

# Kültéri munkahelyek világítása

## Bevezetés

A kültéri munkahelyi világítás elsődleges célja, hogy biztosítsa a hatékony munkavégzés, a biztonságos közlekedés, valamint az élet- és vagyónbiztonság láthatósági feltételeit. A tanulmány megismertet a legfontosabb követelményekkel. Nem foglalkozik részletesen a megvilágításshámítás módszereivel, de felhívja a figyelmet néhány speciális sajátosságra. Ugyanakkor részletes leírás olvasható a káprázáskorlátozás módszerével és annak számításával kapcsolatban. A cikk végén lévő táblázat segítségével – a világítás elsődleges céljai alapján – meghatározhatóak az adott alkalmazás világítási követelményei.

## Megvilágítás és fényssűrűség

Az érzékelendő tárgy mérete, a részletek között lévő fényssűrűség-különbség (kontraszt) és a szem adaptációs szintje (az átlagos háttérfényssűrűség) mind hatással vannak a látási teljesítményre. A felismerendő tárgy tulajdonságainak megváltoztatása ritkán esik a világítást tervező mérnök hatáskörébe, de ha mégis, akkor érdemes megfontolni nagyobb jelek, kontrasztosabb színek használatát.

A kültéri munkahelyek rendszerint túl összetettek ahhoz, hogy fényssűrűséget lehessen számítani, ezért a **megvilágítást** kell tervezési kritériumként használni. A megvilágítást az adott helyet

jellemző munkavégzés által meghatározott síkon és magasságban kell számítani. Ha ez nem adott, akkor munkaterületeken a talaj felett 1 méterrel lévő vízszintes síkot kell használni és egyéb (pl. jellemzően közlekedési vagy tárolási) területeken a talajszintet.

A megvilágítási szintet a pontról pontra módszerrel kell kiszámítani. A megvilágítandó területet egy (vagy több) számítási hálóval kell lefedni. A háló lehetőleg közelítsen a négyzetháléhoz, de az osztás oldalainak aránya semmiképpen ne haladja meg az 1:2 arányt. Az osztástávolságot olyan kicsire kell választani, hogy mezőn belül a megvilágítás szintje közel azonos legyen. Ha az osztástávolság nem nagyobb 10 méternél és

$$p \leq 0,2 \cdot 5^{\log d}$$

akkor az általában megfelelő, ahol  $d$  a számítandó terület hosszabbik oldala  $p$  egy számítási mező hosszabbik oldala.

Ha a számítandó terület nem téglalap alakú, akkor is lehet téglalap alakú számítási hálót használni, de a területen kívül eső pontok eredményét mind az átlag, mind az egyenletesség kiszámításánál figyelmen kívül kell hagyni.

A berendezés mérésekor lehetőleg azokat a pontokat kell használni, ahol a számítás történt. Ha így túlságosan sok mérési pont adódik, akkor megengedhető, hogy a mérési háló osztása 2-szerese vagy 3-szorosa legyen, mint a számítási háló osztása volt.

## Egyenletesség

A változó fénysűrűséghez való alkalmazkodás időt igényel. Ugyanakkor világos és sötét részletek váltogatása csökkenti a látási teljesítményt. Ezért lehetőleg egyenletes világitást kell biztosítani, azaz korlátozni kell a legkisebb megvilágítás arányát az adaptációs szinthez viszonyítva, valamint a legkisebb megvilágítás arányát a maximumhoz képest. Ezek sorrendben a megvilágítás **középegyenletessége** ( $E_{\min}/E_{\text{átl}}$ ) és **határegyenletessége** ( $E_{\max}/E_{\min}$ ). Talán meglepőnek tűnik a sorrend (nem  $E_{\min}/E_{\max}$ , hanem  $E_{\max}/E_{\min}$ ), de így szerepel a legújabb CIE ajánlásban. Egy előnye mindenképpen van: nem keverhető össze a közepes egyenletességgel.

A kültéri munkahelyek igen gyakran nagy területeket foglalnak el, és ott több tevékenység zajlik, mint például közlekedés, tárolás, durva és finom szerelés. Ha a részterületek mérete és a tevékenységek jellege megengedi, akkor lehetséges (és célszerű) több kisebb területre bontani, és a részterületeket külön-külön, azok jellege szerinti megvilágítási

szintre tervezni. Az egymással szomszédos területek átlagos megvilágítási szintjeinek aránya ekkor sem lehet nagyobb, mint 1:3.

## Káprázaskorlátozás

A világitási berendezés okozta káprázás csökkenti a közlekedés, az élet és vagyoni védelem biztonságát, valamint a munkavégző képességet. A káprázás akkor a legrosszabb, amikor a berendezés a maximális fénytelsítményt nyújtja, azaz új. Ebből következően minden káprázásra vonatkozó számítást a kezdeti, nem avult értékekkel kell végezni.

A fátyolfénysűrűség egy adott érzékelési pontban és nézési irányban (ami  $2^\circ$ -kal a vízszintes alatt van) a következő képlettel számolható:

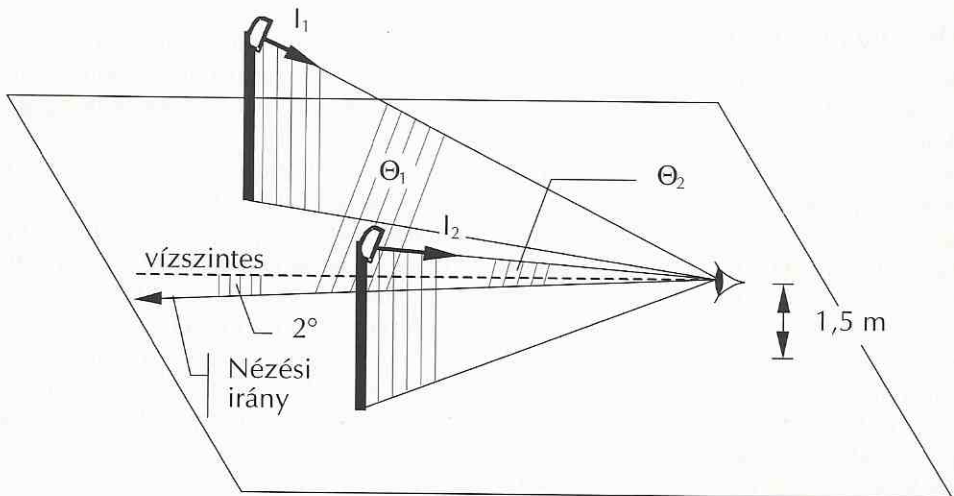
$$L_v = 10(E_{\text{szem}}/\Theta^2)$$

ahol

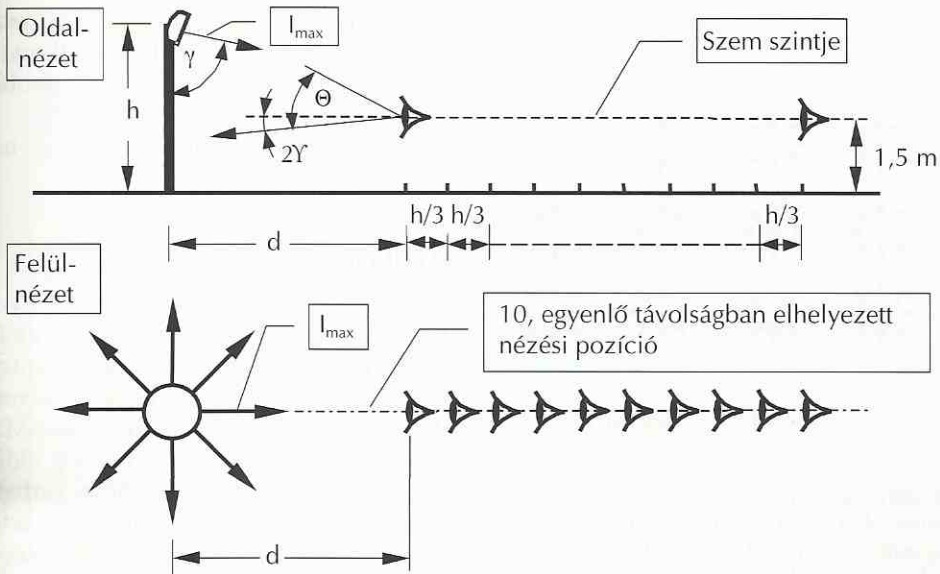
$L_v$  a fényforrás okozta fátyolfénysűrűség ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

$E_{\text{szem}}$  a nézési irányra merőleges síkon számolható megvilágítás ( $\text{lux}$ ).

$\Theta$  a nézési irány és a fényforrásból a



1. ábra.  $\Theta$  = a nézési irány és a fényforrásból a szem irányába mutató egyenes által bezárt szög fokban kifejezve,  $1,5^\circ < \Theta < 60^\circ$



2. ábra. Az egy vonalon elhelyezkedő nézési pozíciók. A legtöbb lámpatestet tartalmazó nézési irányban kell ellenőrizni a káprázást. A nézési irány  $2^\circ$ -kal a vízszintes alatt van. Az első nézési pozíciót az oszloptól  $d = h/3$  távolságra kell felvenni, ha a maximális intenzitás szöge  $\gamma \leq 70^\circ$ ,  $d = 1,5 h$ , ha  $\gamma > 70^\circ$

szem irányába mutató egyenes által bezárt szög fokban kifejezve,  $1,5\infty < \Theta < 60$  (1. ábra).

A szem szintjét mindig a felhasználó tipikus helyzete szerint kell meghatározni. Például a kültéri munkahelyen, talajon álló ember esetén ez 1,5 méter.

A teljes világítási berendezés által okozott fátýolfénysűrűség az egyes lámpatestek által okozott fátýolfénysűrűségek összege.

A káprázás mértékét az alábbiak szerint lehet számszerűsíteni:

$$GR = 27 + 24 \log (L_{v1}/L_{ve}^{0,9})$$

ahol

$GR$  a káprázási együttható

$L_{v1}$  a berendezés összes lámpatestje által közvetlenül létrehozott fátýolfénysűrűség ( $cd/m^2$ )

$L_{ve}$  a környezet (azaz a megvilágított területről visszavert fény) által létrehozott fátýolfénysűrűség ( $cd/m^2$ ).

Ha a talaj reflexióját tökéletesen dif-

fúznak tekintjük, akkor a környezet által létrehozott fátýolfénysűrűség az alábbiak szerint számolható:

$$L_{ve} = 0,035 \cdot L_{\text{át}} = 0,035 \cdot \rho \cdot E_{\text{át}}/\pi$$

ahol

$L_{\text{át}}$  a vizsgált terület átlagos fénysűrűsége ( $cd/m^2$ );

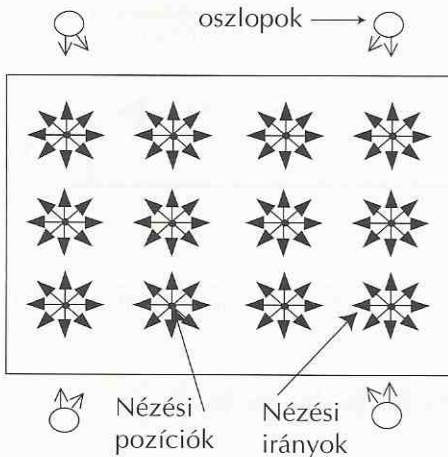
$\rho$  a vizsgált terület átlagos reflexiósfényezője (valós adat hiányában általában 0,2-nek vehető);

$E_{\text{át}}$  a vizsgált terület átlagos vízszintes megvilágítása (lux).

Minél kisebb a káprázás, annál kisebb lesz  $GR$ -értéke is. A különösen fontos vagy gyakori, hosszan tartó nézési irányokban 5-nél kisebb  $GR$ -érték ajánlott. A számításról további részletek a CIE 112 számú ajánlásában [2] található.

A káprázási együttható számításának egyik kulcskérdése az, mely pontokra kell azt kiszámítani.

- Ha a nézési pozíciók egyértelműen meghatározhatóak és kiszámúak,



3. ábra. Nézési pozíciók és irányok. A nézési pozíciókat hossz- és keresztirányban egyenlő, körülbelül  $h/3$  távolságban kell felvenni (ahol  $h$  a fénypontmagasság). Ha a nézési irányok a feladat jellegéből meghatározhatók, akkor azokat kell használni. Ha nem ismertek, akkor körben  $45^\circ$ -onként mind a 8 irányt meg kell vizsgálni

akkor a GR számítását minden ilyen pontban el kell végezni.

- Ha a munkaterület jellege miatt a nézési pozíciók egy vonallal írhatók le, akkor a 2. ábra szerint kell eljárni.
- Ha a nézési pozíciók egyértelműen nem adhatók meg, azaz a káprázást a teljes területre kell ellenőrizni, akkor a 3. ábrán látható elv szerint kell a számítási pontokat és nézési irányokat meghatározni. Ebben az esetben a nézési irányok  $45^\circ$ -os szöget zárnak be egymással.

**A káprázási együttműködés egyetlen nézési pontban és irányban sem haladhatja meg az előírt értéket.**

Ha egy világítási berendezés teljesíti az összes alábbi feltételt, akkor GR-értékeket nem kell számítani, és úgy kell tekinteni, hogy a káprázáskorlátozó megfelelő:

- Ha a világítást kizárólag közvilágítási jellegű, síküveg burájú (vagy ezzel

egyenértékű káprázáskorlátozó eszközzel ellátott) lámpatestek alkotják.

- A fénypontmagasság nem nagyobb, mint 15 méter.
- A lámpatestek hajlásszöge nem nagyobb, mint  $5^\circ$ .

## Avulási tényező

Az átlagos megvilágítás értéke semmilyen körülmények között sem eshet az előírt érték alá. Az avulási tényező a karbantartás idején mérhető érték és az új berendezésén mérhető érték hányadosa. Más szavakkal: Ha a megvilágítás az előírt (avult) érték alá esne, akkor a karbantartást el kell végezni. Minden előírt értéket avulási tényező figyelembevételével kell számítani, kivéve a káprázási együttműködést.

## Környezetvédelem

A világítás célterületén kívül eső fények – legyen az, például a hálószoba ablakára eső fény, vagy csak zavarja a csillagos ég tanulmányozását – mindenképpen szennyezésnek minősül, és energia-pazarlás is. Éppen ezért ajánlatos a következőket betartani:

- A világítást tervező dolgozza ki és ajánlja a leginkább energiatakarékos megoldást.
- A berendezést úgy kell tervezni, hogy az éppen nem használatos részek világítását le lehessen kapcsolni.
- A fénypontok hajlásszögét a lehető legkisebbre kell választani.
- Ha semmiképpen sem kerülhető el a felfelé világítás, akkor – a szórt fény korlátozására – megfelelő árnyékolást kell alkalmazni.
- A világítóberendezések kiválasztásánál törekedni kell azok használatára, amelyek csökkentik a fény nemkívánatos szóródását, például síküveglappal lezárt lámpatest, terelőrácsok alkalmazása.

## Kültéri munkahelyek világítási értékei, melyek avulási tényezővel számolandók, kivéve GR-t

Munka	Például	Közlekedés	Például	Élet- és vagyonszükséglet	Például	Átlagos megvilágítás nem lehet kisebb, mint $E_{\text{atl.}}$ (lux)	Egyenletesség		Káprázás $GR_{\text{max}}$ nem nagyobb, mint
							$E_{\text{min}}/E_{\text{atl.}}$ nem kisebb, mint	$E_{\text{max}}/E_{\text{min}}$ nem nagyobb, mint	
		Gyalogos	Egyének	Alacsony kockázat	Általános ipari tárolóterületek	5	0,25	10	55
			Kis csoportok (villás) targonca, kerékpár		Értékesebb áruk raktára	10	0,25	8	50
Eseti munkavégzés	Eseti munka vasúti területen	Lassú járművek				10	0,40	6	50
	Időszakos munka vasúti területen					15	0,40	5	45
Nagy durva	Nagyméretű tárgyak, ömlesztett anyagok mozgatása	Városi jellegű közlekedés	Autóparkolók	Közepes kockázat	Gépkocsi-raktár	20	0,25	8	55
			Konténerterminál		Nagy forgalmú konténerterminál	20	0,40	6	50
						20	0,40	5	45
						20	0,40	3	45
Durva	Konténerakkodás		Vasúti peron			50	0,40	5	50
					Magas kockázat	Áramütés-veszélyes elektromos szerelés	50	0,40	5
Pontos	Kéziszerszámok használata, ács munkák		Nagy forgalmú vasúti peron		Szerelés robbanás-veszélyes területen olajfinomítóknak, vegyi üzemekben	50	0,40	3	45
						100	0,40	5	45
Finom	Elektromos és mechanikus szerelés, beállítás		Nagy forgalmú, fedett vasúti peron			100	0,50	3	45
						200	0,50	3	45

- Kerüljük a terület túlvilágítását, igyekezzünk minél pontosabban betartani a szabványokat, ajánlásokat.
- A hosszú élettartamú fényforrások – a hosszabb csereciklusok miatt – általában kevesebb szennyezőanyagot hagynak maguk után.

## Ajánlott értékek

A táblázat mutatja az ajánlott értékeket. Először meg kell határozni a területen végzendő munka jellegét, összetettségét, majd a közlekedési körülményeket (úgy mint a közlekedésben részt vevő járműféleségek, azok tipikus vagy megengedett sebessége, a forgalmi helyzet

bonyolultsága), végül az élet- és vagonbiztonságot befolyásoló körülményeket. Ki kell keresni a táblázatból az ehhez tartozó értékeket, és ezek közül a legszigorúbbat kell választani. Munkahelyek szerinti részletes ajánlás a CIE 129 számú ajánlásában [1] található.

**Dr. Horváth József–Schwarcz Péter**

### IRODALOM

- [1] CIE: Guide for Lighting Exterior Work Areas, CIE 129 – 1998
- [2] CIE: Glare Evaluation System for Use within Outdoor Sports- and Area Lighting, CIE 112 – 1994
- [3] Guidance Notes for the Reduction of Light Pollution (ILE, 1994)