

Rušivé světlo

Část 7. – Měření rušivého světla

prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., Ing. Tomáš Novák, Ph.D., VŠB TÚ Ostrava,
Ing. Tomáš Maixner, předseda tematické skupiny Rušivé světlo při ČNK CIE

Metody

Měření rušivých účinků světla je v některých případech poměrně jednoduché, v jiných velmi náročné. Není problém změřit velikost rušivého světla dopadajícího na okna. Obvykle není problém změřit množství světla dopadajícího do míst, kde není žádoucí. Problematické je však vyhodnocení oslnění. Obtížné je měření nežádoucích vlivů umělého osvětlení na noční prostředí, tedy zvýšení závoje jas oblohy, nebo měření nežádoucího zvýšení osvětlenosti noční krajiny.

Vyhodnotit vliv umělého osvětlení na noční oblohu lze několika způsoby. Některé z nich jsou uvedeny např. v [6]. Jsou to postupy využívající astronomické metody.

Za nejjednodušší lze označit stanovení mezní hvězdné velikosti. Na obloze se zvolí vhodná oblast, která je např. vymezena čtyřmi jasnými a snadno naležitelnými hvězdami. To je potřebné pro možnost opakování měření v jiných lokalitách. V oblasti se spočítají všechny viditelné hvězdy a ze známých hvězdných velikostí (magnituda)¹⁾ lze odvodit mezní hvězdnou velikost v dané lokalitě a za daných pozorovacích podmínek – zejména okamžité extinkce²⁾. Vliv stavu atmosféry je významný – s klesající průzračností atmosféry se zmenšuje mezní hvězdná velikost.

Metoda je velmi subjektivní, věrohodnější výsledky může poskytnout, jen zúčastní-li se pozorování větší počet pozorovatelů. Lze ji označit za orientační, zhruba umožňující posoudit, zda v té či oné lokalitě jsou vhodné podmínky pro astronomická pozorování. Použití dalekohledů se nepovažuje za vhodné, protože různé přístroje vykazují odlišné optické vlastnosti, a proto je problematické

porovnat výsledky jednotlivých pozorovatelů. Nelze ani použít pouze jeden přístroj, protože hodnocení by se protáhlo na delší dobu, přičemž podmínky pozorování se mohou změnit. Jde např. o změnu výšky oblastí nad obzorem, a tedy i velikost extinkce, ale také o možnost nenápadné změny stavu atmosféry.



Obr. 1. Měřicí aparatura pro dlouhodobá měření osvětlenosti pod noční oblohou

Další metodou vyhodnocení zvýšeného závoje jas oblohy je fotografování. V případě fotografie závisí konečný výsledek na mnoha okolnostech, např. na vlastnostech fotopřístroje, ale především na jeho nastavení. Proto existuje jakýsi standard, který umožňuje porovnávat jednotlivé výsledky. Především se fotografuje v oblasti zenitu (nadhlavníku). Používá se běžný inverzní film s citlivostí ASA 400, objektiv o ohniskové vzdálenosti 50 až 55 mm s clonou nastavenou na hodnotu 4. Exponuje se po dobu osmdesáti sekund. Ze zjištěného rozdílu optické hustoty obrazu pozadí

a drah hvězd známých hvězdných velikostí na filmu lze odvodit velikost závoje jas oblohy. V současné době odborníci vyvíjejí a zkoušejí možnosti využití běžných digitálních fotoaparátů. Princip v tomto případě je podobný jako u klasické fotografie.

Obdobně jako s použitím fotografie lze závoje jas oblohy stanovit i vyhodnocením výsledků měření kamerami CCD. To je velmi dobře propracovaná astronomická metoda. Fotometrie CCD se běžně používá v astronomii a vyhodnocení jas pozadí je vedlejší produkt. Zmíněná metoda se využívá u jasových kamer, které jsou vysoce citlivé a schopné jas oblohy vyhodnotit.

Tím se otevírá cesta pro srovnání a sjednocení metod světelných techniků a astronomů. Taková srovnávací měření se vykonávala na astronomické observatoři TU v Ostravě. K měření se používaly astronomické metody a jasová kamera. Současně byla k dispozici svítidla, kterými bylo možné modelovat osvětlení oblohy umělým světlem. Nedostatkem uvedených měření byla v podstatě nemožnost pro časovou náročnost vyhodnotit jas celé oblohy. Z téhož důvodu nelze měření vykonávat ani v delších časových intervalech a při různých stavech oblohy.

Pro dlouhodobá měření nejsou vhodné ani jiné doposud uvedené postupy. Existuje „nejjednodušší“ metoda vyhodnocování. Je to měření osvětlenosti vodorovné roviny, které umožňuje integrování jas celé oblohy. Je nutné použít dostatečně citlivé standardní čidlo s kosinovým nastavcem.

V rámci výzkumů připadají v úvahu tyto varianty dlouhodobého měření osvětlenosti:

1. V oblasti ovlivněné rušivým světlem z umělých zdrojů světla.

¹⁾ **Hvězdná velikost** (zdánlivá magnituda, zdánlivá hvězdná velikost, symbol mag nebo m) je fotometrická veličina, používaná v astronomii, která udává jasnost objektu na obloze. Její hodnota představuje zdánlivou, tedy subjektivně vnímanou nebo přístrojem detekovanou jasnost hvězdy. Magnituda je logaritmická jednotka, větší magnituda znamená menší jasnost hvězdy. Rozdíl hvězdných velikostí dvou hvězd $m_1 - m_2$ je definován pomocí tzv. Pogsonovy rovnice $m_1 - m_2 = -2,5 \log_{10}(I_1/I_2)$, kde I_1 a I_2 jsou hustoty světelného toku dopadajícího na lidské oko nebo čidlo přístroje ze dvou srovnávaných hvězd. Hvězdná velikost m libovolné hvězdy je tedy rovna $m = -2,5 \log_{10}(I/I_0)$, kde I_0 je hustota světelného toku hvězdy, které byla přiřčena (dohodou) hvězdná velikost $m = 0$.

²⁾ **Atmosférická extinkce** je jev vedoucí k zeslabení jas objektů nacházejících se mimo atmosféru vlivem pohlcování a rozptylu světla při průchodu atmosférou. Intenzita přímého záření je na horní hranici atmosféry větší než intenzita přímého záření na zemském povrchu. Velikost pohlcení závisí na stavu atmosféry (znečištění, vlhkost apod.) a délce dráhy paprsku. To znamená, že extinkce je při obzoru větší než v nadhlavníku, je menší v horách než v údolích.

Tab. 1. Tabulka rozřídění naměřených hodnot osvětleností do jednotlivých pásem v období květen až srpen 2006

Interval osvětlenosti lx	Květen		Červen		Červenec		Srpen	
	počet bodů	%	počet bodů	%	počet bodů	%	Počet bodů	%
0,01 až 0,1	12 429,00	72,44	12 970,00	80,06	16 543,00	98,82	3553,00	49,35
0,1 až 0,2	4463,00	26,01	2760,00	17,04	197,00	1,18	2170,00	30,14
0,2 až 0,3	248,00	1,45	355,00	2,19	0,00	0,00	707,00	9,82
0,3 až 0,4	18,00	0,10	84,00	0,52	0,00	0,00	530,00	7,36
0,4 až 0,5	0,00	0,00	31,00	0,19	0,00	0,00	235,00	3,26
0,5 až 0,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,06
součet	17 158,00	100,00	16 200,00	100,00	16 740,00	100,00	7199,00	100,00

2. V oblasti neovlivněné rušivým světlem z umělých zdrojů světla. Taková v podstatě neexistuje, avšak lze najít lokality, kde je vliv umělého osvětlení minimální (takové měření, avšak krátkodobé, bylo uskutečněno u horní nádrže elektrárny Dlouhé Stráně; zde se hodnoty naměřené za bezměsíčné jasné noci pohybovaly na hranici možností použitého luxmetru: 0,001 až 0,002 lx).
3. Ve dvou oblastech popsanych v bodech 1 a 2. Taková měření se musí vykonat v co nejbližších lokalitách, aby v nich byly co nejhodnější pozorovací podmínky, tedy zejména vliv počasí na optické vlastnosti atmosféry. Taková měření umožňují vyhodnotit vliv umělého osvětlení na noční prostředí.
4. Měření rozšířené o vyzařování definovaného světelného toku do horního poloprostoru (světelný zdroj by bylo možné označit za „jakýsi etalon“). Jde o období měření popsaného v předešlém bodě, avšak měří se v jedné lokalitě a se zapnutým a následně vypnutým „etalonem“. Porovnáním naměřených hodnot lze získat základní informace o vlivu různých druhů atmosféry na velikost rušivého světla. Po zvládnutí této metody by bylo možné posuzovat vliv určité současné osvětlovací soustavy na noční prostředí na základě porovnání tří měření:

- a) vypnutá hodnocená soustava i „etalon“,
- b) zapnutý „etalon“,
- c) zapnutá hodnocená soustava.

S měřením osvětlenosti je nutné vyhodnocovat stav oblačnosti a povětrnostních podmínek obecně. Je nutné vzít v úvahu i vliv měsíce, jeho fáze a výšky nad horizontem.

Měření ne zcela koresponduje s vjemem lidského pozorovatele. Jde o to, že měřicí přístroje nejsou korigovány na skotopické (noční) vidění. Protože však stejný problém nastává i u dostupných jasoměrů, byl k měření popsanému v dalším textu použit luxmetr s korekcí na fotopické (denní) vidění. Poznámka: Měření se sice neshoduje s viděním člověka, ale ten není jediným účastníkem nočního života, lze dokonce tvrdit, že je tím méně důležitým. A korekci nastavenou třeba na oko sovy pálené asi žádný výrobce není schopen dodat, a jestliže ano, asi

nikdo by nebyl schopen ji zaplatit. Měření ve fotopické oblasti lze považovat za vyhovující pro posouzení vlivu umělého osvětlení na noční prostředí.

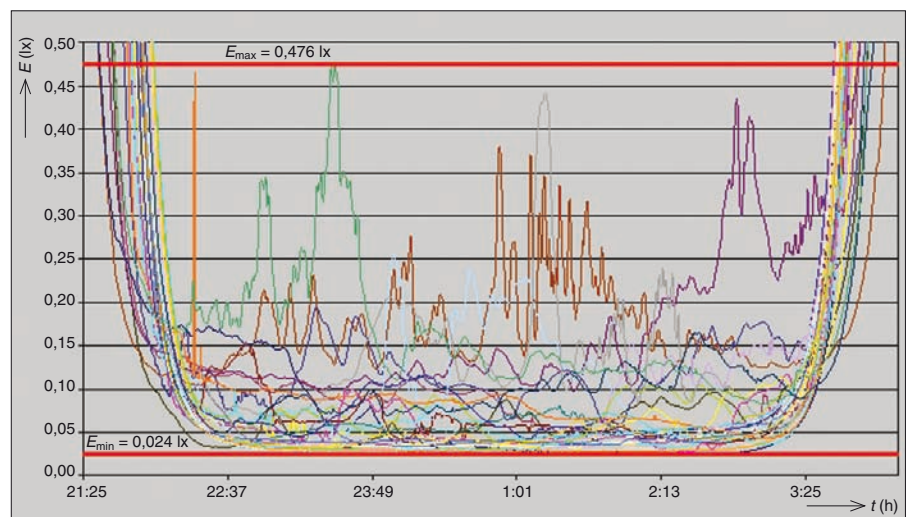
Měření v praxi

Měřicí aparatura byla umístěna na střeše budovy NK v areálu VŠB-TU Ostrava (obr. 1) proto, aby měření nebylo ovlivňováno přímými složkami osvětleností z blízkých zdrojů umělého osvětlení.

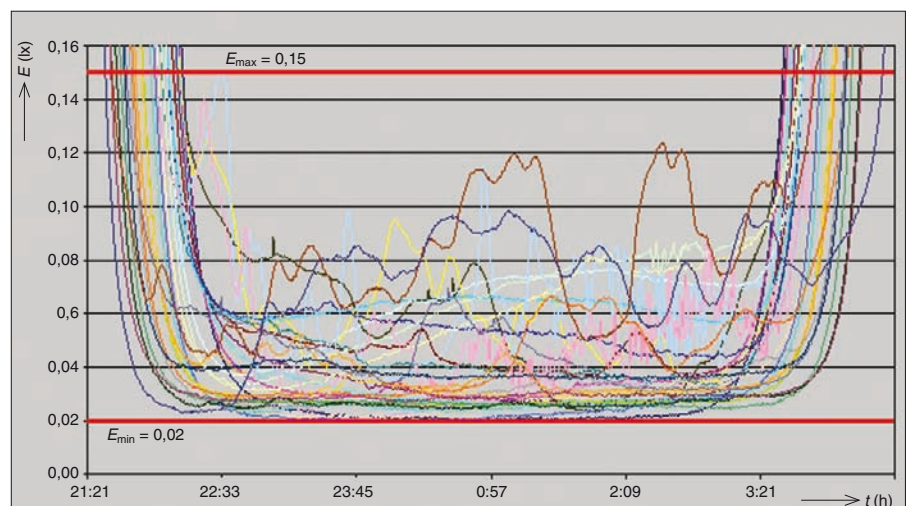
Měření se automaticky spouštělo a vypínalo při dosažení úrovně osvětlenosti 5 lx. Na obr. 2 a obr. 3 jsou uvedeny výsledky měření za červen a červenec 2007. Každá křivka znamená jednu noc. Rozsah naměřených hodnot ukazuje velkou dynamiku noční osvětlenosti v oblasti s výskytem rušivého světla. Tyto změny jsou ovlivněny zejména změnami optických charakteristik atmosféry. Dále je při jasné obloze významná fáze měsíce a jeho výška nad obzorem. Naměřené hodnoty ovlivňují i změny v soustavách umělého osvětlení v dané lokalitě.

Naměřená minima v červnu se pohybovala okolo hodnot 0,02 lx, maxima okolo 0,47 lx; to je více než dvacetinásobek. V následujícím měsíci se minimální hodnoty nelišily, avšak maxima byla výrazně nižší. Vysvětlení je v již zmíněném vlivu vlastností atmosféry. V červenci bylo výrazně méně oblačnosti a srážek.

Z naměřených hodnot, které byly „zatím pouze orientačně“ porovnávány s meteorologickými údaji, lze učinit před-



Obr. 2. Graf závislosti noční osvětlenosti na čase - červen 2006 (každá křivka znamená jednu noc)



Obr. 3. Graf závislosti noční osvětlenosti na čase - červenec 2006 (každá křivka znamená jednu noc)

běžný závěr, že osvětlenost je maximální při nízké oblačnosti kombinované s deštěm (0,5 lx).

Vliv meteorologické situace se potvrdil podle očekávání především v zimním období ve dnech se sněhovou pokrývkou a sněžením, kdy naměřená maxima byla okolo 3 lx. Minima za jasných bezměsíčných nocí se nelišila od letních hodnot (0,02 lx). Z „konstantní“ velikosti minimálních hodnot během roku lze usoudit, že sněhová pokrývka ve velkém městečtce nebude mít vliv na velikost rušivých účinků umělého osvětlení. Je to pravděpodobně tím, že není souvislá, rychle se znečišťuje, světlo odražené od terénu je pohlcováno okolní zástavbou a jen relativně malá část se dostává k noční obloze. V menších lokalitách, na vesnicích a ve volné přírodě bude vliv sněhové pokrývky jistě výrazně větší.

Účelem výzkumu je rozdělit osvětlenost podle parametrů oblohy. Zde je první návrh vycházející z doposud naměřených hodnot. Osvětlenosti byly podle jejich výskytu rozčleněny do skupin po 0,1 lx. Do těchto oblastí byly umístěny všechny naměřené hodnoty; jejich výskyt je vyjádřen procentuálně (tab. 1).

Pro základní, jednoduché a prozačtímní hodnocení je možné využít roz-

dělení naměřených hodnot na dvě části – za dělicí čáru lze zvolit hodnotu okolo 0,2 lx. Tuto je možné obecně uvažovat jako osvětlenost vyvolanou měsícem, a tedy hodnoty nad touto hranicí pokládat za rušivé. Je třeba připomenout, že jde o pracovní návrh, který bude dalším výzkumem ještě propracováván. Pro takové nastavení pravidel vyplývá závěr, že i v oblasti Ostravy je během nočních hodin tato hladina při dobrých rozptylových podmínkách překračována pouze minimálně.

V současné době sběr hodnot nočních osvětleností pokračuje. Je doplněn měřením s „etalonem“ se světelným tokem asi 23 klm směřovaným do horního poloprostoru. Při nejneprůzračnějších podmínkách (husté sněžení) tento světelný tok vyvolá změnu osvětlenosti až 1 lx, zatímco při výborných rozptylových podmínkách je změna osvětlenosti téměř nerozlišitelná.

Pro přehled:

0,001 lx – jasná bezměsíčná noc
 Naměřené hodnoty v Ostravě:
 0,02 lx – minimální – jasno,
 0,6 lx – maximální „letní“ – vytrvalý déšť,
 3 lx – maximální „zimní“ – husté sněžení se sněhovou pokrývkou.

Z výsledků měření vyplývá, že jas oblohy v lokalitě velkého průmyslového města (300 000 obyvatel) je velmi dynamický a jeho úroveň závisí zejména na stavu atmosféry. Pro omezení vysokých hodnot jasů oblohy při špatných rozptylových podmínkách je nutné především omezovat světelný tok (přímý i odražený) jdoucí do horního poloprostoru z osvětlovacích soustav veřejného osvětlení.

Literatura:

- [1] SOKANSKÝ, K. a kol.: *Zpráva o řešení projektu Výzkum emisí světelného rušení vyvolaného veřejným osvětlením za účelem jeho omezení v dopravě měst a obcí*. MMR, Ostrava, 2006.
- [2] GRÁF, T.: *Astronomické metody měření jasů oblohy*. In: Kurz osvětlovací techniky XXV, Kouty nad Desnou, 2006.
- [3] MAIXNER, T.: *Rušivé účinky odraženého světla*. In: Kurz osvětlovací techniky XXV, Kouty nad Desnou, 2006.
- [4] PLCH, J.: *Hodnocení a posuzování rušivého světla*. In: Kurz osvětlovací techniky XXV, Kouty nad Desnou, 2006.
- [5] HLADKÝ, L.: *Výpočetní metody pro hodnocení rušivého světla*. In: Kurz osvětlovací techniky XXV, Kouty nad Desnou, 2006.
- [6] CIE 126 – 1997 *Guidelines for minimizing sky glos*.

METROLUX

měření osvětlení

Firma METROLUX nabízí:

- autorizované měření umělého, denního a nouzového osvětlení
- měření jasů
- studie vlivu světelné reklamy na objekty bydlení
- výpočty umělého a denního osvětlení

Kontakt:

Ing. Tomáš Sousedík - METROLUX
 Do Lipan 662/19
 103 00 Praha 10 – Kolovraty
 mobil: +420 776 151 272
 e-mail: sousedik@metrolux.cz
www.metrolux.cz

