

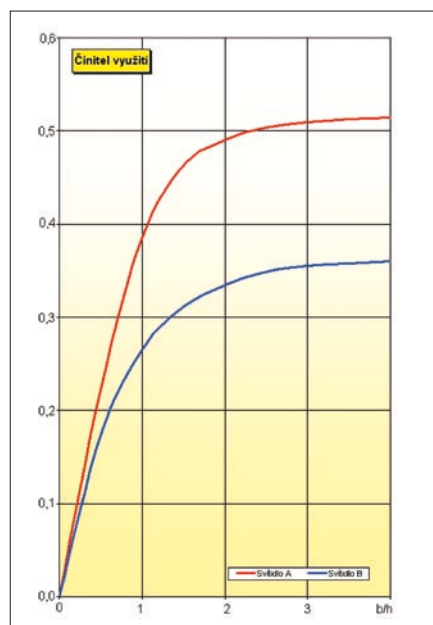
K výběru svítidel pro osvětlení komunikací

Ing. Tomáš Maixner, Siteco Lighting, spol. s r. o.

Když jsem se začal zabývat vzájemnou vazbou mezi účinností svítidla a činitelem využití, nenapadlo mě, že se tak dostanu k prastarým způsobům výpočtů osvětlení. K postupům upadajícím v zapomnění díky počítačům. Ono „díky“ je špatně zvolené slovo, protože není sebemenší důvod se nad tím radovat. Lidé (mne nevyjímaje) z pohodlně, přestávají přemýšlet, místo úsudku používají rutinní výpočty.

Tab. 1. Rozteč svítidel a osvětlenosti pro různé třídy osvětlení podle [1]

Třída osvětlení	CE2	CE3	CE4
Rozteč svítidel (m)	30	40	60
Osvětlenost (lx)	20,2	15,1	10,1



Obr. 1. „b/h křivky“ pro svítidla A a B

Proč se zamýšlet nad tím, jaká je závislost mezi osvětleností vozovky a roztečí stožárů, když je možné vložit údaje do počítače a pak, s důvtipem hodným naší kočky, zvětšovat rozteče stožárů, až budou co nejdále, a přitom osvětlenost vozovky a případné další parametry budou odpovídat požadovaným. S uspokojením počtář dojde k závěru, že lze svítidla pro jednotlivé třídy osvětlení (při zadání, kterým vás nehodlám zatěžovat) umístit v roztečích uvedených v tab. 1.

Z vrozené lenosti ustane ve výpočtech, spokojí se se třemi výsledky a začne vyhodnocovat změnu činitele využití v závislosti na třídě osvětlení.

Než prozradím závěr tohoto příběhu, asi by bylo dobré připomenout, co to činitel využití η_E je. Je to číslo, s jehož pomocí lze stanovit, jak účelně se využije světlo vyprodukované svítidlem (přesněji světelným zdrojem nebo zdroji ve svítid-



Obr. 2. Svítidlo A; svítidlo B je velmi podobné, avšak na obrázku není, abych nevedl jejich výrobce do rozpaků

dle). Nebo lépe – popisuje, jak soustava se světlem nakládá. Je to podíl světelného toku využitého pro osvětlení Φ_u k celkovému světelnému toku svítidla Φ :

$$\eta_E = \frac{\Phi_u}{\Phi} \quad (-; \text{lm, lm}) \quad (1)$$

Světlem využitým je chápáno světlo, které je určeno k zajištění požadovaných parametrů osvětlení. Tedy osvětlenosti (jasu) vozovky, chodníku, okolí atd. Pro jednoduchost se budu držet „osvětlení vozovky“.

Čtenář si jistě vybaví vzájemný vztah mezi (udržovanou) osvětleností E plochy o velikosti S , udržovacím činitelem z a využitým světelným tokem. Po dosažení do předešlého vztahu bude:

$$\eta_E = \frac{ES}{\Phi z} \quad (-; \text{lx, m}^2, \text{lm, -}) \quad (2)$$

Poznámka pro hnidopichy: Podotýkám, že v normě [1] je pro udržovací činitel použit označení MF. Nelíbí se mi, jako staromilec zůstávám při starém dobrém z ; ostatně toto pojednání je exkurzí do doby minulé.

Nadšený počtář vyčíslí (pomocí tabulky v excelu) vztah (2) pro vypočítané soustavy. Ohromen zjistí, že ve všech třech případech je jeho velikost téměř stejná: 0,281, 0,280 a 0,281. Rozdíl jedné tisícin padá na vrub zaokrouhlování v dílčích výpočtech. Začne přepočítávat již vypočítané, dokonce se všimne, že i součin osvětlenosti a plochy je stálý, a zděšeně hledá chybu. Marně. Až se odhodlá k zoufalému činu – použije mozek, jak činil před lety. Překvapivě postačuje prostý selský rozum: Pokud se nezmění geometrické poměry, světlo z každého svítidla se využije stejně dobře nebo špatně, protože ze stejné pozice (výška, vyložení, naklonění) musí na stejně široký (a nekonečný) pruh vozovky dopadnout stejné množství světla. Ze svítidla je vždy využito stejné světelné množství – činitel využití je pro určité uspořádání konstantní a nezávislý na počtu svítidel, nezávislý na jejich vzdálenosti.

Je také zřejmé, že nezáleží na tom, zda budou svítidla umístěna ve výšce deseti metrů nad vozovkou o šířce 6 m, nebo v poloviční výšce u komunikace o šířce 3 m. V obou případech dopadne na silnici stejné množství světla. V obou případech bude i činitel využití stejný. Jiná však bude situace tehdy, když se změní jen jeden z rozměrů. U širší vozovky se využije větší množství světla než u užší (výjimečně stejné). Čím širší komunikace (b) nebo menší výška svítidla (h), tím vyšší bude činitel využití. Existuje závislost činitele využití na poměrné šířce vozovky, tj. poměru b/h . Vracíme se opět do dob minulých, kdy se při návrhu osvětlovacích soustav používaly místo počítačů „b/h křivky“, které byly vypočítány pro různé typy svítidel. Příklad pro současná svítidla je uveden na obr. 1.

Pro svítidlo A je činitel využití roven dříve vypočítanému činitele využití 0,28 pro poměrnou šířku vozovky 0,65. Však

také tab. 1 je vyčíslena pro komunikaci o šířce 6,5 m a výšku svítidla 10 m nad ní. Pro svítidlo B je při stejném zadání čísel využití pouze 0,21. Důsledek je velmi významný. Znamená to, že pro osvětlení stejné komunikace by se muselo použít o třetinu více svítidel B než A (poměr čísel využití). Pro komunikaci stejné šíře, jako je výška svítidla, je to již téměř o polovinu.

V okamžiku, kdy se budou respektovat i ostatní parametry osvětlovací soustavy, bude nutné korigovat takto stanovené rozteče. Se zvětšující se roztečí se zhoršuje rovnoměrnost a často omezí vzdálenost mezi svítidly nepřijatelné oslnění.

U nejvyšší kategorie osvětlení ME(W) má na velikost čísel využití vliv i čísel osvětlení okolí.

Zdánlivě absurdní nárůst oslnění má jednoduché vysvětlení: Čím je svítidlo dále od pozorovatele, tím více se jeho obraz přiblíží ke směru pohledu. Přitom úhel mezi směrem pohledu a oslňujícím zdrojem se podílí na nárůstu oslnění kvadrátem převrácené hodnoty (v porovnání se svítidlem, které je vzdáleno od směru pohledu 20°, oslňuje svítidlo odchýlené jen o 10° čtyřikrát více, a je-li vzdáleno 1°, již čtyřsetnásobně). Také záleží na velikosti svítivosti ve směru k pozorovateli, ale zmíněná úhlová vzdálenost má na míru oslnění obvykle větší vliv.

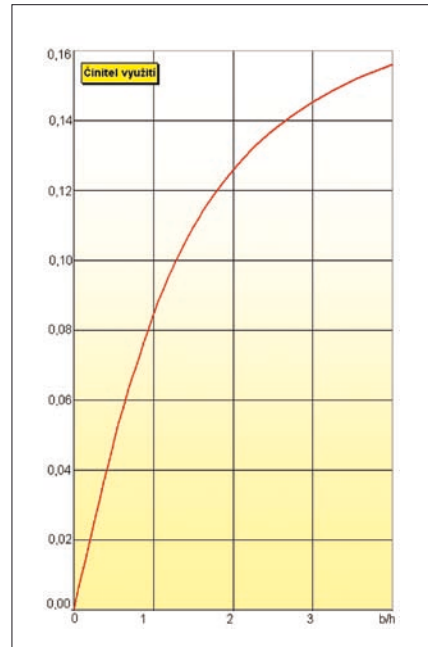
Při respektování uvedených omezení se např. pro třídu osvětlení CE4 zmenší rozteč na 45 m.

Ale vrátím se k úvodní větě tohoto pojednání. Návrat k „b/h křivkám“ je důsledkem hledání souvislostí mezi číselným využitím a účinností svítidla. Nápaditý čtenář již jistě tuší, kam směřuje cesta. Nikoliv do pekel, avšak k poznání, že mezi zmíněnými vlastnostmi není sebelepší vazba.

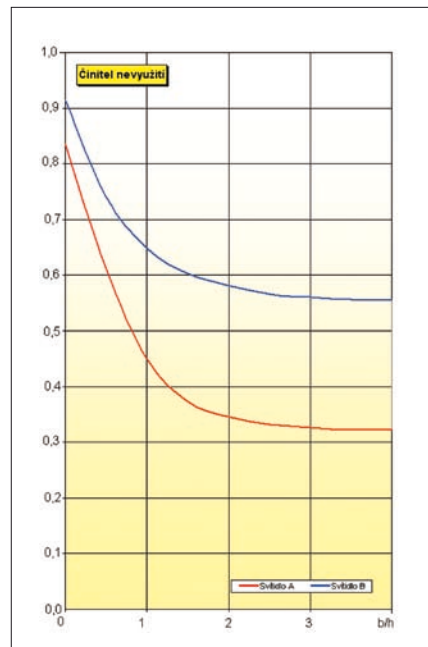
Vysvětlení je zcela prosté. Názorné na příkladu svítidla nejprostšího tvaru – svítidla s kulovým difuzorem. To má poměrně slušnou účinnost – přibližně 80 %. Ovšem polovina světla směřuje k obloze, takže čísel využití by mohl být 0,40 v případě, že by byl stanoven pro nekonečnou rovinu se svítidlem uprostřed. Kdyby však toto svítidlo bylo na okraji takové roviny, na místa žádoucí by dopadla již jen polovina světla směřujícího k zemi. Tedy čísel využití by byl okolo 0,2. Ovšem, zde je probírán čísel využití vztažený k osvětlení komunikace, takže poměrná šířka vozovky větší než jedna je již dosti neobvyklá. Přesto na obr. 2 uvádím „b/h křivku“ klasické „koule“ až do poměrné šířky 4, jak je v historických materiálech obvyklé. I pro onu maximální poměrnou šířku je čísel využití 0,16, pro b/h = 1, tj. koule ve výšce 4 m osvětluje stejně širokou stezku, si vede ještě hůř. Čísel využití je 0,09. Pou-

hých 9 % světelného toku zdroje osazeného ve svítidle se tedy využije pro účelné osvětlení.

Vrátím se ke svítidlům určeným k osvětlování vozovek. To jsou svítidla A a B z obr. 1. Zdálo by se logické, kdyby svítidlo A, které má o hodně lepší čísel využití než svítidlo B, mělo i vyšší



Obr. 3. „b/h křivka“ pro „kouli“



Obr. 4. Čísel nevyužití (ztrát) svítidel A a B

účinnost. Ve skutečnosti tomu tak není. Svítidlo A má účinnost 83,6 % a svítidlo B (přidrže se něčeho) 91,5 %!

Obě svítidla jsou opravdu reálná, od obou jsou k dispozici fotometrické údaje na internetu (eulumdata). Nebudu polemizovat s tím, zda je účinnost 91,5 % re-

álná (není!). Pokusím se vysvětlit, proč svítidla stejného typu využívají světlo tak rozdílně. Opět nejde o žádnou záhadu. Tajemství spočívá v tom, jak je světlo zpracováváno optikou svítidla. U svítidla A je zjevně světlo směřováno do míst, kde je užitečné. Bude mít širokou křivku ve směru komunikace a naopak relativně úzkou v příčném směru. Druhé svítidlo bude se světlem nakládat hrubším způsobem. Nedosvítí tak daleko v podélném směru komunikace, naopak bude vyzařovat v příčném směru více mimo vozovku. Důsledkem je nižší čísel využití, menší rozteč mezi svítidly. A tedy nutnost použít větší počet svítidel.

Světlo, které není využito pro účelné osvětlování, je známo jako neúčinné světlo [2]. Svítí do míst, kde to není žádoucí. Ať už je to trávník mimo vozovku, nebo okno přilehlého stavení. Světlo vyzařované do nevhodných směrů může být i zdrojem oslnění. Nabízí se kvalifikovat svítidla podle čísel nevyužití. Tedy poměr množství světla, které nevyužito opouští svítidlo ke světelnému toku ve svítidle instalovanému (obr. 4).

Lze vyslovit tento závěr – u svítidla není rozhodující, jak vysokou má účinnost, avšak to, do jaké míry své světlo zpracovává užitečně. Kvalitu svítidla z hlediska fotometrického určuje velikost čísel využití.

Z pohledu na, nyní již téměř zapomenuté, „b/h křivky“ je zřejmý ještě jeden poznatek. Čím větší je poměrná šířka vozovky, tím vyšší je i čísel využití. To znamená, snažit se o umístění svítidel v co nejmenší výšce. Pak se maximálně využije světlo a bude nejméně světla nevyužitého. Ano, máte pravdu, má to háček. Dokonce dva. Tím prvním je to, že rovnoměrnost osvětlení je úměrná závěsné výšce svítidla, tj. klesá při zmenšování výšky svítidla nad terémem. Druhým je již zmíněný problém oslnění. Umístěním svítidel v menší výšce se zdroj světla dostává blíže ke směru pohledu, a tedy vzrůstá nebezpečí oslnění (naopak může klesnout, jestliže se výrazně sníží svítivost směrem k oku pozorovatele). Přesto je dobré si tento závěr zapsat a při návrhu osvětlovacích soustav experimentovat i s výškou svítidla (třeba i proto, že nižší stožáry jsou levnější). V současné době počítačů je výpočet osvětlovací soustavy otázkou několika sekund. Stojí za to, s návrhem si „pohrát“.

Literatura:

[1] ČSN EN 13201-3 *Osvětlování pozemních komunikací – část 3: Výpočet výkonnostních parametrů*. ČNI, 2005.05.
 [2] ČSN EN 12464-2 *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory*. ČNI, 2008.06.