



# (Szemlélet)váltás a világítástechnikában

Mit várhatunk az új típusú fényforrásoktól?

Energiatermelésünk nem kis hányadát fordítjuk világításra, amelynek folyamatosan növekvő költsége és a hozzá kapcsolódó környezeti terhelés tudatos gondolkodást és cselekvést igényel.

Eznek egyik – mindannyiunk által naponta megtapasztalható – következménye, hogy a kereskedelmi egységekből elfogytak a hagyományos izzószálas fényforrások, s helyüket energiatakarékos megoldások sora vette át. Ezt a folyamatot a kényszeren túl az ez a lehetővé, hogy a huszonegyedik század műszaki technológiája a tizenkilencedik század végén kifejlesztett – ma már elavultnak tekinthető működési elvű – fényforrások leváltására alkalmassá vált. A felhasználók számára ugyanakkor kérdés marad milyen szempontok alapján válasszanak izzót, világítástechnikai szempontból jelentenek-e változást, illetve milyen előnyökkel – esetleges hátrányokkal – rendelkeznek az új típusok? Ezekről a mindannyiunkat érintő kérdésekről beszélgettünk a téma szakértőjével,

dr. Samu Krisztiánnal, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem fiatal oktatójával.

**Történelmi tényként kezelhető, hogy a mesterséges fényforrások megjelenése jelentős hatással volt az emberiség kulturális szokásainak megváltozására, a környezettel való kölcsönhatást új megközelítésbe helyezte. A fényforrások gyártása és a világítástechnika területén napjainkban is paradigmaváltás történik; a hagyományos izzólámpák forgalmazása fokozatosan megszűnik, helyükbe az újonnan kifejlesztett fényforrások lépnek. Milyen szempontok álltak e drasztikus váltás mögött?**

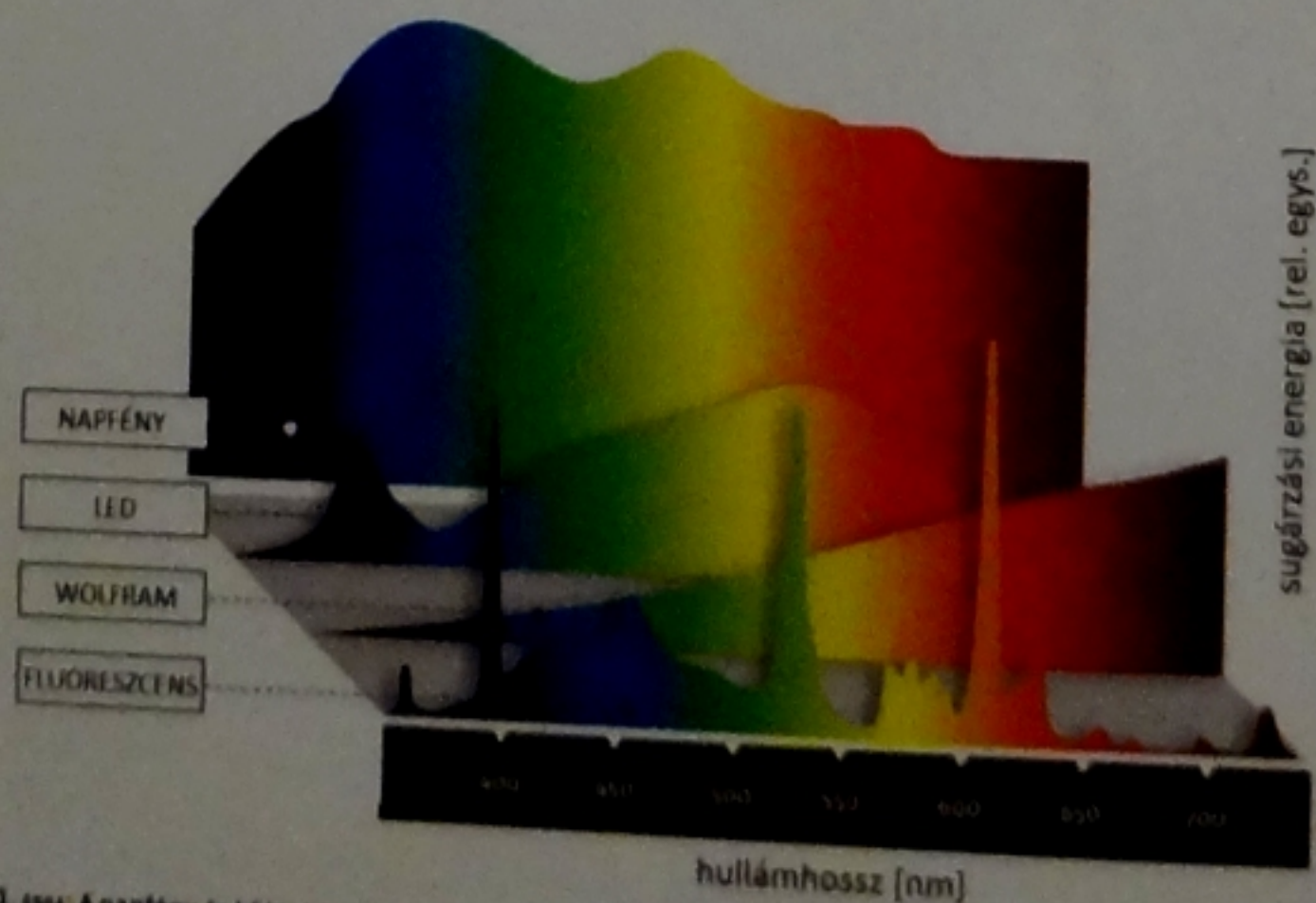
Az Európai Unió azt vállalta, hogy 2020-ig húsz százalékkal csökkenti az iparban és a lakosságnál a felhasznált energiát,

amitől elsősorban a széndioxid-kibocsátás mérséklődését várják. Ezzel párhuzamosan nem elhanyagolható más, a környezetet terhelő folyamatok mérséklése sem. A megvalósítási terveket az EU bizottsága 2007-ben fogadta el. Közéjük tartozik az a direktíva, mely szerint hosszú távon korlátozni fogják a hagyományos izzólámpák használatát. Így 2009-től 2016-ig minden energiapazarló fényforrást – például a hagyományos – fokozatosan kivonnák a forgalomból. Első lépésben a százwattos izzólámpától és a matt burától búcsúztunk el. Az üzletek polcain ma már csak a huszonöt watt alatti teljesítményű hagyományos izzólámpákkal találkozhatunk. 2016-ig a direktíva betilt minden hagyományos izzólámpát, de a kivonás elérheti az egyes rosszabb energiahatékonyságú halogén izzókat is!

Fontos, hogy az ipari, az orvosi és egyes kereskedelmi célú felhasználások számára a direktíva megengedő a hagyományos wolframszálas izzók iránt. Tehát például nem kell egy mérő- vagy vizsgálóműszer fényforrásait kicserélni – és ezzel jelentős beruházást eszközölni vagy új műszert vásárolni –, hanem továbbra is gyártható, illetve vásárolható a hagyományos pót-fényforrás. Főleg tehát a háztartási alkalmazásban elterjedt izzólámpák kiváltása kezdődött meg más, energiatakarékos technológiát alkalmazó fényforrásokkal.

**Minek köszönhető a hagyományos fényforrások energiapazarló működése? A fénykibocsátás fizikai elvét tekintve miben különböznek a hagyományos és a napjainkban bevezetésre kerülő fényforrások? Mi a működésük elve?**

Az energiapazarlás szemléltetése tekintésük meg az 1. ábrát! Ezen különböző fény



1. ábra: A napfény és különböző mesterséges fényforrások spektrális teljesítmény-eloszlása [forrás: [www.popularmechanics.com/technology/gadgets/tests/incandescent-vs-compact-fluorescent-vs-led-ultimate-light-bulb-test](http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/tests/incandescent-vs-compact-fluorescent-vs-led-ultimate-light-bulb-test)]



2. ABRA: Wolframszálas izzólámpák -  
a) hagyományos izzólámpa; b) hagyományos E27 foglalatú halogén izzó; c) hidegtükrös halogén izzó; d) két oldalon fejeit, nagy teljesítményű halogén vonalizzó



3. ABRA: Fluoreszcens fényforrások -  
a) egyenes kompakt fénycső; b) csavart kompakt fénycső; c) hagyományos izzólámpa alakú kompakt fénycső; d) hagyományos lineáris fénycső



4. ABRA: LED fényforrások -  
a) hagyományos E27 foglalatba helyezhető LED lámpa; b) halogén izzó foglalatába helyezhető LED lámpa; c) hagyományos lineáris fénycső foglalatába helyezhető LED lámpa

források mérhető teljesítményeloszlása látható a vizuálisan érzékelhető - a 350 és a 750 nm közötti - hullámhossztartományban. Ha megfigyeljük a hagyományos és a halogén fényforrásokat jellemző wolframszálas izzólámpa - 2. ábra szerinti - karakterisztikáját, akkor rögtön láthatjuk, hogy a teljesítmény nagy része a vörös, sőt, azon túl az infravörös tartományban kerül leadásra. Ebben a hullámhossztartományban a sugárzás hőleadásként jelenik meg, tehát a befektetett elektromos energiával világítás helyett fűtünk. Az elektromos árammal izzított wolframszálas izzólámpák tehát alacsony hatásfokkal alakítják át a villamos energiát fényárammá.

Az említett hatásfok mérésére mérőszámot is bevezettek. Ez a fényhasznosítás. Ez a mennyiség megadja, hogy adott villamos teljesítményre - watt-ra - mennyi fényáramot - lument - termel az adott fényforrás.

Ha az 1. ábra alapján megvizsgáljuk a LED fényforrások és a fluoreszcens - kompakt és hagyományos - fénycsövek teljesítményeloszlását, akkor megfigyelhető, hogy ezek esetében csak a látható tartományban mérhető sugárzás, tehát itt nem termelünk fölösleges hőenergiát. Ebből kifolyólag jelentős energiamegtakarítás érhető el.

A hőszugárzásból adódó veszteség azonban nem minden jelentős megtakarítás érhető el az egyes fényforrástípusok fizikai jellemzőinek és elektromosenergia-ellátásának hatékony műszaki megvalósításával is. Ennek köszönhetőek részben a 2. ábrán, illetve a 3. és 4. ábrán látható energiatakarékos fényforrások jellemző trendje, hogy a gyártók igyekeznek a felhasználót érintő minél kevesebb változtatással kialakítani a fényforrások

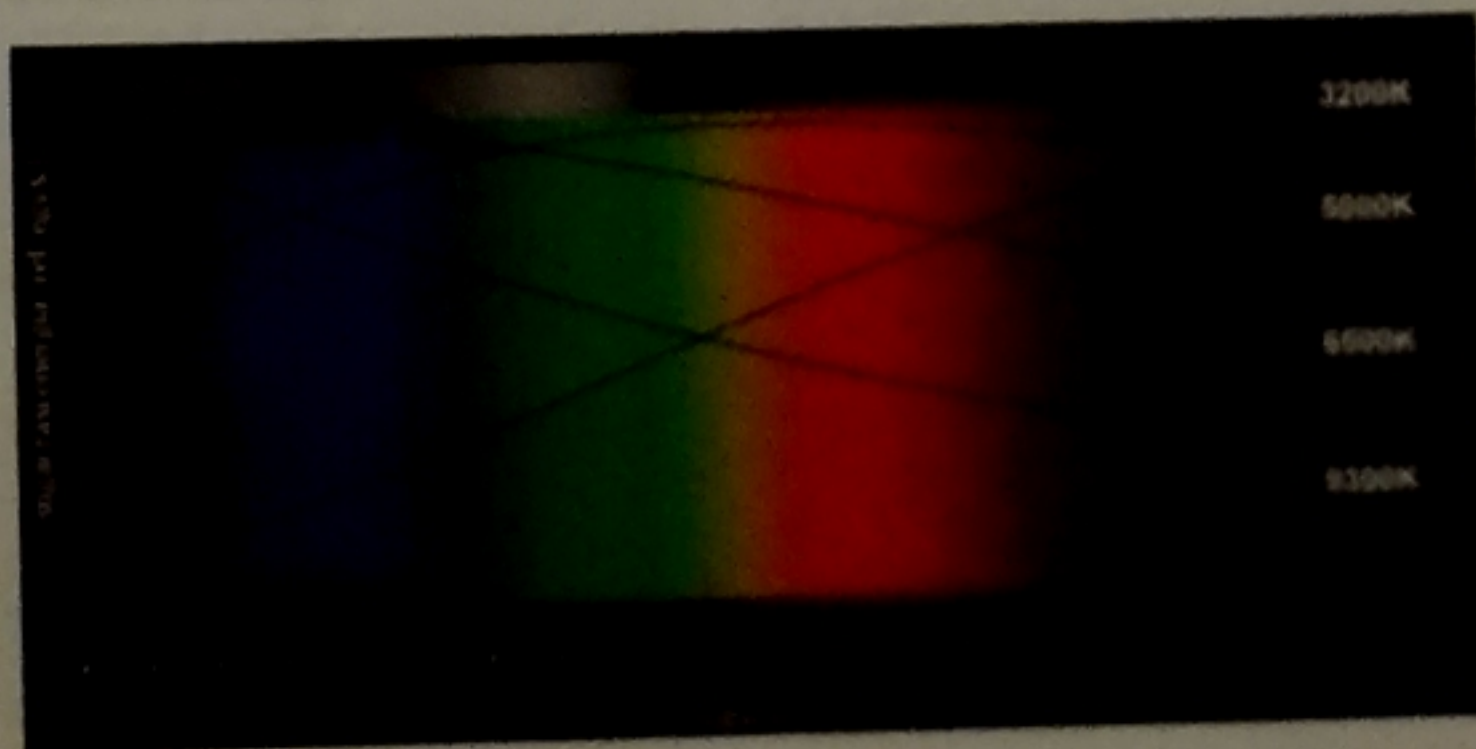
konstrukcióját. Ennek köszönhetően az energiatakarékos lámpák alkalmazhatók a hagyományos csavaros (E) vagy halogén (G) foglalatokban is, és az elektromos rendszert, illetve a lámpatesteket sem szükséges feltétlenül lecserélni.

A 2. ábrán látható halogén fényforrások is a wolframszál ellenállásából származó hőmérsékleti izzás során adják le fényáramukat, azonban az üvegburába töltött jód vagy bróm, az úgynevezett halogén körfolyamat segítségével lehetővé teszi a magasabb hőmérsékleten történő izzást, így a nagyobb színhőmérsékletet és fényáramot, illetve a hosszabb élettartamot. Jelentős hőleadása itt is bekövetkezik, ezért a kivonástól csak a minőségi és kis teljesítményű izzólámpák fognak megmenni. E lámpák fő előnye az egyszerű elektromos tápellátás - hálózati 230 vagy 12/24 V - és a hagyományos foglalatokba építhetőség. Mivel a wolframizzók hőmérsékleti sugárzók, ezért a fényük sokban hasonlít a természetes napfényhez.

A fluoreszcens fénycsövek technológiája

is régóta ismert, bár az 1990-es évek előtt főleg a 3. c. ábrán látható lineáris fénycsövekkel találkozhattunk. A fénycsőben az elektromos feszültséggel áramoltatott elektronok, higanyatomokkal ütközve, ultraibolya tartományban sugározzák a cső falára felvitt fényport, amely a külvilág felé látható fényt bocsát ki. A fénycsövek működtetéséhez sokáig nagyméretű járulékos gyűjtő és szabályzó elektromos szerelvényekre - úgynevezett előtétre - volt szükség, ezért sokáig csak a lineáris fénycsöveket alkalmazták, ahol a lámpatestben volt a működtető elektronika és a cserélhető fénycsövek ettől függetlenek voltak. A kompakt fénycsövek - téves megnevezéssel kompakt izzók - megjelenését a kis méretű elektronikus előtétetek tették lehetővé. Ezek felhasználásával egy hagyományos izzóhoz hasonló formát és méretet sikerült kialakítani.

A fluoreszcens fénycsövek nagy előnye a magas fényhasznosítás és élettartam. Hátrányuk pedig a gyengébb fényminőség, a költséges kivitel és a lámpákban



5. ABRA: Különböző színhőmérsékletű hőmérsékleti sugárzáselágazások [forrás: [www.techmind.org/colour/coltemp.html](http://www.techmind.org/colour/coltemp.html)]

1. táblázat: Az előzőekben ismertetett fényforrások és a közvilágításban széles körben alkalmazott sárga fényű, nagynyomású nátriumlámpa mérhető jellemzői

FÉNYFORRÁS TÍPUS	FÉNYHASZNOSÍTÁS (lm/W)	CRI (-)	ÉLETTARTAM (h)
hagyományos izzólámpa	~8...15	~95...100	~1 000
halogén izzólámpa	~18...30	~95...100	~3 000
nagynyomású nátriumlámpa	~70...140	~23...25	~30 000
fluoreszcens fénycső	~80...97	~65...80	~25 000
kompakt fénycső	~40...80	~65...80	~10 000
LED	~60...85	~70...95	~40 000

található környezetre veszélyes anyagok, elsősorban a higany és az elektronikus alkatrészek. Szeretnék azonban mindenkit megnyugtatni: a fénycsövek elsődleges UV-sugárzása minimális és nem káros az egészségre. Sokak számára viszont zavaró lehet a lámpa lassú felfutási szakasza, akár 1-3 perces időtartamot is elérhet, amíg a maximális fényáram létrejön.

A LED-ek (Light Emitting Diode) – fénykibocsátó diódák – félvezető anyagokból készült szilárdtest fényforrások, amelyek csak keskenyhullámhossz-tartományban, monokromatikusan sugároznak. A félvezető anyag típusától függ a kibocsátott monokromatikus fény színe. A világítás-technikában azonban fehér fényre van szükségünk, ennek előállítására két módszer ismert. A multispektrális LED fényforrásokban egy kék, vörös és zöld elemi LED additív színkeverésével jön létre fehér fény. Nem ritkán sárga és türkiz színű LED-ek is részt vesznek a fényképzésben. Ezek a LED fényforrások kivételük összetettségéből adódóan drágák, de jó minőségű fényt adnak. A másik megoldás során az elemi LED chipbe sárga fényt emittáló fényport visznek be, amelyet a LED kék fénye gerjeszt. Így a kék és a sárga additív keverékeként jön létre fehér fény. Mivel csak két szín alkot fehér fényt, ezért ezek a LED-ek a multispektrális verzióhoz képest gyengébb fényminőséget eredményeznek. Az utóbbi évek vizsgálatai kimutatták, hogy – az 1. ábrán látható – a színekben található kék csúcs befolyásolja a retinával kapcsolatban álló hormontermelést, ezáltal az ember biológiai órája is zavart szenvedhet. E negatív hatást és kiküszöbölését jelenleg is erőteljesen kutatják.

A LED fényforrások elterjedését jelenleg a magas ár, a ritkán árszerűen fejlődő technológiából adódó bizonytalanságok és a károsító fényminőség lassítja.

Jelentős hátrányuk, hogy a meglévő lámpatestekben nem alkalmazhatóak kompromisszumok nélkül. Előnyük a magas élettartam és az alacsony fogyasztás, illetve a fluoreszcens fényforrásoknál egyszerűbb elektromos tápellátás. Gyors felfutással rendelkeznek, tehát olyan helyeken, ahol rövid ideig tartózkodunk, vagy gyakran kapcsoljuk fel-le a világítást, célszerű a fluoreszcens fényforrások helyett LED- vagy halogén- fényforrást alkalmazni.

### A hétköznapi ember számára melyek azok a legfontosabb paraméterek és jellemzők, melyek segítségével a különböző típusú fényforrások között el tud igazodni, feladataihoz a legmegfelelőbbet tudja kiválasztani? Mít jelentenek például a következő fogalmak: korrelált színhőmérséklet, fényáram, színvisszaadás, észlelt világosság, fényhasznosítás? Mít jelentenek a hozzájuk tartozó mértékegységek?

A fényforrás szempontjából a legfontosabb paraméter a leadott fényáram. A fényáram a fényforrás által leadott – 1. ábrán ábrázolt – teljesítmény-eloszlásból származtatható, és az emberi látás érzékenységéhez – a 8. ábrán ábrázolt  $V(\lambda)$  görbéhez – illesztett úgynevezett fotometriai mennyiség, melynek mértékegysége a lumen [lm].

A kompakt fénycsövek elterjedéséig a vásárlók számára általában a legfontosabb jellemző a fényforrás elektromos áramfogyasztásából származtatott, wattban megadott „teljesítmény” volt. Ez a mennyiség kicsit csalóka, ugyanis míg például 40 watt villamos teljesítménnyel a hagyományos izzólámpa megközeleltőleg 400 lument ad le, addig egy lineáris fénycső ugyanennyi villamos teljesítményből 3 200 lumen fényáramot sugároz. A különböző fényforrások ilyen módon számítható lumen/watt értéke adja az előbb már említett fényhasznosítást. A fényhasznosítást döntően a látható hullámhosszban kisugárzott teljesítmény és az elektromos és fényenergia közötti átalakítás fizikai és műszaki hatásfoka határozza meg. Az 1. táblázatban több fényforrás fényhasznosítása is szerepel, és ennek ismeretében könnyen belátható, hogy a LED-es és a fénycsöves lámpákat érdemes választani. A gyártók azonban megkönnyítik a dolgunkat és a csomagoláson ma már a watt mellett feltüntetik a lumen értéket is. Akinek pedig ez sem elég, az tájékozódhat a kötelezően feltüntetendő A-E energiaosztály-piktogram alapján.

Az elektromos fogyasztás mellett fontosak a fénykomfortot befolyásoló tényezők. Az egyik ilyen a fényforrás színhőmérséklete (CT – Colour Temperature). A hőmérsékleti fény sugárzók, például a wolframszál vagy izzó acél, a hevítés hőmérsékletének megfelelően különböző spektrális teljesítményeloszlású sugárzást produkálnak. Az 5. ábrán négy különböző hőmérsékletű sugárzó spektrális eloszlása látható. Ezek a látórendszerünk számára mind fehérnek tűnnek, de határozott színezetük is van. Az alacsony színhőmérsékletű sugárzók vörös-sárgás fehér fényt bocsátanak ki, a kelvinben [K] megadott magasabb színhőmérsékletek kékes tónusba mennek át. Az 5. és 6. ábrán ez jól megfigyelhető.

Nemcsak a hőmérsékleti sugárzóknál definiálható a színhőmérséklet, hanem az 1. ábrán szereplő LED-ek vagy fluoreszcens fénycsövek esetében is. Bár e fényforrások spektrális teljesítményeloszlása vonalas szerkezetű, matematikai megközelítéssel ezeknek is megadható a hőmérsékleti sugárzókkal ekvivalens színhőmérséklete, amelyet korrelált színhőmérsékletnek (CCT – Correlated Colour Temperature) nevezünk. A 6. ábrán három, fénycsövekkel megvilágított irodater látható különböző korrelált színhőmérsékletű megvilágítással. A CCT és CCT adatok a fényforrásokon vagy azok csomagolásán kelvinben vannak megadva, vagy színmegjelöléssel – például cold blue, warm white – jelzik. Általában elmondható, hogy az otthoni megvilágításra a meleg színhőmérsékletek, az irodai, ipari és kereskedelmi felhasználásra pedig a „fehéredő” tulajdonsággal rendelkező hideg fények alkalmasak. Kognitív vizsgálatokkal azonban azt is megállapították, hogy az északi emberek a hideg, a mediterrán vidékek lakosai pedig a meleg fényeket részesítik előnyben.

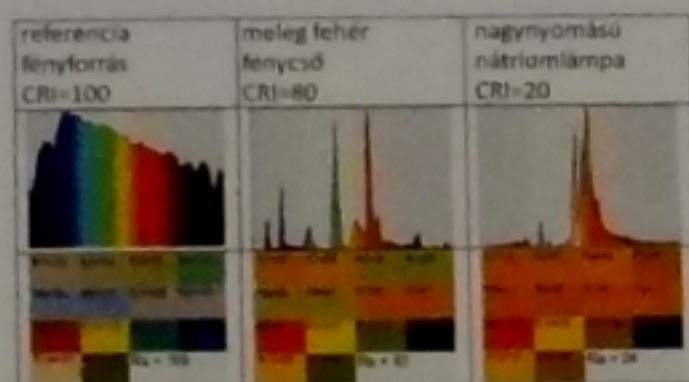
A fénykomfortot befolyásoló másik tényező, a színvisszaadás értéket gyakran csak katalógusokban találjuk meg, pedig a fénykomfort szempontjából talán a színhőmérsékletnél is fontosabb paramé-

ter. A szemünk különböző színhőmérsékletekre képes adaptálódni, de egy gyenge színvisszaadási fényforrás alapjaiban és különböző mértékben változtatja meg a színezéleletet. Biztosan mindenkinek vannak élményei a közvilágításban alkalmazott sárga színű magasnyomású nátriumlámpákkal. Ebben a megvilágításban szinte egy szín sem azonosítható. A színvisszaadást a színvisszaadási index (CRI – Color Rendering Index) mérőszáma jellemzi. A CRI-értéket egy referencia fényforrással megvilágított, tizennégy szabványos színminta és a minősíteni kívánt fényforrással megvilágított, ugyanezen színminták színkülönbségéből számíthatjuk ki. A 7. ábrán az első oszlopban láthatók a - D65 napfény-szimulátor – referencia fényforrás spektrális teljesítményeloszlása és a szabványos színminták. A másik két oszlopban megfigyelhető, hogy a rossz színvisszaadást okozó, vonalas spektrum jelleggel rendelkező fényforrások mennyire megváltoztatják a színmintákat. A CRI-érték az ideális és maximális 100-tól az egyszínű fényforrásokhoz tartozó 5-10 értékig terjed, példák az 1. táblázatban találhatóak.

Mivel a CRI meghatározása csak tizennégy színínggerrel történik, ezért a gyártók megfelelő fényportervezéssel olyan spektrális teljesítményeloszlásokat hoznak létre, amelyek hozzá a jó CRI-értéket, ugyanakkor csak a számítási algoritmusoknak és nem a mi elvárásainknak felelnek meg. A spektrális eloszlás tervezésével ugyanígy manipulálható az emberi világosságérzélet is, ezáltal ugyanolyan villamos teljesítmény magasabb észlelt világosságot okoz az észlelőben. Ezek a finomságok azonban már csak laboratóriumi műszeres és vizuális mérésekkel, valamint analízissel mutathatók ki. Sok olcsó árfejkvésű – főleg kétes eredetű – LED és kompakt fénycső

szerezhető be a márkás termékek árának 10-20 százalékaért, az ilyen fényforrásokkal azonban a következőket kockáztatjuk: alacsony élettartam, a névlegesnél nagyobb villamos fogyasztás, nem a leírásnak megfelelő fényáram, CRI és színhőmérséklet, a gyenge minőségű elektronika miatt a kondenzátor elektrolit mérgező és bűzös szivárgása, valamint rossz minőségű fényporbevonat esetén jelentősebb UV-sugárzás.

A felsorolt problémák kiküszöbölése érdekében mélyebben a zsebbe kell nyúl-



7. ÁBRA: Referencia fényforrás segítségével megvilágított CIE-referenciaminták színtorzulása fénycső és nagynyomású nátriumlámpa esetén [forrás: [www.dialux-help.ru/man/lamp-spectrum-light-colours.html](http://www.dialux-help.ru/man/lamp-spectrum-light-colours.html)]

ni és érdekesebb megvásárolni a világítástechnika három meghatározó nagy gyártójának a fényforrásait. Jó választás továbbá a nagy kereskedőláncok saját márkás, prémium termékei, ugyanis ezek valószínűleg szintén a nagy gyártóknál készültek, ez pedig garantálja a biztonságos kivitel, a hosszú élettartamot.

Mindig tartsuk szem előtt azt a tény, hogy a tereink mesterséges megvilágítása nem csak a fényforrásból áll. További fontos összetevői vannak az ergonomikus világításnak, ezek összességében adják meg a fény minőségét. Közülük a legfontosabb a lámpatestek típusa és elhelyezése, továbbá a falfelületek festése és a tér kitöltése.

A korábbi fényforrásokhoz illesztett, hagyományos megoldások hogyan implementálhatók egy merőben új, más tulajdonságokkal rendelkező világítástechnikai környezetben? Gondolok itt elsősorban a már elfogadott látásfiziológiai vagy például a belsőépítészeti vonatkozásokra.

Mint már a LED fényforrásoknál említettem, egyes esetekben sajnos szükség lesz a lámpatestek fényforráshoz illesztett cseréjére, még ha a gyártók alkalmas foglalatokkal látták is el az energiatakarékos lámpánkat. A wolframszálas izzókra kifejlesztett lámpatestek nehezen adnak optimális megvilágítást egy nagy és egyenletes felületi fénysűrűséggel rendelkező kompakt fénycsővel, és akkor nem beszéltem a pontszerű és nagy fénysűrűségű elemi LED-eket tartalmazó lámpákról.

Ugyanez vonatkozik a fluoreszcens fénycsövek kiváltására kínált „LED csövekre”. Ez esetben is érdemes lámpatestet cserélni. Elsősorban a LED-ek nagy fénysűrűségéből adódó káprázás kiküszöbölése céljából tartom fontosnak a lámpatestek helyes megválasztását és elhelyezését.

A LED-ek vonatkozásában azonban el kell mondanom, hogy a belsőépítészeti számára korlátlan lehetőséget ad a szegmált és színes fényforrások alkalmazhatósága. Az egyszerűen vezérelhető fényáramú és változtatható színhőmérsékletű LED szalagok korábban nem ismert lehetőségeket kínálnak.

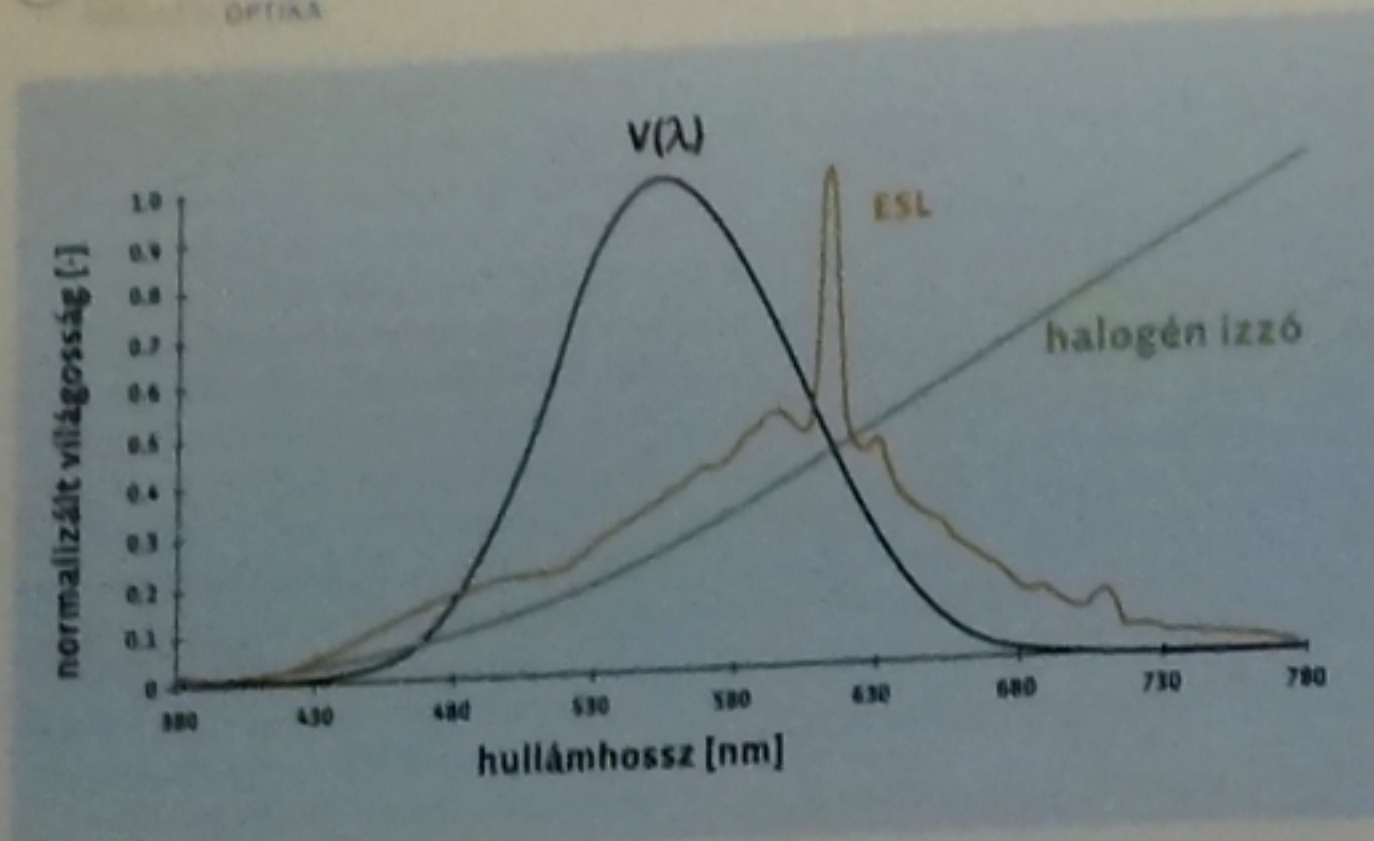
A régebbi típusú lineáris fénycsövek lámpatesteit is érdemes megvizsgálni. Ha ezek 15-20 évnél idősebbek, akkor valószínűleg nem elektronikus előtétet tartalmaznak, és ez a megvilágítás 100 Hz körüli villogásban nyilvánul meg, ami fárasztóan hat a teljes látószervünkre. Érdemes tehát korszerű elektronikus előtétet tartalmazó lámpatesteket beszerezni, vagy csak az előtétet kicserélni. Ezzel mellesleg nagyobb élettartamot és kisebb fogyasztást érhetünk el. A kompakt fénycsövek már elektronikus előtéttekkel készülnek.

**Milyen kihívást jelent az új fényforrások megjelenése a szindinamika, a színmérés, a színtan vagy a kognitív tudományok művelői számára?**

A színtan és a színmérés tudományosan rögzített alapelveit egyelőre nem befolyásolják az újonnan megjelenő fényforrások. A szindinamikának azonban oda kell figyelnie az energiatakarékos fényforrásoknak a nappali és hőmérsékleti (például izzólámpa) sugárzástól eltérő spektrális tulajdonságaitól adódó



8. ÁBRA: Az egyes színhőmérséklet-hez társítható megvilágítástípusok és egy iroda megvilágítása három jellegzetes színhőmérsékletű megvilágítás esetén [forrás: [www.techmind.org/colour/coltemp.html](http://www.techmind.org/colour/coltemp.html), [www.flood-light-led.com/how-to-choose-the-suitable-led-color-temperature.html](http://www.flood-light-led.com/how-to-choose-the-suitable-led-color-temperature.html)]



8. ábra: ESL és halogén fényforrás spektrális teljesítményeloszlása, összehasonlítva az emberi szem érzékenységgel  
[forrás: [blogs.scientificamerican.com/solar-at-home/2011/03/21/a-better-kind-of-lightbulb/](http://blogs.scientificamerican.com/solar-at-home/2011/03/21/a-better-kind-of-lightbulb/)]

színvisszaadási problémáira. Új szín-harmóniákra és a meglévő színtaszok átdeigőzésára is szükség lehet. Ezek megalkotásában a kognitív tudományok szakembereinek sok vizuális vizsgálatot kell még elvégezniük.

Az új típusú fényforrások megjelenése ellenére fontos megjegyezni, hogy a diagnosztikai típusú látásvizsgálatoknál feltehetően minden marad a régiben. A műszereinkben ugyanazokat a fényforrásokat fogjuk alkalmazni, és fontos, hogy a szemészeti látásvizsgálatok lehetőleg napfény, vagy az ehhez legjobban hasonlító magas színhőmérsékletű halogén fényforrás mellett történjenek.

**Mely hazai és nemzetközi szervezetek, műhelyek foglalkoznak olyan új humán tesztek, mérési módszerek kifejlesztésével, amelyek sikerrel alapozzák meg az új típusú fényforrások vizuális minősítését és a szabványosítást? Milyen új technológiák várhatóak a közeljövőben?**

Érthető módon jelenleg a LED-es fényforrások körül izzik a levegő. Az eddigi CRI és más mérőtechnikai eljárások csak korlátozottan alkalmazhatók. A nemzetközi világítástechnikai mérőtechnikát és standardokat koordináló Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) a technikai bizottságain (TC-ken) keresztül tíz főtől több száz munkacsoportban foglalkozik a LED fényforrások mérőtechnikájával, a lámpatestek optimális kialakításával, a fotobiológiai hatások és a megvilágítás minőségével. A CIE ilyen nemű munkájában magyar kutatóhelyek is aktívan részt vesznek.

A LED-ek mérőtechnikáját és minősítését már két CIE-kiadványban is rögzítették, a fényforrástípus fejlődése miatt azonban folyamatos az új szabványok kidolgozása. A többi energiatakarékos fényforrás minősítése és szabványosítása részben a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet és a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság közreműködésével már megtörtént.

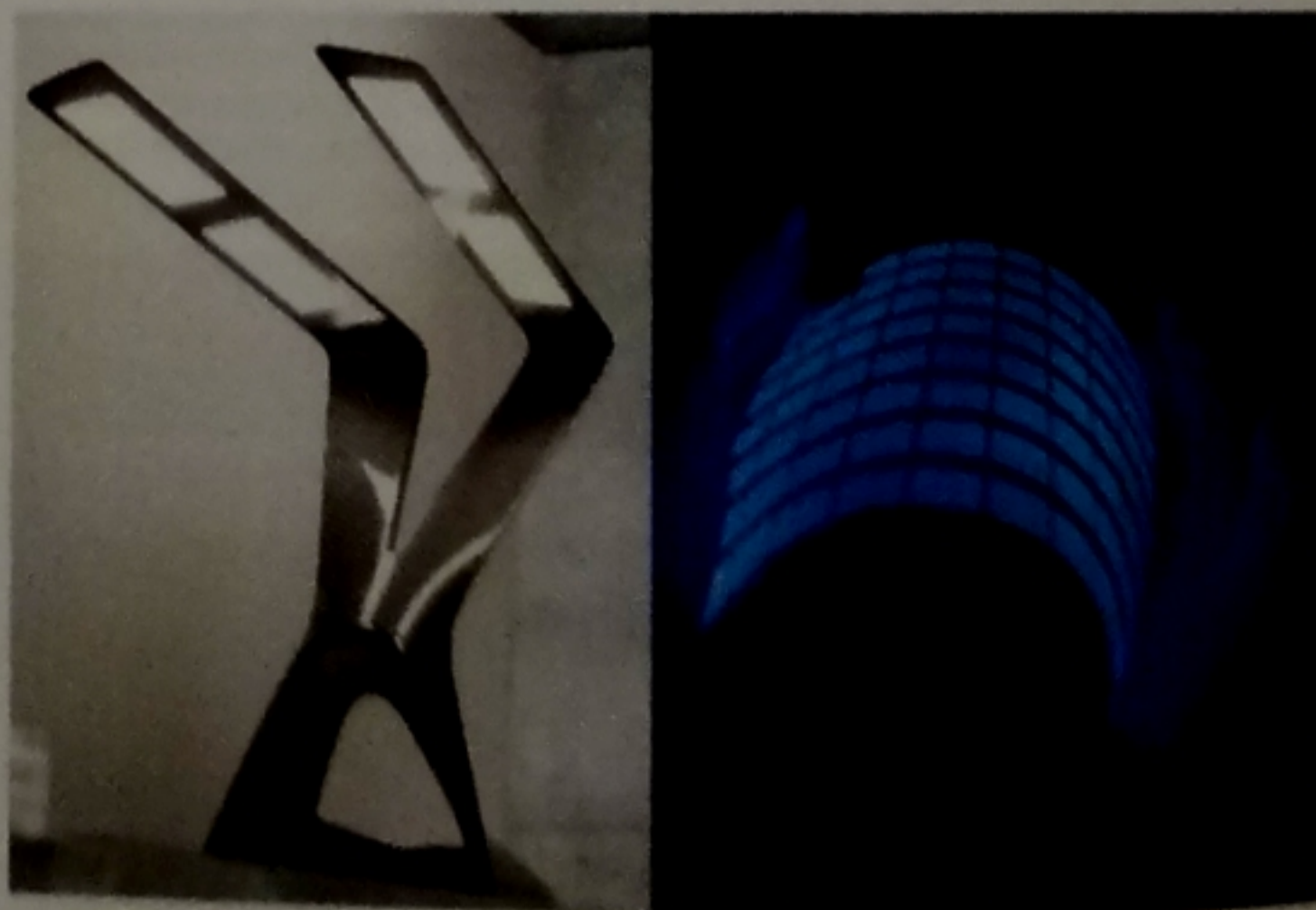
Napjainkban számos új típusú fényforrás fejlesztése zajlik párhuzamosan. Már a piacon is kaphatók az ESL (Electron Stimulated Luminescence) fényforrások, melyeknek a működési elve nagyban hasonlít a hagyományos CRT típusú – televízió és számítógép – képernyők technológiájához. A katód által kibocsátott elektronsugárzás a hagyományos lámpához hasonló alakú burára felvitt fényporok által keltett fény-

sugárzás. A fény spektrális teljesítményeloszlása hasonlít az emberi világosság 8. ábrán látható érzékenységi karakteristikájához, ezáltal jó fénykomfortot okoz. Ehhez az előnyös tulajdonsághoz higanymentes kivitel, tízezer órás élettartam és a hagyományos izzókhöz képest hetven százalékos energiamegtakarítás társul.

Szintén ígéretes energiatakarékos fényforrásnak ígérkeznek a mobiltelefonokból és fényképezőgépek keresőiből ismert OLED-ek (Organic Light-Emitting Diode) – szerves fénykibocsátó diódák –, melyeknek az emberi szem érzékenységéhez igazított sugárzási spektrum és a kis fogyasztás az előnye. Emellett nagyon jól alkalmazhatók design és műszaki célokra, ugyanis felhasználásukkal nagyméretű, homogén és flexibilis megvilágítások is eszközölhetők, erre láthatók példák a 9. ábrán. Jelenleg azonban még gondot okoz az alacsony fényáram, a magas ár és az OLED-ekben található szerves vegyületek labilitása.

Mint láthattuk, az elmúlt évtizedekben egy sor energiahatékony fényforrást fejlesztettek ki. Az EU-direktívával összhangban tehát sok energiát takaríthatunk meg, és ezzel a környezetszennyezés is mérséklődik. Az viszont már fogós kérdés, hogy a fogyasztó és az előállító által megspórolt elektromos áram mennyiben áll egyensúlyban a drágább fényforrások és a lámpatestek cseréjéből származó költségekkel, illetve a korszerű fényforrások gyártástechnológiájából és hulladékként való megjelenéséből adódó környezeti terheléssel.

DR. ANTAL ÁRKOS



9. ábra: OLED fényforrások [forrás: [www.ge.com](http://www.ge.com) (GE oled), [www.novaled.com](http://www.novaled.com) (Novaled oled)]