Világítástechnikai évkönyv 2018-2019

„LED, EMBER, KÖRNYEZET"

MEE Világítástechnikai társaság
Magyar Világítástechnikáért Alapítvány

Szerkesztette:
Némethné Vidovszky Ágnes
Poppe András

Lektorálták:
Csuti Péter
Kolláth Zoltán
Nagy János
Poppe András
Szabó Ferenc

A borítót tervezte:
Orbán Balázs

Kiadja:
Világítástechnikai Társaság
a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Szervezete
és a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány
1042 Budapest, Árpád u 67. I.em 6.

Felelős kiadó:
Nagy János elnök

Nyomdai előkészítés:
Media-Press '91 Kft.
Hu ISSN 1416-1079

KEDVES OLVASÓ!

A világítástechnika területén napjainkban zajló technológiaváltás üteme annyira gyors, hogy naprakész szakkönyv megjelentetése igencsak kockázatos, mert mire megíródik és kinyomtatásra kerül, tartalmának egy része már elavul, aktualitását veszíti. A Világítástechnikai Társaság ezt a helyzetet igyekszik áthidalni a kétévente megjelenő Világítástechnikai évkönyveivel, amely elsődlegesen inkább szakirodalom, mintsem hagyományos értelemben vett évkönyv. Kétségkívül a szakfolyóiratok naprakészebbek a tudomány állását illetően, de a mi szakcikk gyűjteményünk nyugodtan nevezhető a kor szakirodalmának is. Örömmel találkoztam szakdolgozatok és szakcikkek szakirodalmi jegyzékében évkönyvünk valamely évfolyamának említésével. Már ez a tény is bizonyítja megjelentetésének létjogosultságát és fontosságát. Lehet, hogy évtizedek múlva utódaink minden írást elavultnak tekintenek és rácsodálkoznak arra, ami minket jelenleg foglalkoztat, de ez a mi életünkben is előfordult elődeink hagyatéka között kutatva.

A LED, EMBER, KÖRNYEZET alcímet viselő évkönyvünk három fejezetében olvasható szakcikkek napjaink legidőszerűbb kérdéseiről szólnak azokról, amelyek szakmánkat leginkább foglalkoztatják. Természetesen, főszereplő a LED.

Az Emberközpontú világítás, – amely napjainkban leginkább foglalkoztatja az embereket és szakembereket is –, nem maradhat el kiadványunkból, annál is inkább, mivel ez már könnyen megvalósítható a LED-es világítási berendezésekkel, vezérelhetőségük, szabályozhatóságuk és „okosíthatóságuk" révén.

Évkönyv rangját és hitelességét emelik a külföldi szerzők cikkei. Kiadványsorozatunkban első alkalommal kerül közlésre írás a szerző nyelvén, angolul és magyar fordításban is.

Környezetünkre jelentős hatással van a fényszennyezés, ami napjaink egyik sokat vitatott kérdése. Annak káros hatása a Föld élővilágára, de az emberekre is ma már bizonyított. Kétségkívül, a világítási szakemberek együtt kell dolgozzanak ennek mérsékléséért a csillagászokkal és környezetvédőkkel egyaránt. E témának is teret adunk, annál is inkább, mivel egy hazai kutatás-fejlesztés talált megoldást a közvilágítás által keltett fényszennyezés mérséklésére. A mérési eredmények bemutatása tanulságos lehet a fényszennyezésmentes közvilágítás iránt érdeklődőknek.

Az előző évkönyvünkben indítottuk a Fényévek című fejezetet a hazai szakma idősebb kollegáinak írásaiból. Mivel sok érdekes információ látott napvilágot a közölt cikkekben, a fejezetnek nagy sikere volt tagtársaink körében. Ezt a fejezetet folytatjuk, a jövőben is meg kívánjuk jelentetni. Jó az, ha megismerjük egymást, idősebb kollegáink életútját, ami példaként szolgálhat számunkra, és ugyanakkor megmarad az útókor számára is.

Az utolsó fejezetben beszámolunk a Világítástechnikai Társaságban, az elmúlt két évben szervezett eseményekről és rendezvényekről. Úgy gondolom, hogy eseménygazdag időszakot tudhatunk magunk mögött, mivel a hagyományos, már megszokott rendezvényeinken túl, sikerült újabbakkal is bővítenünk tevékenységünket. Gondolok a Szenior Klub kezdeményezésre, a Világíts rá! tehetségkutató pályázatra, a rádió hullámhosszán elhangzott szakmai ismeretterjesztő műsorunkra stb. A Társaság tevékenységét fokozni aktív tagok nélkül nem lehet, ezért a továbbiakban is számítok a kezdeményezéseikre, segítségükre és önzetlen munkájukra.

Két tucat Világítástechnikai Évkönyv megjelentetése egy szakmai civil szervezettől, amely saját forrásaiból gazdálkodik, nem kis teljesítmény. Ám a szakma iránti lelkesedésünk és szeretetünk mindig ad annyi erőt számunkra, hogy mindent megtegyünk az újabb és újabb színvonalas világítástechnikai kiadványok megjelentetése érdekében. Köszönet érte a szerkesztő, lektoráló és cikkíró kollegáimnak, akik önzetlenül, szabadidőjük egy részének feláldozásával írták és szerkesztették jelen kiadványunkat.

Kedves Olvasó!

A Világítástechnikai Évkönyv megjelentetésének célja a hazai világítási kultúra terjesztése, fejlesztése és oktatása. Remélem, talál kiadványunkban érdeklődési körének megfelelő színvonalas szakcikket, amely alapján másoknak is figyelmébe ajánlja jelen kiadványunkat.

Köszönöm a világítás és fény iránti érdeklődését!

Budapest 2019. 01. 09.

Nagy János
elnök

Darwin versus visual discomfort

Darwin és a vizuális zavaró hatások viszonya

– Arnold Wilkins –
University of Essex
fordította: Poppe András (BME)[1]

Until recently, most work on visual discomfort from lighting was in reaction to complaints. Now, a neurological theory of discomfort has been proposed and applied to lighting design [1]. We will consider here some of the aspects of the theory and its implications.

The human visual system has evolved to process images from natural scenes, and scenes from nature have four important characteristics that we will consider in turn. They have (1) little flicker; (2) a Fourier amplitude spectrum in which the amplitude decreases as the reciprocal of spatial frequency[2]; (3) low colour contrast; (4) lighting from daylight (with chromaticity close to the Planckian locus). In all four respects images that are unnatural are also uncomfortable to look at, as will now be shown.

1. Flicker

Figure 1 shows three curves that express the effect of flicker frequency on (a) the threshold contrast at which the flicker can just be seen, (b) the illusions of colour perceived as a result of the flicker and (c) the proportion of patients with photosensitive epilepsy who are at risk of a seizure from the flicker.

Evidently flicker is a potential hazard, and the hazard increases to the extent that the flicker is obvious. It is unfortunate that the flicker from switched start compact fluorescent lamps is often obvious and close to the peak of the epi-

Egészen a közelmúltig a mesterséges világítás zavaró hatásaival foglalkozó tanulmányok többnyire csupán a felmerült panaszokra való reakcióként készültek. Mostanában született olyan tanulmány, amely a zavaró hatásokra vonatkozó neurológiai elméletet a világítástervezés vonatkozásában is figyelembe veszi [1]. Ennek egyes aspektusait és azok következményeit tárgyaljuk a következőkben.

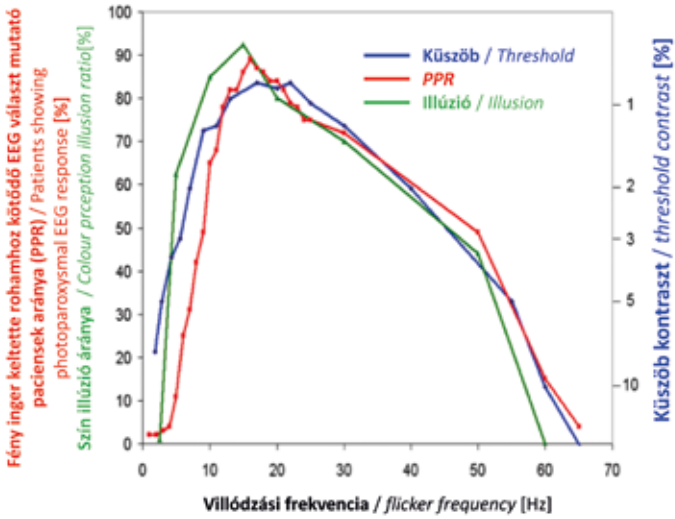
Az evolúció során az emberi látórendszer úgy alakult, hogy a természetes környezetből származó képeket dolgozza fel. A természetes környezet látványa a következőkkel jellemezhető: (1) szinte semmi sem villódzik benne; (2) egy ilyen kép kétdimenziós Fourier-transzformáltjának spektrumát a térfrekvenciákkal fordítottan arányos amplitúdók jellemzik[2]; (3) kis színkontraszt; (4) természetes nappali fénnyel való megvilágítás (a Planck-görbe közelébe eső színességű fény). Ezen négy aspektus bármelyike tekintetében, ha egy kép természetellenes, akkor annak látványa egyben kellemetlen is.

1. Villódzás

Az 1. ábrán három olyan görbét láthatunk, amelyek a villódzási frekvencia függvényében mutatják egyes jellemző mennyiségek változását. E három görbe a következő: (a) a kontraszt azon küszöbértéke, amely esetén a villódzás már éppen látható, (b) a villódzás következtében érzékelt szín illúzió és (c) azon fényinger kiváltotta epilepsziában szenvedő paciensek aránya, akik esetében fennáll a villódzás keltette roham veszélye.

Teljesen nyilvánvaló, hogy a villódzás egy lehetséges veszélyforrás és e veszély láthatóan

1) A Lux et Color Vesprimiensis 2018 konferencián 2018. október 11.-én elhangzott Illumination from Darwin and Discomfort from Illumination (Darwin káprázatos gondolatai és a zavaró káprázás) c. előadás írott változata.
2) A fordító megjegyzése: dr. Székely Vladimír Képkorrekció, hanganalízis, térszámítás PC-n: gyors Fourier transzformációs módszerek [ComputerBooks Kiadó (1994), Budapest (ISBN: 9636181365)] c. könyve részletesen ismerteti a kétdimenziós Fourier transzformációt és elmagyarázza a térfrekvencia, ill. a képek amplitúdó spektrumának fogalmát.



1. ábra. A villódzás láthatósága (kék), a villódzás keltette szín illúzió (zöld) és az epilepsziás rohamok kialakulásának valószínűsége (vörös) a villódzási frekvencia függvényében.

Figure 1. Visibility of flicker (blue), illusions from flicker (green) and likelihood of epileptic seizures (red) shown as a function of flicker frequency.

leptogenic range, and that the lamps are often turned on by occupancy sensors, so the flicker is unavoidable. In a similar vein, some computer screens flicker screens at 60Hz (which is within the epileptogenic range).

Flicker from magnetically ballasted fluorescent lamps occurs mainly at twice the frequency of the electricity supply, and is usually too rapid to be seen as flicker. It can nevertheless (1) be resolved by the human retina [2], (2) cause phase-locked firing in the lateral geniculate nucleus of the cat [3], (3) interfere with human eye movements [4], (4) cause eye-strain and headaches [5], (6)increase heart rate in agoraphobic individuals [6] and impair visual performance [7]. Unfortunately 80% of schools in the UK are still lit with lighting of this kind [8].

Clearly, flicker from gas discharge lighting can have adverse effects on

a villódzás mértékével nő. Sajnos a hirtelen bekapcsolt kompakt fénycsövek villódzása gyakran látható és frekvenciája közel esik ahhoz az értékhez, amelynél az epilepszia leginkább jelentkezik. Mivel a kompaktfénycsöveket sokszor mozgásérzékelőkkel kapcsolják be, így ezen bekapcsoláshoz kötődő villódzás elkerülhetetlen. Hasonló módon, egyes számítógép monitorok esetében szintén tapasztalhatunk egy 60Hz körüli (szintén az epilepsziát okozó tartományba eső) frekvenciával jellemezhető villódzást. Az induktív előtéttel szerelt fluoreszcens fényforrások villódzási frekvenciája többnyire a hálózati frekvencia kétszerese és az ennek megfelelő villódzás általában túl gyors ahhoz, hogy lássuk. Ennek ellenére (1) az emberi retina ezt mégis érzékeli [2], (2) fáziskapcsolt tüzelést okoz a macskák oldalsó geniculatus magjában[3)][3], (3) zavart okoz az ember szemmozgásában [4], (4) szemfáradtságot és fejfájást okozhat [5], (5) agorafóbiás egyének esetében a pulzus növekedését okozza [6] és (6) károsan

3) lateral geniculate nucleus, LGN (az ikertestek része)

health and vision. But why does flicker that you can't see adversely affect you? This question may have a simple answer. You can in fact see it! You can appreciate it not as flicker, but as a pattern seen during a rapid eye movement. The pattern is created because each flash of light falls in a different position on the retina as a result of the retinal movement. Rapid eye movements are known as saccades, and the intra-saccadic pattern rejoices in the name "phantom array".

We used to think of flicker as having a critical flicker fusion threshold above which flicker cannot be seen and is of little consequence. Flicker fusion is, however, a misleading concept [9]. A flickering light does not "fuse" unless the flicker is seen against a featureless background and only small saccades are made. A visual scene is rarely featureless and the eyes are continually in motion. We make 2-3 saccades every second. During a saccade made under natural (steady) lighting, features of the visual scene appear on the retina as a continuous "smear". Under flickering lighting they appear not as a "smear" but as a series of pulsed superimposed images that have features at a succession of retinal positions, creating a pattern, the pattern known as the phantom array [10].

We are not normally aware of what we see during a saccade, partly because what we see before and what we see after the saccade mask the intra-saccadic stimulation [11], [12]. But there are circumstances where this masking does not occur. When you are on a high-speed train looking out of the window, the scenery is a smear. When you make a saccade in the direction of travel, the eye catches up with the motion of the visual scene and you can briefly see the

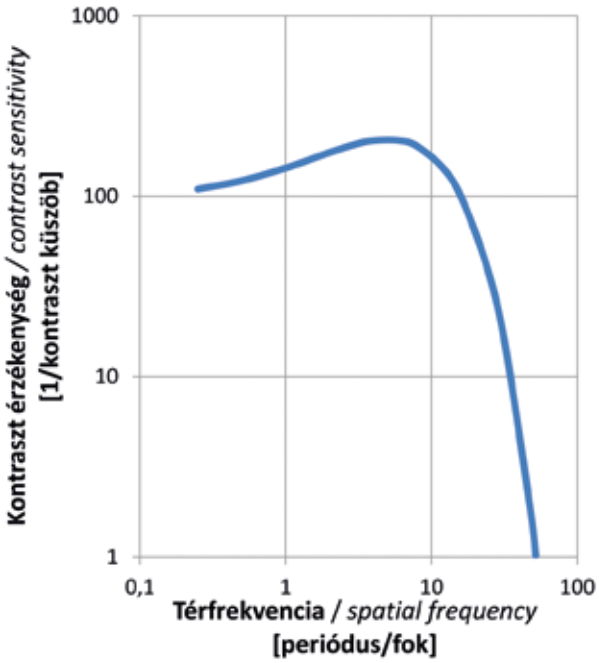
hat az általános látásra is [7]. Sajnos az Egyesült Királyság iskoláinak 80%-ban még mindig ilyen jellegű fényforrásokkal van az általános világítás kialakítva [8].

A gázkisülő fényforrásokkal megvalósított világításnak nyilvánvalóan káros hatása van az egészségre és a látásra is. De miért is káros az a villódzás, amit közvetlenül nem is látunk? E kérdésre egyszerű válasz adható: valójában az ilyen villódzás is látható! Ezt nem villódzásként, hanem egy gyors szemmozgás során létrejövő mintázat formájában érzékeljük. Egy ilyen mintázat azért alakul ki, mert a gyors szemmozgások során minden egyes fényfelvillanás alkalmával a retina más és más helyén jön létre gerjesztés. Az ilyen gyors szemmozgásokat szakkádnak [4] hívják és az ilyen szakkádok során keletkező mintát „fantom rácsnak" nevezik.

A villódzásról (flickerről) korábban azt gondoltuk, hogy egy ún. fúziós frekvenciával jól jellemezhető, amely frekvencia fölött a villódzás már nem látható, illetve elhanyagolható hatása van. A villódzás egybeolvadása (ha úgy tetszik, a fúziós frekvencia) azonban egy félrevezető fogalom [9]. A villódzó fény nem olvad egybe, hacsak nem egy egynemű háttér mellett kis szakkadikus szemmozgások mellett nem tekintünk. Egy látvány ritkán egynemű és szemeink is állandó mozgásban vannak, másodpercenként 2-3 szakkád történik. Állandó (villódzásmentes), természetes megvilágítás mellett egy szakkád során egy látvány retinára vetülő egyes elemeit folyamatosan „elkent" képként érzékeljük. Villódzó fény esetében azonban ezen elemek nem elkenve jelennek meg, hanem 'egymásra exponált' képek sorozataként, a retina egyes pontjainak sorozatán egy mintázatot létre hozva. Ezt a mintázatot fantom rácsnak nevezzük [10].

Általában nem tudatosul bennünk az a fizikai kép, ami egy szakkád során a retinára vetül, részben azért, mert amit egy ilyen szemmozgás előtt, illetve amit utána látunk, elfedi a két szempozíció közötti gerjesztések hatását [11],[12]. De előfordulhatnak olyan kö-

[4] A szakkád mindkét szem gyors, egyidejű mozgását jelenti ugyanabba az irányba, https://hu.wikipedia.org/wiki/Szakkád [A fordító megjegyzése]



2. ábra. A kontraszt érzékenység a térfrekvencia függvényében.
Figure 2. Contrast sensitivity as a function of spatial frequency

detail of the image. You can see the detail sufficiently well to read the name of the station that you rush past, provided you time things right. This simple example shows that the brain does not completely "shut down" during a saccade, and that intra-saccadic stimulation can be registered by the brain as a percept. Indeed the sensitivity to low contrast patterns that move with the eyes during a saccade is almost as great as for patterns in normal view [13]. So flicker that is too rapid to be appreciated as flicker is not the same as steady light. Steady light produces a continuous smear during a saccade, whereas rapid flicker produces multiple discrete superimposed images that can sometimes be seen.

There must nevertheless be a frequency of flicker at which the multiple discrete superimposed images are too finely structured (too close together) to

rülmények, amelyek során ez az elfedő hatás nem érvényesül. Ha az ember például egy nagysebességű vonat ablakán keresztül nézi a tájat, az elkenődve látszik. Ha ekkor egy a menetiránnyal egyező irányú szakkádot végzünk, szemünk együtt mozog a környezettel és egy kis ideig látjuk a táj egy részletét. E részletet elég jól láthatjuk ahhoz, hogy például elolvashassuk annak az állomásnak a nevét, amelyen átrobog a vonat, feltéve, hogy az időzítés rendben volt. Ez kis példa jól szemlélteti azt, hogy egy szakkád során az agy nem „kapcsol ki" és hogy az ilyen gyors szemmozgások közötti gerjesztéseket az agy kép-észleletként képes felfogni. Valóban, a szemmel együtt mozgó, alacsony kontrasztú mintázatokra vonatkozó érzékenység nagyjából akkora, mint a normál látómezőbe eső mintázatokra vonatkozó érzékenység [13]. Tehát az a villódzás, ami túl gyors ahhoz, hogy villódzásként érzékeljük, nem ugyanaz, mint a teljesen villódzásmentes, egyenletes fény. Az egyenletes, villódzásmen-

be visible. We can get a good idea of this frequency from the spatial contrast sensitivity function, shown in Figure 2. We are most sensitive to a static pattern of spatially periodic stripes (a grating) when there are about 4 cycles in one degree subtended at the eye. As the spatial frequency increases we become less and less sensitive until we reach a limit that is dependent on the age of the observer [14] but is typically between 30 and 60 cycles per degree. Above this limit the pattern is no longer visible, even at maximum contrast. Some saccades are large and when they are large they are very fast (up to 700 degrees per second). For a saccade with a velocity of 400 degrees per second, a phantom array will reach the limit of 30 cycles per degree when the flicker frequency is 12 kHz.

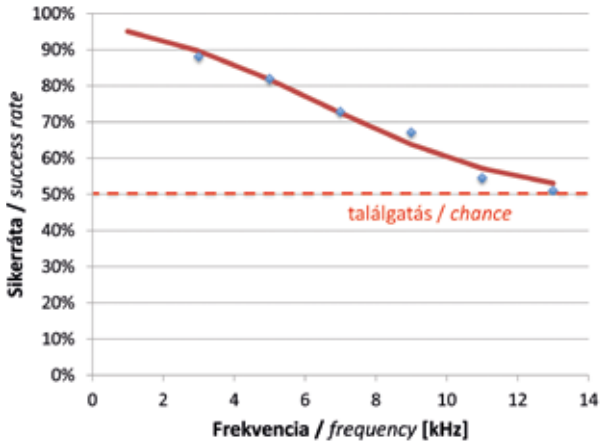
In an unpublished study Emily Brown created a very thin bright vertical line (1.1 min.arc wide) and flickered it (with square-wave modulation), asking student observers to make a horizontal saccade from one fixation point on the left of the line to another on the right. The observers were required to discriminate trials on which the line flickered at frequencies less than 20kHz from those on which it was flickering at 60kHz, presented as pairs of trials in random order. The upper frequency limit for 14 young observers was 6.47kHz, see Figure 3. There were large individual differences. A few observers were able to discern the phantom array reliably at frequencies as high as 10kHz, whereas others were unable to see it at 2kHz, see Figure 4.

The large individual differences in threshold frequency are evident in two unpublished studies by Emily Brown, and are shown in Figure 5. In both studies the individuals with high frequency thresholds were generally those who reported symptoms of visual discomfort in a questionnaire by Conlon et al [15].

tes fény egy szakkád során elkenődött képérzetet kelt, míg a nagyon gyors villódzás több önálló, egymásra rakódó képet eredményez, amelyeket olykor még érzékelünk is.

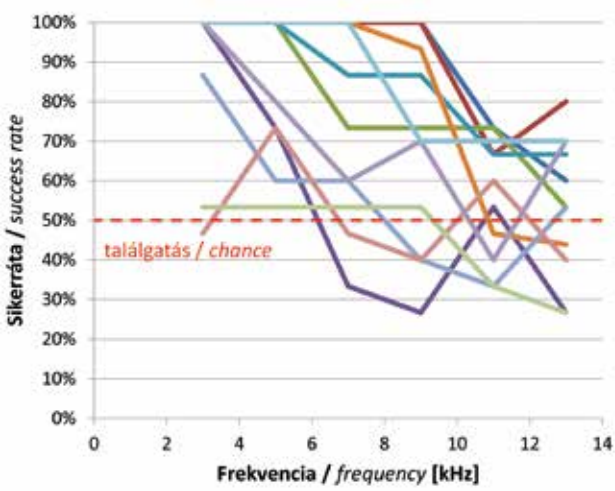
Mindazonáltal, léteznie kell egy olyan villódzási frekvenciának, amely mellett ezen egymásra rakódó diszkrét képek sorozata már túl finom struktúrájú (egymáshoz túl közeliek) ahhoz, hogy az elemeit önálló képként láthassuk. Ezt a frekvenciát megbecsülhetjük a 2. ábrán látható térbeli kontraszt érzékenységi függvény alapján. Térben periodikus vonalak egy olyan állandó mintázatára (egy olyan rácsra) vagyunk a legérzékenyebbek, ahol egy fokos látószögre nagyjából 4 periódus esik. A térfrekvencia növekedtével egyre kevésbé vagyunk érzékenyek, míg el nem érjük az érzékenységünk életkortól függő, tipikusan 30...60 periódus/fok közé eső határát [14]. E határ felett még a legnagyobb kontraszt esetében sem látjuk már a mintázatot. Egyes szakkádok igen nagyok lehetnek, és amikor nagyok, akkor nagyon gyorsak is (akár 700 fok/másodperc sebességűek is). Egy 400 fok/másodperc sebességű szakkád esetében egy fantom rács eléri a 30 periódus/fok határt, ha a villódzási frekvencia 12 kHz.

Emily Brown egy eddig nem publikált munkájában egy nagyon vékony (1.1 szögperc széles) világos, függőleges vonalat alkalmazott, amit (négyszög jellel modulált) villódzó fénnyel világított meg. Egyetemi hallgató megfigyelőket arra kért, hogy végezzenek egy vízszintes szakkádot egy, az ábra bal oldalán lévő fixációs pontból egy másik, az ábra jobb oldalán lévő pontba. A szemlélőket arra kérte, hogy próbálják megkülönböztetni egymástól azokat az egymást véletlenszerűen követő eseteket, amikor 20 kHz-nél kisebb frekvenciával villogott a vonal azoktól az esetektől, amikor 60 kHz volt a villódzási frekvencia. 14 fiatal megfigyelő esetében a frekvencia felső határa 6,47 kHz-re adódott, ahogy ez a 3. ábrán látható. Nagy egyének közti különbségek adódtak. Egyesek a fantom rácsot megbízhatóan látták 10 kHz körüli frekvenciák mellett is, míg mások már nem látták azt 2 kHz-nél sem, lásd a 4. ábrát.



3. ábra. A villódzás szakkádok közötti megkülönböztetési képessége a frekvencia függvényében. 14 fiatal megfigyelőtől származó adatok alapján.

Figure 3. Intra-saccadic discrimination of flicker as a function of frequency. Data from a group of 14 young observers.



4. ábra. Egyéni különbségek a villódzás szakkádok közötti megkülönböztetési képességében a frekvencia függvényében. 14 fiatal megfigyelőtől származó adatok alapján.

Figure 4. Individual differences in intra-saccadic discrimination of flicker as a function of frequency. Data from a group of 14 young observers.

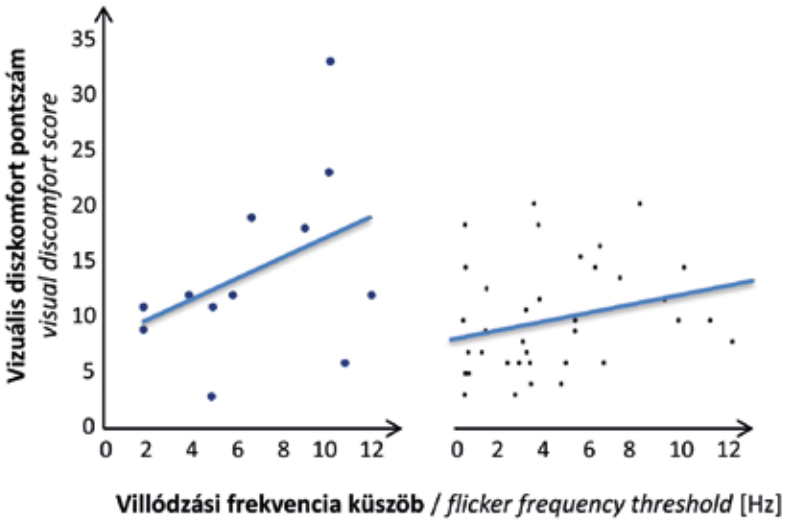
Because we are best able to see periodic patterns when the spatial frequency is about 4 cycles per degree, and are less sensitive at both higher and lower spatial frequencies, we might expect the

A küszöbfrekvencia tekintetében mutatkozó nagy egyéni különbségek nyilvánvalóak Emily Brown két publikálatlan tanulmányai alapján, ahogy azt az 5. ábrán is láthatjuk. Mindkét tanulmány esetében azon egyének, akiknél a kü-

visibility of the phantom array to be a non-monotonic function of frequency. Yu et al [16] have shown that this is indeed the case. The visibility peaks in the range 200-900 Hz.

szöbfrekvencia magasabb volt, vizuális zavaró tünetekről számoltak be a Conlon és munkatársai által szerkesztetett kérdőíven [15].

Mivel nagyjából 4 periódus / fok térfrekvenciájú periodikus mintázatokat látjuk a legjobban és



5. ábra. Szórási képek, amelyek megmutatják a vizuális zavaró hatás és a fantom rács észlelhetőségének küszöbfrekvenciája közötti összefüggést.

Figure 5. Scatterplots showing the relationship between visual discomfort and threshold frequency at which the phantom array could be discriminated.

The phantom array is most visible from lights at night when the intra-saccadic stimulation is not masked by features in the image before and after the saccade. Figure 6 shows an example. The phantom array can clearly be distracting, but it may also be a health hazard. As we have seen, observers with a high frequency threshold are those who report symptoms of discomfort, see Figure 5. There is also indirect evidence of a possible implication for health. Roberts and Wilkins (2013) studied the fluctuation in brightness (temporal modulation) of a flickering line necessary to see the phantom array at flicker frequencies of 120Hz and subsequently (in unpublished work by J. Drury) also at 100Hz.

kevésbé vagyunk érzékenyek alacsonyabb, vagy magasabb térfrekvenciájú mintázatokra, azt várjuk, hogy a fantom rács láthatósága a villódzási frekvencia nem monoton függvénye. Yu és munkatársai [16] kimutatták, hogy valóban ez a helyzet. A fantom rács láthatóságának a maximuma 200 Hz és 900 Hz közötti villódzási frekvenciánál van.

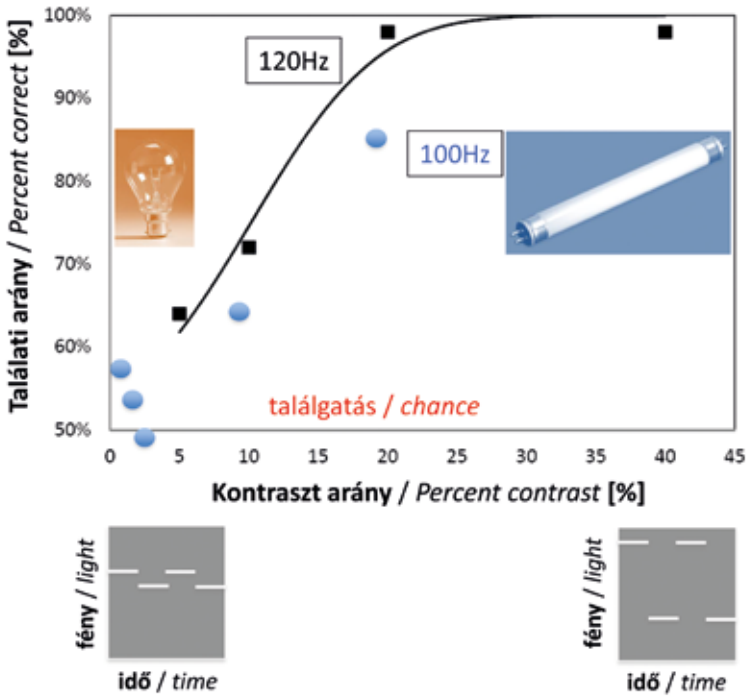
A fantom rács az esti fények esetében látszik a legjobban, amikor a gyors szemmozgások közötti stimulációt nem fedik el az érzékelt kép egy szemmozgás előtti és utáni alakzatai. A 6. ábra mutat erre egy példát.A fantom rács elvonhatja a figyelmünket; egyesekre egészségi veszélyt is jelenthet. Amint azt korábban láttuk, azon megfigyelők, akikre magasabb küszöbfrekvencia volt jellemző, erősebb zavaró tünetekről számoltak be, lásd az 5. ábrát. Egy indirekt bizonyíték is van a lehetséges egészségügyi hatásokról. Roberts és Wilkins 2013-

6. ábra. A fantom rács illusztrációja.
Figure 6. Illustration of the phantom array.

The fluctuation had a square-wave profile. The threshold was 10% at 120Hz and 15% at 100Hz, see Figure 7. The modulation of incandescent lighting is generally lower than these thresholds, whereas the modulation of fluorescent lighting is generally greater. Complaints about fluorescent lighting are common, whereas complaints about incandescent lighting are rare. However, the differences in the modulation waveforms of the lighting will also contribute to visibility and may be critical.

Any periodic pattern that appears

ban egy villódzó vonal ahhoz szükséges fényesség fluktuációjának (modulációs mélységének, azaz kontrasztjának) mértékét tanulmányozta, hogy 120 Hz, illetve (J. Drury nem publikált munkája szerint) 100 Hz frekvencián lássuk a fantom rácsot. A fluktuáció négyszög jel szerinti volt. 120 Hz-nél 10%, 100 Hz-nél 15% volt a küszöb, lásd a 7. ábrát. Izzólámpás világítás esetében a modulációs mélység általában kisebb, mint ezek a küszöbértékek, míg fénycsöves világítás esetében általában nagyobb. Fénycsöves világítás esetében rendszerint panaszkodnak az érintett emberek, míg izzólámpás világítás esetében nem. A világítás modulációs hullámformájában rejlő különbségek a láthatóság



7. ábra. Intra-szakkadikus villódzás diszkrimináció a villódzás kontrasztjának a függvényében.

Figure 7. Intra-saccadic discrimination of flicker as a function of flicker contrast.

during reading is likely to be disruptive. Words that are striped such as mum take 10% longer to read than words such as dad with fewer vertical stripes [17]. Jainta et al [18] showed that the speed of reading text is predicted from the first peak of the horizontal autocorrelation of words. This is because the stripes interfere with the re-establishment of appropriate alignment (vergence) of the eyes following each saccade. It is possible that any phantom array might interfere with reading in a similar way.In summary, (1) flicker can be bad for you even if you are unaware of it; (2) flicker is worse if it is visible, having the potential to trigger seizures; (3) some of the known detrimental

fontos tényezői és adott esetben kritikusak is lehetnek.Minden olvasás közben jelentkező, nagyon periodikus mintázat zavaró hatású. Minden csíkos mintázatú szó, mint pl. az angol mum (mama) elolvasása kb. 10%-kal több időt vesz igénybe, mint a kevesebb függőleges csíkkal jellemezhető szavak, mint pl. az angol dad (apa) elolvasása [17]. Jainta és munkatársai [18] kimutatták, hogy egy szöveg elolvasásának sebessége megjósolható a szavak vízszintes autokorrelációjának első csúcsa alapján. Ez azért van így, mert a függőleges csíkozottság megzavarja a szemek újbóli beállását (vergenciáját) az egyes szakkádok során. Lehetséges, hogy bármely fantom rács hasonló módon megzavarhatja az olvasás folyamatát.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy (1) a villódzás akkor is károsan hathat ránk, ha nem tudatosul bennünk annak létezése; (2) a villódzás sokkal rosszabb, ha látszik is, magában hordozva annak le-

effects of high frequency flicker are probably due to intra-saccadic perception; (4) intra-saccadic perception has the potential to disrupt reading.

The advent of LED lamps means that it is now possible to create electric lighting with a spectral power distribution more similar to that of natural daylight than has previously been the case, and to do so cheaply without flicker. Nevertheless, the variation in the circuitry in LED lamps is such that some lamps flicker and some do not. In some, the modulation is even greater than was typical of gas discharge lighting. The flicker-free lamps are not generally any more expensive to purchase than those that flicker. There is currently no way for the public to discriminate the lamps that flicker from those that do not. The only technique at their disposal is to spin a child's fidget spinner under the light of the lamp. If the spinner appears to rotate in a direction opposite to the spin, the lighting is flickering!

2. Fourier amplitude spectrum

Images from nature have little in the way of spatially periodic patterns. Such patterns do exist (on zebras, in the wind pattern on sand dunes, etc) but they are rare. In general, a Fourier transform of a natural image will have an amplitude spectrum in which the amplitude of spatial variation is proportional to the wavelength of that variation, i.e. with a slope of 1/f, where f is the spatial frequency. (To put this in context, clouds in a blue sky have high contrast and low spatial frequency, whereas petals on a flower have high spatial frequenhetőségét, hogy az arra hajlamosaknál epilepsziás rohamot is kiváltson; (3) a nagyfrekvenciájú villódzás egyes ismert hátrányos hatásai valószínűleg a gyors szemmozgások közötti észlelet következményei; (4) a gyors szemmozgások közötti észlelet hátrányos hatással lehet az olvasásra.

A LED lámpák eljövetele azt jelenti, hogy ma már olyan elektromos világítást alakíthatunk ki, amelynek a korábbi fényforrásokhoz képest a spektrális teljesítmény eloszlása közelebb áll a természetes nappali színképi eloszláshoz és mindez olcsón, villódzásmentesen is lehetséges. Mindazonáltal, az egyes LED lámpák elektronikái nagy változatosságot mutatnak; vannak olyanok, amelyek villódznak és vannak olyanok, amelyek nem. Egyes esetekben a villódzás modulációs mélysége akár még nagyobb is lehet, mint ami a gázkisülésen alapuló fényforrásokat jellemezte. A villódzásmentes lámpák ma már nem drágábbak, mint azok, amelyek villódznak. Jelenleg nincs a vásárló közönség kezében olyan egyszerű eszköz, amellyel eldönthetné, hogy egy lámpa villódzik-e, vagy sem. Az egyetlen rendelkezésre álló módszer egy fekete-fehér szekciókra osztott pörgettyű megforgatása és megtekintése az adott lámpa fénye mellett. Ha úgy látjuk, mintha a pörgettyű a tényleges forgási irányával ellentétes irányban pörögne, a lámpa villódzik! Ehhez a klasszikus eszközhöz hasonlít a napjainkban divatossá vált fidget spinner[5)] nevű játékszer , ami szintén megfelel erre a célra.

2. Az amplitúdó Fourier spektruma

A természetből származó képeken nem nagyon figyelhetünk meg térben periodikus mintázatokat. Ugyan léteznek ilyen mintázatok (pl. a zebrákon, vagy ilyenek a homokdűnék szél alkotta redői stb.), de nem gyakoriak. Általában elmondható, hogy egy természetes kép Fourier transzformáltjának olyan az amplitúdó spektruma, amelyben a térbeli változások amplitúdója arányos a változás hullámhosszával, azaz a spektrum meredeksége 1/f-fel arányos, ahol az f az ún. térfrek-

[5]A fordító megjegyzése: Magyarországon a fidget spinner nem annyira közismert, mint Angliában; a játékszert angol nevével forgalmazzák hazánkban is.

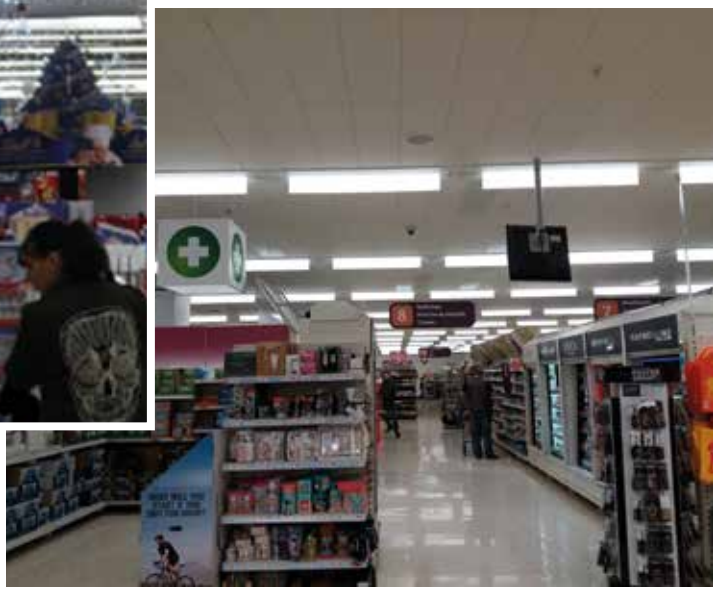
cy and usually a lower contrast.) In consequence, a plot of log amplitude against log spatial frequency gives a slope close to -1. Penacchio and Wilkins [19] measured the degree to which a wide variety of images resembled this natural characteristic by fitting a cone with a slope of -1 to the two-dimensional log amplitude spectrum. The residuals in the fit were larger for unnatural images, as predicted. The residuals were weighted by a contrast sensitivity function gleaned from the literature, so as to give greater weight to those spatial frequencies that were the more visible. The weighted residuals predicted observers' ratings of discomfort from the images in 7 collections of images. Evidently, we can now use a computer to predict how uncomfortable an image is. The most unnatural image according to the model is indeed very uncomfortable; it is a pattern that can induce migraine and seizures. (It is shown as the last figure in this paper, so that readers are not obliged to look at it). Unfortunately, many examples of lighting design provide almost as bad a pattern, as shown in Figure 8. It is not necessary for luminaires to produce such a pattern, as Figure 9 shows.

The Fourier model of Penacchio and Wilkins [20] has been used to predict not only discomfort from urban design but also the oxygenation of the visual cortex of the brain when images are observed [21]. Near infrared spectroscopy was used to infer the oxygenation. The infrared light penetrates the skull, is scattered from the superficial layers of the brain, and

vencia.[6] (Példaként említhetjük a kék égen látható felhőket, amelyeknek nagy a kontrasztja, de kicsi a térfrekvenciájuk [nincsenek éles, hirtelen változó mintázatok], míg egy virág[7] szirmai nagy térfrekvenciás komponensekben gazdag képet jelentek [a szirmok éles határvonalai és ismétlődő mintázata révén], míg kontrasztjuk jellemzően kicsi. Ez azt jelenti, hogy az amplitúdó – térfrekvencia függvényt log-log koordináta rendszerben ábrázolva egy kb. -1 meredekségű egyenest kapunk. Penacchio és Wilkins [19] azt vizsgálta, hogy különböző képek széles választéka mennyire felelt meg ennek a tulajdonságnak: a kétdimenziós logaritmikus amplitúdó spektrumokhoz egy -1 meredekségű kúpot illesztettek. Az illesztés során e kúpfelület és az amplitúdó profil közötti különbség (hiba) a várakozásoknak megfelelően a mesterséges környezetből származó képek esetében nagyobbnak adódott. A különbség értékeket egy, az irodalomból származó kontraszt érzékenységi függvénnyel súlyozták úgy, hogy nagyobb súlyt kaptak azon térfrekvenciás komponensek, amelyek láthatóbbak voltak. Hét különböző képgyűjtemény esetében is ezen súlyozott különbségek alapján jól meg lehetett jósolni a megfigyelőknek a képekre adott diszkomfort osztályzatait. Ezek után evidens, hogy egy számítógépi programmal meg tudjuk mondani, hogy egy kép mennyire tűnik kellemetlenek. E modell szerint a legtermészetellenesebb kép egyben a legkellemetlenebb hatást is kelti; ez egy olyan minta, ami migrént és epilepsziás rohamot is kiválthat. (Ezt e cikk utolsó ábrájaként közöljük, így az erre érzékeny olvasók nem kell, hogy megnézzék azt.) Sajnos nagyon sok világítási rendszer kialakítása olyan rossz vizuális mintázatú, mint amilyen a 8. ábrán látható. A 9. ábra tanúsága szerint a lámpatesteknek nem kell feltétlenül ilyen rossz vizuális mintát követniük.

Penacchio és Wilkins Fourier transzformáción alapuló modelljét [20] nem csak a városi terek keltette zavaró hatás szintjének előrejelzésére, hanem a látókéreg oxigénellátottságának a becslésére is használták olyan esetekben, amikor különböző képeket nézett egy szemlélő [21]. Az agy oxigénel-

[6]A fordító megjegyzése: e témában lásd dr. Székely Vladimír 2. lábjegyzetben idézett könyvét, amely több jellegzetes kép Fourier spektrumát is bemutatja.
[7]A fordító megjegyzése: pl. egy margaréta szirmai.



8. ábra. Példák kellemetlen érzetet keltő világítótest mintázatokra.
Figure 8. Examples of uncomfortable patterns from lighting.

a small amount re-emerges through the skull. The emerging light is captured and used to measure the colour of the brain: the brain changes colour as the supply of oxyhaemoglobin is increased. In general, images that are uncomfortable give rise to a greater oxygenation, and individuals who are particularly susceptible to discomfort manifest a greater oxygenation than those who are less susceptible [1].

In summary, discomfort can arise from the particular spatial distribution of luminance, an effect that has now been modelled. The model can be used to guide design, particularly lighting design, which often involves spatial repetition at unnecessarily high contrast.

látottságát közeli infravörös spektroszkópia segítségével mérték. Az infravörös sugárzás áthatol a koponyán, az agy legfelső rétegeiről visszaverődik és a koponyán keresztül újra megjelenik. Az így megjelenő sugárzást felfogva mérhető az agy színének az oxyhaemoglobin ellátottságtól függő változása. Általában elmondható, hogy a nagyobb zavaró hatást keltő képek az agy nagyobb oxigénigényét eredményezik és azon egyének esetében, akik különösen érzékenyek a zavaró hatásokra, nagyobb oxigénfelvétel mutatkozott, mint azon egyének esetében, akik a vizuális diszkomfortra kevésbé érzékenyek [1].

Összefoglalásképpen elmondhatjuk, hogy a zavaró hatás egy adott térbeli fényerősség eloszlás mintázatának következménye is lehet; amely hatást most már modellezni is tudunk. E modell jól használható a tervezési folyamat során, különösen olyan világítási megoldások esetében, amelyeknél gyakori a nagyfokú térbeli periodicitás és a feleslegesen nagy kontraszt.

9. ábra. Kellemetlen érzetet keltő mintázatoktól mentes, jó beltéri világítás.
Figure 9. Bright lighting without uncomfortable patterns.

3. Colour contrast

Some interior design uses strongly saturated colours, as illustrated in Figure 10. In general the greater the contrast in colour between surfaces the greater the discomfort and the greater the oxygenation of the visual cortex when such images are observed [22]. (The contrast was measured in terms of the CIE UCS 1976 chromaticity difference; for example, a red and blue have greater difference in chromaticity than a pink and purple.) This is a neurological effect that is unrelated to lag of accommodation or accommodative fluctuations [23].

4. Lighting close to the Planckian locus

There has long been a debate about people's preference for the chromaticity or colour temperature of lighting. In a study by A. Aldrich (in preparation) observers were asked to chose a colour of

3. Színkontraszt

Egyes enteriőrökben erősen telített színeket használnak, ahogy ezt a 10. ábra is illusztrálja. Ezekkel kapcsolatban általánosan kijelenthető, hogy minél nagyobb az egyes felületek színe közötti kontraszt, ez annál nagyobb zavaró hatást okoz és ezért nagyobb a látókéreg oxigénnel való ellátottsága is, ha valaki ilyen képet tekint meg [22]. (A színkontrasztot a CIE UCS 1976 színtérbeli színességi különbségként tekintve a mérés során; például a vörös és a kék színességének nagyobb a különbsége, mint rózsasziné és a bíboré.) Ez egy olyan neurológiai effektus, aminek semmi köze sincs az akkomodáció lemaradásához vagy az akkomodációs fluktuációkhoz [23].

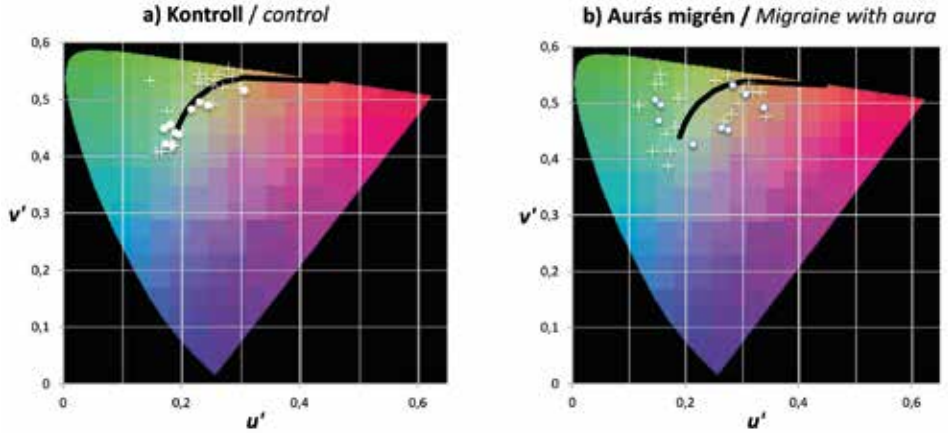
4. A fekete test sugárzásának színéhez közel eső világítás (fehér pont egyeztetés)

Régóta diszkusszió tárgya az, hogy mi az emberek általános preferenciája egy adott világítás színessége, illetve korrelált színhőmérséklete tekinte-

10. ábra. Természetellenesen nagy színkontrasztú enteriőr.
Figure 10. An interior with unnaturally high colour contrast.

lighting suitable for reading. In a coloriser (Intuitive Colorimeter) they observed text under lighting that varied systematically in colour. The saturation was increased from its initial white setting (u′=0.22, v′=0.51) and then decreased again at each of 12 hues evenly spaced around a hue circle centred on the initial white. Those hues shortlisted as comfortable for reading were then further evaluated by optimising the saturation. Then at the revised saturation, the hue was re-optimised using small changes. In healthy observers, the optimal chromaticity thus obtained varied from person to person but in nearly all cases the setting was close to the Planckian locus, see Figure 11a. This was not the case in observers who suffered migraine with aura, who chose relatively strongly saturated colours, see Figure 11b. The neurological changes that occur in migraine with aura are evidently sufficient to change preferences for lighting. The colour control available with LEDs can

tében. A. Aldrich egy most készülő tanulmányában arra kérték a kísérleti alanyokat, hogy válasszák ki az olvasás számára a szerintük legmegfelelőbb világítást. Egy színkeverő berendezésben (intuitív színmérőben) egy szöveget tekintettek meg az alanyok szisztematikusan változtatott színességű világítás mellett. A színtelítettséget a kezdeti fehérről (u′=0,22; v′=0,51) folyamatosan növelték, majd újból csökkentették az összes, a kezdeti fehér pont körül egyenletes eloszlásban kiválasztott 12 árnyalat esetében. Azon árnyalatok esetében, amelyeket az olvasás számára kényelmesként soroltak fel, tovább folytatódott az értékelés a telítettség optimális beállításával. Ekkor, az újonnan beállított színtelítettség mellett az árnyalatot apró változtatások révén megint optimalizálták. Egészséges megfigyelők esetében az optimálisnak választott beállítás személyenként más és más volt, de majdnem minden esetben a fekete test sugárzót jellemző Planck-görbe közelébe esett, lásd a 11a. ábrát. Azon egyének esetében azonban, akik aurás migrénben szenvednek, más volt a helyzet: sokkal telítettebb színességet választottak, lásd a 11b. ábrát. Az aurás migrén kapcsán jelentkező neurológiai változások tehát befolyásolják a világítással kapcsolatos preferenciát.



11. ábra. Olvasáskor használt megvilágítás színpreferenciái: a) egészséges kontroll csoport, b) aurás migrénben szenvedő egyének csoportja. Két különböző tanulmány adatai alapján.

Figure 11. Preference for lighting for reading: a) Healthy controls, b) Individuals who experience migraine with aura. Data from two studies.

enable those that need lighting of atypical colours to obtain it.

5. Conclusions

In conclusion, the neural machinery that sub-serves vision has evolved to process images from nature efficiently, with possible exceptions in neurological patients. The visual stimulation in the contemporary urban world differs from that in nature. We now know the differences that are responsible for discomfort.

A hangolható színképi teljesítmény-eloszlású LED-es világítótestek alkalmazása révén lehetőség van arra, hogy akinek a szokványostól eltérő világításra van szüksége, az megkaphassa azt.

5. Összefoglalás

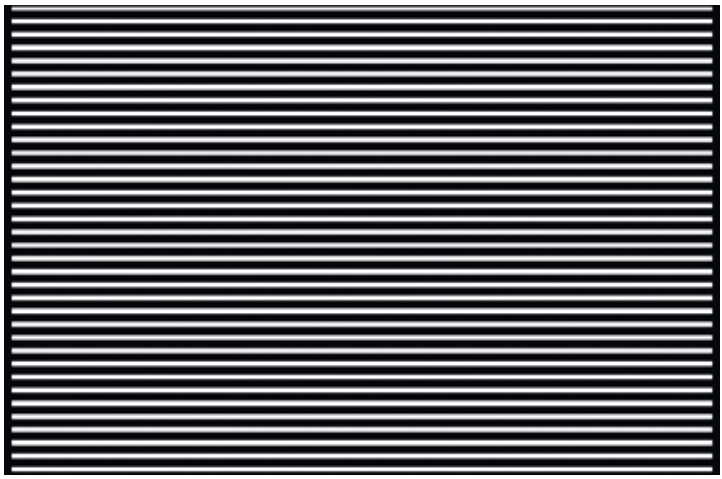
Összefoglalásképpen elmondhatjuk, hogy a látást kiszolgáló neurális gépezetünket az evolúció úgy alakította (néhány, neurológiai betegségben szenvedő pacienstől eltekintve), hogy az hatékonyan tudja feldolgozni a természetből származó látványokat. A mai városi környezetből származó vizuális ingerek nagyban különböznek a természetes környezetből származóktól. Most már ismerjük az ezek közötti azon különbségeket, amelyek vizuális zavaró hatást okoznak.

IRODALOM / REFERENCES

[1] A. J. Wilkins, "A physiological basis for visual discomfort: Application in lighting design", Light. Res. Technol., vol. 48, no. 1, 2016.
[2] S. M. Berman, D. S. Greenhouse, I. L. Bailey, R. D. Clear, T. W. Raasch, "Human electroretinogram responses to video displays, fluorescent lighting, and other high frequency sources". Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry, vol. 68, no. 8. pp. 645–662, 1991.
[3] U. T. Eysel, U. Burandt, "Fluorescent tube light evokes flicker responses in visual neurons", Vision Res., 1984.
[4] A. Wilkins, "Intermittent illumination from visual display units and fluorescent lighting affects movements of the eyes across text", Human factors, vol. 28. pp. 75–81, 1986.
[5] A. J. Wilkins, I. B. Nimmo-Smitht, A. I. Slateq and L. Bedocs, "Fluorescent lighting, headaches and eyestrain", Light. Res. Technol, vol. 21, no. 1, pp. 11–18, 1989.
[6] J. Hazell, A. J. Wilkins, "A contribution of fluorescent lighting to agoraphobia", Psychol. Med., vol. 20, no. 3, 1990.

[7] S. L. Veitch, J.A. McColl, "Modulation of fluorescent light: Flicker rate and light source effects on visual performance and visual comfort", Light. Res. Technol., vol. 27, pp. 243–256, 1995.
[8] M. Winterbottom, A. Wilkins, "Lighting and discomfort in the classroom", J. Environ. Psychol., vol. 29, no. 1, pp. 63–75, 2009.
[9] A. Wilkins, "Opinion: CFF is a seductive but misleading concept", Light. Res. Technol., vol. 46, no. 4, p. 368, 2014.
[10] W. A. Hershberger, J. S. Jordan, "The phantom array: a perisaccadic illusion of visual direction", Psychol. Rec., vol. 48, pp. 21–32, 1998.
[11] F. W. Campbell, R. H. Wurtz, "Saccadic omission: Why we do not see a grey-out during a saccadic eye movement", Vision Res., 1978.
[12] M. Duyck, T. Collins, M. Wexler, "Masking the saccadic smear", J. Vis., 2016.
[13] M. A. García-Pérez, E. Peli, "Visual contrast processing is largely unaltered during saccades", Front. Psychol., 2011.
[14] C. McGrath, J. D. Morrison, "The effects of age on spatial frequency perception in human subjects", Q. J. Exp. Physiol., 1981.
[15] E. G. Conlon, W. J. Lovegrove, E. Chekaluk, P. E. Pattison, "Measuring visual discomfort", Vis. cogn., 1999.
[16] X. YU, L. Wang, Y. Tu, M. Perz, D. Sekulovski, "Influence of frequency, waveform and colour on the visibility of the phantom array effect", in CIE Conference Proceedings, 2018.
[17] A. J. Wilkins et al., "Stripes within words affect reading", Perception, vol. 36, no. 12, 2007.
[18] S. Jainta, W. Jaschinski, A. J. Wilkins, "Periodic letter strokes within a word affect fixation disparity during reading", J. Vis., vol. 10, no. 13, 2010.
[19] O. Penacchio, A. J. Wilkins, "Visual discomfort and the spatial distribution of Fourier energy", Vision Res., vol. 108, pp. 1–7, 2015.
[20] O. Penacchio, A. J. Wilkins, "Visual discomfort and the spatial distribution of Fourier energy", Vision Res., vol. 108, 2015.
[21] A. T. D. Le et al., "Landscape and Urban Planning Discomfort from urban scenes : Metabolic consequences", vol. 160, pp. 61–68, 2017.
[22] S. M. Haigh et al., "Discomfort and the cortical haemodynamic response to coloured gratings", Vision Res., vol. 89, 2013.
[23] S. M. Haigh, W. Jaschinski, P. M. Allen, A. J. Wilkins, "Accommodation to uncomfortable patterns", Perception, vol. 42, no. 2, pp. 208–222, 2013.

NAGYON KELLEMETLEN VIZUÁLIS ÉRZETET KELTŐ ÁBRA. HA EPILEPSZIÁS, VAGY MIGRÉNBEN SZENVED, NE NÉZZE MEG, MERT AZ ÁBRA MEGTEKINTÉSE IS ROHAMOT VÁLTHAT KI!
VERY UNCOMFORTABLE. DO NOT OBSERVE THIS PATTERN IF YOU HAVE EPILEPSY OR MIGRAINE BECAUSE IT MIGHT PROVOKE AN ATTACK!



12. ábra. A lehető legnagyobb térfrekvenciákkal jellemezhető, nagyon kellemetlen vizuális hatású mintázat.

Figure 12. Pattern characterized by the highest possible spatial frequencies, causing uncomfortable visual effect.

Az emberközpontú világítás

– Arató András –

Előszó

A közreadott ismertető a német Elektrotechnikai és Elektronikai Vállalkozók Szövetsége (ZVEI) keretében működő Jó Világításért Társaság (Fördergemeinschaft Gutes Licht) licht.wissen 21 jelű tájékoztató füzetének kivonatos és a hazai viszonyok figyelembevételével átdolgozott változata. Az emberközpontú világítás visszatérő, kedvenc téma. Ugyanakkor nagyon kevés igényes, tudományos alapokon nyugvó kiadvány található ebben a körben. Ezért kérte fel a MEE Világítástechnikai Társaság Arató Andrást a következő anyag összeállítására. A VTT ezt az anyagot vitaindítónak szánja azzal a nem titkolt céllal, hogy sikerül a téma iránti érdeklődést felkelteni és helyes irányba terelni a gyakorlatot.

Bevezetés

A villamos világítás feltalálásával és az ezt követő ipari forradalommal a XX. század elején olyan társadalom alakult ki, amely nem jöhetett volna létre enélkül az innováció nélkül. A "hagyományos" világítástól a digitális LED technológiáig való átmenet gyors ütemben zajló paradigmaváltás. A mérnökök számára ez azt jelenti, hogy az ismert kritériumok, például a kontraszt és a káprázás mellett új minőségi jellemzőkkel is foglalkozni kell. Az emberközpontú világítás (Human Centric Lighting, HCL) megjelenésével új szerepet játszanak az olyan szempontok, mint a fény színhőmérséklete és erőssége, a megvilágított anyaggal és az emberi érzékeléssel kombinálva. Felmérések szerint a HCL iránti kereslet folyamatosan növekszik. Az építészeknek és mérnököknek fel kell készülniük ügyfeleik új igényeinek kielégítésére.

A látás a szemünk a közvetítésével történik, ahol a csapok teszik lehetővé számunkra a színes nappali, a pálcikák pedig az éjszakai látást. A belső biológiai óránk szabályozásához közvetlenül kapcsolódó harmadik fotoreceptort az ezredforduló táján fedezték fel. Egyes, úgynevezett ganglion-sejtek érzékenyek a látható fény kékes-fehér spektrális tartományára, és szinkronizálják mind a belső óránkat, mind a tevékenységünket és termelékenységünket. Este és éjszaka a tobozmirigy (epiphysis) melatonin hormont választ ki, amely többek között az egészséges alvásért felelős. Reggel és a nap folyamán a vér melatonin szintje csökken, míg más hírvivő anyagok aktiválják a testet. Ez a napi (másnéven cirkadián) ritmus főként a fény hatására alakul ki, vagyis a harmadik fotoreceptor az alvás-ébrenlét ritmusát stimulálja.

Az emberközpontú világítás olyan világítási koncepciót jelent, amely a felhasználó egyedi élet- és munkakörülményeinek megfelelően tervezett fényt biztosítja. A fénynek különböző vizuális, érzelmi és biológiai hatásai vannak. Az emberközpontú világítás a holisztikus tervezés és a fény vizuális, érzelmi és különösen biológiai hatásainak megvalósítása révén hosszú távú hatással van az emberi egészségre, a jó közérzetre és a termelékenységre.

A HCL-koncepciót a tervezés korai szakaszában kell megfogalmazni, amely aztán alapul szolgál a holisztikus, interdiszciplináris tervezéshez. Természetes fényt célszerű tervezni ott, ahol az alkalmazható. A világítási rendszert a világítási tervvel összhangban kell telepíteni és működtetni. A fény hatása más a nap folyamán, mint éjszaka. A világítási koncepciónak ezt figyelembe kell vennie, és ezért lehetőséget kell biztosítani a világítás testreszabására. A jó megvilágítás előfeltétele a testreszabhatóság, így teljesülnek a jó vizuális minőségre vonatkozó követelmények. Ha nem áll rendelkezésre

természetes fény, akkor mesterséges világítást kell használni, annak sajátosságaival együtt. A fénynek biológiai hatása is van, ezért a nap folyamán aktiváló hatásra kell törekedni, míg este inkább kerülni kell azt. Ezért a világításnak lehetővé kell tennie a dinamikus átmenetet a különböző napszakok között. Sok esetben a természetes világításhoz hasonló megközelítés az elfogadott, az esti órákban melegfehér világítással és csökkentett fényerősséggel.

Ha közelebbről megvizsgáljuk, a HCL koncepció sokkal több igényt támaszt, mint csupán a megvilágítás és a színhőmérséklet, mivel a világítás hatását összetett szempontból tekinti. A vizuális feladatok és a biológiai hatások mellett figyelembe kell venni a világítási környezetet is. Fókuszált, teljesítményorientált környezetről van szó, vagy a világítás nyugtatóbb hatású legyen? Megváltoznak-e a nap folyamán a követelmények? A különböző feladatok elkülönülnek-e a térben? A HCL koncepció szerint a fény végső célja a felhasználó kiszolgálása, a világítást úgy üzemeltetni, hogy az megfeleljen a hosszú távú elvárásoknak.

A HCL megközelítés

Az energiatakarékosság céljából megvalósított világításhoz az emberi egészségre, a jólétre és a termelékenységre gyakorolt hosszú távú hatás biztosítása érdekében integrált, holisztikus világítás és tér-tervezés, valamint megfelelő kivitelezés és működtetés szükséges. A fény alkalmazásának és hatásának kezdettől fogva bele kell kerülnie a tervezési folyamatba. Csak az olyan hosszú távú világítási rendszer működik összhangban a tervezési irányelvekkel, amely megfelel az emberek igényeinek.

Példa a napi rutinra

A fénynek különböző, vizuális, érzelmi és biológiai hatásai vannak. A HCL segítségével a felhasználó a megfelelő időben a megfelelő fényt kapja. A HCL világítási koncepció tipikus jellemzője a dinamikus világítás, amely a természetes fény változásait szimulálja. Az emberek napi rutinját eredetileg a természetes fény erőssége szabályozta. Manapság a munkahelyeken azonban csak ritkán tapasztalhatjuk meg ezt a ritmust a maga természetes módján. Napjainkban az emberek általában olyan helyiségekben töltik el napjaikat, amelyek nincsenek a napfényhez igazítva. Hogyan éli meg az ember a napját, amikor a mesterséges fényt a lehető legjobb módon használjuk ki?

6 óra: A legtöbb ember számára a reggeli felkelés a hét folyamán nagyjából ugyanabban az időben ismétli magát. Néhányan már 5-kor, míg mások csak 8-kor kelnek fel. Sok esetben ébresztőórára ébredünk, gyakran olyan időben, amely nem felel meg a saját természetes ritmusunknak. Finoman emelkedő fényerősséggel a mesterséges fény megkönnyítheti az ébredést és segítheti a nap elkezdését. A mesterséges fény elősegíti, hogy az egyéni alvási ritmusunkat a kívánt ébresztési időhöz igazítsuk.

7 óra: Reggelizés közben erősebb és aktiválóbb (nagyobb kék tartalmú) fény elősegíti az új nap gyorsabb beindítását. Az olyan fényforrások, mint például a falakon lévő panelvilágítás (wallwasher) egyenletesen osztják el a mesterséges fényt, és így kellemes légkört teremtenek a reggeli kávé és kifli elfogyasztásához.

8 óra: A munka vagy a tanítás kezdete - mind nyáron, mind télen - világos síkokon megjelenő fényt igényel. Vizuálisan a látási feladathoz szükséges normatív megvilágítást; biológiailag a természetes fényhez hasonló színű, mennyezetről vagy falról érkező, lehetőleg planáris fényt. A megfelelő fény segít a tanulóknak a tanulmányaikban, a koncentráció megnövekszik, a közös tanulás könnyebbé és szórakoztatóbbá válik.

9 óra: A munkanap alatt a fény segíti az embereket a munkájukban. A modern

munkakörnyezetben egyaránt figyelembe veszik a fény vizuális és érzelmi hatásait. A környezetre szabott modern világítási koncepciók megkönnyítik a munkát, fokozzák a koncentrációt és tökéletesen illeszkednek a vizuális feladatokhoz. Kellő vertikális megvilágítási szint alkalmazásával tartsuk be az előírt minimális értékeket. A nagyobb megvilágítási szintek és az 5500 K feletti fényszínek segítenek a teljesítményt és a koncentrációt hosszabb ideig fenntartani.

10 óra: Az optimális termelési eredmények nagymértékben függenek a munkatársak hajlandóságától. A megfelelő megvilágítás elősegíti a motivációt, csökkenti a fáradtságot, fenntartja az egészséget és megóv a munkahelyi balesetektől. A csarnokok világításához elengedhetetlen, hogy a világítást hozzárendeljük a megfelelő alkalmazási területekhez. Ezenkívül a világítási koncepciók tervezésében és megvalósításában figyelembe kell venni a különböző munkarendeket (reggeli, délutáni, éjszakai műszak).

12:30: A pihenőhelyiségeket, például az iskolában, az óvodában vagy egy gyárban úgy kell megtervezni, hogy tetszetősek legyenek, kellemes és motiváló vagy pihentető fényt biztosítsanak a felhasználóknak. Általában ajánlott a pihenőidőt a szabadban tölteni. Ha ez nem lehetséges, akkor a szabadtérhez hasonló kellemes beltéri körülményeket kell létrehozni. Ennek érdekében nagy színhőmérsékleteket kell használni, amivel biztosítható, hogy az olvasás és a játék szinte ugyanolyan szórakoztató legyen, mint a szabadban.

14 óra: A megbeszélések és prezentációk kellemesen kialakított terekben történjenek, amelyek motiválják a könnyed hangulatot a megbeszélésekhez és fókuszált fényt hoznak létre a prezentációkhoz. A megvilágított felületek és a kellő nagyságú vertikális megvilágítási szintek megakadályozzák a letompított fényből eredő természetes fáradtságot. A megvilágított falfelületek vagy nagy felületű mennyezeti lámpatestek révén igény szerint különböző világítási hangulatok állíthatók elő.

17 óra: A munkanap végéhez speciális megvilágítás társul. A kemény munkanap után meleg árnyalatúra váltó fény a közeledő este jele. A rövid téli napokon a későn kelők tovább maradnak aktívak, ha a mesterséges világítással megnövelik a természetes fény erősségét. A világítási fázisokat bizonyos fokú szabályossággal kell végrehajtani. A „bagoly" jellegűek cirkadián rendszerénél természetellenes a korai reggeli munkakezdés, miközben a „pacsirták" számára az a természetellenes, ha késő este lámpafénynél kell dolgozni. A két ritmus közötti állandó váltást kerülni kell.

18 óra: Az esti tevékenységeket - legyen szó vásárlásról, éttermi vacsoráról vagy egyéb tevékenységekről - megfelelő világítással kell támogatni. A szupermarketeknek és bevásárlóközpontoknak késő este meleg fényt célszerű használniuk, elegendő megvilágítást biztosítva a tervezett vizuális feladatok elvégzéséhez. A meleg színű tompított világítást az éttermek a kellemes és hangulatos légkör megteremtéséhez használják. A barátságos légkör a boltok számára is ajánlott, hiszen fokozza a napi stressz után a vásárlási élményt, és hozzájárul a családi vacsorák hangulatához is.

19 óra: A nap az otthoni meleg fényekkel végződik. A világításnak elég erősnek kell lennie ahhoz, hogy kellemesen érezzük magunkat, de el tudjunk igazodni a lakásban. A pihenés most már elsőrendű fontosságú!

20 óra: Pár évvel ezelőtt olyan számítógépes szoftvereket fejlesztettek ki, amelyek a képernyő háttérszínét a nappali körülményeknek megfelelően állították be. Az iOS és az Android számára ma már az olyan alkalmazások, mint a "Nightshift" vagy "Night Mode" lehetővé teszik, hogy a képernyő hátterét este melegebb színűre váltsuk. Ez 60-70 százalékkal csökkenti fénynek a biológiai rendszerre gyakorolt hatását, így

csökkentve a fénynek az alvásra és a regenerálódásra kifejtett negatív hatásait.

21 óra: A tévékészülék fénye a melatonin kiválasztását sokkal kisebb mértékben érinti, mint az asztali monitoroké vagy táblagépeké. Ez azért van így, mert a nagyobb távolság, így a képernyő világosabb részei kisebb megvilágítást hoznak létre a szemen.

23 óra: A fürdőszobában az esti fogmosáshoz a nem túl erős meleg fehér fény (2700 és 3000 K közötti színhőmérsékletű) ajánlott. Itt is meg kell jegyeznünk, hogy a túl sok kék összetevő aktiváló hatással bír, megnehezítve ezzel az elalvást.

HCL - Tervezés és működtetés

A HCL-koncepció gondos és felelősségteljes megtervezése figyelembe veszi a fény lehetséges hatásait, különösen, ha ezek a hatások zavarják egymást. Például egy olyan világításnak, amelyet egy bizonyos vizuális feladat teljesítésére szántak, mindig van biológiai és érzelmi hatása is. Ezzel szemben a dizájnnak nem csak érzelmi vagy biológiai kritériumokat kell figyelembe vennie, hanem elsősorban a vizuális követelményeknek való megfelelést kell biztosítania, teljesíteni kell a normatív és jogszabályi követelményeket is. A múltbeli statikus világítás szokásos koncepcióihoz képest a HCL koncepciókat a dinamikus megoldások, valamint a célzott és hosszú távú perspektíva jellemzik.

Tervezési folyamat

A fény három hatása közötti kapcsolatot a hosszú távú működés érdekében céltudatos szakértői tervezéssel lehet figyelembe venni. A fény a különböző időpontokban különböző hatásokat fejt ki. Az éjszakai fény más hatású, mint napközben a természetes fény. A világítási tervek koncepciója számol a fény időfüggő hatásával. Szinte minden esetben úgynevezett fénykezelési rendszereket (light management systems, LMS) használnak. Az LMS tervezését leíró folyamat az új prEN / TS 17165 szabványtervezetben található (megjelenése 2019-ben várható). Az eljárás szilárd alapot biztosít a HCL koncepciónak megfelelő célzott tervezéshez. A világítási koncepciónak figyelembe kell vennie az épület egész életciklusát. Ezenkívül meg kell vizsgálni és be kell vonni a tervezésbe azokat az időket és területeket is, amelyek nem a fő hangsúlyt jelentik. A tervbe a használati utasítást is be kell illeszteni, mivel a fény mindig, bárhol és bármikor kifejt valamilyen hatást. Ezért a világítási terveknek holisztikus és interdiszciplináris módon szorosan össze kell hangolniuk az összes vonatkozó szakmát, a műszaki tervezőket és természetesen a felhasználókat.

A terv dokumentálása

A jó terv részletes, érthető és hasznos dokumentáció. Ebben a vonatkozásban a világítási rendszer tervezési folyamata strukturális útmutatást is nyújt, így a

- vizuális
- érzelmi és
- biológiai

szempontok következetesen nyomon követhetők, ugyanakkor biztosítva az energiahatékonyságot is. Ez egyaránt vonatkozik a szolgáltatási szektorra, az iparra, az iskolákra, az egészségügyre, az irodákra, sőt még a saját otthonainkra is.

A megtervezett világítási rendszer konstrukciója figyelembe veszi a normatív és jogszabályi rendelkezéseket, valamint az ellenőrzési követelményeket. Ez biztosítja azt, hogy például a várható energiafogyasztás úgy alakuljon, hogy ne veszélyeztesse a szükséges fényviszonyokat.

A tervező feladata

Ha egy terv a HCL világítási koncepciót is magában foglalja, ez különleges kihívást

jelent. A munkaadó felelős az alkalmazottaiért. Az embereket támogató világítási koncepciónak végső soron a megbízó érdekeit kell szolgálnia. Az olyan paramétereket, mint az alkalmazások használatát, az épület természetes fénnyel való ellátottságát, a szabályozási rendszereket, és a fénytechnikát a felhasználó igényei szerint kell meghatározni, míg a HCL megoldás felhasználó-specifikus követelményeit ergonómiai, pszichológiai és biológiai szempontból kell értékelni.

A fénytervező ezen ismeretek alapján alakítja ki a holisztikus koncepciót. A tervezési fázis befejezése után a tervező elkészíti a főbb dokumentumokat (világítási számítások, látványtervek, adatlapok, világítási forgatókönyvek stb).

A dokumentáció a következőket tartalmazhatja:

Objektum elemzés (és szükséglet elemzés)
- a munkafolyamat által meghatározott követelmények
- projektterületek követelményei
- az emberek (felhasználók) igényei és követelményei
- az architektúra által meghatározott követelmények
- fiziológiai és pszichológiai követelmények elemzése

Világítási koncepció készítése
- Világítási hangulatok és világítási stratégia koordinálása (a fény eloszlása és iránya a helyiségben)
- Anyag-specifikus világítás
- Az objektumok elemzése
- A lámpatestekre vonatkozó világítási követelmények meghatározása
- A lámpatestek meghatározása
- Világítási forgatókönyvek és a világítás vezérlése
- Tervek és dokumentációk kidolgozása

Tervezési paraméterek

A tervezés megkezdéséhez meg kell határozni a felhasználói követelményeket. A megfontolások középpontjában az emberek állnak, a felhasználó követelményeinek ismerete és alkalmazása a tervezési szakasz alapvető feltétele. Azokat a szempontokat, amelyeket tervezési paramétereknek kell tekinteni, a teljesség igénye nélkül az alábbiakban ismertetjük. A szempontok négy csoportra oszthatók:

Felhasználók
- Vizuális és munkafeladatok
- A felhasználó követelményei
- Használati idő és tartósság
- Demográfiai adatok

- *Épületek / helyiségek*
- Használati követelmények (beleértve a különleges tulajdonságokat)
- Felületek és jellemzőik (reflexiós értékek)
- Tárgyak (szekrények / íróasztalok / gépek) a helyiségben
- Ablakok vagy bevilágító nyílások mérete és tájolása, beleértve a fényvédő szerelvényeket is
- Különleges vizuális feladatokkal vagy követelményekkel rendelkező területek (például színvisszaadás, fény iránya)
- Útvonalak és térbeli eljárások (tájékozódás és fénnyel való irányítás)

Fénytechnika és korrelációk
- Megvilágítás a látási feladathoz (pl. MSZ EN 12464-1)
- Melanopikus természetes fény-egyenértékű megvilágítás a szemen (pl. DIN SPEC 67600)
- A megvilágítás és / vagy színhőmérséklet dinamikája
- Lámpatestek elhelyezése
- Lámpatestek (világítási hangulatok) kölcsönhatása

- Fényeloszlás (és annak változása) a helyiségben
- Fénysűrűség (nagy felületű lámpatestek)
- Fényforrások fénysűrűsége
- Kiemelő világítás (fókuszált fény)
- A látási feladatokra / felületekre összpontosított fényviszonyok
- Időtartam és időbeli sorrend
- Anyagok és fénytechnikai hatásuk (reflexió / transzmisszió)
- A természetes fény figyelembe vétele
- Káprázás / benapozás elleni védelem

Szervezés / szabályozás

- A helyiségek használata
- Munkaidő
- A vezérlőegységek elhelyezkedése
- Forgatókönyvek a nap, a hét, a hónap és az év függvényében
- Mozgásfüggő szabályozás
- A felhasználó által központilag vagy helyileg kiválasztott és választható forgatókönyvek / szekvenciák
- A forgatókönyvek bevitele / megváltoztatása
- A forgatókönyvek hatásának / megvalósításának megjelenítése (távoli kijelző is)
- A felhasználó tájékoztatása

A világítási berendezés működtetése

A fény vizuális, érzelmi és biológiai hatásait a tervezés során mérlegelik, majd ezeket a telepítés és a működés során alkalmazzák. A felhasználók igényeit már a tervezési szakaszban figyelembe kell venni, majd a működés során teljesíteni kell ezeket. A megfelelő működés érdekében különösen fontos a világítási rendszer rendszeres ellenőrzése. Bizonyos körülmények között előfordulhat, hogy a felhasználó nem képes közvetlenül észlelni a működés hibáit. Ezért szükséges rendszeres időközönként a világítás, és különösen a fénykezelési rendszer felülvizsgálata. Az idő múlásával, vagy a használati módtól függően, például a munkarend változásakor a világítási forgatókönyveket rendszeres időközönként felül kell vizsgálni.

Ajánlások a felhasználóknak

A felhasználókat tájékoztatni kell a világítási rendszer működésének módjáról. A tájékoztatásnak a következő szempontokat kell tartalmaznia:

- A világítás működtetése
- A természetes fény és az elektromos világítás előnyei

Ezenkívül tartalmaznia kell útmutatókat a redőnyök, zsaluk vagy fényvédő eszközök kezelésére vonatkozóan. Minden professzionálisan tervezett HCL megoldás mögött egy megvilágítási stratégia áll, alkalmazási forgatókönyvekkel. A tervezőnek a káros fényhatások megelőzése érdekében tájékoztatnia kell a felhasználót a fellépő hatásokról és kölcsönhatásokról. A nappali fehér fényű világítás otthon, az esti lefekvés előtt, például az ellenkezőjére fordíthatja a munkahelyen használt meleg fehér fény pozitív hatását. A HCL-megoldások megfelelő használata nagyon rövid idő alatt pozitív hatást eredményezhet. A munkahelyen vagy az iskolában a koncentráció támogatása érdekében a nappali fehér fény használata rövid időre aktiváló hatással járhat. Amikor a tanulók nyugtalankodnak az osztályteremben, a melegfehér fény alkalmazása nyugtató hatású lehet. Ezért elengedhetetlen, hogy a felhasználó rendelkezésére bocsássák azokat az információkat és használati utasításokat, amelyek a világítási rendszer teljes mértékű kihasználásához szükségesek. A HCL koncepció tervezőjének készítenie kell a világítási rendszer felhasználói számára egy olyan leírást, amely tájékoztatja őket a világítás céljáról és hatásairól.

A leírás tartalma

1) A világítás működtetése
- Hol vannak a vezérlő egységek?
- Milyen vezérlési lehetőségek léteznek?
- Ha nincs vezérlési lehetőség: mit csinál az automatika?
  a: A rendszer automatikus sorozatot generál (például egy minta szerint).
  b: A világítás meghatározott sorrend (görbe) szerint fut; a felhasználó azonban az egyéni igények kielégítésére manuálisan felülbírálhatja a beállításokat

2) A világítás használata
- A szabványoknak megfelelő világítás biztosítja a vizuális feladatok elvégzését.
- A világítás a napszak függvényében változtatja a megvilágítást és a fényszínt.
- A világítás pozitív hatást fejt ki, támogatja a felhasználó napi rutinját.
- A potenciális kockázatokat megfelelően meg kell említeni.

A fény hatásának értékei a HCL koncepció szerint

A világítási megoldásnak a HCL-koncepció szerint történő hatékony működéséhez a fény színének és erősségének a természetes fény viselkedését kell követni. A kék ég a stimuláló hatás természetes kiváltója. Ezért a nagy, hidegfehér fényes felületek energizáló hatást fejtenek ki, míg a melegfehér színek az ellazulást segítik. A biológiai hatás mellett a fény vizuális és érzelmi hatásával is foglalkozni kell.

Vizuális hatások

A fény vizuális hatásai a látási feladatok teljesítését biztosítják. A látási feladat megfelelő teljesítéséhez figyelembe kell venni a megvilágítást, a fényszínt, a színvisszaadást, a helyiség cilindrikus megvilágítási szintjét, a fény irányát, valamint a felületek reflexióját. Alapvető kritériumok állnak a tervezők rendelkezésére. A munkahelyi világítási követelményeket a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről szóló 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet írja elő. Az MSZ EN 12464 szabványsorozat jelentősen kiegészíti ezeket a szabályokat.

A munkahelyi világítás szabványa a következőket mondja ki: "Ez az európai szabvány azoknak a belső téri munkahelyeknek a világítási követelményeit tartalmazza, amelyek látási komfortot és teljesítőképességet igényelnek. Valamennyi szokásos látási feladatot figyelembe vettek, beleértve a képernyős megjelenítőket is" (MSZ EN 12464-1).

A jó világítás előfeltétele a következő tényezők figyelembe vétele:
- Világítási környezet
- Fénysűrűség eloszlás
- A felületek fényvisszaverési tulajdonságai
- Megvilágítási skála
- A látási feladat területe
- Közvetlen környezet
- Háttér
- A megvilágítás egyenletessége
- Megvilágítás mérési rács
- Rontó káprázás (árnyékolás)
- Zavaró káprázás

- Tükröző káprázás
- Cilindrikus megvilágítás
- A térbeliség érzékeltetése
- Irányított világítás
- Fényszín
- Színvisszaadás
- Villogás és stroboszkóp hatás
- Számítógépes munkaállomások világítása
- Karbantartási tényező
- Energiahatékonysági követelmények
- Természetes fény
- A fény változékonysága
- Érzelmi hatások

A jól megtervezett világítási rendszer pozitív hatása már régóta ismert. Ehhez nemcsak a lámpatestek kellemes megjelenése, hanem a megvilágított tér, a felületek és a tárgyak fénye is hozzátartozik. A fény színe (melegfehér, hidegfehér, RGB színes hangulatvilágítás) mellett különösen nagy hatással van a fény iránya is (falmosók, szpotlámpák). Szabadtéren vonzó látványt nyújt a díszvilágítás (homlokzatok, parkok, közterületek). Beltérben az építészeti megoldások kreatív szabadságot biztosítanak a funkcionális világításon túl a stílusos, játékos vagy művészi világításhoz (kreatív terek, wellness világítás, üzletek, múzeumok interaktív területei stb).

Biológiai hatások

Napjainkban már sokat tudunk a fény biológiai hatásáról. Ezek az információk lehetővé teszik, hogy a belső terekben nagymértékben javítsuk a fény minőségét. A vizuális hatásokon kívül a megvilágítási szintek és a fényszínek melanopikus hatást is kifejtenek (további részletek a szójegyzékben - melanopszia, melanopikus hatás).

Megvilágítás

A megfelelő megvilágítási szintek lehetővé teszik a látási feladatok elvégzését. A személyre szabott világítási megoldások az egyéni igények kielégítésére is kialakíthatók. Ismert tény, hogy az időseknek több fényre van szükségük a jobb látáshoz, a tárgyak felismeréséhez és a tájékozódáshoz, mint a fiatalabbaknak. Bár a világítástechnikai szakemberek megállapodtak bizonyos normákról, egyes esetekben vagy bizonyos felhasználói csoportoknál testreszabott megoldásokra van szükség. Ez vonatkozik a fény biológiai hatására is. Egy 60 éves személy átlagosan 30-50% -kal több fényt igényel, mint egy 30 éves. Ezenkívül a tervezési folyamatban meg kell fontolni az életkorral járó látásváltozást, például a szürkehályogot is (DIN SPEC 5031-100).

A fény iránya

A biológiai hatás szempontjából elsősorban a szemen létrejövő vertikális megvilágítást kell értékelni. Ezért különösen fontos az irány, ahonnan a fény eléri a szemet. Az emberi látótér beltérben a nézési irány felett körülbelül 55°-ban, a nézési irány alatt 70°-ban helyezkedik el (Sliney és Wolbarsht, 1980). A látás nem statikus, a szem általában kissé lefelé néz, mivel a látási feladat általában a látótér alsó részében van. Mivel a látási feladatok esetében elsősorban a látási követelményeknek kell megfelelni, biológiai szempontból nem tanácsos további megvilágítást tervezni ebbe a térrészbe.

Biológiai szempontból a vízszintestől számított -15°-tól +45°-ig terjedő tartomány a leghatékonyabb. Ennek elérése érdekében a falaknak világos színűeknek kell lenniük, és szórt fényt adjanak. Fontos szem előtt tartani, hogy a helyiségben lévő minden olyan felület, amelyről fény verődik vissza, szintén hatással van a fény spektrumára. Nagyobb helyiségekben, vagy ha a falak világítási célra nem alkalmasak, a helyiségek mennyezetét lehet használni a biológiai hatás elérésére. A látható fénysűrűség ne haladja meg az 500 és 1000 cd/m^2 közötti értéket, hogy

elkerüljük a káprázás veszélyét. A világos felületeknek ezért a lehető legnagyobbnak kell lenniük ahhoz, hogy az elegendő fényt el tudjuk érni. Egy dolog azonban fontos: az emberek közvetlen megvilágítását el kell kerülni.

Spektrum

Ugyanolyan megvilágítási szint mellett a nagyobb színhőmérsékletű "hidegfehér" fény erősebb hatást gyakorol a biológiai rendszerre, mivel nagyobb arányban van jelen a melanopikusan hatékony kék tartomány, mint a „melegfehér" fény esetében. A melanopikus hatásgörbe S_{mel} (λ) a fény spektruma és a biológiai hatás közötti összefüggést írja le (lásd még DIN SPEC 5031-100).

A megvilágítás és a spektrális eloszlás együttesen határozzák meg a hatékonyságot. A DIN SPEC 5031-100 egy átszámítási tényezőt definiál, amely lehetővé teszi a fotopos értéknek a melanopikus névleges értékre történő átszámítását.

Kivonat a DIN SPEC 5031-100 szabványból

Az $m_{v,\ mel,\ D65}$ átszámítási tényező lehetővé teszi a V (λ) láthatósági függvény szerint értékelt névleges fotometriai érték közvetlen átszámítását a melanopikus névleges értékre.

Az optimális biológiai hatás elérése érdekében a látótér felső részében a következő megvilágítási szinteket és színhőmérsékleteket javasolják:

A koncentráció és az éberség ösztönzése a nap folyamán

• A teljes munkaidőben 300 lx és 500 lx közötti megvilágítás a szemen

• A világítási szint egyezzen meg a természetes fénnyel

• Kora délután a színhőmérséklet legalább 5500 K legyen

Megjegyzés: az egyedileg tervezett fénykezelési rendszerek alkalmazás-specifikus érzékelő technológiával jelentősen hozzájárulhatnak a HCL megoldás energiaigényének minimalizálásához.

• A melegfehér világításnak a természetes fénnyel kombinált használata nem megfelelő világítási hangulatot eredményez. Napközben legalább semlegesfehér fényszíneket kell használni.

A nap végén

• Csökkentsük a biológiailag hatékony kék összetevőt a minimálisra.

• Használjunk 2700 K vagy legfeljebb 3000 K-es melegfehér fényt. A látási feladatok elvégzéséhez ez jó kompromisszum a jó látásminőség és a nem túl erős biológiai hatás között.

Fényforrás	Átszámítási tényező mv, mel, D65 (spektrumfüggő)	A szem megvilágítása	A szem melanopikusan súlyozott megvilágítása
LED, 2700 K	0,41	50 lx	20 lx
LED, 4000 K	0,63	380 lx	240 lx
LED, 6500 K	0,80	300 lx	240 lx
Fénycső, 8000 K	0,96	250 lx	240 lx

Forrás: licht.de

A nappal-éjszaka ritmus szinkronizálása

A napi ritmusunk szinkronizálásához reggelente a biológiai rendszert serkenteni kell. Fontos, hogy a biológiailag aktív fényszint magasabb legyen, mint a délutáni vagy az esti fény. Ha a melanopikus világítási szint a nap folyamán alacsony marad, vagy éjszaka magasabb melanopikus megvilágítási szint fordul elő, ez a cirkadián rendszer zavarait eredményezheti. A napsugárzáshoz hasonló fényszínű, reggel néhány órás 300-500 lx-os megvilágítás szinkronizálja a cirkadián ritmust. Minél nagyobb az esti zavaró világítás kockázata és szintje, annál nagyobbnak kell lenni a reggeli stabilizáló fény szintjének (lásd még DIN SPEC 67600).

Aktiváló világítás

A teljesítmény és a koncentráció aktiválásához nagyobb megvilágítási szint szükséges. Egyes tanulmányok szerint ez nagyon gyorsan megtörtént azáltal, hogy 1000-2000 lx megvilágítási szintet biztosítunk. Azonban az ilyen megvilágítási szintek nem állnak összhangban az energia ésszerű használatára vonatkozó követelményekkel. Az energiafogyasztás viszont pozitívan befolyásolható megfelelő fénykezelő rendszer segítségével. A fény aktiváló hatása már körülbelül 20 perc után érezhető. További 20 perc elteltével a megvilágítási szint csökkenthető anélkül, hogy a hatás is csökkenne. Az aktiváló hatást napi néhány alkalomra kell korlátozni, egyrészt a megszokás elkerülése, másrészt pedig az energiaszükséglet minimalizálása érdekében.

Világítás a nap végén / pihenéskor

A nap végén a világítás olyan kevés hatással legyen a biológiai rendszerre, amennyire csak lehetséges. Javasolt, hogy már két órával a lefekvés előtt csökkentsük a fényt. A világításnak csak a vizuális feladatra kell összpontosítania, és - amennyire a látási komfort engedi - a környezetet olyan mértékben kell megvilágítani, ami a jó látáshoz szükséges, a biológiailag hatásos kék összetevőt a minimálisra csökkentve. A 2700 K és 3000 K közötti színhőmérsékletű melegfehér fény jó kompromisszum a látásminőséggel.

„Hosszú napok" és több műszakos munkarend

A „megfelelő világítás a megfelelő időben" a napközben dolgozó emberek „tipikus" munkateljesítményére vonatkozik, az iparban, az iskolában vagy otthoni környezetben. Ezekben az esetekben a természetes fény átlagának tekinthető a „megfelelő" fény. Az emberek az evolúció során a természetes világítási környezethez, átlagosan 12 órás napfényhez és 12 órás sötétséghez szoktak. Ez a ritmus referenciaként természetes és így egészséges alapot biztosít a mesterséges megvilágításnak. Az északi féltekén a téli időszakban a rövid napok mesterséges világítással történő meghosszabbítása elősegíti az egészségünket.

Példa: Az iskolákban a tanítás általában minden évszakban 8 órakor kezdődik. Tudjuk, hogy ez sok diák számára túl korai a cirkadián ritmusukhoz képest. Másrészt a tanítás kezdete nem veszi figyelembe az egyéni ritmus szezonális változatait. Télen például, mivel a reggeli természetes fényimpulzus hiányzik, a mesterséges megvilágítás helyettesítheti ezt az impulzust, felgyorsítva a reggeli ébredést. A természetes változások a nap folyamán felhasználhatók a munkahelyeken való munka megkönnyítésére, például a későig nyitvatartó szupermarketekben, a kórházakban vagy a rendőrőrszobákban.

Ajánlások

Annak érdekében, hogy a mesterséges fény a kívánt nem vizuális biológiai hatást

gyakorolhassa, létre kell hozni bizonyos minimális melanopikus megvilágítási értékeket a szemen. Az értékelés részleteit a DIN SPEC 5031-100 szabvány tartalmazza. A 8000 K színhőmérsékletű fénycsövek esetében a szemen létrejövő (fotometrikus) megvilágítás 240 lx értékű legyen. A 6500 K-os LED-ek esetében legalább 300 lx megvilágítási szintet kell elérni. Kisebb színhőmérséklet esetén a minimális (fotometriai) megvilágítási szintnek még nagyobbnak kell lennie, például egy 4000 K-es fényforrásnál 380 lx. Viszont bizonyos maximális értékeket sem szabad túllépni, ha a cél a melanopikus hatások alacsony szinten tartása. Ebben az esetben 2700 K-nél a szemen az 50 lx-ot nem szabad túllépni.

Az éjszakai műszakra vonatkozó megjegyzések

A munkavállalók körülbelül 15 százaléka rendszeresen, esetenként pedig akár 25 százalék is dolgozik éjszaka. Ehhez a csoporthoz nem könnyű a megfelelő időben megfelelő világítást ajánlani. A műszakváltással dolgozó három műszakos munkarendek, amikor a műszakok ciklikusan váltakoznak, különösen nehezek. Feltételezzük, hogy egy ilyen forgás olyan mértékben megzavarja a cirkadián rendszert, hogy még speciális megvilágítással is lehetetlenné válik a belső óra beállítása. A két műszakos munkarendek, ahol a műszakváltás a reggeli és esti műszak között zajlik, azonban megfelelő megvilágítással támogathatók. A cirkadián ritmust speciális világítással napi körülbelül két-három óra erejéig lehet változtatni. A három műszakos rendszerben a fény szinkronizálása nem lehetséges. Az éjszakai műszakban a napfényhez hasonló hidegfehér fények okozzák a napi ritmus zavarait. A tudósok ezért azt javasolják, hogy a cirkadián rendszer a lehető legközelebb álljon a természetes külső nappali ritmushoz, még váltakozó műszak esetén is. Ezt a váltakozó műszakosok számára napközben nagy, éjszaka kisebb kék összetevőjű fénnyel lehet elérni. Az éjszakai műszakban a világításnak biztosítania kell a jó látást és meg kell előznie a fáradtságot. Az ideális megvilágítás és színhőmérséklet kérdése jelenleg kutatási projektek tárgyát képezi. A tudósok osztják azt a véleményt, hogy sem a statikus "normál világítás", sem az éjszakai műszakban a napfényhez hasonló világítás nem megfelelő a váltakozó műszakokhoz. Azonban további kutatásra van szükség ebben a kérdésben, és az itt ismertetett ajánlások még nem tekinthetők általánosan elfogadottnak. A váltakozó műszakos munkahelyi világítást mindig az érintett munkavállalóknak, a helyi egészségügyi vezetésnek és a munkahelyi egészségvédelemért és biztonságért felelős hatóságok képviselőinek kell megtervezni,

Szószedet

Biológiai fényhatások (Biological light effects)

A fénynek mindig van biológiai hatása, teszi lehetővé a vizuális érzékelést. Ezért nem különböztetjük meg a biológiailag hatékony vagy a vizuálisan hatékony világítást. A két szempont elválaszthatatlan egymástól. Mindazonáltal a HCL világítást úgy kell megtervezni és működtetni, hogy különös tekintettel legyünk a biológiai fényhatásokra, és emellett a vizuális szempontokra vonatkozó iránymutatásoknak is teljesülni kell. A fény biológiai hatásai alatt az élettani és mentális folyamatok nem vizuális hatásait értjük. Annak ellenére, hogy a vizuális folyamat is biológiai folyamat, különbséget teszünk a vizuális és a nem vizuális hatások között.

•

Cirkadián ritmus (Circadian rhythm)

Kb. 24 órás biológiai ritmus (a latin „circa" szó jelentése: körül, a „dies": nap). A cirkadián ritmusok szinkronizálásához a legfontosabb tényező a fény. A napi ritmusok közül a legösszetettebb az alvás-ébrenlét ciklus.

Más ritmusoknál, mint például az étkezés vagy az emésztés esetében szintén felismerhetőek a cirkadián ritmusok. A testhőmérsékletet, a hormonszinteket, sőt a légzést és a keringést is cirkadián ritmusok szabályozzák, amelyek végső soron kiterjednek a test egyes sejtjeinek anyagcserefolyamataira. Az emberi egészség szempontjából elengedhetetlen ezeknek a ritmusoknak a természetes a nappali-éjszakai ciklussal való szinkronizálása. A fény meghatározó szerepet játszik ebben a szinkronizálásban. A gyakran "stressz hormonként" emlegetett kortizol - hidrokortizon a stressz miatt szabadul fel. Serkentő hatást gyakorol a különböző testi funkciókra, ezért inkább "aktivátor hormonként" kellene nevezni. A kortizol szint növekedése nélkül nagyon nehéz lenne reggel felkelni, és a tevékenységek általában kimerítőbbek lennének. A kortizol szint cirkadián ritmusa reggel éri el a maximumát.

•

Emberközpontú világítás (Human Centric Lighting)

Az emberközpontú világítás olyan világítási koncepció, amely figyelembe veszi az észlelés és a vizuális komfort, valamint a biológiai és érzelmi szempontok vizuális vonatkozásait. Mivel a kifejezést elsősorban a világítástechnikusok használták, a tudósok gyakran haboztak elfogadni. Ez a fő oka annak, hogy a Nemzetközi Világítási Bizottság (CIE) ennek szinonimájaként bevezette az "integrált világítás" kifejezést. A két kifejezés egyenértékű. Amikor a tudósok leírják a fény vizuális vonatkozásokon túli hatását, akkor azt gyakran "nem-vizuális effektusnak" vagy "nem képalkotó hatásnak" nevezik. A vizuális és a nem-vizuális hatásokat tudományos szinten ritkán kezelik együtt. Ezért van értelme különbséget tenni e hatások között. A "biológiailag hatékony világítás" fogalmát eredetileg a Világítástechnikai Műszaki Szabványügyi Bizottság (FNL 27) vezette be a DIN V 5031-100 és a DIN SPEC 5031-100 szabványban. Ez azt eredményezte, hogy a mindennapi világítási gyakorlatban a két kifejezést különállóként tekintették. Általánosan elfogadott viszont az is, hogy minden világítási megoldás vizuális és nem vizuális (= biológiai) hatásokat fejt ki.

•

Fénykezelő rendszer (Light management)

Az emberközpontú világítás rendszerint egy intelligens fénykezelő rendszerhez kapcsolódik. A modern világítási koncepciók, mint például az emberközpontú világítás, a felhasználói és alkalmazási követelményekből fakadnak, összekapcsolva a vizuális, nem vizuális és érzelmi világítási minőséggel. Az ilyen feladattal megbízott műszaki tervezőknek egyrészt felelősségteljes módon, megfelelő világítási megoldásokat kell kifejleszteniük, másrészt megfelelő fényforrásokat kell létrehozniuk. Hagyományosan a tervezési folyamat első lépése a világítási megoldás leírása. Ebben a lépésben határozzuk meg a fény hatását és funkcióit a kívánt térben. A kreatív világítási rendszer tervezési folyamata során a tervező különféle világítási forgatókönyveket készít, amelyek a tervezési elvek szempontjából lehetnek hasznosak. A HCL alkalmazásokhoz dinamikus fénytervezés szükséges, változó fényszínekkel, térbeli fényeloszlással, és a nap folyamán testreszabott fényerősséggel. A műszaki tervezőnek természetesen figyelembe kell vennie az egyedi világítási igényeket is, lehetővé téve a felhasználó számára, hogy szükség esetén rugalmasan aktiválhassa azokat.

Ha elegendő mennyiségű természetes fény áll rendelkezésre, akkor azt már csak energetikai szempontból is fel kell használni a világítási koncepcióban is. Ezen a ponton a világítástervezőnek villamosmérnököt is be kell vonni a tervezési folyamatba, hacsak nem rendelkezik a szükséges szakmai szaktudással. Alternatív megoldásként a felelős projektvezető szakembercsapatot állíthat össze, amely megfelelő interfészeken keresztül, integrált és interdiszciplináris módon

ötvözi a különböző technológiai megoldásokat. A HCL koncepciók megvalósításához a világítástechnikai és villamos iparágak, valamint az informatikai szektor jelentős automatizált rendszerek repertoárját kínálják, megfelelő alkalmazásszoftverrel. Az épületben tervezett (vagy már meglévő) vezérlő és automatikai rendszerek által végrehajtandó világítási forgatókönyvektől függően a megfelelő rendszert az elektromos konzultánsnak kell kiválasztania.

Az olyan technológiák, mint a digitálisan címezhető világítási interfész (DALI), a Digital Multiplex (DMX) vagy a KNX hosszú ideig uralták a hagyományos vezetékes fénykezelő rendszereket. Az elmúlt években egyre több vezeték nélküli rendszer került bevezetésre (ZigBee, Bluetooth, Enocean, WiFi vagy LAN / Ethernet). A közeljövőben minden épület vagy közterület elektromosan működő alkotóelemei saját IP-címet kapnak, megérkezve ezzel a tárgyak internetének (IoT) világába. Összetett, de nagyon hasznos kompatibilis jelinterfészekre lesz szükség, azzal a céllal, hogy a különböző rendszereket egymással összekapcsolják. A HCL-alkalmazások megoldásainak elsősorban időzítő modulokat kell tartalmazniuk, hogy lehetővé tegyék a cirkadián feladatok dinamikus és automatikus futtatását. Ahhoz, hogy a programozó beállíthassa a HCL rendszert, a világítástervezőnek egyértelmű tájékoztatást kell adnia, például a fénybeállítások időtartamáról és specifikációiról.

A modern fénykezelő rendszerek (LMS) erőssége az intelligens érzékelőtechnológia (például környezeti adatok begyűjtése) és a szoftverek használatában rejlik. A professzionális LMS használata és alkalmazása egyértelmű előnyt jelent a versenytársakkal szemben. Lehet például olyan világítás, amely az egészségügyben a HCL igényeinek kielégítésére szolgál, de nemcsak térbeli élményt teremt, és a megfelelő világítási jelenetek révén van pozitív hatással az emberre, hanem energiatakarékosságot és adatszolgáltatást is lehetővé tesz. A fénykezelő rendszereknek azonban mindenekelőtt szabályozhatónak kell lenniük. A koncepció fázisában fontos, hogy a rendszerintegrátor elérje ezt a célt. A felhasználóbarát kezelőfelület, például a világítási forgatókönyvek segítségével történő logikai alkalmazás, egyszerű működést tesz lehetővé. A fénykezelő rendszerek alapvetően rendkívül bonyolultak, azonban az intuitív működésű kezelőszervek biztosíthatják a felhasználóbarát működést.

•

Fényszínek (Light colours)

Néhány színes dekoratív világítástól eltekintve az általános világításban általában fehér fényt használnak. A fehér fényt a színhőmérsékletével lehet leírni (pontosabban a "korrelált színhőmérséklet"-tel). A fehér fényforrás korrelált színhőmérséklete egy olyan fekete test hőmérsékletének felel meg, amelynek sugárzása ugyanolyan színű, mint a szóban forgó fényforrásé.

•

Hidegfehér (Cold white)

A kb. 5000 K feletti színhőmérséklet tartomány. Lakásvilágításban vagy egy éteremben már az akár 4000 K-es lámpatestek is viszonylag "hidegnek" tűnhetnek. A kifejezést óvatosan kell használni, ajánlott a pontosabb meghatározás.

•

Integrált világítás (Integrative Lighting)

A kifejezést a CIE vezette be az emberközpontú világítás alternatívájaként (lásd a Human Centric Lighting című kiadványt).

•

ipRGC, retinális ganglion sejtek, harmadik fotoreceptor (ipRGC, retinal ganglion cells, third photoreceptor)

Az ipRGC a belsőleg fényérzékeny retinális ganglion sejtek (intrinsic photosensitive retinal ganglion cells) sejtek rövidítése. A látáshoz szükséges fotoreceptorok (csapok és pálcikák) mellett a retinán találhatók ún. ganglion sejtek is. Ezek a sejtek továbbítják a fotoreceptorok jelét a látóideg felé.

A retinában lévő ganglion sejtek kb. 2-3% melanopszin fotopigmentet is tartalmaz, az emberi szemben kb. 2000 ilyen található. Ezek a sejtek nemcsak az egyéb fotoreceptoroktól továbbítják a jeleket, hanem magát a fényt is érzékelik. Ez a reakció a fény nem-vizuális hatásainak a legfontosabb alapja. Az ipRGC mindig részt vesz a biológiai hatásokban, még akkor is, ha bizonyos hatásokat más fotoreceptorok is befolyásolnak.

•

Kék fény veszély (Blue Light Hazard)

A 440 nm-es maximális érzékenységgel és 410 nm-480 nm félszélességgel jellemzett spektrális komponensek retinális károsodást okozhatnak, nagyon nagy spektrális sugársűrűség esetén a potenciálisan káros spektrális komponensek tartománya kiterjedhet (pl. lézermutató). Általános célú világítási alkalmazásoknál a kék fény veszélye nem játszik szerepet. Ezt a tényt számos független, az ipari biztonságért felelős testület is megerősítette (például LiTG, SCENIHR, DGUV). Ugyanilyen fontos az Európai Bizottság által felállított SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks, Egészségügyi, Környezetvédelmi és Kockázatelemző Tudományos Bizottság) 2017 júliusában közzétett "előzetes véleménye". Ez a HCL világítási berendezésekkel felszerelt munkahelyekre is vonatkozik. Ennélfogva az emberközpontú világításnál nincs szükség ebben az összefüggésben további szempontok figyelembevételére. Különleges munkahelyeken, ahol a fény munka- vagy vizsgálóeszközként működik, a fotobiológiai biztonságra vonatkozó kockázatértékelés kötelező. Külön értékelés válhat szükségessé a terápiás célra használt nagyon erős fényforrások esetében.

Kék összetevők, színhőmérséklet és a biológiai hatásokkal való kapcsolatuk (Blue components, colour temperature and their relation to biological effects)

Ezen ismertetőben a "kék összetevő" kifejezést a látható tartományban a biológiailag hatásos sugárzás szinonimájaként használjuk. Elsősorban a 450 és 530 nm közötti kék – zöldeskék spektrumtartományban helyezkedik el, maximummal a 490 nm-en. Bár a biológiai hatásokért felelős spektrális tartományt gyakran "kék összetevőnek" vagy "kék fénynek" nevezik a színérzékelés miatt, de a fény maga gyakran fehérnek tűnik. A "kék összetevő" kifejezést gyakran a kék fény veszély miatt bekövetkező esetleges retinális károk esetében is használják. A kifejezés egyik esetben sem teljesen helyes, mivel a hatásnak semmi köze sincs a színes látás vizuális folyamatához. Az általános világítási célra használt "szokásos" fényforrások esetében a kék összetevő közvetlenül a színhőmérséklethez kapcsolódik. A körülbelül 3000 K és 6000 K közötti tartományban ez a korreláció majdnem lineáris. Ezért helyénvaló nagyobb kék tartalmat és így erősebb biológiai hatásokat várni a hidegfehér vagy nappali fehér fénytől, mint a melegfehértől.

•

Kronotípus (Chronotype)

Vannak koránkelő „pacsirták", akik ébresztőóra nélkül ébrednek fel. Már a reggeli órákban elérik a maximális hatékonyságot. Másrészt vannak olyan emberek, akik szeretnek hosszabb ideig aludni, és ébresztőóra nélkül gyakran nem ébrednek fel. Gyakran nevezik őket éjjeli baglyoknak, mivel sokáig ébren vannak, aktívak és produktívak. Ezek között a szélsőséges típusok között sok árnyalat létezik. A kronotípusba sorolás egy olyan megközelítés, amely számszerűsíti ezt a tulajdonságot. A kronotípusnak semmi köze nincs az alvás időtartamához. A kronotípust kérdőívek segítségével lehet meghatározni. Az egészséges és nyugodt alvás, valamint a megfelelő teljesítmény az ébrenlét alatt csak akkor lehetséges, ha a munkaidő és az alvásidő összhangban van a kronotípussal. Ez megköveteli, hogy a cirkadián ritmust naponta újra szinkronizálják. A napi újraszinkronizálásban a legerősebb tényező a fény.

Melanopszin, melanopikus hatások (Melanopsin, melanopic effects)

A melanopszin a retinális ganglionsejtek (ipRGC) fényérzékenységéért felelős fotopigment fajta. Legnagyobb érzékenysége 450 és 530 nm között van (félszélesség), maximummal a 490 nm-en. A festékmolekula fény segítségével történő stimulálásával az ipRGC olyan idegi jeleket küld, amelyek biológiai fényhatásokat váltanak ki. Annak ellenére, hogy az ipRGC-nek különböző altípusai vannak, és a mai ismertek szerint a retina többi fotoreceptor sejtje is hozzájárul a biológiai hatásokhoz, a melanopszin tartalmú ganglionsejtek járulnak leginkább hozzá a fény biológiai hatásaihoz. Mivel a biológiai hatások alapvetően a melanopszin tartalmú ganglionsejtek stimulálásán alapulnak, ezeket melanopikus hatásoknak is nevezik. Ebben az ismertetőben a "biológiai hatások" kifejezést használjuk.

•

Melatonin (Melatonin)

Hormon, ami fáradtság érzetet keltve az éjszakai pihenés idejét jelzi az emberi testnek. Alvási hormonnak is nevezik. A tobozmirigyben szerotoninból keletkező és az éjszaka során kiválasztott hormon hatását az éjszakai fény gátolhatja. Napközben a "normális" cirkadián ritmus során a vérben alapvetően nem észlelhető melatonin. A nap folyamán a fény aktiváló hatása tehát más folyamat, amelynek semmi köze sincs a melatonin termelés éjszakai elnyomásához. Mivel a melatonin szint a belső óránk cirkadián fázisainak a legfontosabb számszerűsíthető jellemzője, a melatonin-elnyomó hatást általában egyenértékűnek tekintjük a cirkadián hatással, vagyis a fény biológiai hatásával. Az a fény, amely éjszaka képes elnyomni a melatonint, általában más biológiai hatásokat is kiválthat (még napközben is), mivel az összes ilyen hatás alapja a melanopszin stimulálása az ipRGC-ben.

Melegfehér (Warm white)

Általában 3000 K vagy ennél kisebb színhőmérséklet. 2500 K alatt a fény inkább narancssárga vagy vöröses árnyalatban jelenik meg, bár definíció szerint ezt is "fehér"-nek nevezzük.

A melegfehér fényforrásokat általában magánlakásokban vagy olyan helyiségekben részesítik előnyben, ahol a kellemes, pihentető légkör megteremtésére törekszenek (éttermek, szállodák stb.). Általánosságban elmondható, hogy a melegfehér fénynek kisebb a biológiai hatása, mint a nagyobb színhőmérsékletű fénynek. A 3000 K-os LED hatása a szemen az ugyanolyan megvilágítást létrehozó napfénynek körülbelül csak az egyharmada. Ezért a HCL megoldásokhoz használt lámpatestekben a biológiailag kevésbé hatékony világítás megvalósításához melegfehér fényforrásokat alkalmaznak.

•

Nappali fehér (Daylight white)

5500 K feletti fényszín. A tipikus nappali fehér fény színhőmérséklete 6500 K. A színérzékelés a legközelebb áll a D65 fényforráshoz, amelyet a természetes fény szabványos megjelenítőjének tekintünk. Az ilyen hideg fényszínek esetében az emberi szem nem különböztet meg 500 K-nél kisebb eltéréseket. A biológiai hatások a nappali fehér fényű lámpatestek használatakor a természetes napfényéhez közelítenek. A 6500 K-es LED-ekből származó fény a D65 szabványos fényforrás biológiai hatásának körülbelül 85%-ával rendelkezik. Az egyedüli fényforrásként használt, nagyobb színhőmérsékletű világítási módokat általában igen kellemetlennek és természetellenesnek tartják. Közvetlen vagy indirekt megvilágítással kombinálva a mennyezetet rendkívül hideg fénnyel is deríthetjük anélkül, hogy zavaró hatások lépnének fel feltéve, hogy a közvetlen megvilágítás kevésbé hideg fénnyel történik. Ez a világítási mód a mesterséges égbolt benyomását kelti.

Semleges fehér (Neutral white)

A 4000 K körüli színhőmérséklet tartomány. Közép-Európában az ipari és irodavilágításban a legelterjedtebb fényszín, amely sokkal hidegebbnek hat, mint a 3000 K-es melegfehér fény. Hasonló világosság mellett a 4000 K-es lámpatesteknek a biológiai rendszerre gyakorolt hatása a nappali fény körülbelül 50 százalékát teszi ki. Angol nyelvű szakirodalmi források gyakran "cool white"-nak nevezik a semleges fehéret. Ez azzal a veszéllyel jár, hogy összetéveszthető a magasabb, 5000 K feletti színhőmérsékletet jelentő "cold white" kifejezéssel.

•

Szerotonin (Serotonin)

Neurotranszmitter, azaz hírvivő anyag, amely jeleket továbbít az idegsejtek között, és hangulatfokozóként működik. Ezért gyakran "boldogság hormon"-nak is nevezik. Kiválasztását a napfény stimulálja. Éjszaka a szerotonint a tobozmirigy biokémiai úton melatoninná alakítja át.

•

Természetes (nappali) fény (Daylight)

A kifejezést a szabadban, de közvetlen napfénytől védett területen lévő fény leírására használjuk. A látható komponensekre vonatkozik (fény), figyelmen kívül hagyva az UV vagy infravörös sugárzást, amely az itt leírt biológiai hatásokra vonatkozólag semmiféle jelentéssel nem bír, és amelyet ezért a HCL-lel kapcsolatban nem kell figyelembe venni. Ezzel szemben a közvetlen napsugárzás UV és infravörös komponensei az emberi egészség szempontjából fontosak. Mivel az UV és IR komponensek egészségügyi kockázatot is jelenthetnek, ezt a témát külön kell kezelni. Természetes nappali fényűnek az a fényforrás tekinthető, amely biztosítja a biológiailag hatásos komponensek optimális előfordulását. A mesterséges világítás értékeléséhez a biológiailag hatásos spektrális összetevők szempontjából referenciafényként a szabványos D65 fényforrást használják. További részletekért lásd a DIN SPEC 5031-100 és CEN TR 16791 dokumentumokat. Fontos kérdés azonban, hogy a kívánt biológiai hatás elérése érdekében a természetes fényben lévő spektrum kék része átjut-e a napvédő és hőszigetelő üvegezéssel ellátott modern épületek ablakain. A természetes fénnyel jól megvilágított helyiség kevesebb biológiailag hatásos kék komponenst tartalmazhat, mint egy olyan hasonló helyiség, amelyet a napfényhez hasonló mesterséges fénnyel világítanak meg.

•

Világítási rendszer tervezési folyamata (Lighting System Design Process, LSDP)

A világítási rendszer tervezési folyamatát (LSDP) a prEN TS 17165 európai előszabvány írja le. A világítási rendszer tervezési folyamata iteratív folyamat. Az útmutató ismerteti a jó minőségű, energiatakarékos és hatékony világítási rendszerek kulcsfontosságú tervezési szempontjait, amelyek megfelelnek a felhasználók elvárásainak. A megoldásnak a kockázatelemzéssel vagy a konzultációs folyamat során meghatározott jogszabályokkal összhangban tartalmaznia kell a biztonsági / tartalékvilágítást is. Bizonyos körülmények között a tervezési folyamat egyes elemei kisebb világítási koncepciókban is alkalmazhatók. A teljes világítási rendszer tervezési folyamata támogatja a jogszabályi előírások végrehajtását és a tesztelési követelmények kidolgozását. Ez biztosítja azt, hogy a várható energiamegtakarítás anélkül valósuljon meg, hogy veszélyeztetné a szükséges fényviszonyokat.

A király meztelen?
Magánvélemény az „emberközpontú világítás"-ról

A fényszínek, az előnyben részesített világítási módok kutatása először akkor került előtérbe, amikor a múlt század 30-as évei táján, a gázkisülés elvén működő fénycsövek megjelenésével megnyílt a lehetőség arra, hogy a kb. 2500 K hőmérsékleten működő izzólámpák korszaka után

a fényporok összetételének megválasztásával gyakorlatilag már bármilyen színhőmérsékletű fényforrást elő lehetett állítani. A legmegfelelőbb színhőmérséklettel kapcsolatos korai kutatások eredményeit azóta is vitatják. A sokak által ismert ún. Kruithof-görbe [1] a megvilágítás nagyságának függvényében adja meg az ideálisnak tartott (korrelált) színhőmérsékletet. Az eredeti kísérletben részvevők kis száma, a színvisszaadás kérdésének figyelmen kívül hagyása és a megismételt kísérletek eltérő eredményei miatt a görbe érvényességét többen megkérdőjelezték [2,3], de egyszerűsége miatt sok publikációban, katalógusban máig hivatkoznak rá. Más kutatások arra a következtetésre jutottak, hogy a színpreferencia függ a kortól, nemtől és népcsoporttól [4].

A belső biológiai óránk fény segítségével történő szinkronizálása szintén vitatott kérdés. A cirkadián ritmus akkor is létezik, ha egyáltalán nincs külső világítás, mint pl. a bunkerkísérletekben, vagy ha a természetes fény ciklusideje nem 24 órás, hanem pl. a Nemzetközi Űrállomás űrhajósainak esetében kb. 45 perces [5,6]. A bunkerkísérletek azt eredményezték, hogy külső fényinger hiányában a napi ritmus 24 óránál valamivel hosszabb, 24,7 és 25,2 óra közötti értékre áll be [7]. Ez lenne a „természetes" biológiai ciklusidő, amit a természetes fény megzavar? (Egy szarkasztikus megjegyzés: menynyivel mond többet a cirkadián ritmus a napi ritmusnál? Ha valamiről nem sok fogalmunk van, akkor első lépésként adunk neki egy latin vagy görög nevet. A görög ráadásul tudományosabban hangzik, mert még kevesebben értik, mint a latint. Nevezzük „magyarul" netán perimérikus ritmusnak?)

A ledek alkalmasak arra, hogy segítségükkel színes, vagy különböző színhőmérsékletű fehér fényt állítsanak elő. Az egy tokba épített vörös, zöld és kék ledek különböző meghajtó árammal történő táplálása segítségével ugyanazzal az eszközzel lehet különböző színes, vagy különböző színhőmérsékletű fehér fényeket előállítani. Az elmúlt években elérhetővé váltak az RGB ledeknél olcsóbb és egyszerűbben vezérelhető, fénypor-konverziós elven működő „hangolható" vagy „állítható" fehér fényt (tuneable white) kibocsátó ledek is. A „tuneable white" szóval lefuttatott keresés csak gyártói web-oldalakat hozott elő, tudományos publikációt ilyen keresőszóval nem találtam. Az „emberközpontú világítás" köztudatba emeléséhez kapóra jött a „harmadik fotoreceptorok" felfedezése [8]. Működési mechanizmusuk és az általuk kifejtett biológiai hatások kutatása nagyrészt szintén a fényforrás és a vezérlő elektronikai eszközök gyártóinak finanszírozásával történik.

A marketing feladata az, hogy felkeltse az emberek igényét azon újabb és újabb eladható termékek iránt, amelyekre azoknak nem igazán van szükségük. Az előzőekben közreadott anyag is ennek a folyamatnak a – kétségtelenül magas színvonalon megvalósított - terméke. A technikai megoldások készen állnak, a következő lépés a tervezők és a végfelhasználók megnyerése annak érdekében, hogy alkalmazzák az új, és a korábbi megoldásoknál lényegesen drágább eszközöket. Lassan eljutunk odáig, hogy egy lámpa bekapcsolásához informatikust kell hívni. A hiteles kutatási eredmények hiányában az „emberközpontú" világítás tervezési nehézségeire az a válasz, hogy „holisztikus" módon, interdiszciplináris területeken jártas szakembereket kell a folyamatba bevonni. Ezzel mindössze az a baj, hogy ilyenek nincsenek.

HIVATKOZÁSOK

[1.] https://en.wikipedia.org/wiki/Kruithof_curve
[2.] Robert G. Davis, Dolores N. Ginthner (1990). Correlated color temperature, illuminance level, and the Kruithof curve. Journal of the Illuminating Engineering Society. 19 (1): 27–38.
[3.] Hajimu Nakamura, Yoshinori Karasawa (1999). Relationship between Illuminance/Color Temperature and Preference of Atmosphere. Journal of Light & Visual Environment. Vol.23 No1: 29-38.
[4.] László Beke, Gábor Kutas, Youngshin Kwak, Gee Young Sung, Du-Sik Park, Péter Bodrogi (2008). Color preference of aged observers compared to young observers. Wiley Periodicals, Col Res Appl, 33, 381–394.
[5.] The history of sleep science. https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2011/jan/29/history-sleep-science
[6.] NASA Research Reveals Biological Clock Misalignment Effects on Sleep for Astronauts. https://www.nasa.gov/feature/ames/nasa-research-reveals-biological-clock-misalignment-effects-on-sleep-for-astronauts
[7.] Globig, M (2007): A world without day and night. Max Planck Research, 2/2007, 60-61
[8.] Dustin M. Graham, Kwoon Y. Wong (Melanopsin-expressing, Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs). https://webvision.med.utah.edu/book/part-ii-anatomy-and-physiology-of-the-retina/melanopsin-expressing-intrinsically-photosensitive-retinal-ganglion-cells/

Gondolatok az additív színkeverésről

– Dr. Wenzel Klára –

Bevezetés

Az emberiség évezredeken keresztül szerette volna megismerni és megérteni a színeket, de hosszú ideig csak empirikus ismeretek gyűltek össze a színjelenségekről.

A 18. és 19. században egymástól függetlenül és eltérő módszerekkel három kiváló tudós is megpróbálta megfejteni a színek mibenlétét és a színkeverés elméletét.

Sir Isac Newton (1643-1727) angol fizikus Optics című könyvében (Newton, I. 1730) ismertette korszakalkotó felfedezését, amely szerint a prizma a fehér fényt a spektrum végtelen sok különböző színére tudja bontani, egy másik prizma pedig újra össze tudja állítani fehér fénnyé. Ezzel a felfedezéssel hullámoptikai alapokra helyezte és megalapozta a színek tudományos vizsgálatát. Lehetségessé vált a színjelenségek matematikai egyenletekkel történő leírása, matematikai modellezése.

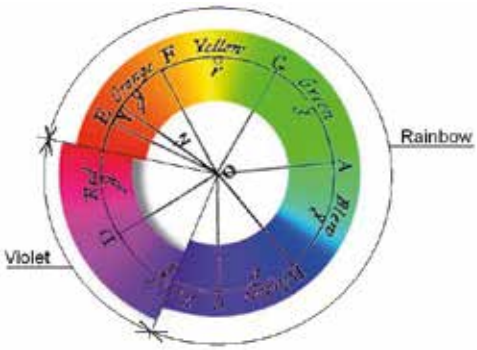
Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), a német „költő-fejedelem" Farbenlehre című könyvében (Goethe, J. W., 1810) egy másik, Newton elméletével ellentétes színelméletet dolgozott ki. Őt elsősorban a színek fiziológiai és pszichológiai jelenségei érdekelték, és nem a hullámoptikai alapok. Rengeteget kísérletezett és megfigyeléseivel gazdagította a színlátással kapcsolatos és a festékekről szóló ismereteinket

Hermann Günther Grassmann (1809-1877) német matematikus matematikushoz illő pontossággal és rövidséggel megfogalmazta az additív színkeverés törvényeit.

Azt gondolhatnánk, hogy most már mindent tudunk a színek elméletéről és gyakorlatáról, és az additív színkeverésről. De ha jobban megvizsgáljuk az eddigi ismereteket, mégis találunk bennük ellentmondásokat és homályos részleteket.

A színek meghatározása

Newton volt az, aki először rendezte el a spektrum színeit (a szivárvány színeit) egy kör mentén [1]. A látható színárnyalatok távolságát a hozzájuk tartozó hullámhosszak alapján határozta meg. A spektrum hosszú hullámú végén látható vörös és a rövidhullámú végén látható indigókék szín között található részt kiegészítette egy kékes-vörös - violetnek (lilának) nevezett - színnel. Newton színei között nem találunk éles határvonalat, mint ahogyan a természetben is folyamatos az átmenet a spektrum színei között (1. ábra).



1. ábra. Newton színköre

Goethe - Newton nyomdokán haladva - szintén kör mentén helyezte el a színeket, de ő nem a színek hullámhossza szerint, hanem a szemünk által megkülönböztethető színek alapján alkotta meg színkörét [2]. A klasszikus, Arisztoteleszi alapszínekből indult ki. Ezek a vörös, a sárga és a kék. Ezeket egyenlő oldalú háromszög sarkain helyezte el, és fő-színeknek nevezte. Közéjük egy másik háromszög sarkain 1-1 újabb, közbülső színnek nevezett színt helyezett el: a vörös és a sárga közé narancs színt, a vörös és a kék közé ibolyát (lilát), és a kék és a sárga közé zöldet (2. ábra).

2. ábra. Goethe színköre

Grassmann törvényei alapján három független alapszínből (pontosabban alapszín ingerből) bármely szín additív módon kikeverhető. A három alapszín tetszőlegesen választható, csak függetlenek legyenek, vagyis egyiket se lehessen a másik kettőből kikeverni [3]. Grassmann törvényei a 3. ábrán láthatók.

1	Bármely színezet additív kikeveréséhez három független alapszín szükséges és elegendő.
2	A keverék színezete nem függ az összekevert színek spektrális eloszlásától.
3	Az additív színkeverés folytonos.

3. ábra. Grassmann törvényei

Ezen három tudós eredményei tették lehetővé a színek egyértelmű meghatározását, tudományos tanulmányozását és mérését. Bár Goethe és Newton tanai több szempontból ellentétesek voltak [4] mindkettőjük eredményei korszakalkotóknak bizonyultak a szín tudomány fejlődésében. Ezeken az eredményeken alapul a CIE (a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) által kidolgozott és az egész világon szabványokba foglalt színmérő rendszer.

A CIE színrendszer létrehozása

A 20. század elején halaszthatatlanul szükségessé vált a színek mérése. Ki kellett dolgozni a színmérés elméletét, fogalom rendszerét, metodikáját, mértékegységeit, etalonjait, és mérő műszereit. Ezt a feladatot a CIE vállalta magára.

Mivel még nem voltak ismeretesek az emberi szem spektrális érzékenységi adatai, a CIE, Grassmann törvényeit felhasználva, három alapszín additív keverésére alapozva dolgozta ki színrendszerét.

Három monokromatikus (spektrum-) színből sorban kikevertették a spektrum 10 nm-enként kiválasztott színeivel azonosnak látszó színeket. A színegyeztetés során kapott színhármasokat táblázatba foglalták, illetve diagramban ábrázolták és színegyeztetési függvényeknek (color matching function, CMF) nevezték el. A CMF függvényekre építették fel az 1931-ben szabványosított CIE színrendszert [5].

A CIE által választott alapszínek az időközben bizonyítást nyert Joung-Helmhotz elméletnek […] megfelelően a vörös, a zöld és a kék spektrumszín volt. Ezeket az alapszíneket Goethe ötletét felhasználva egyenlő oldalú háromszög sarkain helyezték el (4. ábra).

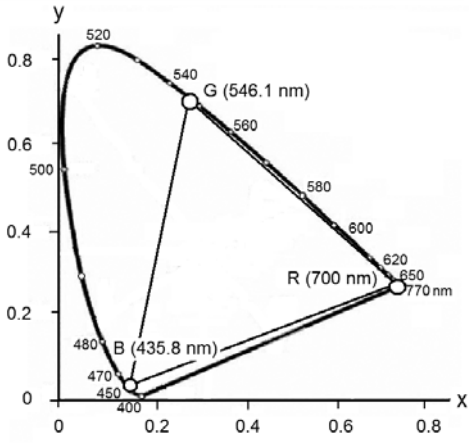
4. ábra. A CIE első színháromszöge

Ebből a három alapszínből Grassmann törvényei értelmében additív színkeveréssel meg lehet határozni a többi színárnyalatot is. A vörös és a zöld szín additív keveréke, a sárga, a vörös és a zöld pontot összekötő vonalra kerül. A vörös és a kék additív keverékét, a lilát, illetve a kék és zöld additív keverékét, a türkizt, hasonlóképpen, a megfelelő pontokat összekötő vonalakon helyezzük el. A háromszög belsejében találhatók a három alapszín különböző arányú keverékei, középen pedig a fehér szín.

A CIE 1928-ban a 700 nm hullámhosszúságú vörös, az 546,1 nm-es zöld és a 435,8 nm-es kék spektrumszínt választotta alapszíneinek.

Wright és Guild 1928-1931-ben végzett méréseiből azonban kiderült, hogy a spektrálisan tiszta színeket nem lehet kikeverni a három alapszínből. Ezért ezeket a színháromszögön kívül helyezték el.

A színháromszög többszöri transzformációja után az 5. ábrán látható alakzathoz, a CIE színezeti háromszöghöz (népszerű nevén papucs-diagramhoz) jutottak.

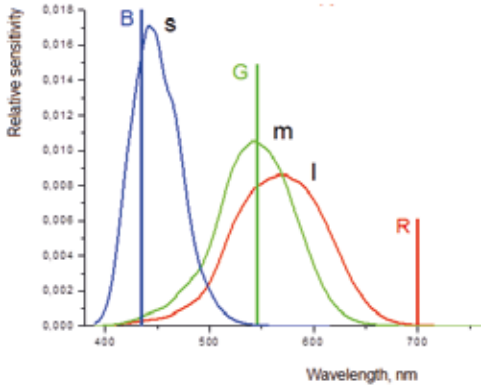


5. ábra. A CIE színezeti diagram

A diagramban R, G és B (Red, Green és Blue) jelöli az alapszínek pontjait. Az R, G, B háromszögön belül találhatók a három alapszínből kikeverhető színek, a háromszögön kívül, a papucs alakú görbén pedig a tiszta monokromatikus színek. A külső görbe és a háromszög közötti területen találhatók a többi, nem kikeverhető színárnyalatok.

És most felmerül az a kérdés, hogy vajon Grassmann tévedett, amikor azt állította, hogy három független alapszínből kikeverhető minden színárnyalat?

A kérdésre azt a választ adhatjuk, hogy Grassmannak matematikai szemszögből teljesen igaza volt. De nem számolt azzal a fontos ténnyel, hogy a színek csak az ember szempontjából jelentenek valamit. Az ember látó-rendszere pedig nem rendelkezik független alapszínekkel. Pontosabban a CIE által megválasztott, fizikailag független monokromatikus fényeket az emberi szem nem tudja egymástól független érzékelő elemekkel (receptorokkal) érzékelni. Az emberi szem szín-érzékelő receptorai, a retinán elhelyezkedő csapok széles sávú érzékelők, és spektrális érzékenységi tartományaik jelentősen átfedik egymást [6] (6. ábra).



6. ábra. Az emberi szem színérzékelő receptorainak spektrális érzékenysége (l, m és s a vörös-, a zöld- és a kék-érzékeny csapok spektrális érzékenysége, R, G és B a CIE vörös, zöld és kék alap színe)

A 6. ábrán l, m és s a vörös, a zöld és a kék színekre érzékeny receptor (a long-, middle- és short wave sensitive receptor) spektrális érzékenységi görbéje, R, G és B pedig a CIE három

alapszíne. Látható, hogy az alapszínek egyszerre több receptort is ingerelnek, tehát a receptorok nem tudják az alapszíneket egymástól függetlenül érzékelni. Különösen a zöld alapszín esetében nagy ez a jelenség. A G alapszínből csaknem annyit érzékel az l receptor, mint az m. Ez okozza azt, hogy az 5. ábrán különösen sok színárnyalat található az RGB háromszög GB oldalán kívül.

Megállapíthatjuk tehát, hogy Grassmann 1. törvénye az emberi szem színérzékelő receptorainak széles sávú érzékenysége miatt nem teljesül.

Nem teljesül a 2. törvény sem, mivel különböző széles sávú színeknek széles sávú érzékelőkkel való érzékelésénél fellép a metamerizmus jelensége, vagyis különböző spektrális eloszlású színek azonosnak látszhatnak, majd ilyen színek keverésekor az azonosság megszűnik.

Thornton mérései

A 1992-ben W.A.Thornton, amerikai szín szakember, a CIE vezetőségi tagja, a Harvard Egyetem tanára a Color Research and Application egymást követő három számában megjelent cikkében részletesen ismertette méréseit, amelyek alapján feltárta a CIE színrendszer ellentmondásait [7, 8, 9].

Méréseit az egyetem laboratóriumában és saját laboratóriumában végezte, kiváló technikai lehetőségek birtokában. Megépített egy a CIE 1964 rendszer méréseinél alkalmazott koloriméterhez hasonló vízuális kolorimétert, amelyen 3 monokromtikus fény additív keverékét kellett egyeztetni egy széles sávú fehér fénnyel.

Ezzel a koloriméterrel megismételte a CIE 1964-ben 10 fokos látómezöre szabványosított színrendszerének alap méréseit három különböző alap-szín készlettel, és jelentős eltéréseket tapasztalt a mérési eredmények között, pedig a kolorimetriai számítások egyezést mutattak. Hasonló eredményre jutottak magyar kutatók is a CIE 1931-ben 2 fokos látómezöre szabványosított színrendszerének adataira vonatkozóan [10].

Thornton a méréseit megismételte mindhárom alap-szín készlettel, de nem széles sávú fehér fény, hanem háromsávos fehér fény alkalmazásával. Ezek a mérések az előző mérésektől eltérő eredményt adtak, holott a kolorimetriai számítás szerint azonosnak kellett volna lenniük.

Megvizsgálta a kiegészítő színek hullámhosszának vizuális egyezését az 1964-es CIE megfigyelőhöz képest, és az egyezés nem volt megfelelő.

Mérési eredményei alapján megállapította, hogy a CIE színmérő rendszer sok hibát és ellentmondást tartalmaz, és ezek az ellentmondások eddig is sok problémát okoztak, és a jövőben még több problémát fognak okozni.

Összefoglalás

A színmérés kezdetben teljesen vizuális alapon történt. Aztán Newton idejétől számítva (és a CMF függvények alkalmazásából eredő ellentmondások kiküszöbölése érdekében) egy elegáns, csillogó matematikai szerkezetté nőtte ki magát, mely széles körben használhatónak bizonyult. Alkalmazása elterjedt a színmérés elméletében és minden gyakorlati alkalmazásában, és természetesen az oktatásban [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18] és a művészetben [19] is.

Thornton véleménye szerint a szín nem más, mint a látás egy jelensége, amelynek a látáson kívül nincs más használható értelme. Ésszerűen a kolorimetria egyetlen képviselője a látás kellene legyen. A vízuális érzékelésnek és a kolorimetriai értékelésnek azonosnak kellene lennie. Ez a cél azonban még igen messze van.

Thornton végül is arra a végkövetkeztetésre jutott, hogy a színtudományt és a színmérés tant ma már nem a CMF adatokra, hanem magára a vizuális érzékelésre kellene alapozni [20].

IRODALOM

[1] Newton, I.: Opticks: Or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light-Based on the Fourth Edition London, 1730
[2] Goethe, J., W.: Zur Farbenlehre. Bd. 1. Tübingen, 1810. Lelőhely: http://www.deutschestextarchiv.de/
[3] Grassmann, H. On the theory of compound colors. p.254-264, 1854.
[4] Faragó Péter (WERNER HEISENBERG): Goethe és Newton színelmélete a modern fizika megvilágításában. Matematikai és Fizikai Lapok, 1941. VI. évfolyam 1. szám, 2002. január
[5] Wyszecki-Stiles: Color Science, Wiley, 1966
[6] Gegenfurtner, K.R., Sharpe L.T. 1999: Color Vision from Genes to Perception, University Press, Cambridge, 1-492
[7] W. A. Thornton: Toward a more accurate and extensible colorimetry. Part I. Introduction. The visual colorimeter-spectroradiometer. Experimental results, Color Res. Appl. 17,79- 122 (1992).
[8] W. A. Thornton: Toward a more accurate and extensible colorimetry. Part II. Discussion, ColorRes. Appl. 17, 162-186 (1992).
[9] W. A. Thornton: Toward a more accurate and extensible colorimetry. Part III. Discussion (continued), Color Res. Appl. 17, 240-261 (1992).
[10] Gy.Ábrahám, H.Körösi, J.Schanda, K.Wenzel Anomalies in additive colour matches (Colour research and Application, Volume 20, Number 4, August 1995.
[11] Schanda, J.: Szín és észlelet, Színtervezés - Számítógépes felhasználás számára, Egyetemi tananyag, 2011
[12] Robert Hirschler: Light, colour, paints and pigments: A new concept in teaching colour for designers, architects and artists, AIC 2004 Color and Paints, Interim Meeting of the International Color Association, Proceedings 279
[13] Robert Hirschler and Jennifer Gay: Colour education and training for textile engineering and design, AIC Color & Textiles interim meeting, Maribor, Slovenia, 2002
[14] Robert Hirschler: Teaching Colour Wheels and Complementary Colours, Association Internationale de la Couleur (AIC) Interim Meeting in Stockholm June 15-18, 2008
[15] Szabó, F.: A szín észlelés fiziológiai alapjai, Lelőhely: www.vision.uni-pannon.hu
[16] László, P., Zana, J.: Fénytan és színtan, 2015, elfiz2.kee.hu/jegyzet/szintan/fenytan.html
[17] Wenzel, K.: Színtan, E-tankönyv, 2012-2013, e-tankönyv, Lelőhely: www.mogi.bme.hu
[18] Perge, E.: A színtan alapjaitól a nyomtatásig, 2007, Kós Károly Művészeti szakközépiskola, Lelőhely: www.eng.unideb.hu
[19] István G. Szabó, Károly Szelényi: Even Goethe would like it: an interactive presentation of colors 30-38
[20] W. A. Thornton: A System of Photometry and Colorimetry Based Directly on Visual Response, Published online: 20 Sep 2013 Pages 99-111

MEE Világítástechnikai Társaság

facebook.com/meevtt

Közúti forgalomirányító LED jelző lámpák optimális színe

– Urbin Ágnes –

Bevezetés

A közúti forgalomirányító jelző lámpák fényének célja a figyelem felkeltése és nem a világítás. Ennek ellenére világítástechnikai jellemzőik is fontosak, hiszen jól láthatónak kell lenniük. A színes jelzőlámpákkal szemben a másik fontos követelmény az, hogy a különböző színű lámpák színe jól megkülönböztethető legyen.

A korábbi MSZ 7626/2 illetve a ma érvényes EN 12675 szabvány a forgalomirányító jelző lámpák 5 alkalmazási területét különbözteti meg:

1. Hajózási forgalomirányító jelző lámpák
2. Légi közlekedési forgalomirányító jelző lámpák
3. Vasúti forgalomirányító jelző lámpák
4. Közúti forgalomirányító jelző lámpák
5. Gépkocsikon alkalmazott fényjelzések

Ezek közül cikkünk a közúti forgalomirányító jelző lámpák színeinek elemzésével foglalkozik világítástechnikai és színtani szempontból.

A közúti forgalomirányító jelző lámpák alkalmazásának története

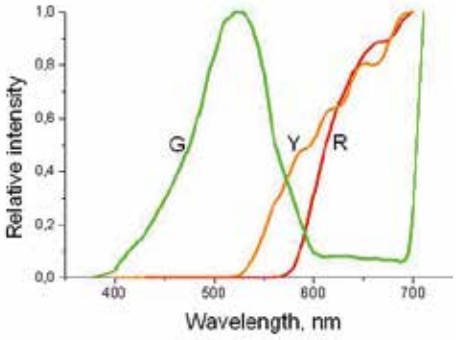
Az első közúti forgalomirányító jelző lámpát (más néven közlekedési lámpát, stoplámpát vagy villanyrendőrt) 1868. december 10-én helyezték forgalomba Londonban, a Westminster-palota előtt. Feltalálója John Peake Knight nottinghami vasútmérnök volt. Ez még gázüzemű lámpával működött és forgalomba helyezése után rövidesen felrobbant.

Az első zöld-piros elektromos lámpát 1912-ben Salt Lake Cityben egy rendőr találmányaként alkalmazták. Az első, három színt használó közlekedési lámpát pedig 1920-ban William Potts rendőrtiszt készítette el Michigan államban. Ezek a forgalomirányító lámpák ezután a gépkocsi forgalom növekedésével együtt gyorsan elterjedtek az egész világon.

Az általánosan elfogadott szabvány [1] szerinti három fény színe a piros, a zöld és a középen elhelyezett sárga. A szabványok erről a három színről ezen kívül semmi közelebbi információt nem tartalmaznak.

A hagyományos forgalomirányító lámpák színe

A legutóbbi időkig a forgalomirányító lámpák egyszerű wolfram-szálas izzóval működtek, melyek színét az eléjük helyezett üveg vagy műanyag bura határozta meg.



1. ábra. Wolfram-szálas izzóval és színes burával működő forgalomirányító lámpa spektrális emissziója. R a vörös (Red), Y a sárga (Yellow) és G a zöld (Green) lámpa emissziós görbéje

Megmértük egy újszerű állapotban lévő hagyományos forgalomirányító lámpa spektrális emisszióját a színes buráival szerelt állapotban [2]. A mérést a Budapesti Műszaki Egyetem Mechatronika, Optika

és Gépészeti Informatika Tanszékén, színtévesztés vizsgálati kísérletek végzése céljára beszerzett lámpákon végeztük el. A mérések eredménye az 1. ábrán látható. R a vörös (Red), Y a sárga (Yellow) és G a zöld (Green) lámpa emissziós görbéje.

Az 1. ábrán feltűnő, hogy a 400-700 nanométeres látható tartományon túl a hosszú hullámtartomány felé a vörös és sárga lámpa emissziós görbéje jelentősen növekedni látszik. A wolframszálas izzók sugárzásának legnagyobb része ugyanis az infravörös tartományba esik, ezért inkább kis kályhának, mintsem fényforrásnak nevezhetjük őket. A zöld lámpa színes burája ezt az infravörös sugárzást kiszűri.

Az 1. ábrát az emissziós görbék alakulásának jobb megfigyelhetősége kedvéért úgy rajzoltuk meg, hogy a 100 % érték mindhárom szín esetében a látható tartományban legyen.

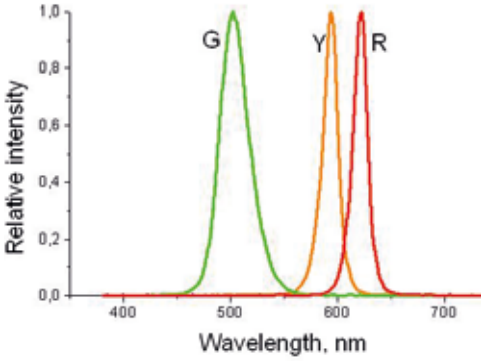
Az 1. ábrán átható, hogy a zöld színű lámpa színe jól elkülönül a sárgától és a vöröstől, de a sárga és a vörös között nincs nagy különbség. A sárga lámpa színe csaknem narancsszínű.

LED fényforrások a közúti forgalomirányításban

Az 1990-es években W.A. Thornton feltalálta a háromsávos (kompakt fénycsőnek nevezett) fényforrást [3]. Ezzel nagy energia megtakarítást lehet elérni, mivel csak a látható tartományban, és főleg az emberi szem érzékenységi maximumainak közelében sugározza ki energiáját. De a kompakt fénycső drága és kültéri alkalmazásra kevésbé alkalmas, ezért elsősorban a beltéri világításban terjedt el.

A XX. Század végének egyik jelentős felfedezése a LED fényforrás [4,5]. A közúti forgalomirányításban is kezd elterjedni, bár alkalmazásánál jelentkeznek kisebb nehézségek. Pl keskeny sugárzási szögtartománya miatt oldalról és alulról rosszul lehet látni. Ezt a hibát azonban a lámpatest megfelelő kialakításával ellensúlyozni lehet [6].

Megmértük egy gyári új LED forgalomirányító lámpa fényét [2]. A lámpát a SWARCO TRAFFIC HUNGÁRIA Kft. (a VILATI cég utódja) kölcsönözte számunkra a mérés céljára. Ezeket a lámpákat Németországból szállítják Magyarországra, készre szerelt állapotban. A közutakon fokozatosan cserélik le a korábbi forgalom irányító lámpákat ezekre a lámpákra. A méréseket Konica Minolta spektrofotométerrel végeztük. A mérések eredménye a 2. ábrán látható. A vörös LED maximális intenzitása 622 nm-nél, a zöld LED-é 502 nm-nél és a sárga LED-é 594 nm-nél van.



2. ábra. A ma forgalomirányításra használt LED jelzőlámpák spektrális emissziója. A vörös LED maximális intenzitása 622 nm-nél, a zöld LED-é 502 nm-nél és a sárga LED-é 594 nm-nél van.

Az új LED-lámpák fényének színe jelentősen eltér a hagymányos forgalomirányító lámpák színétől. Különösen nagy a különbség a zöld lámpák színe között. A hagyományos lámpák zöld színének maximális intenzitása 524-525 nm körül van, a LED lámpáké 502 nm-nél.

Felmerül a kérdés, hogy ez a különbség

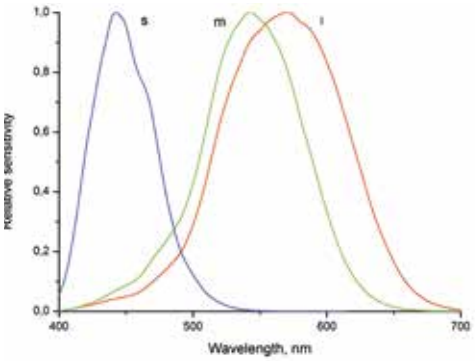
tudatos megfontolásból ered, vagy egyszerűen véletlenszerűen választottak a sok zöld színárnyalat közül egyet.

A LED fényforrások spektrális sugárzási tartománya nagyon keskeny. Ezért nem mindegy, hogy a szemünk spektrális érzékenységi tartományához képest hol helyezkedik el. A közúti forgalomban alkalmazott LED fényforrások hullámhosszának megválasztásánál ezért célszerű az emberi szem spektrális érzékenységi tartományából kiindulni [7, 8, 9].

Az emberi szem spektrális érzékenysége

Szemünk két féle érzékelővel (receptorral) rendelkezik [10]. Az éjszaka működő, nagy érzékenységű receptorok, a pálcikák csak sötétben működnek és színeket nem látnak. A nappali receptorok, a csapok viszont három félék: a vörös színre, a zöld színre és a kék színre érzékenyek. Angol nevük long-, middle- és short wave sensitive receptor, ezért jelölésük l, m és s betűvel történik.

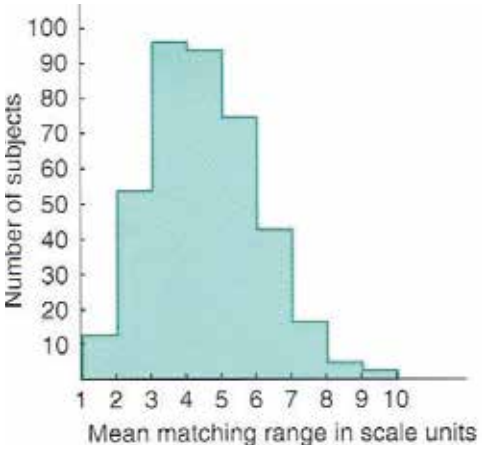
A csap- receptorok spektrális érzékenységi tartománya a 3. ábrán látható [10].



3. ábra. Az emberi szem csap-receptorainak spektrális érzékenysége. l a vörös-, m a zöld- és s a kék-érzékeny receptorok érzékenysége

A 3. ábrán látható, hogy a vörös-érzékeny l és a zöld-érzékeny m receptor érzékenységi tartománya közel esik egymáshoz, és nagymértékben átfedi egymást. A vörös-érzékeny receptor érzékenységi maximuma 570, a zöld-érzékeny receptor érzékenységi maximuma 543 nm-nél van.

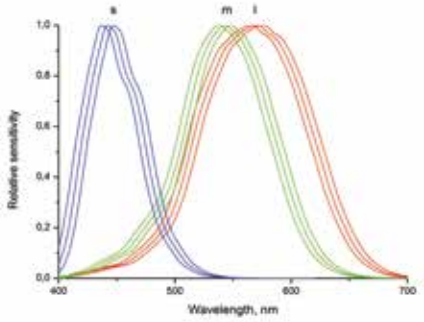
A 3. ábrán látható érzékenységi görbék ráadásul csak a CIE által definiált „átlagos színmérő észlelő"-re [11] igazak. Az emberek minden jellemzője, így a színlátása is különbözik egymástól. Még a jó színlátók színlátása között is jelentős eltérések vannak. A 4. ábrán 400 jó színlátású ember anomaloszkópon mért eredménye látható [12]. Az eredmények +/- 5 osztáson belül szórnak. Ez a színérzékenységi görbéknek körülbelül +/- 5 nm-en belüli eltolódásaiból ered.



4. ábra. 400 jó színlátású személy anomaloszkópon mért színlátás mérési eredményének gyakorisági diagram

Az 5. ábrán megrajzoltuk a jó színlátó, de egymástól +/-5 nm-en belül eltérő spektrális érzékenységű személyek érzékenységi görbéit. Megállapíthatjuk, hogy az l és m görbék egymáshoz nagyon közel kerülhetnek, ha az l éppen a rövid hullámok felé eső részen, az m pedig a hosszabb hullámok felé eső részen van. Az ilyen ember, bár a jó szín-

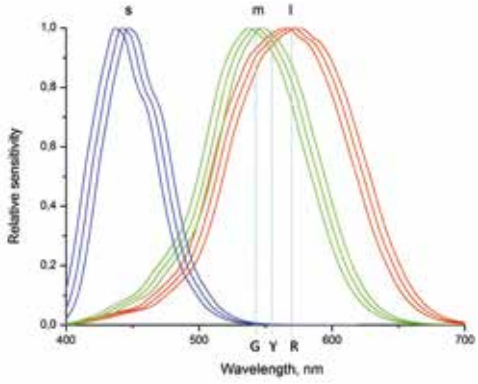
látók (úgynevezett „normál színlátók") közé tartozik, csak gyengén tudja megkülönböztetni a vörös színeket a zöldektől.



5. ábra. Jó színlátású de egymástól +/-5 nm-en belül eltérő spektrális érzékenységű személyek érzékenységi görbéit

A LED jelzőlámpák hullámhosszának ideális helye energetikai szempontból

Energetikai szempontból legjobbnak tűnik, ha a vörös LED jelzőlámpa hullámhossza az l és a zöld jelzőlámpa hullámhossza az m érzékenységi görbe maximumának közelében lesz. A sárga lámpa hullámhosszának pedig a vörös és a zöld LED hullámhossza között kell lenni. A 6. ábrán megrajzoltuk ezt az esetet.

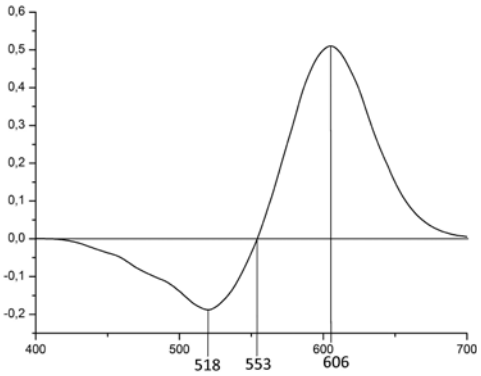


6. ábra. LED lámpák energetikai szempontból kedvező hullámhossza, R (Red) a vörös, G (Green) a zöld és Y (Yellow) a sárga fényt jelenti.

A 6. ábra alapján megállapítható, hogy a vörös (R), a zöld (G) és a sárga (Y) fények bizonyára nagyon jól láthatók, de színük alig különböztethető meg. Az R egy kicsit narancsos sárga, a G egy kicsit zöldes-sárga, és mindkettő alig különbözik a sárga fénytől. Ez tehát semmiképpen nem lenne jó megoldás [13].

A LED jelzőlámpák hullámhosszának ideális helye a szín megkülönböztethetőség szempontjából

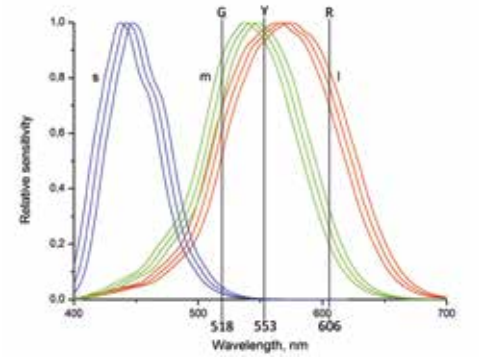
A színmegkülönböztethetőség minden hullámhosszon attól függ, hogy a spektrumnak azon a helyén mekkora a különbség az l és az m receptor érzékenysége között. Ha képezzük az l és m értékek különbségét, akkor az l-m opponens görbéhez [14] jutunk (7. ábra).



7. ábra. L-m opponens görbe

Az opponens görbe maximum pontjánál alakul ki a legtisztább vörös, minimumánál a legtisztább zöld, és ahol értéke 0, ott a sárga szín észlelet. Ezeket a hullámhosszakat a 8. ábrán berajzoltuk a normál színlátó szem spektrális érzékenységi görbéibe.

A kialakuló szín-észlelet érdekes módon azonban nem egyezik meg az opponens görbe maximum- és minimum helyei alapján várt értékekkel. Az opponens görbék alapján a legtisztább zöld szín 518 nm-nél, a legtisztább sárga 553 nm-nél, a legtisztább vörös pedig 606 nm-nél található.



8. ábra. LED lámpák szín megkülönböztethetőség szempontból kedvező hullámhossza, R (Red) a vörös, G (Green) a zöld és Y (Yellow) a sárga fényt jelenti.

Dr. Nagy Balázs [15] vizuális szín-megnevezési kísérletei alapján viszont a legfontosabb színek helye a spektrumban a következő:

Indigókék	455 nm
Kék	475 nm
Zöldes kék (türkiz)	495 nm
Zöld	525 nm
Sárgás zöld	555 nm
Sárga	575 nm
Narancs sárga	595 nm
Vörös	615 nm

A zöld szín helye csak 7 nm-rel, a vörös 9 nm-rel, de a sárga 22 nm-rel különbözik az opponens görbék alapján várt értékektől és a vizuális mérésekhez képest.

Optimum keresés

Az eltérő szempontok alapján meghatározott különböző adatokat mérlegelve a következő megoldás tűnik optimálisnak.

Vörös lámpa

A vörös lámpa optimális hullámhossza 620 nm. Ez körülbelül megegyezik a hagyományos Wolframszálas izzóval és színes burával működő lámpa színével, a ma használatos LED jelzőlámpák színével és a vizuális kísérletek is alátámasztják, hogy ezt tekintjük a legszebb vörös színnek.

Zöld lámpa

A zöld lámpa optimális hullámhossza 520 nm. Ez nagyjából megegyezik az opponens görbéből várt 518 nm-es értékkel, és a vizuális kísérletek is alátámasztják, hogy ezt tekintjük a legszebb zöld színnek. A hagyományos Wolframszálas izzóval és színes burával működő lámpa zöld lámpa fényének maximális sugárzási teljesítménye is 524-525 nm-nél van.

Ugyanakkor az 520 nm jelentősen eltér a ma forgalomirányításra használt LED jelzőlámpák 502 nm-es hullámhosszától, amelynek színe inkább kékeszöld, mint zöld. Az 502 nm egyébként is nagyon közel van a normál színlátók türkiz színének hullámhosszához. Ez azért kedvezőtlen, mert a +/- 5 nm szórásból eredően az 502 nm-es fényt sokan fakónak, színtelennek látják.

Sárga lámpa

A sárga lámpa optimális hullámhossza 575 nm. Ez az érték ugyan jelentősen eltér az opponens görbéből várt 553 nm-es értéktől, eltér a ma forgalomirányításra használt LED jelzőlámpák 594 nm-es narancs színétől és eltér a hagyományos Wolframszálas izzóval és színes burával működő lámpa narancssárga színétől is. Viszont jól megkülönböztethető mind a vörös, mind a zöld lámpa színétől, és a vizuális kísérletek is alátámasztják, hogy ezt tekintjük a legszebb sárga színnek.

Konklúzió

A forgalomirányító lámpák színének elemzése és az emberi szem színérzékenysége alapján meghatároztuk a LED forgalomirányító lámpák optimális színét. A 620 nm hullámhosszúságú vörös,

az 520 nm hullámhosszúságú zöld és az 575 nm hullámhosszúságú sárga szín bizonyult optimálisnak.

Ezek az értékek jelentősen eltérnek a ma alkalmazott LED forgalomirányító lámpák színétől. Azoknál ugyanis a vörös 622 nm hullámhosszúságú (ez nem tér el nagyon), de a zöld 502 nm hullámhosszúságú, és a sárga 594 nm hullámhosszúságú.

HIVATKOZÁSOK

[1] EN 12675 szabvány, Közúti forgalomirányító jelző lámpák

[2] K. Wenzel, Á. Urbin: Traffic lights – from the point of view of colour vision deficiency, Proceedings of the XVth Lux et Color Vesprimiensis Symposium, 2016, ISBN: 978-963-313-238-8

[3] W. A. Thornton: Toward a more accurate and extensible colorimetry. Part II. Discussion, Color Res. Appl. 17, 162-186 (1992)

[4] Schanda J.: Világító diódák a közutakon, Közvilágítási Ankét, 2009, Budapest

[5] Kránicz, P. Csuti: Integral approximating sums for goniophotometric measurements, Lumen v4, 2012. szeptember 24-25, Bratislava, Slovak Republic

[6] K. Samu, V. Zsellér: Modern LED-es közvilágítási lámpatest kiterjedt lencsés leképező optikájának mechanikai integrációja, OGÉT 2015: XXIII. Nemzetközi Gépészeti Találkozó. Csíksomlyó, Románia, 2015.04.23-2015.04.26. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), pp. 290-293.

[7] Schanda J.: Szilárdtest fényforrások alkalmazása a közvilágításban, látásfikai alapok, Világítástechnikai Évkönyv, 2010-2011, 4-9. oldal.

[8] Szabó Ferenc, Schanda János: Észlelt világosság vizsgálata LED-es közvilágítás esetén, XLII. Közvilágítási ankét, 2011. május 19-20, Sárospatak

[9] Némethné Vidovszky Á., Schanda J.: Látás a közúton, Világítástechnikai Évkönyv, 2009, 33-48. oldal, ISBN 978-963-06-7098-2

[10] Gegenfurtner, K.R., Sharpe L.T.: 1999: Color Vision from Genes to Perception, University Press, Cambridge, 1-492

[11] Commission Internationale de l'Eclairage: Colorimetry, 2000

[12] Birch, J.: Diagnosis of Defective Colour Vision, Butterworth- Heineman, 1993

[13] K. Samu, V. Zsellér: Közepes teljesítményű LED-es fényforrást alkalmazó közvilágítási leképező optikák színszétválasztása, OGÉT 2016: XXIV. Nemzetközi Gépészeti Találkozó, 24th International Conference on Mechanical Enginering. 516 p.

[14] Mollon, J.D., Pokorny, J., Knoblauch, K.: Normal & Defective Colour Vision, Oxford University Press, 2003

[15] B. V. Nagy, Z. Németh, K. Samu, Gy. Ábrahám: Variability and systematic differences in normal, protan, and deutan color naming, Front Psychol. 2014; 1416, Published online 2014 Dec 9. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01416

Elmélet és gyakorlat a színek, a megvilágítás világából[1)]

– Erbeszkorn Lajos okl. villamosmérnök, okl. nukleáris elektronikai szakmérnök gondolatai –

Az előző Évkönyvben megjelent cikkemhez [1] hasonlóan itt is azzal kezdem, hogy a Nap sugárzási spektruma – eltekintve a légkör szűk abszorpciós sávjaitól – jól közelíthető a 6000 K hőmérsékletű fekete-test emissziós spektrumával. Most is a fekete-test és a fényforrások energia-spektrumainak közvetlen összehasonlítását javasolom a fényforrások színhőmérsékleteinek meghatározására, amelyet megkülönböztetésül ekvivalens színhőmérsékletnek neveznék. Tekintélyes laboratórium mérési eredményeit is figyelembe véve [2] szükségesnek tartom a változtatásokat a színek méréstechnikájának területén.

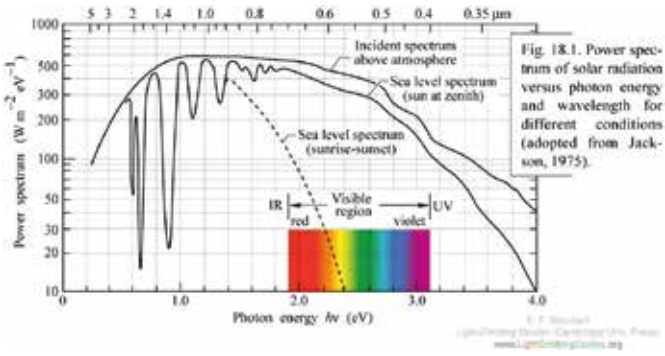
1. Bevezetés

A színérzeteket (az átlagos emberi szemagy együttes feldolgozásának megfelelően) különböző módszerekkel osztályozzák és nevesítik. A valóságot – az emberi fejlődés során – a Nap által kibocsátott fénysugárzás jelentette. Ehhez alkalmazkodott az emberi szem-agy együttes (1. ábra).

Jól érzékelhetően ebben az energia-tartományban az eloszlások viszonylag simák és folyamatosan csökkenő jelleget mutatnak. Ezért a Planck-görbék nagyon jól közelítik a valóságot.

2. Ellenőrző mérések a színelmélettel kapcsolatban

1931-ben a CIE (Comission Internationale d'Eclairage) szakértői elfogadtak egy színérzet diagramot. Ezáltal a színérzet tartomány egy jelentős részét, a barna árnyalatokat – a zöld és vörös sávok különböző keverékeiből – kizárták az érzetek közül. Ráadásul a színérzet diagramba a különböző hőmérsékletű Planck-görbék színérzetét is feltüntették, és erre a nem egyértelmű, szubjektív tényezőre alapozva írták elő a fényforrások színhőmérsékletének megállapítását. Emiatt – a józan paraszti ésszel rendelkező – a gyakorlathoz kötődő felhasználók nem követték az elméleti csűr-csavart és annak időbeli változásait.



1. ábra. A sugárzás energia spektruma a fénytartományban és környezetében [3]

A CIE matematikát tartalmazó összefüggések manapság bekerültek a mobil-programokba sőt a mérőeszközökbe is. Azonban a megbízható, például a biztonsági arcfelismerő vagy diagnosztikai programok céljaira már alkalmatlanok.

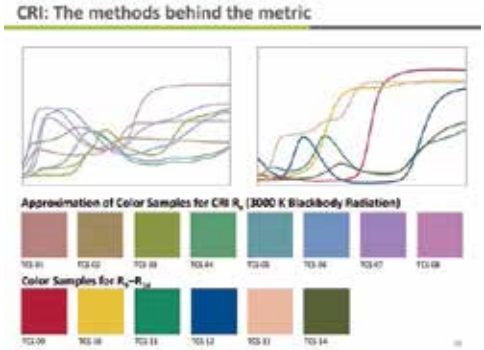
Feltételezhetően ezért az USA független, jól felszerelt nemzeti laboratóriuma (U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Re-

[1)] Ezen írás, ahogy arra az alcím is utal, a szerző saját, a MEE Világítástechnikai Társasága és a nemzetközi szakmai szervezetek álláspontjától különböző gondolatait tükrözik. A színvisszaadással kapcsolatban az olvasó figyelmébe ajánlják e kötet szerkesztői a CIE "POSITION STATEMENT ON CRI AND COLOUR QUALITY METRICS (OCTOBER 15, 2015)" című dokumentumát (http://www.cie.co.at/publications/position-statement-cri-and-colour-quality-metrics-october-15-2015), valamint a CIE 224:2017 és az IES TM-30 dokumentomak. Ez utóbbi két dokumentum megvásárolható a CIE, illetve az IES webshopjában.

2. ábra. Napfény és azonos színhőmérsékletűnek tartott LED fényével megvilágított felületek egymás alatt [2]. Az első két felület bőrszint reprezentál.

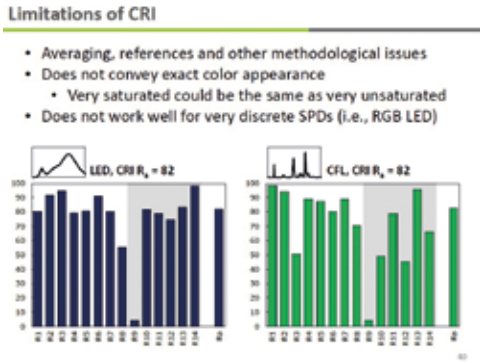
newable Energy) kaphatta meg a feladatot a színek méréstechnikájának ellenőrzésére [2]. A hitelesség kedvéért az eredeti angol feliratú ábrákat közlöm (2. 3. és 4. ábra).

Többek között napfényben és az annak megfelelő színhőmérsékletű LED-fényforrás fényében fényképezték le a különböző színérzetű felületeket (2. ábra). A tapasztalt különbségek mutatják a fényforrás színhőmérsékletének megállapítására vonatkozó algoritmus alkalmatlanságát illetve a „fehér LED" spektrumának jelentős eltéréseit a napsugárzás spektrális eloszlásától.



3. ábra. A referencia felületek mért, vázlatos spektrumai 3000 K-es fényforrással [2]

A CRI (Colour rendering index) azaz a színvisszaadási index (mint a másik tömörített jellemző) sem ideális a színhűség visszaadására (3. ábra). Nyolc vagy 14 (+1) különböző referencia spektrumú felület mérését eszközlik és azok átlagértéke adja az eredményt (4. ábra).



4. ábra. Teljesen eltérő spektrumú fényforrások, de a színvisszaadási indexük azonos: 82 [2]

A vörös tartományban mindkét fényforrás elégtelen osztályzatot kaphat, mivel a gyártók a láthatósági függvény alapján ezt a tartományt elhanyagolhatónak tartják. A különböző spektrumaik birtokában (4. ábra) az is nyilvánvaló, hogy a teljesen eltérő reflexiós, transzmissziós és szóródási indikatrixel rendelkező környezetük színhűségét más és más módon jelenítik meg a szem-agy együttes számára. (Sok hűhó semmiért!)

3. Hazai gyakorlat

Nyilván a gyakorlat – az elmélet vaskos hibái következtében – más utakat jár. A festékboltokban leggyakrabban előforduló márka a Trinát zománcfesték. 25 kész, kikevert színminta a választék, amelyekből további színárnyalatok hozhatók létre (5. ábra).

A festőművészek olajfestékeinek választéka (PANNONCOLOR) bővelkedik a CIE

színérzet diagramból kimaradt lényeges árnyalatokkal (6. ábra). Nyilvánvalóan mind az 5. és 6. ábra színválasztéka tartalmazza a CIE színérzet diagramból kirekesztett színérzet-tartományokat. Tehát a gazdaságossági és technológiai szempontok alapján behatárolt, a gyakorlatban igényelt, a természetben bőven létező színválaszték az elméleti színmintákkal csak részben alkalmas az azonosításra.

5. ábra. A Trinát zománc színválaszték bizony tartalmazza a barnás színárnyalatokat is

6. ábra. A PANNONCOLOR – a művészek által kipróbált és magas színvonalúnak tartott – a palettákra kerülő választéka

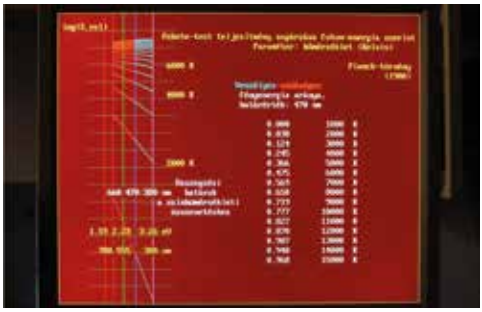
A lambéria színezésére szolgáló festék-anyagokról ne is szóljunk, mert azok majdnem mind az „elhanyagolt" színérzet-tartományba esnek.

Az internetes keresőbe a „festékek színskála" kifejezést beírva számtalan, különböző gyakorlati útmutatót találunk.

4. A megoldási lehetőség

A fényforrások tömörített jellemzőinek [4] a jelenleg használt és a valóságtól eltérést mutató meghatározása miatt át kellene térni a Planck-görbékkel történő közvetlen összehasonlításokból származó információk megadására.

A színhőmérséklet a veszélyes (nagyenergiájú) és a szükséges fényenergiák arányából is számítható (7. ábra). Az összegzési határokat és az arányokat az ábra tartalmazza. A jobboldali oszlop az adott arányhoz tartozó fényforrás ekvivalens színhőmérséklete.



7. ábra. A referenciaként szolgáló arányok

A színvisszaadási index lecseréléséhez az adott fényforrás energia spektrumából és az általa meghatározott Planck energia eloszlásból [1] pontosabban összehasonlításukból célszerű kiindulni. Az összehesonlításhoz a két spektrumot egymáshoz normálni szükséges, mégpedig a spektrumoknak a fénytartományba eső (1,59 – 3,26 eV azaz 780 nm – 380 nm) összenergiájuk alapján. Azután a már azonos összenergiával (referencia energia) rendelkező spektrumok energia különbségeinek abszolút értékeit összegezve a fénytartományban, azt

a referencia energiához viszonyítjuk. Ezt az arányt el lehet nevezni hamis szín indexnek. Az angol megfelelője a „false colour index", rövidítve FCI lehetne. Ha ez az érték nulla, akkor a színhűség tökéletes, hiszen a fényforrás gyakorlatilag utánozza a Nap adott színhőmérsékletű fény-spektrumát. Nincsenek hamis színek, a valószínűségük nulla!

Végeredményként a korrelált színhőmérséklet helyett a valóságot jobban közelítő ekvivalens színhőmérsékletet, a színvisszaadási index helyett az energia spektrumokra alapozott hamis szín indexet lenne célszerű alkalmazni a fényforrások tömörített minőségi jellemzőiként.

5. Következtetések

Az orvos-biológia új ismeretei, a fényforrások technológiájának rohamos fejlődése, a színek megbízható azonosítását megkövetelő új eljárások szükségessé teszik megfelelően objektív színazonosítási módszerekre történő váltást.

A fényforrás gyártókra hárul a feladat, hogy ne a maximális fényhasznosításra törekedjenek adott, a színek hűségét megkövetelő esetekben, hanem egy kiválasztott Planck-görbe minél tökéletesebb megközelítésére még az elhanyagolhatónak tűnő kisebb energiájú fotontartományokban is.

Célszerű lenne, ha a gyorsan változó világunkban, az egyes ajánlások, szabványok tartalmaznák az előírt felülvizsgálati időpontjukat is. Az adott szakértők, szakcsoportok nem az örökkévalóságnak dolgoznak, különösen akkor, amikor az ajánlásaik más és még fejlődő szakterületekhez kötődnek.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Erbeszkorn Lajos: A Planck-eloszlásokról és a fényforrások ekvivalens színhőmérsékleteiről, Világítástechnikai Évkönyv 2016-2017, 166-171. oldal

[2] Naomi J. Miller, FIALD (Fellow of the International Assotiation of Lighting Designers) FIES (Fellow of the Illuminating Engineering Society); Mihael Royer PhD; (Pacific Northwest Laboratory, Portland, OR, USA): Color Spaces and Planckian Loci: Understanding all those Crazy Color Metrics, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy miller_royer_color_portland2013.pdf

[3] E. F. Schubert, Light-Emitting Diodes (Cambridge Univ. Press) www.LightEmittingDiodes.org

[4] Erbeszkorn Lajos: A LED-ek fényének minőségi jellemzőit tömörítő paraméterekről, MEE VTT IX. LED Konferencia, Budapest, 2018. február 6-7.

KÖZEL HÁROM ÉVTIZEDE

AZ ÉPÜLETVILLAMOSSÁG, A VILLANYSZERELÉS ÉS AZ ÉPÜLETTECHNIKA SZOLGÁLATÁBAN!

Legyen Ön is előfizetőnk, látogasson el honlapunkra, iratkozzon fel hírlevelünkre, keresse oldalunkat a Facebook-on!

elektro INSTALLATEUR

WWW.ELEKTROINSTALLATEUR.HU

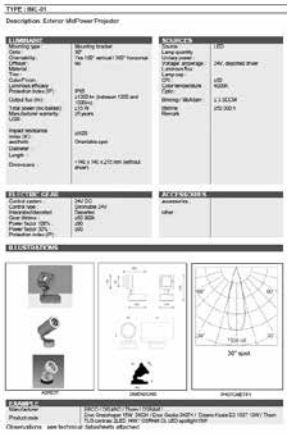
Ipar 4.0 szerű folyamat LED-es lámpatestek tervezésére: a Delphi4LED projekt legújabb eredményei[1]

– Poppe András –

1. Bevezetés

Mind az Elektrotechnika c. folyóiratban, mind a Világítástechnikai Évkönyv e jelenlegit megelőző néhány kötetében több cikket is közöltünk a modern teljesítmény LED-ek mérésével, modellezésével és a modellezés révén kialakított új megoldásokkal kapcsolatban [7]-[12]. Jelen kötet is egy külön cikkben taglalja a LED-es lámpatestek modell alapú fejlesztésének egyes vonatkozásait [7].

1. ábra. Jellegzetes spot-light lámpatest példa [4].



2. ábra. Az 1. ábra szerinti ún. "10 W-os spot-light" kategóriájú lámpatest általános fénytechnikai specifikációjának részletei [4].

Jelen cikk a LED-es lámpatestek tervezésével kapcsolatos legújabb, a Delphi4LED projektben [2] elért eredményeket mutatja be.

2. Ipar 4.0 a világítástechnikában

Az ún. "Ipar 4.0" korszakot a tervezési és gyártási folyamatok lehető legteljesebb körű számítógépesítése, azaz a digitalizáció jellemzi. Az EU H2020-as kutatási keretprogramja által támogatott Delphi4LED projekt [2] fő célja az, hogy a szilárdtest-világítástechnikai iparban is elősegítse a tervezési folyamatok digitalizációját azzal, hogy olyan új mérési, modellezési és szimulációs eljárásokat fejleszt ki, amelyek révén lehetővé válik a különböző integráltsági szintű (tok, modul, lámpatest) LED-es alkalmazások ún. multi-domain karakterizációja [8]. Ennek alapját a LED-ek multi-domain modelljei [11] jelentik, amelyek együttesen, konzisztens módon írják le egy LED tok elektromos, alapvető fénytechnikai és termikus tulajdonságait. Ilyen LED modellt az alkalmazási környezet termikus modelljébe ágyazva lehetővé válik a LED-es alkalmazás (pl. közvilágítási lámpatest) valós üzemi körülményeket tükröző szimulációja, az ilyen alkalmazások robosztus tervezése [7], [10], [11].

A Delphi4LED projektben kialakított modellezési módszertan általános abban a tekintetben, hogy a LED tokoktól kezdve teljes lámpatestig alkalmazható az adott fizikai objektum ún. digitális ikrének elkészítésére, amely digitális iker a terméktervezés során alkalmazott optimalizáció szimulációs kísérletei számára pontosan modellezi a kérdéses objektumot.

A Delphi4LED modellezési és szimulációs módszertant az 1. ábra szerinti architektúrájú LED-es fényvető ("10 W-os LED-es spot")

[1] Ez az írás a szerző által a 2018. évi Lux et Color Vespremiensis konferencián tartott hasonló témájú előadás [1], valamint a Delphi4LED projekt [2] partnerekkel közösen egyéb konferenciákon (pl. 2018. évi CIE D2 Workshop [3], 2018. évi THERMINIC Workshop [4], LS16 konferencia [5], 2018. évi Lumen V4 konferencia [6]) előadott, illetve publikált közös eredmények alapján készült.

példáján keresztül mutatjuk be. A lámpatest tervezés számára a globális specifikációt (2. ábra) a projektben dolgozó világítástervező cég adta meg.

3. ábra. A Delphi4LED projekt elképzelése a LED-es termékek digitalizációjáról, a fizikai eszközök (LED tokok) digitális ikreinek felhasználásával történő virtuális prototípusgyártásról.

A Delphi4LED projekt szerinti egyes lépéseket[2)] szemlélteti a 3. ábra. Az egész modellezési-szimulációs folyamat szempontjából kulcsfontosságú a LED tokok multi-domain kompakt modellje, amely a fizikai LED tok ún. termikus határfeltételektől független dinamikus termikus hálózati modelljéből és a LED lapkaszintű, kombinált elektromos, termikus és optikai áramkör-szimulációs modelljéből (ún. Spice típusú modelljéből) áll. Természetesen a Delphi4LED projekt része volt a vonatkozó multi-domain mérési eljárások és módszerek kifejlesztése is, amelynek alapját a legújabb LED méréstechnikai szabványok [12] és ajánlások [13] jelentik.

A következőkben, az 1. ábra szerinti architektúrájú, a 2. ábrán szereplő globális specifikációt kielégítő LED-es lámpatest tervezése során szükséges modellek kapcsán bemutatjuk a 4. ábra szerinti tervezési folyamat egyes lépéseit.

3. Digitális ikrek a virtuális prototípusokban

A 4. ábrán látható munkafolyamat alapját a LED tokok multi-domain mérése jelenti, amelyet a JEDEC LED termikus mérési szabványok és a legújabb CIE ajánlások alkalmas kombinációjával lehet megvalósítani. Ezek révén, a LED lapkák aktív felületének hőmérsékletét szabályozva együttesen megmérhető a LED-re jellemző ún. izotermikus IVL karakterisztikák és $Z_{th}(t)$ termikus impedancia görbék serege. A LED tokok termikus modellezése során a termikus impedancia görbék helyett gyakran a velük azonos információtartalmú ún. struktúra függvényeket alkalmazzák [13].

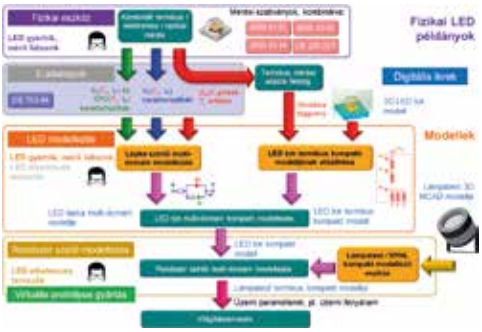
Mivel a hőmérséklet azon legfontosabb működési paraméter, amely a legjelentősebben befolyásolja egy LED-es alkalmazás működését, a LED tokok, modulok és lámpatestek termikus modellezése kulcskérdés. Ahogy az a 4. ábrán is látható, a LED működés ún. multi-domain jellegét lapka szinten vesszük figyelembe. Ehhez az (lenne) szükséges, hogy a LED gyártók ilyen lapka szintű multi-domain áramköri modellek paramétereit, vagy az ezen paraméterek megállapításához szükséges (izotermikus IVL) karakterisztikákat egy egységes formátumú elektronikus adatlapon az alkalmazástervezők rendelkezésére bocsássák. Jelenleg ettől még távol állunk, mindazonáltal a CIE TC2-84-es műszaki bizottsága azon fáradozik, hogy definiálja azt a minimális LED karakterisztika halmazt, amely elengedhetetlenül szükséges a multi-domain modellezés számára, valamint ajánlásokat dolgozzon ki az ilyen mérési eredmények elektronikus formátumban való közlése számára [15].

Egy LED lapka digitális ikre a korábbi publikációinkban bemutatotthoz [11] hasonló, de azóta már jelentősen továbbfejlesztett, pontosabb ún. Spice jellegű áramkör-szimu-

[2)] Ezen lépések megfeleltethetők a projekt egyes munkacsomagjainak is: WP2 – méréssel történő karakterizáció, WP3 – LED lapka, tok és lámpatest szintű modellezés, WP4 – szabványosítás, WP5 – implementáció, projekteredmények hasznosítása és elterjesztése.

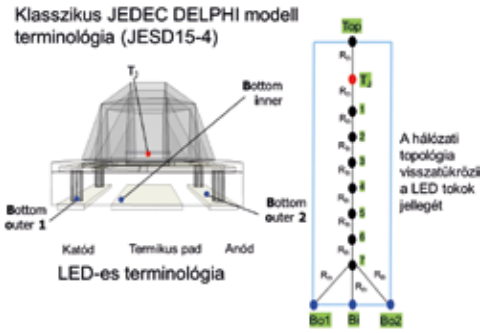
lációs modell [16], [17]. A modell legújabb implementációja generikus Spice hálózatlista formában is és Visual Basic makro formájában is elkészült. Ez utóbbit tartalmazza az az egyszerű Microsoft® Excel alkalmazás is, amivel az 1. ábra szerinti lámpatest LED-es változatának demonstrációs célú tervezése történt.

Véleményünk szerint a jövőben a multi-domain modellezéshez szükséges mérések elvégzése és a mérési eredmények alapján a modell paraméterek meghatározása a LED gyártók feladata lesz.



4. ábra. A Delphi4LED projekt által javasolt munkafolyamat LED tokok, modulok és LED-es lámpatestek digitális ikreit felhasználó virtuális prototípusgyártásról és az egyes tervezési fázisokban igénybe vett tervező szoftverekről, azok tipikus felhasználóiról.

A LED tokok digitális ikreinek előállítási folyamata a tok struktúra függvények segítségével kalibrált részletes háromdimenziós termikus szimulációs modelljének előállításával kezdődik [18]. Az ilyen modellek a tokozásra vonatkozó gyártási titkot is tartalmazhatnak, ezért ilyen modelleket nem adnak közre a gyártók, bár a végfelhasználók maguk is készíthetnek ilyen modelleket (ahogy az esetünkben is megtörtént a Delphi4LED projektben). A termikus modellezés következő lépése az, hogy a JEDEC ún. DELPHI módszertanát [19] követve egy optimalizációs folyamat eredményeképpen [17], [18] előáll a LED tok termikus kompakt modellje (5. ábra). Az elektronikai iparban az ezen a területen kialakult gyakorlat szerint a tokok termikus kompakt modelljeit a félvezetőgyártók készítik el – a jövőben hasonló várható a LED gyártók esetében is. A Delphi4LED projekten belül már ún. dinamikus termikus kompakt modelleket készítünk; a lapka szintű modellekhez hasonlóan ezeket Spice típusú áramkörszimulációra alkalmas hálózati modellekként is megkaphatjuk. Ezek a tok modellek – hőforrásként a lapka szintű multi-domain modell termikus kimenetét használva – beépítésre kerülnek a lámpatest termikus tulajdonságait tükröző digitális ikrébe.



a) b)

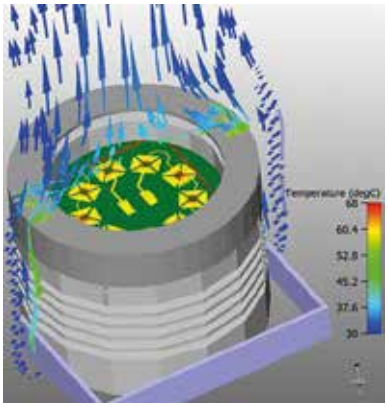
5. ábra. a) Egy LED tok 3D modelljének főbb alakzatai JESD15-4 szerinti csomópontazonosítókkal, b) az ehhez illesztett dinamikus termikus kompakt modell topológiája (minden csomópont egyben egy hőkapacitást is képvisel) [18].

A termikus kompakt modellek egyik fontos tulajdonsága az, hogy szemben egy részletes háromdimenziós modellel, ezekből már semmiféle, a tokozásra vonatkozó érzékeny gyártási információ már nem olvasható ki, így az ilyen modellek korlátozás nélkül publikálhatóak.

A tokozott LED lapkák végső digitális ikre a Spice netlista formátumban adott lapka+tok modell.

6. ábra. Az 1. ábra szerinti lámpatest architektúra egy LED-es változatának MCAD modellje [4].

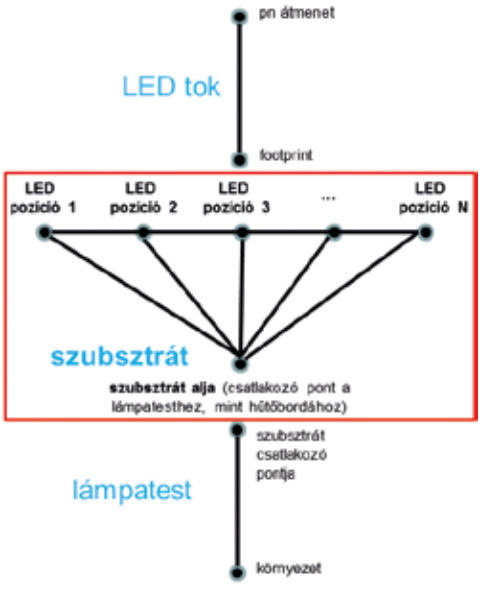
Termikus szempontból egy LED-es lámpatest egy több hőforrásos rendszer, ahol hőforrásként a LED tokok termikus forraszfelületeit (footprint-jeit) tekintjük. A lámpatest egyik lehetséges digitális ikre a lámpatest mechanikai CAD modellje (6. ábra). Ennek termikus kompakt modellje, mint a lámpatest termikus digitális ikre, ebből a 4. ábrán jelzett lámpatest kompaktmodellező eszközzel előállítható. Erre az egyik lehetséges módszer az ún. termikus karakterizációs mátrix felhasználása [20]. E mátrix elemeit a lámpatest MCAD modellje alapján előállított részletes 3D modellt alkalmazó CFD szimulációk (7. ábra) sorozatával állíthatjuk elő.



7. ábra. A 6. ábra szerinti MCAD modellt felhaszaló egyik CFD szimuláció eredményközlése [4].

Egy LED-es lámpatest teljes digitális ikrét az imént vázolt multi-domain LED tok model (lapka + tok termikus kompakt modell) az egyes beépített LED-eket reprezentáló példányainak és a lámpatest termikus kompakt modelljének az együttese alkotja.

a)



b)

8. ábra. a) a modellezett áramköri hordozó b) az áramköri hordozó termikus kompakt modelljének topológiai vázlata a modell termikus csatlakozó pontjaival [4].

Elképzelhető, hogy a lámpatest kompakt termikus modelljét a lámpatest házba beépített LED modul áramköri hordozójának kompakt modellje és a lámpatestház, mint hűtőborda kompakt termikus modellje

együtteseként állítjuk elő. Ekkor a lámpatestház hűtő hatását egyetlen hőellenállással jó közelítéssel megadhatjuk, míg az áramköri hordozó, mint a beültetett LED-ek közti termikus csatolást megvalósító rendszer modelljét az imént említett, a termikus karakterizációs matrix előállításán alapuló módszerrel határozhatjuk meg. A 8. ábrán egy LED modul áramköri hordozójának ilyen szemlélettel előállított termikus kompakt modelljének a vázlatát láthatjuk. A lámpatestház termikus szempontból különböző változatait más és más, a szubsztrát alja és a környezet közé beillesztett ekvivalens hőellenállással tudjuk figyelembe venni.

Ennek megfelelően, a szubsztrát és a lámpatestház különféle kialakításait tükröző termikus kompakt modell könyvtárak hozhatók létre, amelyek segítségével a lámpatest számos tervvariánsa vizsgálható meg.

4. A Delphi4LED tervezői munkafolyamat első, demonstrációs célú megvalósítása

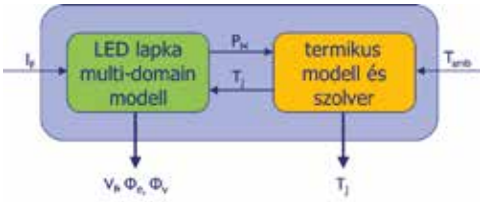
Ahogy a valós életben, úgy a Delphi4LED nemzetközi konzorciumban közreműködők közt jellemzően kétféle cégtípust azonosíthatunk: KKV-kat, azaz kis és közepes vállalkozásokat (pl. a franciaországi Ingelux, Eccelectro vagy a finnországi FlexBright), illetve multinacionális nagyvállalatokat (pl. Signify, Feilo Sylvania). A projektben elképzelt munkafolyamatok szempontjából (4. ábra) e megkülönböztetés az adott vállalattípusra jellemző céges (munka)kultúra és a cég számára rendelkezésre álló források (pénzügyi, humán, tárgyi eszköz, immateriális javak) szempontjából van jelentősége. A Delphi4LED módszertanok és modellek elterjedésére ugyanis csak akkor számíthatunk, ha azok mindkét cégtípus számára megoldásokat nyújtanak a termékfejlesztési folyamataik során.

A nemzetközi Delphi4LED konzorcium egyik tagja egy KKV szerepét játszotta, miközben a bevezetőben felvázolt LED-es lámpatest megvalósítását végezte a 4. ábra KKV-kre adaptált tervezési sémája szerint. Egy másik konzorciumi tag ugyanezt a feladatot végezte el, a nagyvállalatokra jellemző sémát követve, minden olyan mérési, modellezési és optimalizálási eszközt használva, amelyek az ilyen cégeknél jellemzően rendelkezésre állnak.

Itt most a KKV-k számára készült megvalósítást vázoljuk. E szerint a 3. szakaszban ismertetett lapka, tok, szubsztrát és lámpatest szintű modelleket egy Microsoft® Excel alkalmazásban, VB makro formában valósítottuk meg. Az így kialakított, a KKV-k számára szánt szoftver eszközt (amelyet a Mentor UK alakított ki) *Luminaire Design Calculator-nak* neveztük el. A lapka szintű multi-domain LED kompakt modellt e demonstrációs kísérlet számára a BME készítette el. A modell paraméterkészletét szintén a BME állapította meg az egyik vezető LED gyártó széles körben ismert, fényporos fehér LED-jeinek méréssel megállapított izotermikus IVL karakterisztika serege alapján. Ugyanezen LED típus tokokozásának termikus kompakt modellje (5b. ábra) szintén a BME $Z_{th}(t)$ méréseit felhasználva, a 3. szakaszban leírt módon készültek el. A *Luminaire Design Calculator* számára számos lámpatestházat és LED modul elrendezést tükröző termikus kompakt modell is készült a 3. szakaszban vázolt módon, pl. a különböző LED modul modellekben más és más szubsztrát típust (MCPCB, FR4) és LED elrendezést feltételezve.

A *Luminaire Design Calculator* működési sémáját a 9. ábra szemlélteti. E szerint a termikus kompakt modelleket is tartalmazó termikus szimulátor (szolver) és a LED lapka multi-domain viselkedését leíró VB-ben kódolt egyenlet készlet ún. relaxációs típusú iterációval elektro-termikus szimulációt végez. A LED-ek teljes fluxusát (Φ_e kisugárzott optikai teljesítményét, Φ_v teljes üzemi fényáramát) az iterációval megállapí-

tott elektro-termikus munkapontra a lapka szintű LED multi-domain modell szolgáltatja, míg az egyes LED-ek pn átmeneteinek T_j hőmérsékletét a termikus szimulátor számítja ki. E számítás bemenete (a kiválasztott modelleken túl) az adott alkalmazás során feltételezett I_f nyitóáram és T_{amb} környezeti hőmérséklet, amelyeket a kalkulátor felhasználói felületén lehet (az egyéb, a lámpatest tervre vonatkozó paraméterekkel együtt) megadni, lásd a 10. ábrát. A kalkulátor egyéb, lámpatest szinten fontos jellemzővel is (pl. driver hatásfok, optikai hatásfok) is számol. Egy-egy beállított terv variánsra a kalkulátor a másodperc tört része alatt eredményt szolgáltat úgy, hogy a felhasználó számára megmutatja, hogy mely követelményt nem teljesíti az elképzelt lámpatest (10. ábra).



9. ábra. Az ún. Luminaire Design Calculator működési sémája.

1. táblázat. A Delphi4LED projekt demonstrációs kísérlete során alkalmazott tervezési, illetve munkafolyamat stílusok [4].

	Concept / development	Tervezés, proto gyártás	Karakterizálás, végső mérés
nagyvállalat	Régi mód: mérésen / karakterizáláson alapuló optimalizálás	A cég	C cég
	Új mód: optimalizálás kompakt modellel	A cég	C cég
KKV	Régi mód: protípus gyártás és mérés	B cég	C cég
	Új mód: virtuális protípusgyártás kompakt modellekkel	B cég	C cég

5. Demonstrációs kísérletek

A Delphi4LED projektben a 4. ábrán vázolt modellezési és szimulációs munkafolyamatot projekt partnereink kétféle forgatókönyv szerint tesztelték. Mindkét munkastílussal megtervezésre és legyártásra került az 1. ábra szerinti lámpatest architektúra úgy, hogy főbb elektromos, termikus és fénytechnikai paraméterei kielégítsék az előzetesen meghatározott globális specifikációkat.

Az elvárt teljes fényáram követelmény nem teljesül

A forraszpont hőmérséklet magasabb a megengedettnél

A terv variáns megfelel a specifikációknak és peremfeltételeknek

10. ábra. Az ún. Luminaire Design Calculator felhasználói felületének képernyő másolata három különböző terv variáns kiértékelése alkalmával [4].

Ezekkel párhuzamosan, mind a jelenlegi KKV és nagyvállalati gyakorlat szerint is elkészült a demonstrációs célú lámpatest architektúra egy-egy variánsa, így összesen négyféle munkastílusban tervezett, négyféle lámpatest készült. Az egyes tervezési folyamatok során rögzítésre kerültek az egyes munkafázisok erőforrás igényei is (pl. időráfordítás, anyagköltség, bérköltség, mérési-tesztelési költségek). Az így tesztelt munkastílusok összefoglalóját az 1. táblázat tartalmazza.

11. ábra. Az ún. Luminaire Design Calculator segítségével KKV stílusban tervezett lámpatest megvalósított fizikai prototípusa [4].

12. ábra. A kompakt modelleket alkalmazó automatikus optimalizációval, nagyvállalati stílusban tervezett és kivitelezett lámpatet prototípus [4].

A KKV stílusban, a *Luminaire Design Calculator* eszköz felhasználásával tervezett lámpatest fizikai prototípust a 11. ábrán láthatjuk.

A nagyvállalati munkastílusra jellemző munkafolyamat számára a termikus kompakt modelleket egy kereskedelmi célú, automatikus optimalizációs lehetőséget is nyújtó CFD szimulációs eszközben is tesztelte a konzorcium. Az így optimalizált lámpatest végső MCAD tervét és az ennek alapján megvalósított fizikai prototípusát a 12. ábrán láthatjuk.

Összesen tehát, ahogy azt az 1. táblázat is sugallja, négyféle lámpatest verzió került megtervezésre. A jelen cikk alapját képező publikációk [4], [6] megjelenésének időpontjáig a KKV stílusban készült fizikai prototípus ellenőrző mérései is befejeződtek. Ezek szerint pl. a lámpatest szimulációval megállapított teljes fényárama 1302 lm volt, ami a valóságban 1339 lm-nek adódott; míg a szimulációval előre jelzett 11,7 W-os elektromos teljesítményfelvétel 10,7 W-nak adódott.

Az egyes tervezési folyamatok költségfaktorait (nyugat-európai céges költségszinteket feltételezve) szintén monitorozták. A négyféle tervezési stílus relatív költségeinek áttekintését a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat. A KKV és nagyvállalati tervezési folyamatok költségtényezőinek összehasonlítása a hagyományos (régi) és a Delphi4LED projekt által javasolt (új) tervezési munkafolyamatok alkalmazása esetébe [4]. Megjegyzendő, hogy a KKV és nagyvállalati költségek abszolút értékei jelentősen eltérnek egymástól.

Főbb költségek	KKV, régi folyamat	KKV, új folyamat	Megtakarítás
Személyi költségek	0,896	0,633	29%
Anyagköltség	0,049	0,028	43%
Mérések költségei	0,056	0,056	0%
Összesen	1,000	0,717	28%
Főbb költségek	**nagyvállalat, régi folyamat**	**nagyvállalat, új folyamat**	**Megtakarítás**
Személyi költségek	0,819	0,502	39%
Anyagköltség	0,055	0,028	48%
Mérések költségei	0,126	0,045	65%
Összesen	1,000	0,575	42%

6. Összefoglalás

A Delphi4LED projektben új módszereket fejlesztettünk ki LED-es termékek ún. kompakt modellezése számára. A LED működés multi-domain jellegét lapka szinten írjuk le, amelynek révén olyan multi-domain LED modellt hoztunk létre, amely alkalmas mind általános Spice áramkör-szimulációs programok, mind Excel alkalmazásokba ágyazott VB makro modellek formájában való megvalósításra. Az elektronikai iparban szabványos DELPHI mód-szertanhoz [19] hasonló megközelítéssel LED tokok dinamikus termikus kompakt modelljeinek létrehozására is módszert dolgozott ki a Delphi4LED konzorcium. Ezek, a lapka szintű multi-domain LED modellel és az elképzelt lámpatest alkalmazási körülményeket tükröző termikus modelljével kombinálva egy teljes lámpatest digitális ikrét, ún. virtuális prototípusát alkotják. Ez a virtuális prototípus lehetővé teszi a számítógépi szimulációval segített (KKV stílus), vagy számítógépi szimuláción alapuló automatikus optimalizáción alapuló lámpatest tervezést (nagyvállalati stílus).

A Delphi4LED projekt első demonstrációs célú kísérleteinek tanúsága szerint az itt vázolt Ipar 4.0 szemléletű, teljesen "digitalizált" tervezési folyamatokkal a hagyományos folyamatok költségeihez viszonyítva nagyjából 30-40% megtakarítás érhető el. Az új folyamatok az első fizikai prototípusok kialakításához szükséges időt is kb. 30%-kal lerövidítik.

Köszönetnyilvánítás

A Delphi4LED projektet az Európai Unió H2020 kutatási, fejlesztési és innovációs keretprogramja támogatja az ECSEL 692465 sz. szerződés keretén belül, amelyet kiegészít a Nemzeti Fejlesztési, Kutatási és Innovációs Alap NEMZ_16-1-2017-0002 sz. támogatási szerződés keretén belül nyújtott társfinanszírozása. Az Ipar 4.0 és okos város módszertanok kutatásával kapcsolatos tevékenységünket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia kutatásai keretein belül az Emberi Erőforrások Minisztériumának Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Programja támogatta (BME FIKP-MI/SC).

IRODALOMJEGYZÉK

[1] A. Poppe, "Industry 4.0" Approach to LED luminaire design: as developed and proposed by the Delphi4LED H2020 ECSEL project (LED-es lámpatest tervezés "Ipar 4.0" megközelítésben: ahogy a Delphi4LED H2020 ECSEL projektben kifejlesztettük és javasoljuk), meghívott előadás, Lux et Color Vespremiensis konferencia, Veszprém, 2018. október 11.

[2] A Delphi4LED projekt honlapja: www.delphi-4LED.org (legutóbbi hozzáférés: 2019.01.11)

[3] A. Poppe, G. Martin, Ch. Marty, Standardized method for multi-domain LED based design and simulation, CIE Division 2 Workshop on Future developments in LED lighting and LED lighting measurement, meghívott elő-adás, Eindhoven, Hollandia, 2018. június 12,

[4] Ch. Marty, J. Yu, G. Martin, R. Bornoff, A. Poppe, D. Fournier, E. Morard, Design flow for the development of optimized LED luminaires using multi-domain compact model simulations, In: Proceedings of the 24th International Workshop on THERMal INvestigation of ICs and Systems (THERMINIC'18), Stockholm, Svédország, 2018. szeptember 26-28 ű

[5] A. Poppe, M.Rencz, R. Bornoff, Ch. Marty, J. Yu, G. Martin, LED based application design in an "Industry 4.0" approach: implementation as proposed by the Delphi4LED project, meghívott előadás, In: Proceedings of the 16th International Symposium on the Science and Technology of Lighting (LS16), Sheffield, Egyesült Ki-rályság, 2018. június 17-22

[6] A. Poppe, M. Rencz, G. Farkas, L. Gaál, G. Hantos, J. Hegedüs, Virtual prototyping of LED applica-

tions through multi-domain models of LED packages: the "Industry 4.0"-like approach of the Delphi4LED project, In: Proceedings of the VII. IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries LUMEN V4, Trebic, Csehország, 2018. szeptember 18-20, pp. 91-94.

[7] Hegedüs J., Hantos G., Poppe A., LED-es lámpatestek modell alapú tervezése, In: Világítástechnikai Évkönyv 2018-2019, Budapest: MEE Világítástechnikai Társasága, 2019, jelen kötetben

[8] Poppe A., Delphi4LED - A mérésektől a LED-ek szabvá-nyos multi-domain kompakt modeljeiig: szimulációs mo-dellek fejlesztése a szilárdtest világítástechnikai ipar be-szállítói láncának különböző szereplői számára, In: Világítástechnikai Évkönyv 2016-2017, Budapest: MEE Világítástechnikai Társasága, 2017, pp. 94-101.

[9] Horváth P., Timár A., Hegedüs J., Szalai A., Szabó T., Poppe A., SmartSSL – okos közvilágítási lámpatest fejlesztése IoT szemlélettel, In: Világítástechnikai Évkönyv 2016-2017, Budapest: MEE Világítástechnikai Társasága, 2017, pp. 136-143.

[10] Hegedüs J., Poppe A., Közvilágítási lámpatestek karakterizálása multi-domain LED modellekkel – a LED karakterisztikáktól a lámpatest üzemi fényáramáig, Elektrotechnika 110:(3-4) pp. 13-20, 2017

[11] Poppe A., Szalai A., Hegedüs J., LED-ek multi-domain szimulációs modelljei és azok gyakorlati vonatkozásai, In: Világítástechnikai Évkönyv 2014-2015, Budapest: MEE Világítástechnikai Társasága, 2015, pp. 112-121.

[12] Poppe A., Teljesítmény LED-ek új termikus mérési szabványai, In: Világítástechnikai Évkönyv 2012-2013, Budapest: MEE Világítástechnikai Társasága, 2013, pp. 96-102

[13] Optical Measurement of High-Power LEDs, CIE 225:2017 jelű dokumentum, CIE 2017

[14] G. Farkas, A. Poppe, Thermal testing of LEDs, In: C. J M Lasance, A. Poppe (szerk.), Thermal Management for LED Applications, Springer, 2014. pp. 73-165. DOI: 10.1007/978-1-4614-5091-7_4

[15] CIE TC2-84 műszaki bizottság fekadatmeghatározása: www.cie.co.at/technicalcommittees/recommendations-led-package-test-data-reporting (legutóbbi hozzáférés: 2019.01.11)

[16] G. Hantos, J. Hegedüs, M. C. Bein, L. Gaál, G. Farkas, Z. Sárkány, S. Ress, A. Poppe, M. Rencz, Measurement issues in LED characterization for Delphi4LED style combined electrical-optical-thermal LED modeling, In: Proceedings of EPTC'17, Szingapúr, 2017. december 6-9, DOI: 10.1109/EPTC.2017.8277493

[17] G. Farkas, L. Gaál, M. Bein, A. Poppe, S. Ress, M. Rencz, LED characterization within the Delphi-4LED Project, In: Proceedings of ITHERM'18, San Diego, USA, 2018. máj. 29 - jún.1, DOI: 10.1109/ITHERM.2018.8419602

[18] R. Bornoff, G. Farkas, L. Gaál, M. Rencz, A. Poppe, LED 3D Thermal Model Calibration against Measurement, In: Proceedings EuroSimE'18, Toulouse, Franciaország, 2018. április 15-18, DOI: 10.1109/EuroSimE.2018.8369929

[19]J EDEC JESD15-4 szabvány, "DELPHI Compact Thermal Model Guideline" (2008)

[20] A. Poppe, J. Hegedüs, A. Szalai, R. Bornoff, J. Dyson, Creating multi-port thermal network models of LED luminaires for application in system level multi-domain simulation using Spice-like solvers, In: Proceedings of SEMI-THERM'16, San Jose, USA, 2016. március 14-17, pp. 44-49, DOI: 10.1109/SEMI-THERM.2016.7458444

Csökkentett fényszennyezést okozó, hangolható színképű és térbeli fényerősség-eloszlású LED-es közvilágítási világítótest fejlesztése

– Szalai András[1], Major Csaba[1], Szabó Ferenc[2], Csuti Péter[2], Kolláth Zoltán[3] –

Jelen évkönyv egy másik [1] cikkéből az Olvasó megismerkedhet a fényszennyezés csökkentésére irányuló törekvések okairól, szükségszerűségéről. Jelen írásban megkíséreljük összefoglalni azon technikai megoldások csokrát, amely az ezen cikkben ismertetett kritériumok megfelelő kielégítéséhez vezethetnek.

Kiindulási állapot

A jelenlegi évkönyv kiadásakor a LED alapú közvilágítás az egész világon elterjedtnek mondható, míg szakmai tartalmában a legkülönbözőbb megoldásokat vonultatja fel. A közös jellemzők az általában egyfajta, fényporos fehér LED-ek alkalmazása, kapcsolóüzemű áramgenerátoros LED meghajtóegységekkel és síküveges lezárással. 2019-ben a gyártók nagy része a további energiamegtakarítási lehetőségeket már nem a LED chip fényhasznosításának nagyarányú növekedésében, hanem az intelligens vezérlési lehetőségek alkalmazásában látja. Az energiahatékonyság mellett felértékelődtek a fény minőségére vonatkozó paraméterek, a hangsúly a fény célszerű, alkalmazás orientált felhasználására helyeződött át. Kifejezetten a fényszennyezés minimalizálására irányuló közvilágítás korszerűsítés eddig még csak a világ néhány pontján, mintaprojektek [2,3] keretében valósultak meg, borostyán (Amber) LED-ek alkalmazásával.

A világítótest fejlesztés fő irányelvei

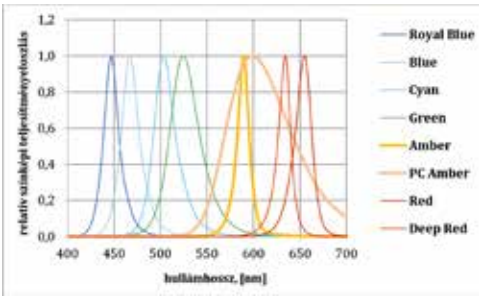
Fényszennyezés csökkentésére szolgáló világítótestek már több gyártó kínálatában is elérhetők. Ezekben sík üvegburát vagy árnyékoló lemezeket használnak a horizont síkja fölé távozó fényáram hányad korlátozására. A megoldást csak kompromisszumok mellett tekinthetjük elégségesnek, mivel ezek a megoldások ugyan jelentősen csökkentik a közvetlenül az égbolt irányába irányuló sugárzást, de figyelmen kívül hagyják a fény természetéből fakadó tulajdonságokat (pl. hullámhossz függő szóródás, időben eltérő világítási igények és szükségletek, színvisszaadási index stb.).

A Rayleigh szóródás alapján az éjszakai égbolton kialakult fényszennyezés mértéke nagymértékben függ az adott fényforrás színképi teljesítmény eloszlásától. A fizikai magyarázat kifejtése nem tárgya jelen írásnak, ugyanakkor megfogalmazhatjuk, hogy a borostyán színű – angol szóhasználattal „amber" – LED színképi eloszlása optimális megoldásnak tekinthető, amelyben a kék hullámhossztartomány teljesítménye minimális, vagy éppen nulla. A szórás jelenségéhez képest még súlyosabb szempont az égbolt láthatósága kapcsán az, hogy a szkotopos/fotopos arány is nagyobb a sugárzás intenzív kék tartalma esetén. Mivel az égbolt láthatósága szempontjából a szkotopos látás az elsődleges, fényesebbnek érzékeljük az égboltot hideg fehér közvilágítás esetén a melegebb fényszínű világításhoz képest is abban az esetben, ha az úttest megvilágítása/fénysűrűsége megegyezik.

A borostyán színű LED napjainkban kétféle műszaki megoldásként érhető el: az egyik a már több évtizede elérhető, jól ismert, tisztán félvezető (GaAsP, GaP, AlGaInP) alapú megoldás keskenysávú ~15 nm – 20 nm félértékszélességű (FWHM) emisz-

[1]Hungaro Lux Light Kft, [2]LightingLab Kalibrálólaboratórium Kft, [3]Eötvös Loránd Tudományegyetem

sziót eredményez az 570 nm – 610 nm hullámhossz tartományban (lásd az 1. ábra Amber görbéjét), 2,0 V – 2,1 V nyitófeszültség és 20 lm – 40 lm wattonkénti összfényáram mellett. A másik, néhány éve elterjedt megoldás a kék LED-del gerjesztett fényporos borostyán színű LED (PC Amber), amely esetben a gerjesztő LED hullámhossza 430 nm – 470 nm tartományba esik. A kék LED által kisugárzott teljesítmény 90%-95%-a a fénypor gerjesztésére fordítódik, amely egy szélesebb sávú ~80 nm – 110 nm félértékszélességű színképet eredményez 590 nm környéki csúcshullámhosszal (lásd az 1. ábra PC Amber görbéjét), 3,0 V (@350mA) körüli nyitófeszültség és tipikusan 70 lm/W – 80 lm/W (@350mA) fényhasznosítás mellett.



1. ábra. Különböző színes LED-ek relatív színképi teljesítményeloszlása.

Napjainkban a LED fényforrásokat használó közvilágítási világítótestekben alkalmazott fényporos fehér LED-ek fényhasznosítása 140 lm/W – 160 lm/W, így önmagában csak borostyán színű LED alapú közvilágítás energiahatékonyságban 2018-ban még mindenképpen visszalépést jelent.

A mai technológiai lehetőségek szerint kicsinek tekinthető fényhasznosítás kizárólag kiemelkedően jó rendszer hatékonyság mellett eredményezhet elfogadható megoldást, emiatt a tervezés során ez a jellemző kiemelt szerepet kapott.

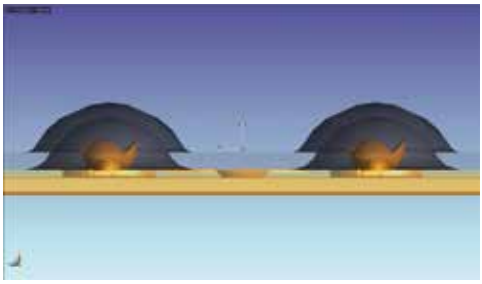
A rendszer hatásfokát alapvetően meghatározó tényezők:

- a bura optikai hatásfoka,
- a lencse optikai hatásfoka,
- a LED fényhasznosítása és hűtése,
- a meghajtó áram szabályozási metódusa (erre a témára jelen írásunkban terjedelmi okok miatt nem térünk ki).

Bura

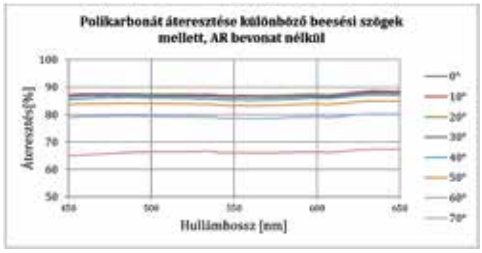
Az antireflexiós réteg nélküli síküveg- vagy polikarbonát bura, valamit az olyan optikai kialakítás, amelynek optikai hatásfoka 90% alatti, nem alkalmas a feladat ellátására. A fentebb említett korlátozó elemekkel kialakított lámpa minimum 25% – 30% optikai veszteséggel terhelt, mivel az úttest megvilágítása szempontjából fontos 60° – 70°-os sugárzási tartományban önmagában a bura mindössze 65% – 80%-os áteresztéssel rendelkezik. Az egyébként is alacsony fényhasznosítású (60 lm/W) borostyán LED-ek esetében ez 40 lm/W alatti rendszer szintű fényhasznosítást eredményez.

Megoldásként kínálkozott a PearlLight világítótest családban alkalmazott optikai rendszer, amelynek geometriai kialakítása kevesebb fényveszteséget eredményez a síküveges megoldáshoz képest, de az ULOR=0 követelmény teljesítéséhez további árnyékoló elemek alkalmazása szükséges. A 2. ábrán látható optikai megoldás lényege, hogy minden LED-lencse körül az összefüggő bura gömbhéjszerűen kidomborodik. A fény csak ezen a gömbhéjon keresztül távozhat a lámpatestből, így biztosítva, hogy a burán keresztülhaladó nyaláb beesési szöge mindig kisebb 40°-nál. A 40°-nál kisebb beesési szögek esetében az áteresztés mértéke alig különbözik a merőleges beesés mellett tapasztalható áteresztéstől, lásd a spektrális áteresztés beesési szögtől való függését bemutató grafikonokat a 3-as és 4-es ábrákon.



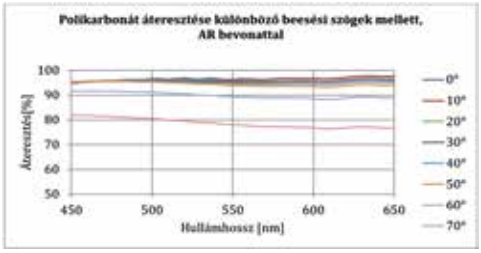
2. ábra. A lencsék fölött gömbhéjszerűen kidomborodó búra.

Közvilágítási világítótestek esetében a kisugárzott fény jelentős részének kell a 40°-70°-os emelkedési szögtartományban kilépnie az optikai térből, amely síklezárású búra esetén csak komoly veszteségek árán lehetséges (3. ábra).



3. ábra. Antireflexiós réteg nélküli polikarbonát relatív transzmissziós spektrumai különböző beesési szögek mellett.

A teljes visszaverődés okozta veszteségek további csökkentésére egy másik, az előbbivel együtt is használható megoldás az antireflexiós réteg alkalmazása a bura mindkét oldalán. A Hungaro Lux Light Kft. egy H2020-as kutatás-fejlesztési projekt[1] keretében a BME Fizikai-Kémiai Tanszék kolloidkémia csoportjával és az MTA EK MFA intézettel közösen kifejlesztett antireflexiós bevonatát alkalmazva számottevően javítható a fénykihozatal, amelyet a két spektrális áteresztést bemutató grafikon adatsorai (3. és 4. ábra) is meggyőzően mutatnak.



4. ábra. Antireflexiós réteggel ellátott polikarbonát relatív transzmissziós spektrumai különböző beesési szögek mellett.

Lencse

A már hivatkozott H2020-as projekt keretei között a Hungaro Lux Light Kft. kifejlesztett egy PearlLight+ nevű szoftvert (5. ábra), amelynek segítségével optimális lencsealak tervezhető adott útvilágítási körülményekhez. A program indulása után beállíthatók a szokásos kezdeti paraméterek (a megvilágítani kívánt helyszín típusa, az oszlopmagasság, az oszloptávolság, az útszélesség, az érvényes útkategória, a világítási osztály stb.), amelyek alapján a szoftver felajánlja a legalkalmasabb lencse alakot.

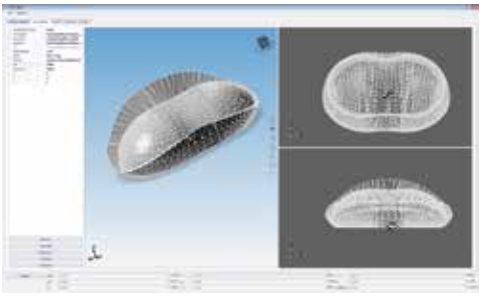
5. ábra. A PearlLight+ optikai tervező program kezelői felülete.

A kívánt lencse alakjának elérése során a program használójának lehetősége van azt is megadni, hogy az optimalizálás folyamatában az egyes paraméterek milyen súllyal vegyenek részt, pl.: a program 80%-os súlyozással veszi figyelembe a fénysűrű-

[1]Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs program támogatásában részesült a 683.541 számú támogatási szerződés alapján

ség paramétert és csak 10% – 10%-kal az egyenletesség paramétereket, természetesen minden esetben kielégítve az MSZ EN 13201 szabványsorozat szerinti követelményeket.

A világítótestek teljes fényáramának beállítása mellett lehetőség van bura alakot választani (6. ábra) és azon olyan antireflexiós réteget szimulálni, amelynek tulajdonságai megegyeznek a már említett, a világítótest fejlesztője és gyártója által kifejlesztett antireflexiós réteg valós optikai tulajdonságaival. A megvilágítási paraméterek tetszőleges súlyozása mellett a szoftver egy beépített algoritmus segítségével megkeresi az ideális lencsealakot, amely kimenetként standard CAD formátumban (.stp, .igs) azonnal a felhasználó rendelkezésére áll és amely közvetlenül alkalmas a fröccsöntő szerszám elkészítéséhez.



6. ábra. A PearLight+ optikai tervező program adatbázisából kiválasztott lehetséges búra alak.

A csökkentett fényszennyezésű közvilágítási világítótest lencséjének tervezéséhez a ***PearlLight+*** nevű lencsetervező program került felhasználásra, amely a lámpatestbe tervezett LED sugárkészletéből kiindulva kiadja az adott szempontok szerint optimalizált lencseforma háromdimenziós gépészeti, CAD programok által is értelmezhető modelljét, amely alapján a lencse gyártásához szükséges szerszám könnyen megtervezhető, és ilyen formán az akár egyedi igényeket is kielégítő lencse már gyártható is.

Hűtés

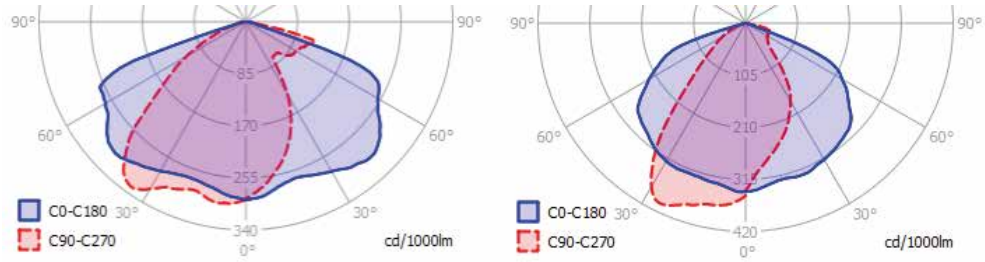
a ***PearLight*** világítótest esetében a LED-eket tartalmazó PCB közvetlen kapcsolatban van a házzal és ezáltal a hűtőfelülettel. A technikai megoldás eredménye már számos hazai és nemzetközi publikációban megjelent (lásd pl.:[4]). A kiemelkedő rendszerhatékonyság mérhető előnye, hogy stabilan biztosítható a LED alacsony működési hőmérséklete akár magas külső környezeti hőmérséklet (+30°C) mellett is. A kompakt modell kialakítása áramlástani szimuláció (CFD) alkalmazását lehetővé tevő részletes 3D modell (CAD terv) alapján történt a PearlLight lámpatest család termikus optimalizálása, a BME EET közreműködésével a KözLED projekt keretében .

Eredmények

A kitűzött feladatban rejlő kettősség, miszerint csökkentsük a jelenlegi technikai körülmények mellett minimálisra a fényszennyezést, ugyanakkor biztosítsunk megfelelő közvilágítást is, kompromisszumok mellett értelmezhető, ha egyáltalán megoldható.

Az elérni kívánt célt tehát két fő feladatra, és így a közvilágítási feladat megoldását is két funkcióra bontva tudjuk csak a specifikációkat kielégíteni. Szakmai alapokon a szükséges kompromisszum csak nehezen hozható meg, ezért a napnyugta utáni forgalmas időszakra továbbra is meleg fehér fényszínű (CCT = 2800 K) fényporos LED-ek használata szükséges széles sugárzási képpel, hogy a járdákra, illetve a környezetre jutó megvilágítás is megfelelő legyen, míg az éjjeli időszakban pedig fényporos borostyán LED-ekkel keskenyebb nyalábot formáló optikával lehet a minimális fényszennyezést biztosító megoldást kialakítani.

[2]KÖZLED, Energiatakarékos közvilágítási LED-es lámpacsalád fejlesztése, Pályázati azonosító: OM-00352/2008



7. ábra. A szélessávú és a keskenysávú, egyedileg tervezett fényerősség-eloszlás.

A 7. ábra. mutatja a szélessávú, illetve a keskenysávú fényerősség-eloszlásokat.

A felsorolt megoldások használata mellett az egyedileg, rendszer szinten optimalizált megoldással az elérhető rendszerszintű hatásfok az alábbi táblázat szerinti:

Konklúzió

A kizárólag borostyán színű LED-ek fényhasznosítása jelenleg annyira kicsi, hogy a megvilágítási feladatok ellátása a hagyományos módon (a rendszerkom-

Fénytechnikai és színmetrikai paraméterek összefoglalása:

	csak borostyán	kevert fény #1	kevert fény #2
Hatásos teljesítmény	30,49 W	44,53 W	58,02 W
Teljesítmény-tényező	0,93	0,94	0,96
THD-i	13,30%	15,70%	12,70%
Összfényáram	1680,3 lm	3349,4 lm	4183,9 lm
Fényhasznosítás	55,11 lm/W	75,22 lm/W	72,11 lm/W
Fényerősségi (G*) osztályba sorolás	G*4	G*4	G*4
Káprázási (D) osztályba sorolás	D0	D0	D0
70° és fölötte	475,1 cd/klm	412,8 cd/klm	435,0 cd/klm
80° és fölötte	57,0 cd/klm	51,6 cd/klm	52,0 cd/klm
90° és fölötte	0,3 cd/klm	0,5 cd/klm	0,5 cd/klm
Korrelált színhőmérséklet	1861 K	2402 K	2382 K
duv	0,0070	0,0022	0,0021
Színvisszaadási index (R_a)	42,0	68,9	68,1
CIE 1931 *x*	0,5596	0,4905	0,4923
CIE 1931 *y*	0,4320	0,4217	0,4215

ponenseket elkülönülten) megtervezett világítótestek esetében a rendszerszintű fényhasznosítás tekintetében aggályos. Tekintettel arra, hogy esetünkben lehetőség volt a lámpatest optikai elemeinek egyedi, a feladathoz szabott megtervezésére, a fényszennyezés csökkentése szempontjából előnyös borostyán színű LED-eknek a fehér LED-ektől jelentősen elmaradó fényhasznosítását kompenzálni tudtuk.

A fenti mérési eredmények alátámasztják, hogy a hatékonysággal kapcsolatban megfogalmazott elvárásainknak az itt bemutatott megoldás megfelel. A borostyán színű LED-ek esetében a LED fényforrás 60 lm/W fényhasznosításából közel 15% veszteséggel lett 52 lm/W, a 2800 K színhőmérsékletű 120 lm/W-os LED-es fényforrás esetében pedig 100 lm/W lett a rendszerszintű fényhasznosítás.

A nemzetközi trendek hatására várakozásunk szerint mind a borostyán színű, mind a meleg fehér LED-ek fényhasznosítása növekedni fog; már a projekt tartama alatt is jól érzékelhető volt ez a növekedés. Határozott véleményünk, hogy a megvalósított tanulmány projekt a jövőben nagy számban alkalmazott megoldások hírnöke lehet.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Kolláth Zoltán – Valós Világítás Környezet Laboratórium, Világítástechnikai Évkönyv 2018-2019, HU ISSN 1416-1079

[2] Lumican sötét égbolt barát világítótest a Forbes hírlevélben – https://www.forbes.com/sites/jeffkart/2018/05/23/dark-sky-friendly-lighting-lets-you-see-the-stars/#6659dd297c3e

[3] Borostyán LED-et alkalmazó mintaprojekt weblapja – http://ricemm.org/en/2014/03/

[4] A. Poppe, A. Szalai, J. Parry, Advanced thermal characterization improves LED street-light design, LEDs Magazine , July/August 2012

Valós Világítás Környezet Laboratórium

Lehetséges-e a települések fényszennyezésének csökkentése?

– Kolláth Zoltán [1], Szabó Ferenc [2], Csuti Péter [2], Szalai András [3] –

Előzmények

Több mint 10 éve indítottuk el Magyarországon a csillagoségbolt-park programot – ma már három ilyen speciális védettséget is élvező terület van hazánkban: Zselic, Hortobágy és a Bükk. A nemzeti parkok, természetvédelmi területek közelében jellemzően kis települések vannak. A program indításakor a települések közvilágítása jellemzően 36W-os kompakt fénycsöves lámpatestekkel valósult meg ezekben a falvakban. A csillagos égbolt parkokon belül kezdetektől fogva nem lehettek volna ilyen világítótestek, a felső térfélbe közvetlenül jutó fényáram mennyisége miatt. Már a környező települések esetén is felvetődött az igény, hogy a közvilágítás korszerűsítése esetén az éjszakai égbolt és a környezet védelme is kitüntetett szerepet kapjon. Az elmúlt évtizedben mindeközben elterjedt a LED alapú közvilágítás – sajnos a hideg fehér világítás erős kék komponense kizárta azt, hogy a kezdeti időszakban a „polcról levehető" lámpatestekkel megoldható legyen a fényszennyezés szempontjából optimális közvilágítás. De mire is lenne szükség egy nemzeti park kistelepülése esetén? Kezdjük ezzel a téma körüljárását.

Célkitűzések és szakmai kritériumok

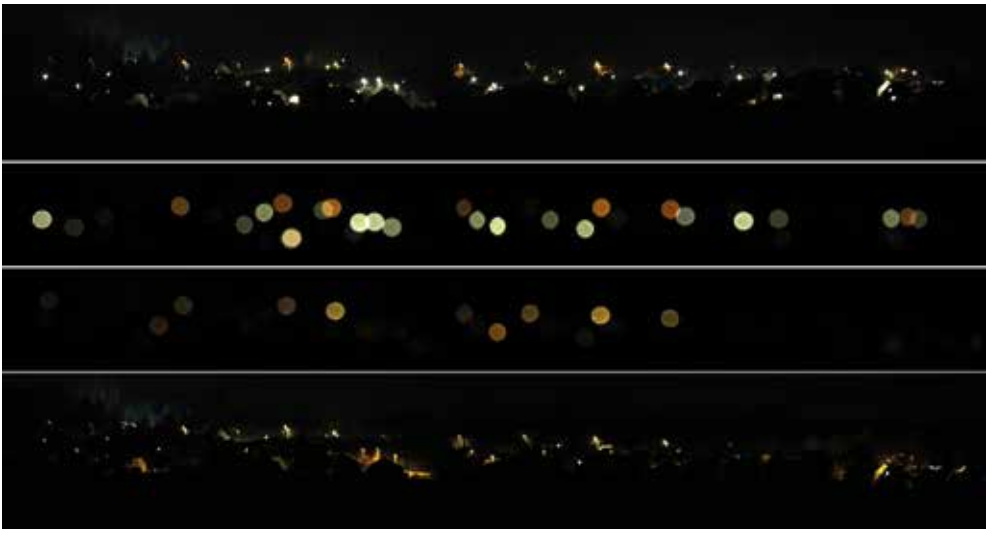
A csillagoségbolt-parkokban alapvető követelmény az International Dark Sky Association (IDA) szabályrendszerének való megfelelés. Ennek értelmében a lámpatestnek teljesen ernyőzöttnek kell lennie, azaz a felső féltérbe jutó fényáramnak a világítótest összfényáramához képesti aránya zéró kell, hogy legyen, azaz ULOR=0. Ez annyit jelent, hogy nem juthat a lámpatestből közvetlenül fény a horizont síkja fölé, aminek természetesen nem csak a laboratóriumban kell teljesülnie, hanem úgy is kell felszerelni a lámpatesteket, hogy az, abban az állapotban is teljesítse a kritériumot. Amikor a Zselici Csillagoségbolt-park felterjesztését készítettük, még 4000K volt a korrelált színhőmérséklet elfogadható maximuma. De a hideg fehér világítás elterjedésével sorra jelentek meg a tanulmányok, amik jelezték, hogy a mesterséges fények erős kék tartalma jelentősebb veszélyt jelent a környezetre, az ökoszisztémára. A legújabb kutatások [1] pedig már határozott kapcsolatot találtak a közvilágítás színe és egyes daganatos megbetegedések (mell-, prosztata- és végbélrák) előfordulása között. A fényszennyezés mentes világítás ismérvei közé egyre inkább bekerült a világítás színe és ennek megfelelően a csillagoségbolt-területek esetében is csökkent a korrelált színhőmérséklet felső határa 3000K-re módosult. De ez csak a kötelező határérték, ajánlott a még melegebb világítás használata természeti környezetben. A korrelált színhőmérséklet nem is jelenti a legjobb metrikát – ezért az IDA is megfogalmaz alternatív mérőszámot [2]. Az 550 nm-nél rövidebb hullámhosszakon kisugárzott energia a teljes energia 25%-ánál nem lehet nagyobb, vagy pedig a szkotopos és fotopos fényáram arányát is behatárolhatjuk 1,3-re.

Az IDA előírásai egyértelműen megadják, mit kell teljesíteni. Ezen kívül érdemes volt megnézni azokat a nemzetközi tendenciákat és kutatási eredményeket, amik ezen túlmenően is követendő példaként

[1] Eötvös Loránd Tudományegyetem [2] LightingLab Kalibrálólaboratórium Kft, [3] Hungaro Lux Light Kft

kezelhetők. A legfontosabb ezek közül az, hogy ökológiai szempontból igazán a borostyán-sárga fény tekinthető optimálisnak. A másik oldalról kérdés persze, hogy mennyire felel meg a teljesen borostyán fényszínű világítás a közvilágítással szemben támasztott mai elvárásoknak – bár ebből a szempontból a nátrium lámpák évtizedekig jól teljesítettek. Az adott projekt esetében – mivel az elsődleges cél a tudományos kutatás –, az is feltétel volt, hogy a világítás nem csak a összfényáram kimenet szempontjából, de a színi összetétel szerint is módosítható legyen. Ez biztosítja azt, hogy a kutatási projekt futamideje alatt olyan vizsgálatokat végezzünk, amiben az eltérő színű világítás hatása objektív módon összehasonlítható. Az eltérő beállítású világítási sémák esetén készült differenciális égbolt fénysűrűségeloszlás mérésekkel elkülöníthető a település hatása a természetes és egyéb mesterséges források hatásától. A különböző spektrális eloszlások mellett pedig biológiai felmérések is készülnek – amik további adalékot nyújtanak majd ahhoz, hogy mi a környezet szempontjából optimális világítás. Vizsgálják az éjszakai megporzást végző rovarokat, az énekesmadarak viselkedését és sorolhatnánk még számos esetet, ahol fontos lehet a világítás hatása.

A korábbi tapasztalatok, elvárások és a projekt kutatási célkitűzései alapján egy olyan világítási rendszerhez jutottunk, ahol a színképi összetétel meleg fehér és borostyán-sárga között váltható. Ezzel megvalósul az, hogy differenciális méréseket lehessen végezni, a fény kék komponense az elfogadható határok között változtatható, ami a biológiai felmérésekben is fontos szempont. Ezen kívül, egy ilyen világítással megvalósítható az, hogy csúcs időben még fehér jellegű fény világítson a településen, de az éjszakai pihenő időszakban csak a borostyán színű fény jelenjen meg a környezetben. Első megkö-



1 ábra. Csere előtt és után. A felső és az alsó téglalapokban a tényleges fényképek láthatók. Mivel a fénypontok a fotókon túlexponáltak (egyébként a környezet nem látható), a középső két panelban defókuszált fotók segítségével mutatjuk be a horizont fölé távozó fény mennyiségét. Jól látható a javulás, amin a lámpatestek végleges beállítása még tovább fog segíteni.

zelítésben ez egy optimális világítási koncepció lehet.

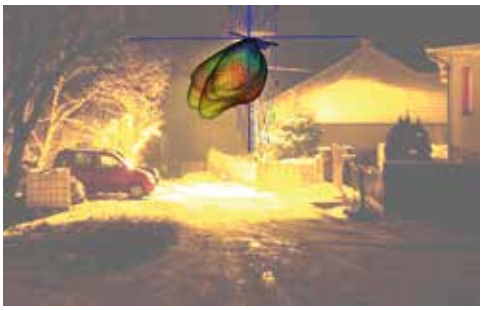
A fényszennyezés csökkentésén kívül természetesen a közvilágítás céljának teljesülésére is oda kellett figyelni. Egy nagy publicitást élvező projekt esetében ez ma (sajnos) azért is fontos, mert az elmúlt időszak közvilágítási rekonstrukciói nagyon sok kritikát kaptak, több okból is. A politikai jellegű kritikákkal nem kívánunk foglalkozni, de több esetben a lakók azért is panaszkodtak, mert a nem megfelelő tervezés miatt az új rendszer nem szolgáltatott elegendő megvilágítást pl. a gyalogosoknak. Mint utóbb kiderült, a mostani projekt által érintett településeken is többen tartottak előzetesen egy ilyen változástól. Az ilyen fiaskót mindenképpen el kellett kerülni – ami nem egyszerű dolog, hiszen az oszlopkiosztás és a fénypontmagasság adott, és az esetek nagy részében nem optimális. Csodára persze nem számíthattunk, de egy optimális kompromisszumra törekedni kellett. A világítás korábbi hiányosságai – pl. nem volt minden oszlopon lámpatest – miatt a teljes fényáramot növelni kellett, tehát az alapvilágítás energiafogyasztásán nem lehetett lényegesen takarékoskodni.

Mivel a közvilágítási rendszert egy kutatási projekt támogatja és a közreműködő egyetemeknek nincs meg a kompetenciája világítástechnikai fejlesztésekre, a szokásos közbeszerzési eljárással kellett a tényleges munkát elindítani. Természetesen a kiírás szakmai része tartalmazta a világítótestek fent részletezett tervezési kritériumait. Az eljárást a LED világítótestek fejlesztésére és legyártására a Hungaro Lux Light Kft, a laboratóriumi és helyszíni közvilágítási kontroll elvégzését pedig a LightingLab Kalibrálólaboratórium Kft. nyerte el. A közbeszerzési kiírás része volt a két nyertes vállalkozó szoros szakmai együttműködésének megvalósulása. A megvalósítás technikai részletei ezen évkönyv kapcsolódó cikkében találhatók meg [3].

A megvalósult rendszer – előzetes eredmények

A két település világítási rekonstrukciója 2018. december közepén zajlott le, így itt csak előzetes eredményeket tudunk közölni. A mérések hosszabb időt vesznek igénybe, vannak amik eleve nem végezhetők a téli hideg időben. Előzetesen az 1. ábrán mutatjuk be a változást. Természetesen a fényszennyezés mértékének bármilyen irányú változása csak a mérések alapján ítélhető meg objektívan. A lámpatestek felső térfélbe jutó fényárama a mérési pontosságnak megfelelően 0. A 2. ábra mutatja a fényerősség eloszlását nem a szokványos módon, hanem hamis színekkel ábrázolva azt egy helyszínen készült fotóra illesztve. Ezzel az ábrázolási móddal a térbeli aszimmetrikus eloszlás jobban érzékeltethető.

Jól látható, hogy a horizont irányába jutó fényáram mennyisége elhanyagolható, a felső térfélbe pedig gyakorlatilag zéró energia távozik. Persze a jó fényerősségeloszlás csak akkor használható majd ki teljesen, ha minden lámpatestet beállítanak vízszintesre.



2. ábra. A lámpatest fényerősség eloszlása egy helyszíni felvételen.

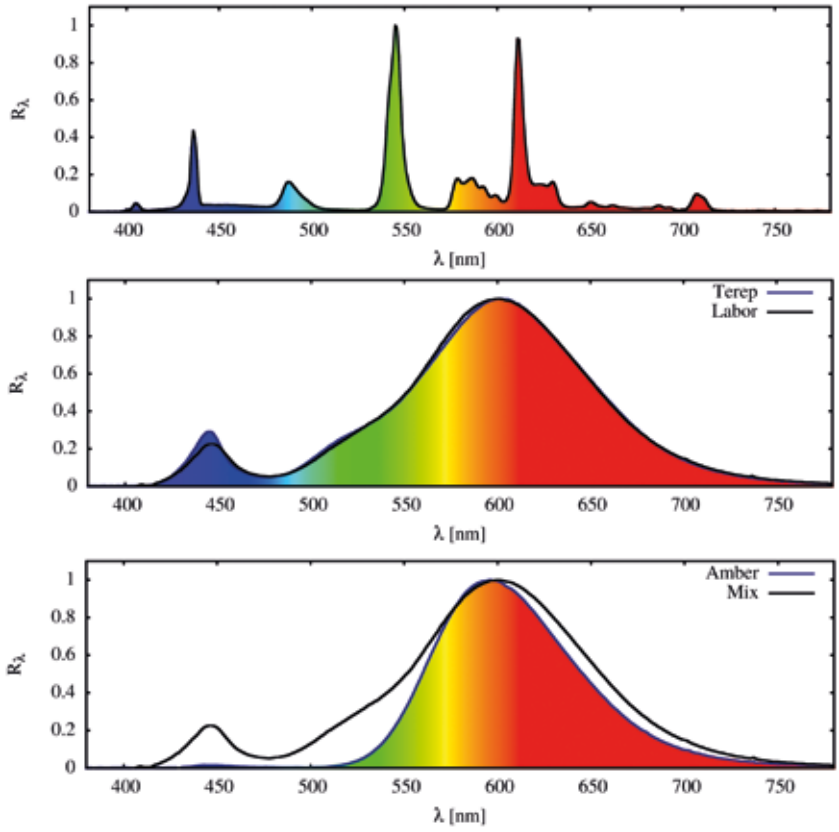
A Valós Világítás Környezet Laboratórium egyik fontos eleme a világítás spektruma. A 3. ábra mutatja a korábbi kompakt fénycsöves (CFL) közvilágítás és az új, LED-es rendszer alapállapotú spektrumának összehasonlítását a helyszíni mérések alapján. A régi rendszer esetén az 550 nm hullám-

hossz alatti sugárzási teljesítmény aránya a teljes sugárzási teljesítményhez képest nagyon magas, 46% - ami több mint kétszerese a csillagoségbolt-parkokban elfogadhatónak, és a szkotopos/fotopos arány (S/P) is kissé meghaladja az 1,3-at.. A spektrum alapján számított korrelált színhőmérséklet 3600K (CCT, correlated colour temperature, magyarul korrelált színhőmérséklet). Az új rendszerben a kora esti időszakban az 550 nm alatti teljesítmény aránya mindössze 19%, a CCT értéke is lecsökkent 2400K-re és a szkotopos-fotopos arány pedig 0,9. Az éjszakai üzemben minden paraméter tovább csökken, az 550 nm alatti teljesítmény aránya 5%, a korrelált színhőmérséklet pedig kisebb, mint 1900K és az S/P mindössze 0,44.

A szubjektív vélemények és az első benyomások is kifejezetten fontosak lehetnek. Az eddigi visszajelzések mindkét településen pozitívak voltak. Egyöntetűen a közvilágítás javulását említették és a szín változását is előnyösnek tekintették. Kihasználva a modern információtechnológia adta lehetőséget, a Facebook felületén is megkérdeztük a lakosság véleményét. Ezzel viszonylag sok ember elérhető, bár az információözönben könnyen elvesznek az ilyen jellegű kérések. Mindezek ellenére Bárdudvarnokon a felhívást olvasó 31 lakostól 23 vélemény érkezett – önmagában már ez is pozitív visszajelzés, hogy ilyen arányban vállalták a hozzászólást. Kritikát nem kaptunk. A rövid vélemények: „Nekem tetszik", „Szerintem megfelelő", „Szuper jó!" is jelzik az elégedettséget, de a fontosabbak az egészen szakszerű vélemények:

- „Természetesebb lett számomra a fény, este 10 után is jobb a szememnek: meg vagyok elégedve az eredménnyel!"
- „ A világítás előnyére változott, szerintem jobb minőségű. Jobban szórt, lágyabb, barátságosabb fényt ad. Sajnos néhány lámpatest, mint pl. Bányán a harmadik oszlopon, kissé felfelé világít. A világítás színe mindkét üzemmódban barátságosabb, kellemesebb a régi lámpáknál. Este 10 óra után is elegendőnek tűnik a szórtabb fény a közlekedéshez."
- „És hogy ez előttünk is világít - 20 éve nem volt körte (?) a mellettünk levő villanyoszlopon - mi azt hittük csak minden második kell világítson... Számunkra a stílusa teljesen megfelelő, elégséges. Felvillanyoz bennünket a mostani helyzet!"
- „A Kölcsey utcában szerintem sokat javult a helyzet az új világítással. Nagyobb a fényerő, de egyáltalán nem zavaró módon. Teljesen elégedett vagyok. Köszönjük!"
- „Véleményem szerint sokkal jobb lett! Biztonságosabb a közlekedés. A világítási szín változása nem zavaró. A közvilágítás jó."

A lakossági vélemények között visszaköszönt az is, hogy a lámpatestek beállítása a felszereléskor nem sikeredett egyből tökéletesre: hiába ernyőzöttek teljesen a lámpák, néhány foknyi eltérés a vízszintestől könnyen feltűnik, ha a közeli dombról szemléljük az utcát. Szerencsére az utólagos korrekcióra még lehetőség lesz. A telepítéskor még az első hóesés előtt végezni szerettek volna a szereléssel és a sietségnek ez volt az ára. Egy egyébként pozitív vélemény szerint: „Bányán a domboldalon lakunk, onnan eddig nem láttam fénykupolát a domb felett, most viszont igen." Ennek a megfigyelésnek az ellenőrzése még várat magára. Ilyenkor lehetnek szubjektív tényezők is, illetve az is szerepet játszhat, hogy a korábbi rossz minőségű közvilágítás rendbetétele után lettek olyan helyek, ahol csupán az útfelületről visszaverődő fény mennyisége is megnövekedhet olyan mértékben, hogy az a fényszennyezés lokális növekedését jelenti. A végső szó ebben a mérések elemzése lesz. Ami nagyon fontos volt számunkra, hogy a lakosság pozitív változásként élte meg a Valós Világítási Környezet Laboratórium ki-



3. ábra. A közvilágítás spektruma Bárdudvarnokon a csere előtt (fent) és után (középen és lent). A középső ábrán bemutatjuk a laborban (fekete vonal) és a terepen mért (színes sáv) színképeket. A Minimális eltérés a geometriai és hőmérsékleti különbségből származik.

alakítását. Sikeredett olyan rendszert kialakítani, ami a közvilágítás javulását okozta. A saját szubjektív véleményem is pozitív és ebben benne van az is, hogy a fényszennyezés szempontjából – csupán ránézésre is – sokat javult a helyzet.

Konklúzió

A projekt eredményeként megvalósult Valós Világítás Környezet Laboratórium Közép-Európában egyedülálló példaként áll a további kutatások rendelkezésére, ugyanakkor az eddig tapasztalatok alapján több megállapítás is megfogalmazható:

- a jelenlegi technológiai színvonal mellett lehetséges jelentős fényszennyezés csökkenést okozó közvilágítási rendszer kifejlesztése
- a jelenlegi technológiai színvonal mellett a fényszennyezés csökkentése az energiamegtakarítást tekintve kompromisszumokkal jár, a borostyán LED várható fényhasznosítás növekedése, valamint az intelligens, igényekhez alkalmazkodó világítás vezérlés jelenthet megoldást

- Magyarországon is rendelkezésre áll az a tervezői, fejlesztői, gyártói és laboratóriumi méréstechnikai képesség, amely egyedi kialakítású, speciális igényeket kielégítő világítástechnikai alkalmazások fejlesztéséhez szükséges.

Jelen publikáció az „EFOP-3.6.2-16-2017-00014 – Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén" című projekt támogatásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Garcia-Saenz A, Sánchez de Miguel A, Espinosa A et al (2018) Evaluating the association between artificial light-at-night exposure and breast and prostate cancer risk in Spain (MCC-Spain study). Environ Health Perspect 126(4):47011 (https://doi.org/10.1289/EHP1837)

[2] A csillagoségbolt-parkok létrehozásának feltételei: https://www.darksky.org/wp-content/uploads/2018/12/IDSP-Guidelines-2018.pdf

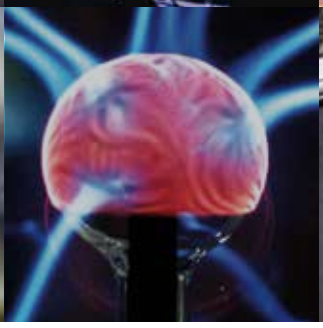
[3] Szalai András, Major Csaba, Szabó Ferenc, Csuti Péter és Kolláth Zoltán – Csökkentett fényszennyezést okozó, hangolható színképű és térbeli fényerősség-eloszlású LED-es közvilágítási világítótest fejlesztése, Világítástechnikai Évkönyv 2018-2019, HU ISSN 1416-1079

MAGYAR
ELEKTROTECHNIKAI
EGYESÜLET

EGYÜTT AZ IPARRAL

A Magyar Elektrotechnikai Egyesület a magyar villamosipar legnagyobb független szakmai szervezete.

Küldetésünk:
- a szakma képviselete
- a lakosság felelősségteljes tájékoztatása
- az utánpótlás kérdésében való aktív szerepvállalás



MAGYAR
ELEKTROTECHNIKAI
EGYESÜLET

1075, Budapest,
Madách Imre út 5. III. emelet
mee@mee.hu
www.mee.hu

A fekete test sugárzáshoz hasonló, fényáramszabályozott LED modulok színképi kérdései

– Zsellér Viktor, Dr. Samu Krisztián –

1. Bevezetés

Fényforrások fényáramának változtatásával már az 1500-as években is látványos vizuális hatásokat értek el a korabeli „világítástervezők", elsősorban előadótermekben és közösségi helyek derítése kapcsán [1]. A jelen korszerű megoldásai szinte kivétel nélkül megkövetelik a LED-es technológia használatát, miközben egyre gyakrabban jelenik meg megrendelői igényként az emberközpontú világítás biztosítása.

Ez a gyakran félreértett fogalom legtöbbször olyan hangulat-világítási rendszereket takar, amelyekben a kibocsájtott fény szinhőmérséklete változtatható a felhasználói igények szerint.

Ehhez általános LED modulok esetén több meghajtó csatorna szükséges, hogy a hideg fehér és a meleg fehér, esetleg vörös és színes színképű LEDek különböző arányú dimmelésével az elvárt színpont beállíthatóságának lehetősége biztosítva legyen. Ennek költségvonzata legtöbbször igen magas, mivel a meghajtó elektronika és annak szabályzása nagyságrendekkel komplexebb, mint egy egyszerű, egy csatornás esetben, ahol a felhasználói beavatkozás módszerei már kitapasztalt, ipari szabványok szerint történnek.

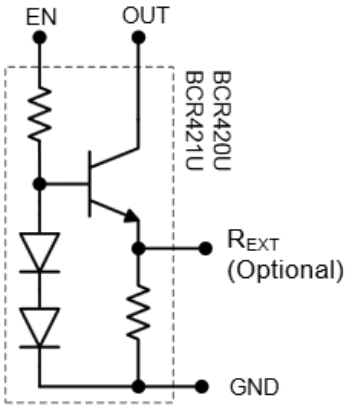
2. Emberközpontú világítás

Valódi emberközpontú világításról – a fogalom szerteágazó marketing-megjelenésével szemben – csak akkor beszélhetünk, ha a rendszer képes az emberi megfigyelőben a melatonin-nak nevezett (N-acetyl-5-methoxy tryptamine), az emberi szemben termelt hormon jótékony szabályozására [2]. Ezen vegyület közvetetten hatással van az éberségre, befolyásolja az alvás minőségét és ezáltal komoly hatással van mindennapjainkra [3]. Stimulálása legközvetlenebbül fénnyel történik, mivel felezési ideje nagyban függ a besugárzástól és annak spektrális összetételétől [4]. Ennek valószínűleg evolúciós oka lehet; a reggeli fény spektrálisan telítettebb a kék tartományban, míg a délutáni, lefekvés előtti megvilágítás vörösebb, ezáltal észleli a szervezet az éjszaka-nappal ciklikusságát, miközben ez nincs hatással az észlelés és érzékelés minőségére [5].

3. CCR lineáris szabályzók

A CCR (Constant Current Regulator, Állandó egyenáramú szabályzók) technológia a 2000-es évek közepén terjedt el az elektrotechnikában, elsősorban műveleti erősítők kisáramú segédáramköreként, majd körülbelül 2010-től jelent meg az autóiparban és kisebb kijelzők háttér-világításához. Ezen komponensek egyenáramú hideg- vagy meleg szabályzóként korlátozzák a beépített NPN tranzisztorral a rajtuk átfolyó áramerősség nagyságát. Az 1. ábra szemlélteti egy CCR komponens belső felépítését. A beépített precíz ellenállások, az R_{ext} külső ellenállás értéke és a diódák feszültségesése állítja be a legnagyobb megengedett áramot. A kialakuló rezonancia úgy szabályozza a GND-OUT feszültségesést, hogy az a beállított áramértéknél nagyobb átfolyó áram esetén, maximum a letörési értékig emelkedni fog.

Ezzel a megoldással lehetőség nyílik az átfolyó áram precíz korlátozására. Adatlap szerint általánosan 5% ... 10% pontosság érhető el [6, 7, 8]. Az áramerősség függ a komponens binnelésétől, azaz, hogy éppen milyen gyártási szórással készült, valamint üzemi hőmérsékletétől, azonban ennek szórása alacsony és értéke jól számítható.



1. ábra. Tipikus CCR belső kapcsolása [6]

Az 1. táblázat egy összetett méréssorozat eredményét szemlélteti három különböző gyártó CCR komponenseire. A méréseket stabilizált áramerősség és kontrollált hőmérséklet mellett végeztük. Az állandósult állapotot akkor feltételeztük, amikor a CCR-en eső feszültség változása 100 másodperces időablakban 0.01 [V] alatt maradt. A beállított áramerősségek sorban: 150 [mA], 150 [mA], 350 [mA]. A külső ellenállás, ahol szükséges volt, Vishay Dale, precíziós, SMD típusú.

1. táblázat. Három különböző CCR komponens azonos lot-ból származó összehasonlítása LED-es rendszerben

	Áramerősség Átlag [mA]	Áramerősség Szórás [mA]
Diodes BCR420UW6 n = 58	150.09	0.11
Infineon BCR450 n = 19	150.05	0.15
ONSemi NSI50350AS n = 22	351.01	0.19

A mérések szaturált bemeneti feszültség mellett történtek, kalibrált, feszültség stabilizált DC táppal táplálva. (TTi, MX300T) Mindhárom esetben különböző LED ágakkal voltak szerelve a rendszerek, sorrendben: 14.5 [V], 5 fehér LED, 20 [V], 7 fehér LED, 34 [V], 12 darab fehér LED.

3.1. Általános Dim-to-Warm modulok

„Dim-to-Warm" modulok esetén olyan áramkört alakítunk ki, amelyben két párhuzamos LED ág van. Az egyik ágon sorba kötve a diódákkal, egy CCR komponens korlátozza az áramerősséget. Ebben az ágban a fényforrásoknak az üzemi feszültségesése minimálisan kisebb, mint a másik ág és a CCR bekapcsolási feszültségének különbsége.

Ekkor egy áramerősségre feszültségszabályozott LED meghajtó elektronika (driver) olyan módon biztosíthatja az elektromos teljesítményt a modulnak, hogy addig emeli a kimeneti feszültségét, amíg a kimeneti áram el nem éri a beállított értéket. A két ágon az egyensúlyi állapot úgy fog kialakulni, hogy a CCR-t tartalmazó LED sor feszültsége annak hatására addig fog emelkedni, amig annak árama az ezen beállított korlathoz nem igazodik. Az azon felüli áram a másik ágon fog teljes egészében átfolyni. Amikor a LED driver csökkenteni próbálja a kimeneti áramerősséget (dimmelés), a kimeneti feszültsége csökkenni fog. Ennek hatására döntően a CCR nélküli ágban fog csak csökkenni az áramerősség, az ezt tartalmazó ágban csak az 1. ábra szerinti OUT-GND feszültségcsökkenés hatására bekövetkező, néhány mA-es áramcsökkenés figyelhető meg, egészen a beállított értékig.

3.2. Emberközpontú világítást lehetővé tevő Dim-to-Warm modulok paraméterei

A példa kedvéért először bemutatunk egy egyszerű, két párhuzamos csatornás megoldást, CoB (Chip on Board) méretben. A 2. ábra egy CoB méretű Dim-to-Warm rendszert szemléltet. A fénykibo-

csájtó diódák 1.6 mmx1.6 mm területű meleg fehér, borostyán, vörös és zöld színűek. A 0805 SMD alkatrész egy 0 Ohm ellenállású Jumper, amelyre a kompakt egy oldalas vezetékezés miatt volt szükség.

3. ábra. Dim-to-Warm modul áramköri kapcsolási rajza

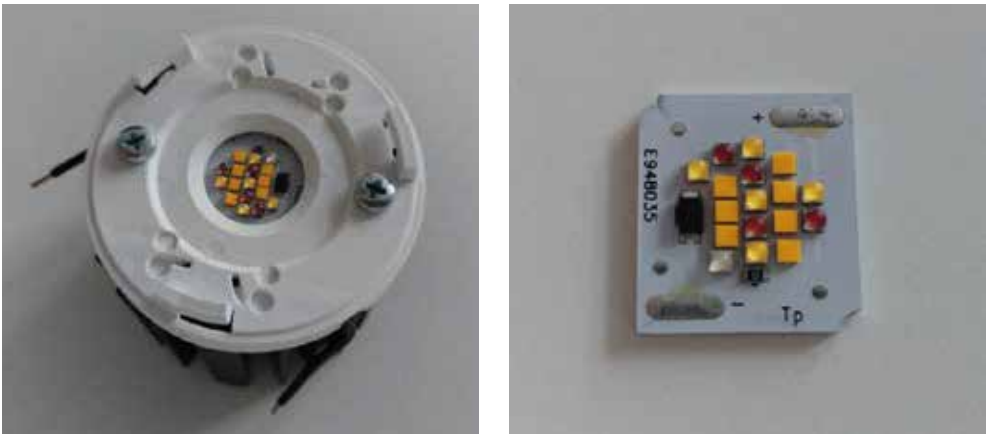
2. táblázat. A bemutatott modul alkatrészlistája

Ref Des	TEXT	Part
D1 .. D7	XD16	XD16AWT-H0-0000-
	3000K	00000UC8G
D8	XQEGRN	XQEGRN-00-0000-000000D01
D9, D11, D13, D15, D17	XQEAPA	XQEAPA-00-0000-000000901
D10, D14	XQERED	XQERED-00-0000-000000801
D12, D16	XQEPR	XQEEPR-00-0000-000000A01
U1	U1	AL5809Q
R1	R1	RC0603JR-070RL

Emberközpontú világításhoz manapság gyakran szokás a „WELL" szabványok „FEATURE 54" dokumentuma alapján viszonyitani egy fényforrás emberre gyakorolt pozitív és negatív hatásait [9]. Ez a cirkadián ritmusra a világitás által gyakorolt hatások kiértékelését jelenti a gyakorlatban. Kvantitatív megfeleltetésként az úgynevezett EML-t (Equivalent Melanopic Lux, Egyenértékű Melatonin-stimuláns Megvilágítás) szokás használni. Ez egy, az emberi szemben lejátszódó melatonin bomlásra normált besugárzást jelöl.

A Dim-to-Warm megoldás tartalmi lényege, hogy nagy megvilágítás mellett - amikor az észlelés fontossága döntő – magas EML-t biztosit a fényforrás, míg a kevésbé aktív időszakokban, mint például a munkaidő vége, vendéglátás, lefekvés előtti időszakok, kisebb kék spektrális tartalom és kisebb megvilágítás értékek segítik a megfigyelőt a pihenésben.

A következő ábrák (4 .. 7) szemléltetik a bemutatott összeállítás mért spektrális eloszlását és optikai tulajdonságait, különböző teljesítmény-szintek mellett.

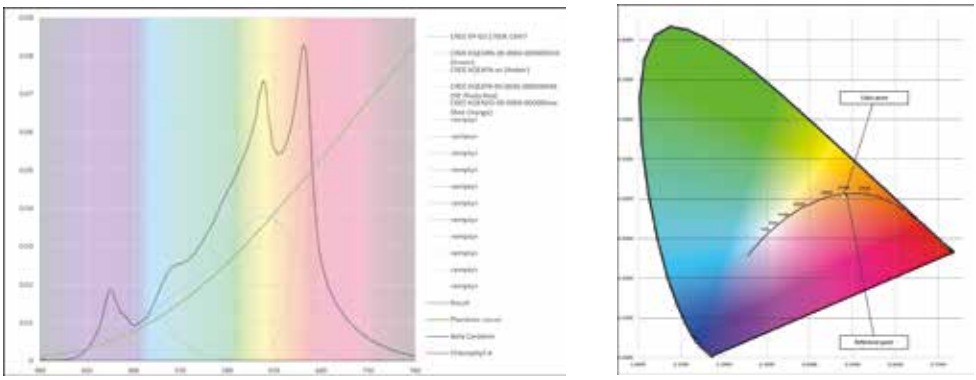


2. ábra. CoB méretű Dim-to-Warm modul szerelve* (fent) *és a különálló modul* (lent) *A fenti megoldás kapcsolási rajzát a 3. ábra mutatja be. Az ehhez tartozó anyagjegyzéket a 2. táblázat szemlélteti. A modul egy ipari szabványos méretnek megfelelő NYÁK-ra (Nyomtatott halálozású Áramkör) lett ültetve, ami ezzel kompatibilis a piaci szabványos CoB Modul tartóegységekkel.

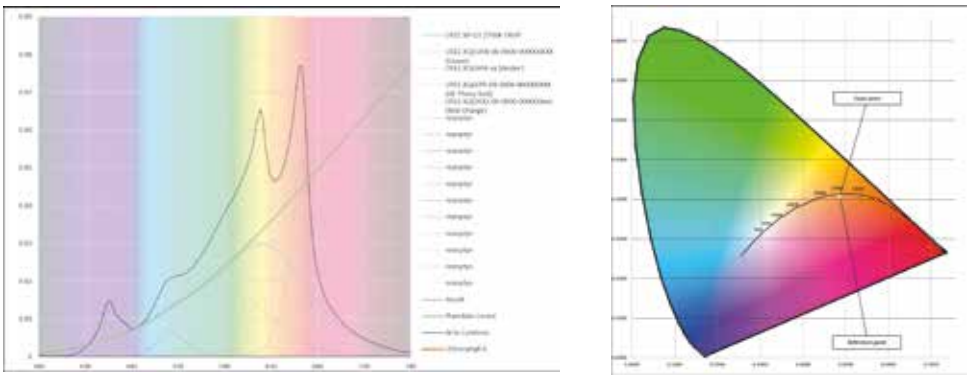
A spektrális méréseket kalibrált kézi spektrométerrel végeztük (GL Optic Spectis 1.0 Touch, integráló gömbbel). Az modul színtani tulajdonságait a 3, 4. táblázatok szemléltetik.

4. LEDek feszültség binnelés szerinti kit-re felállított ültetési szabályai

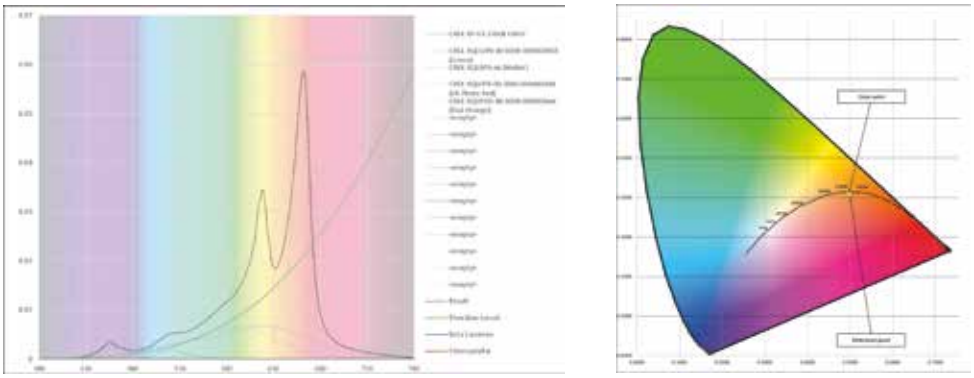
Annak érdekében, hogy két különböző modul akár különböző gyártásból is ugyan olyan szín-érzetet keltsen adott megvilágított felületeken, gondosan ügyelni kell arra, hogy milyen színpontú LED-es fényforrásokat ültetünk a modulra és azoknak milyen a feszültség karakterisztikájuk. A tradicionális, közvetlenül táplált LED NYÁK-okkal szemben ezen megoldásoknál az egyes ágak feszültségének különbsége – különös tekintettel az átmeneti tartományra, ahol a szabályozótlan ágban az áramerősség mértékét a két ág feszültség-különbsége határozza



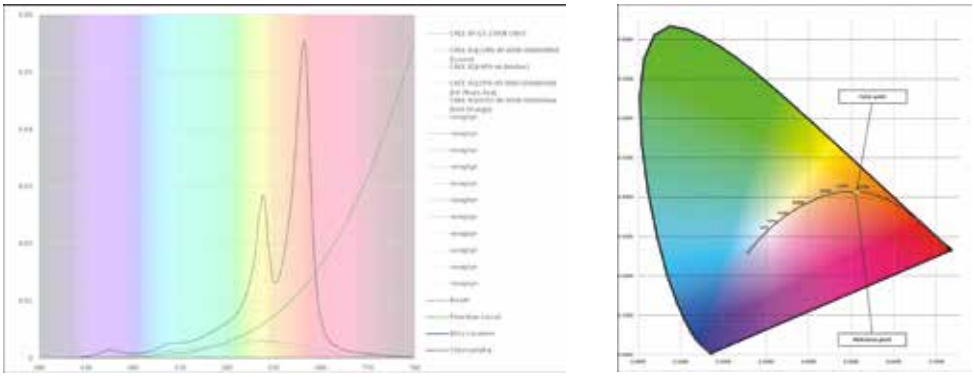
4. ábra. A modul spektrális eloszlása és szinkoordinátája 700 [mA] áramerősség mellett



5. ábra. A modul spektrális eloszlása és szinkoordinátája 530 [mA] áramerősség mellett



6. ábra. A modul spektrális eloszlása és szinkoordinátája 350 [mA] áramerősség mellet



7. ábra. A modul spektrális eloszlása és szinkoordinátája 200 [mA] áramerősség mellet

meg – színérzeti különbségeket eredményezhet. Megfelelő, a teljes dimmelési tartományon 3 SDCM konzisztenciát biztosító modulhoz az alábbi tervezési feltételek szükségesek:

1. A CCR szabályzási karakterisztikájának binnelése minimum $3\sigma < 0.5$ mA nagyságrendben
2. Az egyes fénykibocsájtó diódák színi binnelése ANSI szabvány szerint legalább 1:16 osztályzásban meleg fehér LED-ekre és maximum 5 nm intervallumban színes LED-ek csúcsintenzitására
3. $3\sigma < 5\%$ feszültség binnelési szabály az egyes LED villamos ágakra, beleértve a CCR feszültségesését üzemi hőmérsékleten

Ezen szabályok betartásával két csatornás (amelyből egy csatorna CCR-rel szabályozott) megoldásokban sikeresen csökkenthető a modul szín koordinátájának szórása. A bemutatott példa modul esetében ez az átlagtól való eltérést

3σ (du'v') < 0.005 nagyságrendben kontrollálhatóvá tette, amely az emberi szem számára általában észrevehetetlen. Külön kiemelendő, hogy ez konzisztens R9 szín-

3. Táblázat. A modul színtani tulajdonságai

STATE	1	2
Drive current [mA]	700	530
Tp [C]	85	72
Voltage [V]	23.6	23.1
Power [W]	16.52	12.243
Luminous flux [lm]	1495	1180
c.c. x	0.451	0.451
c.c. y	0.4084	0.4084
CCT [K]	2651	2550
CRI Ra	93	94
R9	94	90
CQS	85	85

4. Táblázat. A modul színtani tulajdonságai (folyt.)

STATE	3	4
Drive current [mA]	350	200
Tp [C]	60	52
Voltage [V]	22.45	21.7
Power [W]	7.8575	4.34
Luminous flux [lm]	792	423
c.c. x	0.46	0.5377
c.c. y	0.4106	0.4112
CCT [K]	2304	1796
CRI Ra	95	97
R9	84	91
CQS	85	75

minta reprezentálást tesz lehetővé a teljes dimmelési tartományon, ami a fényáram szabályozás során a tradicionális LED-es világítási rendszerekben gyakran problémaként jelenik meg.

5. Összefoglalás

A cikkben bemutattuk a „Dimmelésre Bevörösödő LED Modulok" alapvető működését, valamint megmutattunk emberközpontú világitást villamosan szabályozott csatornán lehetővé tevő modul működését részleteiben.

Ezen rendszerek tervezése során, a megfelelően választott színképi recepthez komoly kihívás olyan modult létrehozni, amellyel adott fokig garantálható lenne a modulok közötti színi konzisztencia. A közölt adatok alapján lehetőség nyílik olyan gyártás kivitelezésére, amely során magas szintű minőségi ellenőrzés mellett, az emberi szem számára gyakorlatilag érzékelhetetlen színképi különbség realizálható az egyes fényforrások között, különböző meghajtó áramerősségek mellett.

Bemutattunk megismételhető mérés-sorozatokat a CCR áramkörök beállított értékének szórásáról és a bemutatott példa modul színtani tulajdonságairól.

A cikk alapján egyedi Dim-to-Warm tipusú modul tervezhető, megfelelő színképi konzisztenciával és emberközpontú világitáshoz elégséges spektrális tulajdonságokkal.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Samuel Mills: Fundamentals of Architectural Lighting. ISBN-10: 1138506761, ISBN-13: 978-1138506763, Routledge; Ist edition (17 May 2018)

[2] B Wood, MS Rea, B Plitnick, MG Figueiro: Light

level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression, Applied ergonomics, 2013 – Elsevier
[3] K Thapan, J Arendt, DJ Skene: An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans, The Journal of physiology, 2001 - Wiley Online Library
[4] Joshua J. Gooley,corresponding author Kyle Chamberlain, Kurt A. Smith, Sat Bir S. Khalsa, Shantha M. W. Rajaratnam, Eliza Van Reen, Jamie M. Zeitzer, Charles A. Czeisler, and Steven W. Lockley: Exposure to Room Light before Bedtime Suppresses Melatonin Onset and Shortens Melatonin Duration in Humans, J Clin Endocrinol Metab. 2011 Mar; 96(3): E463–E472., 2010 Dec 30. doi: 10.1210/jc.2010-2098
[5] Shigekazu Higuchi Yuki Nagafuchi Sang-il Lee Tetsuo Harada: Influence of Light at Night on Melatonin Suppression in Children, The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, Volume 99, Issue 9, 1 September 2014, Pages 3298–3303.
[6] Diodes Inc. - ttps://www.diodes.com/assets/Datasheets/BCR420UW6-BCR421UW6.pdf Document nr.: DS37667 Rev 5. - 2
[7] Infineon GMBH., Application note, AP16147, https://www.infineon.com/dgdl/ap1614711_XC22xx_SPI_TLE6209R.pdf?fileId=db3a-3043lbe39b9701lc0d94f45479c9
[8] ON Semiconductor, NSI5035AS, Datasheet, http://www.onsemi.com/PowerSolutions/product.do?id=NSI50350AS
[9] International WELL Building Institute, The WELL Building Standard™ (WELL), http://standard.wellcertified.com/light

LED-es lámpatestek modell alapú tervezése

– Hegedüs János, Hantos Gusztáv, Dr. Poppe András –

1. Bevezetés

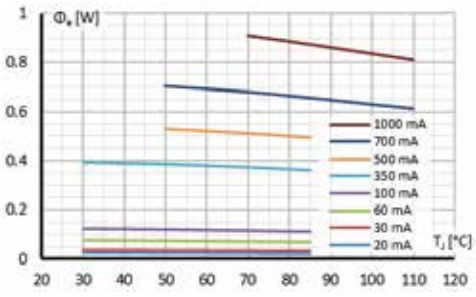
A LED-es világításra történő átállás terjedését elsősorban a LED-ek kellő mértékben megnövekedett hatásfokának és fényhasznosításának köszönhetjük. Energiahatékonyság tekintetében a LED-ek vitathatatlanul jobbak a wolframszálas izzóknál és a kompakt fénycsöveknél, és elkezdték a nagynyomású gázkisülőlámpákat is kiszorítani [1], [2]. A szilárdtest fényforrások alkalmazása azonban nem kevés technikai kihívás elé állítja a tervezőket és a gyártókat. A LED-ek működése merőben eltér a korábban megjelent fényforrásokétól. Többek között, a felvett és a sugárzott teljesítmények értéke jelentős mértékben függ a hőmérséklettől és az eltelt üzemidőtől, illetve ezek együttes, kölcsönös hatásától. A megfelelő hűtés nemcsak előtérbe kerül, hanem a termék minőségét és megbízhatóságát illetően kulcsfontosságú kérdéssé is válik. Elégtelen hűtés esetén nemcsak a LED-ek üzemelnek sokkal kedvezőtlenebb munkapontban, de az eszköz öregedése is felgyorsul, ami a hatásfok további romlásával jár együtt, valamint megnövekszik az eszköz hirtelen meghibásodásának valószínűsége is. A LED-es lámpák, lámpatestek tervezése a legtöbb esetben még mindig ökölszabályok alapján történik, és noha ezeket az ökölszabályokat sok gyártó komoly tesztek alapján folyamatosan felülvizsgálja és igazítja, a megfelelő tervezés még mindig újabb és újabb előnyöket tartogat.

Kihangsúlyozzuk azonban, hogy a közvilágítás elsődleges célja az ember, a tulajdon és a közlekedés biztonságának fenntartása, nem pedig az energiafelhasználás minimalizálása [3]; minden fejlesztési irányzatnak elsősorban ezt kell szem előtt tartania.

2. LED-ek üzemi paramétereinek változása

2.1 Hőmérsékletfüggés

A LED-ek, vagyis a fénykibocsátó diódák működése összetett, köszönhetően a működési paramétereik kölcsönös visszahatásának. A felvett elektromos teljesítmény és az ebből fényként kisugárzott optikai teljesítmény együttesen határozzák meg az eszköz ún. saját melegedését, azonban az aktív réteg (avagy a pn-átmenet) hőmérséklete nagyban befolyásolja a nyitófeszültséget és a hatásfokot, ezeken keresztül pedig a felvett és a kisugárzott teljesítmény értékét is. Az elektromos, az optikai és a termikus paraméterek emiatt csak együttesen vizsgálhatóak, mérésükre speciális műszerek és szabványok állnak rendelkezésre [4]-[10]. A mérések eredménye az ún. izotermikus (vagyis állandó pn-átmenet hőmérséklethez tartozó) nyitóáram-nyitófeszültség, nyitóáram-sugárzott teljesítmény és nyitóáram-fényáram karakterisztika seregek, illetve a tokozás ún. termikus kompakt modellje. Az 1. ábra egy általunk mért teljesítmény LED sugárzott teljesítményének hőmérséklet-függését mutatja a nyitóáram és a pn-átmenet hőmérsékletének függvényében.



1. ábra. Sugárzott teljesítmény hőmérsékletfüggése, egy neves gyártó teljesítmény LED-jének méréseiből

2.2 Öregedés

Az izzókkal és kompakt fénycsövekkel ellentétben a LED-ek általában nem hirtelen meghibásodást szenvednek. Működésük során az üzemi paramétereik lassú, de folyamatos változást mutatnak, melynek során (a korai beégetődést nem tekintve) sugárzott teljesítményük és fényáramuk lecsökken. A LED-ek élettartamát az ún. fényáramtartással (rossz angol nyelvű kifejezéssel: lumen maintenance) jellemzik. Ennek értelmében egy LED élettartama végének tekintjük azt, amikor fényárama a kezdeti érték adott százaléka, pl. 90% vagy 70%-a alá süllyed; ezek az ún. L90 vagy L70 kondíciók. Egy LED élettartama tehát az adott kondíció (L90, L70) bekövetkeztéig eltelt idő.

LED-ek öregedésének vizsgálatára kidolgozott szabványok adnak ajánlást, ezek közül az általánosan elterjedt eljárás az IES LM-80-08 [11] (a szabadon elérhető leírást lásd: [12]). A szabvány legalább 6 000 órás öregítést ír elő a dokumentumban jól meghatározott öregítési környezetben, amelynek során legalább 1 000 óránként kell adatgyűjtést végezni a kritériumoknak megfelelő mérő berendezésekkel. A mért adatok általában a LED minták összfényáramára, esetleg sugárzott teljesítményére és nyitófeszültségére terjednek ki. Az eltelt üzemidő függvényében vett fényáramtartás a TM-21-es dokumentum [13] szerinti ajánlás segítségével időben tovább extrapolálható, amelynek ajánlott hossza a minták számától és az öregítés során eltelt időtől függ.

Az LM-80-08 szabvány csak a minták megadott körülmények közötti fénykibocsájtás változásának és az esetleges meghibásodások számának figyelését írja elő, az egyéb paraméterek változásával nem foglalkozik. A felvett teljesítmény és a hatásfok megváltozása azonban fontos paraméterek, emiatt célszerű legalább a nyitófeszültséget is rögzíteni a vizsgálat során. A teljes LED karakterisztikák és a hővezetési út mérése akár részletes modellezésre is lehetőséget ad, ez azonban nem bevett eljárás. Az LM-80-as vizsgálati eredmények a nevesebb LED gyártók weblapjain általában szabadon elérhetőek, egyes esetekben a gyártók a nyitófeszültség megváltozásáról is közölnek kevéske adatot.

A LED-ek várható élettartamának manapság elfogadott értéke az 50-100 ezer óra nagyságrendjébe tehető. Megszakítás nélkül üzemelő világítási rendszerek esetén (mint pl. az alagútvilágítás [14]) könnyedén kiszámítható, hogy az 50 ezer órás élettartam ~5,7 évet jelent. Más a helyzet azonban az éjszakai világítással (egész éjjeles, vagy féléjjeles világítás [15]). Definíció szerint az egész éjjeles közvilágítás évente 4.000 órát jelent, de ez az érték nagyban függ a lámpák fel- és lekapcsolásának idejétől (lásd az I. táblázatot).

I. táblázat. Az 50 ezer üzemóráig eltelt évek száma a sötétnek deklarált órák függvényében

Sötétnek deklarált órák határai	Sötét órák évente	50 ezer sötét óra években
Napnyugta – Napkelte	4291 óra	12 év
Polgári szürkület	3875 óra	13 év
Navigációs szürkület	3373 óra	15 év
Csillagászati szürkület	2802 óra	18 év

3. LED-ek áramkörszimulációs modellezése

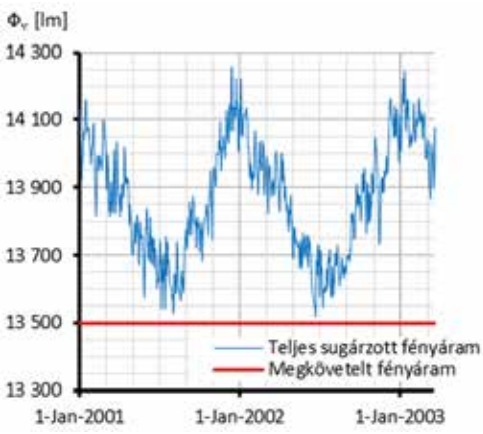
A 2.1 alfejezetben említett izotermikus karakterisztikák ismeretében a LED multi-domain modellje globális paraméterillesztéssel előállítható (a modellezéssel részletesen foglalkoztunk egy korábbi cikkünkben [16]), amely a modellparaméterek ismeretében szabadon alkalmazható bármely Spice kompatibilis áramkörszimu-

lációs programban. Szintén a modell része a LED tok termikus kompakt modellje, amelyhez folytonosan csatlakoztatható a hűtőszerelvény termikus modellje; a kettő együtt egy Cauer R-C létrahálót alkot, amelynek bemeneti "árama" a lapkán disszipált hőnek, az ennek következtében a bemeneten kialakuló "potenciál" pedig a lapka hőmérsékletének felel meg; e modell hálózat földpontja pedig a mindenkori környezet, lámpatestek esetében a környezeti levegő hőmérséklete. Bonyolultabb hűtőszerelvény esetében szükséges lehet annak előzetes CFD szimulációja (vagyis a természetes konvekciós hűtési áramlási dinamikájának számítógépes szimulációja), amely akár a lámpatest számítógépes CAD modellje alapján is elvégezhető. A Spice áramkörszimuláció során a bemeneti áram és a környezeti hőmérséklet megadása után meghatározhatóak a LED(ek) üzemi paraméterei, a pn-átmenet(ek) hőmérséklete, a nyitófeszültség, a hatásfok, illetve az előbbiek alapján a sugárzott teljesítmény és a teljes fényáram. A módszer lényege és nagy előnye, hogy a megfelelő LED modell ismeretében ezek a szimulációk akár már a tervezési fázis során is elvégezhetőek, segítségükkel a mechanikai szerelvény tervezője is visszacsatolást kaphat a szerelvény hűtési képességeit és a LED-ek pn-átmenet hőmérsékletét illetően. Ez a legújabb, „Ipar 4.0" zsargonban a lámpatest digitális modellje segítségével végzett virtuális prototípusfejlesztés [17]. Az üzemi fényáram tervezési időben történő kiszámításán túl akár a várható élettartam is előre becsülhetővé és tervezhetővé válik.

4. Konstans fényáramra szabályzás

4.1 Konstans fényáram a hőmérséklet függvényében

Adott, állandó nyitóáram értéken a lámpatest fényárama a hőmérséklet emelkedésével csökken. Ha a minimális megkövetelt fényáramot minden körülmény között teljesíteni kell, akkor a LED-ek nyitóáramát a várható legmelegebb hőmérsékletnek megfelelően kell beállítani.



2. ábra: Egy valós közvilágítási lámpatest hőmérsékletfüggő fényáramának szimulációja a Szombathelyen rögzített napi középhőmérsékletek alapján

Vagyis, minél magasabb hőmérsékletre tervezünk, annál nagyobb fényáramú (nyitóáramú) világítótestet kell beiktatni, hogy annak fényárama a várható legmelegebb hőmérsékleten se süllyedjen az elvárt minimális érték alá. Az év túlnyomó részében viszont szükségtelenül nagy lesz a lámpatest fényárama (lásd: 2. ábra), amely a villamos fogyasztást és a LED-ek öregedését indokolatlanul növeli és gyorsítja. Emellett a többlet jellemzően a téli időszakban keletkezik, amikor az éjszakák is jelentősen hosszabbak.

A 3. fejezetben leírt multi-domain áramkörszimulációs módszer segítségével feltérképezhető a lámpatest fényárama a környezeti hőmérséklet és a LED-ek nyitóárama függvényében. E fényáram karakterisztikák ismeretében meghatá-

rozható a mindenkori hőmérséklethez az a nyitóáram érték, amellyel a lámpatest teljes fényárama állandó értéken tartható. Ha a lámpatest tervezése a javasolt eljárás segítségével történik, akkor a hőmérsékletfüggés meghatározása semmiféle plusz költséggel nem jár. Az így elérhető megtakarítás nagyban függ a referencia értéktől, vagyis a legmagasabb hőmérséklettől, ahol az állandó nyitóáramú LED-es lámpatestnek az elvárt teljes fényáramot biztosítania kellene.

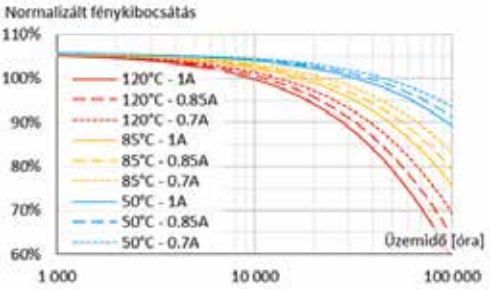
Egy valós közvilágítási lámpatest validált szimulációs eredményei alapján [18], archív meteorológiai adatokra [19] meghatároztuk az ilyen módon elérhető megtakarítás értékét. 27,9 °C legmagasabb várható hőmérsékletre tervezve, 35 Ft/kWh tarifával számolva minden 1000 lámpatest után kb. félmillió Ft lenne megtakarítható (35 °C-ra tervezve ennek már közel másfélszerese). A fényáramszabályozás gyakorlatilag minimális számítási kapacitás és memória árán megvalósítható, így az egyre inkább terjedő „okos" lámpatestekbe akár többletköltség nélkül is beépíthető.

A javasolt eljárás további előnye, hogy a hőmérsékletfüggések, és a megfelelő időjárás-előrejelzési adatok ismeretében a már telepített „nem okos" LED-es lámpatestek villamos fogyasztása átépítés nélkül is előre tervezhetővé, menetrendezhetővé válik.

4.2. Konstans fényáram a teljes üzemidő alatt

Amint azt a 2.2 alfejezetben említettük, a LED-ek fényárama az eltelt üzemidővel (a kezdeti beégetődéstől eltekintve) folyamatosan csökken, degradálódik. Ha az öregedés hatásait nem vesszük figyelembe a lámpatest kiválasztásakor, akkor a kibocsájtott teljes fényárama idő előtt elégtelenné válhat. Viszont, ha a minimális megkövetelt fényáramot az élettartam végéig teljesíteni kell, akkor 10-30% túltervezés szükséges. Ennek hátránya, hogy szinte a teljes üzemidő alatt a LED-ek jelentősen többet fogyasztanak és melegebbek, mint indokolt lenne, illetve gyorsabban is öregszenek (ezt szemlélteti a 3. ábra).

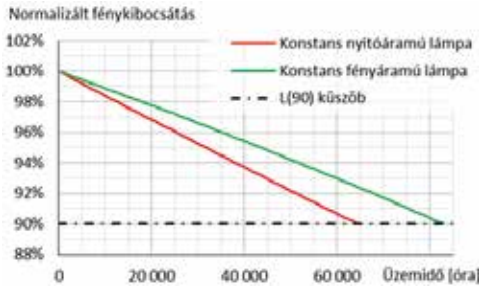
A hőmérséklet és az öregedés hatásait együttesen figyelembe véve lehetőség nyílik élethosszig tartó fényáram szabályozásra. A szabályozás révén jelentős energia megtakarítás érhető el, a LED-ek élettartamának megnövelése mellett. A LED-ek öregedésének modellezése akár az LM-80-as eredmények alapján is megvalósítható [20].



3. ábra: Valós LM-80-as mérési eredményekre illesztett extrapoláció (TJ = ~120 °C, IF = 1 A) és további nyolc feltételezett öregedési görbe

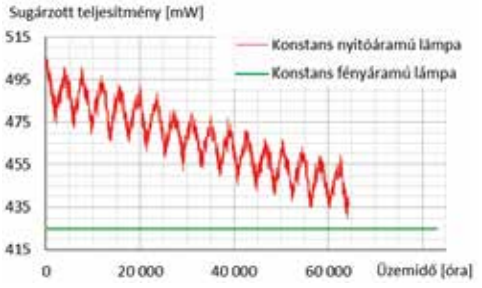
Egy általunk öregített fehér LED részletes izotermikus karakterizálása és LM-80-as eredményei alapján elvégeztünk egy egyszerűsített szimulációt. Az öregítést ~120 °C-os pn-átmenet hőmérséklet és 1 A nyitóáram mellett végeztük el, majd a kapott eredményeket időben tovább extrapoláltuk. Ehhez a fényáramtartáshoz további nyolc feltételezett görbét vettünk fel (lásd a 3. ábrán), ahol a hőmérséklet és a nyitóáram függéseket kisebbnek tekintettük, mint az más öregítési eredmények alapján várható lenne, így a visszaszabályozás szimulált eredményei is

moderáltabbak. Az öregedés során csak a fényáram csökkenésével számoltunk, a nyitófeszültség és a hőmérsékletfüggések növekedésétől eltekintettünk, a számított eredmények ezzel is kisebbek, mint a valós esetben várható energia megtakarítás. A pn-átmenet és a környezet közötti hőellenállás értékét 35 K/W-nak tételeztük fel, ami természetes konvekciós hűtés esetén szintén moderált értéknek tekinthető.



4. ábra: Egy teljesítmény LED öregedésének modellezése állandó nyitóáram és állandó fényáram esetén, archív meteorológiai adatok alapján

A szimuláció eredményeit a 4. és 5. ábrák szemléltetik, a II. táblázat pedig számszerűen összegzi az állandó fényáramszabályozás előnyeit a konstans áramú meghajtással szemben, várható élettartam és villamos energia fogyasztás tekintetében.



5. ábra: Egy teljesítmény LED fényáramának modellezése állandó nyitóáram és állandó fényáram esetén, archív meteorológiai adatok alapján

II. táblázat. A vizsgált LED típus becsült fogyasztása és élettartama állandó nyitóáramú és állandó fényáramra szabályozott esetben

	Konstans nyitóáram	Konstans fényáram	Az „okos” lámpa előnyei
Az L90-ig tartó élettartam	64,4 ezer óra	83 ezer óra	+29%
	16,7 év	21,4 év	+4,7 év
Fogyasztás 64,4 ezer óra alatt	130,8 kWh	112,8 kWh	-13,7%
Fogyasztás az első évben	7,9 kWh	6,5 kWh	-17,7%

A korábbi megfontolások alapján kiszámolható a forintosított megtakarítás értéke. Egy 50 db ilyen LED-et tartalmazó lámpatest fényárama ~8000 lm, ebből 1000 darab telepítése után a megtakarítás óvatos becsléssel is legalább ~2,4 millió Ft lenne a telepítést követő első évben, ~31,5 millió Ft pedig a teljes 16,7 év alatt. Ezen felül a telepítési költségek a megnövekedett élettartammal arányosan csökkennének.

6. Összefoglalás

A szilárdtest fényforrások alkalmazása során fontos műszaki kérdés a LED-ek megfelelő hűtése. A hőmérséklet növekedésével mind kedvezőtlenebb munkapontban üzemelő LED-ek elhasználódása is gyorsabban következik be, amely a munkapontot szintén kedvezőtlenebb irányba tolja el; a hatásfok romlik, a disszipált teljesítmény és így a pn-átmenet hőmérséklete növekszik, a folyamat így önmagát erősíti. A kívánt megvilágítási szint mindenkori megtartásához emiatt a kezdeti értékeket jelentősen túl kell tervezni, mind a hőmérséklet, mind pedig az öregedés hatásait figyelembe véve.

Cikkünkben leírunk egy új, “Ipar 4.0” szemléletű tervezési lehetőséget, amelynek segítségével a lámpatestek üzemi

paraméterei már a tervezési fázis során meghatározhatóak. A javasolt módszer segítségével felderíthető a lámpatest környezeti-hőmérséklet érzékenysége, ezzel együtt akár a beépített LED-ek öregedése az eltelt üzemidő függvényében. Alkalmas szabályozással elérhető a fényáram állandó értéken tartása a lámpatest teljes élettartama alatt. Ezáltal a várható élettartam akár harmadával is növekedhet, míg a teljes fogyasztás közel egyötöde is megtakarítható.

Köszönetnyilvánítás

Az itt bemutatott munkát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia kutatási keretein belül az Emberi Erőforrások Minisztériumának Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Programja támogatta (BME FIKP-MI/SC)

A cikkünkben hivatkozott LED modellezési munkákat a Delphi4LED H2020 ECSEL projekt támogatásával végeztük, amelyhez az EU 692465 sz. támogatási szerződése és a Nemzeti Kutatási és Innovációs Alap NEMZ_16-1-2017-0002 sz. támogatási szerződése biztosította az anyagi hátteret.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] "Philips Lighting's new innovations make switching to LED lighting even easier" https://www.signify.com/global/about/news/press-release-archive/2018/20180313-philips-lightings-new-innovations-make-switching-to-led-lighting-even-easier [2018.05.31.]

[2] Philips Public lighting, brosúra: http://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Global/ODLI20180417_001-UPD-en_AA-TrueForce-Urban-Brochure-online.pdf [2018.05.31.]

[3] P. Žák and S. Vodráčková, "Conception of public lighting," 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4), Karpacz, 2016, pp. 1-4., doi: 10.1109/LUMENV.2016.7745514

[4] JEDEC Standard JESD51-50, "Overview of Methodologies for the Thermal Measurement of Single- and Multi-Chip, Single- and Multi-PNJunction Light-Emitting Diodes (LEDs)", https://www.jedec.org/sites/default/files/docs/JESD51-50.pdf [2018. jan.]

[5] JEDEC Standard JESD51-51, "Implementation of the Electrical Test Method for the Measurement of Real Thermal Resistance and Impedance of Light-Emitting Diodes with Exposed Cooling", https://www.jedec.org/sites/default/files/docs/JESD51-51.pdf [2018. jan.]

[6] JEDEC Standard JESD51-52, "Guidelines for Combining CIE 127-2007 Total Flux Measurements with Thermal Measurements of LEDs with Exposed Cooling Surface", https://www.jedec.org/sites/default/files/docs/JESD51-52.pdf [2018. jan.]

[7] JEDEC Standard JESD51-53, "Terms, Definitions and Units Glossary for LED Thermal Testing", https://www.jedec.org/sites/default/files/docs/JESD51-53.pdf [2018. jan.]

[8] CIE 127:2007 Technical Report "Measurement of LEDs" (ISBN 978 3 901 906 58 9)

[9] T3Ster termikus tranziens tesztelő berendezés, Mentor Graphics https://www.mentor.com/products/mechanical/micred/t3ster/ [2018.05.31.]

[10] TeraLED kombinált LED karakterizáló berendezés, Mentor Graphics https://www.mentor.com/products/mechanical/micred/teraled/ [2018.05.31.]

[11] Approved Method for Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources, IESNA Standard IES LM-80, 2008. (ISBN 978 0 87995 227 3)

[12] E. Richman, "The elusive "life" of LEDs: How TM-21 contributes to the solution" (eds ERIC RICHMAN) (LEDs Magazine, 2011) Online elérhető: http://www.ledsmagazine.com/articles/2012/11/the-elusive-life-of-leds-how-tm-21-contributes-to-the-solution-magazine.html [2018 febr.]

[13] IES TM-21-11: "Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources" + Addendum A, Illumination Eng. Soc., New York, NY, USA, 2011. (ISBN 978 0 87995 259 4)
[14] Világítástechnikai kislexikon, Világítási módok – Alagútvilágítás http://vilagitas.org/lexikon/ [2018. május 31.]
[15] Világítástechnikai kislexikon, Világítási módok – Egész éjjeles világítás; Féléjjeles világítás http://vilagitas.org/lexikon/ [2018. május 31.]
[16] Hegedüs János, Poppe András, "Közvilágítási lámpatestek karakterizálása multi-domain LED modellekkel – a LED karakterisztikáktól a lámpatest üzemi fényáramáig", ELEKTROTECHNIKA 110:(3-4) pp. 13-20. (2017)
[17] A. Poppe, M. Rencz, R. Bornoff, C. Marty, J. Yu, G. Martin, "LED based application design in an "Industry 4.0" approach: implementation as proposed by the Delphi4LED project ", Proceedings of the 16th International Symposium on the Science and Technology of Lighting (LS16), Konferencia helye, ideje:, Sheffield, Egyesült Királyság, 2018.06.17-2018.06.22., meghívott előadás
[18] Horváth Péter, Timár András, Hegedüs János, Szalai András, Szabó Tamás, Poppe András, "SmartSSL – okos közvilágítási lámpatest fejlesztése IoT szemlélettel" In: Némethné dr Vidovszky Ágnes, Vass László, Nagy János (szerk.), Világítástechnikai Évkönyv 2016-2017: LED-jen FÉNY!. 272 p., Budapest: MEE Világítástechnikai Társaság, 2017. pp. 136-143
[19] Az Országos Meteorológiai Szolgálat weblapja: http://www.met.hu/en/idojaras/ [2018. május 31.]
[20] Hegedüs János, Hantos Gusztáv, Poppe András, "Lifetime Iso-flux Control of LED based Light Sources", In: W Luiten, J Janssen, G Martin (szerk.) Proceedings of the 23rd International Workshop on THERMal INvestigation of ICs and Systems (THERMINIC'17). Konferencia helye, ideje: Amsterdam, Hollandia, 2017.09.27-2017.09.29. DOI: 10.1109/THERMINIC.2017.8233816 (ISBN:978-1-5386-1928-5)

Költség- és energia-hatékony LED-es fényszóró kialakítás járműipari felhasználás céljából

– Dr. Major Csaba, Szalai András –

A piaci igény

Ahogy a LED-es világítástechnikai megoldások egyre kiforrotabbá és elérhetővébbé válnak, úgy bővül a LED-ek felhasználási területe. Az autóipar sem kivétel ez alól, ahol már jelenleg is széleskörben alkalamazzák a LED-eket beltéri világításra, irány- és helyzetjelzőként, féklámpaként, nappali menetfényre stb.

A LED-ek fényszórókban történő felhasználása jelenleg azonban még nem széleskörű annak ellenére sem, hogy az autoipari felhasználáson belül ezt a piaci szegmenst jellemzi a legnagyobb növekedési potenciál. A jelenlegi korlátozott alkalmazás fő oka a LED-es autófényszórók kialakítása során jelentkező különböző optikai és termikus problémák nehézségei, és ennek következtében a lehetséges megoldások annyira magas gyártási költsége, amelyet a potenciális gépkocsi tulajdonosok többsége már nem hajlandó megfizetni, azaz jelenleg túl nagy a szakadék az autógyártók eladási ára és a vevők vásárlási hajlandósága között. Ezért a költséghatékonyabb megoldás nagyobb piaci potenciált jelent az autóipar számára.

A LED-es autófényszórók jelenlegi problémai azon nagyon komplex és ezért drága optikai rendszerek és a hozzájuk csatlakozó bonyolult hűtési megoldásokban gyököreznek, amelyek egyébként lehetővé teszik a törvényi szabályozásoknak mindenben megfelelő fénytechnikai kialakítást. Az autófényszóró optikai rendszerének a feladata a fényforrásból kilépő teljes fényáram lehető legnagyobb hányadának összegyűjtése és a törvényi szabályozásoknak megfelelő, az útfelület megvilágítandó részére vetülő sugárrá formálása.

A hagyományosan alkalmazott (halogén) lámpás autófényszórók esetében az optikai hatásfok nagyságrendileg 30-50%, azaz a fényforrás teljes fényáramának a fele biztosan elvész, nem hasznosul. Az kis optikai hatásfok mellett a szabályzóknak való megfelelés miatt több LED-et kell egy autofényszóróba beépíteni, ami drágább hűtési megoldást, így nagyobb gyártási költséget, végső soron nagyobb végfelhasználói árat eredményez. A magasabb ár ezért LED technológiát alkalmazó fényszórók alkalmazását jelenleg a prémium autók kategóriájára korlátozza. Ez nem szerencsés, hiszen termék életciklus alatt költség- és energiahatékonyabb LED-es autófényszórókkal kedvezőbb fénytechnikai megoldások alakíthatók ki (pl. hosszabb útszakasz világítható meg, szenzorokkal ötvözve adaptív fényáramszabályzás lehetséges, stb), amelyek általánosan növelhetnék a közlekedés biztonságát, nem beszélve arról, hogy a LED-eknek a halogén ízzókét messze meghaladó élettartama lehetővé teszi azt, hogy a gépkocsi teljes élettartama alatt ne legyen szükség fényforráscserére. A fényforráscsere mellőzés a fényszóró kompaktabb kialakításának a lehetőségét is biztosítja.

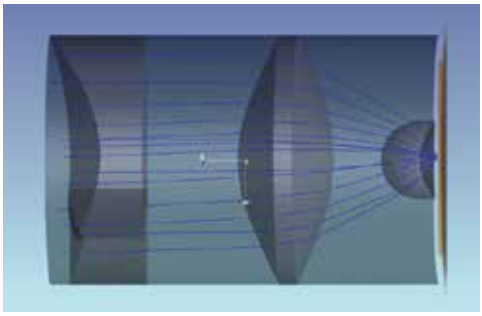
Egy új megoldás

A HungaroLux Light Kft.-nél nagy hagyománya van a LED-es világítótestek nagyon precíz, több végfelhasználói szempontot is figyelembe vevő optikai tervezésének. Ezen LED-es világítótestek egyik közös jellemzője az, hogy optikai

rendszereik refraktív elemekből építkeznek. (Megjegyzendő, hogy a legtöbb LED-es fejlesztésnél a teljes világítótest nagy hatásfokot biztosító optikai tervezése háttérbe szorult, hiszen a nagy cégek meghatározó fejlesztési erőfeszítései többnyire a LED-ek, mint fényforrások és a meghajtó elektronika hatásfoknövelésére fókuszáltak.)

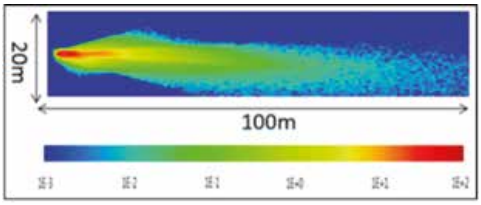
A fentieknek megfelelően az általunk ujonnan kifejlesztett autofényszóró optika is [1] kizárólag speciálisan LED-es fényforráshoz tervezett, refraktív elemekből épül fel és egy hazai független fénytechnikai mérőlaboratórium méréseinek a tanúsága szerint több, mint 70%-os optikai hatásfokkal rendelkezik.

Az optikai rendszer kialakítását az 1. ábra szemlélteti. A rendszer két fő részből áll: az első egy nagy numerikus aperturájú optika, amely a lehető legnagyobb fényáramot gyűjti össze a fényforrásból, majd továbbítja a második egység felé. Ez utóbbi egy bifokális optikai elem, amely bifokális aszférikus felületű: ezzel biztosítva a megfelelő megvilágítási képet. Ezt szemlélteti a 2. ábra. Mért fényeloszlásokat mutat be a 3. ábra.

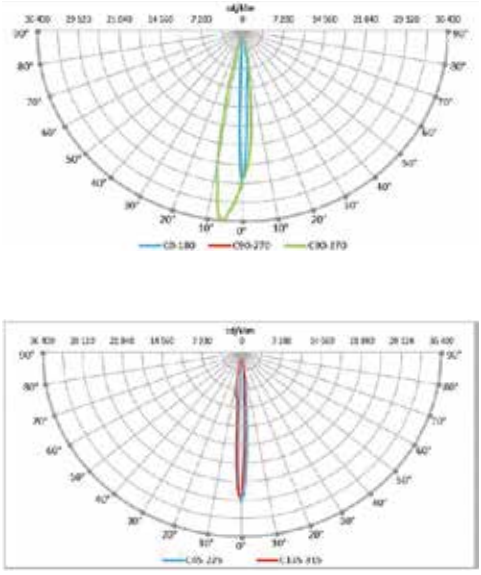


1. ábra. Az új LED-es fényszóró optikai hialakításának sematikus ábrája.

A megoldás nem tartalamaz semmilyen kitakarást vagy mozgó alkatrészt. Részben ennek is köszönhető a nagy optikai hatásfok.



2. ábra. Az új, LED-es autófényszóróhoz tervezett refraktív optikai rendszerrel elérhető fényeloszlás tompított fény esetében, amely megfelel az ECE követelményeknek (OpticStudio szimulációs eredmény)



3. ábra. Az új optikai rendszerrel kialakított prototípus egy akkreditált laboratórium által mért fényeloszlása

A kitakaró lemezek valamint mozgó alkatrészek hiánya lehetővé teszi a költésghatékony fröccsöntési technológia alkalmazását a gyártásban. Ez a kialakítás sokkal olcsóbb megoldást kínál a jelenlegi gyártástechnológiához képet. Az eddigi LED-es autófényszóróknál nagyobb optikai hatásfok egyben azt is jelenti, hogy kevesebb LED-re van szükség az előírásoknak megfelelő fényáram biztosításához,

ezért a fényszóró veszteségi hőtermelése is kisebb, azaz egyszerűbb és ezért olcsóbb hűtési megoldás alkalmazása is elégséges. Ezért a kisebb hűtés és fényforrásigény gazdaságos megoldássá teszi az itt vázolt refraktív optikai elemekkel kialakított LED-es autófényszóró alkalmazását valamennyi jármű típusban.

Összefoglalás

LED-es lámpatestek fejlesztésénél nagyon fontos a teljes rendszerhatásfok optimalizálása, amelynek nagyon fontos összetevője a lehető legnagyobb optikai hatásfok elérése.

A nagy optikai hatásfok speciálisan LED-es fényforrásokhoz terevezett refraktív optikai elemekkel jól biztosítható. Az iyen elemek olcsó technológiával (fröccsöntés) könnyen előállíthatók. Ez, kombinálva olcsóbb hűtési megoldásokkal reálissá teszik olcsó, LED-es autófényszórók tömeggyártását, gyorsabb elterjedését.

HIVATKOZÁS

[1] P 18 00222 ügyiratszámú szabadalmi bejelentés

Vegye igénybe eszközparkunkat!

Használja a VTT fénysűrűségmérő kameráját

• akár a közvilágítási,

• akár beltéri alkalmazások esetében.

Érdeklődjön honlapunkon, vagy keressen minket elérhetőségeinken:

Világítás Háza
1042 Budapest, Árpád út 67.
+36 1 369 6631

www.vilagitas.org

TREND FM 94.2

Gazdaság és Kultúra

Az **adó**, amit nem fizetni, **hallgatni** kell!

- 15 éve a rádiós piacon
- hasznos, informatív, inspiráló tartalom
- gazdasági hírek, árfolyamok, elemzések, szakértői beszélgetések, interjúk, ajánlók, üzleti tippek
- különleges zenei válogatás
- trendfm.hu - az elhangzott rádióadás tovább él online

WWW.TRENDFM.HU

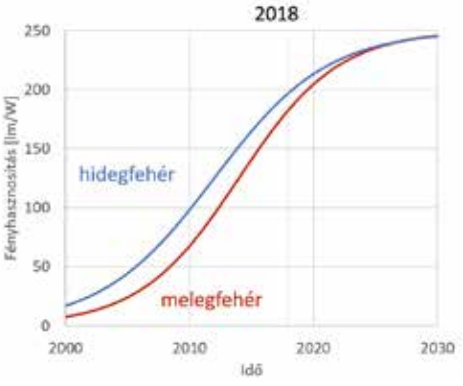
Hibrid LED rendszerek színvisszaadása

– Balázs László és Nádas József –

I. Bevezetés

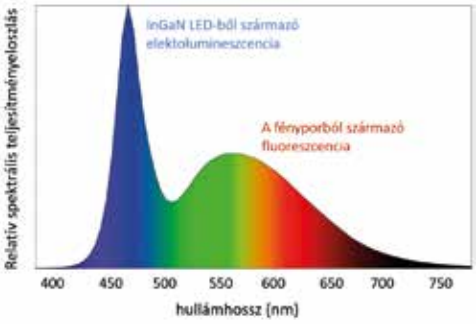
Az első, 1996-ban a Nichia cég által kifejlesztett és piaci forgalomba hozott fehér világítódióda hatásfoka 5 lm/W volt [1], ami a hagyományos fényforrásokhoz képest nagyon kis értéknek számított. Mégis kis mérete, hosszú élettartama miatt a mobiltelefonok és más szórakoztatóelektronikai eszközök fejlesztői azonnal megragadták a lehetőséget és a kijelzők háttérvilágításaként kezdték használni az új fényforrást.

Azóta a fehér LED-ek jelentős változáson mentek keresztül. Fényhasznosításuk 2010-ben már meghaladta a kompakt fénycsövekre jellemző 60 lm/W értéket és napjainkban gyakorlatilag az összes világítási alkalmazásban a világítódiódák számítanak a legjobb fényhasznosítású fényforrásnak. 2018-ban megjelentek a kereskedelmi forgalomban a 200 lm/W fényhasznosítású LED-ek [2][3], de a fejlődés még nem áll meg. Az amerikai Energiaügyi Minisztérium (Department of Energy) által készített előrejelzés szerint (1. ábra) a LED-ek fényhasznosítása 2030 körül 250 lm/W értéknél fog tetőzni [4].



1. ábra. A világítódiódák hatásfokának fejlődése az USA Energiaügyi Minisztérium előrejelzése szerint

A gyártók a fényhasznosítás növelésére fókuszálnak, a híradások a legújabb hatásfokrekordokat emelik ki, miközben a LED fényforrások színvisszaadási tulajdonságai sokkal kevesebb hangsúlyt kaptak eddig a fejlesztésben. A fehér világítódiódák, illetve az ezeken alapuló fényrendszerek általános színvisszaadási tényezője az esetek többségében, az Ib színvisszaadási osztály alsó határán, R_a=80 értéknél található. A gyártók a fénycsőtechnológia által beállított minimum piaci elvárásoknak kívánnak megfelelni és viszonylag kis figyelem jut a színvisszaadási tulajdonságok javítására.



2. ábra. Egy fehér fényporos LED spektruma

A 2. ábrán látható spektrumban a vörös hullámhosszak alulreprezentáltak a referencia feketetestsugárzóhoz képest, ezért a vörös árnyalatok sápadtabbnak tűnnek egy ilyen spektrumú LED világítás alatt egy izzólámpás megvilágítással összehasonlítva.

A piacon kapható fehér LED-ek döntő többsége kék tartományban sugárzó InGaN alapú világítódiódára épül. A kék fényt a LED felületére felvitt anyag, a fénypor segítségével alakítják át fehér fénnyé. A fénypor a kék fényt részben átengedi, részben elnyeli. Az elnyelt fényenergiát a kékhez képest hosszabb hullámhosszon, az 500 nm feletti tartományban sugározza a fénypor, ezért a

fehér fényporos LED-ek spektrális teljesítményeloszlásában két csúcs jelenik meg. Az elektrolumineszcenciával keltett kék fény és a fluoreszcenciával keletkező sárgászöld fény keveréke kelti majd a fehér színérzetet a szemünkben (2. ábra).

A fehér LED-ek színvisszaadásának javítására több út is kínálkozik. A fényporok összetételének módosításával javított színvisszaadású LED-ek állíthatók elő és az elmúlt évben több gyártó is piacra dobta javított színminőségű termékeit [5][6]. Egy másik lehetőséget a hibrid fényforrások jelentik [7][8][9]. A hibrid fényforrásokban a fényporos LED-et egy vagy több keskenysávú, gyakorlatilag monokromatikus LED-del kombinálják. A különböző spektrumú világítódiódák fényének keverésével jutunk el a javított színminőségű fényforráshoz.

II. A színvisszaadás mérőszámai

A fényforrások színvisszaadási tulajdonságainak jellemzésére az 1970-es években, a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság, a CIE 13.3 dokumentumban vezette be a színvisszaadási tényezőt [10]. A színvisszaadási tényező meghatározása színmérésen alapul: standard színmintákat egy referencia és a vizsgálat tárgyát képező fényforrással világítjuk meg és meghatározzuk az egyes színminták színkoordinátáit. A referencia és a teszt megvilágításra vonatkozó színkoordináták különbségéből képezzük az egyes színmintákra vonatkozó egyedi színvisszaadási indexet. Ha a referencia és a teszt megvilágítás mellett mért színkoordináták nem különböznek egymástól, a színvisszaadási tényező értéke 100. Minél nagyobb a távolság a két színpont között, annál kisebb lesz a színvisszaadási tényező értéke.

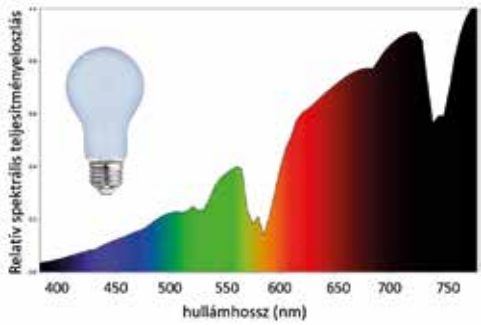
A fényforrások jellemzésére az 5. ábrán látható 8 színmintára vett egyedi színvisszaadási tényezők átlaga adja meg az általános színvisszaadási indexet, amelyet R_a-val jelölünk. A CIE R_a kiválóan szétválasztotta a hetvenes években használt fényforrásokat és a számok összhangban voltak a megfigyelő szubjektív minősítésével (3. ábra): a legjobb színminőségű fényforrásokra, az izzólámpára, halogén izzóra R_a=100, a valamivel rosszabb színminőségű háromsávos fénycsövekre R_a=80, míg a majdnem monokromatkus, sárgás fényű nagynyomású nátrium lámpára a színvisszaadási tényező már csak 25.

3. ábra. Az általános színvisszaadási tényező néhány fényforrásra

Új fényforrások megjelenésével számos anomália került felszínre, amikor a színvisszaadási index az érzékeltnél sokkal rosszabb színvisszaadási tulajdonságot jósolt. Az egyik legtöbbet hivatkozott példa a neodímiumtartalmú üveggel készült izzólámpa volt, amelyet Észak-Amerikában a GE Lighting Reveal® márkanéven hozott forgalomba. A Nd-üveggel készült lámpára az általános színvisszaadási tényező R_a=77, ami alapján a legtöbb beltéri alkalmazásnál a nem ajánlott kategóriába kerülne a termék. Ezzel szemben a vásárlói preferenciavizsgálatokon a Nd-üveggel készült izzólámpák következetesen megelőzték az R_a=100 értékű izzólámpát is.

Színtannal foglalkozó kutatók számos új színmetrikát fejlesztettek ki, hogy kiküszöböljék a CIE 13.3 színvisszaadási tényező alkalmazásával járó korlátokat

(5. ábra). A CQS (Color Quality Scale) 2010-ben jelent meg [11] és a CIE R_a-hoz képest számos ponton előrelépést hozott: 8 helyett már 15 színmintát vettek figyelembe a CQS számításnál.



4. ábra. A Nd-izzólámpa spektrális teljesítményeloszlása

A 4. ábrán látható a neodímium üveggel készült izzólámpa spektrális teljesítményeloszlása. A lámpabura kiszűri a sárga tartományba eső hullámhosszakat, ezért a tárgyak színe telítettebbnek tűnik a hagyományos izzólámpás megvilágításhoz képest. Tehát a referenciától való eltérés, vagyis a 100-nál kisebb színvisszaadási tényező nem feltétlenül jelenti azt, hogy a felhasználó a referenciához képest rosszabbnak ítéli a fényforrás színminőségét.

5. ábra. Három, fényforrások színminőséget mérő módszer színmintái. a) CIE színvisszaadási tényező, b) CQS, c) IES TM-30-15 színhűség index

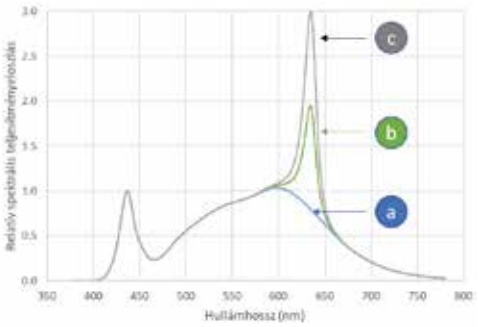
Észak-Amerikában az IES (Illuminating Engineering Society of North America) 2015-ben publikálta kétparaméteres, a fényforrások színének minősítésére szolgáló módszerét [12]. Az IES-TM-30-15 már 99 színmintán alapul és két mérőszámot határoz meg: az R_f, (color fidelity) színhűség index a színvisszaadási tényező egy továbbfejlesztett változatának tekinthető. Az R_g, gamut index jelzi, hogy a referencia megvilágításhoz képest hogyan változik a színek telítettsége. A Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság némileg módosította az IES TM-30-15 színhűség indexét és tudományos vizsgálatok céljára ajánlják [13].

A továbbiakban a hibrid LED rendszerek jellemzésekor három mérőszámot, a CIE R_a színvisszaadási tényezőt, a CQS paramétert és az IES TM-30-15-ben meghatározott R_f értéket hasonlítjuk össze.

III. Mérési eredmények

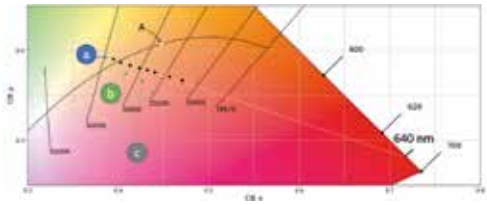
A. A hibrid LED rendszerek spektruma

Fehér fényporos és vörös LED-eket tartalmazó hibrid rendszereken tanulmányoztuk, hogyan változnak a panel fény- és színtani tulajdonságai a fehér és a vörös LED teljesítményének függvényében. A 6. ábrán 3700K színhőmérsékletű, R_a=84 színvisszaadási tényezővel jellemzett fehér LED-et és 640 nm-en sugárzó vörös LED-et tartalmazó hibrid rendszer spektruma látható állandó fehér LED, de három különböző vörös LED teljesítmény esetében.



6. ábra. 3700K fehér és különböző arányban 640 nm vörös LED-et tartalmazó hibrid LED spektrumok

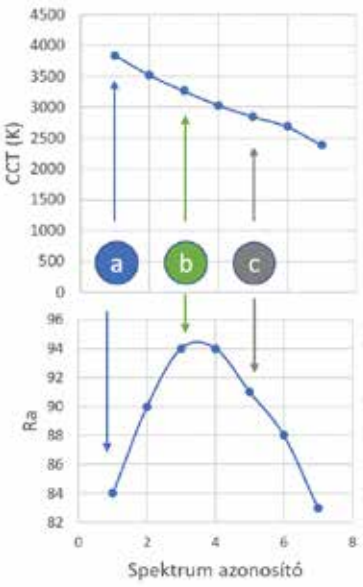
A legalsó kék vonal arra az esetre vonatkozik, amikor a vörös LED ki volt kapcsolva, tehát csak a fehér LED spektrumát mutatja a 6a) görbe. A 6b) és 6c) esetben egyre nagyobb a vörös LED teljesítménye, következésképpen nő a 640 nanométeren megjelenő csúcs magassága a spektrumban.



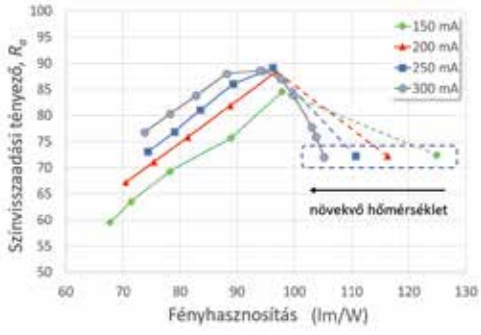
7. ábra. A hybrid panel színkoordinátáinak változása egyre növekvő vörös LED teljesítmény mellett. A jelölt pontok a 6. ábra spektrumaihoz tartozó színpontok

A 7. ábrán a hibrid rendszer színkoordinátái láthatók egyre növekvő vörös LED teljesítmény mellett. Az a), b) és c) pontok a 6. ábra a), b) és c) spektrumaihoz tartoznak. A 7 „A") pont a fehér LED színpontjának felel meg, amely valamivel a feketetestsugárzó görbe felett helyezkedik el. A hibrid spektrumok színpontjai a 640 nm vörös LED és a fehér LED színpontjait összekötő szakaszon találhatók. Ahogy a vörös fény aránya nő a spektrumban, a hibrid rendszer színpontja áthalad a feketetestsugárzó görbén és a hibrid panel fénye vörösben egyre telítettebbé válik.

A 8. ábra az egyes spektrumokra meghatározott színvisszaadási tényezőt (R_a) és korrelált színhőmérsékletet (CCT) mutatja a spektrum sorszámának, vagyis a vörös fény arányának függvényében. Miközben a színhőmérséklet folyamatosan csökken a vörös arány növelésével, a színvisszaadási tényező értéke egy maximum függvény szerint változik. A fehér LED esetében R_a=84, míg a b-vel jelzett spektrum, illetve színpont közelében az R_a értéke meghaladja a 94-et, majd a vörösarány további növekedésével a színvisszaadási tényező értéke meredeken csökken.



8. ábra. A 3700K fehér és 640 nm vörös LED-ből felépülő hybrid rendszer színvisszaadása (Ra) és színhőmérséklete (CCT). A spektrumok azonosítói a 6. és 7. ábra jelöléseinek felelnek meg.



9. ábra 4360K fehér és 660 nm vörös LED-et tartalmazó hibrid panelre mért színvisszaadási tényező a panel fényhasznosításának függvényében.

A következő méréssorozatot egy másik hibrid panelen végeztük, amely egy 4360K színhőmérsékletű, R_a=72 színvisszaadási tényezőjű fehér fényporos LED-et és egy

660 nm hullámhosszú mélyvörös LED-et tartalmazott. A fehér és a vörös világítódiódát külön tápegység vezérelte, ezért a két LED áramát egymástól függetlenül tudtuk vezérelni.

A LED panelt egy integráló gömbbe helyeztük, amely a két LED fényét hatékonyan keverte össze. A hibrid panel fotometriai jellemzőit a gömbhöz illesztett LMT fotométerrel és egy 0,59 nm hullámhosszfelbontású, AvaSpec-2048-2 típusú spektrométerrel mértük meg. A hibrid spektrumokat a maximális intenzitású csúcsra normáltuk, majd a spektrumot egynanométeres osztásra konvertáltuk a színvisszaadási jellemzők, a CIE R_a, CQS és az R_f számításához.

A kísérletekben a fehér LED-en átfolyó áramot 150, 200, 250 és 300 mA értékre állítottuk laboratóriumi tápegység segítségével. A 660 nm LED-en átfolyó áramot 0, 100, 150, 200, 250 és 300 mA szintekre állítottuk, kivéve a 300 mA fehér LED áram értéket, amely esetben a vörös LED áramot finomabb felosztásban változtattuk 0 és 150 mA között. Minden egyes áram beállításnál hagytunk néhány percet a termikus egyensúly beállásához. A világítódiódák elektromos teljesítményét a mért feszültség és áram értékekből számoltuk ki.

B. A hibrid panelek fényhasznosítása és színvisszadási jellemzői

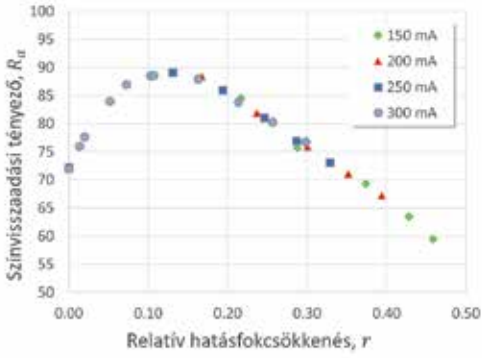
A fehér és a vörös LED áramának változtatásával összesen 29 hibrid spektrumot vettünk fel. Minden egyes mérési ponthoz meghatároztuk a panel elektromos teljesítményét és a fényáramát, amiből kiszámítottuk minden egyes ponthoz a panel fényhasznosítását.

Az általános színvisszaadási tényező és a panel fényhasznosítása közötti kapcsolat a 9. ábrán látható. A legnagyobb fényhasznosítás értékkel rendelkező, bekeretezett pontok minden esetben a fehér LED-hez tartoznak. A panel melegedésével magyarázható, hogy a fehér LED-en átfolyó áram növelésével csökken a panel hatásfoka, ezért csúsznak szét a különböző árambeállításokhoz tartozó görbék. A vörös LED teljesítményének növelésével a panel fényhasznosítása csökken. Ugyanakkor a vörös fény viszonylag kis mennyiségben jelentősen növeli a panel színvisszaadását. A fehér LED-nek megfelelő R_a=72 értékről a színvisszaadás gyorsan felszalad a 90 körüli maximális értékre. A vörös fény arányának további növekedésével a színvisszaadási tényező csökken, ahogy a kevert fény színpontja egyre jobban tolódik vörös LED színpontja felé.

A hőmérséklet hatásának kiküszöbölése érdekében az adatpontokat nem az abszolút fényhasznosítás, hanem a fehér LED-re vonatkoztatott relatív hatásfokcsökkenés (r) függvényében ábrázoljuk (10. ábra).

$$r = \frac{\eta_{fehér} - \eta_{hibrid}}{\eta_{fehér}}$$

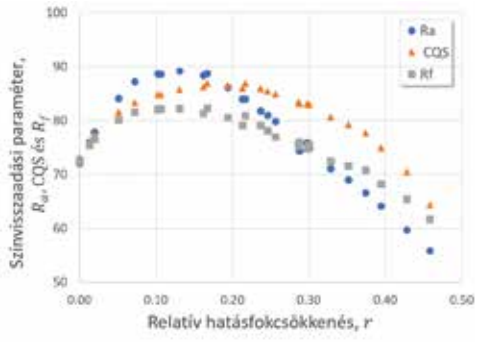
ahol $\eta_{fehér}$ és η_{hibrid} a fehér LED és a hibrid LED fényhasznosítását jelöli.



10. ábra A mért színvisszaadási tényező a relatív hatásfokcsökkenés függvényében. A különböző fehér LED áramhoz tartozó adatpontok egy görbére esnek.

A 10. ábráról jól leolvasható, hogy körülbelül 12% relatív hatásfokcsökkenésnél veszi fel a legnagyobb értékét a színvisszaadási té-

nyező. A mérési sorozatban meghatározott spektrumokra kiszámítottuk és a 11. ábrán a CIE R_a mellett feltüntettük a CQS és az IES TM-30-15 szerinti színhűség indexet (R_f) is. A három paraméter hasonló lefutású, maximumon átmenő görbe. A CIE R_a értéke a legnagyobb a $0,05<r<0,2$ tartományban, míg a CQS adja a legnagyobb értékeket $r>0,2$ esetben. A három görbe közötti különbség indokolt, hiszen más színmintákból, eltérő módon számoljuk ezeket az értékeket, de mindegyik javulást jósol a színvisszadási tulajdonságokban a 10-20% relatív hatásfokcsökkenési tartományban.



11. ábra. Három színvisszaadást mérő paraméter, a CIE R_a, CQS és IES TM-30-15 R_f hibrid panelre mért értékei a relatív hatásfokcsökkenés függvényében

IV. Összefoglalás

Megmutattuk, hogy kereskedelmi forgalomban kapható, fehér és vörös világítódiódákkal olyan hibrid fényforrásokat állíthatunk elő, amelyek színvisszaadási tulajdonságai sokkal kedvezőbbek a fehér LED-ekhez képest. A színvisszaadási tényezőt egy 3700K színhőmérsékletű LED esetében 84-ről 94-re, míg egy másik, 4360K színhőmérsékletű LED-nél 72-ről 90-re javítottuk. A színminőség javításának ára a hatásfokcsökkenés, amelynek mértéke három különböző színvisszaadási jellemzőt figyelembe véve 10-20% közé tehető.

12. ábra. Az elérhető éves energiamegtakarítás a fényforrások fényhasznosításának függvényében

Ahogy a fényforrások fényhasznosítása növekszik, a fényforrás cseréje után az energiamegtakarításból várható haszon egyre kevésbé számottevő a háztartások számára (12. ábra). Amikor az izzólámpát kicseréltük a 60 lm/W fényhasznosítású kompakt fénycsőre, arra számíthattunk, hogy az új fényforrás ára egy éven belül visszatérül az energiamegtakarítás révén: 710 lm fényárammal, 33,75 Ft/kWh energiaköltséggel, napi 3 óra működéssel számolva a megtakarítás 1933 Ft volt. Ha ma egy kompakt fénycsövet cserélünk le egy 120 lm/W fényhasznosítású LED fényforrásra, a várható energiaköltségcsökkenés 243 forint. A jövőbe tekintve egy 120 lm/W és egy 180 lm/W fényhasznosítású fényforrás éves energiaköltsége között a különbség mindössze 81 forint. Úgy tűnik, hogy a felhasználók számára a színminőség javítása sokkal nagyobb értéket jelenthet, mint a hatásfokrekordok további hajszolása.

HIVATKOZÁSOK

[1] Bando K., Noguchi Y., Sakano K., and Shimizu Y. "Development and application of high-brightness white LEDs" (in Japanese) Technical Digest, Phosphor Research Society, 264th Meeting, November 29 (1996).
[2] http://www.nichia.co.jp/en/about_nichia/2018/2018_091101.html
[3] https://www.lumileds.com/news/327/50/Lumileds-Drives-Efficacy-to-Over-200-lm-W-in-Popular-2835-Package
[4] https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/ssl_rd-plan_%20jun2016_0.pdf
[5] http://www.seoulsemicon.com/en/company/press/press-release/?idx=355
[6] http://www.nichia.co.jp/en/about_nichia/2018/2018_012501.html
[7] M. Shimizu, Y. Shimomura, T. Tamura, H. Nagai, N. Matsui, "LED lamp," U.S . Patent 6 577 073 Jun 10, 2003.
[8] Y. Feng, "LED light and filament thereof", U.S. Patent Application 2014/0369036 A1, Dec 18, 2014.
[9] D. Sun, "Challenges and Opportunities for High Power White LED Development," DOE SSL R&D Workshop, Atlanta 2012.
[10] Commission Internationale de l'Eclairage "Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources", Technical Report, CIE 13.3-1995.
[11] W. Davis, and Y. Ohno. "Color Quality Scale", Optical Engineering, vol. 49, no 3, p 033602, March 1, 2010.
[12] A. David, P. Fini, K. Houser, Y. Ohno, M. Royer, K. Smet, M. Wei, and L. Whitehead, „Development of the IES method for evaluating the color rendition of light sources," Opt. Express, vol. 23, pp. 15888-15906, 2015.
[13] Commission Internationale de l'Eclairage, "CIE 2017 Colour Fidelity Index for accurate scientific use", Technical Report, CIE 224:2017.

Okos (Smart) közvilágítás üzemeltetési tapasztalatai

– Bakos Tibor –

Egy város modernizációja alapjaiban ösztönzi a gazdaságot, bővíti az infrastruktúrát. Az Okos Város olyan hely, ahol a hagyományos hálózatok és szolgáltatások hatékonyabbá válnak a digitális és távközlési technológiák használatával, a lakosság és a vállalkozások javára. Az intelligens városokban a digitális technológiák jobb közszolgáltatásokat jelentenek a polgárok számára, jobb erőforrás-felhasználást és kevésebb terhet a környezet számára. Az okos eszközök és technológiák térhódításának köszönhetően folyamatosan nő a társadalmi igény az okos városi megoldásokra is. Egyre több helyen jelennek meg az Okos közvilágítási rendszerek, amelyek hozzájárulnak a Smart City kialakulásához és fejlődéséhez. Az okos utcai világítási rendszerek integrálhatók az egész városra kiterjedő infrastruktúrába, megvalósítva az Okos Városok fogalmát. Az okos rendszerekhez azonban elkerülhetetlen az „okos felhasználó" is!

1. Mi is az az Okos világítás?

A rohamosan fejlődő, változó világunkban naponta újabb és újabb technológiával találkozunk, miközben a modernizáció során a városi funkciókat mind inkább átszövik a digitális megoldások. Egyre többször találjuk magunkat szemben az Okos világítás, Okos Város, Smart City fogalmakkal. A mai napig fórumokon, előadásokon nagyon sokan kérdezik ezek pontos tartalmát. Mielőtt elkezdjük elemezni a közvilágítási hálózatokat, nézzük meg ezeknek a fogalmaknak a jelentését.

Mitől lesz Okos a világítás? Természetesen nem attól okos, hogy meg tudja oldani a matematika példákat, sokkal inkább attól, hogy az okos világítótesteket az időközben érintőképernyőssé fejlődött okostelefonjainkról, vagy laptopjainkról a távolból is irányíthatjuk, illetve lekérdezhetjük és erre az okos eszközök válaszolni is tudnak!

Okos világításról egyrészről akkor beszélhetünk, ha a világítási hálózat a nap 24 órájában feszültség alatt áll és a hálózatra kapcsolt eszközök folyamatosan elérhetők (lámpavezérlők, szenzorok, kamerák, WIFI hotspotok, stb.), miközben a menedzsment rendszer a világítótesteket üzemidőn túl, nappalra lekapcsolja.

Másrészt Okos világításnak azt a rendszert nevezhetjük, amelyben egy világítás menedzsment rendszer a hálózatba kapcsolt világítótestek és az irányítóközpont között kétirányú adatáramlást tud megvalósítani. Ezáltal távmenedzsment rendszer által felügyelt és vezérelt intelligenciával rendelkezik, amellyel képes a távolból a világítótestek fénytechnikai jellemzőinek egyedi, vagy csoportos vezérlésére, illetve a kialakított lámpacsoportok és világítási profilok távolból történő módosítására. Az Okos menedzsment rendszerek internetes felületen jelenítik meg a világítási hálózatok állapotát, meghibásodásait, ezáltal teljes körű világítási felügyeletet valósítanak meg a nap 24 órájában. Az Okos rendszerek a távolból bármikor újra tudják paraméterezni, illetve programozni valamennyi terepi egységüket.

2. Mit jelent az Okos Város fogalma?

Az Okos Város (Smart City) élvezi az előnyeit a kommunikációs és szenzor technológiáknak, egybeszövi a város hálózatait, optimalizálja a villamosenergia-ellátást, a

[1] T.M. Chen, „Smart Grids, Smart Cities Need Better Networks (Editor's Note)" IEEE Network 24:2 (2010)

közlekedést és a logisztikák működését, ezáltal javítva az életminőséget.

Az Okos Városok felé az első elkerülhetetlen lépés az Okos utcai világítás.

Egyre több településen jelennek meg a digitális hálózatba kapcsolt Okos közvilágítási rendszerek, amelyek hozzájárulnak a Smart City kialakulásához és fejlődéséhez. Az okos utcai világítási rendszerek integrálhatók az egész városra kiterjedő infrastruktúrába, megvalósítva az Okos Városok fogalmát.

Az Okos utcai világítási hálózatok független, nyílt városi platformot hoznak létre (alapinfrastruktúra), amely lehetővé teszi harmadik féltől származó alkalmazások sokaságának az integrálását és megbízható alkalmazását, biztos alapot jelentve egy Smart City számára.

Az okos városi infrastruktúrák kiépítésének célja, hogy az információ- és kommunikációs technológia alkalmazásával és az intelligens eszközök (érzékelők és szoftverek) segítségével átláthatóbban, hatékonyabban, okosabban működtessék a városi infrastruktúrákat (villamosenergia-hálózatokat, közlekedési hálózatokat, csatornahálózatokat és a közszolgáltatási intézményrendszereket). Az Okos utcai világítási hálózatokat használva más intelligens városi alkalmazások platformjaként új bevételi lehetőségeket teremt minden érintett számára.

A LED-es korszerűsítések során a Smart City rendszerű Okos közvilágítás választása messze túlmutat az egyszerű világításkorszerűsítésen és a felhasználók számára hosszú távon is fenntartható, valós előnyöket kínál.

3. Az Okos városi szolgáltatások részletes áttekintése

A városok energiamegtakarításának és energiahatékonyságának a növelése hozzájárul az energiaköltségek, a szén-dioxid-kibocsátás és a karbantartási költségek csökkentéséhez. E mellett az Okos világítás számos más városi alkalmazás, a közbiztonság, az infrastruktúra fejelsztés a forgalomirányítás, az intelligens parkolás, a környezetfigyelés gerincét is biztosítja és kiterjesztett Wi-Fi és mobil kommunikáció.

Az Okos világítási hálózatok szenzorokat és egyéb technológiákat alkalmaznak annak érdekében, hogy számos új, városi szolgáltatást tudjanak nyújtani, többek között jelenlét és mozgás érzékelést, levegőminőség-ellenőrzést, elektromos járművek (EV) töltését, forgalomirányítás segítést és az intelligens parkolást

Az integrált okos városi szolgáltatások nagymértékben lecsökkentik a kiesett tápellátási időszakokat, javítják a közcélú kisfeszültségű ellátás minőségét, színvonalát, és jelentősen növelik a településeken élők komfortérzetét. Az Okos (Smart) megoldások alkalmazása komplexebb megközelítést eredményez a fenntarthatóság és a jobb életminőség elérése érdekében.

Az okos városi szolgáltatásokban a fejlett technológiák ötvöződnek a szenzortechnikák alkalmazásával, amelyek a lakosok életminőségének javulását eredményezik, ezek többek között az alábbiak:

- A közvilágítás központi, robosztus ki/be kapcsolása helyi telepítésű megvilágításmérő alkalmazásával, így az előre beállított LUX érték elérésekor, a településen uralkodó fényviszonyok szerint tudja a közvilágítást kapcsolni.
- Tényleges forgalomszámlálás alapú adaptív fényáram vezérlés: a szabvány szerinti útkategória besorolásokat a forgalom nagysága jelentősen befolyásolja. A radar szenzorok forgalomszámlálásával rendelkezésre állnak azok az információk, amelyekkel lehetőség nyílik a forgalom nagyságához igazított fényá-

[1]T.M. Chen, „Smart Grids, Smart Cities Need Better Networks (Editor's Note)" IEEE Network 24:2 (2010)

ram vezérlésekre. Így az éjszakai időszak forgalommentes óráiban a közvilágítás fényárama a tényleges forgalomhoz igazítható.
- Jelenlét és mozgásérzékeléshez igazított fényáram vezérlés
- Környezet figyelés, kamera rendszerek, WIFI hotspot-ok működtetése, tápellátásuk felügyelete, vezérlése
- Légszennyezettség mérők, meteorológiai állomások, zajszennyezettség- és vibrációmérők rendszerbe integrálása, adatainak feldolgozása és kijelzése
- Elektromos járművek töltőinek távfelügyelete, diagnosztikai információinak gyűjtése, kijelzése
- Közbiztonsági szolgáltatások, rendszám felismerés, üres parkolóhelyek detektálása
- Újabban extrém igényként merült fel az utcai támadások érzékelése, amikor speciális szenzorokkal történik az utcai lövésérzékelés, lövésdetektálás
- Egyéb a városban elosztott rendszerek, szolgáltatások távfelügyeletének megvalósítása

4. Nemzetközi kitekintés

A világon mintegy 360 millió utcai világítótest van. Együttesen alkotják a valaha ismert legnagyobb és legerősebb hálózatot a Földön. Egyes becslések szerint 8 éven belül megtörténik az utcai lámpatestek 75 százalékának a LED-esre cserélése. Ezzel együtt az okos megoldások is várhatóan egyre jobban teret nyernek, és egyre több helyen telepítik a LED-es korszerűsítésekkel együtt. A piaci előrejelzések szerint az intelligens világítás piaca évente közel 20%-kal fog bővülni és öt éven belül az intelligens világítótestek, érzékelők, vezérlőrendszerek, szoftverek és szolgáltatások forgalma el fogja érni a 20 milliárd dollárt az egész világon. Más megközelítés szerint az Okos közvilágtás eszközeinek telepített értéke 2026-ra várhatóan meghaladja a 73 milliárd dollárt.

Bármelyik szakértői becslést is nézzük, az egyértelműen látszik, hogy az Okos közvilágítás terén nagy áttörés, azaz nagy korszerűsítési hullám előtt állunk.

4.1. Külföldi Smart projektek: Prága

A közvilágítási lámpaoszlopokat tekintik Prágában a modern technológia kulcsfontosságú hordozóinak, amelyre az érzékelők hálózatát kívánják telepíteni széles körben. Ezek az érzékelők a város működésével és környezet állapotával kapcsolatos adatokat gyűjtenek. Első lépésként a Karlínské téren valósult meg egy kísérleti projekt, amely így új, modernebb világítási rendszert kapott. A cél az elektromos energiafogyasztás csökkentése, és ezzel egyidejűleg az újonnan telepített mérőérzékelők segítségével más funkciók ellátása. A korszerűsített közvilágítási eszközök növelik az emberek biztonság érzetét.

Az érzékelők figyelik a környezetük mozgását, mérik a hőmérsékletet, a CO_2 szennyezést, a meteorológiai paramétereket és a zajt. A jövőben a lámpaoszlopok is szolgáltathatnak adatokat a szomszédos épületekről, padokról, intelligens hulladéktárolókról, parkolási órákról stb. Az mért adatokat feldolgozzák és archiválják egy adatplatformban a további alkalmazásokhoz.

Funkciók:
- A közvilágítás vezérlése világítási profilok szerint
- Közterek megfigyelése érzékelők segítségével

Előnyök:
- Energiamegtakarítás a közvilágítás vezérléséből, az éjszakai forgalommentes időszakokban történő fényáram csökkentéséből
- A LED és más modern energiahatékony technológiák alkalmazásával elért kisebb fogyasztásból származó megtakarítás

- A világítótestek karbantartásának költségcsökkenése
- Jobb minőségű közszolgáltatások biztosítása
- Adatok gyűjtése a további feldolgozáshoz és a közösségi terek optimalizálásához

4.2. Külföldi Smart projektek: Belgrád

Belgrádban sikeresen telepítették az első intelligens napelemes közvilágítási rendszert a régióban. A napfény által megtermelt energiából működtetett és egy felhő-alapú intelligens szoftverrel távmenedzselt intelligens közvilágítás biztosítja a megvilágítást a gyalogosok és a játszóterek közelében.

A nulla villamosenergia-költség és az ez által elért energiamegtakarítás, a 365 napon keresztül biztosított közvilágítás és a CO_2 kibocsátás csökkenése az egyik nagy előnye a rendszernek. A dedikált távfelügyeleti

rendszer lehetővé teszi a felhasználók, mint például a városi infrastruktúra-üzemeltetők számára, hogy minden világítótestet PC-n, okostelefonon vagy táblagépen valós időben nyomon követhessenek és irányíthassanak. Időjárás kiszámíthatósági algoritmusok alapján az Okos rendszer segítségével a felhasználók optimalizálhatják a napelemes hálózat működését, amellyel energiát takaríthatnak meg. Ezáltal a rossz időjárási viszonyok, illetve az alacsony napsütéses órák idején a lecsökkent energiatermelés nem befolyásolja a LED-es világítótestek teljesítményét.

A felhőalapú technológia és a napenergiával működő utcai világítótestek integrálásával most már teljesen helyettesíteni tudják a hagyományos világítótesteket.

Az intelligens napelemes világítótestek telepítése új Smart City modell kezdetét jelenti. A kezdeményezés célja a helyi zöldenergia-projektek indítása, amelyek a fenntartható növekedés és az energiahatékonyság javítása révén megoldják a legfontosabb közszolgálati és infrastrukturális kérdéseket.

5. Magyarországi Intelligens közvilágítási projektek

Magyarországon 2013. óta valósulnak meg Intelligens közvilágítási projektek. Ezekben szintén egy-egy közvilágítási menedzsment rendszer teremti meg a kommunikációs alapinfrastruktúrát, amely a hálózatba kapcsolt világítótestek és az irányítóközpont között kétirányú adatáramlást tud megvalósítani. Az Okos rendszerektől annyiban különböznek, hogy a közvilágítási hálózat itt nincs 24 órán keresztül feszültség alatt, így szenzorok, kamerák, egyéb okos eszközök működtetésére folyamatosan nem alkalmasak.

Az Intelligens rendszerek biztosítják egy adott település összes kültéri világítótestének energiatakarékos vezérlését, illet-

ve felügyeletét. Alkalmazásukkal korszerű, költséghatékony közvilágítási rendszer kerül megvalósításra, amely a megtakarításokon felül olyan jelentős többletszolgáltatásokat is nyújt, mint a közvilágítás aktív (világítótest) és a passzív (hálózati) hibáinak szétválasztása, vagy az online aktív elem leltár. Segítségükkel rövid idő alatt értesülhetnek az üzemeltetők, a szolgáltatók és az önkormányzatok a felmerült problémákról, az aktuális lámpahibákról, túlfogyasztásokról, áramlopásokról, vezetékszakadásokról és üzemszünetekről!

Bemutatunk néhány megvalósult Intelligens közvilágítási projektet az elmúlt időszakból:

- Kaposvár, 2016. (E.ON) 72 db trafókörzetben 2.135 db intelligens LED lámpatesttel, összesen 5.250 db felügyelt világítótesttel,

Kaposvár intelligens közvilágítás

- További megvalósított Smart funkciók: légszennyezettség mérés, meteorológiai szenzorok alkalmazása, a közcélú kisfeszültségű hálózat üzemirányításának támogatása
- Kaposvár intelligens közvilágítás
- Budapest, 2015.-2017., Csepel Kis-Duna partszakaszának közvilágítás fejlesztése I. – II. –III. ütem (BDK – Csepel Önkormányzata) 310 db intelligens LED lámpatesttel
- Budapest, Kőbánya Kertváros 2016. (BDK tender), 275 db intelligens LED lámpatesttel
- Győr, 2015. Európai Ifjúsági Olimpiai Fesztivál helyszínein 256 db intelligens LED lámpatesttel
- Hejőkeresztúr, (teljes településen) 2013. (ÉMÁSZ) 180 db intelligens LED lámpatesttel
- Hajdúböszörmény, (ELIOS) 3.490 db intelligens LED lámpatesttel
- Szentendre, 2016. adaptív mozgásérzékelős pilot
- Balatonakarattya, 2017. (E.ON) 1.183 db intelligens LED lámpatesttel
- Budapest, (ELMŰ) okos oszlopok 2018. 5 db, stb.

6. Magyarországi Smart City projektek

Magyarországon az Okos Város projektek elterjedését nehezíti, hogy a közvilágítási hálózatok vezérelt áramkörei, csak a közvilágítás működési ideje alatt kerülnek feszültség alá. Vizsgálatok voltak korábban milyen megoldásokkal lehetne áttérni a folyamatos feszültség kitáplálású 24 órás üzemre, de a szolgáltatók egy része ezt nem nagyon támogatja.

Magyarországon olyan Smart City alkalmazásokkal, ahol a 0-24 órás feszültség kitáplálás folyamatosan biztosított, egyelőre csak kisebb pilotokban találkozunk (pl.: Fót, ELMŰ Élhető Jövő Park, vagy Győr E:ON City megoldások, stb.).

Az NKM engedélyével most első ízben valósult meg egy teljes településen, Szankon, hogy 0-24 órás feszültség kitáplálású közvilágítási szál üzemeljen a Smart City rendszer folyamatos kiszolgálására. Szankon többek között kamera rendszer, WIFI hotspotok, fénymérő szenzor, külön vezérelt díszvilágítás működik az új 368 db Okos LED-es világítótesttel megvalósított

közvilágítási infrastruktúrán. Ezen túl a lakossági kisfeszültségű ellátó hálózat távfelügyelete is bekapcsolásra kerül az új rendszerbe.

A Szank település 9 közvilágítási trafókörzetében 368 db új Okos LED világítótesttel megvalósult projekt tartalma az alábbi:

- 213 db 36W, 16 LED, 4150lm, 4000 K, Okos LED világítótest,
- 155 db 72W, 32 LED, 8808lm, 4000 K, Okos LED világítótest
- 23 db IP kamera,
- 23 db WIFI hotspot,
- 9 db Körzetvezérlő modul,
- 368 db Lámpavezérlő egység,
- 10 db Kisfeszültségű adatgyűjtő modul,
- BLUX-06 fénymérő szenzor,
- és 6 db DALI relével vezérelt kapcsolódoboz a hagyományos díszvilágítás kapcsolásához

Erre az alap infrastruktúrára építve valósult meg a Smart City, Okos Város koncepció, ami olyan okos városi szolgáltatások körét jelenti, melyek egyrészt a település lakóinak életminőségét javítják a fejlett technológiák alkalmazásával, másrészt a közvilágítási hálózaton túl a teljes kommunális (lakossági) kisfeszültségű, azaz 0,4 kV-os tápellátó hálózatot is felügyelni tudják.

A közvilágítási hálózat 24 órás üzeme lehetővé teszi, hogy a községet átfogó kamera rendszer és a WIFI hotspot-ok folyamatosan működjenek, amelyek a közbiztonság helyzetére is és az infrastruktúra ellátottságra is kifejezetten jótékony hatással vannak, ezáltal a település sokkal biztonságosabb, élhetőbb a lakosok részére.

Szank település világítótesteinek szatellit nézete

7. Üzemeltetési nehézségek

Az Okos Város projektek elterjedését nehezíti, hogy hazánkban a közvilágítási hálózatok nappal feszültségmentes állapotban vannak és nem minden szolgáltató támogatja örömmel a 0-24 órás feszültség kitáplálásukat.

Ennek részben az is az oka, hogy ha a közvilágítási szál a kamerák, szenzorok, WIFI hotspotok, stb. folyamatos tápellátásának biztosítása érdekében egész nap feszültség alatt áll, akkor az érintett szerelők, munkairányítók oktatása többlet terhet és többlet felelősséget jelent a hálózat karbantartóinak.

Ezen túl nemcsak arra kell figyelniük, hogy a közvilágítási hálózaton csak FAM-osan, azaz a feszültség alatti munkavégzés szabályai szerint szabad dolgozni, hanem a hálózati hibakeresés folyamata is kismértékben megváltozik. A közvilágítás világítótesteit nem lehet a segédüzemek direkt kapcsolójával felkapcsolni, mert a feszültség kint van folyamatosan a hálózaton. A körzetvezérlők, vagy a branch node-ok kapcsolják az üzemidő szerint ki/be a lámpatesteket.

A megoldás viszonylag könnyű, de oktatni szükséges!. A vezetékes menedzsment rendszereknél egyszerűen a szerelők a transzformátor szekrényben a körzetvezérlők kismegszakítójának lekapcsolásával máris vissza tudják állítani a közvilágítást a hagyományos, központilag kapcsolt állapotába.

A vezeték nélküli menedzsment rendszereknél ez egy kicsit bonyolultabb, ott a világítótestek nappali felkapcsoláshoz be kell lépni a menedzsment rendszerek felületére és a szerelők ott tudják felkapcsolni a nappali ellenőrzéshez a világítótesteket.

PROLAN

ECLIPSE SMART CITY

Közvilágítás Menedzsment Rendszer

- a közvilágítás teljes körű távvezérlése és távfelügyelete
- aktuális állapotok, hibák térképes megjelenítése
- aktív (lámpatest) és passzív (hálózati) hibák megkülönböztetése
- online frissülő világítótest nyilvántartás és leltár
- hibajelzések áramköri diagnosztikákból és lámpatest diagnosztikákból
- a hibajelzések automatikus továbbítása a hibabejelentő rendszerekbe
- riasztások meghibásodások, túlfogyasztás, áramlopás esetén
- mérőórák távleolvasása, adatok elemzése

TERMÉKCSALÁD

ECLIPSE Smart City rendszer

KLV06-P lámpavezérlő

Elszámolási mérő

ECL36 lámpavezérlővel integrált LED tápegység

C-RTU közvilágítási körzetvezérlő

C-VM12 12 csatornás feszültségmérő

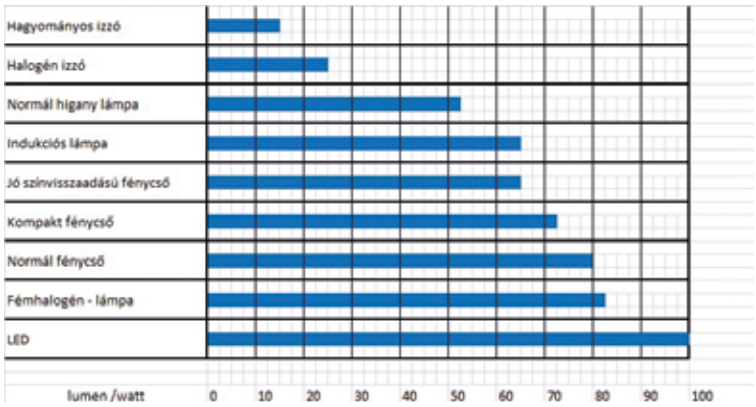
C-PM12 12 csatornás teljestménymérő

Prolan Irányitástechnikai Zrt. • H-2011 Budakalász, Szentendrei út 1-3, Hungary
+36-20/954-3100 • ertekesites@eclipse.hu • prolan.hu

LED-es fényforrások hatása a hálózati zavarokra és a meddőteljesítmény gazdálkodásra

– Túróczi József - Túróczi Péter –

A technikai fejlődés jelentős felgyorsulása lehetővé tette, hogy a fényforrások minél nagyobb hatásfokkal alakítsák át az általuk felvett elektromos teljesítményt fénnyé. Ezen konverzió hatásfokát jellemző, széleskörben ismert és alkalmazott mennyiség a fényhasznosítás, amelynek mértékegysége a lumen/watt [lm/W]. A fényhasznosítás kérdésének szakirodalma igen kiterjedt, az alábbi, az internetről származó táblázat egyes fényforrástípusok ezen jellemzőjének összehasonlítását adja:



1. ábra. Hagyományos fényforrások fényhasznosítása

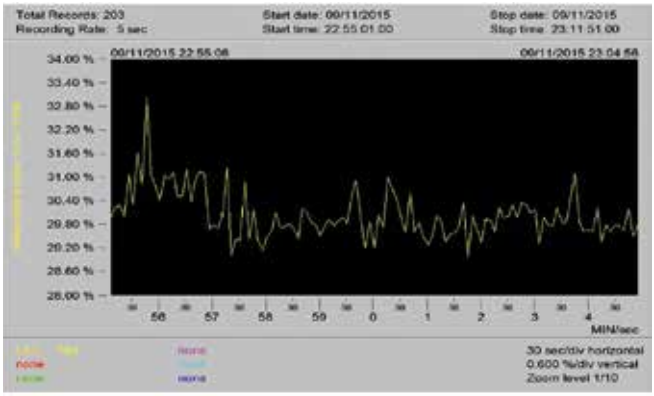
Az újabb fényforrástípusok nagyobb fényhasznosítása következtében – szinte törvényszerűen – megindult a korszerűsítés, ezek között is két fényforrástípus terjedése a LED és a DML (indukciós lámpa) versenyéből több, jelentős hátránya miatt a DML lett a vesztes, ezért a továbbiakban csak a LED fényforrásokkal kapcsolatos egyes kérdésekkel foglalkozunk.

Leegyszerűsítve a LED - Light-Emitting Diode (világító dióda) – fényforrás működési elve miatt igen jó a fényhasznosítása, hátrányai – például fix optika - általában ismertek, ezért ezekre, illetve a lámpatest típusok leírására nem kívánunk kitérni, mivel nem feladatunk egyes gyártók termékeinek az értékelése. Jelen cikkünkben a LED fényforrásoknak nem a fénytechnikai- vagy energetikai, hanem a **villamos hálózatra történő visszahatására, a nem publikált, de az üzemeltető számára lényeges zavarok befolyásolására és ezek kompenzálására fordítjuk figyelmünket, célunk ezeket megvizsgálni.**

A LED fényforrások hatásfoka igen jó, kis egységteljesítményük mellett a bemeneti AC/DC, esetleg AC/AC konverterek – ún. „nemlineáris elemek" – visszahatása, kapacitív meddőteljesítmény generálása elenyészőnek tűnik. Tömeges – ipari – alkalmazásuk során azonban a 60W – 200W teljesítmény már több kW hatásos-, illetve kVAr nagyságrendű kapacitív meddő teljesítményt jelent, amelyek már jelentős hatással lehetnek az elektromos elosztó hálózatra.

Nézzük meg a fázisáram teljes harmonikus torzulásának (total harmonic distortion, THD) értékét az idő függvényében jelentős mennyiségű, LED fényforrás alkalmazásakor.

Az MSz 61.000 szabványlapok ajánlásával – THD(i) ≤ 10% – szemben a sztohasztikus zavarterhelés aránya magas, bár az adott fényforrások esetében – a gyártó szerint - rendelkezik beépített zavarvédelemmel.

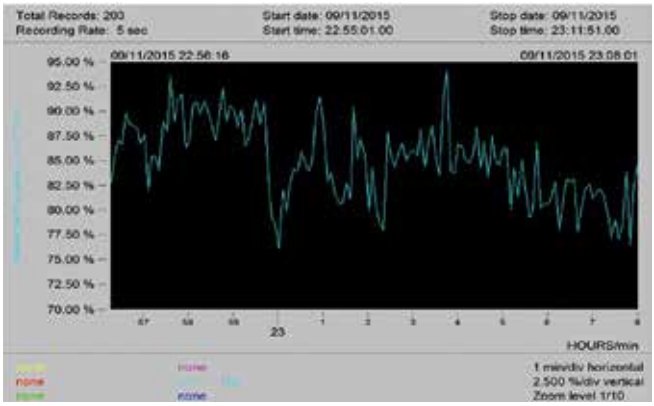


2. ábra. Fázisáram THD(i) terhelés %-os értéke, a terhelés kizárólag 60W-os LED lámpatestekből áll

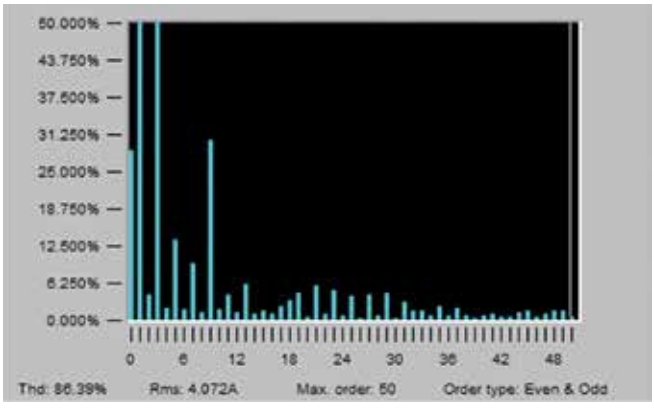
Vizsgáljuk meg a nulla vezetéki áram harmonikus torzulását, a torzulásának spektrumát a hatályos szabványok ajánlása alapján, mivel a fázisáramok harmonikus komponensei a nulla vezetőben összegződnek!

Megállapítások:

A nulla vezetéken folyó áram THD(i) értékéből a DC (nulladik), valamint a 3.; és a 9. harmonikus rendszámú zavarokon túl a 18.-36. és 41.-49. rendszámú harmonikus komponensek arra utalnak, hogy pozitív visszacsatolás – gerjedés – alakult ki a többi fényforrás vagy az egyéb felhasználói berendezések által generált zavarok között. Ennek az az oka, hogy a fázisáramok jelalak torzulása csak a LED fényforrások visszahatása, viszont a nulla vezetéki áram más források keltette zavaráramot is tartalmaz.



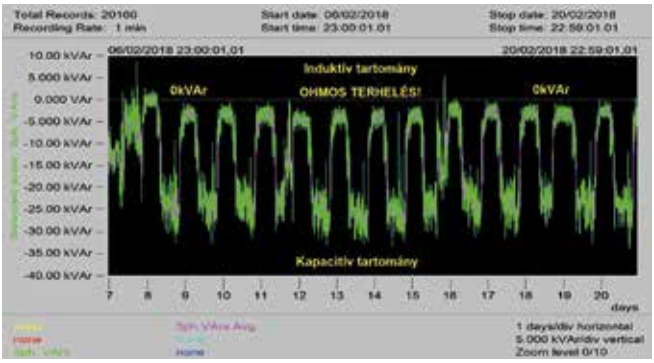
3. ábra Nulla vezetéki áram THD(i) terhelés %-os értéke, a terhelés kizárólag 60W-os LED lámpatestekből áll



4. ábra Nulla vezetéki áram zavarterhelés spektruma, a terhelés kizárólag 60W-os LED lámpatestekből áll

Egyes gyártók a termékeiken a „Capacitive load" megjelölést alkalmazzák, miközben egy-egy lámpatest kapacitív termelése alig 100÷200 VAr nagyságrendű, a több, mint 100 db LED-es lámpatest hatására a villamosenergia meddőenergia mérlege alig éri el az ohmos tartományt!

Nem vitatva a LED-es fényforrások világítástechnikai előnyeit, fényhasznosítá-



5. ábra Több 1.000m2 alapterületű üzlet betáplálási főelosztójánál mért meddőteljesítmény a LED lámpatestek beüzemelése után

si érdemeit, néhány megállapítást kell tennünk a teljes LED-es világítótestek (LED-ek + meghajtó áramkörrel ellátott lámpatest) vonatkozásában:

- a LED-es fényforrások jellemzően kapacitív fogyasztók, ezért alkalmazásuk előtt a felhasználói hálózat műszeres analizálása szükséges, mivel a kapacitív hálózat felerősíti a harmonikus zavarok káros hatásait. A nulla vezetőben kialakuló pozitív visszacsatolás – a gerjedés lehetőségén túl – károsan befolyásolja a villamosenergia elosztó hálózat paramétereit, így az egyéb felhasználói berendezések üzemeltetését.
- A világítási-, esetleg a betáplálási áramkörök kapcsoló és túláramvédelmi készülékeit a nehezen megszakítható kapacitív terhelőáramra kell méretezni.
- A LED-es fényforrások nemlineáris elemek, azaz önmagukban is harmonikus zavarforrások. Vizsgálatukhoz szélessávú, az egyenáramú komponens és az 50. harmonikus közötti tartomány elemzésére alkalmas, hét csatornás – a nulla vezető áramát is vizsgálni kell – elemző műszer szükséges.
- A harmonikus összetevők mérését követő elemzéseket az MSz EN 50160; MSz EN 61000; IEEE Standard 519, valamint a HD 60364 (MSz EN 2364) szabványok és a G5/4 ajánlásainak figyelembevételével kell elvégezni.

A LED-es fényforrások esetleges káros hálózati (visszasza)hatásai miatt a szakembereknek fel kell készítenie az üzemeltetőket, hogy a korszerű LED fényforrások alkalmazása ugyan csökkenti a villamosenergia felhasználásuk mértékét, azonban – megfelelő kompenzálás nélkül – veszélyezteti az egyéb berendezései működésének üzembiztonságát.

A zavarforrások kompenzálására kb. egy évtizede rendelkezésre állnak az ún. „aktív harmonikus szűrők". Az egyes gyártók ilyen termékeinek műszaki paraméterei jelentős szórást mutatnak, ezért nézzük meg, hogy széles sávú zavarkibocsátás- és a meddőenergia termelés káros hatásai ellen hogyan védekezhetünk?

1) Kezeljük fenntartással a fényforrások műszaki dokumentációját, mivel a gyártói és/vagy forgalmazói fényforrás adatlapok nem tartalmaznak adatokat sem a LED egységek egymásra hatásáról, sem zavarkibocsátásuk mértékéről, mivel $I \leq 3*16A$ csatlakozási teljesítmény alatt erre nem kötelezettek.

2) A hagyományos fázisjavítás alkalmazása nem indokolt, bár a kapacitív meddőteljesítmény kompenzálására a forgalmazók a fázisjavító berendezésben – a kondenzátor helyett – induktív elemet ajánlanak. Az induktív fojtótekercs nem oldja meg a harmonikus zavarkibocsátás okozta problémát, de a vasmagos tekercsek hő-vesztesége miatt rendszer szinten

elveszítjük a LED-ek alkalmazásától várt fényhasznosítás növekedést.

3) A kompenzálási teljesítmény igény szabvány szerinti meghatározásához – 10 perces átlagolás és 95%-os valószínűség – a számításokat minden mérési pontra el kell végezni, de a beüzemelő mérnök részére készült műszerek mérési adatai nem elégségesek, a tételes számítás céljára nem ajánljuk.

4) A mérési eredmények alapján a nemlineáris berendezések – így a LED fényforrások által keltett - zavarok kompenzálására négyvezetékes beavatkozású, szélessávú, az egyenáramú összetevőtől az -50. felharmonikusig terjedő tartományban működőképes, $t_d \leq 100$ µsec sebességű aktív harmonikus szűrő alkalmazása szükséges. A hazai gyakorlatban több típus is rendelkezésre áll, ezért az elavult, lassú működésű, gyenge hatásfokú, $t_d \geq 250$ µsec sebességű szűrők alkalmazását kerülni célszerű.

5) A nemlineáris elemek egymásra hatása sztohasztikus – véletlenszerű – esemény, viszont a változások befolyásolják a zavarok kialakulását és teljesítményét, emiatt tartalékot kell képezni, vagy az aktív szűrő bővíthetőségét biztosítani kell.

6) A LED fényforrások alkalmazásának indoka az energiafelhasználás csökkentése. Az elvárt hatékonyság érdekében az aktív szűrő veszteségét alacsony, jelenlegi ismereteink szerint $P_d < 3\%$ értéken kell tartani.

Kizárólag a műszaki elvárások alapján definiáltuk a költséghatékony, komplex beavatkozásra képes aktív harmonikus szűrő paramétereit:

- legyen moduláris felépítésű,
- valós időben ($t_d \leq 100$µsec) legyen alkalmas, ezen belül:

  - a harmonikus zavar 50. felharmonikusig terjedő tartományán belül, egyidejűleg
  - az induktív- és kapacitív meddőteljesítmény, valamint
  - a terhelési balansz és
  - kismértékben még a flicker jelenség kompenzálására is

- teljesítményvesztesége legyen minimális (már elérhető a csupán 2,6%-os mértékű is),
- a menü szerkezete legyen magyar nyelvű,
- üzemi paraméterei legyenek ellenőrizhetők, a felhasználó által is korrigálhatók
- a garanciális- és szavatossági jogok érvényesíthetőségéhez válasszunk EU forrásból származó terméket

Összegezve kijelenthetjük, egy LED-es világítási rendszer megvalósítása előtt- és után szakszerű elemző vizsgálatok elvégzése indokolt, mert ezen vizsgálatok eredményeképpen szükség lehet korszerű, nagy sebességű aktív harmonikus szűrő beépítésére is.

MEE Világítástechnikai Társaság

facebook.com/meevtt

LED szálas lámpák

– Nádas József –

A gyertyaizzók főként a lakásvilágításban előforduló fényforrások voltak, választékuk leginkább három egységteljesítményre (25-40-60 W) és három burakiviteli formára (átlátszó-homályos-matt) korlátozódott. Az izzólámpák megszűnésével nem szűnt meg az igény ezekre a lámpákra, napjainkban leginkább retrofit LED fényforrásokkal találkozhatunk. A választék viszont zavarba ejtő. A jelenlegi összeállításban bemutatott néhány gyertya LED kapcsán olyan kiválasztási szempontokra szeretnénk felhívni a figyelmet, melyek nem csak gyertya formájú LED-ek esetében, hanem más retrofit Led fényforrások kiválasztásánál is hasznos lehet.

Kivitel

Először is tisztába kell lennünk azzal, mire is van szükségünk, vagy milyen izzólámpát kívánunk helyettesíteni. A lámpatest mérete, kivitele, burájának átlátszósága vagy átlátszatlansága, esetleg tükre és a fény irányítottsága meghatározza a bele helyezendő fényforrás kivitelét. Átlátszó burában, ahol a káprázás zavaró lehet, vagy ahol kifejezetten szórt, diffúz fényre van szükség, korábban is opál burás fényforrást használtunk, illetve a sejtelmesebb megjelenésű (és jobb hatásfokú) belül homályosított burást. A többi esetben, amikor a lámpatest burája eleve megakadályozta a káprázást vagy kifejezetten jól irányítható, pontszerű fényforrásra volt szükségünk, ott átlátszó burást. Ez olyan általános szempont, mely a LED-ek korszakában sincs másképp, sőt attól is független, hogy gyertya, kisgömb vagy normálizzó helyett szeretnénk-e LED-et használni.

A másik fontos jellemző a fényforrás sugárzási szöge. Az izzólámpáknak gyakorlatilag gömb alakú fényeloszlása van, kivéve a fej irányát. A retrofit kompakt fénycsövek és LED-ek estén sokan érzik azt, hogy „nem úgy világít", mint a megszokott izzólámpa. Ennek többek közt oka lehet a fény iránya: az egyenes kompakt fénycsövek vékony hengerrel modellezhetők, ahol a felület legnagyobb része a palást, tehát ezek a palástra merőlegesen, azaz főként „oldalirányban" sugároznak. Hasonló a helyzet az ún. kukorica formájú LED-eknél is. A másik szélsőséges eset, amikor a fényforrás hossztengelyére merőlegesen egy nyomtatott áramkörön helyezkednek el a LED-ek, amelyek kizárólag előre sugároznak, oldalirányban szinte nincs fénye a lámpának. Mindkettő teljesen megváltoztatja az izzólámpákhoz tervezett lámpatest megszokott sugárzási karakterisztikáját, teljesen új vizuális környezetet teremt, egyszerűen nem oda világít, ahova kellene. Ezért nagyon fontos, hogy ahol kifejezetten izzólámpához szánták a lámpatestet, ott az izzólámpához hasonló, leginkább gömb karakterisztikájú fényeloszlással rendelkező helyettesítő fényforrást válasszunk.

Ide kapcsolódik, hogy néhány gyertya LED (és más retrofit LED-ek is) speciális lencsével rendelkeznek, mely gondos tervezésnek köszönhetően egy jól meghatározott fényeloszlással rendelkezik. Ezek mindig átlátszó búrások, a lencse kívülről is egyértelműen látszik. A fénykilépés hatásfoka nagyon jó. A lencsék közös jellemzője, hogy a hossztengelyre merőlegesen, körkörösen, főként oldalirányban léptetik ki a fényt, 360°-os lencsének is hívják. Ez nagyon előnyös ott, ahol főként oldalra és előre irányuló fényre van szükség, de megfontolandó ott, ahol az egyenletes, gömb-szerű fényeloszlás kellene. Részben azért, mert hátra, azaz a fej irányába nem igazán világít, és egy tükrös vagy gömbburás lámpatestben erre is szükség volna. Részben azért, mert a fényel-

oszlás a falhoz közel elhelyezett fényforrás esetén a falon vagy egy opál burás lámpatestben a burán kirajzolódik, megmutatja magát a lencse fényeloszlása egy világosabb kerülnek forgalomba, a polcokon évekkel ezelőtti és friss fejlesztések, különböző technológiával készült chipekkel épített lámpák egyaránt jelen vannak. Azonos tel-

1. ábra. Gyertya formájú retrofit LED kiviteli formák. Átlátszó, homályos, matt és átlátszó lencsés optikájú. Számtalan változatban kaphatók.

sáv formájában, és ez a mintázat nem mindig előnyös.

Említést kell még tenni a filament LED-ekről, ezek azok a sárga „fogpiszkáló"-szerű LED-eket tartalmazó fényforrások, melyekben e LED-ek kivitele és elhelyezése az izzólámpákban megszokott látványt nyújtják. (A filament angolul a wolfram spirált is jelenti, ami az izzólámpában világít, innen ered a név.) Az előnye, hogy nem csak kinézetében, hanem fényeloszlásában is nagyon hasonlít a korábbi izzólámpára, a LED-ek különböző szögekben állnak, önmagukban is nagyon szélesen és diffúz módon sugároznak, tehát ideális helyettesítői az átlátszó burás izzólámpáknak.

Fényáram, fényhasznosítás

Az izzólámpák kivonásával megszűnt az a kényelmes helyzet, hogy a teljesítmény meghatározza a fényáramot. Korábban mindenki tudta, hogy az adott helyre 60 W-os, 40 W-os stb. izzóra van szüksége. Ma a LED-ek változatos teljesítménnyel jesítmény esetén kétszeres különbség is lehet fényáramban, tehát akinek már tapasztalata alapján pl. egy 5 W-os LED egyszer bevált, nem biztos, hogy más gyártó más típusából egy másik 5 W-ossal elégedett lesz. Az első fénytechnikai mennyiség, melyet a kiválasztáskor megtekintünk, legyen a fényáram, mértékegysége a lumen [lm]. A fényáram határozza meg, hogy a teljesítménytől, a sugárzási szögtől, az iránytól függetlenül mennyi az az összes fény, amit a lámpa kisugároz. Szinte minden terméken van egy jelölés, mely a LED-del azonos teljesítményű izzólámpára utal. Ezt vagy elhisszük, vagy nem. Nehezíti a helyzetet az is, ha felkerekíti a gyártó a nagyobb járatos teljesítményhez, de az is, ha nagyon precíznek kíván mutatkozni és pl. 87 W-os izzólámpával tekinti ekvivalensnek a LED terméket, ami pont valahol félúton van a 75 W-os és a 100 W-os izzó közt. Segít, ha tudunk 13-al szorozni, a megszokott izzó teljesítménye 13-al szorozva nagyjából a fényáramát adja lumenben, tehát ha pl. egy 100 W-os izzó helyett keresünk LED-et,

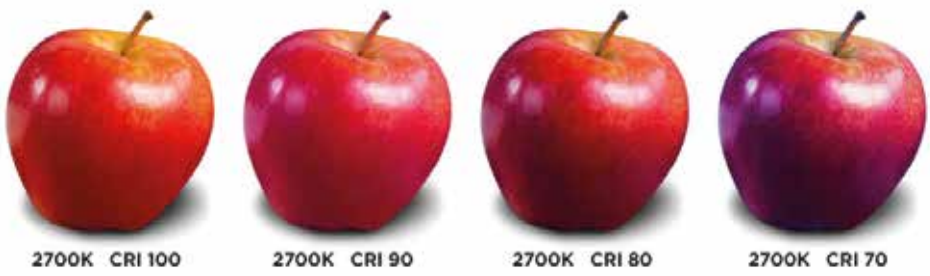
akkor kb. 100*13=1300 lm fényáramra van szükségünk.

A fényhasznosítás azt mutatja meg, hogy 1 W elektromos teljesítményből hány lumen fényt állít elő a lámpa, ez a hatásfoka, lumen per wattban mérik [lm/W]. Ennek egyszerűbb feltüntetése az energiahatékonyság, az energiacímkén „A++"-tól „E"-ig vannak hatékonysági kategóriák. Ezek elég szélesek, egy „A+" fényforrás gyakorlatban 88–135 lm/W közt bárhol lehet. Bár a pénztárcánkat érinti, ami mindig fájó pont, mégsem szabad túl nagy jelentőséget tulajdonítani neki. A korszerű LED-ek fényhasznosítása garantáltan sokkal jobb az izzólámpáknál, a halogénlámpáknál, de már a kompakt fénycsöveket is beelőzték. Tehát jól járunk vele, nem érdemes más szempontokat félresöpörni azért, mert pl. egy izzólámpához képest 70% helyett 72% energia megtakarítást tudunk elérni egy kicsit jobb fényhasznosítású LED-del.

Színhőmérséklet, színvisszaadás

A lakásvilágítás, ahol a gyertya formájú fényforrásokat leggyakrabban használjuk, mindig meleg fényt kíván. Az izzólámpáknak is meleg a fénye, ezt szoktuk meg, és a lakásokban (vagy pl. szállodai szobákban) jellemző megvilágítási szintek is ezt indokolják. A színhőmérsékletet kelvinben [K] mérik, 3300 K-nél kisebb (!) értékek számítanak melegnek. A gyakorlatban az izzólámpához hasonlítjuk e retrofit fényforrások fényét, ezért az izzólámpáéval megegyező 2700 K színhőmérsékletet érezzük természetesnek a lakásban. Sokan idegenkednek az új technológiától, hidegebbnek látják a fényét, mint a műszerek. Nekik jó választás lehet az extra melegfehér fény, 2500 K, SŐT 2200 K színhőmérsékletű termékek is kaphatók.

A jelenlegi LED technológia sajátossága, hogy – még ugyanazon terméktípus esetén is – az egyre hidegebb színhőmérsékletű



2. ábra. A színvisszaadás (CRI), a 70-es érték már nem elfogadható

Szem előtt kell tartani azt is, hogy a LED technológia napjainkban is dinamikusan fejlődik, minden évben jobb fényhasznosítású termékek kerülnek piacra. Ennek megfelelően változik a „jó" fényhasznosítás számszerű értéke is. Ezzel párhuzamosan az energiacímke is változni fog 2018-tól, az EU illetékes bizottsága tervei szerint az eddigi legjobb „A++" termékek az új rendszer szerint „D" kategóriába süllyednek, utat nyitva ezzel a jövő korszerűbb termékeinek.

változatok fényhasznosítása is egyre jobb lesz. Csábító lehet ugyanazért az árért pár lm/W-al nagyobb fényhasznosítású terméket választani, de lakásba semmi esetre se válasszunk hideg fényűt! Sem pszichológiai szempontból, sem a megvilágítás nagysága miatt nem indokolt, sőt, még a semleges (3300–5300 K) tartomány sem.

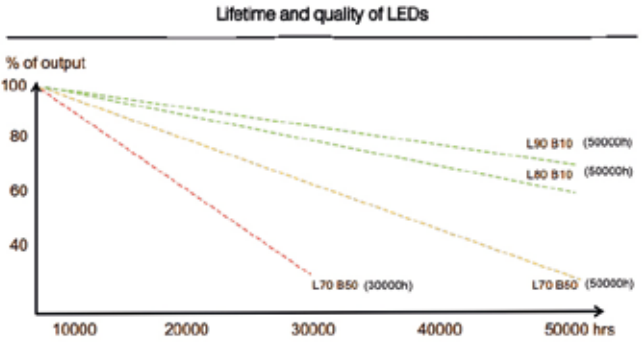
A színvisszaadás megmutatja, hogy mennyire valósághűen látjuk a színeket a mesterséges világításnál. A jele a CRI vagy

R_a betűk, mindenképp 80–100 közti értéknek kell ott állnia. Jellemző a 80-as színvisszaadási érték, mely minden hétköznapi tevékenységhez megfelelő. 80 alatti színvisszaadású LED-et semmi esetre ne válasszunk lakóhelyiségbe! Magasabb igények kielégítéséhez lehet kapni 85 körüli, sőt 90-es színvisszaadású gyertya vagy izzó formájú LED-eket is, ezekben javított vagy több komponensű fénypor, esetleg kiegészítő vörös LED van, és fényhasznosításuk picivel kisebb, mint a 80-as társaiké. Ne sajnáljuk azt a pár fillért, ha olyan színazonosításhoz szükséges munkához vagy hobbihoz használjuk, mint a varrás, kötés, bélyeggyűjtés stb., elvégre általában 1-1 fényforrásról beszélünk.

Élettartam, minősítések

A retrofit gyertya vagy izzólámpa formájú LED-ek fej részében mindig egy pici tápegység húzódik meg, tehát nem közvetlenül hálózati feszültségre vannak kötve a chipek. Ezek általában egyszerűek, kevés alkatrészből állnak, ennek ellenére meghibásodhatnak. Ha egy LED kiég, azaz egyik pillanatról a másikra megszűnik működni, akkor többnyire a tápegysége ment tönkre. A tápegység átlagos várható élettartama statisztikailag meghatározható, „tervezett avulással" beállítható, ez lehet az egyik oka az élettartam végének.

A másik ok a LED-ek általánosan jellemző fényáram csökkenése. Az üzemidő előrehaladtával egyre kevesebb fényt adnak le, sok tízezer óra elteltével már csak pislákolni fognak. Ezért meg kell húzni egy határt, mikor tekintjük a LED fényforrást „kiégettnek" fényáram csökkenés miatt. Ez LED-ek esetén a kezdeti fényáram 70%-a vagy 80%-a. Gyakoribb a 70%-os érték. Ez mindig statisztikai adat, egy adott darab fényforrás ennél sokkal kedvezőbben vagy kedvezőtlenebbül is viselkedhet. A névleges élettartamot L-el jelölik és mindig tartozik hozzá egy B-vel jelölt szám, mely a meghibásodási arányt jelöli. Például az L80B10 30 000 h azt jelenti, hogy 30 000 üzemóra után a LED lámpák legfeljebb 10% lesz oly módon hibás, hogy a fényáramának kevesebb, mint 80%-át adja le. Az L70B50 20 000 h azt jelenti, hogy 20 000 üzemóra után a LED lámpák fele kevesebb, mint 70% fényárammal rendelkezik. Tehát egyrészt az élettartam adat kizárólag a fényáram csökkenés mértékével és valószínűségével együtt értelmezhető! Félrevezető, ha csak egy üzemóra szerepel a termék adattábláján, mert az akár azt is jelentheti, hogy az adott idő elteltével még lesznek olyan példányok, amik valahogy világítanak. Igen nagy különbség van a hasonló L_B_ értékek közt,



3. ábra. Egyszerűsített ábra egy LED sokaság L_B_ várható élettartam értékeinek valamint a minimálisan várható fényáramának összevetéséhez. A 100% az adott Led sokaság kezdeti fényáramát jelöli. [T. Müller ábrájából készítve]

aki sok LED-et üzemeltet egyszerre, érdemes utána számolnia. Az L80B10 még Φ_0*0.8*0.9, azaz 72% fényáramot ígér a jelzett élettartam végén, ezzel szemben

az L70B50 már csak Φ_0*0.7*0.5 azaz 35% fényáramot. Mindez persze statisztikailag áll, egy adott darab fényforrás ennél sokkal kedvezőbben vagy kedvezőtlenebbül is viselkedhet.

Az élettartam a LED-ek esetén erősen hőmérsékletfüggő. A tervezett átlagos élettartamot csak bizonyos meghatározott hőmérsékleten lehet garantálni, a hőmérséklet emelkedésével az élettartam jelentősen csökkenhet. Vegyük figyelembe, hogy a gyártók nem mindig jelölik, hogy a feltüntetett élettartamhoz mekkora és hol mérendő hőmérséklet tartozik. Gyertya vagy normálizzó formájú retrofit LED fényforrások esetén különösen az 50 000 h vagy ennél is nagyobb élettartam esetén lehetünk gyanakvóak. Az élettartam számszerűen igaz lehet, de valószínű, hogy csak 25°C chiphőmérséklet mellett, amit valós körülmények közt lehetetlen biztosítani, hiszen a chip belül melegszik, szobahőmérsékleten üzemeltetett lámpa esetén jellemzően 80-90°C-os, vagy még melegebb. Tovább ront a helyzeten, ha zárt burás lámpatestben használjuk a fényforrást, így felmelegszik körülötte a levegő, tovább növelve a chip üzemhőmérsékletét és tovább csökkentve az élettartamát. Ez utóbbi, azaz a zárt burás üzemeltetés még a korrekt módon megadott várható élettartamot is számottevő mértékben csökkentheti, csalódást okozva a felhasználónak.

Az EU területén forgalomba kerülő villamos termékek ún. CE minősítéssel kell rendelkezzenek, ezt minden terméken fel is tüntetik. Ez a gyártók önellenőrzésén alapul és független harmadik fél nagyon ritka esetben ellenőrzi a mérések elvégzését és hitelességét. A gyártók túlnyomó többsége korrekt, a termékeik megbízhatóak és biztonságosak, de mindig előfordulnak zavarosban halászók. A CE jelülés tehát nem garancia a minőségre, hanem kötelező elem. Gyakran találkozni RoHS jelöléssel is, amely az egészségünkre és a környezetünkre veszélyes anyagoktól való mentességet jelöli. Ez fényforrások esetén leginkább az ólóm, higany és kadmium mentességet jelenti. Az RoHS 2013 óta bekerült a CE megfelelőség körébe, tehát amin CE jel van, az RoHS-nek is megfelel, függetlenül attól, hogy ez utóbbi külön feltüntetésre került-e.

Szabályozhatóság

A gyertya és normálizzó alakú LED fényforrások általában a fali kapcsolókba épített (jellemzően fázishasításos elven működő) fényáram szabályozókkal nem szabályozhatók. Amelyik mégis, arra ráírják és/vagy egy kis piktogrammal egyértelműen jelzik.

4. ábra. Egy gyertya LED tápegysége és egy 5Ft-os.

Sajnos a gyakorlat nem ilyen egyértelmű. A szabályozhatóság kulcsa a LED fényforrásban a fentebb említett kis tápegység kialakítása, amely nagyon változatos. Nem városi legenda, hogy egyes LED fényforrásokat akkor is lehet szabályozni, ha ezt a gyártói ajánlás tiltja, de ez nem csak a fényforrástól, hanem a fali szabályzó készülék típusától is függ. Senki ne kísérletezzen, mert nem csak a fényforrását teheti tönkre másodpercek alatt, hanem esetleg a szabályzó készüléket is. Ugyanakkor azokat a LED lámpákat, amelyeket a szabályzást engedélyező jellel látták el, sem minden szabályzóval lehet használni. A nagy nevű gyártóknak hosszas és bonyolult táblázataik vannak, melyben feltüntetik melyik terméküket melyik kapcsoló gyártónak konkrétan melyik típusával tesztelték.

Az eredmény így sem egyértelmű, az egyes kombinációk sokszor „részben működik" jelölést kapnak, ami azt jelenti, hogy csak egy keveset lehetett csökkenteni a fényáramon.

Ha nem működik vagy részben nem működik együtt egy fali szabályzó egy retrofit LED fényforrással, akkor gerjed és villog, esetleg kialszik vagy be se kapcsol. Ha nincs a LED gyártójának kompatibilitási táblázata, inkább ne kísérletezzünk. A fali szabályzók nagy része még izzólámpához, halogén lámpához készült és egy minimum teljesítmény (megszólalási küszöb) alatt nem működik. Ez a teljesítmény határ 20–40 W körül van, pont a jelenleg kapható retrofit LED-ek egységteljesítménye felett. Egy hatágú csillárban már ezek a teljesítmények összeadódnak, nagyobb az esély a sikerre.

A fali szabályzókon – a korábbi halogén lámpák induktív vasmagos és elektronikus transzformátorai felkészülve – RL vagy RC (ritkábban RLC) jelölés található, utalva a terhelés jellegére, mellyel a szabályzó működőképes. RL esetén induktív terheléssel működik és felfutó élre szabályoz, RC esetén kapacitívval és lefutóra szabályoz, RLC esetén kézzel átkapcsolható a két állapot között (ritkábban felismeri a kapcsoló a terhelést, ekkor mikrokapcsoló sincs benne). A tapasztalat azt mutatja, hogy leginkább RC jelű fali szabályzókkal működnek a retrofit LED-ek, de akadnak renitens típusok. Sajnos, erre sem szabvány, sem iparági megegyezés nincs, mondhatni, hogy ezen a téren teljes a káosz.

Végezetül a kapcsolókkal kapcsolatosan érdemes megemlíteni azt is, hogy a parázsfény és különösen a LED visszajelzős kapcsolókkal használva néhány LED „kikapcsolt" állapotban nagyon halványan világít vagy villog. Ez csak a kikapcsolt állapotot jelző kapcsolóknál fordulhat elő, ahol a jelzőfényen keresztül folyó igen kis áram hatására is működik (bár rendellenesen) a LED. Ha ez előfordul, vagy a LED-et, vagy a kapcsolót cserélni kell. Kaphatóak olyan LED fényforrásokra készült visszajelzős kapcsolók, melyeknél már tervezéskor ügyeltek arra, hogy ez a jelenség ne fordulhasson elő.

A fenti szempontok egy szempontrendszert alkotnak, valamennyit egyszerre kell figyelembe venni, ha LED lámpát választunk. A prioritásai viszont mindenkinek eltérőek, kinek ez a fontosabb szempont, kinek az, mérlegelni kell az elérhető előnyök és az esetleges hátrányok között.

A LED fényforrások hatása a világítástechnikai szabványosításra

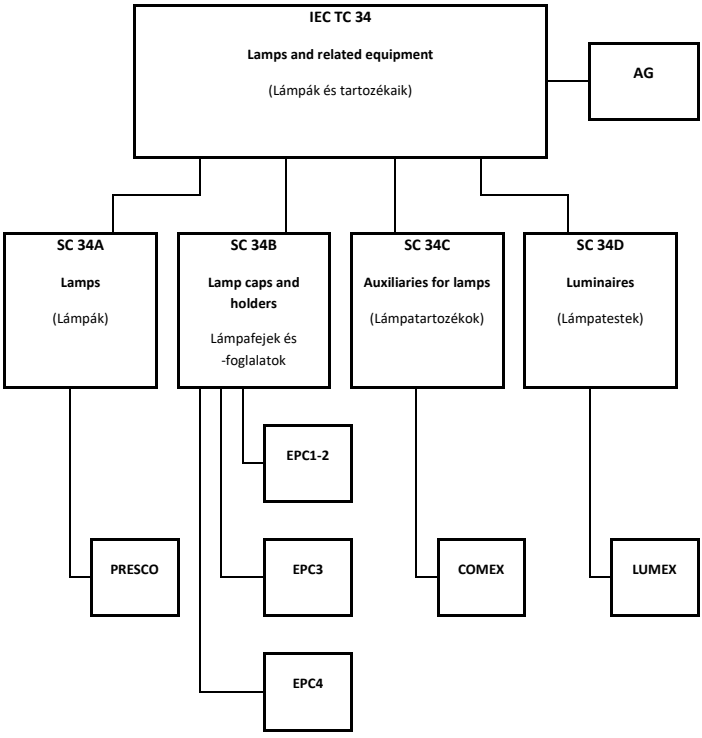
– Kosák Gábor –

A világítástechnikai szabványosítás

A világítástechnikai szabványosítás szervezeti felépítése évtizedekkel ezelőtt kialakult és sokáig változatlan formában szolgált a szabványosítási tevékenység színteréül. Ezen a kompakt fénycsövek megjelenése sem változtatott. A LED-ek megjelenése viszont alapvető változásokat kényszerít ki, a világítástechnikai szabványosítás épületének átépítését eredményezi.

Nemzetközi világítástechnikai szabványosítás, az IEC/TC 34 bizottság szervezeti felépítése

Az IEC/TC 34 Lámpák és tartozékaik bizottság működési területe a fényforrások (lámpák), a lámpafejek és lámpafoglalatok, a lámpaműködtető eszközök és a lámpatestek szabványainak előkészítése. Elgondolkodtató hogy a világítástechnikai szabványosítás szervezeti felépítése Thomas Alva Edison munkásságához kötődik. Edison nevéhez fűződnek olyan rendkívüli találmányok, mint a fonográf, a villamosenergia ellátás vagy a szénszálas izzólámpa. Talán ez utóbbival gyakorolt legnagyobb hatást a világ technikai fejlődésére. A fényforrások kialakítására akkor kidolgozott műszaki megol-



dások ma is meghatározóak. Az izzólámpák elektromos csatlakoztatásának és cseréjének egyszerű megoldását biztosító Edison-menetet máig elterjedten használják. Ennek megfelelően a TC 34 négy albizottságra oszlik: SC 34A Lámpák, SC 34B Lámpafejek és -foglalatok, SC 34C Lámpatartozékok és az SC 34D Lámpatestek albizottságokra. Az albizottságok konkrét feladatokra szerveződött projekt-teamekből és állandó munkacsoportokból állnak. A TC 34-nek magának is vannak olyan speciális területekkel foglalkozó munkacsoportjai, mint például a fotobiológiai biztonság, terminológia vagy a világítási rendszerek, az AG 1 (Chair's Advisory Group) szervezeti egység, amely az albizottság-elnökök, munkacsoport-vezetők tanácskozó testülete.

Európai világítástechnikai szabványosítás

Az európai világítástechnikai szabványosítás a nemzetközi szabványokat veszi át általában módosítás nélkül, csak nagyon kevés „tiszta" európai szabvány készül e tárgykörben. Az IEC/TC 34 európai tükörbizottsága a CLC/TC 34, Lámpatestek és kapcsolódó készülékek bizottság. Az IEC albizottságoknak nincs önálló európai tükörbizottsága, őket is a CLC/TC 34 képezi le európai szintre.

Nem elektrotechnikai szabványosító szervezet az európai CEN/TC 169, Alkalmazott világítástechnika műszaki bizottság, amely a megvilágítással a világítási igények meghatározásával, a megvilágítás mérésével foglalkozik (útvilágítás, a munkahelyi világítás, tartalékvilágítás stb.). Nemzetközi megfelelője, az ISO/TC 274, Fény és világítás néhány éve alakult, célja az ez irányú európai szabványosítás nemzetközi szintre emelése.

Említésre méltó még a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság, a CIE. amelyet 1913-ban alapítottak azzal a céllal, hogy elősegítse a fényhez, világításhoz, színekhez, látáshoz kapcsolódó információk nemzetközi szintű cseréjét. A CIE az évek során 200 technikai jelentést és mintegy 15 szabványt adott ki a fény- és a színmérés és alkalmazás minden területéről. Ezek képezik ma a nemzetközi méréstechnikai, tervezési és szabványosítási gyakorlat alapjait.

Magyar világítástechnikai szabványosítás

A magyar világítástechnikai szabványosítás szerve az MSZT/MB 838 Világítástechnika bizottság. Az MB 838 az IEC és CENELEC TC 34 és albizottságai tükörbizottsága, ezenkívül a TC 76, Optikaisugárzás-biztonság és lézerberendezések és TC 97 VILLAMOS Létesítmények repülőterek világítási és jelzőberendezéseihez IEC és CENELEC bizottságok, valamint a CEN/TC 169 és az ISO/TC 274 tükörbizottsága.

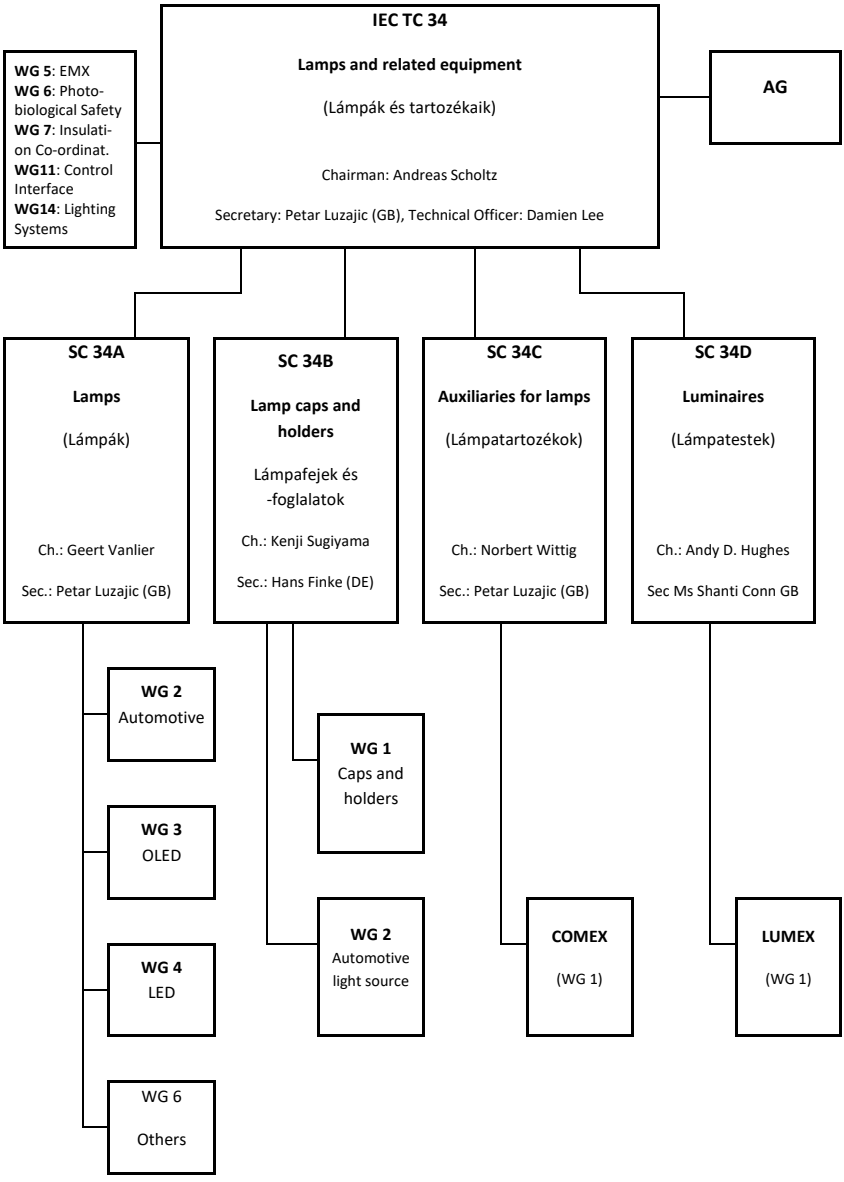
A nemzetközi világítástechnikai szabványosítás korábbi szervezeti felépítése

A világítástechnikai szabványosítás a hagyományos volfrámszálas izzólámpákhoz és fénycsövekhez, kisülőlámpákhoz igazodott. Az IEC albizottságok munkacsoportjai is ennek feleltek meg.

Az SC 34A munkacsoportja (a PRESCO) alkalmazási területe a fényforrások szabványosítása, az SC 34B munkacsoportjai: az EPC1-2 a fénycsövek és izzólámpák feje és foglalata szabványosításával, az EPC3 a járműlámpák, az EPC4 a nagynyomású kisülőlámpák és egyéb lámpák feje és foglalata szabványosításával foglalkoztak. Az SC 34C munkacsoportja (a COMEX) a működtető eszközök, az SC 34D munkacsoportja (a LUMEX) a lámpatestek szabványosítására. A PRESCO az IEC legnagyobb munkacsoportja volt.

A nemzetközi világítástechnikai szabványosítás jelenlegi szervezeti felépítése, jövőbeli irányai

Az elmúlt évek szabványosítása főként



a LED fényforrásokról szólt, rengeteg szabvány született e tárgykörben. E szabványok egyedi szabványjelzettel rendszerezés nélkül jelentek meg, és most elérkezett az egyszerűsítés, összevonás rendszerezés ideje, szabványsorozatok kialakításával. A LED-ek szabványosításával párhuzamosan a többi fényforrás szabványosítása visszaszorulóban van, különösen igaz ez a volfrámszálas izzólámpákra. Megjelentek a szerves fénykibocsátó diódák, az OLED-ek, amelyek szabványosításával főként Dél-Korea foglalkozik. A felhasználók inkább a hagyományos cserélhető fényforrások gyártása mellett vannak, a gyártók az integrált, a lámpatesttel egybeépített, okos funkciókkal bíró fényfor-

rásrendszerek elterjedését pártolják. Már a kompakt fénycsövek élettartamát is a tápegységük tönkremenetele korlátozta, és ez ugyanígy igaz a LED fényforrásokra is. A LED fényforrások legnagyobb problémája a keletkező hő elvezetése. A hagyományos Edison-menetes foglalatba csavarható LED fényforrás tápegysége a fejben van, ami megnehezíti a keletkező hő elvezetését és végül a tápegység tönkremeneteléhez vezethet. Ezért pártolják a gyártók az integrált, LED-del egybeépített lámpatestek gyártását, mivel így optimális hőelvezetést érhetnek el. A világítástechnika forradalma kikényszeríti a világítástechnikai szabványosítás és albizottságai hagyományos szervezeti felépítésének (lámpafejek, foglalatok, működtető eszközök, lámpatestek) átalakulását. Több munkacsoport összevonásra került, a hangsúlyok eltolódnak. A munkacsoportok címében a „lamps" (lámpák) kifejezést a közérthetőbb „light sources" (fényforrások) kifejezésre cserélik. Intenzív kutatások folynak a LED-ekkel kapcsolatban a látásbiztonság (fotobiológia, villogás, stroboszkóphatás) területén, amelyek hamarosan a vonatkozó szabványokban fognak megjelenni. A nemzetközi világítástechnikai szabványosítás szervezeti felépítése jelenleg:

A fejlődés folyamatos és gyorsuló. Még meg se szoktuk igazán a kompakt fénycsöveket, újdonságuk varázsa még alig illant el, máris a múlthoz tartoznak. Pár év, és gyártásuk megszűnik, hasonlóan a CD-khez. A LED-fejlesztése javában folyik, műszaki paramétereik sokat fognak javulni, és ennek megfelelően a szabványosításuk is sokat fog változni.

A LED-ek használatát is meg kell szokni. Eddig a fényforrás cseréjére tönkremenetelekor került sor. Ha az izzó kiégett, a fénycső vibrált, vagy már nem gyújtott be, elő a létrával, és némi tornamutatvánnyal cseréltük. A LED elvileg örökké képes fénykibocsátásra, ha csökkenő mértékben is. Cserére elvileg akkor szorul, ha fényárama a névleges érték 70%-ára csökken, ezt tekintik a LED élettartama végének. Ezt adott üzemóraszám megadásával is kifejezik. Azonban jelenleg a LED használatát a tápegysége határozza meg. Ha az tönkremegy, a fényforrást cseréljük, akkor is, ha a LED maga még messze van az előbb említett élettartama végétől. De ha a tápegysége nem megy tönkre? Ki lesz az, aki feljegyzi, mikor vette használatba a fényforrást, mikor kell cserélni (egy hatkarú csillárnál karonként)? Ülünk a sötétedő lakásunkban, és még észre sem vesszük.

A másik kérdés: közeleg az Edison-menetes foglalat, a fénycső végnapja? A munkahelyi világításban mindenképpen, az útvilágításban már régóta, de az otthoni világításban aligha. Amig a lakásokban Edison-menetes csillárok, asztali lámpák stb. vannak, addig gyártanak Edison-menetes foglalatba illeszthető fényforrásokat, és amíg gyártanak ilyeneket, addig készülnek Edison-menetes foglalatú lámpatestek.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] IEC honlap, www.iec.ch
[2] CENELEC honlap, www.cenelec.eu

A hulladékká vált LED lámpák kezelésének kihívásai

– Szulágyi Krisztina –

Napjainkra már egyértelművé vált, hogy a világítástechnika területén a LED-es megoldások a meghatározók, legyen szó akár fényforrásról, akár világítótestről. A korábbi fényforrás típusok értékesítése és fejlesztése leáldozóban van, az innováció már egyértelműen a hosszú élettartamú és energiatakarékos LED-es berendezéseket érinti. Emellett ma már egyre inkább igény van arra, hogy a világító berendezés ne csak világítson, hanem alkalmazkodjon például az ember cirkadián ritmusához és segítse az emberek alvás-ébrenlét ciklusának megfelelő szabályozását, vagy esetleg szenzorok segítségével érzékelje, hogy mikor és milyen nagyságú világításra van szükség az adott környezetben. A gyártással és használattal azonban nem zárul le a világítástechnikai eszközök életciklusa, hiszen hulladékká válásukat követően egy részük újra visszakerül a gazdaságba. Hogy mekkora részük és milyen módon, az sok tényező együttes hatásának következménye. Jelen cikk a hulladékká vált LED-es világítástechnikai berendezésekhez kapcsolódó hulladékkezelési kérdések megválaszolásához kíván támpontot adni.

A LED-ek térhódítása és fejlődése

Elsőre talán többen azt gondolnák, hogy a piacot frissen meghódító LED-ek minden bizonnyal új találmányok, hiszen korábban nem nagyon lehetett hallani felőlük. A LED-ek, azaz Light Emitting Diodes, magyarul fénykibocsátó diódák, szilárd halmazállapotú anyagok elektromos árammal történő gerjesztésének hatására fotonokat bocsátanak ki. A szilícium karbid (carborundumi, azaz korund) esetében tapasztalható elektrolumineszcencia jelenségét először Henry Joseph Round, az RCA mérnöke írta le 1907-ben, az Electrical World c. folyóirathoz eljuttatott rövid megjegyzésében. Oleg Vlagyimirovics Loszev nevű orosz-szovjet rádiótechnikus is felfigyelt erre a jelenségre az általa készített egyenirányító diódák esetében, aki 1927-ben szabadalmat nyújtott be erről, illetve publikálta azon megállapítását, miszerint a rádióvevőhöz használt diódák elektromos áram hatására fényt bocsátanak ki. Az 1927-ben benyújtott szovjet szabadalma 1929. végén jelent meg.

Ezen figyelemre méltó tulajdonságuk tette alkalmassá a félvezető anyagból készült diódákat arra, hogy a világítástechnikai szakemberek felfigyeljenek rájuk. Az első ilyen elven működő fényforrást a General Electric alkalmazásában álló Nick Holonyak fizikus készítette el, aki 1962-ben megalkotta a vörös LED-et [1]. Azóta már meglehetősen sokféle LED-et tudnak előállítani. A világítástechnikai alkalmazások szempontjából a mérföldkövet a nagy hatékonyságú, ún. heteroátmenetes gallium nitrid alapú LED-ek kifejlesztése jelentette. Az ehhez szükséges technológiák kialakításában meghatározó szerepet játszó három japán tudós (Akasaki, Amano és Nakamura professzorok) 2014-ben elnyerték a fizikai Nobel-díjat. A sokféleség színben, formában, minőségben, illetve funkcióban is tetten érhető. Manapság már olyan felhasználási területek is léteznek, amelyekre korábban még csak nem is gondoltak. Ilyen például az ember biológiai ritmusát is figyelembe vevő színhőmérséklettel való világítás, amely a nap aktívabb időszakában hidegebb, majd a naplementéhez közeledve melegebb színekben világít. Az „okos megoldások" és a világítás mellett más célokat is ellátó lámpatestek most még új, innovatív megoldásnak számítanak, azonban pár év múlva a mai fejlesztési irányok módosulnak majd a jövőbeli

igényeknek megfelelően. Az aktuális trend az, hogy az autólámpától kezdve a múzeumok világításáig egyre több helyre szerelnek fel LED-es világítást, illetve, hogy a növekvő piaci igények színvonalasabb kiszolgálása végett egyre fejlettebbek a felszerelt világítástechnikai berendezések.

A LED-es fényforrások összetétele

A LED-es fényforrások sokfélesége sok gyártót is a piacra vonzott, akik meglehetősen különböző módon és anyagokból állítják elő a saját termékeiket. A gyártásra vonatkozó előírások - amennyiben vannak ilyenek – meglehetősen eltérőek térben és időben is. A kész termékek pontos szerkezete, illetve a berendezést felépítő anyagok részben vagy egészben ismeretlenek. A jelenlegi termékek többnyire nem szerelhetők, műanyagtartalmuk pedig egyre nő a korábbi üveg és fém alkatrészek rovására. Az Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft. által 2014-ben készített vizsgálat szerint, 91 kilogramm hulladékká vált LED-es fényforrás vizsgálatakor még a műanyagtartalom átlagosan 9%-nak adódott, a 2018 áprilisában publikált Eucolight megbízásából készített tesztek végeredménye szerint [2] a több tíz tonnányi fényforrás átvizsgálásakor már 39%-nak adódott a csak műanyagot tartalmazó (tehát nem vegyes) frakció. A vizsgálat a következő, 1. táblázat szerinti kimenő frakciókra tér ki:

1. táblázat. A LED-es fényforrások output frakciói [2]

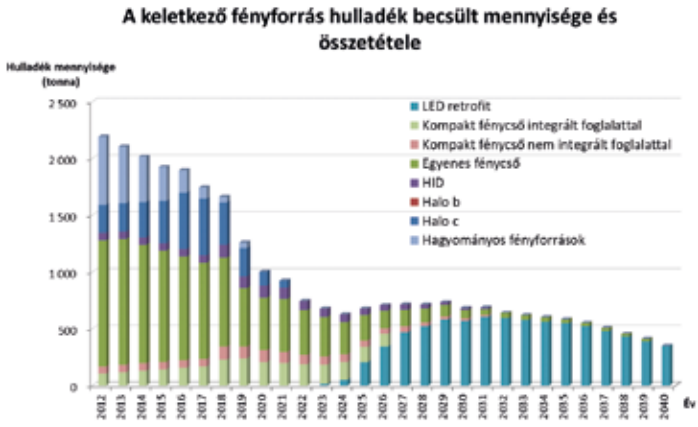
Kimenő frakciók	Átlagos tömegarányuk
Műanyag	39%
Nem vastartalmú fémek (Al)	29%
Vastartalmú fémek	3%
Elektronikus LED kártyák és chipek	8%
Finom frakció (0-20 mm)*	18%
Kondenzátor	1%
Egyéb apró hulladék	3%

* Tartalmaz műanyagot, fémet, habot és más anyagokat

A műanyag frakció esetében fontos tény az, hogy számos esetben több különböző műanyag felhasználásával, kevert formában van jelen, mely tartalmazhat adalékokat, illetve az Európai Unió területén egészségre káros anyagnak nyilvánított anyagokat is. Ez különösen fontos kérdés az erre vonatkozó - most szigorodó - előírások fényében. (Például a brómozott égésgátló anyagok (BFR) betiltására vonatkozó szándék már körvonalazódni látszik, kérdés azonban, hogy mikor és milyen formában fog ez megjelenni a gyakorlatban.)

A hulladékká vált LED-es fényforrások kezelése

Valójában még olyan kevés a hulladékká vált LED-es fényforrások aránya, hogy a kezelésük Magyarországon - Európa több országához hasonlóan - 1% alatt van. Az év végére a Eucolight tagországok között várhatóan nem haladja majd meg a 2%-ot, azonban 2027-re már a hulladékáram mennyiségének felét tehetik ki. Hazánkban várhatóan még ennél is jelentősebb lesz majd a LED-es fényforrások aránya. Az Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft. következő, 2. ábrán látható modellje mindössze támpontot kíván adni a nagyobb változások várható alakulását illetően, hiszen számos olyan szabályozó tényező van, amely még csak most kerül megvitatásra, bevezetésének részletei, illetve azok hatásai pedig meglehetősen kérdésesek. Korábbiakban ezek a szabályozó tényezők elsősorban az egyes terméktípusok kivezetései voltak, melyekhez csatlakoztak napjainkban a környezetre és egészségre, illetve körkörös gazdaság elősegítésére hatással bíró szabályozások.



2. ábra. Az Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft. becslése a keletkező fényforrás hulladék mennyiségére és összetételére

Mint az jól ismert, a hulladékáramban késleltetve, a világítástechnikai berendezések élettartamától függően fognak megjelenni az egyes piaci trendek. Magyarországon 2017-ben látszott megfordulni az eddigi trend, azaz a higanyt tartalmazó fényforrások belföldön piacra kerülő mennyiségét először haladta meg a LED-es fényforrásoké. Fontos megjegyezni azonban, hogy utóbbiak könnyebb és kisebb termékek, ezért az iménti állítás a termékcsoportok súlyára vonatkoztatva már nem lenne igaz. Kézenfekvő, hogy az eltérő anyagú és szerkezetű fényforrásokat eltérő mértékben lehet hasznosítani. A nagy üvegtartalom ez esetben előnyös tulajdonság, mert jól hasznosítható és széles körben fel lehet használni másodlagos ipari nyersanyagként a lámpagyáraktól kezdve az üveggyapoton át egészen az építőiparig, ahol homokhelyettesítőként szolgálhat. A higanyt tartalmazó lámpák hasznosítása erősen technológia függő, emellett jelentős szerepet játszanak a környéken található vállalkozások adta lehetőségek. Előfordulhat, hogy az egyik esetben másodlagos ipari nyersanyagként szolgálhat ugyanaz a frakció, ami máshol nem hasznosul a megfelelő felvevőpiac hiányában. A jelenleg alkalmazott kezelési technikák azonban jellemzően magas arányokat produkálnak a hasznosítás terén, a törvény által előírt 80% hazánk területén teljesíthető.

Némileg eltérő a helyzet a LED-es fényforrások esetében. A kis mennyiség kihívásokat jelent a hulladékkezelés terén is, hiszen a gazdaságos működés itt is fontos szempont. Az átmenet egyfelől igen lassú folyamat, hiszen a LED-es fényforrások közismereten hosszú élettartamúak, először várhatóan a gyengébb minőségű, illetve a technológia megjelenésének korai szakaszában lévő fényforrások és lámpatestek jelennek majd meg a hulladékáramban, majd ezt követően várhatóak a későbbi fejlesztésűek. Tekintettel arra, hogy a LED-es megoldással rendelkező berendezések igen sokféle célra és módon készültek, a hasznosításuk is olyan technológiát kíván, amely megbirkózik a különböző gyártók alkotta termékekkel, és egy bizonyos hatásfokkal ezen fényforrások összeségében hasznosíthatóvá válnak. Napjainkban alapvetően az ún. „shredderezési", azaz darálási technikával történik a LED-es fényforrások hasznosítása. Kifejezetten kis mennyiségük miatt nem önmagukban kerülnek feldolgozásra, hanem más típusú fényforrásokkal keverten. Ennek során a lámpák először apróbb darabkákká őrlődnek, amik egy szelektálási, illetve további őrlési mechanizmuson keresztülhaladva külön frakciókká válnak szét (lásd a 3. ábrát.) Jellemzően a világítástechnikai berendezések a technológiától függően üveg, műanyag, fém (vastartalmú, illetve nem vastartalmú fémek külön) és egyéb frakci-

ókra bomlanak. A folyamat végén minden esetben maradnak meg olyan anyagok, amelyeket nem tudott a kezelést végző gép besorolni egyik frakcióba sem. Ez a jellemzően elég kis mennyiség nem hasznosul.

A Eucolight korábban már említett felmérése szerint a LED-es fényforrások átlagosan 57%-ban hasznosíthatók, ami azonban jelentős kihívások elé állítja a hulladékkezelőket. Ha ugyanis a higanyt tartalmazó, magas százalékban hasznosítható fényforrások mennyisége lecsökken, a 80%-os minimális hasznosítási ráta veszélybe kerül.

3. ábra. A „shredderezési" eljárás és az első darálás utáni törmelék [3]

Ezt a problémát felismerve kutatók egy csoportja [4] olyan technológiát dolgozott ki, amely figyelembe veszi ezen fényforrások változatosságát és alapvető jellemzőit. 2016-os tanulmányuk rávilágít arra, hogy már 2011-ben a piac több szereplője is tudatában volt annak, hogy ezen termékek életciklusuk végén nehezen reciklálhatók. Vizsgálatukban még 15%-os üvegtartalmat mutattak ki a LED lámpákban, ami ma már jellemzően műanyag. Ez utóbbi anyag aránya egyébként 21,3%-nak mutatkozott tömegarányosan számolva.

A kutatócsoport specializált újrahasznosítási technikát dolgozott ki, felismerve azt, hogy a zúzás és aprítás ez esetben nem a legcélravezetőbb megoldás. Elektrohidraulikus fragmentációval (EHF) szedték alkotóikra a fényforrásokat, ami azt jelenti, hogy lökéshullámokkal darabolták fel a LED lámpákat csatlakozási pontjaik mentén. A lökéshullámokat lényegében folyékony közegben végzett nagyfeszültségű intenzív kisülések adták. Az eljárást több lépésben megismételve a 4. ábrán látható finom és épen maradt darabokat kapták. A fragmentálások között szokványos szortírozási technikákat alkalmaztak (- rostázás, fémek szétválasztása, illetve flotációs eljárások).

Mint ahogy hazánkban is, sok országban együtt gyűjtik össze a higanyos és nem higanyos lámpákat, hiszen a fogyasztó nem tud különbséget tenni köztük, így nincs is mód az elkülönített gyűjtésre. Ebben az esetben a higanyszennyeződés nem elkerülhető, ezért lényeges, hogy mértéke könnyen megállapítható lehessen. Jelen esetben a technológiai víz (- azaz a folyadék, amiben a darabolást végezték -) spektroszkópiai eljárással vizsgálható. A kutatócsoport tanulmányában nem mutatott ki higanytartalmat a vizsgált LED retrofit fényforrás esetében, továbbá az output frakció esetében igen alacsony, mintegy fél százalékos veszteséget állapítottak meg. Kérdés azonban, hogy ez és az ehhez hasonló technikák milyen kísérleti stádiumban vannak, illetve, hogy mikor és milyen kondíciókkal kerülnek majd piacra.

Összességében tehát a LED-es fényfor-

4. ábra. Az EHF eljárás eredménye - egy LED retrofit lámpa darabjai [4]

rások elterjedése egyfelelő üdvözlendő, másfelől azonban figyelmet érdemel az a tény, hogy az életciklusuk végén a jelenlegi módszerekkel igen nehéz hasznosítani őket. A körkörös gazdaság nem alakítható ki úgy, ha a termékek tervezésekor és gyártásakor nem tulajdonítanak jelentőséget annak, hogy olyan lámpák kerüljenek piacra, amelyek minél nagyobb mértékben javíthatók, illetve hasznosíthatók legyenek. A folyamatosan változó technológia és sokféleség jelentős kihívás elé állítja a hulladékkezelőket, miközben a kis méret és mennyiség miatt kiemelt figyelmet kell fordítani a gazdaságos működésre is. Jelenleg még több a kérdés a LED-es világítástechnikai berendezések hulladékkezelése terén, mint a válasz. Remélhetőleg a technológiai fejlődés hamarosan meg fogja válaszolni a saját maga által feltett kérdéseket.

FORRÁSOK:

[1] http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2010/4/14.pdf (2018.09.11.)
[2] Alberto Rodríguez/Ambilamp/CRSO Conference 2018.: Responding to the challange of LED recycling
[3] https://www.youtube.com/watch?v=ays8wjfMqQM (2018.09.11.)
[4] https://www.led-professional.com/resources-1/articles/led-lamps-recycling-technology-for-a-circular-economy (2018.09.11.)

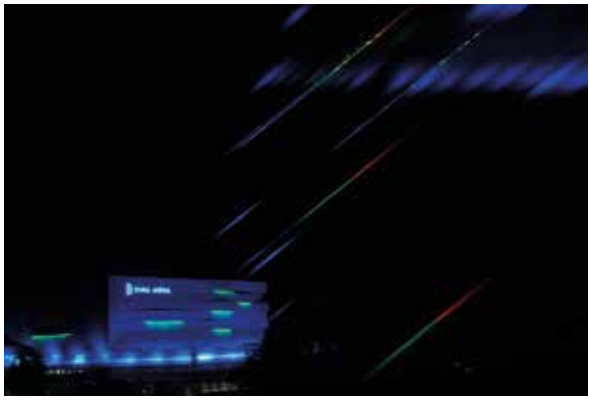
Ami sok az sok – de mi az, ami már sok?

– Dr. Kolláth Zoltán –

A fényszennyezés kapcsán évtizedek óta próbáljuk már figyelmeztetni az érintetteket – itthon is és külföldön is, sok nemzetközi szervezet már többször fellépett az ügyben. Időnként van valami előrelépés, de hasonlóan nagyon sok környezeti problémához – a vészharang is csak falra hányt borsó. A fényszennyezés folyamatosan nő, rendszeresen elkövetik azokat a hibákat, amikre időben próbáltak figyelmeztetni. A LED-ek sokszor elsietett közvilágítási bevezetésekor már szóltak, hogy a nátriumlámpákhoz képest megnövekvő kék tartam ökológiai és egészségügyi kockázatokat jelenthet. 2018-ba már publikáció jelent meg arról, hogy azokon a területeken, ahol a hideg fehér fényforrások lettek bevezetve, szignifikánsan kimutatható a mellrák és prosztatarák megnövekedett aránya a nátriumlámpákat használó területekhez képest. (Ariadna Garcia-Saenz et al, Evaluating the Association between Artificial Light-at-Night Exposure and Breast and Prostate Cancer Risk in Spain (MCC-Spain Study), Environmental Health Perspectives (2018). DOI: 10.1289/EHP1837)

A cikk konklúziója szerint a Madridban és Barcelonában gyűjtött adatok alapján az erős kék sugárzásnak kitett lakosoknál a mellrák 1,5-szeres, a prosztatarák pedig kétszeresen megnövekedett arányban fordult elő, mint a nem érintett lakosok között. Biztosan nem érte meg elsietni a rekonstrukciót – vagy belemenni az kicsivel nagyobb fényhasznosítás okozta előnybe, ha annak később ez az ára.

Sajnos nem tudjuk még mindig, hogy mi az ami már sok – csak utólag döbbenünk rá, hogy valamit valahol nagyon elrontottunk. A belső biológiai órák az élőlények egészétől sejti szintig mindenhol megvannak. Szükség van egy központi „karmesterre", egy mester órára, ami a szervezet egészére hatással van és összehangolja a különböző szinten lévő belső órákat. Ennek a millió éves időskálán kialakult belső szinkronnak a felbontása nem marad következmények nélkül. A napi (cirkadián) bioritmus könnyen felborul. Itt a karmester szerepét elsődlegesen a melatonin hormon játssza – aminek az adott helyhez kapcsolódóan a ritmust a fény napi változása adja meg. A látható tartományon belül is a kék komponens az, ami domináns ebből a szempontból. A melatonin hormon termeléséért felelős



fényérzékeny ganglionsejtek ugyanis ebben a tartományban érzékenyek. Ma már ez szinte közismert – a számítógépes operációs rendszerek, és az okostelefonok már kezdik alapszolgáltatásként felajánlani azt a lehetőséget, hogy a képernyő, kijelző színében jelentősen csökkentsék a kék komponenst napnyugta után. Életeket menthetnek meg ezzel ez egyszerű lépéssel. Az okos városok és korszerű világítások adta lehetőségek mellett vajon miért nem tesszük meg ugyanezt?

Egyre több helyen merül fel az igény a világítás színhőmérsékletének csökkentésére. Ebben a tekintetben 4000 K már sok, a „puhább" törvényi javaslatok is 3000 K-ban adják meg a maximumot. A korrelált színhőmérséklet (CCT) nem is feltétlenül a legjobb mérőszám, létezik olyan spektrum, amire nem is értelmezhető rendesen. Ezért kezd megjelenni egy másik mennyiség, ami az 550nm-nél rövidebb hullámhosszúságú optikai sugárzás teljesítményét limitálja a teljes sugárzási teljesítményhez képest. Persze mindenhol a megfelelő mennyiséget kell választani. Ahol egyébként megvilágítást mérnénk ott a spektrális besugárzás 550 nm hullámhossznál rövidebb hullámhosszúságokra vett integrálját kell hasonlítanunk a teljes látható tartománybeli besugárzáshoz, ahol fénysűrűséget mérnénk ott pedig a spektrális radianciára kell ugyanezt megtenni. A javasolt kritikus arányszám 25 százalék körül van, ami a szokványos fehér LED-eknél durván 3000 K-es CCT határnak felel meg. Az biztos, hogy a 4000 K és ami fölötte van az már sok.

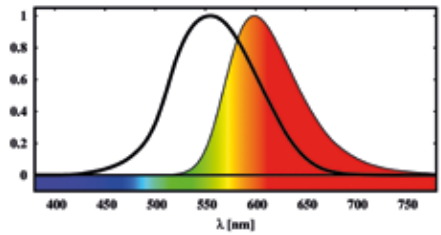
Folytassuk talán általánosságban azzal, hogy mi az, ami már elég. Sokszor hivatkoznak a telihold okozta megvilágításra úgy, hogy az már elegendő ahhoz, hogy könnyedén tájékozódni tudjunk az éjszakai környezetben. Ebből kifolyólag mondhatnánk azt, hogy a telihold okozta megvilágítás egy jó mérőszám. Ez rendben is lenne, ha mindenki tisztában lenne azzal, hogy mire is képes égi kísérőnk. A napokban is találkoztam olyan környezeti hatástanulmánynak nevezett dokumentummal, amiben a telihold okozta megvilágítást 1 luxnak titulálták. A valóságban – különösen a mi földrajzi szélességünkön ez az érték nem megy negyed lux fölé. Ennek ellenére az internet tele van a hibás értékkel – nem mindegy, hogy mire hivatkozunk… Az biztos, hogy a telihold fénye elegendő volt arra, hogy több élőlény esetében is kialakuljanak a holdhónapnak megfelelő biológiai ritmusok. Az éjszakai életmódot folytató vadászó vagy éppen a predátor elől menekülő élőlényeknek nem mindegy, hogy telihold fénye éppen segíti-e a túlélést vagy nem. Valószínűleg az ember esetében is ez volt az elsődleges hatás, ami kialakította a havi ciklust, amit még mindig szinkronizálhat a Hold fázisváltozása. Teliholdkor sokan igazoltan rosszabbul alszanak.

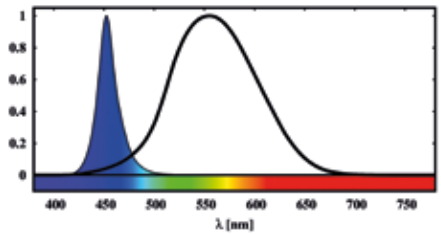
1. táblázat

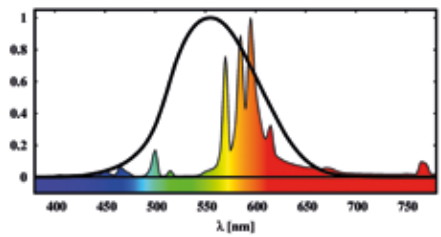
Megvilágító	<530 nm besugárzás mW/m²	<530 nm arány %	Kék LED **-el ekvivalens** megvilágítás [lux]
Kék LED	24	99,4	1,0
Fehér LED, CCT=4500K	1,0	33	23,0
Borostyán LED	0,008	0,3	3100
Nátriumlámpa	0,22	9,0	105

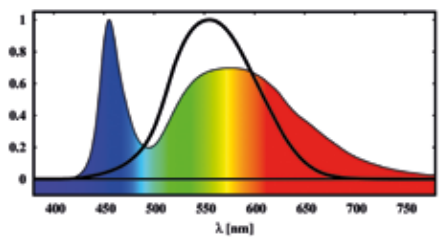
A városokban a mesterséges fények szintje már elérte azt az értéket, aminél a holdfázisok okozta változások eltűnnek. Ha folyamatosan mérjük az égbolt fényességét, akkor a természetes körülmények között a holdciklus könnyedén látszik, Ugyan ezt a mérést a városokban elvégezve már eltűnik a havi változás, az időjárás okozta zaj a meghatározó a mesterséges fények dominanciája miatt. Az élőlények havi bioritmusa már nem tud mihez szinkronizálódni…

Hogy mi a sok, azt legjobban valamilyen jól









definiált mérőszámmal lehet megadni. Sajnos lehet valami jól definiált, de mégis alkalmatlan egy adott feladatra, vagy adott körülmények között. Ha fényről van szó, akkor természetes módon a fotometriai mennyiségek jöhetnek számításba. Például, egy lakószobába kívülről bejutó mesterséges fény mennyiségét jellemezhetjük az ablaksíkban mért vertikális megvilágítással. Ez jól is működik mindaddig, amíg olyan fényforrásoknál maradunk, amilyeneket akkor használtak, amikor az ilyen jellegű szabványokat kigondolták. Végezzünk egy egyszerű gondolatkísérletet! Tételezzük fel, hogy készül egy olyan törvény, ami az ablaksíkban maximálja a vertikális megvilágítás értékét – az egyszerűség kedvéért ez legyen 1 lx (vannak ilyen minták).

Hasonlítsuk össze négy eltérő spektrumú megvilágító esetében hogy az 1 luxos határnak milyen következményei lehetnek. A mintaként választott spektrumok az ábrán láthatók, egy tipikus nátriumlámpa, egy foszfor bevonatú borostyán sárga LED, egy kék színű LED és egy 4500K CCT-vel jellemzett fehér LED. Ha a kék tartam egészségügyi hatására vagyunk kíváncsiak, akkor igazából a spektrumot a fényérzékeny ganglionsejtek érzékenységi függvényével kellene szorozni és kiintegrálni. Erre a függvényre viszont még ma sem találunk egyértelmű meghatározást – ezért az összehasonlításban az 530nm alatti teljes besugárzást vettem figyelembe tájékoztató értékként.

Az 1. táblázatban a négy fényforrás esetén hasonlítottam össze a melatonin hatásfüggvény szempontjából fontos hullámhossztartományt a teljes látható tartománnyal. A második és harmadik oszlopban megadom, hogy szabályosan mért (V(λ)-nak megfelelő) 1 lux megvilágítás esetében mekkora az 530 nm alatti besugárzás (mW/m^2-ben mért) és az milyen arányban van a teljes látható tartományban mérhető besugárzáshoz képest. Ha a környezeti és egészségügyi szempontból legoptimálisabb borostyánsárga LED-el érjük el az 1 lux megvilágítást, akkor az 530nm alatti besugárzás mindössze 0,008 mW/m^2 csak 0,3 %-a a teljes besugárzásnak.

De mi a helyzet, amikor a megvilágító egy 450nm csúcs hullámhosszúságú kék LED? Az arány, mint a spektrumból is látszik közel 100%, és 24mW teljesítmény jut minden négyzetméterre az 530nm alatti tartományban.

De az igazán brutális az, ha megnézzük az arányokat (a táblázat utolsó oszlopa). Szabványosan, a V(λ)-nak megfelelően luxokban ellenőrizve az előírást, óriási elté-

rések vannak. A legfontosabb, a melatonin elnyomásért felelős hullámhossz tartományban kapott besugárzás a kék LED esetében ekvivalens azzal, mintha a nátriumlámpával több mint100 lx lenne a mért megvilágítás értéke , a borostyán LED-el pedig még erősebb, kb. 3100 lx megvilágítást kellene elérni hogy ugyan azt kapjuk mint a kék LED esetén llx megvilágítás mellett! Hasonlóan megkapjuk azt is, hogy a közvilágításban még mindig előforduló 4500 K színhőmérsékletű fehér LED esetén mért 1 lx megvilágításával azonos kék besugárzást akkor kapunk, ha a borostyánsárga LED-el 130 lx a megvilágítás. Látjuk tehát, hogy akár tudhatjuk is, hogy mi az ami már sok, de egyáltalán nem mindegy, hogy mit írunk elő, mit mérünk… Egy rossz mérőszámban lehetnek egyformák, de a tényleges hatás szempontjából több nagyságrendi eltérés is lehet.

Persze a kék LED-del történő világítás nem csak egy rossz álom – már megvalósult, a Duna-Aréna általában egész éjszaka ebben a színben világít. És itt álljunk meg egy másik szempontból is. Egyértelműen elmondhatjuk, hogy a felső térsíkba kibocsátott fényáram arány (angol rövidítésének megfelelően ULOR – a teljes kibocsájtott fényáram arányában a horizont síkja felé távozó fényáram) akkor nem sok, ha 0, azaz zéró. Ami az égbolt irányába megy, az elveszett energia, nem hasznosul, az égbolt kifényesedésével jár, vagy esetleg bevilágít valakinek az ablakán. Sokan megnyugodnak akkor, ha a lámpatest esetében nulla az ULOR értéke. Pedig ez logikusan nem csak magára a berendezésre vonatkozik, hanem arra, ahogy az beépítve szerepel… Ha fejjel lefelé szerelik fel, az ULOR rögtön egységnyi – igaz ez nem életszerű példa, de sokszor látunk egyébként kiváló lámpatesteket erősen megdöntve felszerelve. A Duna-Aréna esetében az ULOR kérdése egészen más jellegű: hiába nem jut fény közvetlenül a lámpatestből az égbolt irányába, a tényleges ULOR mégiscsak 50% nagyságrendű. A magyarázat egyszerű: a megvilágí-

tott fehér felületről nagyjából hasonló arányban verődik vissza a fény az égbolt irányába, mint a talaj felé. A fehér falfelület a világítási berendezés része, reflektorként működik… Elmondható lenne ezért is, hogy a világítás nem felel meg az OTÉK előírásának.

Végezetül legyen még egy meglepő példa, ahol az ami sok egyben relatívan kevés is… Tapasztaltam ugyanis, hogy a Kőszegi-hegységben található Szent-Vid kápolna falán könnyen érzékelhető szabad szemmel is a 17km-re lévő Szombathely okozta megvilágítás, abból is a vasúti pályaudvar fényei jelentik a domináns részt. A GySEV együttműködő volt, és egy éjszaka éjfékor 5 percre lekapcsolták a vasúti terminál fényeit segítendő a méréseket. A kísérlet sikeres volt, kimérhető volt, hogy a templom falánál a vertikális megvilágítás 0,66 mluxról 0,4 mluxra csökkent. Kicsinyke megvilágításértékekről van szó, de még a fehér fal által okozott fénysűrűsége is érzékelhető az emberi szem számára. Az éjszakai életmódot folytató állatok látása még érzékenyebb lehet – tehát akár ilyen kis megvilágítások is hatással lehetnek az élővilágra. Tanulságos megnézni, hogy mekkora a látható tartományban a vasúttól származó elektromágneses sugárzás 1 m^2-re eső teljes teljesítménye, ami mindössze 0,66 $\mu W/m^2$. Ilyen kicsiny szám nem mond sokat, de ha megnézzük azt, hogy egy 17 km sugarú (a vasútállomás távolsága) és 350 m magasságú (a forrás és a kápolna szintkülönbsége) henger palástjára összegezve mekkora ez a teljesítmény, akkor könnyen érthető , de mégis elgondolkodtató értéket kapunk: mindössze 25 W. Ha figyelembe vesszük a hatásfokot, akkor is kicsiny értéket kapunk, különösen egy mozdony teljesítményéhez képest. Nem hivatkozhatunk érdemi energiamegtakarításra – de mégis valami érzékelhető mértékű fényszennyezésről beszélhetünk, ami megfelelő ernyőzéssel, a fényvetők megfelelő tervezésével és beállításával megszüntethető lenne.

Láttuk, hogy a kicsi lehet nagy, a nagy lehet kicsi – attól függően, milyen szemüveggel nézzük, milyen mérőszámot használunk. Néha a sok, az már tényleg sok. De egy biztos, sok odafigyelésre és nagy hozzáértésre lenne ahhoz szükség, hogy a romló tendenciákat megfordítsuk, ne kockáztassuk tovább a környezet épségét, a saját egészségünket a sokszor csak nüansznyinak tűnő világítási problémákkal.

MEE Világítástechnikai Társaság

facebook.com/meevtt

Túróczi és Társa KFT

www.ttemi.hu

A villamosság minőségi szakértője

Mi okoz Önnek problémát?

- harmonikus zavarok ?
- meddőkompenzáció ?
- flicker jelenségek ?
- terhelési aszimmetriák ?
- feszültségletörések ?
- zöld energia hasznosítása?
- energia tárolása ?

Mind ezt akár egyidejűleg, valós időben megoldjuk!

Még nem ismeri a probléma okát?

Hívja Társaságunkat !

Kivizsgáljuk, felmérjük, megoldjuk!

Fényszennyezési panaszok vizsgálatáról

– Némethné Vidovszky Ágnes dr., Barkóczi Gergely –

1. Bevezetés

Célunk nem egy konkrét ügy bemutatása, hanem a probléma felvetése, figyelemfelkeltés. Hazánk egyik közel 10000 lakosú városának önkormányzata a település egyik sportpályájával kapcsolatos lakossági panaszok miatt fordult a Világítástechnikai Társasághoz, hogy adjon szakvéleményt a sportpálya okoz-e fényszennyezést,s ha igen, akkor hogyan lehet kivédeni azt.

A sport komplexum (labdarugó nagypálya, kispályás labdarugó pálya, futókör, kosárpalánk) lakóövezetben található, azaz mind a négy oldalán lakóházak vannak. A sporttelep egyik hosszanti és egyik rövidebb oldalán a telkek közvetlenül határosak a teleppel, a másik két oldalnál a telkeket és a pályát utca választja el. A megbízás tárgya a sporttelep kis és nagy labdarúgópályájának világítási berendezései vizsgálatára vonatkozott. A feladat a tényleges világítási állapot rögzítése, egy már részben elkészült terv ellenőrzése, fényszennyezés vizsgálata, javaslattétel. Rendelkezésünkre bocsátott anyagok a következők voltak:

- a nagy műfüves labdarugó pálya sportvilágításáról készített egy évvel korábbi vizsgálati anyag,
- a kis ugyancsak műfüves labdarugó pálya sportvilágításáról készített szintén egy évvel korábbi vizsgálati anyag,
- a részben már negvalósult átépítési terv mind a kis, mind a nagy pályára vonatkozóan,
- korábbi igazságügyi ingatlanforgalmi és műszaki szakértői vélemény.
- Némi levelezés után megkaptuk azon ingatlanok címét is, amelyek tulajdonosai kifogást emeltek a sportpálya üzemeltetése pontosabban annak világítási, zaj és egyéb kedvezőtlen hatásai miatt.

A megbízás alapján megvilágítás mérést kellett végezni a nagy és a kispályán, valamint mivel a lakosság panaszkodott, hogy a sportpálya fényei bevilágítanak a házaikba fénysűrűség mérést is kellett végezni.

2. Megvilágítás mérés

Első körben a pályák megvilágítás mérését végeztük el, ez viszonylag egyszerű feladat volt, leszámítva azt az apróságot, hogy a mérési napokon hosszabb ideig üzemelt a berendezés, mint normál esetben. (Ezt éppen a panaszos lakók vetették szemünkre.) A másik probléma az volt, hogy megbízó nem tájékoztatott arról, hogy mi az elvárása, milyen előírás szerint értékeljünk. A labdarugó pályák világítására nemzetközi fénytechnikai szabvány (MSZ EN 12193) vonatkozik, de van a Magyar Labdarugó Szövetségnek is előírása. A két előírás nagy mértékben eltér egymástól.

Az MLSZ előírása szerint akár 1200 lx

1. táblázat. Előírt fénytechnikai paraméterek az MSZ EN 12193 szerint

Világítási osztály	Megvilágítás érték; lx	Egyenletesség	Megjegyzés
I.	500	0,7	
II.	200	0,6	
III.	75	0,5	

2. táblázat. Világítási osztályok a sport szabvány szerint

Versenyek típusa	Világítási osztály			Megjegyzés
	I.	II.	III.	
Nemzetközi és nemzeti	x			
Regionális	x	x		
Helyi	x	x	x	
Edzés		x	x	
Rekreációs/iskolai sport (fizikai képzés)			x	

megvilágítás is szükséges lehet I. osztályú pálya esetén, de a minimum érték is 660 lx, amennyiben van világítás és villanyfényes meccseket játszanak. Az edzésekre nem tér ki. Ezzel szemben a vonatkozó sportszabvány – ami természetesen nem kötelező – a megvilágítás mértékét világítási osztályhoz köti, ami nem egyezik meg az MLSZ osztályozásával. Az előírt értékeket a 1. táblázat tartalmazza.

A világítási osztályok értelmezését a 2. táblázat mutatja be.

A nagy pályán mért adatokból megállapítható volt, hogy sem az átlag horizontális megvilágítás, sem az egyenletesség nem felel meg még a szabvány legenyhébb előírásának sem. Az MLSZ előírás felejthető. (Mért értékek: Eh=56,4 lx; az egyenletesség:0,23). (Ezt egyébként az átadott korábbi vizsgálati anyag is megállapította.)

A kis pálya esetében a kérdés egy részt az volt, hogy hova sorolható be, hiszen a világítási szabvány a pálya méreteket is rögzíti és a kis pálya mérete nem felelt meg a szabványos labdarúgópálya méreteinek. A méretek alapján a Floorball adatokat vettük alapul. Ez az MLSZ [3] szerinti Futsal pályára vonatkozó előírásoknak (geometriailag) is megfelelt. A futsal vonatkozásában azonban világításról nem esik szó az MLSZ kiadványban. Így itt is a sportszabványt tekintettük elvárásnak.

A kis műfüves pálya világítása megfelel a szabvány szerinti III. világítási osztály előírásainak. Eh= 92,2 lx, az egyenletesség kerekítve 0,5.

A mérési adatokból a pályák megvilágítás eloszlását az 1. ábra és a 2. ábra mutatja.

1. ábra. A nagy pálya mért megvilágítás eloszlása

2. ábra. Kispálya mért megvilágítás eloszlása

Megvilágítás méréssel tehát nem volt gondunk a világítási osztály megválasztására az önkormányzat jogosult, mi azt mondtuk meg, minek felel meg a mért érték. Azt, hogy kívánnak-e itt versenyeket tartani és ahhoz a világítási berendezést passzítani nem a szakvélemény készítőjének kell dönteni.

3. Fényszennyezés vizsgálata

A fényszennyezés megállapítása volt a nehezebb kérdés, miközben egyes ingatlanok esetében szemrevételezéssel is megállapítható volt, de mérni kellett. Szabvány kutatásunk eredménye:

a. Sport világítási szabvány MSZ EN 12193:2008

A szabvány 5.10 pontja foglalkozik a zavaró világítással. A szabvány 1. táblázata megadja a kültéri világítás okozta maximális zavaró fény megengedett értékét. A megengedett zavarás a terület besorolásától függ: nemzeti parkokra a legszigorúbb az előírás, a legenyhébb pedig a nagyon világos területekre, mint pl. városközpontok és kereskedelmi területek. Megbízó nem nyilatkozott, hogy van-e a településnek olyan rendezési terve, amely tartalmazza a sportpályával érintett terület besorolását. A szabvány a már említett 1. táblázatban az ingatlanra jutó világítást vertikális megvilágításként adja meg nyugalmi illetve a nem nyugalmi időszakra. A településnek ilyen rendelete sem volt, hogy mikor kezdődik és meddig tart a nyugalmi időszak. Ezt a problémát szerencsére a szabvány megoldja, mert figyelmeztet, hogy ha nincs meghatározva a nyugalmi időszak, akkor a kisebb (szigorúbb) értéket kell mértékadónak tekinteni. Az 1. táblázat továbbiakban előírást tesz a lámpatest fényerősség értékére, ugyancsak nyugalmi és nem nyugalmi időszakra. Az utolsó oszlopa a táblázatnak a világítás fel-

Előírt fénysűrűség érték				
MSZ EN 12193: 2008	Fpr EN 12193:2018(E)4.hó	MSZ EN 12464-2:2014		
Fény és világítás. Sportlétesítmények világítása	Light and lighting - Sports lighting	Fény és világítás. Munkahelyi világítás. 2. rész:Szabadtéri munkahelyek	vonatkozó terület	Megjegyzés
	Building Luminance L_b; $cd*m^{-2}$	Luminance L_b $cd*m^{-2}$, Building facade		L_b is the maximum average luminance of the facade of buildings in $cd*m^{-2}$
--	0	0	E1	Represents intrinsically dark areas, such as national parks or protected sites
--	5	5	E2	Represents low district brightness areas, such as industrial or residential suburbs, (residental rural areas)
--	10	10	E3	represents medium district brightness areas, such as industrial or residential suburbs
--	25	25	E4	represents high district brightness areasm such as town centres and commercial areas

sötérfélbe jutó hányadának megengedhető értékét adja meg (ULR).

Problémát jelentett tehát, hogyan kell értelmezni és hol kell értelmezni a vertikális megvilágítást családi házas ingatlanok esetében. Épületen, ingatlan határát jelentő kerítésen? Hol kell mérni az ingatlanra jutó vertikális megvilágítást? Milyen magasan? Ülő vagy álló embert kell figyelembe venni? Ablak síkjában?

Felmerült az a kérdés is, hogy az ULR megfelelőségét hogyan kell megállapítani régi berendezés esetén? Ha már a vertikális világítás nagyobb a megengedhetőnél kell-e további lámpatest adatokat vizsgálni?

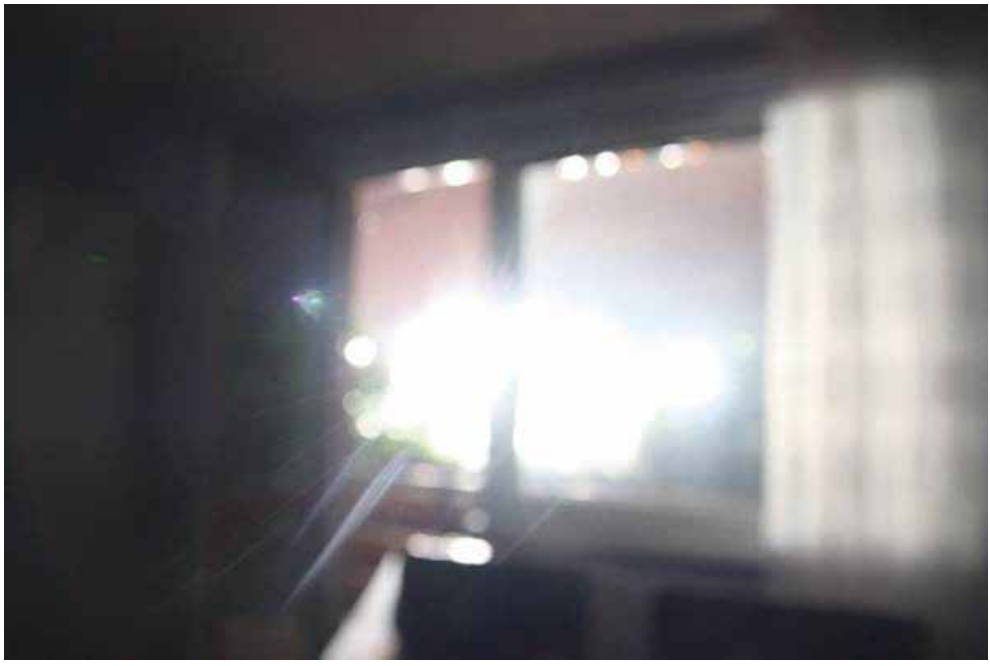
b. Szabadtéri munkahelyekre vonatkozó szabvány

Megbízó fénysűrűség mérést is kért. Erre vonatkozó előírás a sportszabványban nincs, viszont a szabadtéri munkahelyekre vonatkozó szabvány is foglalkozik a fényszennyezés vizsgálatával. Ez a szabvány már meghatározza, hogy az épület homlokzatán mekkora fénysűrűség engedhető meg. A kérdés azonban továbbra is fennáll: hol kell mérni a homlokzaton? Az ablaknál? Több szintes épületen minden szinten? Mivel a szabvány a maximum értéket adja meg, ami a homlokzaton megjelenhet, ezért úgy gondoltuk, hogy ha a homlokzat bármely pontján a megengedettnél nagyobb érték mérhető, akkor a fényszennyezés bizonyított.

További megjegyzésünk. az épület színezése sem mindegy a fénysűrűség mérésnél. Különböző színű épületek esetén lehet, hogy a sötétebb épületszín esetén az érték megfelel, de a szobába esetleg ugyanannyi fény jut be, mint egy másik épületnél, ahol a világos homlokzat fénysűrűsége éppen nem megfelelő.

c. Szabványok összefoglalása

Tekintettel arra, hogy tudomásunk volt a sportszabvány kötelező nemzetközi fe-



3. ábra Az egyik ingatlan éthezőasztalától a sportpálya világítás látványa

lülvizsgálatáról, megnéztük a szabvány módosítás tervezet előírásait. A tervezetben a fényszennyezéssel foglalkozó táblázat kiegészül egy új oszloppal, amely a homlokzat megengedett fénysűrűség értékeit adja meg. Meglepő azonban, hogy fénysűrűségre csak egy adatot ad, azaz nem tesz különbséget a nyugalmi és nem nyugalmi időszak között. Az előírt érték megegyezik a szabadtéri világítási szabvány értékeivel.

4. Összefoglalás

Pozitív változásnak tekintjük, hogy az embereket foglalkoztatja a fényszennyezés vizsgálata és erre áldozni is hajlandók. A lakosok ugyanis perelik az önkormányzatot, mert féltik gyermekeiket a zavaró fényektől, azok nem kívánatos hatásaitól,valamint úgy érzik, hogy ingatlanuk értéke csökken a fényszennyezés miatt.

A vizsgálat egyik érdekes megállapítása volt számunkra, hogy habár az ingatlanra belépve a sportpálya világítása zavaró volt, káprázást okozott, a mért érték mégsem érte el a szabványban megengedett értéket. A pályavilágítás káprázтató hatására nincs előírás, holott nemcsak a sportolót kellene ettől védeni.

Másutt a mért érték jóval meghaladta a megengedhetőt, még sem volt olyan zavaró, az egyik lakó –aki nem tagja a pertársaságnak - kifejezetten örült, hogy este is tud füvet nyírni.

A fényszennyezés kapcsán a káprázásra is kellene vmi előírást adni.

A homlokzat fénysűrűségének korlátozása nem biztos, hogy elegendő a lakók nyugalmának biztosításához. Például az egyik házban a homlokzaton a maximális fénysűrűség „csak”0,42 cd/m^2 volt, de a házban az asztalnál ülve a sportpálya világítása káprázást okozott. (3. ábra)

A vizsgált ingatlanok mindegyikénél az ingatlanok területén mértünk a megengedettnél nagyobb vertikális megvilágítás értéket. Ugyanakkor a fénysűrűség érték csak 2 ingatlannál volt nagyobb a megengedhetőnél.

5. Javaslataink:

1. A pályavilágítás káprázтató hatására nincs előírás, holott nemcsak a sportolót kellene ettől védeni.

2. Pontosítani kellene a mérés módját, helyét.

3. A szabvány tervezett kiadásánál vizsgálni kellene a vertikális megvilágítás és a homlokzati fénysűrűség értékek összehangolását.

Fontos az okos választás: a világítástechnika szerepe a lakberendezésben

– Hompok Melinda –

Lakberendezőként tudom, hogy a világítástechnika milyen fontos része egy-egy otthon, étterem, iroda, szálloda, bemutatóterem vagy egyéb célra kialakított térnek. Egyrészt, azért van rá szükség, hogy az adott enteriőr alkalmassá váljon a feladata ellátására, vagyis lássunk benne, másrészt, mert az összkép szempontjából kulcsfontosságúak a világítótestek és a fényforrások által kibocsájtott különböző erősségű, színű és alakzatú fények is.

Gondoljunk csak bele, hogyan élnénk az életünket, ha nem lennének mesterséges fények a lakásunkban. Csak a nap és az égbolt létezne, mint fényforrás. Nyáron szerencsésnek mondhatnánk magunkat, mert a leghosszabb napokon akár este 8-9 óráig is világos van, eddig mondjuk nagyjából el is végeznénk minden feladatot. De az év legtöbb napján nem ez a helyzet. Mit csinálnánk decemberben, amikor 4 órakor már az orrunkig sem látunk? Mihez kezdenénk a munkából hazaérve lámpa nélkül? Hogyan navigálnánk be magunkat a garázsba, tennénk el a bevásárolt ételeket a kamrába, öltöznénk át, mosnánk kezet, főznénk vacsorát, mosogatnánk, olvasnánk az ágyban? Hogyan csinálnánk bármit? Sehogy! Vagy legfeljebb mécsesekkel és gyertyákkal világíthatnánk magunk körül, de ugye ez sok mindenre nem lenne elég. Fontos tehát felismernünk, hogy a világítás milyen kiemelt helyet tölt be az életünkben, mennyire elesettek lennénk nélküle. És most a többi elektromos berendezésről még csak szót sem ejtettem: kazán, ami fűtést és meleg vizet szolgáltat, hűtőszekrény, mosógép, főzőlap és még sorolhatnám. Bárki szembesülhet ezzel, ha áramszünet van egy napig.

Tehát beláthatjuk, hogy a mindennapi életünkhöz elengedhetetlenül szükségesek a mesterséges fényforrások és az ezek fényét irányító, megszűrő világítótestek. Nem mindegy az sem, hogy ezekből milyen típusút választunk. Először azt kell tisztáznunk milyen célt szolgál

a tárgyalt helyiség. Milyen látványt szeretnénk elérni? Szükséges-e, hogy maga a világítótest hangsúlyos legyen az enteriőrben vagy nem is kell látszódnia, elég ha csak a fénye játszik a mennyezeten vagy a falakon? Mit csinálunk ott, mekkora fényáramra van ehhez szükség?

Példának vegyünk egy amerikai konyhás nappalit. Ilyenkor egy helyiségben több funkció összpontosul. Ezek helyét jellemzően különböző belsőépítészeti elemekkel: álmennyezettel, térelválasztókkal, bútorokkal, szőnyegekkel és persze világítástechnikai eszközökkel jelöljük ki. Alapvetően három részt különítünk el: a konyhát, az étkezőt és a nappalit.

A konyhában történik az ételek előkészítése: a tisztítás, válogatás, hámozás, darabolás, maga a főzés, a sütés, végül a tálalás. Ezek mind olyan munkafolyamatok, amelyek nagy körültekintést igényelnek, ezért kiemelt figyelmet kell fordítani a megfelelő világítás megtervezésére. Minden napszakban olyan megvilágításnak kell rendelkezésre állnia, hogy a munka biztonságosan elvégezhető legyen. Ehhez összesen legalább 500 lx-ra van szükség, ami összeadódhat általános világításból, ez lehet egy csillár vagy mennyezeti lámpa és helyi világításból, amire például a munkapultra irányított fényű spotlámpa vagy a napjainkban divatos LED szalag is alkalmas. Ezeken kívül jellemzőek még a hangulatvilágítások, melyeket a konyhabútorok lábazatába vagy felső párkányába építve figyelhetünk meg.

Az étkező a reggelik, ebédek és vacsorák színtere, ahol az asztalnak kell a legjobban megvilágítottnak lennie a késekkel és villákkal történő balesetek elkerülése végett. Itt legalább 300 lx, megvilágítás is indokolt lehet. Ebben a helyiségben az asztal fölé függesztett, dekoratív világítótesteket részesítjük előnyben.

A nappali általában a TV nézés, a társasági élet, a beszélgetések színtere. Ehhez elegendő lehet 150 lx is. Amennyiben azon-

ban olvasásra, esetleg munkára is használják, mindenképpen 300 lx - 500 lx közötti értékben kell gondolkodni. Jellemző, hogy elhelyezünk itt egy az étkezővel és a konyhával is harmonizáló függesztéket, mint általános világítás. Ha a ház másik részein nem is jellemző, ezen a három ponton többnyire díszítő céllal alkalmazunk világítótesteket. Ha igény van olvasásra szánt fotelre, mellette elengedhetetlen az irányítható fényű olvasólámpa. Ez lehet falikar, álló- vagy asztali lámpa. Dolgozósarok esetén asztali lámpa használata javasolt.

A három térrész összekapcsolására jól alkalmazható az álmennyezetbe épített, rej-

tett hangulatvilágítás, így a funkcionális felosztás ellenére látványban mégis egységes enteriőrt hozhatunk létre.

Tehát a világítás megtervezése előtt azt kell először végiggondolnunk, hogy milyen célra kívánjuk használni a kialakítandó helyiséget, mert egészen máshogy kell gondolkodni egy nappali, egy iroda vagy egy szállodai szoba esetén. Ennek megfelelően kell világítótesteket és fényforrásokat is választatnunk.

A fényforrások dobozán lumenben tüntetik fel a fényáramot, ezt elosztva a felület nagyságával kiszámolható a kívánt megvilágítás közelítő értéke. Ezen kívül érdemes még megnézni a fényforrás színhőmérsékletét is, ami nagyban befolyásolhatja az ember hangulatát, hőérzetét, de még az egészségi állapotát is!

Fehér színűből létezik meleg, semleges és hideg fehér változat is. A 3300 K alatti fényforrások a meleg fehérek. Ezek használata kellemes, meleg érzetet nyújt. A semleges fehérek 3300K és 5500 K közötti tartományban helyezkednek el. Ezek főként irodákban használatosak általában 4000 Kelvinig. 5500 K felett hideg fehérekről beszélünk. Ezeket nem szívesen alkalmazzuk lakásban, mert amellett, hogy hűvös érzetet keltenek, csökkentik a melatonin termelést és ezáltal teret engedhetnek esetlegesen a sejtburjánzásnak. Ennek ellenére sajnos irodaházakban alkalmazzák őket, mert képesek megnövelni a munkaképességet.

A színvisszaadás sem utolsó szempont

a fényforrás kiválasztásánál. Ha étkezőbe, étterembe vagy üzletbe, bemutatóterembe keresgélünk, a jó minőségű fényforrás alapkövetelmény –máshol is, de itt különösen–, mert annak jó lesz a színvisszaadása is. Akkor van az embernek a legjobb színérzete, ha az összes szín jelen van a fényforrásban. Olyan helyen például, ahol ételek a központi szereplők nem szabad kék és zöld színű fényeket vagy burákat használni, mert ezektől a tányér tartalma visszataszítónak, extrém esetben romlottnak is hathat! Ez pedig nem tesz jót sem a háziasszony főztjéről alkotott véleménynek, sem az adott vendéglátóhely megítélésének. Bemutatótermekben szintén kiemelt jelentőségű, hogy milyen színű termékeket milyen színű fénnyel világítunk meg. Jól átgondolt választással az általunk meghatározott hangulatot, érzetet közvetíthetjük a vásárlóknak, de segít a termék megfelelő kategóriába pozícionálásában is.

Lehet azonban bármennyire jól kiválasztott a megvilágítás mértéke, lehetnek gyönyörűek a világítótestek, futhat több tíz méternyi LED szalag az álmennyezetben, ha nincs káprázatmentesség, minden fáradozásunk hiábavaló. Amikor körbenézünk egy enteriőrben és színes foltokat látunk, hunyorognunk kell –más szóval káprázik a szemünk–, ahelyett, hogy élveznénk az elénk táruló látványt, azt jelenti, hogy nem gondoskodtak kellően a fényforrások árnyékolásáról. A káprázás kellemetlen hatás és csökkentheti a látási teljesítményt is. Szóval az árnyékolásra is nagyon kell figyelni tervezéskor!

Ha vizes helyiségekről beszélünk, jóval szűkebb paletta áll rendelkezésünkre lámpatestek vonatkozásában. A gyártók sajnos kevés és kevésbé dekoratív IP védett terméket kínálnak, mint „hagyományosat", ám fürdőszobába a biztonságunk érdekben mindenképpen ilyet kell választani! Ezek lényege, hogy különböző mértékben ellenállnak víznek, pornak és szilárd testek becsapódásának. Fürdőkbe minimum az IP X4-es besorolású termékek alkalmasak, melyek vízsugár behatolása elleni védelemmel vannak ellátva.

Magánlakásokban a festmények, műtárgyak megvilágítása szokott fejtörést okozni tervezéskor. A tulajdonosok érthető módon szeretnék ezeket az értékes darabokat kiemelt helyen elhelyezni. Sok esetben falfülkék, stukkókból készített keretek készülnek a méltó megjelenítéshez. Természetesen ilyenkor a megvilágítás sem maradhat el. Ügyelni kell azonban arra, hogy speciálisan erre a célra gyártott fényforrásokat szabad csak alkalmazni. Festmények esetén például UV szűrőset. Ellenkező esetben a nem megfelelő fényforrás a festmény kifakulását is okozhatja!

Ha valaki szeretné növényekkel körbevenni magát, ezeket is kiemelheti díszítő világítással, egyfajta dekorációként. Ilyen

esetben célszerű a fotoszintézist segítő, növényvilágító fényforrásokat választani.

Rengeteg termék van a piacon, ezért érdemes vásárlás előtt tájékozódni az egyre energiatakarékosabb megoldásokról és a speciális célokra szánt újdonságokról, hogy végül a számunkra legoptimálisabbat válasszuk. A világítástechnikai piac az elmúlt években nagy változásokon ment keresztül. Kivezetésre kerültek a hagyományos izzók. Az emberek megszokásból még mindig a wattok számát keresik a dobozokon, nem sejtve, hogy ezek a számok nem hordoznak érdemi információt a számunkra. Eközben nagyhatalommá vált a LED, amelynek előnye a hosszú élettartam, a mechanikai stabilitás, a nagy színválaszték, a kis méret, az alkalmazási területek széles skálája, a dekorációs érték, a szabályozhatóság, a nagy fénysűrűség és még sorolhatnám. Tehát egy nagyon jó technológia indult el világhódító útjára, de azt is fontos tudni, hogy a marketingje gyorsabban haladt, mint a tényleges fejlesztések, ezért rengeteg rossz minőségű termék is található az üzletek polcain. Tehát körültekintően kell vásárolni!

Aki LED-re kívánja cserélni a háztartásban fellelhető fényforrásokat, számítania kell arra, hogy a beruházási költség nagyobb lesz a hagyományos izzókhoz képest, azonban a fenntartási költség szinte nullára redukálódik! Vagyis jó hír, hogy meg fog térülni a kezdeti befektetés. Ráadásul már több üzlet kínálatában találhatunk az átállást segítő lakossági csomagokat is, melyek kedvezményes áron tartalmazzák akár az egész háztartás „átszereléséhez" szükséges fényforrásokat. Ezeket minden esetben a világítótestek figyelembevételével kell megvásárolni, mert ez utóbbiaknak is vannak különböző korlátai, követelményei.

A világítótestek kiválasztásakor nem szabad figyelmen kívül hagyni a helyiség stílusát, hogy mindenképp illeszkedjenek bele az oda kerülő darabok. Esetenként akár a szoba teljes berendezését egy különleges csillárhoz igazíthatjuk vagy egyedi függesztéket is tervezhetünk a megálmodott enteriőrbe. Egyre inkább látszik a lakberendezési trendekben, hogy a kocka minimalizmus csillaga leáldozott és jönnek vissza a színek, az ikonikus formák az életterekbe. Ezért remélhetőleg a következő években ismét egyre több belső teret díszítenek majd gyönyörű csillárok, látványos világítástechnikai megoldások.

A mind funkcióban, mind látványban megfelelő végeredmény eléréséhez rengeteg szempontot kell figyelembe venni, ezért érdemes nagyobb felújítás vagy építkezés esetén szakértő segítségét kérni. Ezzel elkerülhetőek a felesleges kiadások és garantálható a pozitív végkifejlet.

A fotókat készítette:
Lugosi Péter, Lugopicture

Elektromos világítás az ősi Egyiptomban

– Veres János –

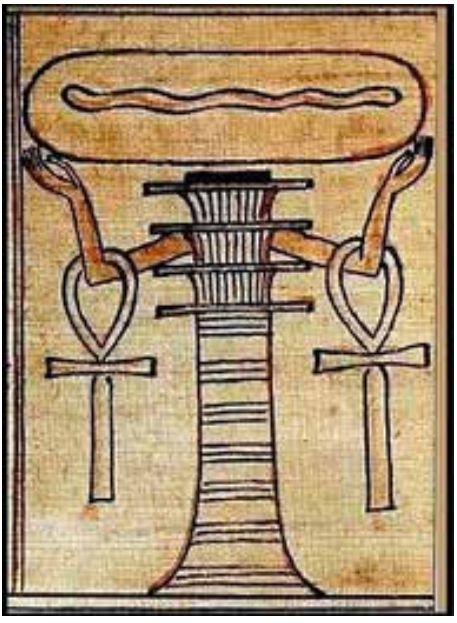
Számos olyan egyiptomi régészeti lelettel találkozhatunk, ami a ma emberének érthetetlennek tűnik, és meglepő feltételezésekre enged következtetni. Az ilyen vésetek, rajzok általában Hathor tehénfülű istennőhöz köthetőek, a tiszteletére emelt templomban láthatóak. Ö az, aki az „égből elhozta az embereknek a fényt", megismertette az emberekkel az elektromosságot. Az egyiptomi régészet művelői, érdeklődő tudósok a mai napig vitatják korunk embere számára egyértelműnek tűnő, elektromossággal kapcsolatos, Egyiptom területén található ábrázolásokat. (1. ábra)

1. ábra

Mi indokolná, hogy ne azt mondjuk, amit látunk. A képen egy nagyfeszültségű óriási búra látható, hozzávezető kábellel és egy nagyfeszültségű szigetelőn van megtámasztva, hogy könnyebb legyen tartani. Ha feltételezzük, hogy egy sírkamrában végzett festési, vésési munkálatokhoz volt szükség a képen látható világításra, azonnal érthetővé válik, hogy több emelet mélységben lévő, gazdagon díszített sírkamra falain miért nem található korom. A régészet számára ez a mai napig rejtély, holott sokan sokféle elmélettel igyekeztek magyarázni a több emelet mélyben lévő sírkamrák kifestésének véseteinek mikéntjét, azonban a gyakorlatban mind csődöt mondtak az elképzelések. Talán elektromos világítást használtak? Ha elfogadjuk az egyiptomi elektromosság létezésére utaló számtalan közvetett bizonyítékot, sajnos még akkor is eléggé bajban vagyunk, ugyanis nincsenek olyan leletek Egyiptomban, mint a „bagdadi elem", ami egyértelmű bizonyítéka az elektromosság használatának. Egyiptomban burák, ábrázolásával gyakran találkozhatunk, van ahol még a menetes csatlakozó is látható, mint egy mai világítási égőnél, azonban elemhez hasonló energiaforrást sehol nem találtak a régészek.(2. ábra) Észre kell vennünk, hogy ezekben a búrákban egy veszélyt jelző kígyót ábrázolt a korabeli művész, nem pedig izzószálat, ebből pedig az következik, hogy gáztöltésű égőket használtak, ami megfelel a mai energiatakarékos fénycsöves világításnak. A fénycsövek működtetéséhez viszont nagyfeszültség szükséges. A „bagdadi elem" alig több mint egy voltos feszültséget szolgáltat, nem valószínű a használata Egyiptomban, mert ezek az egyiptomi világító eszközök nagyfeszültséget igényeltek. Sok elemet kellett volna sorba kapcsolni a megfelelő nagyfeszültség előállításához, a nagyszámú előfordulás pedig gazdag leletanyagot biztosított volna korunk számára.

2. ábra

Marad tehát az a feltételezés, hogy az egyiptomi világításhoz szükséges nagyfeszültséget valamilyen a „bagdadi elem" -től eltérő módon állították elő az egyiptomiak. Persze a fény csak a Fáraó kiváltsága volt, a tudományt művelő papok is csak tanulmányaik végén a huszonegyedik évben kerültek Hathor istennő templomába, ahol megismerkedhettek az elektromossággal. Az egyiptomi elektromosság ismerete csak a szűk uralkodói réteg és a papok kiváltsága volt. Idővel ez volt a fő oka az elektromossággal kapcsolatos tudás elvesztésének. Visszatekintve az óegyiptomi kultúrába, az elektromosság ismeretére és annak forrására egyértelmű bizonyítékot találunk a megmaradt leletek elemzésével, már az időszámításunk előtti kétezres évekből. Sok óegyiptomi ábrázolás ugyanis együtt ábrázolja a djed oszlopot és a nagyfeszültségű égőt. (3. ábra)



3. ábra

A djed oszlop tetejére gyakran tettek különböző adaptereket, jelezvén, hogy a djed oszlop az alap, ami kiszolgálja az adaptert elektromos energiával. Ez az adapter gömb vagy lapos búra, amit egyszerűen ráhelyeztek az oszlop tetejére, feltehetően világítási célból. Az ábrázolásokon nem láthatóak vezetékek, csak akkor lehetett működőképes az elképzelés, ha közvetlenül a djed oszlop legfelső pontja szolgáltatta a nagyfeszültségű nagyfrekvenciás feszültséget. A nagyfrekvenciás jelre abból lehet következtetni, hogy a világító bura csupán kapacitív elven csatlakozik a djed oszlop különböző pontjaihoz, nincs vezetékes csatlakoztatása. A nagyfrekvenciás, nagyfeszültségű jel alkalmas egy gáztöltésű cső gerjesztésére, akár különböző színű fény is előállítható, mint a neon fényreklámoknál. Feltételezhető, hogy az egyenfeszültséget ismervén tudtak aranyozott halotti maszkokat készíteni, a váltakozófeszültséget pedig világításra használták a kor tudós papjai.

4. ábra

Joggal felvetődik a kérdés, vajon más elektromos elven működő eszköz is felelhető az egyiptomi kultúrában? Kijelenthetjük, hogy igen! (4. ábra)

Vannak olyan ősi ábrázolások, ahol együtt ábrázolták ezeket az eszközöket, jelezvén ezek egy csoportba tartozását és veszélyességét. Ezek, a VAS mint elektromos áramütésre alkalmas eszköz, a DJED

oszlop mint nagyfeszültségű, nagyfrekvenciás feszültség forrás, és az ANK kereszt. Az ANK kereszt egy illesztő eszköz lehetett, a djed oszlopra helyezett adapter illesztőjeként van legtöbbször ábrázolva. Sokszor a fáraó kezében látható, mint hatalmi jelkép. A vas egy mai elektromos sokkolóhoz hasonlítható. Korabeli leírások szerint a fáraónak mindig a föld felett a levegőben kellett tartania. Egy történet szerint egyszer véletlenül ráejtette egyik szolgája lábára, aki ettől élettelenül esett össze és a fáraó sajnálkozva maga élesztette fel pár perc elteltével. A vas mint sokkoló gyakran látható a djed oszlopra akasztva, valószínűleg így történt a nagyfeszültségű feltöltése. A föld felett tartása pedig azt a célt szolgálta, hogy sokáig megtartsa elektromosan feltöltött állapotát és szükség esetén bizonyíthassa a fáraó mindenek felettiségét, istenektől kapott hatalmát egy áramütés kimérésével.

A korabeli leírások szerint Hathor istennő megöregedvén visszatért az övéihez az égbe, a földiek pedig lassan elveszítették a világítással és az egyéb elektromossággal kapcsolatos tudásukat. A djed oszlopot az évezredek multával az évente megrendezett ünnepségeken már csak egy nádkötegel helyettesítették. Az egyiptomi társadalom hanyatlásnak indult, a háborúk során elvesztek a tárgyi eszközök. Többnyire csupán a kőbe vésett sok ezer éves emlékek mesélnek az egyiptomi csodákról, amelyek a ma emberét is az ősök tiszteletére tanítja. Az egyiptomi elektromosság ismeretének elvesztése után sok évszázadnak kellet eltelni, hogy a természet és az élet alap építőkövét, az elektromosságot az emberiség újra felfedezze.

Felvilágosítás az oktatásban

– Barkóczi Gergely –

Mi, a világítástechnika iránt elhivatott szakemberek a lehetséges fórumokon, a szakmai és emberi kapcsolatainkban igyekszünk tudatosítani a helyes világítási szemléletet, tisztázni a fogalmakat és - a szó szoros értelmében - rávilágítani a szakmánk rendszerére, a jó világítási rendszer sajátosságaira. De vajon hogyan kell, illetve hogyan lehet ezt a szemléletet már az alapoknál átadni a szakmát tanuló villanyszerelők, technikusok számára, milyen eszközökkel és módszerekkel ébreszthetők a világos gondolatok gyermekkorú és felnőtt tanulóknál? Erre keresem a választ közép-, felső-, és felnőttoktatási intézmények oktatói és tanulói oldalát megjárva és ezúttal, ezen évkönyv hasábjain is.

A világítástechnika interdiszciplináris tudomány és mint ilyen, több oldalról megközelíthető. Sőt, meg is kell közelítenünk több oldalról, hiszen egyrészt villamos rendszerként, másrészt az emberi környezet részeként, harmadrészt környezetvédelmi szempontok mentén nap, mint nap szerzi mindenki a benyomásokat és fogalmazza meg a véleményét a világításról. Szakember és laikus, gyermek, aktív korú és idős, férfi és nő, mind különböző, egyedi szempontrendszer alapján, sokszor határozott szándék nélkül értékeli a világítástechnikát saját környezetében. Ennek következtében mindnyájunkra hatással van, ha egy világítási rendszer jó, vagy esetleg rossz, és mindannyian érdekeltek vagyunk benne, hogy optimális legyen.

Ez a motiváció érdeklődést eredményezhet, ha jól közelítjük meg. Szinte minden ember számára találhatunk valamit a fénnyel vagy világítással kapcsolatban, ami érdekli. A kihívást tehát az jelenti, hogy megtaláljuk, mi is a kapocs egy adott ember érdeklődése és a világítástechnika között — hiszen ez akár személyenként eltérő lehet —, illetőleg, hogy fenntartva ezt a nyitottságot, számára is érdekes módon juttassunk el hozzá további információt, rendszert, gondolkodásmódot. Ezen a ponton érdemes a látható világ iránti potenciális motivációt társítani az egyénre, korosztályra, társadalmi rétegre vagy adott személyre vonatkozó más motivációs összetevőkkel.

Ahhoz tehát, hogy felkeltsük a figyelmet a világítás, a világítástechnika iránt, a befogadó fél iránti érzékenység és koncentrált odafigyelés szükséges, a folytatáshoz pedig a tanuló önmaga adja meg a legalkalmasabb módszereket és eszközöket.

És mégis kell az a kis plusz a figyelemfelkeltéshez is.

Középiskolai tanárként a legszomorúbb tapasztalataim egyike, hogy a diákok a mindennapi élet sokszínűsége iránt veszítik el az érdeklődésüket. Sokan a közösségi médiát okolják emiatt, mások a szórakoztató ipar manipulatív hatását, én — amellett, hogy elismerem ezek "érdemeit" — leginkább a család jellemformáló közösségének a hiányát tapasztalom. Azok a beszélgetések, amelyek a mindennapok rendszeréről, a minket körülvevő folyamatok működéséről szólnak, alapvető részét kell, hogy képezzék egy fiatal társadalomba történő beilleszkedésének. Ezek hiányáról maguk a diákok számolnak be, amikor az életüket betöltő számos megélhetési problémáról és családon belüli személyes konfliktusokról beszélnek.

Ennek alapján érthető, hogy a magától értetődőnek elfogadott mikrokörnyezet működésének részletesebb, magyarázott bemutatása megnyeri a figyelmüket. Így egy közvilágítási lámpatest kézközelben történő bemutatása, a fényforrások laboratóriumi

körülmények közötti működtetése ráirányítja a figyelmüket a hétköznapok természetes körülményére, a sötétedés utáni világosságra. Komfortérzetük így megmarad, mert ismerős környezethez köthetik a tananyag témáját, viszont az új megközelítés kiszakítja a megszokás figyelmetlenségéből őket.

Sokszor tehát a magától értetődőnek tűnő ismeretek konkretizálása, a határozott, rendszerbe foglalt rámutatás elegendő egy műszaki és környezetkapcsolatú téma megismeréséhez.

Hogyan mélyítsük el a tudást?

A világítástechnika illetőleg a világítási rendszerek kiépítése és működtetése egyes szakképzések területén kötelező tananyag. Az erősáramú elektrotechnikus és villanyszerelő tanulók számára mind elméleti, mind gyakorlati szakmai tananyag a világítási rendszer részeinek megismerése, műszaki paramétereinek értelmezése és alkalmazástechnikájának elsajátítása. Ezen szakterületek a villamos rendszer felépítése irányából közelítik meg a világítási eszközöket és a világítástechnikát, ugyanakkor létesítői és felhasználói szempontok alapján ismertetik az eszközök és a komplex rendszer tulajdonságait és jellemzőit.

Szakmai tanárként az elméleti órákon és a gyakorlatokon más-más eszköztár áll rendelkezésre a helyes világítási szemlélet kialakításának, fejlesztésének szolgálatában. Az elméleti tananyag átadásakor a meglévő szakmai ismeretekre építve, induktív módon tanítható a világítástechnikai elmélet, illetőleg deduktív módon, korábban megismert villamos eszközökből kiindulva, deduktív módon a világítási eszközök sajátos környezete.

A szakképzés diákjaival való közös munka alapvető előnye, hogy ezek a tanulók a képzésre történő beiratkozáskor már érdeklődést mutatnak a szakma iránt és felismerik a tudásuk szerteágazóságának kézzel fogható értékét. Ennek következtében a legtöbb diák figyelmesen és elmélyülten igyekszik elsajátítani mind az alap, mind a speciális szakmai ismereteket.

Ezt az érdeklődést kihasználva azért érdemes színessé tenni az oktatást és nem csupán sok információval elárasztani a nyitott befogadókat. Az eszközbemutatók, meghívott vendégek és üzemlátogatások hatékonyan segítik az elmélet és a gyakorlat, a leírt és a kipróbálható ismeret integrálását a meglévő tudásba, ezáltal fenntartva és fokozva az érdeklődést. Az ipar résztvevőivel kiépíthető aktív kapcsolat további haszna, hogy a termelési gyakorlatok és nyári munkák elősegítésével a munkamorál és az egyes munkahelyek belső viselkedési-, kommunikációs normái is kialakulnak a tanulókban, így pályakezdőként már gondolkodásmódjukban is orientált fiatal szakemberekké válnak, és erre építve a szakma következő generációja is kialakulhat.

Mit tegyünk, ha nincs szakmai motiváció?

A fénytechnika és a világítástechnika azonban nem csak az eleve szakmai érdeklődésű szakgimnazista és szakközépiskolás diákok szemléletformálásában kaphat helyet. Nem műszaki szakképzés, vagy gimnáziumi tanítás részeként is érdekes és figyelemfelkeltő pedagógiai eszközök állnak rendelkezésünkre a terület kibontakoztatására.

A természettudományos képzés lehetőségei sajnálatos módon jelenleg elég szűkösek. Mindazonáltal a tehetséggondozás módot nyújt rá, hogy a kötelező óraszámon túl kiterjesszük ezeket a korlátokat. Ebben az esetben olyan tudást, ismeretet, élményt kell ajánlani és nyújtani a résztvevőknek, amely megéri a kötelező tanuláson túlmutató aktív részvételt.

A fény és a világítás tudományterületeken átívelő érintettsége itt komoly segítséget nyújt, hiszen ezáltal lehet az egyes

képzési formák sajátosságai és a világítási szakma közötti hidat kiépíteni. A pedagógiai feladat itt a természettudományok és a műszaki tudományok közötti kapcsolatból kiindulva a gyakorlati életben hasznosítható készségek és elméleti tudás fejlesztése.

Ebben a folyamatban is szerepet vállalhat az aktív műszaki szakma annak ellenére, hogy nem kifejezetten szakképző oktatásról beszélünk. A gimnáziumi oktatás számára az egyes szakmák gyakorlata, az ipari folyamatok és a munkahelyek megismerése élményszámba megy, hiszen ezáltal kilépnek a megszokott tanulói közegből.

Az élménypedagógia napjaink korszerű oktatási szemlélete azon alapszik, hogy a tanulói környezet pozitív érzésekkel, sikerélményekkel, izgalmas feladatok megoldásával fokozza a befogadó fogékonyságát. Ez egyrészt az említett, megszokott környezetből történő kilépéssel, másrészt az átélt folyamatok, események ösztönző hatásával érhető el. Fontos része ugyanakkor az élményközpontú oktatásnak az utólagos közös értékelés és értelmezés. Éppen azért, mert nem megszokott környezetben történik az oktatás, az új közeg szabályai, összefüggései nem feltétlenül egyértelműek az új tapasztalatokat gyűjtő személy számára. Ezt az értelmező-értékelő fázist közösen, ugyanakkor tapasztalt és hozzáértő szakember moderálásával kell elvégezni az érdemi fejlődés érdekében. Ha tehát a pedagógus, aki szakmai kirándulásra vállalkozik, az adott szakma mélységeiben nem járatos, akkor érdemes az utólagos értelmező megbeszélésre is meghívni szakember képviselőt.

Az élmények egyik alapvető formája a játékosság, amelyet a szakirodalom gamifikációnak is nevez. A játék célt rejt magában, tehát aktivizál. Versengésre sarkall, ezért nagy teljesítményre ösztönöz. Élvezetet nyújt, ezáltal segíti a koncentrációt és fenntartja az érdeklődést. Játékos formában tehát számos ismeretet lehet átadni anélkül, hogy a résztvevők tudatosan tanulási folyamat részeként gondolnának erre az ismeretszerzésre. A gamifikált oktatás sarokkövei, hogy alapos előkészítéssel ténylegesen élménnyé váljon, elsősorban a résztvevők komfortérzéséhez igazodjon, de értékes gazdagodást jelentsenek, amely a játék tanulsága alapján kerüljön is megfogalmazásra. A játék formáját tekintve számos lehetőségre van mód a klasszikus vetélkedőktől a szerelési ügyességi versenyekig, de érettebb gondolkodású diákokkal akár szerepjáték is játszható, amelyben saját konferenciát, vagy szakmai kiadványt készítenek a diákok a valós szakmai események mintájára.

Mi a helyzet a felnőttoktatással?

Azon túljutva, hogy a felnőttek oktatása alapjaiban tér el a középiskolai nappali képzésektől, pedagógusként mégis találhatók mindkettőre alkalmazható tapasztalatok.

A felnőttképzési környezet talán legalapvetőbben megmutatkozó különbsége a résztvevők motivációja. Amíg gyermekkorú diákok nemegyszer azért tanulnak "mert muszáj", és tanulmányaik legjobb esetben egy elképzelt jövőkép előkészítését szolgálják, addig a felnőttek legtöbbször egzisztenciával, szakmai múlttal és nem utolsó sorban családdal rendelkező személyek, akiknek a tanulás tovább-, vagy átképzés miatt fontos, a munkához, vagy egyes jogosultsághoz szükséges feltétel. A felnőttek általában tudatosan és okkal kezdenek tanulni, megélhetési, boldogulási célból. Motivációjuk tehát konkrét és határozott, ugyanakkor elvárásaik is irányítottak. Nem elégednek meg információ tömegekkel, amelyek egyszer majd rendszerbe állnak, hanem gyakorlatias és alkalmazható tudást akarnak, lehetőleg rövid időn belül.

A gyors eredmény nem kizárólag a felgyorsult életritmusuk, a környezeti elvárások sürgetésének eredménye, hanem abból is fakad, hogy — annak ellenére, hogy egy felnőtt korú személy közel kétszer annyi

ideig tudja a figyelmét összpontosítani egy témára, mint a diákkorúak — az aktívan dolgozó felnőttek elszoktak a tanulás mechanizmusától. Az iskolás évek végével az életritmus, a preferenciák alapvető változásokon mennek keresztül. A munka és a család egy felnőtt ember időbeosztásában magasabb preferenciát kap, mint az önálló tanulással töltött idő, holott a tanulási folyamat elmélyítési szakasza ez utóbbi alkalmával történik meg. Ennek következtében a felnőttoktatás foglalkozásait úgy érdemes megtervezni és kivitelezni, hogy az ismeretek átadása mellett már azok gyakorlására és kezdeti mértékű elmélyítésére is sor kerülhessen.

Ezen a ponton kapcsolódik be a szakkörök élménypedagógiai és játék központú módszertanának alkalmazása. Ezek az eszközök felnőttképzésben is alkalmazhatók, és hasonló sikereket érnek el. A felnőttek is szeretnek játszani, csak más alapokra kell helyezni a játék menetét és szerkezetét. Oktatói szempontból előny, hogy a résztvevők már rendelkeznek szakmai tapasztalatokkal, amelyeket megoszthatnak egymással, illetőleg saját szakmájuk szempontrendszerével tudnak gondolkodni.

Egy tudatosabb társadalom felé

Az oktatás fontos társadalmi szerepvállalás, tekintve, hogy az ismeretek és a gondolatrendszerek átadásával szemléletek és értékrendek kerülnek formálásra. A diákkorú tanulók esetében ez a következő generáció értékelvűségét alapozza, felnőttek esetében pedig a tájékozott és szakszerű véleményalkotást segíti elő.

A világítási szakmában gyakran találkozunk olyan reklámszövegekkel és sajnos még hírértékű információkkal is, amelyek alapjaiban téves műszaki szemléleten és téves fogalomzavaron alapulnak csupán abból kiindulva, hogy a világítás mindenkinek szembetűnő jelenség, és ezáltal sokan felkészültség nélkül is érdemesnek érzik magukat a véleményalkotásra, vagy informáló szándékkal, vélt, de mégis téves háttérismerettel terjesztenek tévinformációt és honosítanak meg szakszerűtlen kifejezéseket.

A felkészült világítástechnikai oktatásnál tehát sokszor nem az alapozással kell kezdeni, hanem a téves ismeretek eloszlatásával, a helyes megközelítés értelmezésével. Mindazonáltal az érdekes és tartalmas tudásátadás, a hiteles és alapos szemlélet átadásakor és elmélyülésekor a pontatlanságok a befogadóban magában is megfogalmazódnak, tehát a homályos félismeretek eloszlatására a tiszta és világos magyarázat a legalkalmasabb. Élményt pedig szerencsére számos módon tud nyújtani a szakmánk.

Emlékeim a TUNGSRAMból

– Hirmann László –

1960-ban érettségiztem, az egyetemi felvételim nem sikerült, ezért édesapám segítségével a TUNGSRAM-ba jelentkeztem elektroműszerész iparitanulónak. Mázlim volt és felvettek a Fényforrás fejlesztésre. Innentől kezdve 42 évig voltam alkalmazásban a cég különböző területein a "fotonok" bűvöletében.

Visszatérve a kezdetekre néhány év elteltével hírül vettem, hogy továbbtanulási lehetőség nyílik a TUNGSRAM és a Kandó Kálmán Műszaki Főiskola közös akaratából. A főiskolán egy új levelező évfolyam indul fényforrásgyártásról dr. Borsányi János vezetésével. Ismét szerencsém volt, mert sikerült bejutnom!

Öt kemény év tanulást követően 1978-ban diplomáztam. Szakdolgozatom témája: Dikroikus tükörrel ellátott lámpák alkalmazástechnikai szempontjai volt, amit a Híradástechnikai Tudományos Egyesület Elnöksége 1978-ban II. díjjal jutalmazott.

Ezt követően a Minőségbiztosítási főosztályon megalakult Vevőszolgálaton alkalmaztak.

Ez a feladat nagyon kedvemre volt, sokat utaztam, mind belföldön, mind Európa szerte helyszíni vizsgálatot végezve. Sokféle felhasználási módot ismertem meg, jót és rosszat is egyaránt.

Ebből az időből elmondanék két olyan helytelen alkalmazástechnikai esetet, ami nagyon tanulságos volt.

1. „Az Aggteleki Cseppkőbarlang világítása fémhalogénlámpákkal van megoldva, a járda-vílágítás pedig kompakt fénycsövekkel, amik nagyon gyakran kiégnek".
   A helyszíni vizsgálat során azt tapasztaltam, hogy a járdavilágítást gyakran ki és bekapcsolják! Kérdésemre elmondták, hogy jelzőberendezésként használják, értesítvén a bent lévőket, hogy újabb látogatói csoport indult el és ne kapcsolják ki a fémhalogén lámpákat. Javasoltam, hogy más módot válasszanak a jelzésre!!!
2. A Kormány Vendégház felújításakor a konferencia terem mennyezet világítását egyedi tervezésű eloxált alumínium lámpatestekkel oldották meg ezüst-tetőtüktös normállámpákkal ellátva.
   Sajnos a lámpatestben olyan erős hősugárzás keletkezett, hogy a lámpák fejleválását eredményezte. A hiba küszöbölésére javasoltam, hogy a tetőtükrös lámpákat cseréljék le belül homályos kivitelűre.

A végére két mulatságos történet:

Az infralámpás eset

Egy szer egy úr azzal keresett meg, hogy az akváriuma fölé infralámpát akar elhelyezni. Bennem a "kis- ördög" megindult és halkan megjegyeztem, hogy abból előbb utóbb halászlé lesz. Az úrnak volt humor érzéke, nem sértődött meg és javaslatomra vásárolt egy 11W-os kompakt fénycsövet.

A VW lámpák esete

Egy alkalommal telefonos értesítést kaptam, hogy a Red Bull által használt VW reklám autóban gyakran kiégnek a segédvilágítási lámpák.

Megállapodtam a felhasználóval, hogy vizsgálat céljából hozzák el a kocsit a gyárba. A megbeszélt időpontban meg is érkezett a reklámautó, két nagyon csinos hölggyel együtt. Sikerült engedélyt kapnom, hogy a gyárba behajtsanak, de mivel nem volt helyismeretük, kérték, hogy én vezessek, ami meg is történt. Ezek után terjedt el a pletyka a gyárban, hogy a Hirmann Laci kideríthetetlen okokból egy Red Bullos reklám autóval és két " bombázóval" rallyzik a gyár udvaron. Ennek ellenére a hiba okát sikerült megállapítani.

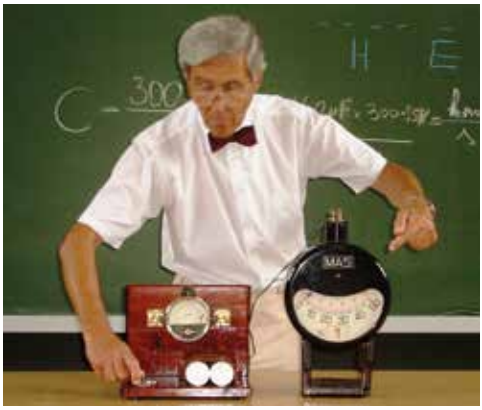
Emlékeim

– Dr. Jeszenszky Sándor –

1958-ban szereztem villamosmérnöki oklevelet a Műszaki Egyetemen, amit 60 évvel később a gyémánt diploma követett. Ezek azonban csak mérföldkövek életutamon, amelyet gyermekkortól végig követetett az elektrotechnika iránti érdeklődés. Kisgyermekként kedvenc játékaim kimustrált kapcsolók, foglalatok, csengő nyomógombok voltak. Családunkban hagyomány az elektrotechnika szeretete, nagyapám elektrotechnikus volt, fiam és unokám is villamosmérnök, tehát nálunk ez a szakma már 5 generációt hidal át.

Kisiskolásként megismerkedtem az áramkör fogalmával, zseblámpa elemmel és kis izzókkal világítást szereltem, ahová csak lehetett. Azután jött a rádió, először detektoros vevők, utána már elektroncsövesek is, német katonai készülékekből származó csövekkel. Az első detektoros rádióimnak szinte életmentő szerepe volt 1944-ben, mert vidéken, ahol nem volt villany, ezen a rádión keresztül lehetett értesülni a közeledő légitámadásokról és idejében az óvóhelyre menni. Egyre gyakrabbak lettek a „zavaró repülés" és a „légi veszély" jelzések.

Az elektrotechnika alapjait a kor kitűnő ifjúsági könyveiből, Grész Leó és Sztrókay Kálmán műveiből ismerem meg. Ezek nem csak az alapvető fogalmakat (feszültség, áram, ellenállás, teljesítmény) és számításokat, hanem mérőeszközök és készülékek készítésének leírását és



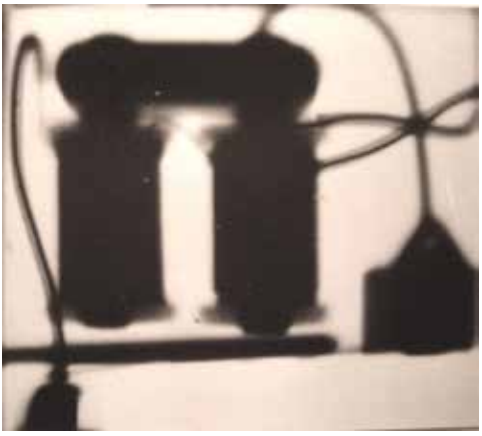
rajzait is tartalmazták. Ezek alapján készítettem galvanométert, volt- és amperérőt, Wheastone hidat, villanymotort, sőt egy kis szikrainduktort is, amely életem későbbi szakaszában egy fontos munkámnak lett a kiinduló pontja. Az én korosztályom még nem számítógépen imitált virtuális kísérleteket, hanem a valóságban szerzett tapasztalatokat.

Innen már egyenes út vezetett a Műegyetemre – szüleimnek nem okozott gondot, hogy hol tanuljon tovább a gyerek. Persze igyekezni kellett a középiskolai tanulással, mert a Műegyetemre nem volt könnyű bejutni. Bár akkor a rádió és az éppen születő televízió volt a kedvenc, én mégis az erősáramú szakra jelentkeztem, mert úgy gondoltam, hogy a „gyengeáramot" könyvekből egyszerűbb megtanulni, mint a villamos gépeket. Az alig három éve megalakult Villamosmérnöki Karon még tovább éltek a gépészmérnöki hagyományok, bőven voltak gépész tantárgyak is, amelyeknek később jó hasznát vettem.

Végzés után a VILATI Villamos Automatika Intézethez (illetve jogelődjéhez) kerültem, itt telt el egész aktív mérnöki életem, innen mentem nyugdíjba. Fő munkaterüle-

tem a szabályozott hajtások fejlesztése volt. Ezek kezdetben egyenáramú hajtások voltak, forgógépes, Ward-Leonard áramátalakítókkal, még az ipari elektronika előtti korból. A szabályozás forgó erősítőgépekkel, amplidinekkel történt. Mivel a VILATI-nak akkor még nem volt fejlesztő laboratóriuma, a méréseket a VKI-ban (Villamosipari Kutató Intézetben) végeztem, tanítómesterem, dr. Vitályos László irányításával. Munkám egyik része az volt, hogy az ott szerzett ismeretek alapján létrehozzam a VILATI saját hajtásfejlesztését. Nagy lépés volt a félvezetők, tranzisztorok, diódák megjelenése, ezekkel pontosabb visszacsatolt erősítőket tudtunk építeni, analóg PID szabályozókkal, amelyeket már a Bode-diagramok alapján méreteztünk, de a teljesítmény fokozat még mindig a forgógépes átalakító volt. 1962-ben a Lipcsei Vásáron láttam először teljesítményelektronikai eszközöket, tirisztorokat. Tirisztorral egy kis motort és – egy színházi fényszórót szabályoztak.

Első itthoni tirisztoros kísérleteinket izzólámpa terheléssel végeztük, nagyon óvtuk az alig beszerezhető és túláramra nagyon érzékeny tirisztorokat. Az 1965-ös BNV-n tirisztoros hajtásokat és egy tirisztoros fényszabályozót mutattunk be, így tehát kapcsolatba kerültem a világítástechnikával, legalábbis a fényforrásokkal. A szabályozható fényforrás akkor még csak az izzólámpa volt. Nagyobb alkalmazásra 1967-ben, a Szegedi Szabadtéri Játékok színpadának rekonstrukciójakor került sor, 60 db. nagyteljesítményű fényszóró táplálásánál. A kis árammal történő szabályozás lehetővé tette központi vezérlőpult építését, amelyet a Konverta cég gyártott. A munkát az OMFB (Országos Fejlesztési Bizottság) támogatta, azzal a céllal, hogy tapasztalatokat szerezzünk nagyobb mennyiségű (120 db.) tirisztor üzeméről, megbízhatóságáról. Kicsit aggódtak, nehogy botrány legyen az előadásokon esetleges hibák miatt – nem lett. Gondot okozott a tirisztorok túláram védelme az izzó kiégése esetén. Ezért kísérlet sorozatot végeztünk különböző izzókkal, a kiégési áram oszcillografálásával. Hogy kevesebbet kelljen várni, a névleges feszültség 1,5-szörösével tápláltuk az izzókat. Az eredmények ugyancsak megleptek. Egy 220V 60W-os izzó árama a kiégéskor létrejövő ívkisülés miatt akár az 50A-t is meghaladta. Így már megértettük, hogy egy szokványos izzó kiégésekor miért kapcsolhat ki a kisautomaták mágneses gyors védelme. Elötte hitetlenkedtünk, hogy egy ohmos terhelés megszakadása komoly zárlati jelenségekkel járhat.

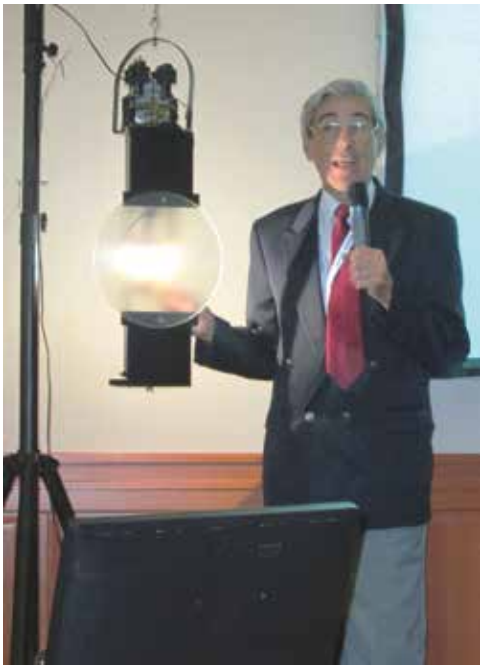


Ezután már nagyobb teljesítményű szabályozott hajtásokat készítettünk, főleg hengerművek részére. Eleinte csak féligvezérelt egyenirányító híddal, fékezésre, irányváltásra, hálózati visszatáplálásra alkalmatlan u.n. ¼-es, majd teljesen vezérelt híddal 4/4-es, irányváltó egyenáramú, azt követően frek-

venciaváltós váltakozóáramú hajtásokat. A következő lépés már a számítástechnika őskorában történt, hengerművi hajtás-rendszerek számítógépes irányításával. A VILATI-nak jól ismert kapcsolata volt fényforrásokkal a közúti forgalmi lámpáknál. Bár a fő feladat a vezérlések megvalósítása volt, kifejlesztettek egy könnyen szerelhető, formatervezett, műanyag lámpatestet is.

Kezdettől vonzott szakmánk története, a technikatörténet. Ez még gyermekkoromig nyúlik vissza. Elektrotechnikus nagyapám pár hónappal születésem előtt meghalt, de a családi könyvespolcon ott maradtak egykori szakkönyvei. Több még az előző századból, az elektrotechnika hőskorából származott. Lelkesen böngésztem a könyveket, megismerkedtem a korai izzó- és ívlámpákkal. Akkor még lehetett találni régi szénszálas és hosszúszálas volfrám izzókat. Gyűjteni kezdtem, mostanában előadásaimban ezeket tudom bemutatni. Egyik szénszálas lámpa még a lakásunkban működött – de már nem világítási céllal. Nálunk még 110V egyenáram volt, ezzel nem lehet közvetlenül működtetni a kapucsengőket. Váltakozóáramnál már ott volt a csengőreduktor, de egyenáramnál még a jól bevált Leclanche elemeket használták. Valahol a WC sarkában lapultak, sok gond nem volt velük, néha-néha kis vizet kellett önteni bele. Persze, ha már be volt vezetve a hálózati áram, inkább ezzel akartak csengetni. A feszültség csökkentéséhez sorba kapcsolt izzólámpát használtak. Ez jól működött, egészen a volfrám izzólámpák megjelenéséig. Mi volt a baj? A szénszálas izzó negatív ellenállás-hőmérséklet karakterisztikájú. Hidegen nagy az ellenállása, lassan izzik fel és éri el névleges áramát. A nagy ellenálláson nagy volt a feszültségesés, a csengő nem szikrázott, csak lassan erősödött a hangja. Ezzel szemben a volfrám izzó hideg ellenállása kicsi, a csengő érintkezői hamar leégtek. Ez egyfajta reneszánsza volt az olcsó szénszálas izzóknak. Akkumulátor töltéshez is használták, az izzók fénye mutatta a töltő áramot...

Ívlámpát is csináltam diák koromban, a szénrudakat kimerült cink-szén zseblámpa elemekből szedtem ki. Egyszerű, kézi állítású szerkezet volt, de vakító fénnyel világított. Az önműködő ívlámpákat a régi könyvekből ismertem meg. Ezek voltak az elektrotechnika első szabályozói. A „regulátor" egyszerűen ívlámpát jelentett, Jedlik Ányos is így nevezte. Eleinte elektromechanikus áramszabályozók voltak, óraműhöz hasonló fogaskerekes szerkezettel, amelynek működését soros áramtekercs befolyásolta. Kétirányú mozgatásra volt szükség, először össze kellett érinteni a szénrudakat, utána kissé széthúzva ívet húzni, majd folyamatosan utánállítani a leégő rudakat, állandó értéken tartva az ív áramát. Egy évtizede sikerült hozzájutni egy ilyen lámpához. Egy műegyetemi fizikus kolléga mentette ki az egyik tanszék tatarozásakor a szemétgyűjtő konténerből… Nagyon hálás vagyok érte. Az 1870-es évekből való, Hefner-Alteneck, a Siemens főmérnöke tervezte. (Ő szabvá-

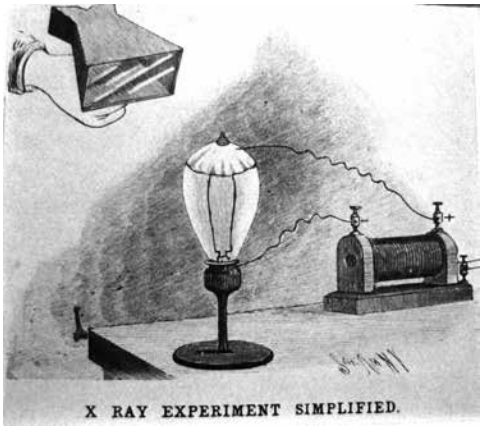


nyosította a Hefner gyertya mértékegységet, illetve a mérésekhez használt az 1 HK fényű amilacetát mécsest.) Jedlik kutatásaim alapján valószínűnek tartom, hogy a lámpát még Jedlik vásárolta a Tudományegyetem részére. Sikerült restaurálni, bemutatása világítástörténeti előadásaim „fénypontja". Sokféle ívlámpa készült, eleinte egyenáramra, majd váltakozóáramra is. A Ganz ívlámpájában olyan (a Bláthy fogyasztásmérőéhez hasonló) Ferraris-tárcsa volt, amely tulajdonképpen két egyfázisú, hasított pólusú motor közös forgórésze volt, ez mozgatta a szénrudakat. Az egyik állórészt az ív árama, másikat a feszültsége gerjesztette, ellenkező irányban. A szabályozó a feszültség és az áram hányadosát, azaz az ív ellenállását tartotta állandó értéken. (Differenciál ívlámpa). Egy ilyen rendszerű lámpa rozsdás roncsait sikerült felfedezni – ezt is a szemétben, a Paviai Egyetem ócskavas gyűjtőjében. Ma ez is kedvelt demonstrációs eszköz.

Idősebb koromban érdeklődésem egyre inkább a technikatörténet felé fordult. Az ELTE egykori Technika tanszékén a „Technikatörténet" tárgy tanára lettem. Előadásaimat élő demonstrációkkal, működő eszközökkel egészítettem ki. Ezt a módszert még Öveges professzortól tanultam, akit kisdiákként ismertem meg az ELTE „Ifjú fizikusok" klubjában és vele a kapcsolatot élete végéig tartottam. Sok érdekes kísérletről beszélgettünk. Úgy kerültem vele ismeretségbe, hogy néhány kérdésem volt az 1946-ban megjelent, Atombomba című könyvében leírt radioaktív kísérletekkel kapcsolatban. A radioaktív anyag a tórium, pontosabban tóriumoxid, az Auer féle gázizzó (gázharisnya) anyaga volt. Itt lépett az életembe a gázvilágítás, amely a háború után még jelentősen részt vett a közvilágításban. Összeismerkedtem a környék gázlámpa gyújtogatójával, akitől elkunyeráltam a tönkrement izzótestek maradványait. Közben megszerettem a szelíd fényű, kedves gázlámpákat. Ma már emlékként csupán kb. 120 gázlámpa van Budapesten. Kedvencem a Műegyetem előtt egész nap világító gáz-kandeláber. Meglepetéssel láttam, hogy Londonban és Berlinben ma is egész utcákat gázzal világítanak. Az pedig különösen meglepett, hogy a berlini kollégák közlése szerint a közvilágítás ¼-e, kb. 40.000 darab gázlámpa!

A diákkori szikrainduktorral gázkisülési kísérleteket végeztem, az un. Geissler csövekkel, de ha nem volt ilyen cső, egyszerűen régi, kiégett izzólámpákkal. Ezek még gáztöltés nélküli, vákuumos lámpák voltak. Egyik elektród az egykori izzószál, másik a búrára ragasztott alumínium fólia volt. Mivel az induktor feszültsége aszimmetrikus váltakozóáram, a „csövön" keresztül kapacitív áram folyt, szép gázkisülést és az üvegfalba csapódó elektronok révén fluoreszkáló fényt keltve. Sok-sok évvel később, a Scientific American egyik 1896-os számában rajzot találtam arról, hogy ilyen lámpával sikerült Röntgen sugarat kelteni. Ez röviddel a sugarak felfedezése után történt. Röntgencsövek még nem voltak, ezért minden légritkított csőből megpróbáltak röntgensugarat előcsalogatni.

Újra összeállítottam a régi kísérletet és sugárzásmérővel valóban sikerült sugarakat észlelni, sőt röntgenfelvételt készíteni egy bakelit burkolatú villanycsengőről. A sugárzás nagyon gyenge, az expozíciós idő kerek egy óra volt, de a felvétel


X RAY EXPERIMENT SIMPLIFIED.

sikerült. A kép persze elmosódott, mert a sugarak nem egy fókuszpontból, hanem nagyobb felületről indultak. Mindez a szikrainduktorok és kisülési csövek felé terelte a figyelmemet, annál inkább, mert ezekről alig írtak a korabeli szakkönyvekben. Barátaimtól innen is, onnan is kaptam régi induktorokat és kisülési csöveket. Különösen sokat kaptam egy idős röntgen mérnöktől, aki pályáját még a röntgentechnika első, szikrainduktoros, ion-csöves időszakában kezdte. Ezekkel végeztem méréseket, olyan műszerekkel, amelyek annak idején még nem léteztek és sikerült magyarázatot találni sok, addig tisztázatlan kérdésre. Ezek az eredmények belekerültek kandidátusi disszertációmba is. Világítástechnikai szempontból a régi gázkisülési csövek azért érdekesek, mert a fénycsövek elődei voltak. Részben nagyobb (néhány mbar) nyomású Geissler csövek, de van közöttük nagyobb ritkítású katódsugár cső, ezek röntgen sugarakat is keltenek, ilyeneket használt Röntgen is a sugarak felfedezésénél. Az első magyarországi röntgenfelvételt Eötvös Loránd és munkatársai egy Puluj lámpával készítették, amely eredetileg kisülő lámpa lett volna. Ebben a katódsugár csőben fluoreszkáló ernyő volt, amely erősebb fényt adott, mint a Geissler csövek gázkisülése. Akár olvasni is lehetett mellette, de nem volt versenyképes az izzólámpával szemben.

Nyugdíjasként az Elektrotechnikai Múzeum főmuzeológusa, majd igazgatója voltam. Fő célunk az oktatás volt, diákoknak rendhagyó fizika órákat tartottunk, kísérletekkel kiegészítve (és érthetőbbé téve) az egyébként száraz iskolai fizika oktatást. Egyik kísérletet az egyetemi tananyaghoz igazítva dolgoztam ki – a fénysebesség megmérését Maxwell elektromágneses tér elmélete alapján, fény nélkül, tisztán villamos mérésekkel! Több nemzetközi konferencián is bemutattam, illetve publikáltam. Lényegében az egykori Weber-Kohlrausch kísérletet ismételtem meg. Weber dolgozta ki a cgs mértékrendszert, a mai SI rendszer elődjét. Felírta a villamos töltés elektrosztatikai és elektrodinamikai mértékegységét az elektrosztatika Coulomb- és az elektrodinamika Ampére erőtörvénye alapján. A kétféle mértékegység nem azonos, hányadosuk cm/s, azaz sebesség dimenziójú! Értékét is megmérték. Ugyanazt a töltés mennyiséget ismert kapacitású kondenzátorba vezetve megmérték a feszültséget, majd ballisztikus galvanométeren keresztül kisütve az As (amper-szekundum) értéket. A sebesség kb. 300.000 km/s-nak adódott. Maxwell bizonyította be, hogy ez valóban a fénysebesség, az elektromágneses hullámok terjedési sebessége. A múzeum Bródy termében világítástechnika-történeti kiállítást rendeztünk be, előadásainkban pedig bemutattuk a fényforrások fejlődéstörténetét a gyertyafénytől a LED-ig. 2002-ben a VTT-vel közösen próbáltuk megmenteni a Világítástechnikai Állomást, összekapcsolva a VTT és a Múzeum munkáját. Sajnos ez nem sikerült, de a VTT létrehozta a Világítás Házát, amely ma, ismerve az Elektrotechnikai Múzeum jelenlegi helyzetét, a világítástechnika történetének igazi letéteményese.

Villanyszerelők Lapja
elektromosipari és épületvillamossági szaklap

3500
előfizető

26 000
Facebook-követő

Havonta
8000
példány

100 000
honlaplátogató

www.villanylap.hu
www.facebook.com/villanyszereloklapja

Mozaikok a múlt fényeiről

– Póth Béla –

Mondta Isten: Legyen világosság és lett világosság. I.Mózes 1:3

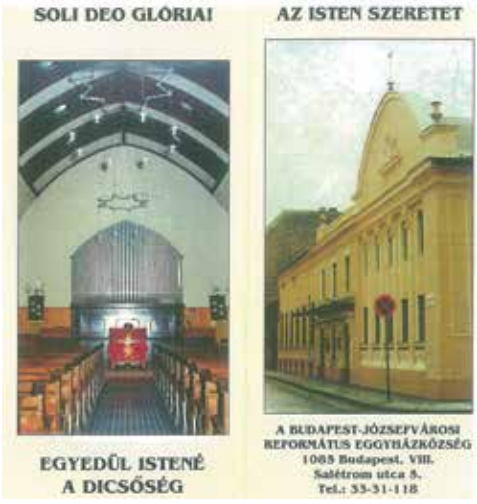
A fényre egész életünkben szükségünk van. Mindenkinek vannak emlékei a fénnyel kapcsolatosan, amit érdemes számba venni. Az eltelt 77 évem alatt sokféle fénnyel találkoztam.

Ma is őrzöm azt a petróleum lámpát, amivel a háború alatt 1945-ben és 1956 novemberében világítottunk a pincében.

Gyermekkoromban karácsonykor a fenyőfán nem izzók, hanem gyertyák égtek és hozták közel szívünkhöz a szeretet fényeit.

Az 1947-49 években a VII. Vilma királyné /ma Városligeti fasor/ út 19-ben lévő Evangélikus Fiúiskolába jártam Zuglóból gyalog a Városligeten keresztül. Midig délután volt a tanítás és így különösen télen hazafelé találkoztunk a gázlámpa felgyújtóval. Hosszú botjával felnyúlt és bekapcsolta egyenként a Városliget lámpáit.

1959-ben kezdtem technikusként dolgozni az Egyesült Izzóban. Autó még alig járt az utcákon. Kerékpárral jártam Zuglóból Újpestre.



Nagy élmény volt, hogy első keresetemből megvehettem az édesapámtól örökölt kerékpáromra a dinamót és a lámpát, melyek ma is meg vannak.

Öt évig dolgoztam a Fényforrás-fejlesztésen. Több érdekes fényforrás (autólámpa, filmvetítő, fénycső stb.) kísérleteiben vettem részt.

Közben 26 hónapig sorkatona voltam Pápán. A repülőtér éjjeli kivilágítását biztosító szakaszhoz voltam beosztva. Aggregátorokról üzemelt akkor még döntően a világítás. Különösen szép látvány volt mikor bekapcsoltuk a bevezető fénysort és a leszállópálya szegélylámpáit.

Utána tervező irodában dolgoztam. Különböző élelmiszeripari létesítmények (húsüzemek, sörgyárak, csokoládégyárak, stb.) világítási és erőátviteli berendezését terveztük meg.

A Világítástechnikai Társaságon keresztül van alkalmam a szakma további sokszínű fejlődésébe bepillantani.

Egy szép emlékkel zárom a visszaemlékezést. 1992-ben részt vehettem az 1927-ben épült Józsefvárosi Református Egyház temploma teljes világítási berendezésének a felújításában.1966-ban lettem ennek a gyülekezetnek a tagja. Itt szólt hozzám személyesen a Biblia üzenete és gyúlt ki lelkemben a Krisztusban való hit fénye. Ebben a templomban volt az esküvőnk. Felnevelhettük három leányunkat és örülhetünk hat unokánknak.

Miért szeretem ezt a szakmát

– Rajnoha László –

Iskoláimat a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolán fejeztem be 1972-ben. Mérnöki munkámat a Budapesti Elektromos Művek Hálózattervezési osztályán kezdtem. Szerencsés sorsom úgy hozta, hogy Közvilágítás Tervezési csoportba kerültem, Szilas Péter keze alá. Kiváló tanító mesterem volt. Első feladatként fel kellett mérnem a Rákóczi út meglévő közvilágítását. Ezt követően jöttek az önálló feladatok. Meg kellett tanulnom a közvilágítási méretezés alapelveit, a vonatkozó szabványkövetelményeket, a hatóságokkal való egyeztetés folyamatát. Örömmel végeztem el az akkor indított világítási tanfolyamot, az akkor még meglévő Világítástechnikai Állomáson, az Eötvös utca 11-ben. Tanáraink a szakma mesterei voltak, Dr. Schanda János prof. Debreczeni Gábor, Polgár Péter, Gergely Pál, Bánóczi György, Sziráki Zoltán (akikre emlékszem) igyekeztek nekünk fiataloknak átadni azt a tapasztalatot tudást, amely egy rövid tanfolyam keretébe belefért.

Abban az időben nem volt személyi kalkulátor, computer. Számoláshoz papírt, logarlécet és az eszünket használtuk.

A sikerélmény mindig jó motiváló. 1974-en díjat nyertem egy közvilágítási pályázaton a XVIII. Lakatos utca közvilágításának felújítási tervével. Ezt követően került sor a Városligeti park világításának korszerűsítésére. A városligeti tóban épített gyalogos sétány megvilágítására egyedi megoldást találtam, egy 1,5m magasra szerelt EKA lámpával, A lámpák ellátást a gyalogútba beépített kábelcsatornába fektetett kábel biztosította. Ez akkor teljesen újszerű megoldás volt.

Tanúja és résztvevője lehettem az akkori fényforrás fejlesztésnek, mint tervező. Szükségessé vált a korábbi kis fényhasznosítású fényforrások cseréje korszerűbb fényforrásokra. Akkor még sok budapesti utcában is lemeztányéros izzólámpás (100W) közvilágítás volt. A kiemelt utakon is „csak" fénycsöves lámpatestek voltak. (pl Nagykörút). A korszerűsítés ekkor kezdődött HGMI és nagynyomású nátrium lámpákkal. Tervezési segédletet az EKA biztosította számunkra.

Ez időszakban éreztem úgy, hogy a mérnöki tevékenység = méretezés.

Ezt követően a Magyar Villamos Művek Trösztöhöz kerültem, ahol teljesen más jellegű feladatokat kaptam. Feladatköröm elsősorban a fogyasztói ellátás, az épületek csatlakozásainak műszaki megoldása, szabványosítás. volt. Világítási területen megkaptam a közvilágítások műszaki ellátási-elszámolási témakörét. Az adminisztratív munkakör nem jelentett elegendő kihívást. Új munkahelyem az Építéstudományi Intézet épületvillamos feladatokat ellátó tagozata lett. Meg kellett ismernem a villanyszerelés korszerű technológiáit, a házgyári panelszerelés problémáit, tájékoztatni az ÉVM-hez tartozó tervező- kivitelező vállalatokat az új szabvány követelményekről, biztonsági előírásokról, új szerelési anyagok alkalmazásáról- beszerezhetőségéről. Szükségessé vált az irodavilágítások és tanterem világítások tervezési szempontjainak rögzítése, általános elfogadtatása. A terjedő számítógép monitorok reflexiója, a tantermi fénycsöves világítások reflexiója, a munkahelyi megvilágítások fényszükséglete felhívta a figyelmet a beltéri világítások szélesebb körű vizsgálatára, előírások kiadására, szabványosításra. Ez időben csak a hazai szabványokra, vagyis magunkra hagyatkozhattunk.

Ekkor magántervezői munkákat kezdtem vállalni. Megszereztem a vezető tervezői képesítést. Jellemzően csarnokok belső általános világítása, irodák belső világítása,

társasházak közösségi tereinek világítása volt a feladat. Természetesen az ezzel járó villamos hálózat és elosztóberendezés tervezését is elvégeztem.

A rendszerváltás után a sors teljesen új feladatot szabott rám. Egy német cégnek lettem a képviselője. A német cég áram-védőkapcsolókat, kismegszakítókat, kis-elosztótáblákat, elosztószekrényeket gyártott. Ezek magyarországi forgalmazását kellett megszerveznem, lebonyolítanom. Ehhez segítségre volt szükségem, így kft-t alapítottam, több segítő munkatárssal. Az értékesítés elősegítése érdekében munkatársaimmal felvállaltuk egyes berendezések komplett tervezését. Az irodavilágítások méretezését és megvalósítását követően fényméréssel ellenőriztük számításaink helyességét.

2005-ben nyugdíjba vonultam. Német partnerem megszűnt, mérnökirodámat bezártam. Sors ismét úgy hozta, hogy egy másik német cég tanácsadót keresett, aki világítástechnikában volt érdekelt. Ismét be kellett vetnem magam az újdonságok megismerésébe. A LED technika olyan váltást jelent a világítástechnika területén, mint gyertya és izzólámpa átállás. Ma úgy látom a fejlesztés két irányban folyik. Az egyik a meglévő lámpaformákba (izzólámpa, fénycső) LED fényforrások integrálása, mely csereképes a meglévő Edison menetes foglalatokba történő elhelyezésre. A másik irány az önálló új lámpatest kialakítása újszerű tükrökkel, optikákkal, hőelvezetéssel.

Ezek gyakorlati alkalmazása, a minél jobb hatásfok elérése már a fiatalok feladata. Mi képesek vagyunk a megszerezet tapasztalat átadására, az új eredmények bírálatára.

Nagyra értékelem a Világítástechnikai Társaság tevékenységét, ahol jólesik találkozni a régi kollégákkal, megosztani szerzett ismereteinket, és nosztalgiázni velük.

dr. Sziráki Zoltán

– *Sziráki Katalin* –

Felvetődik a kérdés, miért írom meg életrajzomat? Nyilván kevesen fogják elolvasni, keveseket érdekel egy ilyen, bár változatos, de mégis csak a polgári életben, a középszerben lezajlott élet. Csupán egy mozaikkockát akartam letenni és megmutatni, hogyan zajlott le az elmúlt nyolcvan évben egy középszerű, de mégis csak mozgalmas élet.

Gyerekkori emlékeim

Első emlékem 1910-ben, mint karonülő kisgyereknek, Bleriot repülőt mutattak Temesvárott a Bonácz utcai ház folyosóján, felfelé bámulva én bizony nem láttam semmit sem, de emlékszem a nagy mutogatásra.

Engem Zundler nagybácsikámékhoz adtak Hidegkutra. Ott észleltem először gázvilágítást pillangós égőkkel. Mint ma már tudom, acetilén gázzal működött.

Sok játékom volt, képes kockajátékomból vonatot raktam össze és tologattam a földön.

Mérnöki ambícióim már ebben a korban jelentkeztek, 4 éves voltam. Hogy honnan és mit tudtam a „mérnök" hivatásról, nem tudom, de tény az, hogy mérnök akartam lenni. Ez irányú elhatározásom később is megmaradt. Különösen a villamosság és ennek akkori megtestesítője, a csengő érdekelt.

Volt felhúzós mozdonyom vagonokkal, váltóval és keresztsínekkel, váram katonákkal, alagút, lóverseny. Sokat játszottunk szabad téren olyan játékokat, amelyeket manapság nem játszanak : karikáztunk, bigéztünk, golyóztunk, „glikkereztünk".

Lugos

Lugos az utolsó alföldi város, a Temes hídjáról már egész közel látszanak a Krassószörényi hegyek. 1912-től 1919-ig minden nyaramat Lugoson töltöttem, Édesanyám hugáéknál. A háborús körélmények hatására nagybátyám kertet bérelt. Nagy buzgalommal ültetett borsót, babot, hagymát, zöldséget és szép eredménnyel szüreteltünk.

Herkulesfürdő

1913 nyarán, Herkulesfürdőn, az akkori divatos fürdőhelyen nyaraltunk. Erről mindössze néhány emlékem maradt meg.

Kirándultunk a környékre, festőien szép vidék a Cserna folyó völgyében, fenyvesekkel borított magas hegyekkel.

Az utolsó zavartalan nyarunk az 1913. évi volt. 1914 nyarán meggyilkolták Ferenc Ferdinándot és kitört a háború.

Iskolás éveim

Derült égen az első felhő mindjárt induláskor jelentkezett.

Temesvár közel volt a szerb határhoz, így rövidesen hozták az első sebesülteket. A belvárosi fiú elemi iskolánkat, ahová a szüleim beírattak, hadi kórházzá alakították, így bennünket átirányítottak a lakásunktól meglehetősen távollévő új erzsébetvárosi iskolába.

Büszkén mentem először iskolába, hátamon a könnyű iskolatáskával, benne a palatáblával, palavesszővel, spongyával és olvasókönyvvel. A háború hangja hamarosan jelentkezett Temesváron. Az esti sétánk alkalmával a gyárvárosi Bega-hídon hallani lehetett a belgrádi front ágyúszavát. Elhozta a Bega folyó.

1918. október 30-án aztán elszabadult a pokol.

Az Osztrák-Magyar Bank temesvári fiókját megszüntette és tisztviselőit, Édesapámat is visszarendelte Ausztriába vagy Magyarországra. Bevagonirozás egy „tágas" marhavagonba, szomorú, örök búcsú Temesvártól, a rokonoktól.

Irány az őszinte szívvel áhított magyar határ.

Magyarországon

Újpesten hosszas gyaloglás után megtaláltuk alaposan lesoványodott rokonainkat. Ők nagyon örültek nekünk, különösen akkor, amikor közöltük, hogy egy zsák lisztet, kettő bödön zsírt, stb hoztunk magunkkal. Igen készségesen felajánlottak három szobás lakásukból egy szobát, amíg lakáshoz jutunk. Újpesten egyszerre beleestünk a kommunizmus és a trianoni béke által előidézett nyomorúságba. Jegyre kaptunk melaszos cukrot, fekete lisztet, fagyos zsírt, kukoricás kenyeret.

Ebben az időben a Vöröskereszt emberszerető, jótékony országokba, így Svájcba és Hollandiába üdülésre és felépülésre kivitt magyar gyerekeket.

Svájcban

Az utazás számomra Ausztrián át élmény volt. Eddig csak meséből ismert havasok, zúgó patakok, nagy vasutak, alagutak mind megjelentek a valóságban.

A svájci határállomáson szétosztottak bennünket. Én a Bernbe irányított csoportba kerültem. Bernben az állomáson vártak az áldozatkész szülők. Egy középkorú, harminc év körüli nő várt.

Vonattal, majd autóbusszal mentünk Gerzensee-be, új otthonomba. Gerzensee kis hegyi falu a Belp hegy oldalán, Berntől 30 kilométerre. Jordiék egyszerű, takarékos, szerény emberek voltak.

Ismeretlen, idegen emberek, idegen nyelv, senki, akivel lehet magyarul beszélni, nincs kivel játszani, egész nap egyedül. Megjelenik a honvágy.

Volt a falu szélén egy tekintélyes kastély fásított előkertben, a bejáratnál komoly kerí-

tés. Vágyakozva órákat ácsorogtam a rácsos kapunál. A háziaknak feltűnt a kerítésnél ólálkodó matrózruhás, a falusi gyerekektől merőben elütő „urifiú". Beszédbe elegyedtek velem. Én elmeséltem otthoni körülményeimet. Nagyon megsajnáltak és magukhoz vettek. Egyszer a gyerekekkel elvittek bennünket Bernbe. Nagyon megcsodáltam a hatalmas viaduktokat, az ősi siklót. Megcsodáltam a régi utcákat a színes, faragott faszobrokkal. Komoly tápot nyújtott a kis gyermekkorom óta lappangó érzésemnek „mérnök leszek", amikor megláttam a villamos hajtású mozdonyokat. Svájcban már akkor csak villamos hajtású mozdonyok voltak.

De november elején elkövetkezett a szomorú búcsú ideje.

Kamaszéveim

Nehéz volt a beilleszkedés a svájci gondtalan szép napok után. Reménytelen volt a lakáshelyzet is. Nagybátyám 76 éves Édesanyjának a Várban, a Szentháromság utcában volt egy két szobás, komfort nélküli lakása. A tantit magukhoz vették és a lakást részünkre átadták. A lakást kifestettük, bevezettük a villanyt, gázt és a vizet és boldogan beköltöztünk.

Beírattak a kétségkívül veszélytelen, közel fekvő II. kerületi Királyi Egyetemi Főgimnáziumba. („Ferenc Jóskába")

Az egyetlen pozitívum ezideji életemből a cserkészet volt. Ez adott nekem, ez oltott belém az egész életemre testi és lelki erőt, kitartást, helytállást, felebaráti szeretetet.

A Vár csendes volt és kihalt. Az egyetlen közhasználati közlekedési eszköz a Sikló volt.

Az 1927. esztendő

Talán nem hiábavaló megemlékezni az életemben meghatározó 1927. esztendőről. Ez évben érettségiztem.

Ez bármennyire is nem járt különös izgalommal, mégis egy mérföldkő volt az ember életében. Az ember úgy érezte, hogy most nyerte el teljes szabadságát.

Még egy sorsdöntő változást hozott életemben, hogy megfelelő, tágas 4 szobás lakást kaptunk Pesten, a Mária Valéria utcában.

Egyetemi éveim

Az első tanulmányi évem a Műegyetem igen keservesen ment. Gimnáziumi hiányos végzettségem a reáltárgyakból, a reáliskolát végzettekkel, valamint a Piarista és egyben elit iskolát végzettekkel szemben rendkívül megnehezítette szereplésemet. Különösen az ábrázoló geometria szemléleti világát kellett keserves éjszakákon át magamba sulykolni. Az akkor érvényes tanulmányi rend, az oktatott tanulmányok, a műhely-gyakorlatok helyesen szolgálták azt a célkitűzést, amelyet a mechanika professzora nyilvánított ki az első előadása alkalmával. Eszerint „mi nem tudósokat, nem feltalálókat, hanem jó gépészmérnököket akarunk nevelni, akik megállják helyüket a gépműhelyekben, konstrukciós irodákban, a napi életben". Az első gépészmérnöki szigorlat előtti nyomás a további években megszűnt és azt éreztem, hogy valóban abba az irányba haladok, amelyet gyermekéve-

imben elképzeltem. A negyedik évfolyam végére kirajzolódott bennem az az elképzelés, hogy villamosmérnök leszek.

Élettapasztalatomat növelte, hogy két nyáron át, mint fűtő gyakornok a MÁV Ferencvárosi fűtőházának mozdonyain teljesítettem szolgálatot.

Kézben a diplomával

1931-re teljes szépségében kifejlődött a gazdasági válság.

A diplomás mérnökök közgazdasági ismereteinek bővítése, másrészt a munkanélkülivé válás késleltetése érdekében a kormányzat a végzős mérnökök részére egy éves továbbképzés bevezetése mellett közgazdasági mérnöki diplomát rendszeresített.

Az adott elhelyezkedési lehetőségeket figyelembe véve beiratkoztam és 1932-ben sikeresen elvégeztem a közgazdasági mérnöki szakot.

1931 decemberében kézhez vehettem a gépészmérnöki és 1932-ben a közgazdasági mérnöki oklevelemet.

Édesapám javasolta, hogy addig, amíg mint mérnök el tudok helyezkedni, lépjek be a Magyar Nemzeti Bankba. Így 1932 augusztusában, mint „ideiglenes havi díjas tisztviselő" 200 havi fix-szel beléptem a Magyar Nemzeti Bank szolgálatába.

Kaposvár

Egy esztendeje dolgoztam a Magyar Nemzeti Bankban. Édesapám és hivatali elöljáróim véleménye szerint előmenetelem szempontjából fontos, hogy a teljes, hagyományos bankszakmát megismerjem és elsajátítsam.

Ezt csak valamely vidéki fiókintézetnél sajátíthatom el.

Augusztus 18-án megkaptam az áthelyezési okmányt Kaposvárra. Kaposvár a 30-as évek elején egy szép, rendezett, közel 33 ezer lakosú kisváros volt.

Kaposvár után

1935-ben az Elnök Osztály vezetője visszahelyezett Budapestre. A Közgazdasági-Statisztikai-Tanulmányi Osztály (KTS) a bankszakmától független, amely a bel és külföldi sajtótermékek figyelésével és feldolgozásával, közgazdasági és pénzügyi tanulmányok készítésével foglalkozott.

A témakör, amellyel foglalkoztunk a külkereskedelem és a devizagazdálkodás volt. Ekkor készítettem a „Külkereskedelem és a devizagazdálkodás" című disszertációmat, melynek – az akkori írásmód szerint és doktori szigorlatom alapján 1938-ban Dr. betűkkel írt közgazdasági doktori diplomát kaptam.

1938-ban lépett be a KTS-be és az én életembe B. Edit, a kölcsönös családalapítási vágy 1941-ben házasságkötéssel pecsételődött meg. Meg kellett elégednünk egy lakással a Visegrádi utcában.

1944. május (tévedés! március) 19-én, vasárnap hajón jöttem be Leányfalutól, a Pálffy téren, amikor kiszálltunk a hajóból katonák igazoltattak. Ekkor tudtam meg, hogy megszálltak a németek. Már nem jártak a svájci és angliai újságok, a külkereskedelmi forgalom is csak a Német Birodalommal bonyolódott.

December 6-án felhívtak az Elnöki Osztályra és közölték velem, hogy rajta vagyok a Veszprémbe, majd esetleg Ausztriába telepített különítménybe. Kép nap gondolkodási időt adtak válaszra. Döntöttem, maradunk. Ami ezután következett: elrejtőzés a pincében, bujkálás a nyilas igazoltató őrjáratok elől. 1945. január 16-án a front pesti szárnya kapitulált.

Új életem január 18-án kezdődött el. Bementem a Nemzeti Bankba. A volt Elnöki Osztályon a Bank egyik korábbi igazgatója fogadott. Tudta rólam, hogy mérnök vagyok. „Légy szíves vedd át az épület karbahelyezési munkáinak irányítását."

Nagy szerencsémre szolgált, hogy a Banknak egy kitűnő tűzoltói és műszaki gárdája volt: ácsok, asztalosok, lakatosok, villanyszerelők, ennek nagy része ugyancsak szolgálatra jelentkezett. Nagy segítségemre voltak.

A Bank új vezetői engem bíztak meg a Műszaki Hivatal vezetésével. 1948-ban megtörtént a bankok államosítása. 1949-re a nagyobb arányú újjáépítési munkák befejeződtek, megkértem a vezérigazgatót, járuljon hozzá, hogy egy általam választott munkahelyre „áthelyezéssel" átmehessek.

Az akkor alakult Honvédelmi Épülettervező Vállalatnál lettem gépésztervező.

Harmadszor kellett elölről kezdenem, fejest ugrani egy olyan szakmába, amelynek szabványait, szigorú előírásait még hírből sem ismertem. A feladatkör épületek installációs gépészeti berendezéseinek tervezése. A régebbi kollégák mindent megtettek, hogy fogyatékos ismereteimet kiegészítsék. Igen hamar, néhány hónap múlva, mint mondani szokták, bedobtak a mélyvízbe.

Szerencsémre a kivitelező vállalatoknál abban az időben még jól képzett, ügyes villanyszerelő művezetők voltak, akik a tapasztalatlan tervezők hibás megoldásait saját tapasztalataik szerint korrigálták.

1957-ben a másik, lényegesen érdekesebb feladat a Magyar Rádiónak az októberi események folytán megsérült, vagy elpusztult villamos berendezéseinek egyrészt helyreállítása, másrészt a Szentkirályi utcai új, épülő stúdiók erős és gyengeáramú villamos berendezéseinek tervezése.

Az 1958-as év ismét változást hozott életemben. Az Építésügyi Minisztérium Műszaki Fejlesztési Főosztályára hívtak.

Ismét egy másik, eddigi gyakorlatomtól eltérő munkakörbe és környezetbe kerültem.

Meghívott előadóként működhettem az Iparművészeti Főiskolán, a Műszaki Egyetem Elektrotechnikai Tanszékén, valamint a Kandó Kálmán Főiskolán.

1963-ban nyílt lehetőség a menekülésre. A Középület Tervező Vállalat (KÖZTI) hármas irodájából a gépész osztályvezető helye üresen maradt. A Várban ebben az időben kezdődtek a Budavári Palota újjáépítésének kivitelezési munkái, illetve a KÖZTI-ben a kiviteli tervek elkészítése.

Gyermek, majd serdülő korom a Várban játszódott le. Nosztalgiával emlékeztem a pompás királyi várra. Mindennek helyén puszta romok. Egy belső hang diktálta, hogy az újjáépítésben részt kell vennem. A gépész osztály a szétzilált nyáj, amelyet elhagyott a juhász. Nehéz feladatnak bizonyult egy ütőképes, szakképzett gépész osztályt megszervezni. Személyzeti kérdésekben egész vári osztályvezetőségem alatt állandóan problémáim voltak.

Legtöbb esetben sikerült belső építész partnereimmel szemben a jó világítás feltételeit érvényesíteni, illetve elfogadható kompromisszumos megoldást találni.

1989. szeptember 28.

Vegye igénybe eszközparkunkat!

Használja a VTT fénysűrűségmérő kameráját
• akár a közvilágítási,
• akár beltéri alkalmazások esetében.

Érdeklődjön honlapunkon, vagy keressen minket elérhetőségeinken:
Világítás Háza
1042 Budapest, Árpád út 67.
+36 1 369 6631
www.vilagitas.org

Beszámoló a VTT 2017-2018-as eseményeiről

– Némethné Vidovszky Ágnes dr. –

Az elmúlt két évben sem unatkozhattak, akik követték a VTT eseményeit.

2017 immár hagyományosan a LED konferenciával nyitott, majd sor került a tavaszi nagy konferenciára a Közvilágítási Ankétra, Közben havonta volt szeminárium, voltak képzések nemzetközi konferenciák, pályázatok. Nézzük ezeket kicsit részletesebben.

1. Konferenciák

2017. február 7-8. VIII. LED konferencia

Természetesen a téma a LED volt. 20 előadás hangzott el közte egy angol nyelvű is. Egy kicsit több volt már a megvalósult berendezésről szóló előadás, mint a korábbi években. Ez is azt mutatja a LED már nem kuriózum, hanem a minden napi életünk része.

2018. február 6-7. IX. LED konferencia

A konferencia némi izgalmakkal kezdődött –főleg a szervezők számára-, mert az utolsó pillanatban helyszínt kellett váltani. Az új helyszín a Lurdy ház. Szerencsére kellemes meglepetés volt, hogy milyen gördülékenyen sikerült az átszervezést lebonyolítani.

A konferencia a tudományos vizsgálatok bemutatása mellett ismét a gyakorlatra helyezte a hangsúlyt. Ma már a LED-k működtetése volt a téma, főleg a hálózati visszahatások kérdése. Új téma volt a LED és IoT kapcsolata.

Úgy tűnt van még sok téma, ami megbeszélésre vár, így nem kétséges, hogy a X. konferenciára is sor fog kerülni.

A díjazott családi okból nem lehetett jelen az évvégi közgyűlésen, ezért számára az elismerést a LED konferencián adta át Dr. Szabó Ferenc és Nagy János. (1. ábra)

1. ábra. A VTT Pollich János díj A Világítástechnikai Társaságért pótlólagos átadása Pap Zoltán részére

A IX. LED konferencia közönsége, kiállítása, előadói:

2. ábra. Kovács Béla ad elő

3. ábra. A közönség

4. ábra. A kiállítók

XLVIII. Közvilágítási Ankétra Mezőkövesd Zsóri fürdőn került sor.

A konferencia központi kérdésköre az új útvilágítási szabvány volt és elhúzták a mézes madzagot, hogy lesz közvilágítási jogszabály is. Az előbbi megjelent az utóbbi azóta is -immár legalább 13 évekidolgozás alatt van.

Bemutatásra került Szeged mesterterve is. Talán a nagyobb városok belátták, hogy a LED-esítéshez alapos tervezés szükséges, hogy az előnyök domborodjanak ki és ne a hátrányok.

Itt került sor a Pro Luminde díj átadásra is.

Felelevenítettük a fakultatív programos rendezést. Zsóri fürdőről Egerbe mentünk bort kóstolni és egy lelkes csapat a Mátrai Erőműbe is ellátogatott.

5. ábra. Zsóri fürdőn, Pro Lumine díj I. helyezettek

6. ábra. Fakultativ borkostoló

7. ábra. Fakultatív erőmű látogatás

XLIX. Közvilágítási Ankét Mórahalmon volt.

Ezen az Ankéton is reményt keltettek, hogy lesz közvilágítási rendelet, de sajnos még mindig kidolgozás alatt van.

Több előadás is foglalkozott az energiaellátás- valamint a fényszennyezés kérdésével. Beszámoló hangzott el a frankfurti Light and Building kiállításról

Az új trendnek megfelelően volt külföldi előadás is, Gasparovszky kolléga számolt be a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság, a CIE, aktuális és a LED-ket érintő legújabb eredményeiről.

8. ábra. Gálavacsora_Mórahalmon

9. ábra. A közönség_Mórahalmon Hallgatói Ankét

10. ábra. Az LCV konferencia közönsége

2018-ban a korábbi Hallgatói Ankétot Borsányi tanár úr elmenetele után a két nagy tanár egyéniségről Borsányi –Lantos Hallgatói Ankétra keresztelte át az Elnökség. 2018. június 28-án 6 nappali illetve szakmérnök hallgató mutatta be dolgozatát. Témák: Vonatvezérelt térvilágítás a vasúton, LED-k a növény világításban, világítótestek komplex vizsgálata, csarnokvilágítások korszerűsítése, lámpatest fejlesztés a filmipar részére, felvonók világítása.

Lux et Color Vepremiensis konferencia 2018. október 10-11.

Ezt a konferencia sorozatot 2001-ben indította a veszprémi Pannon Egyetem Schanda professzor úr tiszteletére az MTA veszprémi szervezetével (VEAB).

A Lux et Color Vesprimiensis konferencia 2018-tól felvette az "In memoriam Prof János Schanda" alcímet. Társszervezői közé bekerült a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány és a Világítástechnikai Társaság. A konferencia 6 külföldi, nemzetközileg elismert meghívott előadó, további 24 magyar előadóval, 75 résztvevővel angol nyelven került megrendezésre Veszprémben, a Völgyikút házban.

A konferencia megnyitóján beszédet mondott Schanda Tamás, az Innovációs és Technológiai Minisztérium államtitkára.

A konferencia keretében került sor a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány által gondozott Schanda János publikációs ösztöndíj nyertesének kihirdetésére, valamint a Pro Lumine Innovatív Világítás Tervezése díj átadására. A díjak nyertesei előadást tartottak a konferencián munkáikról.

11. ábra. A Schanda János publikációs ösztöndíj eredményét hirdeti ki Szabó Ferenc a MVÁ elnöke

12. ábra. A Pro Lumine Innovativ Világítási díj 2018 átadása Pellei Imre, Nagy János, Király Tamás

A konferencia egyes előadásai jelen kiadványban és az Elektrotechnika folyóiratban is megjelennek.

2. Szemináriumok

Minden hónap 2. keddjén tart szemináriumot a VTT. Kivételek a nyári hónapok és azok, amelyekben nagy rendezvény van. Az elmúlt két év szemináriumi témái: Fény szerepe a belsőépítészetben; Lehetőségeink és felelősségünk a világítástechnikai információk terjesztésében; LED életciklus elemzés; Planck eloszlás és színhőmérséklet; oktatási módszerek; szegedi mesterterv bemutatása. Kirándultunk a Prolan Zrt-hez szemináriumon keretében.

Továbbá 2017. februárban a szeminárium keretében megünnepeltük Kádár Aba tiszteletbeli tagunk 90. születésnapját.

14. a és b ábra. Kádár Abát köszöntik

15. ábra. Kádár Aba a köszöntők gyűrűjében

13. ábra. 90 éves Kadar Aba

3. Kiállítások, pályázatok, díjak

3.1. Világíts rá pályázat

2017 novemberében a Földművelésügyi Minisztérium pályázatot hirdetett a szelektív hulladékkezelés fontosságának népszerűsítése témában. A VTT a pályázati támogatásból három kategóriában (vers, rajz és videó) „Világíts rá! a szelektív hulladékkezelés fontosságára címmel tehetségkutató pályázatot hirdetett. Pályázatunk az izzó- és lámpahulladékok, mint elektromos és elektronikai berendezések alkategória hulladékainak szelektív gyűjtésével és a környezettudatos világítással kapcsolatos társadalmi tudatosság növelése érdekében PR és online média kampány megvalósítását tűzte ki célul. A beérkezett pályaműveket 2018 márciusában értékeltük ki és díjaztuk. Ez alkalommal, vállalásunknak megfelelően megjelenttettünk egy kis füzetet is az emberközpontú és környezettudatos világítás ismérveiről. A pályázat kapcsán a Trend Fm rádió hullámhosszán 8 beszélgetés hangzott el, amelyek visszahallgathatók a VTT honlapján. A kategóriánkénti 3 nyertesen kívül külön díjak is voltak, így pl. a zsűri elnöke Straub Dezső is ajánlott külön díjat, hogy a nyertesek részt vehetnek egy Vidám színpadi előadáson. A vidéki nyertesek utaztatását a VTT vállalta.

16. ábra. „A világíts rá pályázat" külön díjasai a Vidám színpad előterében

3.2. "Pro Lumine - Innovatív világítástervezés" 2017

A Magyar Mérnöki Kamara Elektrotechnikai Tagozatával és a Magyar Világítástechnikáért Alapítvánnyal közösen meghirdetett pályázatra két kategóriában lehetett jelentkezni, kül- és beltér. A benyújtott pályaművek közül csak a kültériek voltak értékelhetők, a beltéri pályázat formai hiba miatt kiesett. A nyertes a BDK és partnere a Pro-Max Twin Bt volt, a „Hidak útja- a Rákóczi –híd közvilágításának megújítása" c. pályázattal.

17. ábra. Pro Lumine díj 2017 átadása Mezőkövesden

18. ábra. A Pro Lumine díj 2017 első helyezett csapata

3.3. PRO LUMINE - Innovatív világítás díj 2018

Ebben az évben is meghirdette a VTT az év világítás tervezője díjat, Pro Lumine Innovatív világítás címen. Az idén több kategóriában is lehetett pályázni, um. „funkcionális világítás", „díszvilágítás", „közösségi létesítmény világítás", „sportvilágítás" és „látványvilágítás". Az első díjat Király Tamás nyerte a „Raclette" jeligéjű pályázattal „közösségi létesítmény világítás" kategóriában. A pályaművet az Elektrotechnika folyóiratban mutatta be a tervező. Idézet a bírálatból: „A pályamű megvalósult - belsőtéri mesterséges világítás - projektet mutat be, amely egy világítástechnikai termékeket gyártó cég új - "LEAN office"[1] - irodája kapcsán készült.

A pályamű, illetve a megvalósult világítás nagyszerűen ötvözi a

- korszerű, a vizuális feladathoz maximálisan illesztett, gondosan kiválasztott lámpatestek használatát (amelyek csak LED fényforrást használnak),
- minden helyiségben szabályozott ill. szabályozható világítás került, amelynek jellemzői a konkrét, adott funkció, ill. látási feladat figyelembevételével változtathatók szükség szerint.
- a tervezett világítás maximálisan figyelembe veszi és költséghatékonyan támogatja a képernyő előtt történő munkavégzés jellemzőit ill. követelményeit (helyi világítás, tárgy ill. közvetlen háttér megvilágítás- és fénysűrűség értékeinek összehangolt biztosítása).

A megvalósult berendezéssel funkcionálisan is jó, professzionális irodatér született."

A díjátadásra a Veszprémben megrendezett Lux et Color Vesprimiensis konferencián került sor. *(ld. 12. ábra)*

3.4. Együttműködések

3.4.1. Közlekedéstudományi Egyesület

Csatlakoztunk a Közlekedésbiztonsági napokhoz és a 2017. évi Közvilágítási Ankétunk is a rendezvénysorozat részét képezte. A Közlekedéstudományi Egyesület felkérésére 2017. decemberében három szakmai előadást tartottak tagjaink a KTE egyesület tagságának.

3.4.2. Electro Cord Kft Fotopályázat

A Világítástechnikai Társaság minden alkalmat megragad, hogy a szakma fontosságára, szépségére, nehézségére felhívja a figyelmet. Így örömmel karolta fel a VTT az Electro Cord Kft kezdeményezését, a „A fény természete" című fotópályázatot is. A pályázattal a természetes és mesterséges fények életünkre gyakorolt rendkívüli hatására és a környezetvédelemre kívánták a figyelmet irányítani. A pályázatra két (természetes fény és mesterséges fény) kategóriában lehetett fotókat benyújtani. Kategóriánként 3-3 díj került átadásra valamint a VTT is adott 1-1 különdíjat. A pályaművek a VTT székhelyén (Világítás Háza 1042 Budapest, Árpád út 67. I. em) nyitvatartási időben megtekinthetők voltak 2018. november végéig.

[1] LEAN iroda: funkcionális és költséghatékony, egyterű térszervezésű, minden lehetséges modern technológiát maximálisan kihasználó irodatér ill, iroda működés

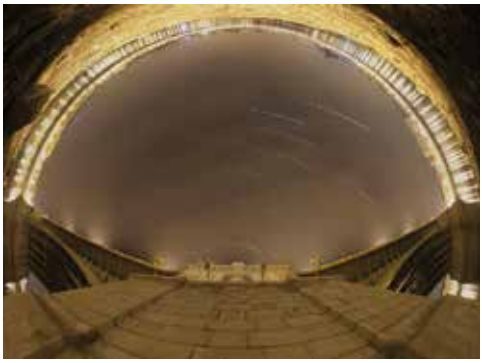
A pályázattal sikerült az érdeklődést széles körűen felkelteni, az ország minden szegletéből, sőt határokon túlról is érkeztek pályaművek.

19. ábra. Ahonnan a pályázatok érkeztek

A pályázaton 217 pályázó 825 művel vett részt, a 19. ábra mutatja, hogy honnan érkeztek pályázatok. A bíráló bizottság elnöke Nagy János a VTT elnöke volt, tagjai: Kálló Péter többszörösen kitüntetett foto művész, Pető Anna, az Electro-Coord Kft irodavezetője, Szepesi György, a Clareo Produkciós Kft. ügyvezetője, Burgmann Nóra, a Zöld Matek honlap tulajdonosa .

A díjátadásra, sajtó tájékoztatóra a VTT székhelyén került sor.

20. ábra. A VTT különdíjasa „Korlátozott városkép"



21. ábra. A mesterséges fény kategória győztese: „Margit-híd csíkhúzó"

A DÍJAZOTTAK:

Természetes fények:

1. hely: *Szűcs Boldizsár: Árnyék (Bogyiszló)*
2. hely: *Szabó Katalin: Összhang (Budapest)*
3. hely: *Urbán Tibor: Nyugati (Budapest)*
VTT különdíj: *Csillag Erika: Látszat (Létavértes)*

Mesterséges fények:

1 hely: *Soponyai György: Margit-híd csíkhúzó (Mogyoród)*
2. hely: *Pap Johanna: Lámpa-játék (Békéscsaba)*
3. hely: *Koncz Péter: Ködös Este (Baracs)*
VTT különdíj: *Varga Balázs: Korlátozott városkép (Budapest)*

22. ábra. A természetes fény győztese „Árnyék"

3.4.3. Világítástechnikai Társaság és a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány együtt működése

A Világítástechnikai szakma nagy öregjének, a budapesti díszvilágítások tervezése doyenjének Sziráki Zoltánnak a lánya, Sziráki Katalin a Magyar Világítástechnikáért Alapítványnak 5 mFt adományt juttatott, azzal a céllal, hogy díjazza a legjobb díszvilágítási megoldásokat. A díj odaítélésben –felkérésre - a VTT is szerepet vállal. Az adomány eredményeként a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány létrehozta a „Sziráki Zoltán díszvilágítási pályázat"-ot, amelyet évente fog kiírni. Előbbiek miatt a VTT a Magyar Világítástechnikáért Gergely – Sziráki díj megnevezését Magyar Világítástechnikáért Gergely - dr Horváth díj névre keresztelte át. A Világítástechnikai Társaságért Pollich-díj neve változatlan marad.

Kérjük figyeljék a VTT és az MVA honlapját, rövidesen megjelenik a Sziráki díj pályázati felhívása.

3.4.4. A Világítástechnikai Társaság és a Magyar Mérnök kamara együttműködése

Hosszas egyeztetések után megjelent az MMK Elektrotechnikai Tagozat új tanúsítási szabályzata. A Magyar Mérnöki Kamara tagjainak nyújtott szolgáltatásként kérelemre, meghatározott szakmagyakorlási területeken tanúsítja megfelelő végzettségüket, gyakorlatukat és magas szintű képességüket. A tanúsítási rendszerrel az MMK elő kívánja segíteni a mérnöki szolgáltatások színvonalának emelését.

Az új tanúsítványok bevezetésének elsődleges célja az volt, hogy az MMK-tól függetlenül megszerezhető képzettségek, végezettségek – melyek érintik a mérnöki kamarán belüli szakmagyakorlókat is – a mérnöki kamarai nyilvántartási rendszerben (pl. az MMK honlapján lévő kamarai névjegyzék mérnökkereső rendszerében) kereshetővé és megismerhetővé váljanak. Ez egyebek mellett segítség lehet az adott szakterületen a szakma minden olyan szereplőjének, akik egy adott feladathoz igazoltan kompetens szakembert keresnek. További információk a VTT illetve az MMK honlapján találhatók. (https://www.vilagitas.org/index.php?lang=hu; https://mmk.hu/ugyintezes/tanusitas)

1. táblázat. Új szakterületi tanúsítványok

Ssz.	Kód	Szakterület
18.	G-Vi	Világítástechnikai rendszerek (külső és belsőtéri rendszerek)
19.	G-Rb	Robbanásbiztos villamos berendezések és védelmi rendszerek

3.4.5. Nemzetközi kapcsolatok

• Jelentős nemzetközi tevékenységünk-

nek köszönhetően tagjaink képviselik hazánkat a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottságban (CIE) ld külön beszámolóban.
- Alapítói vagyunk a LUMEN V4 konferenciának, amelyre legutóbb 2018. szeptemberében Csehországban, Třebíčben került sor. A szervezés enyhén szólva is nehézkes volt és a lebonyolítás sem volt zökkenő mentes.

3.4.6. VTT – BDK együttműködés

Példamutató együttműködés alakult ki a Budapest Köz – és Díszvilágítási Kft és a VTT között a LED-esítés kapcsán. Az új lámpatestek mérése, vizsgálata és a korszerűsítés előtti és utáni fénytechnikai felülvizsgálatokban.

3.5. Oktatások

3.5.1. Közvilágítás

Az új közvilágítási szabvánnyal kapcsolatban – amelynek magyarra fordítását a VTT támogatta anyagilag is – Mi az új az MSZ 13201 szabvány sorozatban? címmel tartottunk oktatást a VTT székházban, valamint a BAZ megyei és Baranya megyei Mérnök kamara felkérésére Miskolcon illetve Pécsett.

3.5.2. Világítástechnikai szakreferens képzés

A Magyar Elektrotechnikai Egyesülettel karöltve a kiemelkedő villanyszerelők „áramkapocs"klubja nyitott a világítástechnika felé. A VTT vállalta, hogy világítástechnikai szakreferenseket képezzen, akiket az „Áramkapocs" klub is felvesz listájára. Az első tanfolyamra 2018 februárjában került sor, a másodikra jelen évkönyv megjelenése idején 2019 januárban.

A végzettek Világítástechnikai Szakreferens oklevelet kapnak, valamint villanyszerelő vagy azzal egyenértékű végzettség esetén az aramkapocs.hu oldalon ajánlott villanyszerelők közt Világítástechnikai Szakreferens minősítést, és párhuzamosan bekerülnek a Világítástechnikai Társaság ajánlott villanyszerelői közé.

3.5.3. Média kapcsolat

Legfontosabb szakmai média partnerünk természetesen az Elektrotecnika folyóirat, amelyben Világítástechnika rovat is van. Kiváló kapcsolatot ápolunk az Electro Instalateur-ral, amely folyóiratban tagjaink is rendszeresen publikálnak. A Villanyszerelők lapjával is jó a kapcsolat, valamennyi rendezvényünket meghirdetik.

A rádió hullámhosszán is hallatják hangjukat tagjaink. A TREND FM, az Infó rádió, a Karc Fm, és a Kossuth rádió hullámhosszán is többször magyaráztuk a LED-k alkalmazásának problémáit, a takarékosság buktatóit.

Tartunk sajtótájékoztatót is pl. a Fény Nemzetközi Napja alkalmából, ahol Dr. Sós Gábor az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottsága főtitkára ismertette a Fény Nemzetközi Napja meghirdetését

23. ábra. Az UNESCO MNB főtitkára a sajtótájékoztatón.

4. Senior klub

A VTT korfája erősen a szépkorúak felé tolódott el, ezért a fiatal, aktív nyugdíjasok megalakították a Senior klubot, amely lehetőséget ad közös programok-

ra, kirándulásokra. A Senior klub első nagyobb rendezvénye 2018. szeptember 28-29-én a Pécs - Harkány kirándulás volt. A fő program Pécsen a Zsolnay negyed kiállításainak, a gyár és családtörténet, látvány manufaktúra megtekintése volt. Megcsodáltuk a páratlan Gyugyi gyűjteményt, melyet egy Amerikába szakadt hazánkfia gyűjtött és adományozott szülőföldjének. Szakmabeliként - villamos mérnök - a Westinghouse-nál dolgozó kutatás-fejlesztés vezetője volt. Gyűjteménye alkotja a „Zsolnay Aranykora" kiállítást, mely a cég legszebb alkotásait, köztük még lámpákat is felvonultat.

24. ábra. A Zsolnay lámpatest

5. Székhelyünk és adminisztrációnk

A Világítástechnikai Társaság székhelye Budapest Árpád út 67. A székházat az elmúlt évben kifestettük és tervbe vettük a világítási „mennyezet" megújítását, mert az oda felszerelt lámpatestek a 20 évvel ezelőtti állapotot tükrözik. Természetesen néhány lámpatestet meg kell tartani, hogy az ifjabb nemzedékek lássák azt is honnan hova fejlődik a világítástechnika.

Szeretnénk a hajdan volt (ld Szekeres Sándor cikkét) architektúra termet újra gondolva megvalósítani.

2017. második felétől a titkárság vezetői pozícióját Kiss Éva tölti be. Rögtön az elején igen nagy kihívással kellett megbirkózni a LED konferencia helyszínváltásával. A debütálás kiválóan sikerült és azóta is nagyon jól helytáll. Köszönet érte.

6. Kitekintés

2019. május.

Már szervezés alatt az L. Közvilágítási Ankét. Dátuma: 2019. május 16-17., helyszín Hajdúszoboszló. Az Ankét első napja a Fény nemzetközi napjára (Day of Light) esik. Ezt az ünnepet a VTT kezdeményezésére a CIE támogatásával az UNESCO hirdette meg 2017-ben. Az első alkalom tehát 2018.május 16 volt, amikor is a médiában is hírt kapott. Ezen a napon a VTT sajtótájékoztatót is tartott. (23. ábra) A 2. alkalomra pedig az L. Közvilágítási Ankéttal készülünk.

CIE ügyek

– Dr. Poppe András, Dr. Nagy Balázs Vince –

A CIE (Commission Internationale de l'Eclairage - Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) Magyar Nemzeti Bizottsága (CIE MNB) a MEE VTT állandó munkabizottsága keretén belül működik, jelenlegi vezetője dr. Poppe András egyetemi docens, a BME Elektronikus Eszközök Tanszéke tanszékvezetője.

A CIE jelenlegi tisztségviselői a következők:

A CIE elnöke *(president of CIE)*	Yoshihiro Ohno (USA)
Megválasztásra javasolt elnök *(President Elect)*	Peter Blattner (Svájc)
Tudományos ügyekért felelős alelnök *(Vice-President Technical)*	Erkki Ikonen (Finnország)
Publikációkért felelős alelnök *(Vice-President Publications)*	Ronnier Luo (Nagy Britannia)
Szabványosításért felelős alelnök *(Vice-President Standards)*	Ad de Visser (Hollandia)
alelnök	Grega Bizjak (Szlovénia)
alelnök	Yiping Cui (Kína)
alelnök	Yoshiki Nakamura (Japán)
alelnök	Lorne Whitehead (Kanada)
titkár	Teresa Goodman (Nagy Britannia)
kincstárnok	Richard Distl (Németország)
általános titkár, a CIE Központi Iroda vezetője	Kathryn Nield (Újzéland)

A CIE divíziók 2015. és 2019. közötti vezetésére a közgyűléstől az alábbi kollégák kaptak megbízást:

Div 1	Látás és szín *(Vision & Colour)*	Youngshin Kwak (Dél Korea)
Div 2	Fény és sugárzás mérés *(Physical Measurement of Light & Radiation)*	Peter Blattner (Svájc)
Div 3	Belsőtéri világítás és tervezés *(Interior Environment and Lighting Design)*	Jennifer Veitch (Kanada)
Div 4	Közlekedési és kültéri alkalmazások *(Transportation and Exterior Applications)*, 2017 októberétől, a korábbi 4. és 5. divízió összevonása után	Dionyz Gasparovsky (Szlovákia)
Div 6	Fotóbiológia és fotokémia *(Photobiology and Photochemistry)*	John O'Hagan (Nagy Britannia)
Div 8	Képi technológiák (Image Technology)	Po-Chieh Hung (Japán)

A CIE MNB struktúrája a CIE divíziók szerkezetét tükrözi. Az egyes részterületek vezetői egyben Magyarország képviselői a megfelelő CIE divíziókban, a következők szerint:

- **1. divízió:** Dr. Nagy Balázs Vince, egyetemi docens (BME, Gépészmérnöki Kar, MOGI Tanszék, e-mail: nagyb@mogi.bme.hu)
- **2. divízió:** Dr. Csuti Péter, tudományos munkatárs (Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, VIRT Tanszék e-mail: csuti.peter@virt.uni-pannon.hu)
- **3. divízió:** Dr. Filetóth Levente, egyetemi docens (BME, Építészmérnöki Kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, e-mail: lfiletoth@yahoo.com
- **4. divízió:** Schwarcz Péter, a VTT alelnöke (MEE VTT / Tungsram, e-mail: schwarcz.peter@vilagitas.org)
- **6. divízió:** Dr. Csík Gabriella, egyetemi docens (SOTE, Általános Orvostudományi Kar, Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet, e-mail: csik.gabriella@med.semmelweis-univ.hu)
- **8. divízió:** Dr. Samu Krisztián, egyetemi docens (BME, Gépészmérnöki Kar, MOGI Tanszék, e-mail: samuk@mogi.bme.hu)

CIE időközi ülés 2017

2017. október 20. és 28. között került megrendezésre a CIE két session közötti ún. mid-term session-je (a négyévenként esedékes tisztújító közgyűlések közötti összejövetel) és az ehhez kapcsolódó tudományos konferencia a Dél-Koreai Köztársasághoz tartozó Jeju szigetén. Az eseményt a CIE Általános Közgyülésének (General Assembly, röviden: CIE GA) ülése nyitotta, amelyen Magyarországot dr. Poppe András, a CIE MNB elnöke képviselte.

A CIE vezetőségének a kezdeményezésére, az egyes nemzeti bizottságok 2017. márciusi szavazatai alapján a CIE korábbi 4. és 5. divíziója összeolvadt. A jeju-i időközi közgyűlésen az új, egyesített 4. divízió elnöki megbízását szlovákiai kollégánk, Dionyz Gasparovsky vette át. Az összeolvadás révén megszűnt 5. divízió vezetése elismeréseképpen Schwarcz Péter a CIE vezetőségének elismerő oklevelét kapta. Ezt a CIE GA ülésén Poppe András vette át Yoshi Ohnotól, a CIE elnökétől. További CIE elismerő oklevelet kapott Hirschler Róbert és Poppe András a CIE egyes műszaki bizottságaiban végzett aktív munkájukért és ezen műszaki bizottságok jelentéseinek elkészítésében vállalt aktív szerepükért.

A CIE GA ezen ülésén a CIE leendő új elnökének (president elect) jelölték Peter Blattnert, a CIE 2. divíziójának jelenlegi vezetőjét.

Az eseményhez az 1. és 2. divízió ülése is csatlakozott. Az 1. divizió ülésén Magyarországot Nagy Balázs Vince képviselte, a 2. divízió ülésén Csuti Péter nemzeti képviselő helyetteseként Poppe András képviselte hazánkat. A 2. divízió éves ülésén Poppe András felkérést kapott egy új, a LED mérések szabványosításával kapcsolatos munkabizottságban való részvételre.

A mid-term session-höz kapcsolódó tudományos konferencián jelentős, de a korábbi évekhez képest mégis visszafogottabb magyar részvétel volt: egy szóbeli plenáris előadás hangzott el (BME-EET), és három prezentált poszter (BME-EET, BME-MOGI, PE) és két normál poszter (BME-MOGI) került bemutatásra. Ezek rendre a következők voltak:

- Hegedüs, J., Horváth, P, Szabó, T., Szalai, A., Poppe, A., A NEW DIMMING CONTROL SCHEME OF LED STREETLIGHTING LUMINAIRES BASED ON MULTI-DOMAIN SIMULATION MODELS OF LEDS IN ORDER TO ACHIEVE CONSTANT LUMINOUS FLUX AT DIFFERENT AMBIENT TEMPERATURES

- Poppe, A., Farkas, G., Szabó, F., Joly, J., Thomé, J., Yu, J, Bosschaart, K, Juntunen, E., Vaumorin, E., di Bucchianico, A., Merelle, T., INTER LABORATORY COMPARISON OF LED MEASUREMENTS AIMED AS INPUT FOR MULTI-DOMAIN COMPACT MODEL DEVELOPMENT WITHIN A EUROPEAN-WIDE R&D PROJECT
- Dubnicka, R., Lipnicky L., Gasparovsky, D., Csuti, P., Szabó, F., COMPARISON OF GONIPHOTOMETRIC METHODS FOR OLED
- Nagy, B.V., Gilman, S., Ventura, D.F., CHROMATIC FACTORS OF BRIGHTNESS MATCHING BETWEEN COMPUTER DISPLAY AND AMBIENT ILLUMINATION
- Robert Hirschler, AN OVERVIEW OF AIC ACTIVITIES AND PLANS FOR THE FUTURE
- Ágnes Urbin, Balázs Vince Nagy, Klára Wenzel, CHROMATIC DISCRIMINATION UNDER DIFFERENT STATES OF CHROMATIC ADAPTATION

Egyéb CIE események

Az egyes CIE divíziók és egyes CIE nemzeti bizottságok a kétévenkénti CIE közgyűlésekhez kapcsolódó konferenciák között is számos workshop-ot és kisebb konferenciákat is szerveznek. Az elmúlt időszak ilyen eseményei közül a jelentősebbeket (feltüntetve az esetleges magyar vonatkozást is) az alábbiakban közreadjuk:

- CIE 2018 SMART LIGHTING CONFERENCE and Colour Vision and Healthful Lighting Tutorials; Taipei (Tajvan), 2018. április 24-28:
- A konferenciára elfogadták a Pannon Egyetem munkatársainak közleményét.
- A CIE 4. diviziójának ülése és workshopja; Berlin, 2018. május 22-24:
- Ezen az eseményen a Pannon Egyetem munkatársai vettek részt Magyarországról

A CIE 2. diviziójának ülése és workshopja; Eindhoven, 2018. június 12-15:

- A divízióülésen Magyarországot Csuti Péter távollétében Poppe András képviselte. A divízió ülése jóváhagyta a TC 2-91 (Optical Measurement Methods of LED Packages and LED Arrays) műszaki bizottság létrehozását, amelynek Poppe András az egyik alapító tagja. A bizottság feladata az, hogy a 2017-ben publikált CIE 225:2017 és 226:2017 dokumentumokból kiindulva a LED-ek optikai mérésére vonatkozó nemzetközi szabványt dolgozzon ki.
- A workshop-on a BME és a Mentor Graphics Magyarország részvételével futó Delphi4LED H2020 ECSEL (NEMZ_16) projekt eredményeiről és 30 perces prezentáció hangzott el.
- Kiemelendő a workshop egyik prezentációja, amely az ún. "alphaopic" látással kapcsolatos műszaki bizottsági jelentésről (CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light - "Methods and principles to define light for responses beyond vision") szólt. E műszaki bizottsági jelentés alapján készült el a CIE S 026:2018 jelű, hasonló című szabvány, amely 2018. szeptemberében jelent meg.

LS16 (Light Sources) Konferencia, Sheffield, 2018. július 17-22:

- A konferencián a BME és a Mentor Graphics Magyarország részvételével futó Delphi4LED H2020 ECSEL (NEMZ_16) projekt eredményeiről egy meghívott előadás hangzott el.
- CIE Expert Tutorial and Workshop on Research Methods for Human Factors in

Lighting; Koppenhága 2018. aug. 13-14:
- A fent említett CIE S 026:2018 jelű szabványról és az annak hátteréül szolgáló műszaki bizottsági munkáról számoltak be az érintett műszaki bizottsági tagok az érdeklődőknek.
- CIE Tutorial and Practical Workshop on CIE S 025: LED lamps, LED luminaires and LED modules; Moszkva, 2018. november 5-7

Kitekintés 2019. évi CIE eseményekre

- CIE Expert Tutorial and Workshop on Research Methods for Human Factors in Lighting; Eindhoven 2019. március 14-15:
- A fent említett CIE S 026:2018 jelű szabványról és az annak hátteréül szolgáló műszaki bizottsági munkáról számolnak be az érintett műszaki bizottsági tagok az érdeklődőknek.
- CIE 2019 29th Quadrennial Session; Washington DC, 2019. június 14-22:
- A CIE szokásos, négyévenkénti tisztújító közgyűlése, divízióülések, műszaki bizottsági ülések és az eseményhez kapcsolódó tudományos konferencia. (A konferenciára szánt tudományos közlemények kivonatainak beküldési határideje 2018. december 21. volt.)
- A CIE honlapján megtalálható azon kollégák névsora, akik a washingtoni tisztújító közgyűlés jelöltjei: http://www.cie.co.at/news/cie-officers-commission-2019-2023

A CIE MNB honlapja, kapcsolattartás

A CIE Magyar Nemzeti bizottságának honlapja a www.cie.hu címen érhető el. Az új honlap küllemében illeszkedik a CIE megújult honlapjának (www.cie.co.at) arculatához. A CIE munkájában való részvétel iránt érdeklődő kollégák jelentkezését dr. Poppe András elnök várja az elnok@cie.hu elektronikus levélcímen.

A CIE MNB honlapján megtalálható az egyes magyar divízióvezetők neve és elérhetősége is (lásd fent is), akik szintén örömmel fogadják a CIE munkájában részt venni szándékozó kollégák jelentkezését és örömmel állnak rendelkezésre mindenki számára, aki az egyes divíziók munkájával kapcsolatos további részletek iránt érdeklődik.

90 éve van a világítástechnikának önálló intézménye

– Szekeres Sándor –

„Aki a múltat nem ismeri, az a jövőt nem érdemli. Azért akarjuk a múltunkat megismerni, hogy méltók legyünk a jövőre és a múlt hibáiból tanuljunk, erényeiből pedig erőt meríthessünk."

Kicsit megkésve szeretnénk vissza emlékezni arra az elmúlt 90 évre, amely idő alatt a hazai világítástechnikai szakma igyekezett a világítástechnikai ismereteket terjeszteni a szakemberek és az egész lakosság körében.

A Világítás technikai évkönyv 2002–2003 nyitó cikke, dr. Horváth József: 75 éves a Világítástechnikai Állomás, ünnepi megemlékezés, avagy nekrológ? címmel tekintett vissza a szakma fellegvárára. Akkoriban szerveződött a mai Világítás Háza létrehozására a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány. Jelen cikknek nem is a 90 éves évforduló, hanem a sokat visszasírt Architektúra-terem kialakításának napirendre kerülése adja az apropót, Ez felveti a visszatekintés gondolatát is. A hivatkozott cikk kiemeli a terem jelentőségét. Ma már nem találtam olyan kollegát, akinek részletes ismerete lenne, ennek a létesítménynek a pontos műszaki tartalmáról. A megmentett műszaki dokumentáció nem tartalmaz leírást a 120 megjeleníthető effektus mibenlétéről és működtetéséről. Én magam is csak egy, vagy két alkalommal vettem részt bemutatáson, amely lenyűgöző volt. Szerettem volna rátalálni anyagra, egyelőre sikertelenül. A kutatásnak mintegy mellék termékeként viszont a korabeli újságokból, folyóiratokból kirajzolódott a Világítástechnikai Állomás története. A mottó szellemében, szeretném ezt megosztani.

1. ábra. Az első állomás, József krt. 6.

A létesítés előzménye egy kormányjelentésben olvasható, miszerint a Magyar Kereskedelemügyi Minisztérium a Magyar kir. Technológiai és Anyagvizsgáló Intézete „Kiállítási csarnokának egy részét a Világítástechnikai Állomás céljaira engedte át, amely állomása korszerű elektromos világítás propagálására szolgál." A nevezett intézmény a József körút 6 alatt található, amely manapság az Óbuda Egyetem Bánki Donát épületének körúti része, de más intézmények pl. a Nemzeti Fogyasztóvédelem is itt működik.

A Világítástechnikai Állomás megnyitóját 1927. október 7-én, este nagyon-nagy sajtó figyelem övezte. Ez annak is köszönhető, hogy Európában Berlin után, másodikként nyílt ilyen intézmény.

A beszámoló napi lapok: Pesti Hírlap, Budapesti Hírlap, Az Est, Újság és Népszava. A folyóiratok között néhány egészen érdekes szaklap is szerepel a több-kevesebb tudósítást közlők sorában. Az Elektrotechnika folyóirat részletesen beszámol az Állomás

létrehozásának előzményéről és a megvalósításában résztvevő cégekről, személyekről. Közgazdasági Értesítő a címoldalon részletesen taglalja az állomás gazdasági jelentőségét. Rövid tudósítások voltak a Magyar Ipar, Magyar Mérnök és Építész-Egylet közlönyében. A Villámfelszerelők és Műszerészek lapja már az állomás megnyitása előtt bő oldalas cikkben hívja fel a villanyszerelők (villámfelszerelők!) figyelmét a majdan szakmai ismerteket adó, tervezett tanfolyamokra. Az egyes szakmák folyóiratai például az Asztalosmesterek Lapja hangsúlyozza a világítás jelentőségét „Az eseti balestek nagy zöme az elégtelen világítás során következik be." A Műszaki Lap az állomás első vezetőjének két hasábos cikkét közli. „A világításgazdálkodás jelentősége az elektromos iparban." az állomás megnyitása előtt október 1-én.

2. ábra. Az igazi otthon, Eötvös u. 11/a

Az Állomás feladatait a Magyar Gyáripar című folyóirat részletezte.

„A modern világítástechnika célja az okszerű fénygazdálkodás melynek keretében az eddiginél jobb és gazdaságosabb világításra kell törekednünk. A modern ember mintegy 2000 órát tölt évente mesterséges világítás mellett és ezért szükséges, hogy a világítástechnikai kérdések az eddiginél fokozottabb mértékben részesüljenek figyelemben." Folytatva „… népszerűsítése nemzetközi mozgalom, amelyből nekünk is ki kell vennünk a részünket, ha nyugati külfölddel lépést kívánunk tartani." …"világítás megjavítása és gazdaságosabbá tétele érdeke az iparnak, a kereskedelemnek, a magánháztartásoknak és a köznek egyaránt." Az állomás létrejöttét a Magyar Villamos Művek Országos Szövetsége (MVMOSZ) szervezésében a Budapest Székesfőváros Elektromos Művei, a Tröszt, az Izzólámpagyárak támogatták. Az Elektrotechnika [3] személy szerint kiemeli Pfeiffer Ignác ny. műegyetemi tanár, Pillitz Dezső vegyészmérnök (ő lett az állomás vezetője) valamint Szalay Antal műépítész nevét, akik az állomás tervezését végezték és a szerelést irányították. Az Állomás főmérnöke Zipernovszky Ferenc lett.

Az Állomás működéséről az említett Évkönyvi cikket azzal szeretném kiegészíteni, hogy a napilapokban és folyóiratokban folyamatosan szerepeltek hirdetések, hírek az Állomás előadásairól. Nem elrettentésnek szánom, de az Arcanumon 1927-1939 közt 738 db hírlapi, ágazati szakmai lap 194 db, építé-szet 29 db válogatható le. Egészen meglepő szakmák (a szaklapok közt szerepel: asztalos, drogista, illatszerész, lábbeli készítő, molnár, nemesfémipari, építész stb.), még mezőgazdasági szakembereknek is rendeztek tanfolyamot az Állomáson. A hirdetésekből, tudósításokból megállapítható, hogy hangsúlyozták a megfelelő munkahelyi világítás balesetvédelmi szerepét. Nagy figyelmet szenteltek a kirakat világítás oktatására, kiemelve a vevőkre gyakorolt hatását. A villanyszerelőknek előadás

sorozatot rendeztek, melyet a nagyszámú hallgatóság miatt két párhuzamos csoportban kellett tartani. Az előadások közt szerepeltek kifejezetten a lakosság részére szóló témakörben: „Hogyan világítsunk?" „A világítás jelentősége a háztartásban" „Csillárt vásároljunk karácsonyi ajándéknak".

Nemcsak Budapesten, hanem számos vidéki városban (Pécs, Miskolc, Szeged, stb.) is tartottak vetített képes előadást. Az e korból megmentett diák a VTT gyűjteményében megtalálhatók. A sok használat és az idő vasfoga megtette a magáét, digitális megmentésükről a 2016-2017 Évkönyvben jelent meg közlemény.

A Világítástechnikai Állomás minden lehetőséget kihasznált a világítástechnikai szakma korszerű és szakszerű ismereteinek terjesztésében. 1929. február 23-án megalakította az Országos Világítástechnikai Bizottságot (OVB, a mai VTT elődjét) megválasztották a tisztségviselőket - elnök dr. Pogány Béla egyetemi tanár - és jóváhagyták az OVB szabályzatát.

A befogadó intézménnyel nem volt felhőtlen a kapcsolat. az 1930. június 12-én az MVMOSZ közgyűlésen a beszámolóban szóba kerül a kilakoltatás veszélye. Mindez, annak ellenére, hogy a szakma nemzetközi események színhelyévé tette a befogadó intézményt. Számtalan eseményt kezdeményeztek és rendeztek. Többek közt karácsonyi díszvilágítást, - frankfurti és a többi német város „Lichtfest" példájára - a fényhét alkalmából. Megrendezték az Edison emlékülést az izzólámpa feltalálásának ötvenedik évfordulóján. Az évzáró ülésen elhangzott: „Amilyen örvendetes az a munkakészség, amellyel a Világítástechnikai Állomás vezetősége a maga elé kitűzött feladatokat megvalósítani igyek-szik és amilyen eredményes ez a működés, annyira sajnálatos az a nem éppen barátságos magatartás, melyet az illetékes faktorok az Állomás elhelyezkedésének kérdésében tanúsítanak." Kiderül, hogy a kereskedelmi miniszter csak ősszel dönt az Állomás sorsáról. Minden esetre a jelek arra utalnak, hogy maga az intézmény szeretné kitúrni az Állomást. A fellehető anyagból nem derül ki, hogy pontosan mikor kezdődött az áthelyezés, továbbiakban is tartottak előadásokat, tanfolyamokat. Az MVMOSZ közgyűlésének résztvevői, 1930. november 24-én, még a József körúti Állomáson hallgattak előadást.

Az Eötvös utcai új Világítástechnikai Állomást 1931. május 4-én tartott Országos Világítástechnikai Bizottság ülése után mutatták be. Erről az eseményről a Budapesti Hírlap és a Népszava azonos szövegű cikkben számol be: „A nagy figyelemmel meghallgatott előadások után a megjelenteknek Pillitz Dezső az állomás vezetője bemutatta az új Világítástechnikai Állomás berendezéseit. A megjelentek köszönetüket nyilvánították a Tungsram művek igazgatóságának,

— (A Világítástechnikai Állomás díszülése.) A jelenleg ittartózkodó külföldi kiváló világítótechnikusok tiszteletére a Világítástechnikai Állomás szerdán este díszülést tartott, amelyen az elnöklő Zipernovszky Ferenc műszaki igazgató angolnyelvű előadásban ismertette az állomás eddigi működését és elért eredményeit. Ezt követőleg Seeger dr. (Berlin) az európai országok világítási energiafogyasztásáról, majd Geiss dr. (Hollandia) az izzólámpák minősége, a hálózati feszültségszabályozás és a világítás közötti kapcsolatokról értekezett. A külföldi szakférfiak meleg elismeréssel nyilatkoztak a Világítástechnikai Állomás munkásságáról, de különösen nagy sikert aratott az állomás most elkészült fényarchitektura-bemutatóterme, amely a külföldi vendégek megállapítása szerint jelenleg egyedülálló Európában. Az ülésen, amelyen a hazai közgazdasági és mérnöktársadalom számos előkelősége is résztvett, végeredményben az a felfogás domborodott ki, hogy a világítási szükségletben a közeli évek folyamán további növekedés várható, ami elsősorban a villamosipar foglalkoztatására fog kedvezően kihatni.

3. kép. Újsághír

azért az áldozatkészségért, hogy hajlékot adott az intézetnek és költséget, fáradtságot nem kímélve az állomás felszerelését a legtökéletesebb módon oldotta meg, úgy, hogy nemzetközi viszonylatban is párját ritkítja." A sajtótudósítások és a megőrzött vendégkönyvek arról tanúskodnak, hogy az állomás a hazai világítástechnika központjaként széles körben adott ismereteket a korszerű világításról. Fontos dokumentum az 1934-ben könyv alakban is megjelent elnöki beszámoló. Érdemes kiemelni néhány adatot: Iparostanonc iskolában 47 előadás, összes előadás 186 a résztvevők száma 18000! (nem elírás, tizennyolcezer). Tizenhat alkalommal tartottak vidéki előadást. A fejlődéssel lépést tartva az Állomás korszerűsítése is megtörtént.

A korszerűsítés ideje alatt a Elektromos Művek Honvéd utca 23 alatti előadó termében tartottak előadásokat, tanfolyamokat 1936 elején. A korszerűsítésnek időszerűséget adott az 1936-ban megrendezett konferencia. A három napos, május 10-13 közti konferencia időpontja, egybe esett a Budapesti Nemzetközi Vásárral is. Valamint a IFK (Internationale Installatiosfragen Komission, villamos szerelvények és szerelési anyagok szabványosításával foglalkozó) nemzetközi bizottság egy hetes (május 7-13) konferenciájával. Így széles nemzetközi körben nyílt lehetőség a modernizált Világítástechnikai Állomás és ezen belül az architektúra terem bemutatására. Meglepően sok közlés jelent meg a napi-lapokban és folyóiratokban. Az Újság, Budapesti Hírlap és az Esti Kurír a következő közleményt hozta le. (A Világítástechnikai Állomás díszülése.) „A jelenleg itt tartózkodó külföldi kiváló világítás technikusok tiszteletére a Világítástechnikai Állomás szerdán este díszülést tartott, amelyen az elnöklő Zipernovszky Ferenc műszaki igazgató angol nyelvű előadásban ismertette az állomás eddigi működését és elért eredményeit. Ezt követőleg Seeger dr. (Berlin) az európai országok világítási energia fogyasztásáról, majd Geiss dr. (Hollandia) az izzólámpák minősége, a hálózati feszültség szabályozás és a világítás közti kapcsolatokról értekezett. A külföldi szakférfiak meleg elismeréssel nyilatkoztak a Világítástechnikai Állomás munkásságáról, de különösen nagy sikert aratott az állomás most elkészült fény-architektura-bemutató terme, amely a külföldi vendégek megállapítása szerint jelenleg egyedül álló Európában."

A Pesti Napló és a 8 Órai Újság cikkében olvasható, hogy az Egyesült Izzó meghívására látogattak a résztvevők Budapestre és a létesítményt a hangzatos Tungsram-palota névvel illetik. A Magyarország című napilap odáig megy, hogy idézőjelbe téve a cikk címét „Budapest kivilágítása a legtökéletesebb a világon" . A két földrész, Európa és Amerika szakemberei jártak a Nemzetközi Vásáron, ahol a kivilágított szökőkutat is megnézték. Jártak a Gellérthegyen a Sziklakápolna világítását, a Gellért szobor alatti vízesés és a Citadella, Halászbástya és a királyi vár világítási effektusait vették sorra. A program része volt az ügetőpálya világításának megnézése is, melyről megállapították, hogy Európa legegyenletesebben és legjobban megvilágított sporttelepe.

A következő évben 1937-ben, ünnepelte az Állomás 10. éves megnyitását egy nagyszabású ünnepséggel. Ehhez az eseményhez kapcsolódik a Tér és Forma folyóiratban megjelent Zipernovszky Ferenc: A mesterséges világítás tíz éve cikk, amely összefoglalja a tíz éves működést. Ebben a korban a világítástechnikai ismeretek terjesztésére nagy szükség volt – ma sem ártana – és ebben az időben az előadások kínálták a legjobb lehetőséget. A beszámolóból megtudjuk: „Az Állomás évenkénti látogatóinak száma 15.000 és 20.000 között váltakozik. Ebbeli csúcsteljesítményét 1937-ben érte el, mely évben a megtartott előadások száma 222 volt. Ugyanezen esztendőben lépte át az Állomás előadótermének küszöbét annak százezredik hallgatója." Kiemeli továb-

bá az építészek számára fontos arcihtectura termet: „ A hazai építésztársadalom figyelme azonban különösen azóta fordul az Állomás felé, amióta a két esztendővel ezelőtt az Állomáson létesített fényarchitekturaterem ismertté vált. Ebben az aránylag kisméretű helyiségben közel száz oly fényhatás mutatható be szemléltető módon, amely fényarchitektonikus vonatkozásaiban, valamint dekoratív világítási téren rendkívül sok hasznos gondolatot tár az építész elé. A Világítástechnikai Állomás fényarchitekturaterme az első ily alkotás a világon és ennek a körülménynek tudható be, hogy oly sok külföldi látogatója van."

4. kép. Edison

Az arcihtectura terem nagy büszkesége a szakmának, amint A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye írja: „Külön ki kell emelnünk, hogy milyen óriási sikert aratott a külföldi szakemberek körében az Állomás fényarchitektura bemutatóterme, amely Zipernovszky Ferenc személyes alkotása. Nem kis büszkeséggel állapíthatjuk meg, hogy az Állomás nemzetközi viszonylatban is úttörő munkát végzett, amidőn fényarchitektura bemutatóterme létesítésével megelőzte az összes európai államokat. Ennek legjobb bizonyítéka az, hogy az elmúlt évben igen nagy számmal látogatták meg külföldi szakférfiak az Állomás fényarchitektura bemutatótermét, melynek értéke, többek között, éppen új-szerűségében rejlik. E bemutatóterem tehetővé teszi a világítás dekoratív és architektonikus hatásainak kis helyen való bemutatásait és az ügyesen összeállított, tanulságos és művészi megoldási példáival sok új gondolatot ad a tervező építésznek és lakásberendezőnek." A sikert az is mutatja, hogy Zipernovszky Ferencet hasonló külföldi létesítmény tervezésére is felkérték. Az Állomás működésére a háború is hatással volt, erről tanúskodik az egyik 1941-es kiadvány és a kapcsolódó előadások „Világítástechnikai alapismeretek különös tekintettel a légoltalmi elsötétítésre. E címmel sok ábrával és táblázattal tarkított könyv jelent meg a Világítástechnikai Állomás kiadásában." adja hírül az egyik lap. 1942-ben ünnepelték a hatvan éves izzólámpát, talán ezzel függ össze, hogy a General Electric egy Thomas Alva Edison-ról mintázott mellszobrot adott át az Állomásnak.

Az Állomás működéséről még 1944 augusztusában is találtam adatot, amikor egy könyv kiadásáról adnak hírt: „A Világítástechnikai Állomás kiadásában most jelent meg Longauer Ferenc cégvezető főmérnöknek »A fénygerjesztés fejlődéstörténe-

te« című 47 nyomtatott oldalra terjedő" tanulmánya.

A II. világháború feldúlta a teljes magyar ipart és gazdaságot, így a Világítástechnikai Állomás működése is leállt. A működtető Egyesült Izzó számára a fennmaradás volt a tét. Így az első jelek az ébredésről a Népszabadság 1959-ben írja: „Szükséges volna Budapesten és nagyobb vidéki városokban is világítástechnikai tanácsadó állomások létesítése, ahol szakemberek segítenék a lakosságot minden, a lakás világításának berendezésével foglalkozó kérdésben. Újjá kellene szervezni a régebben jól működött Világítástechnikai Állomást, hogy ott előadássorozatokkal és bemutatókkal oktathassák az érdekelteket." Valóban megkezdődött az újra élesztés Gács Ferenc vezetésével. „A százszemélyes bemutatóteremben 30-as évek valamennyi világító alkalmatossága, értékes műszerek, táblázatok, eszközök porosodnak." adja hírül a Népszabadság.

A további években nem sikerült visszaadni régi „fényét" a Világítástechnikai állomásnak, legalábbis nem kapott akkora sajtó visszhangot, de az előadások számának csekély mennyisége is ezt mutatja. Egy területen volt mozgalom, amely éveken keresztül az érdeklődés központjában szerepelt, az iskola-világítás. Az Állomás vezetője Debreceni Gábor nagyon sok energiát szánt a helyes iskolai világítás minél szélesebb körben történő bevezetésére. A VTT gyűjteményében őrizzük az Állomás teljes körű felújításának terveit, melyet 1968-ban készítettek. Emlékezetem szerint, ez a terv csak részben teljesült.

A történet fonalát innen már az írás elején hivatkozott 2002-2003 Évkönyvünkben dr. Horváth József cikke írja le. Csak egyetlen érdekesség a Népszabadság cikke: „A tegnapi avatáson átadták a Váci úti központban a GE budapesti világítástechnikai intézetét, amelyet Pollich Jánosról neveztek el. A Tungsram a 30-as évek óta a budapesti Eötvös utcában működtette a világtechnikai állomást, amely az egész hazai szakma központja volt. Pollich János két éven át, haláláig küzdött azért, hogy az állomás fennmaradhasson. A GE tavaly decemberben bezárta az Eötvös utcai állomást, s annak anyagából nyílt meg a Váci úti központ." Ez a létesítmény nem vált otthonává a világítástechnikai szakmának oly-annyira, hogy azt sem tudom létezik-e még.

IRODALOMJEGYZÉK:

Dr. Horváth József: 75 éves a Világítástechnikai Állomás, Világítástechnikai Évkönyv 2002-2003 (5. p.)

Statisztikai évkönyv 1927 Kormányjelentés. Minisztériumok működése. 5. M. kir. kereskedelemügyi minisztérium (A_B_66. p.)

Elektrotechnika. 1927. évfolyam 21-22. szám (182. p.)

Magyar Gyáripar, 1927 18. évfolyam, 10. szám (34-35 p.)

Eberszkom Lajos, Nádas József Világítástechnikai Évkönyv 2016-2017, (237-246 p.)

Víz és Világítás 1929, 6. évf. 5. sz. (81-82. p.)

U.o. 1930 7. évf.13-14. sz. (117. p.)

U.o. 1930 7. évf. 6-7. sz. (14-15. p.)

U.o. 1931. 8. évf. 21-22. sz. (155-157. p.)

Budapesti Hírlap, (51. évf. 104. sz. 1931-05-09; Népszava, 59. évf. 104. sz. 1931-05-09)

Világítástechnikai Állomás működése és a világítástechnika általános fejlődése1933/34-ben. Írta: Zipernovszky Ferenc. Budapest 1934. VTT könyvtárban.

Budapesti Hírlap, 56. évfolyam, 1936-05-15 112. sz. 19. p.)

Pesti Napló, 1936. 87. évf. 110. sz.

8 Órai Ujság, 1936. 22. évf. 111. sz. 8. p.

Magyarország, 1936. 43. évf. 111. sz.

Tér és forma, 1938 XI. évfolyam, 5. sz. (168-172. p.)

A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye 71. évf. 49-50. sz. Egyleti közlemények, 352. p.

Villámfelszerelők, Műszerészek és Látszerészek Lapja, 31. évfolyam, 1941-09-10 9. sz. 9. p.

U.o. 34. évfolyam, 1944-08-10 / 8. sz. 8. p.

Népszabadság 1959. 17. évf. 1959-03-07 56. sz.

U.o. 1960. 18. évf. 1960-01-26 21. sz. 6. p.

U.o. 2002. április 60. évf. .2002-04-12. 85. sz.

Borkovits György
1937–2018

Sikeres mérnöki pályafutást követően 2018. december 5-én békésen távozott közülünk Borkovits György, a DÉDÁSZ Rt Fejlesztési Igazgatóságának műszaki fejlesztési szakfőmérnöke, tanácsosa, a MEE szaktanácsadója.

1955-ben, fizikai munkával kezdte pályafutását a Dél-Dunántúli Áramszolgáltató Vállalatnál. Időközben elvégezte a Villamosipari Technikumot, majd kétéves katonai szolgálat után a Budapesti Műszaki Egyetemen erősáramú villamosmérnöki diplomát szerzett. A diploma megszerzéséig a DÉDÁSZ Vállalat szinte minden területén dolgozott, 1964-ben került hálózatfejlesztői munkakörbe. Először a Vállalati Központ Műszaki Fejlesztési Osztályán, átszervezés után a Műszaki Fejlesztési Főosztályán, majd a részvénytársasággá alakulást követően a Fejlesztési Igazgatóságon dolgozott.

Az 1966-ban indult DÉDÁSZ Híradó üzemi lap alapító tagja, szerkesztője és fotósa, számtalan cikk szerzője volt nyugdíjba vonulásáig. 1970-től a MEE tagja, 1977-től műszaki fejlesztési szakfőmérnök, tanácsos.

A Pécsen 1977 óta épülő új lakótelepek közműalagút-közműfolyosós (KAF) villamos hálózatának kialakításában jelentős szerepet vállalt, 1975-ben az akkori NDK-ban (Lipcsében, Halleban, Jena-Lobedaban) egyhetes tanulmányúton szerezte meg az ehhez szükséges ismereteket. 1976-ban a MEE pécsi szervezetének kiírásában szervezett pályázaton „A KAF rendszerű villamosenergia ellátás tervezése, kivitelezése, üzemeltetése." c. pályamunkájával II. díjat nyert. A KAF munkabizottságának vezetője. 1981-be a MEE Debreceni Vándorgyűlésén a „KAF rendszerű villamosenergia ellátás" c. előadásáért MEE Nívódíjban részesült. Hálózatfejlesztői tevékenységének keze-nyomát viseli a mai napig a Balaton déli partjának középfeszültségű kábelhálózata Aligától Balatongyörökig, továbbá Siófok és Keszthely városok „szépen" kialakított elosztóhálózatai.

A közvilágítás témakörével 1973-tól foglalkozott. 1974-ben elkészítette a „Pécs város korszerűsítése" c. tanulmányt (MEE) a Pécsi Városi Tanács részére. A DÉDÁSZ Rt közvilágítási szakreferense, a MEE Világítástechnikai Társaság „Külső Kapcsolatok Bizottsága" szakbizottság tagja, valamint a MEE pécsi szervezete közvilágítási munkabizottságának vezetője.

Az Ipari Minisztérium kiváló dolgozó címmel tüntette ki. Jelentős szerepet vállalt az 1987-ben készült „Pécs város közvilágításának fejlesztése" c. MEE tanulmány készítésében (Ütemezett nátriumosítási program a közvilágítási számla csökkentése érdekében). A közvilágítási témában hazai és nemzetközi konferenciákon számos előadást tartott, amelyeket saját fotóival illusztrált (I. Nemzetközi Világítástechnikai Ankét – Berlin 1989, LUX EUROPA – Edinburgh 1993, Right Light – Arnhem 1993, Bath 1996)

1991-ben a DÉDÁSZ Rt Alkotói Díjban részesítette. A szakmai zsűri a díj odaítélésekor az alábbi állásfoglalást tette: „Tevékenységével, innovatív magatartásával nagymértékben segítette az elmúlt évek során a vállalat szolgáltatási színvonalának

javítását, a gazdálkodás hatékonyságát, és a műszaki kulturáltságot. Fejlesztési tevékenysége kiemelkedő, munkaköri tevékenységén messze túlmutató."

1993-ban a Schréder Világítástechnikai pályázaton „Pécs, Széchenyi tér köz- és díszvilágítása" pályamunkájával „Schréder Díj 93" díjat nyert.

1995-ben a MEE Kandó díjban részesítette a közvilágítás terén végzett tevékenységéért és az e témában nemzetközi konferenciákon tartott előadásai elismeréseként.

Pályafutása során szívesen osztotta meg tapasztalatait kollégáival, az üzleti partnerekkel, elismert szakembere volt az általa képviselt szakterületeknek, segítségére mindig lehetett számítani.

Nyugdíjba vonulását követően is szakszervezeti tag és MEE tag maradt. Figyelemmel kísérte a szakmai híreket, valamint a fotóművészet fejlődését és követte a jelentősebb kerékpár versenyeket, hiszen az 50-es évek közepén kiemelkedően sikeres kerékpárversenyző, országos bajnok volt.

Kollégái, barátai a mai napig szívesen emlékeznek vissza dia-vetítéssel kísért úti élmény beszámolóira, a György napok finomságaira, színes egyéniségére.

Dr. Borsányi János
1933–2017

1933-ban született Budapesten. 1956-ban végezte el az ELTE vegyész szakát, kémiából doktorált, két évet dolgozott vegyészként, de igazi elhivatottságot a tanítás iránt érzett. Kémia-fizika szakos tanárként 12 évet középiskolában tanított, majd 1970-től a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola (ma: Óbudai Egyetem) adjunktusaként, majd docenseként oktatott.

Pályájának új irányt az adott, hogy 1973-75 közt a Budapesti Műszaki Egyetemen Fényforrás szakmérnöki diplomát szerzett, és fokozatosan kiépítette a Kandón a világítástechnikus képzést. Ehhez ki kellett dolgozni a tantervet, létre kellett hozni a világítástechnikai laboratóriumot, meg kellett írni a tankönyveket, jegyzeteket. Ezek mind az ő szervezőmunkája által váltak lehetségessé. Felismerte, hogy a fényforrások oktatásán túl kell lépni, alkalmazástechnikával, tervezéssel, méréssel kiegészített komplex világítástechnikusi képzést indított, amely a mai napig egyedülálló hazánkban.

A posztgraduális világítástechnikus képzést is ebben a szemléletben indította el, amely a 80-as évek eleje óta és napjainkban is folyik az Óbudai Egyetemen. 1987 és 1993 között intézetének oktatási igazgatóhelyettese volt. Számtalan cikke jelent meg Elektrotechnikában, Elektroinstallateurban és más szakmai folyóiratokban. Tanfolyamokat tartott a GE fiatal mérnökei számára, valamint az Országos Munkavédelmi Továbbképző Intézetben. Két cikluson át volt a Világítástechnikai Társaság oktatással megbízott alelnöke, ebben a minőségében a Mérnökkamara által akkreditált továbbképzéseket szervezett. A MEE szakirodalmi nívódíj bizottságának valamint a MEE Szakdolgozat és Diplomaterv díjbizottságnak hosszú éveken keresztül volt tagja. Munkájáért több ízben részesült elismerésben: Kandó Aranygyűrű, Urbanek-díj, Gergely-Sziráki-díj, MEE Életműdíj, Elektrotechnikai Nagydíj. Egyedülálló iskolateremtő- és vezető képességének köszönhetően a hazai világítástechnikai mérnök és szakmérnök generációk egész sora nőtt fel a kezei alatt. Nyugdíjba vonulását követően is oktatott, még halála előtt a 2017-ben végzős szakmérnököknek is adott órákat. Legendás volt memóriája, felkészültsége, mesélő előadásmódja. Példamutató volt emberként, pedagógusként és szakemberként egyaránt. Nagyon fog hiányozni...

Nádas József

Farkas Árpád
(1948–2017)

Elment a budapesti díszvilágítás egyik atyja, Farkas Árpád, a nagytekintélyű szakértő, sokak tiszteletre méltó szakmai és emberi példaképe, a szeretett kolléga. Sajnos ismét kevesebben lettünk egy nagyon jó kollégával, sokak jó barátjával. FARKAS ÁRPI, így becézve és csupa nagybetűvel, sokak Árpija, a BDK Kft nagyra becsült egyik vezetője, kiemelkedően nagy tudású szakembere távozott közülünk.

Árpi, ahogy a legtöbben szólították, közel húsz évet töltött el a köz-és díszvilágítás szakterületén, itt bővítette villamosmérnöki diplomáját világítástechnikai szakmérnöki fokozattal is. De szívéhez legközelebb a díszvilágítás állt. Csak úgy volt hajlandó elfogadni az üzemvezetői megbízatást, ha a díszvilágítás az ő üzeméhez tartozik. Gyönyörű kiadványt is készített az általa oly nagyon kedvelt díszvilágítási helyszínekről. Egyenes és őszinte ember volt. Kiállt a véleménye mellett akkor is, ha az nem volt népszerű, vagy ellentétben állt sokak elképzelésével, de szakmai meggyőződését mindig megvédte. Ezért is szerették annyira kollégái. A szó legnemesebb értelmében volt Ember, sokaknak jóval több, mint kolléga, igazi jó barát. Jó humorú ember volt, aki mindig a helyénvalót kereste. Nagyon szerette kollégáit! Volt, akit szinte fiaként, lányaként szeretett, nevelgetett, terelgetett a szakmai pályán és támogatott jó tanácsaival a szárnypróbálgatásokban. Tele volt segítőkészséggel, és a szakmaiság mellett mindig volt egy-két emberi szava, gesztusa a kollégákhoz.

Hatalmas veszteség érte a szakmát, és minket is, hiszen egy évvel egykori, a szakterületre őt felvevő volt főnöke, Schiller István távozása után, most már bizonnyal együtt figyelnek minket odaátról. Árpi nagyon szerette a szakmáját, híve volt a minőségi munkának, a magas színvonalú üzemeltetésnek és a kiemelkedően szép, igényes díszvilágítási megoldásoknak. Elkötelezett volt a szakmája, hivatása és a kollégái iránt. Szakma iránti elkötelezettségét mutatta az is, hogy a Világítástechnikai Társaság és a MEE tagságával szoros baráti kapcsolatot ápolt, és rendezvényeiken rendszeresen részt vett.

Árpi, nagyon fogsz hiányozni a szakmából, a közösségből. Emlékedet minden nap őrizzük, bármikor, amikor végig sétálunk az esti Budapest varázslatos látványát élvezve. Búcsúzóul álljon itt egy dalrészlet, amit annyira szerettél, hiszen tudod…

Csak egy kék színű virág,
ennyi a jelünk.
Aki jön, mind barátunk,
és boldog lesz velünk.
Csak egy kék színű virág,
mit a kezedben hozol,
Csak egy kék színű virág,
már hozzánk tartozol.

Isten áldjon Árpi, nyugodj békében!

A BDK Kft dolgozói
és a VTT tagsága

Hoffman Iván
(1947–2017)

Ismét szegényebbek lettünk, eltávozott körünkből Hoffman Iván a HOFEKA Kft. tulajdonosa.

Hoffman Iván 1947-ben született Budapesten. Közlekedésgépészként kezdte pályafutását, de az élet kiszámíthatatlansága a Radelkis Szövetkezethez vezette, ahol a „szamárlétrát" végig járva végül az orvosi műszerek és érzékelők gyártásának irányítójaként tevékenykedett. 1994-ben ismét profilt váltott és az EKA Rt főmérnöke lett, majd 1996-ban megalapította a HOFEKA Kft-t, amely a nagy hagyományú EKA Rt jogutódja. Hoffman Iván az EKA hagyományait folytatva a HOFEKA kft-t néhány év alatt ismét a magyar lámpatestgyártás élvonalába emelte. Megtartotta az EKA eredeti profiljából a nagyfeszültségű távvezeték elemek gyártását is.

Az EKA Rt fénytechnikai laboratóriumát tovább fejlesztette s ma Magyarország egyik legjobb gyári laboratóriuma található itt. Ennek is köszönhető, hogy a HOFEKA Kft lámpatestei többször is Magyar Termék Nagydíjat nyertek.

Jó kapcsolatot ápolt a világítástechnika szakmával, tagja volt a MEE-nek és cége a VTT támogatója is volt.

Az oktatást fontosnak tartotta, ezért mindig örömmel fogadta a BME villamosmérnök hallgatók látogatását és mutatta be büszkén a cég laboratóriumát és fejlesztéseit. AKÖZ-LED pályázaton a Pannon Egyetemmel közösen nyert a HOFEKA kft. Eredményeikről szívesen számolt be a szakmai lapokban.

A közéletben is aktív volt, éveken át Óbudai önkormányzati képviselője volt.

A betegség sajnos korán legyűrte, de haláláig figyelemmel kísérte a HOEKA Kft munkáját és látta el jó tanácsokkal a cég fiatal vezetőit.

A szakma és a gyár mellett felesége, fia és imádott unokái gyászolják.

Kedves Iván, fájó szívvel búcsúzunk, emléked megmarad, emlékedet megőrizzük.

nva

Jáni Józsefné Valika
(1933– 2018)

Ismét gyászol a villamos és a világítástechnikai szakma. Türelemmel viselt rövid, súlyos betegség után október elején örök nyugalomra tért Jáni Valika, a szakma egyik doyenje.

Debrecenben, egy vasutas családban született 1933-ban. A gimnázium idején rendszeresen sportolt, atletizált és kézilabdázott, majd 1951-ben kitűnő érettségivel és egy NB I-es kézilabdás minősítéssel elindult Budapestre.

Vonzotta a mérnöki pálya. Bár először vegyészmérnök szeretett volna lenni, de mégis kíváncsiságból az akkor már önálló Villamosmérnöki Karra felvételizett sikerrel. Az egyetemi tanulmányait jeles eredménnyel, okleveles villamosmérnökként 1956-ban fejezte be.

Szakmai pályafutását az ÉVM Szerelőipari Tervező Vállalatnál – közismert nevén ÉVITERV-nél – kezdte, és 1988-ban onnan is ment nyugdíjba. Nagyon szerette a munkáját és mindig nagy hangsúlyt helyezett arra, hogy szakmailag képezze magát, figyelemmel kövesse a szakma legfrissebb fejlesztéseit, híreit. Kitartás, hihetetlen precizitás, és igényesség jellemezte munkáját.

Büszke volt rá, hogy munkahelyén nagyon szép tervezői feladatokat kapott. Legkedvesebb és legemlékezetesebb munkái voltak például:

– az Országház Munkácsy termének klímával kombinált világítási berendezése,

– sportpálya világítások tervezése (világítástechnikai és energiaellátási tervek készítésében való részvétel, valamint a világítások beállításának terepi munkái),

– közvilágítási típustervek készítése (számítógépes világítástechnikai feldolgozás elindítása),

– Kubában a VIT-re készült dísz- és sportvilágítási tervek készítésében való részvétel, és helyszíni ellenőrzése.

Szakmai pályája kezdetétől – több mint 60 éven át – aktív tagja volt a Magyar Elektrotechnikai Egyesületnek. A 80-as években több éven át volt a MEE Országos Elnökség tagja, a Világítástechnikai Szakbizottság alelnöke, az ÉVITERV MEE Helyi Csoportjának elnöke, valamint a Világítástechnikai Eszközök Munkabizottság vezetője.

Több éven keresztül tevékenykedett az ÉTE Épületvillamossági Szakosztály titkáraként, majd vezetőségi tagjaként.

Évtizedekig aktívan vett részt a Világítástechnikai Társaság, valamint a CIE Nemzeti Bizottságának munkájában is.

Az Elektromosipari Magánvállalkozók Országos Szövetségének – annak 1991-es megalakításától – aktív támogatója és tagja volt.

Oktatott a Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán, valamint a Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktovábbképzőjén. Vizsgáztatott a Pollack Műszaki Főiskolán Pécsett.

Munkáját az ÉVITERV-nél többszöri kitüntetéssel, szakmai kinevezéssel honorálták, és mint szakági főmérnök vonult nyugdíjba 1988-ban.

Nyugdíjba menetele után is folyamatosan dolgozott. 1988-tól több éven át, mint szaktanácsadó működött a Tungsram-nál, az EKA-nál és a PVV-nél. 1992-ben minisztériumi ajánlás alapján elvállalta az akkor induló, első épületvillamos szaklap, az Elektroinstallateur

szakszerkesztését, amit gyakorlatilag haláláig folytatott.

Rengeteg szakmai publikáció fűződik a nevéhez, tankönyvek, szakkönyvek, műszaki cikkek formájában. Az Elektroinstallateur, valamint az Intelligens Épület műszaki lap szakszerkesztése mellett kiemelten kedves feladat volt számára több éven keresztül a Világítástechnikai Társaság által kiadott Világítástechnikai Évkönyv szerkesztése.

Szakmai tevékenységét nemcsak a vállalata ismerte el, hanem a Magyar Elektrotechnikai Egyesülettől (MEE), a Világítástechnikai Társaságtól (VTT) és az Építőipari Tudományos Egyesülettől (ÉTE) is több elismerést, díjat kapott.

- 1960–1984 között több alkalommal Kiváló Dolgozó / Az Építőipar Kiváló Dolgozója, A Haza Szolgálatáért Érdemrend ezüst fokozata
- 1982 ÉTE Alpár Érdemérem
- 1984 MTESZ Nagydíj
- 1988 MEE Urbanek Díj
- 1990 Nívódíj
- 1994 MEE Déri Díj
- 2000 MEE Életpálya Díj
- 2004VTT Világítástechnikai Társaságért Díj
- 2009VTT Pollich János-díj

Mindig vasakarattal és szorgalommal dolgozott, mert vallotta, hogy egy ilyen férfias pályán egy nőnek mindig valamivel többet kell tudnia, és tennie azért, hogy elismerjék.

2016-ban boldogan vette át gyémántdiplomáját. Nagyon büszke volt rá, hogy nemcsak gyermekei, hanem három imádott unokája is a mérnöki pályát választotta.

Segítőkészsége, tenni akarása legendás volt szakmai berkekben. Búcsúzóul álljon itt kedves idézete Arany János Epilógusából, ami egyben életfilozófiája is volt:

„Ha egy úri lócsiszárral
Találkoztam s bevert sárral:
Nem pöröltem,-
Félreálltam, letöröltem.
Hiszen az útfélen itt-ott
Egy kis virág nekem nyitott:
Azt leszedve,
Megvolt szívem minden kedve."

Emléke szakmai örökségében és szívünkben él tovább! Nyugodjék békében!

Kozaróczy Kornél
(1960–2018)

Egyik legaktívabb tagját váratlan hirtelenséggel vesztette el a Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Mérnöki Kamara elnöksége, az MMK Elektrotechnikai Tagozata és a Magyar Elektrotechnikai Egyesület. A Mérnöki Kamarának már egyesületi korában is tagja volt fiatal villamos-tervezőként, így természetesen 1996-ban alapítója volt a Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Mérnöki Kamarának is. (Regisztrációs száma: 05-0052 lett.)

Sátoraljaújhelyen született 1960. február 21-én, általános iskolába Tiszakeszibe járt, majd az országosan is jó hírű Földes Ferenc Gimnáziumban érettségizett Miskolcon 1978-ban. A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának Erősáramú Szakán 1984-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet, majd 1995-ben kiváló minősítéssel világítástechnikai szakmérnöki címet. Közben az Országos Munkavédelmi Képző és Továbbképző Intézettől 1991-ben munkavédelmi szakmérnöki oklevelet is kapott. 2001-ben tett felsőfokú műszaki ellenőri vizsgát építmény- és épületvillamossági szakterületen. Elvégezte az ELI (Efficient Lighting Initiatére) nemzetközi finanszírozású tanfolyamát a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Világítástechnikai Társasága szervezésében, ami feljogosította a minősített világítástechnikai szaktanácsadó cím használatára.

Aktív kamarai jogosultsága volt épületvillamossági tervezésre, hőenergetikai építmények-, megújuló energetikai építmények-, villamosenergetikai építmények tervezésre, településtervezési energiaközmű szakterületen, építmények építményvillamossági munkák-, villamosvezetékek és berendezések műszaki ellenőrzése, villamosvezetékek és berendezések építésnek felelős műszaki vezetésére, tervezői jogosultsága villamosmérnöki és energetikai tervezői szakterületeken tervellenőrzésre is ki volt terjesztve.

Mérnöki tevékenyégét az egyetemet követően a néhai Diósgyőri Gépgyárban kezdte 1984-ben, ahol 1989-ig villamos szakági gyártmánytervező volt, majd a Miskolci Tanácsi Tervező Vállalat (MISOLCTERV) villamos szakági tervezője lett, annak privatizációja után pedig ügyvezetője is 2001-ig. Ettől kezdve saját családi vállalkozásában, a Kozaróczy Mérnökiroda Kft-ben folytatta széleskörű szakmai tevékenységét, elsősorban a tervezést, a szó valódi értelmében vezető tervezőként.

Miskolc legtöbb munkával ellátott és egyik leginkább keresett villamos-tervezője lett rövidesen. A minden részterületre is kiterjedő villamos tervezés mellett foglalkozott a tervellenőrzéssel, műszaki ellenőrzéssel, időnként villamos felelős műszaki vezetéssel is, de soha nem hanyagolta el a szakmai közéletben való aktív részvételt sem. Így lett alapítója és haláláig vezetője a B-A-Z Megyei Mérnöki Kamara Elektrotechnikai és Épületvillamossági Szakcsoportjának, amit valamennyi villamosmérnöki szakterületen dolgozó tagunk összefogásával átalakítottunk Villamosmérnöki Szakcsoporttá. Ez jól bevált, eredményesen működött és jó példa más kamarák számára is, hiszen a tervezésben valójában nem választhatók teljesen szét egymástól a különböző megnevezéssel illetett villamos szakági részterületek, az energetikai épít-

mények tervezése, az épületvillamosság, a világítástechnika, a villámvédelem, az ipari és közlekedési létesítmények villamosenergia-ellátása, stb.

A Kozaróczy Mérnökiroda Kft a vezetője irányítása és aktív tervezői közreműködése mellett foglalkozott valamennyi rész-szakterületen a tervezéssel komplex villamos tervezőként.

Közvilágítási munkái közül említendők Bükkszentkereszt, Csokvaomány, Borsodnádasd, Borsodszentgyörgy, Mályi, Miskolc települések közvilágítási tervezése, Sátoraljaújhely, Mezőcsát, Hejce, Miskolc díszvilágításának tervezése. Komplex épületvillamossági munkái közül említendők postaépületek (pl. Miskolc 2, Miskolc 23, Kazincbarcika 1, Ózd 1, Füzesabony, Heves, Onga), oktatási épületek, egészségügyi létesítmények, fürdők (pl. Tiszaújváros, Kiskunmajsa, Szombathely, Eger, Hajdúnánás), egyéb középületek, lakóépületek- lakóparkok, ipari és kereskedelmi létesítmények, Aggteleki Nemzeti Park létesítményei, stb., de végzett külső erősáramú hálózott tervezési munkákat is. Részt vett a miskolci villamosközlekedés Zöld Nyíl nevű projektjében és az utóbbi évek leglátványosabb és legkiemeltebb munkája a Diósgyőri Vár újjáépítésének villamos műszaki ellenőrzése volt.

Aktív szervezője volt a Villamosmérnöki Szakcsoport szakmai továbbképzésének, kihasználva széles körű és kiváló országos szakmai kapcsolatait. 2017-ig a Magyar Mérnöki kamara Elektrotechnikai és Épületvillamossági Tagozatában is vállalt aktív vezetői szerepet, amit kollégái kérése ellenére beszüntetett igen nagy munkaleterheltségre, tervezői megbízásainak igen nagy száma miatt. Egyetlen vidéki szervezetként végzett vizsgálatot megyei települések építési hatóságainál a terveken feltüntetett villamos tervezők tervezői jogosultságainak ellenőrzésével. Ebből a témából és világítástechnikai szakmai témákból publikált szaklapokban. Az elnökségi üléseken jobbító szándékú kritikáival, javaslatival mindig részt vett, lehetőségeihez képest igyekezett javítani a szakmagyakorlás tisztaságán, a rendelethalmazok átláthatóságán. A fiatal tervezők munkáját mentorként segítette, próbált őrködni a villamos szakág szakmai kívánt színvonalának megtartásán és kamarai szakmai közéleti tevékenységével akadályozni annak romlását, a tervezői kör szakmai hígulását, elsősorban a kivitelezésben tapasztalható minőségromlást. Több ízben képviselte szakágát a B-A-Z Megyei Mérnöki Kamara nemzetközi, többségében V4 körben tartott rendezvényein is.

Sejtettük, hogy vannak olykor nehézségek szeretett és kedves családjában, lehettek neki is egészségügyi problémái, de arra nagyon vigyázott, hogy ezeket ne vigye be szakmagyakorlásának köreibe, ezek ne befolyásolják mérnöki teljesítményét.

Tudjuk, hogy a maga után hagyott űrt soha nem fogjuk tudni pótolni, személyének hiányát mindig érezni fogjuk. Őszintén reméljük, hogy az általa megteremtett szakmai hírnév nem fog tompulni, idővel a Kozaróczy nevet a Kft-ben sikeresen fogják tovább vinni fiai, munkatársai és akkor az a hihetetlenül sok megfeszített munka mégsem vész el az értelmetlen és döbbenetesen váratlan halállal. Biztosan így szeretné azt örökre távozott kollégánk, barátunk is, akinek emlékét kegyelettel megőrizzük.

Kedves Kornél, nyugodj békében!

A B-A-Z Megyei
Mérnöki Kamara elnöksége
és egész tagsága nevében
Holló Csaba elnök

A VTT támogató tagjai

BEGHELLI HUNGARY KFT. • www.beghelli.hu

E.ON Észak-Dunántúli Áramhálózati Zrt. • www.eon.hu

HOFEKA Kft. • www.hofeka.hu

LIGHTTECH Lámpatechnológiai Kft. • www.light-sources.com

OSRAM A.S. Magyarországi fióktelepe • www.osram.hu

PERCEPT Kft. • www.percept.hu

PROLAN Irányítástechnikai Zrt. • www.prolan.hu

TUNGSRAM-SCHRÉDER Világítási Berendezések Zrt. • www.schreder.hu

A VTT pártoló tagjai

ELECTRO-COORD Magyarország Nonprofit Kft.
www.electro-coord.hu

FLASHNET HUNGARY Kft.
www.intelilight.eu

IBV HUNGÁRIA Világítástechnikai és Műanyagipari Kft.
www.ibv.hu

ICON TECHNOLOGY KFT.
www.iconelectric.eu

LIGHTINGLAB KALIBRÁLÓLABORATÓRIUM KFT.
www.lightinglab.eu

LIGHTRONIC Világítástechnikai és Elektronikai Kft.
www.lightronic.hu

OMEXOM Magyarország Kft.
www.omexom.hu

PHILIPS Magyarország Kft.
www.signify.com/hu-hu

PROLUX Kft.
www.prolux.hu

RÁBALUX Kft.
www.rabalux.com

SIMOTRADE Kereskedelmi és Termelői Kft.
www.simotrade.hu

SYSCO-LUX Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
www.syscolux.hu

TRILUX Hungária Kft.
www.trilux.hu

TÜV Rheinland InterCert Kft.
www.tuv.com/hungary/en

U LIGHT KFT.
www.ulight.hu/

ZG LIGHTING KFT.
www.zumtobel.com/hu-hu/

Arató András
Okl. villamosmérnök, nyugdíjas. Korábban a Magyar Elektrotechnikai Ellenőrző Intézet (MEEI) fénytechnikai szakosztályának vezetője, a HOLUX Kft. műszaki igazgatója, a VTT vezetőségi tagja, az MSZT világítási szabványbizottságának elnöke, számos szakcikk és előadás szerzője. A MEE-VTT tagja, az Urbanek-, Déri- és Pollich-díj kitüntetettje. aratoa@gmail.com

Bakos Tibor
Okl. villamosipari üzemmérnök / műszaki tanár / közvilágítási projektvezető.
Prolan Irányítástechnikai Zrt./Prolan Co. 1985.-ben végzett a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola műszeripari és irányítástechnikai szakán. 2006.-tól kizárólagosan csak a közvilágítással foglalkozik. bakos.tibor@prolan.hu

Dr. Balázs László
Egyetemi docens Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Mikroelektronikai és Technológiai Intézet.
Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerezte okleveles vegyész diplomáját 1988-ban. Az MTA Atomenergiakutató Intézetben tudományos munkatársaként dolgozott 1995-ig, ahol kutatási területe a lézerionizációs tömegspektrometria és elektrokémia volt. PhD fokozatát 1993-ban szerezte meg. 1995-ben a GE fényforrás üzletágában folytatta karrierjét, ahol fejlesztő mérnökként majd műszaki vezetőként dolgozott kutatás-fejlesztés és innováció területén. 2017-től egyetemi docens az Óbudai Egyetemen, ahol világítástechnikát, fizikát és villamosipari anyagismeretet oktat.

Barkóczi Gergely
Okleveles villamosmérnök, mérnöktanár, építési műszaki ellenőr.
Jelenleg a Verebélÿ László szakgimnázium és szakközépiskola elektrotechnika tanára, korábban részt vett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, valamint az Óbudai Egyetem mérnökképzésében doktoranduszként, valamint oktatóként, továbbá rendszeresen oktat felnőttoktatás keretében. Jelentek már meg szakmai publikációi az Elektrotechnika szaklapban, az Építési hibák magazinban, az Elektroinstallateur újságban és 2012. óta, indulásától állandó szerzője a Műszaki Ellenőr magazinnak. Kutatásai során, publikációiban a káprázással, munkahelyi világítások, díszvilágítások, üzemi és forgalmi területek világításának helyes kialakításával és értékelésének módszertanával foglalkozik. Szakmai tevékenysége során és magánemberként is elkötelezett a műszaki és kulturális értékek mellett. e-mail: barkoczy.gergely@gmail.com

Dr. Csuti Péter
Okl. mérnök informatikus / tudományos munkatárs, Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, PhD fokozatát 2017-ben szerezte, kutatásait a fény- és színtan területén végzi a Fény- és Színtan Kutatólaboratóriumban.

Erbeszkorn Lajos
okl. villamosmérnök (műszer és finommechanika -optika szak), okl. nukleáris elektronikai szakmérnök, nyugdíjas
Optikai Kutató: Optikák szórt fényeinek mérése, szilícium detektorok mérése. Országos Mérésügyi Hivatal: típusvizsgálatok, nemzetközi összehasonlító mérések, az atomerőmű indításakor a kémények gázkibocsását ellenőrző "Kalina" rendszer hitelesítése. VTT-tagként előadások tartása, cikkek írása főleg az emberi szem tulajdonságaihoz kötődő témákban.

Hantos Gusztáv
tanársegéd, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosmérnöki és Informatikai Kar Elektronikus Eszközök Tanszéken.

Hegedűs János
PhD hallgató a BME VIK Elektronikus Eszközök tanszéken. Kutatási területe a LED multidomain modellezése

Hirmann László
Okl. villamosmérnök, nyugdíjas. Első és egyetlen munkahelye a TUNGSRAM volt. Ott több területen is dolgozott: fényforrás fejlesztés, minőségbiztosítási főosztály, vevőszolgálat.

Hompok Melinda
Lakberendező. Tanulmányait a Junior Art Centerben végezte. Jelenleg saját vállalkozását, a HoMe Design Studio-t építi. 2017-ben megalkotott szakmája számára egy hiánypótló kiadványt, a Belsőépítészeti angol-magyar, magyar-angol szakszótárt, amelyet folyamatosan kiemelt érdeklődés övez. 2018-ban a Lakberendezők Országos Szövetségében a Junior munkacsoport vezetőjévé, illetve az Etikai Bizottság tagjává választották.

Dr. Jeszenszky Sándor
Erősáramú villamosmérnök (1958), a műszaki tudomány kandidátusa (1990). Az egyetem után egészen nyugdíjazásáig a Vilati fejlesztő-tervező mérnöke, fejlesztési főmérnöke, műszaki igazgatója. Szakterülete: hajtásszabályozás, teljesítményelektronika. Nyugdíjasként a Magyar Elektrotechnikai Múzeum főmuzeológusa, majd 12 évig igazgatója. Diákkora óta foglalkozik az elektrotechnika történetével, hobbija a muzeális elektrotechnikai tárgyak és szakkönyvek gyűjtése, ezeket tudományos munkájában és ismeretterjesztő előadásaiban is hasznosítja. Docensként oktatott az ELTE-n és a győri Széchenyi Egyetemen. Az Elektrotechnikai Egyesület Technikatörténeti Bizottságának tagja, a VTT pedig tiszteletbeli tagjává választotta.
Nagyapjától unokájáig családjában már az ötödik generáció elektrotechnikus.

Dr. Kolláth Zoltán
A fizikai tudományokban szerezte PhD fokozatát 1990-ben majd a Magyar Tudományos Akadémia doktora lett 2003-ban. Jelenleg az Eötvös Loránd Tudományegyetem Berzsenyi Dániel Pedagógusképző Központ tanszékvezető egyetemi tanára, az ELTE Környezettudományi Doktori Iskola Kitaibel Pál Multidiszciplináris Programjának vezetője. Az MTA Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottság tagja, 2004-től kezdődően a Magyar Csillagászati Egyesület elnöke.

Kosák Gábor
Okl. villamosmérnök, az MSZT/NB1 Magyar Nemzeti Elektrotechnikai Bizottság titkára
A BME Villamosmérnöki karának, Erősáramú szakán diplomázott 1985-ben. Jelenleg a Magyar Szabványügyi Testület szabványosító menedzsere, az elektrotechnikai erősáramú szabványosítással foglalkozik. 21 műszaki bizottság titkára, a nemzetközi IEC és az európai CENELEC szabványosító szervezetekbe bejelentett nemzeti bizottsági titkár. e-mail: g.kosak@mszt.hu

Dr. Major Csaba
Tudományos munkatárs. 2005-ben diplomázott a Szegedi József Attila Tudományegyetemen csillagászatból, 2008-ban PhD fokozatot szerzett atomfizikából a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Vendégkutatóként dolgozott többek között az erlangeni Fraunhofer Intézetben, illetve a toledoi Photo Voltaic Innovation and Commercialization Center-ben. Több szabadalma van a refraktív optika terén. Jelenleg a HungaroLux Light Kft. vezető optikai tervezője.

Nádas József
Villamosmérnök, világítástechnikai szakmérnök, pénzügyi-gazdasági elemző szakmérnök. Óbudai Egyetem KVK Mikroelektronika és Technológia Intézet mérnöktanára.
Az 500lx.hu Kft. és a Fénymérés Bt. ügyvezetője. A VTT alelnöke.

Nagy János
Villamosmérnök, világítástechnikai szakmérnök, a Világítástechnikai Társaság elnöke.
A B+R Referencia Zrt Elektromos mérnökség vezetője. 2001 decemberétől a MEE Világítástechnikai Társaság elnöke, a Bláthy-díj, az Urbanek-díj, és a Nemzetgazdaság Miniszter elismerő oklevelének birtokosa, a Magyar Mérnöki Kamara tiszteletbeli tagja. elnok@vilagitas.org

Némethné Vidovszky Ágnes dr.
okl. villamos mérnök, okl. gazdasági mérnök.
A BME Villamosmérnöki karon diplomázott. Egyetemi doktori fokozatot a BME Közlekedésmérnöki karán szerzett. Témája a vasút világítás. Meghívott előadó a BME VIK-en és a Munkavédelmi Továbbképző Központban. Nyugdíjas, korábban a közigazgatásban dolgozott. A VTT alelnöke. nva954@gmail.com

Dr. Poppe András
Okleveles villamosmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, a BME Elektronikus Eszközök Tanszéke tanszékvezetője, habilitált docens. Szakterülete: félvezető eszközök, különösen LED-ek méréstechnikája, multi-domain modellezése, szimulációja. Tagja a JEDEC JC15-ös szabványosítási bizottságnak és a CIE több műszaki bizottságának, a CIE TC2-84-es műszaki bizottság elnöke, CIE MNB elnöke, a VTT alelnöke

Póth Béla
Okl. villamosmérnök, nyugdíjas. Első munkahelye az Egyesült Izzó, ahol a fényforrás-fejlesztésen dolgozott. Később tervezőként dolgozott, elsősorban élelmiszeripari létesítmények (húsüzem, sörgyár, csokoládé gyár) világítását és erőátviteli berendezéseit tervezte.

Rajnoha László
Okl.villamos üzemmérnök. 1974 óta tagja a Magyar Elektrotechnikai Egyesületnek. Több szakosztályban, munkabizottságban tevékenykedett, Munkája elismeréseként 2000-ben Straub díjat; 2007-ben Bláthy díjat kapott. Nyugdíjba vonulása után a Magyar Mérnöki Kamara Elektrotechnikai tagozatában, és Kamara Szabványügyi Testületében dolgozik. Magántervezőként épület villamos hálózatok, világítási rendszerek tervezését végzi. Tagja továbbá az Elektromos Vállalkozók Országos Szövetségének, ahol a tagság etikai ügyeit felügyeli.

Dr. Samu Kriszián
Okleveles gépészmérnök, a BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékén tanszékvezető helyettes egyetemi docens. PhD értekezését a színtévesztés számítógépes diagnosztikájának témájában írta, mellyel elnyerte az Infopark Ösztöndíjat. Kitüntetései: Werner von Siemens Exellence Award és a Lukács Gyula Emlékdíj. Jelenleg az oktatás mellett a számítógépes színmegjelenítés tudományterületén végez kutatómunkát.

Dr. Szabó Ferenc
Okl. mérnök informatikus / villamosmérnök / docens, Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar. 2005-ben végzett a Pannon Egyetem Műszaki Informatika szakán, majd 2006-ban a Villamosmérnöki szakán. 2012-ben PhD fokozatot szerzett informatikai tudományok tudományágban. Jelenleg egyetemi docens, a Fény és Színtan Kutatólaboratórium vezetője. Több CIE munkabizottság tagja, 2017 óta a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány kuratóriumának elnöke, az MTA VEAB Alkalmazott Fény és Színtan Munkabizottság elnöke. Lukács Gyula emlékdíjas, 2010-ben a brit Society of Light and Lighting Leon Gaster díját nyerte, 2017-ben Urbanek díjat kapott. A MEE VTT tagja. E-mail: szabof@szafeonline.hu

Szalai András
Okleveles villamosmérnök, MBA mérnök, a Hungaro Lux Light Kft. társtulajdonosa, cégvezető. A cég termékfejlesztési stratégiájáért és fejlesztési projektjeiért felelős, a cég európai uniós projektjeinek menedzsere. A MEE VTT tagja.

Szekeres Sándor
Okl. gépészmérnök, nyugdíjas. Az Egyesült Izzóban, különböző területeken dolgozott 33 évig, majd az Elektro Profi Kft.-nél 10 évet. 1993 óta tagja a MEE világítástechnikai tagozatának. A Társaság székhelyének a Világítás Házának kialakításában és a szervezetben végzett munkáját 2012-ben Bláthy díjjal ismerte el. 2018-ban a VTT Pollich díjjal értékelte munkáját. A Magyar Világítástechnikáért Alapítvány kuratóriumi elnöki tisztét töltötte be 2010-2012 közt. A MEE VTT tagja

Szulágyi Krisztina
Logisztikai manager az Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft-nél.
Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerzett természettudományos diplomáját követően gazdasági tanulmányokat folytatott a Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Karán. A logisztikával még egyetemi évei alatt ismerkedett meg. Jelenleg világítástechnikai berendezések hulladékgazdálkodásával kapcsolatos feladatokat lát el az Electro-Coord Magyarország Nonprofit Kft. budapesti irodájában, emellett tagja a Eucolight logisztikával és hulladékkezeléssel foglalkozó munkacsoportjának, illetve a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány Kuratóriumának.

Túróczi József
Villamosmérnök (nyugdíjas) 46 éves szakmai tapasztalat, 17 éves Áramszolgáltatói tervezői gyakorlat. Kezdeményezője több, új rendszer eszköz alkalmazásának, tervezője Szolnok Város közvilágítás Na fényforrásokkal történő korszerűsítésének. 1991.-től vállalkozó, a Túróczi és Társa KFT tulajdonosa, ügyvezető. Jelentős külkereskedelmi, partneri kapcsolat, 1992-től létesítési-, komplex vizsgálati és zavarfeltárási, valamint megvalósított kompenzálási projektek tervezője, irányítója. A minőségi villamosenergia szolgáltatás elkötelezettje, több konferencia zavarkibocsátással- és kompenzálással kapcsolatos előadója, szakcikkek írója.

Túróczi Péter
Műszaki manager 10 éves szakmai gyakorlattal. 2010.-től vállalkozó, a Túróczi és Társa KFT operatív ügyvezetője. Villamos elosztórendszerek létesítési-, komplex vizsgálati és zavarfeltárási-, valamint mérési-, kompenzálási projektek megvalósítási munkáinak irányítója. Vállalkozásban az AQAP-ISO komplex – integrált - minőségirányítási rendszer bevezetője és üzemeltetője, a minőségi villamosenergia szolgáltatás elkötelezettje, szakcikkek társszerzője

Urbin Ágnes
PhD tanulmányait és kutatását a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki karán, a Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszéken folytatja. Kutatásának célja az emberi színlátás, azon belül elsősorban a színadaptáció pontosabb megértése. urbin@mogi.bme.hu

Veres János
Pályafutását az ÉMÁSZ Sárospataki Igazgatóságán kezdte, majd 12 év után, a műszaki tanári másoddiploma megszerzésével a tanítani kezdett. Az elektronika egész életében a munkája és egyben a hobbija is volt. Nyugdíjasként az elektronika olyan területeit kutatja, amelyet a digitális technika háttérbe szorított. Különleges félvezetők, kondenzátorok rezgő kisülése stb., amit az iskolákban nem tanítanak. Elérhetőség: veres_j@citromail.hu

Arnold J. Wilkins
Arnold Wilkins is Professor Emeritus at the University of Essex. He obtained a doctorate from Sussex University for work on human memory and then spent two years at the Montreal Neurological Institute (1972-1974) where he became interested in epilepsy. He returned to England to work as a research scientist at the Medical Research Council Applied Psychology Unit, Cambridge (1974-1997) and joined the University of Essex in December 1997. His studies demonstrated that fluorescent lighting is detrimental to health, and led to the invention of a system for ophthalmic tinting, now in optometric practice. He has a wide range of research interests including the neuropsychology of vision, reading and colour, photosensitive epilepsy, migraine, typography, and lighting.

Dr. Wenczel Klára
Gépészmérnök, kandidátus, habil, Finommechanikai szakmérnök, egyetemi magántanár. Budapesti Műszaki es Gazdaságtudományi Egyetem, MOGI Tanszék. Tudományos munka: Veszprémi Akadémiai Bizottság (VEAB) elnöke: 2014-2018,A CIE magyarországi 1. Szakcsoport vezetője 2018-ig, az AIC magyarországi vezetőségi tagja, a Kolorisztikai Egyesület vezetőségi tagja, az International Colour Vision Society (ICVS) tagja. Kitüntetések: Munka érdemrend bronz fokozata 1987, Pro Scientia kitüntetés 1993, Pro Scientific Student Work kitüntetés 1994, Pro Education kitüntetés 1997, Genius Feltalálói Kiállítás nagydíja 1998, Urbanek díj 2012, VTT Nívódíj 2014, Gergely-Sziráki díj 2017. Tudományterület: Műszaki Optika, Méréselmélet. Színmérés. A színtévesztés korrekciója. wenzel@mogi.bme.hu, wenzel@t-online.hu.

Zsellér Viktor
Okleveles Mechatronikai mérnök, a BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékén doktorandusz hallgató.
E-mail: zsellerviktor@mogi.bme.hu

ELEKTROTECHNIKA NAGYDÍJ
Alapítva: 1969
Évente kiadható díjak száma: 1

1972: Gergely Pál ✝ elhunyt
1980: dr. Sziráki Zoltán ✝ elhunyt
1991: Debreczeni Gábor ✝ elhunyt
1993: dr. Horváth József ✝ elhunyt
1998: dr. Lantos Tibor ✝ elhunyt
2002: Kádár Aba
2007: Dr. Schanda János
2011: dr. Borsányi János

ZIPERNOWSKY-DÍJ
Alapítva: 1912
Évente kiadható díjak száma: 1

1933: dr. Selényi Pál ✝ elhunyt
1947: Szigeti György ✝ elhunyt
1983: Dr. Schanda János
1996: dr. Horváth József ✝ elhunyt

DÉRI-DÍJ
Alapítva: 1960
Évente kiadható díjak száma: 1

1975: Vincze Vilmos ✝ elhunyt
1981: Gergely Pál ✝ elhunyt
1984: Debreczeni Gábor ✝ elhunyt
1991: dr. Gelléri Emil ✝ elhunyt
1992: Vadas Gábor ✝ elhunyt
1994: Jáni Józsefné Poppe Kornélné
1995: Várkonyi László
2000: Vonnák István
2007: Tóth Zoltán
2008: dr. Kránicz Balázs
2010: Arató András
2012: Kerekes Béla ✝ elhunyt
2018: Dr. Poppe András

BLÁTHY-DÍJ
Alapítva: 1958
Évente kiadható díjak száma: 2

1962: dr. Sziráki Zoltán ✝ elhunyt
1971: Gregor Aladár ✝ elhunyt
1971: Kádár Aba
1979: Debreczeni Gábor ✝ elhunyt
1985: dr. Gelléri Emil ✝ elhunyt
1992: dr. Lantos Tibor ✝ elhunyt
1994: Nagy János
1997: Horváth József
1997: Némethné Vidovszky Ágnes dr.
1998: Radványiné Novotny Olga
2001: Pollich János ✝ elhunyt
2004: Gyöngyösi Géza
2012: Szekeres Sándor
2013: Almási Sándor

VEREBÉLY-DÍJ
Alapítva: 1983
Évente kiadható díjak száma. 1
2015: Rajkai Ferenc

KANDÓ-DÍJ
Alapítva: 1979
Évente kiadható díjak száma: 4

1990: Gyöngyösi Géza
1991: Kosztolicz István
1995: Borkovits György
1996: Déri Tamás
1996: Jakabfalvi Gyula
2004: Dobi László
2005: Almási Sándor
2007: Schulcz Gábor
2009: Pelle Ervin
2010: Budai Béla
2011: Major Gyula
2014: Kovács Csaba

STRAUB-DÍJ
Alapítva:1985
Évente kiadható díjak száma:1

1985: Kádár Aba
1997: Lengyel János

URBANEK-DÍJ
Alapítva: 1985
Évente kiadható díjak száma: 1

1985: Faragó György ✝ elhunyt
1986: Dr. Schanda János ✝ elhunyt
1987: dr. Sziráki Zoltán ✝ elhunyt
1988: Jáni Józsefné ✝ elhunyt
1989: Radványiné Novotny Olga
1990: dr. Borsányi János ✝ elhunyt
1991: Hauser Imre ✝ elhunyt
1992: Poppe Kornélné
1993: Vincze Vilmos ✝ elhunyt
1994: Pollich János ✝ elhunyt
1995: Szilas Péter
1996: Almási Sándor
1997: dr. Takács György ✝ elhunyt

1998: Kosztolicz István
1999: Debreczeni Gábor ✞ elhunyt
2000: Böszörményi Béla
2001: Nagy János
2002: Arató András
2003: Némethné Vidovszky Ágnes dr.
2004: Nagy József
2005: Schwarcz Péter
2006: Déri Tamás
2007: Esztergomi Ferenc ✞ elhunyt
2008: Máthé Jenő ✞ elhunyt
2009: dr. Székács György
2010: Várkonyi László
2011: Dr. Majoros András
2012: Dr. Wenzel Klára
2013: dr. Vetési Emil
2014: Molnár Károly Zsolt
2015: Kulcsár Ferenc
2016: Buczny Grzegorz
2017: Dr. Szabó Ferenc phd
2018: Láng Ernő

NÍVÓ-DÍJ

Évente kiadható díjak száma: 3

1989: dr. Lantos Tibor ✞ elhunyt
1990: dr. Gelléri Emil ✞ elhunyt
1993: Déri Tamás
1993: Némethné dr. Vidovszky Ágnes
1994: Szőnyi László
1994: dr. Vetési Emil
1995: Haász Ferenc
2006: Molnár Károly
2007: Kosztolicz István
2008: Dr. Majoros András
2009: Deme László
2011: Schulcz Gábor
2014: dr. Wenzel Klára
2015: Rajkai Ferenc
Dr. Kránicz Balázs
2017: Dr. Csuti Péter

MEE ÉLETPÁLYA-ELISMERÉS

Alapítva:1994
Évente kiadható díjak száma: 4

1995: Kádár Aba
1996: dr. Borsányi János ✞ elhunyt
1997: Lengyel János
1997: Vincze Vilmos ✞ elhunyt
2000: Poppe Kornélné
2002: Hauser Imre ✞ elhunyt
2004: Jáni Józsefné ✞ elhunyt
2005: Szilas Péter
2005: Zala Kurtné
2008: Schnur Gábor
2009: Kosák Józsefné
2010: Kosztolicz István
2012: Budai Béla
2013: Szőnyi László
2014: Radványiné N. Olga
2016: Dr. Vetési Emil
2017: Gyöngyösi Géza
2018: Dézsi Gyula

VILÁGÍTÁSTECHNIKAI TÁRSASÁGÉRT DÍJ

Dr. Borsányi János ✞ elhunyt
Böszörményi Béla
Déri Tamás
Hauser Imre ✞ elhunyt
Hiezl József
Jáni Józsefné ✞ elhunyt
Kosztolicz István
dr. Lantos Tibor ✞ elhunyt
Nagy János
Nagy József
Némethné dr. Vidovszky Ágnes
Pintér Árpád
Poppe Kornélné
Radványiné Novotny Olga
Veres Sándorné
Gyökeres Sándor
Vincze Vilmos ✞ elhunyt

VILÁGÍTÁSTECHNIKAI TÁRSASÁGÉRT - POLLICH JÁNOS DÍJ

Alapítva: 2002
Évente kiadható díjak száma: 1

2002: dr. Horváth József ✞ elhunyt
2003: Vincze Vilmos (posztumusz)
✞ elhunyt
2004: Kosztolicz István
2005: Kosák Józsefné
2006: Radványiné Novotny Olga
2007: Pécsi Tivadar
2008: Buczny Grzegorz
2009: Jáni Józsefné + elhunyt
2010: Arató András
2011: Major Gyula
2012: Hódos Jirina
2013: Almási Sándor
2014: Balogh János Miklós
2015: Rajkai Ferenc
2016: Kulcsár Ferenc
2017: Pap Zoltán
2018: Szekeres Sándor

MAGYAR VILÁGÍTÁSTECHNIKÁÉRT - GERGELY – SZIRÁKI DÍJ

Alapítva: 2002
Évente kiadható díjak száma: 1

2002: Poppe Kornélné
2003: Debrecznei Gábor ✞ elhunyt
2004: dr. Lantos Tibor ✞ elhunyt
2005: Várkonyi László
2006: Dr. Schanda János ✞ elhunyt
2007: Dr. Majoros András
2008: Polgár Péter ✞ elhunyt
2009: Szilas Péter
2010: dr. Borsányi János ✞ elhunyt
2011: Kosák Józsefné
2012: Esztergomi Ferenc ✞ elhunyt
2013: Deme László
2014: Dr. Kolláth Zoltán
2015: Zaymus Vince
2016: Kun Gábor
2017: Dr. Wenzel Klára
2018: Budai Béla

„PRO LUMINE" DÍJ

Az év világítástervezője
Alapítva: 2005
Évente kiadható díjak száma: 2
Kategóriánként: 1

2005: Belsőtéri kategória:
Villányi László ✞ elhunyt
Némethi Ferenc
2017: Belsőtéri kategóriában nem került kiadásra
Külsőtéri kategóriában:
Hódos Jirina - Pap Zoltán - Tamás László - Zaymus Vince
2018: közösségi létesítmény világítás kategóriában:
Király Tamás

A VTT TISZTELETBELI TAGJAI:

2001-től Dr. Berta István professzor, Kádár Aba, Lontay Zoltán
2002-től Király István Dániel
2018-tól Ercfalvy András, Straub Dezső, Kovács Béla, Dr. Jeszenszky Sándor

A VTT TISZTELETBELI ELNÖKSÉGI TAGJA:

2009-től: Dr. Schanda János ✞

Előszó 3

EMBER, SZÍN, VILÁGÍTÁS

Arnold Wilkins: Darwin és a vizuális zavaró hatások viszonya (Darwin versus visual discomfort) 4

Arató András: Az emberközpontú világítás 20

Dr. Wenczel Klára: Gondolatok az additív színkeverésről 38

Urbin Ágnes: Közúti forgalomirányító LED jelző lámpák optimális színe 43

Erbeszkorn Lajos: Elmélet és gyakorlat a színek, a megvilágítás világából 49

MÚLT ÉS MODERN. A VILÁGÍTÁSTECHNIKA EGYES KÉRDÉSEI

Poppe András: Ipar 4.0 szerű folyamat LED-es lámpatestek tervezésére: a Delphi4LED projekt legújabb eredményei 54

Szalay András, Major Csaba, Szabó Ferenc, Csuti Péter, Kolláth Zoltán: Csökkentett fényszennyezést okozó, hangolható színképű és térbeli fényerősség-eloszlású LED-es közvilágítási világítótest fejlesztése 63

Kolláth Zoltán, Szabó Ferenc, Csuti Péter, Szalai András: Valós Világítás Környezet Laboratórium. Lehetséges-e a települések fényszennyezésének csökkentése? 69

Zsellér Viktor, Dr. Samu Krisztián: A fekete test sugárzáshoz hasonló, fényáramszabályozott LED modulok színképi kérdései 76

Hegedűs János, Hantos Gusztáv, Dr. Poppe András: LED-es lámpatestek modell alapú tervezése 83

Dr. Major Csaba, Szalai András: Költség- és energia-hatékony LED-es fényszóró kialakítás járműipari felhasználás céljából 90

Dr. Balázs László, Nádas József: Hibrid LED rendszerek színvisszaadása 94

Bakos Tibor: Okos (Smart) közvilágítás üzemeltetési tapasztalatai 101

Túróczi József, Túróczi Péter: A LED-es fényforrások hatása a hálózati zavarokra és a meddőgazdálkodásra 108

Nádas József: LED szálas lámpák 112

Kosák Gábor: A LED fényforrások hatása a világítástechnikai szabványosításra 118

Szulágyi Krisztina: A hulladékká vált LED lámpák kezelésének kihívásai 122

Dr. Kolláth Zoltán: Ami sok az sok – de mi az, ami már sok? 127

Némethné Vidovszky Ágnes dr., Barkóczy Gergely:
Fényszennyezési panaszok vizsgálatáról 133

Hompok Melinda: Fontos az okos választás:
a világítástechnika szerepe a lakberendezésben 138

Veres János: Elektromos világítás az ősi Egyiptomban 143

Barkóczi Gergely: Felvilágosítás az oktatásban 146

FÉNYÉVEK

Hirmann László: Emlékeim a TUNGSRAMból 150

Dr. Jeszenszky Sándor: Emlékeim 151

Póth Béla: Mozaikok a múlt fényeiről 157

Rajnoha László: Miért szeretem ezt a szakmát 158

Sziráki Katalin: Dr. Sziráki Zoltán 160

VTT ÉLET

Némethné Vidovszky Ágnes dr.: Beszámoló a VTT 2017-2018-as eseményeiről 166

Dr. Poppe András, Dr. Nagy Balázs Vince: CIE ügyek 176

Szekeres Sándor: 90 éve van a világítástechnikának önálló intézménye 180

Nekrológok 186

A VTT pártoló és támogató tagjai 195

Szerzőink 196

Díjazottaink 199

Világítástechnikai Társaság

Elérhetőségeink:
Postacím:
1042 Budapest, Árpád út 67., 1. em. 6.

Nyitvatartási idő:
Hétfő: 9-13h
Kedd: 10-18h
Szerda: 9-13h
Csütörtök: 9-13h
Péntek: zárva

Titkárság:
Mobil: +36 30 537 98 97
Telefon - fax: (06 1) 369 6631
e-mail: vtt@vilagitas.org