszú, \varnothing 1,0 mm huzallal való benyúlás ellen







31. táblázat A gyártmányok IPxyz védettségén és kiegészítő betűjelein túlmenő információk betűjelei


BETŰJEL	JELENTÉS
H	A gyártmánynak nagyfeszültségű része is van!
M	A víz elleni védettséget a gyártmány mozgó- (forgó-) részeinek mozgó- (forgó) állapotban vizsgálják
S	Ugyanaz, mint M, de álló állapotú vizsgálattal
W	Az időjárás káros hatásai elleni védettség eléréséhez további tartozékok szükségesek!

32. táblázat A gyártmányok IPxyz védettsége mechanikai sérülés ellen (z... a harmadik számjel)

SZÁMJEL	Az ütési energia (az ütőmunka) Nm	A próbakalapács	
		ejtési magassága, m	tömege, kg
IPxy0	Védettség nincs mechanikai sérülés ellen		
IPxy1	0,225	0,15	0,15
IPxy3	0,5	0,20	0,25
IPxy5	2,0	0,40	0,50
IPxy7	6,0	0,40	0,50
IPxy9	20,0	0,40	5,00

33. táblázat A szerelési anyagok víz és por elleni védettségének jelölései, továbbá formai összerendelése az IPxy fokozataival

SZIM-BÓLUM	A SZIMBÓLUM MEGHATÁROZÁSA	JELENTÉS	IPxy
	Egy vízcsepp	Csepegő víz elleni védettség	IP21, IP31, IP41
	Egy vízcsepp négyzetben	Esővíz elleni védettség	IP23, IP33, IP42
	Egy vízcsepp háromszögben	Freccsenő víz elleni védettség	IP34, IP44, IP54
	Két vízcsepp háromszögben	Vízszugár elleni védettség	IP55, IP65
	Két vízcsepp	Vízbemerítés elleni védettség	IP67 (IP68?)
	Négyzettrács	Por elleni tömítettség	IP55

	Négyzetrács keretezve	Por elleni védettség teljes mértékben	IP65, IP66
---	-----------------------	---------------------------------------	------------



A Just és Hanaman-féle volfrámszálas izzó
(Eredeti, 1906. Országos Műszaki Múzeum)

Az előlap-(Bródy-féle kriptontöltésű izzó, 1930) és hátlap-képek a Világraszóló magyarok kiállításon készültek.

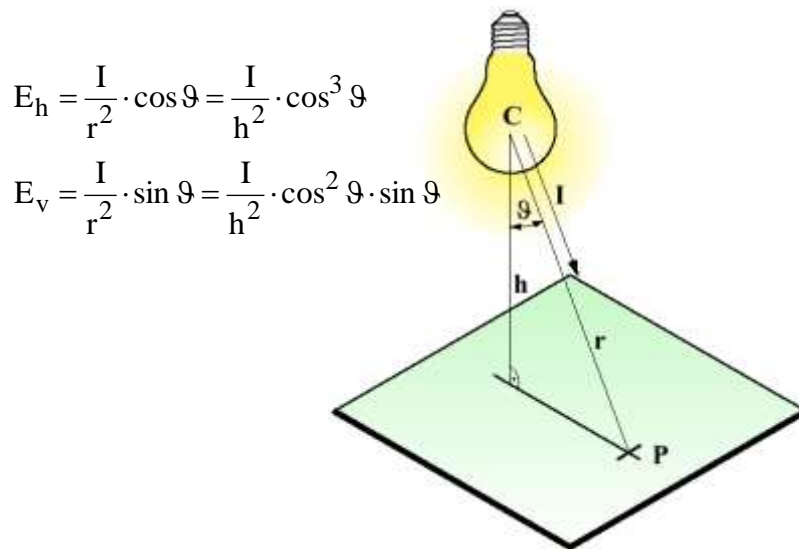
11.5. Pontmódszer

A pontmódszer alapját a **1.2. fejezetben** ismertetett távolsági törvény adja. A számítás lényege az, hogy egy adott pont megvilágítása az általa „látott” fényforrásokból eredő fényáramok összegéből adódik. Ebből már látszik a módszer gyenge pontja, hogy nem veszi a figyelembe a szórt és visszavert sugárzásokból a tárgyra vetődő fényt. Ebből adódóan viszont, a számítások általában gyorsabban és egyszerűen elvégezhetők. Fő alkalmazási területe, a szabadtéri világítások tervezése, de belső téren is alkalmazható, természetesen a visszavert fény elhanyagolása mellett.

A számítások kiinduló adata a tér geometriai felépítése mellett a fénypontmagasság, a lámpatest beállítási szöge és fényeloszlása.

Segítségével mind a horizontális (E_h), mind a vertikális megvilágítás (E_v) számolható, és gyakran alkalmazzák a számítógépes programok kiegészítéseként, ellenőrzésre és előkészítésre.

A távolsági törvény alapján a geometriai összefüggések segítségével:



$$E_h = \frac{I}{r^2} \cdot \cos \vartheta = \frac{I}{h^2} \cdot \cos^3 \vartheta$$

$$E_v = \frac{I}{r^2} \cdot \sin \vartheta = \frac{I}{h^2} \cdot \cos^2 \vartheta \cdot \sin \vartheta$$

85. ábra A pontmódszer geometriája [10]

11.6. Hatásfokmódszer

A hatásfok módszer a pontmódszerrel ellentétben figyelembe veszi a visszavert fényt, és számol a teret határoló felületek ρ reflexiós tényezőivel. A számítás bonyolultsága ellenére a következő egyszerű képleten alapul:

$$\Phi = \frac{A \cdot E_n \cdot p}{\eta_v} = \frac{A \cdot E_n \cdot p}{\eta_L \cdot \eta_h}$$

ahol:

Φ	-	a sugárzott összes fényáram, lm
E_n	-	az előírt karbantartási vagy névleges megvilágítás, lx
p	-	tervezési tényező (szabványos)
A	-	a megvilágított felület, m ²
η_v	-	világítási hatásfok
η_L	-	lámpatest hatásfok
η_h	-	helyiség hatásfok

A helyiség hatásfok az A felületre ténylegesen beeső fényáram és a lámpatestek sugárzott fényáramának hányadosa. A számítása viszonylag bonyolult, de számítógép

segítségével ez nem jelent problémát. A kézi számítást a szakirodalomban található adattáblázatok segítségével lehet egyszerűbben elvégezni.

A határfok módszer segítségével a horizontális megvilágítás (E_h) számolható.

11.7. Egyszerűsített méretezési eljárások

Az egyszerűsített eljárások lényege, hogy a tapasztalatokra építve, a segítségükkel meghatározható pl.: egy világítási feladathoz szükséges beépített villamos teljesítmény, vagy a teljesítmény ismeretében a megvilágítási szint. Egyszerűsége miatt a módszert általában a szoftveres számítások előkészítésére és közelítő adatok meghatározására használják. A világítástechnikában járatanabb **energiagazdálkodási szakemberek számára is hasznos a közelítő eljárások ismerete, mert jól használható mind a működő, mind a tervezendő rendszerek gyors minősítésére.**

A vonatkozó szakirodalomban és termékkatalógusokban számos hasonló eljárás található, amiből a következőkben az egyik legegyszerűbben használható kerül bemutatásra [4]. A számítás elvégzéséhez a létesítmény jellegére, az alapterületére és a fajlagos teljesítmény mutatóra van szükség, ezek segítségével nyerhető közelítő számadat a szükséges beépítendő világítási teljesítményre.

34. táblázat Közelítő világítási határfokok a világítási mód függvényében [2]

Helyiség, helyiségcsoport		Fajlagos teljesítménymutató	Beépített világítási teljesítmény
Megnevezés	Alapterület		
Közvetlen világítási mód	A, m ²	m _p , W/m ²	P, W
Iroda	92	6,22	560
Szerelőcsarnok	2562	2,48	6348
Raktárcsarnok	2562	2,05	5244
Közlekedő	65	7,98	519
Reprezentatív tárgyaló	70	14,64	1025

11.8. Mérési jegyzőkönyv sablon



BUDAPESTI MŰSZAKI FŐISKOLA

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

TARTALOMJEGYZÉK

1.	NYILATKOZAT	2
2.	A MÉRÉSI FELADAT ISMERTETÉSE	3
3.	A HELYSZÍN ISMERTETÉSE	3
4.	FÉNYTECHNIKAI MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV	4
4.1.	*** TÍPUSÚ LÁMPATEST	4
4.2.	*** LÁMPATEST	6



Kandó®

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turnezel.peter@kvk.bmf.hu





BUDAPESTI MŰSZAKI FŐISKOLA

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

1. NYILATKOZAT

Alulírott, mint a fénytechnikai jellemzők vizsgálója kijelentem, hogy a Pannon székházba tervezett állólámpák összehasonlító világítástechnikai méréseit a vonatkozó szabványokban és rendeletekben foglalt előírásoknak megfelelően végeztem el.

A mérések során figyelembe vett szabványok:

MSZ EN 12464-1

MSZ EN 12665

MSZ 6240/3-1986 (nincs érvényben)

Budapest, 2008. július 30.

Molnár Károly Zsolt
főisk. adjunktus
okl. villamosmérnök
világítástechnikai szakmérnök



Kandó®

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turmezai.peter@kvk.bmf.hu





2. A MÉRÉSI FELADAT ISMERTETÉSE

A mérés célja: Azonos körülmények között üzemelő, különböző típusú világítótestek összehasonlító fénytechnikai értékelése.

A mérési feladatnak csak a világítótestek összehasonlítása volt a célja, így a vizsgálati helyiség fénytechnikai paramétereit nem ellenőriztük, annak **minősítése nem történt** meg.

A műszeres helyszíni méréssel minden egyes világítótest esetében megállapítottuk a kijelölt munkaterület átlagos megvilágításának (E_{av}), minimális megvilágításának (E_{min}), maximális megvilágításának (E_{max}), egyenletességének (e) és a munkaterület középpontján mértékadó fénysűrűség (L) értékét, valamint a munkaterülettől 1,5-2,0 m távolságban kijelölt környezetben az átlagos megvilágítás (E_{avsr}), minimális megvilágítás (E_{minsr}), maximális megvilágítás (E_{maxsr}) és az egyenletesség (e_{sr}) értékét.

Mérési pontok: A munkaterületen 0,1 m × 0,1 m ráctávolságú mérőhálót jelöltünk ki a munkasíkon. A megvilágítás értékek mérése a munkasík felett 0,025 m magasságban, a mérőháló rácpontjaiban történt.

Fénysűrűség mérése: A fénysűrűség mérést a munkaterület középpontjában 3°-os látómezővel végeztük. A műszert a munkaterület hosszabbik oldalának felezőmerőlegesén, a munkaterület előtt 0,5 m-rel, 1,5 m magasságban helyeztük el.

3. A HELYSZÍN ISMERTETÉSE

A vizsgálati helyiség jellemzői:

A helyiség mérete: 6,4 m × 15,0 m alapterületű, 2,85 m belmagasságú helyiség

Határoló felületek színe:

falak: fehér
padló: barna/bordó
mennyezet: fehér

Ablakok: 11db 1,2 m × 2,8 m területű ablak

A munkaterület mérete: 2 db 0,8 m × 1,6 m alapterületű, 0,74 m magasságú asztal egymással szembe fordítva



Kandó®

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turmezai.peter@kvk.bmf.hu





4. FÉNYTECHNIKAI MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

4.1. *** TÍPUSÚ LÁMPATEST

Az MSZ EN 12464-1 valamint az MSZ 6240/3-1986 szabványok alapján

1. Általános adatok

Helyszín: *** földszinti tárgyaló
Mérés dátuma: 2008. július 30.
Mérés időpontja: 18 óra 40 perc
Mérést végző személyek: Molnár Károly Zsolt ***

2. A mérési terület

Lásd fentebb a 3. pontban leírtak szerint.

3. A világítótestekre vonatkozó adatok

Az 1. típusú lámpatest adatai:

Lámpatest azonosító: ***
Fényeloszlási táblázat azonosítója: -
Dőlésszög [fok]: 0
Fénypontmagasság [m]: 1,9
Lámpatest kora: új
Utolsó tisztítás időpontja: -
Rögzítési mód: állólámpa
Egyéb: -

Az 1. típusú lámpatestben fizetelő fényforrás adatai:

Fényforrás típusa: ***
Névleges teljesítménye [W]: 55 W
Fényforrás kora: új
Fényforrások száma: 3
Bura típusa: mikroprizmás
Fényáram-szabályozási mód: van

4. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]: nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]: nem mértük

5. Környezeti jellemzők

Környezeti jellemző	a mérés kezdetekor	a mérés végén
Időjárás:	fedett tér	fedett tér



Kandó®

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turmezai.peter@kvk.bmf.hu





Hőmérséklet [°C]:	~23 °C	~23 °C
Látási feltételek:	jó	jó
Munkafelület állapota:	közelítően Lambert-felület	közelítően Lambert-felület

6. Az elrendezésre vonatkozó adatok

Lámpatestek geometriai elrendezése:	egyedi elrendezés
Lámpakarok dőlésszöge [fok]:	0
A lámpatestek avulási állapota:	új
Idegen eredetű megvilágítás:	nincs
Világítást akadályozó tényezők:	nincs
Egyéb befolyásoló tényezők:	-

7. Mérészközök

Típus: TES-1332 A megvilágításmérő
Gyári szám: 040107351
Kalibrálás időpontja: 2005. 05. 05.

Típus: LMT L-1003 fénysűrűségmérő
Gyári szám: 0492351
Kalibrálás időpontja: 2007. 03. 05.

8. Mérési eredmények

Az 1. sz. melléklet szerint.

A mérés típusa:	kézi mérés
Az érzékelő magassága [m]:	0,025 m (munkasíkhhoz viszonyítva)
Mérési pontok száma a munkaterületen:	169
Mérési pontok száma a munkaterület környezetében:	6
Mérési pontok hosszirányú távolsága [m]:	0,1 m
Mérési pontok keresztirányú távolsága [m]:	0,1 m

9. A mérési eredmények összefoglalása

A berendezés bekapcsolási időpontja:	18 óra 10 perc	MÉRT ÉRTÉKEK
A mérés kezdetének időpontja:	18 óra 40 perc	
A minimális megvilágítás (E_{min}) értéke a munkaterületen [lx]:		303,0
A maximális megvilágítás (E_{max}) értéke a munkaterületen [lx]:		1 063,0
Az átlagos megvilágítás (E_{av}) értéke a munkaterületen [lx]:		671,5
A megvilágítás egyenletessége a munkaterületen (E_{max}/E_{av}):		0,45
A fénysűrűség (L) értéke a munkaterületen [cd/m^2]:		185,0
A minimális megvilágítás (E_{min}) értéke a munkaterület 0,5 m-es környezetében [lx]:		115,5
A maximális megvilágítás (E_{max}) értéke a munkaterület 0,5 m-es környezetében [lx]:		220,0
Az átlagos megvilágítás (E_{av}) értéke a munkaterület 0,5 m-es környezetében [lx]:		166,8

**Kandó®**

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turmezsl.peter@kvk.bmf.hu





A megvilágítás egyenletessége a munkaterület 0,5 m-es környezetében
(E_{min}/E_{max}):

0,7

10. Értékelés

MINŐSÍTÉS NEM TÖRTÉNT

4.2. *** LÁMPATEST

Az MSZ EN 12464-1 valamint az MSZ 6240/3-1986 szabványok alapján

1. Általános adatok

Helyszín: *** földszinti tárgyaló
Mérés dátuma: 2008. július 30.
Mérés időpontja: 19 óra 40 perc
Mérést végző személyek: Molnár Károly Zsolt ***

2. A mérési terület

Lásd fentebb a 3. pontban leírtak szerint.

3. A világítótestekre vonatkozó adatok

Az 1. típusú lámpatest adatai:

Lámpatest azonosító: ***
Fényeloszlási táblázat azonosítója: -
Dőlésszög [fok]: 0
Fénypontmagasság [m]: 1,98
Lámpatest kora: új
Utolsó tisztítás időpontja: -
Rögzítési mód: állólámpa
Egyéb: -

Az 1. típusú lámpatestben üzemelő fényforrás adatai:

Fényforrás típusa: ***
Névleges teljesítménye [W]: 55 W
Fényforrás kora: új
Fényforrások száma: 3
Búra típusa: mikroprizmás
Fényáram-szabályozási mód: van



Kandó®

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turnezel.peter@kvk.bmf.hu





4. Elektromos táplálás

Átlagos hálózati feszültség a mérés során [V]: nem mértük
Legkisebb hálózati feszültség a mérés során [V]: nem mértük

5. Környezeti jellemzők

Környezeti jellemző	a mérés kezdetekor	a mérés végén
Időjárás:	fedett tér	fedett tér
Hőmérséklet [°C]:	~23 °C	~23 °C
Látási feltételek:	jó	jó
Munkafelület állapota:	közelítően Lambert-felület	közelítően Lambert-felület

6. Az elrendezésre vonatkozó adatok

Lámpatestek geometriai elrendezése:	egyedi elrendezés
Lámpák dőlésszöge [fok]:	0
A lámpatestek avulási állapota:	új
Idegen eredetű megvilágítás:	nincs
Világítást akadályozó tényezők:	nincs
Egyéb befolyásoló tényezők:	-

7. Mérészközök

Típus: TES-1332 A megvilágításmérő
Gyári szám: 040107351
Kalibrálás időpontja: 2005. 05. 05.

Típus: LMT L-1003 fénysűrűségmérő
Gyári szám: 0492351
Kalibrálás időpontja: 2007. 03. 05.

8. Mérés eredmények

Az 1. sz. melléklet szerint.

A mérés típusa:	kézi mérés
Az érzékelő magassága [m]:	0,025 m (munkasíkhhoz viszonyítva)
Mérési pontok száma a munkaterületen:	169
Mérési pontok száma a munkaterület környezetében:	6
Mérési pontok hosszirányú távolsága [m]:	0,1 m
Mérési pontok keresztirányú távolsága [m]:	0,1 m

9. A mérési eredmények összefoglalása

A berendezés bekapcsolási időpontja:	19 óra 20 perc
A mérés kezdetének időpontja:	19 óra 40 perc
A minimális megvilágítás (E_{min}) értéke a munkaterületen [lx]:	219,0

MÉRT
ÉRTÉKEK

219,0



Kandó®

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turmezel.peter@kvk.bmf.hu



A maximális megvilágítás (E_{max}) értéke a munkaterületen [lx]:	695,0
Az átlagos megvilágítás (E_{av}) értéke a munkaterületen [lx]:	442,4
A megvilágítás egyenletessége a munkaterületen (E_{min}/E_{av}):	0,49
A fénysűrűség (L) értéke a munkaterületen [cd/m ²]:	115,1
A minimális megvilágítás (E_{min}) értéke a munkaterület 0,5 m-es környezetében [lx]:	66,7
A maximális megvilágítás (E_{max}) értéke a munkaterület 0,5 m-es környezetében [lx]:	129,7
Az átlagos megvilágítás (E_{av}) értéke a munkaterület 0,5 m-es környezetében [lx]:	97,9
A megvilágítás egyenletessége a munkaterület 0,5 m-es környezetében (E_{min}/E_{av}):	0,7

10. Értékelés

MINŐSÍTÉS NEM TÖRTÉNT

A jegyzőkönyveket hitelesítette:

Molnár Károly



Kandó®

Cím: H-1084 Budapest, Tavaszmező utca 17. Honlap: www.bmf.hu
Tel.: (+361) 666-5180 Fax: (+361) 666-5199 E-mail: turmezai.peter@kvk.bmf.hu



12. Irodalomjegyzék

- [1] Szalay B.: Fizika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982
- [2] Keschitz J. – Lantos T. – Poppe K.: Világítástechnika. Országos Munkavédelmi és Továbbképző Intézet, Budapest, 1996.
- [3] A Világítástechnikai Társaság ELI - programjának honlapja: <http://www.eli.hu/oktcd>
- [4] Vetési E.: Világítástechnika. (az Energiagazdálkodási Kézikönyv tervezetének kéziratából)
- [5] Energiagazdálkodás II. Energetikai Ismeretek. MÁV Rt. Szakjegyzet, Budapest, 1999.
- [6] Arató András honlapja: <http://w3.swi.hu/arato/index.htm>
- [7] Radványiné N. O. szerk.: Ipari Világítás Belsőter. Energiafelügyelet, Budapest, 1988.
- [8] Antal K. - Vetési E.: Világítástechnika. CEM képzés oktatási segédanyaga, AEE Magyar Tagozat, 1998, Budapest
- [9] Turner, W. C. : Energy Management Handbook. The Fairmont Press, Inc. Third Edition 1997.
- [10] GE Lighting Tungsram Rt. : Lámpatestek katalógus 2002
- [11] Waldmann Lichttechnik : Light Forms, Overall Catalogue Luminaires
- [12] Borsányi J. szerk. : Energiagazdálkodási kézikönyv, Világítástechnika, Energia Központ Kht., 1998, Budapest
- [13] Nagy J. szerk. : Világítástechnikai Kislexikon. Kiadó: Pollich János 2001, Budapest
- [14] Arató A. : Előttérválasztás dilemmákkal. Elektro-Installateur 2001/10.
- [15] OSRAM <http://www.osram.com/>
- [16] BREAM <https://www.breeam.com>
- [17] USGBC <https://new.usgbc.org/leed>
- [18] Világítástechnikai. Oktatási segédanyag. 2003. dr. Zsebik Albin, dr. Zsebik Albin, Czinege Zoltán, Falucskai Norbert
- [19] Újszerű technológiák a világításban - LED világítás a gyakorlatban. Alkalmazástechnikai segédlet. 2015. Magyar Mérnöki Kamara Elektrotechnikai tagozat
- [20] Világítástechnikai kislexikon. 2001. Nagy János, Arató András, Dr. Borsányi János, Eperjessy Mária, Dr. Lantos Tibor, Némethné Dr. Vidovszky Ágnes, Poppe Kornélné, Török Béla
- [21] OSRAM LED fényforrások a Ledvance kínálatában. 2020. Ledvance
- [22] LEDVANCE LED strip system. 2020. Ledvance
- [23] LED Linear technology. 2017. LED Linear

- [24] CIE 150 Technical Report – Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations, illetve a
- [25] CIE 126 Technical Report – Guidelines for minimizing sky glow
- [26] EU GPP
- [27] EKR
- [28] Elektromosipari szakemberek kézikönyv - 2015 (Főszerkesztő Dési Albert)
- [29] Épületvillamosság 7. átdolgozott, bővített kiadás - 2017 (Főszerkesztő Dési Albert)
- [30] 12 464 Tervezési segédlet, Belső munkahelyek világítás 2. kiadás - 2004 (Trilux)
- [31] Regulation on ecodesign requirements for light sources EU 2019_2020
- [32] MMK-ELT-FAP-LED-2015_segédlet tervezőknek kivitelezőknek - 2015
- [33] BREEAM_International_NC_2016_Technical_Manual_2.0
- [34] The WELL Building Standards - 2019
- [35] Pados Gábor Projektmunka

Ábrajegyzék

1. ábra Az elektromágneses sugárzás tartományai [10]	16
2. ábra Láthatósági függvények [10]	16
3. ábra A fényerősség és a megvilágítás viszonya	20
4. ábra Merőleges felület megvilágítása	21
5. ábra Vízszintes felület megvilágítása	21
6. ábra Függőleges felület megvilágítása	22
7. ábra Színvisszaadás	24
8. ábra A fény útja általános esetben	25
9. ábra Fényforrások csoportosítása	29
10. ábra A fénycső felépítésének vázlata	31
11. ábra Általános fénycső kapcsolat	32
12. ábra Elektronikus fénycső kapcsolat	33
13. ábra A bekapcsolásonkénti üzemidő hatása az élettartamra	34
14. ábra A kompakt fénycsövek kialakítási formái	36
15. ábra OSRAM DULUX sorozatú kompakt fénycső [15]	37
16. ábra A Genura lámpa felépítése	40
17. ábra A kisnyomású nátriumlámpa felépítése	41
18. ábra Fémhalogénlámpa általános felépítése	43
19. ábra Fémhalogén lámpa típusok [10]	43
20. ábra A nagynyomású nátriumlámpa felépítése	45
21. ábra A nagynyomású nátriumlámpák néhány kialakítási típusa [10]	46
22. ábra A világító dióda felépítése	47
23. ábra. E27 fejelésű LED felépítése	48
24. ábra. A világító dióda (LED) működési elve	49
25. ábra LED típusok	51
26. ábra LED modulok	51
27. ábra Cserélhető LED modul	52
28. ábra Hagyományos és reflektoros LED lámpák	53
29. ábra Speciális retrofit LED fényforrások	53
30. ábra Retrofit LED fényforrások	53
31. ábra LED flexibilis szalag	54
32. ábra Ellenállásosztóval épített LED szalag	54
33. ábra Integrált áramgenerátoros meghatású LED szalag	55
34. ábra Védett LED szalagok	55
35. ábra Egy irányba hajlítható, IP67 védettségű kapszulázott LED szalagok és 3D változatuk	56
36. ábra LED működtetők (driver) és vezérlők	56
37. ábra Állandó feszültségű meghajtó és modulja	57
38. ábra Állandó áramú meghajtó és LED moduljai	57

39. ábra Tehermentesítő kábelrögzítők.....	58
40. ábra A hőmérséklet hatása a fényáramra.....	61
41. ábra Egy 40W/m LED szalag hőmérsékletviszonyai.....	62
42. ábra. Világítótestek kiválasztási kritériumai.....	63
43. ábra.....	67
44. ábra.....	68
45. ábra.....	68
46. ábra Lámpatestek sugárzási irány szerinti csoportosítása.....	69
47. ábra Megvilágítás a fényforrástól való távolság függvényében.....	70
48. ábra Példa a látási feladat területét körülvevő közvetlen környező terület alsó határértékeire.....	93
49. ábra Példa Az átlagos megvilágítás csökkenése a berendezés üzemideje során, példa: hároméves karbantartási ciklus.....	93
50. ábra A munkahelyek világításának minőségi jellemzői.....	97
51. ábra Az MSZ EN 12464-1 szerinti reflexiók tényezők.....	98
52. ábra A káprázás szempontjából kritikus szögterület.....	101
53. ábra Standardizált, egyenletes lámpatestelrendezések az UGR táblázatos módszeréhez. A megfigyelő nézési iránya merőleges (balra), illetve párhuzamos (jobbra) a fényforrások/lámpatestek tengelyével, amely a helyiség hosszabbik (fent) vagy rövidebbik (lent) oldalával lehet párhuzamos. Az x koordináta a nézési irányra merőleges, az y pedig párhuzamos (az x és y értékei példák).....	102
54. ábra A megfigyelő és a világítótestek vízszintes síkjának általánosan használt elrendezése. Utóbbi – ülő megfigyelő esetén – $H=h-p-1,2$ [m] magasságban helyezkedik el a megfigyelő szeme felett. A „p” a lámpatestsor felfüggesztésének hosszúsága.....	103
55. ábra A világítótestek sűrű elrendezése ($s=0,25 \cdot H$) esetén az UGR-érték szinte független a megfigyelő elhelyezkedésétől (felső kép). Szellős elrendezés esetén (alsó kép) a B1- gyel jelölt megfigyelő számára kisebb, míg a B2-vel jelölt megfigyelő számára nagyobb UGR-érték adódik.....	103
56. ábra A természetes fény megvilágításának sematikus ábrázolása egyik oldalán ablakos helyiségben és a természetes fény kis megvilágítási értékeinek kompenzálása természetes fénytől függően szabályozott mesterséges világítás segítségével.....	109
57. ábra A jó világítás nagyobb biztonságot, motivációt és jó közérzetet eredményez a munkavégzés során.....	111
58. ábra A világítási mód és annak hatásai.....	112
59. ábra Világítótest kiválasztásának kritériumai.....	116
60. ábra A vizuális rendszer színeképi érzékenysége (fotopos görbe $V(\lambda)$) és a cirkadián rendszer (melanopsin spektrum $C(\lambda)$).....	128
61. ábra A nap három szakaszra osztható a nem-vizuális hatások alapján.....	129
62. ábra KNX rendszer felépítése.....	150
63. ábra LonWorks rendszer felépítése.....	151
64. ábra DALI rendszer felépítése.....	152
65. ábra KNX DALI Gateway.....	154
66. ábra A BREEAM rendszer minősítési kategóriái.....	159
67. ábra A LEED rendszer minősítési kategóriái.....	160

68. ábra A WELL rendszer témakörei.....	164
69. ábra Épületek energiateljesítményéről szóló irányelv.....	165
70. ábra Speciális világítási módok.....	167
71. ábra A menekülési jel elhelyezése.....	170
72. ábra A biztonsági és menekülési jel elhelyezésének változatai.....	171
73. ábra A tűzvéelmi jel rögzítési magassága az OTSZ 149. §-ban foglalt követelményeknek megfelelően.....	172
74. ábra A különböző típusú fényforrások és fényhasznosításuk.....	184
75. ábra A kompakt fénycső beépítésének egyszerű megtérülési ideje.....	186
76. ábra A LED beépítésének egyszerű megtérülési ideje.....	187
77. ábra Fénycsövek, LED cső és panel relatív energiafogyasztása.....	188
78. ábra T5 és T8 típusú fénycsövek fényáramának változása a környezeti hőmérséklet függvényében [12].....	190
79. ábra A megvilágítás mérő műszer.....	207
80. ábra Belső tér mérési pontjai.....	209
81. ábra Lecserélt 10 db, - Régi világítótest és fényforrás: HGL 2x125 W.....	218
82. ábra Új világítótest: INESA ZD 516.....	218
83. ábra A példánk esetére az elszámolható megtakarítás kiinduló adatai és az eredmény.....	224
84. ábra Éves végső energiamegtakarítás az elszámolási időszakban.....	225
85. ábra A pontmódszer geometriája [10]	243

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.

1.	NÉMETH András, MILÁVECH Richárd	Iparban használatos vízminőségek
2.	DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István	Mérések a gáziparban
3.	DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHÉ DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTÓ Zoltán, DR. BALLA József	A biztonságos ívóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4.	BORBÁS Lajos Dr.	Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5.	BERENCSI Miklós, BERECHY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFY Krisztina	Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6.	TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András	A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7.	DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András	Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8.	KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó	A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

2018.

9.	BLAZSOVSZKY László	A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10.	CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter	Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11.	NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza	A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és utógazdálkodási előírásokhoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12.	DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta	Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13.	DR. SZILÁGYI Zsombor	Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14.	S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté	Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15.	DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÜRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin	Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16.	DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor	Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17.	TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila	Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató
18.	FENYVESI Zsolt	Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása

19.	GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20.	DR. DIVÓS Ferenc	Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21.	DR. KARÁCSONYI Zsolt	Faanyagok tartós szilárdsága
22.	BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula	Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23.	ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András	Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24.	JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső	Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25.	DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László	Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26.	DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos	Korszerű támszerkezetek tervezése
27.	HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán	Különböző funkciójú épületek klimatechnikája II.
28.	KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint	Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz	Hőteljesítménymérési tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30.	GARBAI László Dr., SÁNTA Róbert Dr., JASPER Andor Dr.	A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31.	LADÁNYI Gábor Dr.	Diagnosztika a karbantartásban
32.	MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András	KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)
2019.		
33.	BLAZSOVSZKY László	Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
34.	DR. SZILÁGYI Zsombor	A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
35.	FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj.	Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén
36.	VARRÓ Beáta, DR. KIS András	Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
37.	MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György	Munkatér határoló szerkezetek
38.	KORSÓS András, RÁDULY Zsolt	A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39.	GERGELY Edit, DR. BEZEGH András	Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására

- | | | |
|--------------|---|---|
| 40. | DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr.,
GERGELY Edit | Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok) |
| 41. | GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László,
SZÉKELY Bence | Híddaruk méretezési segédlete (2019.) |
| 42. | FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY
András, NAGY Attila Balázs, CSOTT
Róbert | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló
szituációkban |
| 43. | DR. KARÁCSONYI Zsolt | Faanyagok tartós szilárdsága
Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében |
| 44. | DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor,
VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin | Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek
egyszerű energetikai és gazdasági számításai |
| 45. | PRIMUSZ Péter, PhD. | Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése
talajstabilizációk figyelembevételével |
| 46. | NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor,
KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért | Különböző funkciójú épületek klimatechnikája III.
Segédlet ipari épületek lég- és klimatechnikai
rendszereinek tervezése |
| 47. | JANCSÓ Béla, KAVECZKI Gergely,
KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás,
KNOLMÁR Marcell, RAUM László | Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei
Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető
rendszereket |
| 48. | DOHÁNY Máté, SCHVANNER Norbert | Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás
csomópontokban |
| 49. | JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit | Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi
utakon |
| 50. | DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel | Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok
projektlapjai |
| 51. | DR. MÓGA István | Beruházási projektek szabályozási és szabvány
környezete, Tervezési követelmények meghatározása |
| 52. | DR. GÁBORI László, DR.
BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI
Gábor, RÁTKAY Tamás | Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere
(Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök
Kamarai működési rendbe és rendszerekbe)
I. kötet: Konceptió és modell
II. kötet: Modell illesztése
III. kötet: Tudástár |
| 53. | VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán,
SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI
Attila | Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész
értelmezése a szakmai gyakorlatban
Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I. |
| 2020. | | |
| 54. | DR. KISS Jenő, CSERMELY Gábor | JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület
megvalósításának – tervezés építés – módszerére |

- | | | |
|-----|---|---|
| 55. | DR. SZILÁGYI Zsombor | A hidrogén a környezetbarát energiahordozó, Hidrogén az energetikában |
| 56. | VARGA Tamás, DR. SZEDENIK Norbert, DR. KOVÁCS Károly, KRUPPA Attila, KULCSÁR Lajos, KAPITOR György, TURI Ádám | A nem norma szerinti villámvédelem egységes műszaki követelményrendszerének kialakítása és javaslat a teljes villámvédelmi szabályrendszer jövőbeli egységesítésére |
| 57. | KÁDI Ottó | A gyalogosközlekedés közúti keresztezései |
| 58. | MOLNÁR Szabolcs | „Hulladékból konnektorba” A települési szilárd hulladék energetikai hasznosításának lehetőségei |
| 59. | VÁRDAI Attila | Segédlet szabadidős létesítmények tartószerkezeti tervezéséhez |
| 60. | DR. BEJÓ László | Szénlábnyom-elemzés készítése a faiparban |
| 61. | JANCSÓ Béla, NÉMETH Gábor, SZIMANDEL Dezső | Szakmai útmutató vízellátási tervvezetők számára a 2020 január 1-én hatályba lépett „VIZEK keretrendszer” használatához |
| 62. | FELLEGI Zsóka, KARAFI Balázs, KOCH Edina, KOVÁCS Gábor, MURINKÓ Gergő, TÓTH Gergely József | Munkagödörök és földművek víztelenítése |
| 63. | HOLÉCZY Ernő, OLÁH Róbert, DR. SIKI Zoltán, DR. TAKÁCS Bence, DR. TÓTH Zoltán, VARGA Tibor | Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához |
| 64. | DR. GÁBORI László, DR. MOLNÁR Bálint, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás | Az Informatikai Tervező tervezési segédlete |
| 65. | NÁDASDY Tamás, TOMASCHEK Tamás, PALÁSTY István, SZECSŐ Dániel Géza | Dinamikus forgalomirányítás tervezői segédlete gyorsforgalmi úthálózat esetén |
| 66. | LENGYEL István | Szakmai útmutató szolgalmi jogok alapításához (mérnöki segédlet) |
| 67. | NÉMETH Balázs, SZLOVÁK Krisztián, VÍGH Gellért | Épületgépészeti tervezéshez praktikus, gyakorlati adatbázis |
| 68. | FÜRJES Andor Tamás, BORSINÉ Arató Éva, NAGY Attila Balázs, ILLYÉS László, BORSI Gergely | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban (példatár) |
| 69. | DR. BORBÁS Lajos, GONDA Zoltán | Optikai feszültségvizsgálat – Kísérleti eljárás a konstrukció fejlesztésére, szerkezetek anyagfelhasználásának és teherviselésének optimalizálására |

2021.

- | | | |
|-----|---|---|
| 70. | BLAZSOVSZKY László | A gázipar és a kéményseprő-ipar határterületeinek szabályozási anomáliái a szakmagyakorlók és a felhasználók szemszögéből |
| 71. | FORGÁCS Lajos Dr., NAGY Gábor, RÉV Zoltán | Kórháztervezés új szempontjai a 21. században - Korszerű kórházak infrastrukturális egységei |
| 72. | HOLÉCZY Ernő, KISS Albert Miklós, KOVÁCS István, Dr. TAKÁCS Bence Géza, Dr. TÓTH Zoltán | M.2.-2021. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet |
| 73. | Dr. BEJÓ László | Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei a faipar területén |

- | | | |
|-----|---|--|
| 74. | BORBÉLY Dániel, HUDACSEK Péter, KARNER Balázs, KOVÁCS László, SÁNDOR Csaba | Monitoring, a geotechnikai kockázatkezelés eszköze |
| 75. | FELFÖLDI Krisztina, JÁMBOR András, TÓTH Sándor, BÜKI Gábor, GÓDOR Balázs | Emelőgépek időszakos vizsgálatának eljárásrendje |
| 76. | GYURKOVICS Zoltán, RÉBAY Lajos, NAGY Bernát | Szakmai útmutató az épületgépész felelős műszaki vezetők és műszaki ellenőrök számára |
| 77. | Dr. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel, PAPP Ábrahám | Hulladék hő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása
Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása |
| 78. | CZINE Ferenc, HIRKÓ György | Elektromos meghajtású mikromobilitási eszközök -
Jellemző paraméterek |
| 79. | KALMÁR Tamás, dr. LÁNYI Péter, HÓZ Erzsébet | Kerékpárút hálózatok vizsgálata a fejlesztések és
úthasználók tapasztalatai alapján |
| 80. | VARGA Tamás, FARKAS Péter János, Dr. TOKODY Dániel, ZSARNOVSZKI Attila, MÉSZÁROS Tamás, VERESS Árpád | Építmény villamossági tervezés robbanásveszélyes
környezetben |
| 81. | Dr. VONA Márton, Dr. BALATONYI László, TÉCSŐY István | Dombvidéki víz visszatartás, kisvízfolyások szabályozása
természet közeli megoldásokkal
Kisléptékű víz visszatartás, kistelepülés-léptékű
víz megtartó megoldások |
| 82. | ZANATHY Valéria, BUZÁS Györgyi, TÓTH László | Acélszerkezetek korrózió elleni védelme -
Acélszerkezetek korrózió elleni védelmére vonatkozó
szabványok, előírások, szakmai tapasztalatok
összefoglalása |
| 83. | JÓZSA Bálint, DOHÁNY Máté | DDI avagy a fordított gyémánt csomópontok vizsgálata és
magyarországi alkalmazhatósága |
| 84. | SZÉPSZÓ Gabriella, ALLAGA-ZSEBEHÁZI Gabriella, LAKATOS Mónika, SZENTES Olivér, TAKSZ Lilla, SELMECZI János Pál, Dr. CZIRA Tamás, CSÓKA Gergely, BAKA György | Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt
megalapozó adatbázisok alkalmazása |
| 85. | ZSIGMONDI András, MARIÁN Gábor, WÉBER László | A műszaki egyenértékűség és helyettesítő termék
egyenértékűségének megállapítási módjai |
| 86. | NAGY János, HORVÁTH Rita, KAPITOR György, MERTLI Ferenc, PAPP Ábrahám, SITKU György, Dr. ZSEBIK Albin | Világítástechnika - segédlet az EKR dokumentáció
készítéséhez - Alapismeretek és mintapéldák |
| 87. | CSENDES János, VELLER Tamás | Épületautomatika - Összefüggésben az
Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszerrel |