

# Rušivé světlo

## Část 10. – Kompenzace rušivého světla

Ing. Tomáš Maixner, Siteco Lighting, spol. s r. o.,  
předseda tematické skupiny Rušivé světlo při ČNK CIE

Existují případy, kdy je žádoucí použít osvětlovací soustavu, která není právě nejšetrnější k nočnímu prostředí. Například v historických centrech měst je požadavek na osvětlení průčelí významných staveb. Použijí se svítidla, která vyzařují část světelného toku do horního poloprostoru (obr. 1). Případně světlomety, které mohou do horního poloprostoru vyzařovat všechny světelný tok. Ač to zní absurdně, takové situace lze využít ke snížení ekologické zátěže.

Je totiž možné kompenzovat nepříznivé působení určité soustavy tím, že se jinde zátěž nočního prostředí sníží. Ve výsledku bude světelný tok vyzářený k obloze menší než před zřízením oné „neekologické“ osvětlovací soustavy. Nebo nanejvýš stejný.

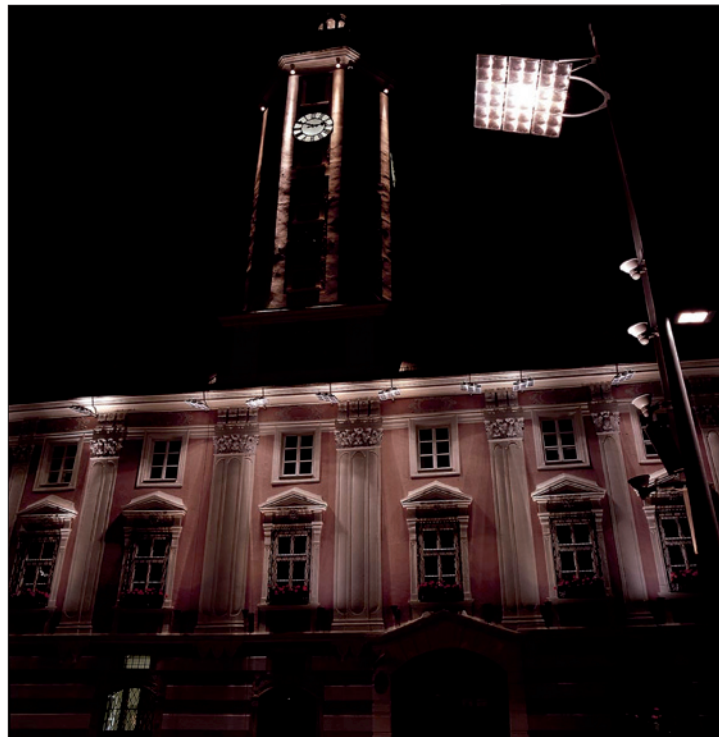
Kompenzovat lze výměnou svítidel, snížením světelného toku zdroje (pokud to připouští konstrukce svítidla a normy – snížení osvětlenosti nebo jasů komunikace). Možné je i zavést regulaci osvětlovací soustavy.

Jestliže bude v určité oblasti vyzářen směrem k obloze světelný tok o velikosti  $\Phi_O$  (přímo i odrazem od okolního terénu, staveb, stromů apod.) a „škodlivá“ osvětlovací soustava bude mít světelný tok  $\Phi_S$ , nabízí se řešit tuto situaci odebráním (příjemnějším) stejného množství nežádoucího světla jinde. Bude-li kompenzační světelný tok  $\Phi_K$  dokonce větší než „škodlivý“, zátěž nočního prostředí se sníží oproti původnímu stavu. To lze vyjádřit poměrným číslem popisujícím změnu stavu. Je možné je nazvat poměrnou světelnou zátěží nočního prostředí  $f_E$ :

$$f_E = \frac{\Phi_O + \Phi_S - \Phi_K}{\Phi_O} \quad (1)$$

Bude-li  $f_E$  menší než jedna, noční prostředí je zatíženo méně, než bylo před realizací „škodlivé“ a kompenzační soustavy.

Stanovit velikost původní zátěže nočního prostředí je velmi obtížné, spíše nemožné. Snad by to bylo možné ve velmi řídké obydlených (skrovně osvětlených) oblastech. Nabízí se tedy porovnání „škodlivého“ a kompenzačního světelného toku. Dovolil jsem si toto porovnání vyjádřit následujícím vztahem, kde jsem zavedl činitel kompenzace  $f_{SK}$



Obr. 1. Příklad, kdy je žádoucí svítit pánubohu (nebo alespoň radním) do oken (Siteco – St. Pölten)

$$f_{SK} = \frac{\Phi_S}{\Phi_K} - 1 \quad (2)$$

Bude-li  $f_{SK}$  záporné, je noční prostředí zatíženo méně, než bylo před realizací „škodlivé“ a kompenzační soustavy.

Není vyloučeno, že každá z uvedených soustav bude působit po různou dobu. „Škodlivá“ může být v provozu ve večerních hodinách (osvětlení hradu nebo lyžařské sjezdovky) po dobu  $t_S$ , kompenzační celou noc nebo v pozdních hodinách (noční regulace osvětlení méně frekventované komunikace na nižší stupeň), popř. i v jinou roční dobu – celkem po dobu  $t_K$ . Vztah pro časový činitel kompenzace (s respektováním času) lze zapsat takto:

$$f_{SKt} = \frac{\Phi_S t_S}{\Phi_K t_K} - 1 \quad (3)$$

Na obr. 2 je ukázán průběh činitele pro dva případy poměru kompenzačního a škodlivého světelného toku. Je zřejmé, že při shodné velikosti obou toků dojde k vyrovnání účinků, a tedy ke kompenzaci, tehdy, když budou obě soustavy provozovány shodně dlouhou dobu. Pokud

bude kompenzační tok dvojnásobný, vyrovnání se dosáhne za poloviční dobu jeho provozu. Bude-li ve druhém případě provoz obou soustav shodný, bude velikost časového činitele kompenzace  $-0,5$ , tedy celkově se sníží zátěž nočního prostředí.

Z grafu i ze vztahu (3) je zřejmé, že ke kompenzaci dojde, pokud bude součin světelného toku a provozu jednotlivých soustav shodný. Pak bude hodnota časového činitele kompenzace rovna nule.

Snadno lze ze vztahu (3) určit minimální přípustnou velikost kompenzačního světelného toku  $\Phi_{Kmin}$ :

$$\Phi_{Kmin} = \frac{\Phi_S}{f_{SK} + 1} \frac{t_S}{t_K} \quad (4)$$

Je tedy možné určit velikost kompenzačního světelného toku podle požadované ochrany. Pro pouhou eliminaci nežádoucích účinků bude  $f_{SKt} = 0$ . Je-li požadavek celkově snížit zátěž na polovinu, bude  $f_{SKt} = -0,5$ . A vztah (4) lze přepsat takto:

$$\Phi_{Kmin} = 2\Phi_S \frac{t_S}{t_K} \quad (4a)$$

V dalších řádcích se věnujme příkladu z praxe.

V horské oblasti může vyvstát požadavek na večerní provoz lyžařské sjezdovky v blízkosti chráněné oblasti. Dejme tomu – hvězdárny. Je velmi pravděpodobné, že dojde ke střetu zájmů. Sotva lze najít rozporuplnější požadavky než obce lyžařů versus obce astronomů. Přesto, jak se ukáže, by měli hvězdáři jásat. To za předpokladu, že se obě strany budou chtít dohodnout.

Je možné se domluvit na tom, že večerní osvětlení sjezdovky bude provozováno pouze v určité dny a hodiny. Například to bude čtyři dny v týdnu do deváté večerní. A v období, kdy je dostatek sněhu. Ani tak není vymezena doba „škodlivosti“ osvětlení. Je třeba ji ještě redukovat na období, kdy je možné pozorovat hvězdné nebe. Na dny s jasnou (nezataženou) oblohou. A to ještě v době, kdy je Slunce dostatečně hluboko pod obzorem.

Není bez zajímavosti, že existují tři druhy soumraků, což je doba před východem a také po západu Slunce, kdy je povrch Země v místě pozorování osvětlován slunečním světlem rozptýleným ve vyšších vrstvách atmosféry. Je-li střed Slunce šest stupňů pod ideálním obzorem, končí (nastává) občanský soumrak. Při něm lze ještě vykonávat jednoduché práce bez nutnosti svítit. Nautický soumrak znamená, že jsou pozorovatelné jasnější hvězdy (je-li jasno), ztrácí se obzor a jsou vidět jen obrysy velkých předmětů. Střed Slunce je dvanáct stupňů pod ideálním obzorem. Nautickým se nazývá tento soumrak proto, že se v té době rozsvěcela poziciční světla na lodích. Když Slunce klesne o dalších šest stupňů, končí (začíná) astronomický soumrak. To již sluneční světlo neruší hvězdářská pozorování.

Z předešlého plyne, že skutečná doba, kdy by osvětlení sjezdovky narušovalo astronomická pozorování, je značně omezena. Například na Kleti je za rok průměrně 96,5 jasných nocí. To jsou noci, kdy je o deváté hodině večerní obloha zakryta mraky na méně než dvacet procentech plochy (to je poměrně dost, zcela jasných bude podstatně méně). V přepočtu na noční dobu vymezenou astronomickým soumrakem je to 681 hodin ročně.

Není složité určit průměrnou dobu, kdy by bylo v době jasných astronomických nocí provozováno večerní osvětlení sjezdovky. Překvapivě takových hodin není za rok mnoho. Pouze 48,5 h. To je jen 7,1 % celkové hvězdářsky využitelné doby. Procento nepříznivého působení sjezdovky by se ještě zmenšilo v případě, že by se doba pozorování rozšířila i na nautickou noc. Pak je totiž za rok téměř 860 nočních hodin a necelých 59 ho-

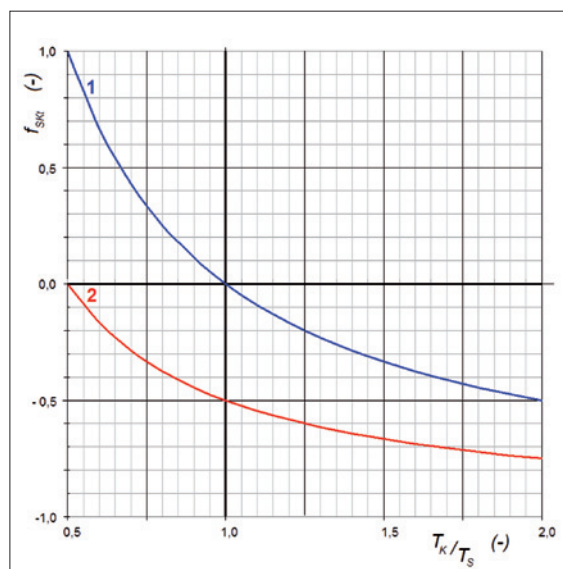
din by byla v provozu sjezdovka. V procentech to je 6,8 %.

Kdybych byl škodolibý, utrousil bych teď poznámku, že vlivem globálního oteplování se počet hodin příznivých pro lyžování ještě zmenší. Překvapivě však právě letošní zima nehodlá z Kleti ode-

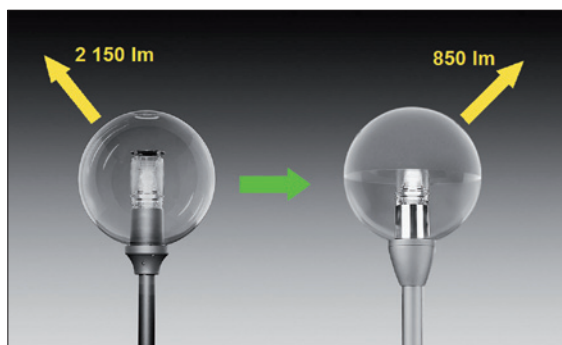
mě toho je možné uzavřít dohodu o výjimečném zastavení provozu sjezdovky při očekávání nebo výskytu výjimečného úkazu na obloze.

Stanovení velikosti rušivého světla, tedy světla „škodlivého“, které je nutné kompenzovat, přesahuje rozsah tohoto příspěvku. Proto je na důvěře čtenáře, zda přijme za fakt moje prohlášení, že reálná hodnota pro sjezdovku o ploše asi šest hektarů je přibližně 175 klm. To v případě, že je obklopena lesem, její šířka je asi 50 metrů a je osvětlena na předpísané minimum 20 lx. Čtrnáct „kompenzačních“ procent je (po zaokrouhlení) 25 klm.

V análech aktivistů se lze dočíst, že považují za přijatelné zdroje světla, jejichž souhrnný světelný tok do horního poloprostoru v jednom světelném místě nepřekročí 2 250 lm. Světelným místem rozumí oblast okolo světelného zdroje o poloměru 2 m (nevím, zda myslí skutečně světelný zdroj, nebo zdroj světla, což jsou termíny s rozdílným významem). S drzostí sobě vlastní jsem takový „zdroj světla“ označil za ekologický normál. A „dodefinoval“ jej jako svítidlo s kulovým difuzorem s fotometrickou plochou svítivosti symetrickou podle horizontály, tedy svítidlo, které vyzářuje i do dolního prostoru 2 250 lm. To zhruba odpovídá „kouli“ osazené 50W vysokotlakou sodíkovou výbojkou. A opět požádám čtenáře o důvěru. Takové svítidlo nacházející se v lesním zasněženém průseku vyzáří k obloze 2 150 lm (něco se pohltí, něco odrazí). Po úpravě podle



Obr. 2. Časový činitel kompenzace  
1 – kompenzační je shodný se „škodlivým“ světelným tokem,  
2 – kompenzační světelný tok je dvojnásobkem „škodlivého“



Obr. 3. Ekologický normál a jeho úprava pro potřeby kompenzace rušivých účinků večerního osvětlení sjezdovky

jit. Ono to s tím oteplováním ale není tak žhavé, jak aktivisté hlásají. Ale zůstanu u množství hodin určených pro dosavadní průměrné zimy a vrátím se k počtům. Podle vztahu (4) bude pro vyrovnání účinku osvětlení sjezdovky třeba kompenzovat světelný tok o velikosti

$$\Phi_{K_{\min}} = \frac{\Phi_s}{0+1} \cdot \frac{48,5}{681} = 0,0712 \Phi_s$$

nebo pro dvojnásobné snížení zátěže by bylo třeba kompenzovat přibližně 14 % (0,142 4) „škodlivého“ světelného toku. Jde o překvapivě nízká čísla.

Kdyby se přibližně sedmina světelného toku emitovaného do nevhodných směrů „ubrala“ někde jinde, výsledkem je celkové zlepšení pozorovacích podmínek. Kro-

le obr. 3, (stále mi důvěřujte) bude světelný tok k obloze 850 lm (jen 7 lm přímo). To znamená, že takto upravené svítidlo vyzáří k obloze o 1 300 lm méně než neupravené.

Pro kompenzaci nepříznivého účinku večerního osvětlení sjezdovky postačí upravit 25 000/1 300 = 19,2 svítidel typu „koule“. To jistě není nemožné. Důsledkem takové úpravy je celoroční zlepšení pozorovacích podmínek na případné astronomické observatoři.

Podobně lze eliminovat nepříznivé účinky libovolné osvětlovací soustavy. Osvětlení hradu, kostela, parku.

#### Literatura:

[1] [http://svetlo.astro.cz/zakon/v4\\_zo\\_s.html](http://svetlo.astro.cz/zakon/v4_zo_s.html)