

„Fehér fény” a közvilágításban

Bevezetés

A tudomány és technika fejlődése új megvilágításba helyezi azokat az elveket, amelyekben a közvilágítás jelenlegi tervezési gyakorlata alapul. A látás-fiziológiai kutatások egyre több új információt kínálnak a látási teljesítmény változásáról közvilágítási körülmények között. A fényforrások technológiai fejlődése révén a fényforrások skálája szélesedik, és egyre nagyobb eséllyel veszik fel a versenyt az általánosan használt nagynyomású nátriumlámpákkal mind gazdasági, mind üzemeltetési szempontból. A közvilágítási berendezések megítélésében (elsősorban a városközpontokban) a szigorúan vett szabványossági előírások betartása mellett előtérbe kerülnek a barátságos megjelenés, jó színvisszaadás, az esztétikai élmény, a környezethez való jobb illeszkedés igényei is. Mindez arra ösztönöz, hogy áttekintsük a „fehér fény” szerepét a közvilágításban. A fehér fény kifejezés idézőjeles említése magyarázatra szorul. Itt, és a cikk további részében ez a fogalom inkább a sárga fényű nátriumlámpáktól való megkülönböztetést jelöl, mintsem tudományosan pontos definíciót. Arra utal, hogy vannak (és a jövőben még számosabban lehetnek) olyan fényforrások, melyek sugárzási spektruma különbözik a nátriumlámpákétól. Érdeemes körüljárni, hogy vajon az eddigi közvilágítási tervezési gyakorlat megfelelően írja-e le ezek hatását.

Milyen elven alapul a mai gyakorlat?

A közvilágítás tervezésének egyik bemenő adata a fényforrás fényárama. Ezt az adatot a fényforrásgyártók – a kialakult konvenciók szerint – a világosra adaptált szem esetére adják meg, azaz laboratóriumban, műszerek által mért sugárzási teljesítményt hullámhosszonként a $V(\lambda)$ görbe szerint súlyozzák és összegzik. Tehát, amikor a közvilágítást tervező mérnök ezt a fényáramot számításaiiban használja, akkor feltételezi, hogy a szem világosra adaptált, azaz az átlagos fénysűrűség 3 cd/m^2 felett van. A közvilágítási szabvány – útosztálytól függően – $0,3 \text{ cd/m}^2$ és 2 cd/m^2 közötti értéket követel meg, tehát a szem adaptációs szintje rendszerint alacsonyabb, mint 3 cd/m^2 , különösen az M3-M5 útosztályokban. Másrészt, a $V(\lambda)$ görbe csak kis (2° -os) látószög esetén érvényes. Ugyanakkor a közvilágításban jellemző néhány látási feladat – különösen kisebb sebességeknél, azaz jellemzően alacsonyabb útosztályoknál – nem korlátozódik a 2° -os szögre.

Látási teljesítmény kutatása a mezopos (szürkületi) tartományban

Az ilyen irányú kutatásokon jelenleg három jelentősebb csoport dolgozik az USA-ban, Japánban és az Európai Unión belül, melyben közreműködnek a Veszprémi Egyetem kutatói is. Eredményeik szerint az adaptációs szint és a látási szög mellett az alakfelismeréshez szükséges reakcióidő is hatással van a közvilágítási látási teljesítményre, de további kritériu-

mok is várhatóak. Noha a kutatások még korántsem tekinthetők lezártak, annyi bizonyosra vehető, hogy ezek eredményeként a fényforrások közvilágítási körülmények között érvényes fényhasznosítása változni fog. A változás irányát illusztrálja az 1. ábra, ami a fényforrások fényhasznosítását mutatja az adaptációs fény-sűrűség függvényében, a reakcióidő-mérésen alapuló mezopos láthatósági függvénnyel számolt fényhasznosítás esetében.

A közvilágítási szakember figyelmét különösen a 0,3 cd/m² és 1 cd/m² közötti (jellemzően) mezopos tartomány köti le. Megfigyelhető, hogy a rövidebb hullámhossztartományban erősebben sugárzó fényforrások fényhasznosítása az adaptációs szint csökkenésével nő, a hosszabb hullámhossz tartományban erősebben sugárzó fényforrásoké (mint a nátriumlámpák) csökken. Érdekes, hogy a hagyományosan legjobb fényhasznosításúnak tekintett kisnyomású nátriumlámpa 200 lm/W körüli fényhasznosítása a 0,3 cd/m²-es adaptációs szintnél (M5-ös útosztály) 135 lm/W-ra csökken és a fémhalogén lámpa (hagyományosan 100 lm/W alatti)

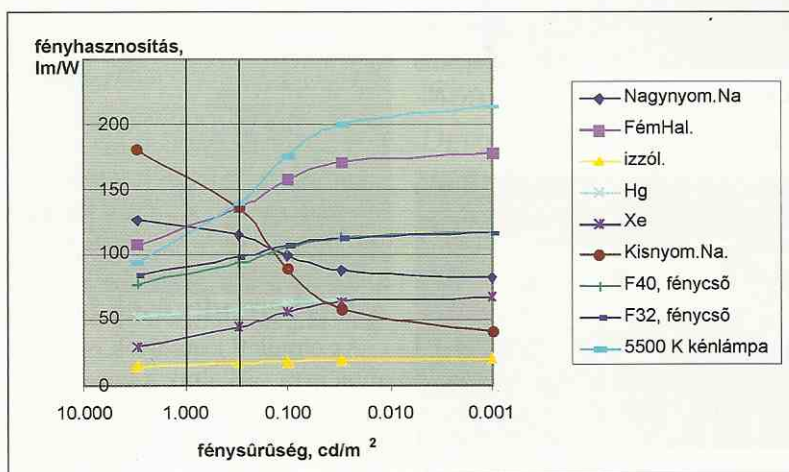
fényhasznosítása erre a szintre nő. Érdekes hangsúlyozni, hogy nem a fényforrások által, a látható tartományban kisugárzott energia változik, hanem a szem érzékenységét mutató értékelési súlyok mások, mint az eddig megszokott V(λ). Természetesen az értékelési súlyok változása hatással lehet a fényforrás-fejlesztésre is. A fényforrások spektrális eloszlása olyan módon módosítható, hogy minél nagyobb része arra a hullámhossz tartományra essen, ahol a szem érzékenysége közvilágítási körülmények között a legnagyobb, ezzel mintegy közvilágítási körülményekre optimalizálva a fényforrás spektrális eloszlását.

Fényforrások és lámpatestek fejlődése

Az utóbbi hónapokban egy sor új fényforrás került a piacra, ami lehetőséget ad a fehér fény közvilágításban történő, eddiginél szélesebb körű alkalmazására.

Kompakt fénycsövek

A magyar közvilágításban több száz-ezer 36 wattos kompakt fénycső üzemel, kedvező tapasztalatok mellett. A fényfor-



1. ábra: Néhány fényforrás fényhasznosítása az adaptációs fény-sűrűség függvényében

rás által biztosított 3 klm körüli egységfényáram korlátozza ezek felhasználhatóságát az M6 és M5 útosztályokra. A méltatlanul mellőzött 55 wattos típus mellett megjelentek a 42, 57 és 80 wattos kivitelek is, amelyek magasabb világítási igények kielégítésére is alkalmasak.

Természetesen nem szabad elfelejteni, hogy a kompakt fénycsövek többségének fényárama hideg külső hőmérsékleten radikálisan csökken. E hátrány kiküszöbölése leg gazdaságosabban a forráshoz és a lámpatesthez méretezett eszközzel, a fényáram stabilizáló sapkával oldható meg. Az egyéb megoldások (speciális fényforrás vagy előtét) nem terjedtek el a magasabb árak miatt.

Fémhalogén lámpák

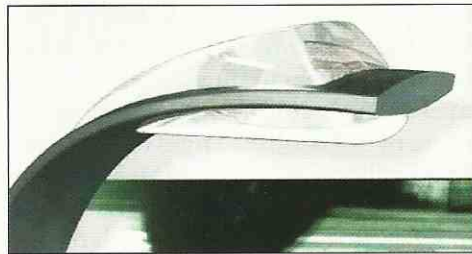
Az eddig széles körben forgalmazott típusok ára, élettartama és a működéssel



2. ábra: A 150 wattos fényforrások méretcsökkenése



3. ábra: Kompakt fémhalogén lámpához alkalmas mikro (μ R) reflektor



4. ábra: Pininfarina által tervezett lámpatest, benne a mikroreflektorral

kapcsolatos korlátozások (mint égetési helyzet, színeltolódás) korlátozták ezek alkalmazását közvilágításban. Az utóbbi időben – először egy, majd később több vezető gyártó – kínálatában megjelentek a kompakt, kerámia kisülőcsöves fémhalogén lámpák. Ezek élettartama hosszabb, a színeltolódás jelentősen csökkent, és – a versenynek, illetve a növekvő eladásoknak köszönhetően – áruk is várhatóan mérséklődik. A világítófelület radikális csökkenését mutatja 2. ábra, ahol fényforrások mindegyike 150 wattos, jobb oldalon látható a kompakt fémhalogén lámpa. Ha a tükröt erre a fényforrásra méretezték, akkor a pontszerű fényforrás fénye könnyebben irányítható az útra, ezáltal a lámpatesttel együtt mért hatások tovább növelhető.

A fény irányítására szolgáló optikai egység mérete is jelentősen csökkenthető, melyet a mikroreflektor (μ R®) elnevezés is jelez (3. ábra). A formatervezők fantáziája még szabadabban szárnyalhat, és eddig nem látott megoldásokban öltethet testet, mint például a Pininfarina stúdió formaterve a 4. ábrán.

Mintaberendezések tapasztalatai

Az elméleti kutatások biztató eredményei arra sarkalták a berendezésgyártókat és a felhasználókat, hogy a fehér fény kedvező hatását a gyakorlatban is kipróbálják. A tesztberendezések megépítése után mérték a felhasználók reakcióit. A

közvélemény-kutatással kiértékelt minta-berendezések elsősorban lakóterületek kis forgalmú, és ennek megfelelően alacsony világítási szinttel rendelkező utcára összpontosítottak. Ennek egyik oka, hogy az elméleti eredmények alapján itt dominánsabb lehet a fehér fény hatása, másrésztől itt könnyebb volt elvégezni a közvélemény-kutatásokat is.

Northampton (kisnyomású nátriumlámpa cseréje kompakt fémhalogén lámpára)

A kisnyomású nátriumlámpás berendezés képe az 5. ábrán, a fémhalogén lámpásé a 6. ábrán látható. Itt kell megjegyezni, hogy a képek torzíthatnak és a legjobb szándék ellenére torzítanak is. Nyilván más benyomást szerez a szemlélő a helyszínen, mást, ha kémiai úton előállított fotót néz, és megint mást, ha elektronikus médián (katódsugárcsőves, LCD monitoron vagy kivetítőn nézi a képet). Ezért a mellékelt képek csak illusztrációnak tekinthetők. A közvélemény-kutatásban ott lakó laikusok vettek részt, tehát ők saját szemükkel (és agyukkal) ítélték. A felmérés előtt nem tudtak a berende-



5. ábra: A kisnyomású nátriumlámpás (rég) berendezés

zések műszaki paramétereiről, így például mérhető megvilágítási szintről sem. A felmérés két eredményre jutott:

A megkérdezettek 100%-a az új beren-



6. ábra: A fémhalogénlámpás (új) berendezés

dezést világosabbnak találta, mint az előzőt. Ne feledjük, hogy laikusokat kérdeztek, akiknek nem volt világítástechnikai képzettségük. Valójában, az új berendezés által szolgáltatott átlagos megvilágítás – $V(\lambda)$ -val korrigált műszerrel mérve – némileg kisebb volt, mint a bontott berendezésé.

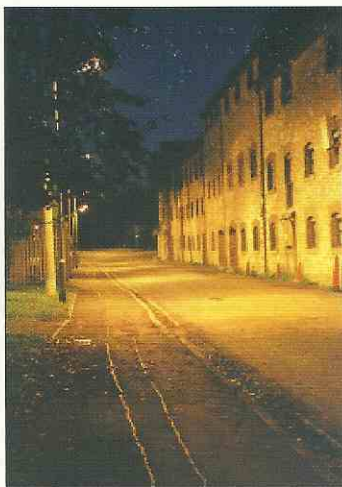
A megkérdezettek 80%-a jobb felismerhetőségről számolt be. Itt megint nem szabad tudományos kísérletekben szereplő szabványos akadályokra gondolni. A megkérdezettek a közlekedési szituáció és szomszédai felismerhetőségéről nyilatkoztak.

Az alkalmazott lámpatestek fényeloszlása meglehetősen különböző volt, tekintettel a két fényforrás eltérő méretére, tehát az eredményben szerepet játszhatott a fényeloszlás változása is, a fény színe mellett.

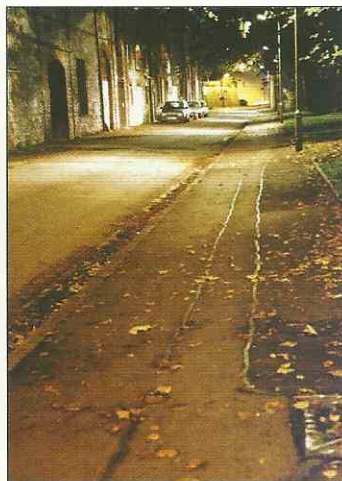
Devon (nagynyomású nátriumlámpa cseréje kompakt fémhalogén lámpára)

Ez a kísérlet két részletében különbözött az előzőtől:

Csak fényforrást és működtető szerelvényeket cseréltek, lámpatestet nem. Ennek következtében a fényeloszlás csak kismértékben változott, 70 wattos csőburás nagynyomású nátriumlámpát cseréltek 35 wattos kompakt, kerámia kisülő-



7. ábra: A nagynyomású nátriumlámpás (rég) berendezés



8. ábra: A fémhalogén lámpás (új) berendezés

csöves fémhalogén lámpára. Ez magával hozta a megvilágítási szint lényeges csökkenését. Míg az előző berendezés 2,5 luxot adott a legsötétebb pőnton, addig az új csak 1 luxot.

A benyomást a 7. ábra (nátrium) és a 8. ábra (fémhalogén) szemlélteti. A közvélemény-kutatások a fémhalogén lámpás berendezés előnyét mutatták a nátriummal szemben, ami igen kiemelkedő

teljesítmény, ha tekintetbe vesszük az alacsonyabb megvilágítási szintet is.

Hogyan számszerűsíthetők az eredmények?

Annak ellenére, hogy sem a tudományos, sem a terepkísérletek nem zárultak le, többen kísértést éreznek arra, hogy az eredményeket minél előbb használják a mindennapos méretezés során.

Fényáramszorzók

A fényforrások fényárama a katalógusokban $V(\lambda)$ korrigáltan jelenik meg. Mivel a közvilágítási szituációban az egyes spektrumok hatása különbözik, így az egyes fényforrások „hasznos” fényárama eltér a katalógusban megadottól. Ez a megközelítés feltételezi, hogy a nagynyomású nátriumlámpa fényárama nem változik az adaptációs fényűrűség függvényében (szorzója mindig 1), és ehhez hasonlítja a többi fényforrás hasznosságát alacsonyabb adaptációs szinteknél. (1. táblázat) Például, ha a világítás átlagosan 1 cd/m^2 fényűrűséget hoz létre, akkor a fémhalogén lámpa katalógusban található fényáramát 1,35-tel kell szorozni, és ezt kell használni a méretezés során.

Fényűrűség cd/m^2	0,001	0,01	0,1	1	3	10
Fémhalogén	2,25	2,21	1,82	1,35	1,13	1,00
Nagynyomású nátrium	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kisnyomású nátrium	0,47	0,51	0,78	0,82	0,95	1,00

1. táblázat: Egy javaslat fényáramszorzók használatára

Természetesen ez egy leegyszerűsített megközelítés és jól szemlélteti a szem érzékenységváltozásának tendenciáját a mezopozos tartományban,

mégis megengedhető néhány megjegyzés:

A nagynyomású nátriumlámpa fényárama változatlan, amit az elméleti kutatások nem támasztanak alá, lásd 1. ábra.

A fémhalogén lámpák spektruma nem állandó, típus függvényében is változhat, így a fenti számok csak „ököl-szabályként” lehetnek érvényesek.

Figyelemreméltó, hogy $0,1 \text{ cd/m}^2$ (közvilágításban 1–2 lux) adaptációs szint mellett a fémhalogén lámpa fényhasznosítása majdnem kétszerese a nagynyomású nátriumlámpáénak, ami elég jó egyezést mutat az 1. ábrán látható eredményekkel.

Készülő új szabványok

Egy másik megközelítést mutat a készülő, új európai közvilágítási szabvány egyik fejezete, ami azt mondja ki, hogy „az S (gyalogos) útosztály szerint tervezett berendezések világítási osztálya egy szinttel csökkenthető, ha fehér fényű fényforrást alkalmaznak”. A jobb megértés kedvéért az S osztály szerint javasolt szinteket a 2. táblázat mutatja.

Ez azt mondja ki, hogy az nmg világítási szint körülbelül 50%-kal csökkenthető fehér fény esetén a látási komfort romlása nélkül. Hangsúlyozni kell, hogy

Osztály	Vízszintes megvilágítás	
	E_{av} (lux)	E_{min} (lux)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6

2. táblázat: A készülő európai szabvány gyalogos területek világítására vonatkozó javaslata

ez a szabványtervezet még munkabizottsági fázisban van, nincs jóváhagyva.

Összefoglalás

A jelenlegi méretezési gyakorlat világosra adaptált szemre érvényes adatokon alapszik. Mind az elméleti kutatások, mind a terpkísérletek azt mutatják, hogy ez a megközelítés a közvilágítás által biztosított mezopos tartományban korrekcióra szorul. A hatás számszerűsítéséhez, és a javaslatok igazolásához további kísérletek szükségesek. Addig is bátran használható fehér fény a közvilágításban, mert fehér fényben a látási komfort biztosan jobb, mint azt az eddigi kiértékelési módszerek mutatják.

A magyar világítástechnikusoknak sem az elméleti kutatásokban, sem a gyakorlati alkalmazásban nincs szegyenkeznivója, mindkét területen élen járnak!

Schwarz Péter