

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky



Česká společnost pro osvětlování  
Regionální skupina Ostrava



**Národní konference s mezinárodní účastí  
Výstava světelné techniky**

**SVĚTLO 2007**



**10. – 12. září 2007**

NOVÁ AULA  
VŠB – Technická univerzita Ostrava

**ISBN 978-80-248-1579-4**

SVĚTLO 2007

# Děkujeme za dotace a sponzorské dary firmám

## **ČESKÁ ENERGETICKÁ AGENTURA**

Vinohradská 8, Praha 2, 120 00 – [www.ceacr.cz](http://www.ceacr.cz)

## **ENERGETIKA VÍTKOVICE, a. s.**

Výstavní 1144/103, Ostrava – Vítkovice, 706 02 – [www.evias.cz](http://www.evias.cz)

## **ELEKTRO-LUMEN, s. r. o.**

Hranická 505, Hranice IV – Drahouše, 753 61 – [www.el-lumen.cz](http://www.el-lumen.cz)

## **HALLA, a. s.**

Litvínovská 288/11, Praha 9, 190 00 – [www.halla.cz](http://www.halla.cz)

## **THORN-LIGHTING CS, s. r. o.**

Na Březince 6/930, Praha 5, 150 00 – [www.thornlight.cz](http://www.thornlight.cz)

## **OBO BETTERMANN PRAHA, s. r. o.**

Modletice 81, Říčany u Prahy, 251 01 – [www.obo-bettermann.com](http://www.obo-bettermann.com)

## **Siteco Lighting, spol. s. r. o.**

U Nikolajky 1085/15, Praha 5 – Smíchov, 150 00 – [www.siteco.cz](http://www.siteco.cz)

## **ČEZ, a. s.**

Duhová 2/1444, Praha 4, 140 53 – [www.cez.cz](http://www.cez.cz)

## **ELTODO-CITELUM, s. r. o.**

Novodvorská 1010/4, Praha 4, 142 01 – [www.eltodo.cz](http://www.eltodo.cz)

## **HORMEN CE, a. s.**

Libušská 8/191, Praha 4, 142 00 – [www.hormen.cz](http://www.hormen.cz)

## **HELUKABEL CZ, s. r. o.**

Areál dolu Max, Libušín okr. Kladno, 273 06 – [www.helukabely.cz](http://www.helukabely.cz)

## **INGE OPAVA, s. r. o.**

Stará silnice 3, Opava, 746 01 – [www.inge.cz](http://www.inge.cz)

## **OSTRAVSKÉ KOMUNIKACE, a. s.**

Novoveská 25/1266, Ostrava - Mar. Hory, 709 00 – [www.okas.cz](http://www.okas.cz)

## **JKV Opava s. r. o.**

Vrchní 85/30, Opava – Kateřinky, 747 05 – [www.jkvopava.cz](http://www.jkvopava.cz)

## **OSRAM Bruntál, spol. s r. o.**

Zahradní 1442/46, Bruntál 1, 792 01 – [www.osram-bruntal.cz](http://www.osram-bruntal.cz)

## **ELSTAV lighting, s. r. o.**

Výstavní 2942/108A, Ostrava – Vítkovice, 703 00 – [www.elstav.cz](http://www.elstav.cz)

## **TRIMR, s. r. o.**

Sokola Tůmy 5, Ostrava 1, 709 00 – [www.trimr.cz](http://www.trimr.cz)

## **Visteon – Autopal, s. r. o.**

Lužická 984/14, Nový Jičín, 741 01 – [www.visteon.cz](http://www.visteon.cz)

## **ELEKTROSVIT SVATOBOŘICE, a. s.**

Nádražní 277, Svatobořice – Místřín, 696 04 - [www.elektrosvit.cz](http://www.elektrosvit.cz)

## **BLAHUTA – Elektro**

Lešetínská 47, Ostrava – Kunčice, 719 00 – [www.blahuta-elektro.ostravsko.com](http://www.blahuta-elektro.ostravsko.com)

## **METASPORT akciová společnost**

Lešetínská 47, Ostrava – Kunčice, 719 00 – [www.metasport.cz](http://www.metasport.cz)

## **FCC PUBLIC, s. r. o.**

Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8, 182 08 – [www.fccpublic.cz](http://www.fccpublic.cz)

## **PTD MUCHOVÁ, s. r. o.**

Olešní 313/14, Ostrava – Muglinov, 712 00

Konference SVĚTLO 2007 navazuje na plejádu konferencí mezinárodního charakteru pořádaných Českou společností pro osvětlování. První z nich se konala v Brně v roce 1994. Dochází zde takřka k pravidelnému střídání mezi Brnem, Ostravou, ale také mezi Českou a Slovenskou republikou a dohodli jsme se, že budeme střídat i konference téhož charakteru s takzvanou Vyšegrádskou čtyřkou.

Zaměření konference je tradiční a v podstatě ho pojme jedno heslo „**Vše o světle**“. Nicméně konference samozřejmě zaměření má a dělí se podle tohoto zaměření do několika odborných sekcí.

**Hygiena** – sekce se zaměřuje především na předávání informací mezi pracovníky hygienických stanic, zdravotních ústavů a projektanty.

**Vnitřní osvětlení** – sekce poslední dobou řeší především problémy se zvyšujícími se nároky na bezpečnost a nízkou spotřebu vnitřního osvětlení

**Venkovní osvětlení** – s přechodem na nové evropské normy v oblasti venkovního osvětlování je tato sekce obsazována nejen elektroprojektanty, ale také zástupci měst a obcí resp. firem zabezpečujících přenesenou správu VO.

**Elektro** – sekce se snaží zkloubit zrakové požadavky s energetickými nároky a vlastní elektroinstalací světelných rozvodů.

**Rušivé světlo a automobilové osvětlení** – nová sekce zaštiťuje rozvíjející se světelné disciplíny a to nejen v regionu Ostravska, ale i v rámci celé ČR. To znamená, že se snaží přiblížit výzkumy v oblasti rušivého světla a v oblasti automobilového osvětlení.

Za pořadatele konference přeji všem účastníkům mnoho odborných i společenských zážitků.

Předseda ČSO RS Ostrava  
Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

# Obsah:

<b>Příspěvek</b>	<b>Strana</b>
<b>1. OPTIMALIZACE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ S VYUŽITÍM ZPĚTNÉHO VÝPOČTU KŘIVEK SVÍTIVOSTI</b> Baxant	<b>1</b>
<b>2. INOVOVANÉ PODLAHOVÉ ELEKTROINSTALAČNÍ SYSTÉMY OBO BETTERMANN</b> Burant	<b>6</b>
<b>3. PARAMETRIZÁCIA DENNÉHO SVETLA Z HĽADISKA DENNÝCH ZMIEN A VYUŽITELNEJ DOBY PRE ENERGETICKÉ ÚSPORY</b> Darula, Kittler	<b>13</b>
<b>4. SROVNÁVACÍ MĚŘENÍ</b> Demel	<b>18</b>
<b>5. PŘIPRAVOVANÁ ČSN EN ČSN EN 15193-1 (73 0323) ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV - ENERGETICKÉ POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ - ČÁST 1: STANOVENÍ POTŘEBY ENERGIE PRO OSVĚTLENÍ</b> Dvořáček	<b>21</b>
<b>6. CYKLOSTEZKY</b> Fiala, Hochman, Maixner	<b>29</b>
<b>7. DOTAZNÍKOVÝ PRIESKUM VEŘEJNÉHO OSVĚTLENIA NA SLOVENSKU V NADVÄZNOSTI NA CELOEURÓPSKE ZISŤOVANIE</b> Gašparovský	<b>32</b>
<b>8. ILUMINÁCIA OBJEKTOV V RÁMCI REKONŠTRUKCIE VEŘEJNÉHO OSVĚTLENIA</b> Gašparovský	<b>40</b>
<b>9. PRÍPRAVA NÁRODNEJ METODIKY NA POSUDZOVANIE HOSPODÁRNOSTI OSVĚTLENIA PRI ENERGETICKEJ CERTIFIKÁCI BUDOV</b> Gašparovský	<b>50</b>
<b>10. PRVNÍ ZKUŠENOSTI S MĚŘENÍM NOČNÍHO OSVĚTLENÍ OBLOHY A NÁVRH MEDIÁLNĚ POUŽITELNÉ STUPNICE „SVĚTELNÉHO ZNEČISTĚNÍ“</b> Gráf, Mikulášek	<b>56</b>
<b>11. ROZVODY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ</b> Gřes	<b>60</b>

<b>12. PROBLEMATIKA MEZOPICKÉHO VIDĚNÍ</b>	<b>64</b>
Habel, Žák	
<b>13. SPOLEHLIVOST NAPÁJENÍ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ</b>	<b>69</b>
Heritesová, Rusek	
<b>14. PROJEKTY EU NA PODPORU ENERGETICKY ÚČINNÝCH OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV – E - STREET, GREENLIGHT, ENLIGHT</b>	<b>76</b>
Hladký	
<b>15. CHRONOLOGICKÝ POSTUP PŘI NÁVRHU OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY</b>	<b>81</b>
Hochsmann	
<b>16. TUNELY NA SLOVENSKU</b>	<b>85</b>
Hornák	
<b>17. OSVĚTLENÍ V HYGIENICKÉ PRAXI: OPTOMETRICKÉ VYŠETŘOVNY</b>	<b>89</b>
Chudoba	
<b>18. PASPORTIZÁCIA SÚSTAV VEREJNÉHO OSVETLENIA</b>	<b>90</b>
Janiga	
<b>19. SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ OSVĚTLENÍ</b>	<b>96</b>
Juklová, Kadulová, Penn	
<b>20. PRAKTICKÉ APLIKACE LED V PROMĚNNÝCH DOPRAVNÍCH ZNAČKÁCH</b>	<b>100</b>
Kalous, Luxa	
<b>21. NOVÉ NORMY O DENNÍM OSVĚTLENÍ</b>	<b>104</b>
Kaňka	
<b>22. ZMĚNA V HODNOCENÍ VNĚJŠÍHO ZASTÍNĚNÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ - ČSN 730580 - 1/1.7.2007</b>	<b>107</b>
Klvač	
<b>23. ZKOUŠKY A TESTY SVĚTLOMETŮ A SVÍTILEN PRO TYPOVÉ SCHVÁLENÍ (HOMOLOGACE)</b>	<b>111</b>
Kocián	
<b>24. NUMERICKÉ MODELOVANIE RUŠIVÉHO SVETLA V PRÍMESTSKÝCH A MIMOMESTSKÝCH OBLASTIACH</b>	<b>116</b>
Kocifaj	
<b>25. OSVĚTLENÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ PODLE EVROPSKÉ NORMY</b>	<b>121</b>
Kotek	
<b>26. VPLIV KOMPAKTNÝCH ŽIARIVIEK NA SIĚŤ</b>	<b>126</b>
Krasňan	

<b>27. NÁVRH ZRKADLOVÉHO GONIOFOTOMETRA</b>	<b>131</b>
Krasňan, Pípa	
<b>28. AUTOMOBILOVÝ SVĚTLOMET V DOPRAVĚ</b>	<b>136</b>
Kutal, Sokanský	
<b>29. OSVĚTLENÍ KANCELÁŘÍ - PROSKLENÁ KANCELÁŘ S PC</b>	<b>140</b>
Lepší	
<b>30. POSOUZENÍ SVĚTELNÝCH VLASTNOSTÍ SVÍTIDEL</b>	<b>146</b>
Linda, Hurt	
<b>31. SDRUŽENÉ OSVĚTLENÍ – ČSN 36 0020</b>	<b>151</b>
Maixner	
<b>32. ZPRÁVA O STAVU NEBE NAD NAŠÍ REPUBLIKOU</b>	<b>152</b>
Maixner	
<b>33. PRŮMYŠLOVÁ SVÍTIDLA V PROVEDENÍ KOV – SKLO</b>	<b>152</b>
Marek	
<b>34. LED APPLICATION IN AUTOMOTIVE LIGHTING</b>	<b>156</b>
Martoch, Kropáč, Popelek	
<b>35. PROBLEMATIKA ZÁLOŽNÍHO NAPÁJENÍ SVĚTELNÝCH OBVODŮ V ADMINISTRATIVNÍCH CENTRECH</b>	<b>160</b>
Mgaya, Sýkora, Švec, Tlustý, Müller	
<b>36. POČÍTAČOVÁ SIMULACE DENNÍHO OSVĚTLENÍ</b>	<b>165</b>
Mohelníková, Vajkay	
<b>37. SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PŘI REKONSTRUKCÍCH SOUSTAV VO</b>	<b>169</b>
Muchová	
<b>38. DIGIDIM ROUTER, NOVÉ SRDCE SYSTÉMU DIGIDIM</b>	<b>178</b>
Neduchal	
<b>39. INOVACE V ŘÍZENÍ VNITŘNÍHO A VENKOVNÍHO OSVĚTLENÍ ECOLUM EC4, DIGIDIM ROUTER</b>	<b>180</b>
Neduchal	
<b>40. MĚŘENÍ RUŠIVÉHO SVĚTLA V AREÁLU VŠB – TU OSTRAVA POKRAČOVÁNÍ</b>	<b>182</b>
Novák, Dostál	
<b>41. VÝSTAVBA NOVÝCH OBJEKTŮ V PROLUKÁCH A DENNÍ OSVĚTLENÍ</b>	<b>187</b>
Novotný	



<b>42. NOUZOVÉ SYSTÉMY S CENTRÁLNÍ BATERÍ VYUŽITÍ LED TECHNOLOGIE</b>	<b>189</b>
Penn	
<b>43. ENERGETICKÉ RUŠENIE VÝBOJOVÝCH SVETELNÝCH ZDROJOV A ICH PREDRADNÍKOV</b>	<b>193</b>
Pípa	
<b>44. METODIKA HODNOCENÍ OSVĚTLENÍ TUNELŮ</b>	<b>200</b>
Plch	
<b>45. OSVĚTLOVÁNÍ VE ZDRAVOTNICTVÍ</b>	<b>205</b>
Plch	
<b>46. TRENDY V OSVĚTLOVÁNÍ</b>	<b>212</b>
Plch	
<b>47. MODEL SVĚTLOVODU PRO OSVĚTLENÍ SCHODIŠTĚ</b>	<b>219</b>
Plch, Mohelníková	
<b>48. ENERGETICKÁ OPTIMALIZACE OSVĚTLOVACÍCH SYSTÉMŮ S HALOGENIDOVÝMI VÝBOJKAMI</b>	<b>221</b>
Polínek	
<b>49. MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ - CHYBY V PROTOKOLECH A V HODNOCENÍ OSVĚTLENÍ</b>	<b>225</b>
Slezák	
<b>50. LEGISLATIVA V OBLASTI VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ NOVÝ STAVEBNÍ ZÁKON</b>	<b>227</b>
Slivka	
<b>51. ENERGETICKÁ CERTIFIKÁCIA BUDOV A OSVETLENIE</b>	<b>231</b>
Smola	
<b>52. ILUMINÁCIA HLAVNÉHO NÁMESTIA V BRATISLAVE</b>	<b>234</b>
Smola	
<b>53. SLÁVNOSTNÁ ILUMINÁCIA VYBRANÝCH OBJEKTŮ V TRENČÍNE</b>	<b>234</b>
Smola	
<b>54. NOVÉ ZPŮSOBY ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI SILNIČNÍHO PROVOZU NA PŘECHODECH</b>	<b>243</b>
Sokanský, Novák, Žwak	
<b>55. RUŠIVÉ SVĚTLO V ČR</b>	<b>247</b>
Sokanský, Maixner, Novák	

<b>56. PREZENTACE VÝPOČTŮ OSVĚTLENÍ</b> Staněk	<b>254</b>
<b>57. SDRUŽENÉ OSVĚTLENÍ V PRAXI</b> Stupka	<b>260</b>
<b>58. SAKRÁLNE PAMIATKOVÉ OBJEKTY Z HĽADISKA OSVETLENIA A ELEKTROINŠTALÁCIE</b> Španko	<b>262</b>
<b>59. LED A ICH ŽIVOTNOSŤ</b> Tabišová	<b>268</b>
<b>60. ZMĚNY OSTRAVSKÉ ČÁSTI D47 V ROCE PŘEDÁNÍ DO PROVOZU</b> Voráček	<b>274</b>
<b>61. LED – VLASTNOSTI, TECHNOLOGIE</b> Wittlich	<b>276</b>
<b>62. NOVÉ PŘÍSTUPY K NÁVRHU OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV</b> Žák	<b>281</b>
<b>63. OKNO A JEHO PSYCHOLOGICKÁ ÚLOHA PŘI OSVĚTLOVÁNÍ</b> Židková	<b>288</b>
<b>64. MĚŘENÍ JASŮ NA KOMUNIKACÍCH</b> Žwak	<b>293</b>

# Optimalizace veřejného osvětlení s využitím zpětného výpočtu křivek svítivosti

Petr Baxant, Ing. Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, baxant@feec.vutbr.cz

## Anotace

Příspěvek se zabývá problematikou optimalizace osvětlení s využitím počítačové simulace a metody hledání ideálních křivek svítivosti svítidel pro uliční osvětlení s využitím zpětného výpočtu svítivosti z požadované hodnoty osvětlenosti. Obvyklý postup totiž vždy vychází ze známých parametrů svítidel, tj. zejména křivek svítivosti, pomocí nichž lze vypočítat rozložení osvětlenosti popř. jasů na srovnávací rovině. Využití metody zpětného výpočtu křivek svítivosti znamená hledání optimální křivky pro dosažení hledaných požadavků na osvětlení. Přestože vycházíme z relativně jednoduchého vztahu, není řešení zdaleka triviální, což dokládá následný text článku. S využitím uvedené metody by bylo možné tvořit optimální osvětlovací systémy v nejlepším případě s ideální rovnoměrností osvětlení a vysokou účinností, která je důležitá z provozního hlediska.

## Úvod

Tradiční návrh osvětlení vychází z požadavku na osvětlení, kterému se projektant snaží dostat výběrem hodného svítidla. Jaké svítidlo je však vhodné téměř vždy spadá do kompetence projektanta, který na základě své zkušenosti, dobrého odhadu a znalosti teorie dokáže vhodný typ vybrat. Přitom má k dispozici prakticky jen výchozí požadavek, databanku svítidel v podobě katalogu, dnes však spíše elektronická data v podobě databází a nakonec nějaký výkonný výpočetní program.

Výpočet osvětlení přes relativní jednoduchost základní formule nabývá složitosti, pokud začneme uvažovat odrazy světla, nehomogenní prostředí, spektrální vlastnosti a směrové charakteristiky odrazu světla na površích. Některé úvahy byly již rozebrány v předchozím příspěvku autora [1]. V tomto článku se pokusíme navázat na některé teze a využít počítačovou simulaci pro řešení relativně jednoduché úlohy a to je nalezení optimální křivky svítivosti pro uliční svítidla. Proč volíme uliční osvětlení, není bezúčelné. Tento návrh totiž zanedbává odrazy světla a stačí tedy aplikovat výpočet pouze pro přímou složku osvětlenosti, čímž se úloha značně zjednoduší. Nicméně jak si ukážeme, není úloha natolik triviální, že by pro ni existovalo jediné deterministické řešení.

## Výchozí podmínky

Přestože je formule pro výpočet osvětlení od bodových zdrojů světla notoricky známá, uveďme si zde její tvar pro  $N$  použitých svítidel v konstantní závěsné výšce  $h$ .

$$E = \frac{1}{h^2} \sum_{i=1}^N I(\gamma_i) \cdot \cos^3 \gamma_i \quad (\text{lx;m,cd,deg}) \quad (1)$$

Připomeňme snad jen podmínky, za kterých výše uvedený vztah můžeme použít. Výška  $h$  musí být konstantní pro všechny svítidla, svítidla jsou směrovány tak, že směr ( $\gamma = 0$ ) je rovnoběžný s normálou osvětlované plochy, svítidla jsou umístěna na přímce.

Ukažme si nejjednodušší případ, kdy budeme předpokládat, že máme jediné svítidlo, zavěšené např. ve výšce 10m a požadujeme osvětlit srovnávací rovinu jednotkovou osvětleností 1lx. Pozn.: pro jiné hladiny osvětlení stačí vynásobit hodnoty svítivosti příslušným podílem požadované a jednotkové osvětlenosti. Ptáme se, jakou křivku svítivosti by toto svítidlo muselo mít, aby osvětlenost na srovnávací rovině byla konstantní.

Vztah (1) lze snadno převést na vztah pro hledanou křivku svítivosti

$$I(\gamma) = \frac{Eh^2}{\cos^3 \gamma} \quad (\text{cd;lx,m,deg}) \quad (2)$$

Pokud uvažujeme E a h konstantní, což jsme si stanovili, můžeme vztah přepsat do podoby jednoduché tvořící funkce

$$I(\gamma) = k \frac{1}{\cos^3 \gamma} \quad (\text{cd;lx.m}^2,\text{deg}) \quad (3)$$

Jednoduché řešení s sebou přináší konstrukční problém. Tvořící funkce má velice nepříznivý průběh. Své minimum funkce nabývá pro nulový úhel a poté velice rychle roste. Ve 45 stupních nabývá 2,8 násobek osové svítivosti a v 60 stupních již osmi násobek. Takovou křivku svítivosti by bylo možné prakticky realizovat jen komplikovanou optikou a takto směřované světlo by mělo malou účinnost díky šikmým dopadům.

### Soustava s více svítidly

Výše uvedený příklad byl pouze ilustrací postupu zpětného výpočtu křivek svítivosti. Podívejme se na složitější příklad, kdy pro osvětlení použijeme ne jedno, ale více svítidel v pravidelně rozmístěné řadě. Jedno světelné místo bude tedy osvětlováno hned několika svítidly se stejnou křivkou svítivosti. Problém si zjednodušeně vysvětlíme na případu se dvěma svítidly. Pro jedno světelné místo osvětlené dvěma svítidly můžeme psát rovnici

$$E(x) = \frac{1}{h^2} (I(\gamma_1) \cdot \cos^3 \gamma_1 + I(\gamma_2) \cdot \cos^3 \gamma_2) \quad (4)$$

Jednoduše lze vyjádřit svítivost  $I(\gamma_1)$

$$I(\gamma_1) = \frac{h^2 \cdot E(x) - I(\gamma_2) \cdot \cos^3 \gamma_2}{\cos^3 \gamma_1} \quad (5)$$

Ve vztahu se nám však rekurzivně objeví funkce  $I(\gamma)$ , která je prakticky stejnou funkcí jako  $I(\gamma_1)$  pouze argumentem je zde jiný úhel. Srovnáme-li tento výraz s výrazem (3) je zjevné, že prakticky původní křivku svítivosti snižujeme o příspěvek způsobený sousedními svítidly.

$$I(\gamma_1) = I(\gamma) - I(\gamma_2) \frac{\cos^3 \gamma_2}{\cos^3 \gamma_1} \quad (6)$$

Chceme-li vyjádřit hledanou funkci  $I(\gamma)$  nemáme jinou možnost, než použít numerickou metodu a sestavit soustavu rovnic pro neznámé funkce  $I(\gamma_1)$  a  $I(\gamma_2)$ . Přičemž funkce jsou prakticky stejné, pouze jejich argumenty se liší o úhel  $\Delta$ .

$$h^2 \cdot E(x) = I(\gamma_1) \cdot \cos^3 \gamma_1 - I(\gamma_1 + \Delta) \cdot \cos^3 (\gamma_1 + \Delta) \quad (7)$$

### Simulační model a výpočet křivky svítivosti

Pro numerický výpočet a simulaci tvaru křivky svítivosti použijeme multidiscipinární simulační program DYNAST [2]. Tento software umožňuje zadávat rovnice a jejich soustavy v implicitním i explicitním tvaru a obsahuje předdefinované bloky jako např. dopravní zpoždění, který budeme potřebovat pro deklaraci posuvu dvou funkcí. Přestože náš model obsahuje statický děj, neuvažujeme žádné přechodné stavy, hledáme průběh funkce jako závislost na nezávislé proměnné, kterou je v našem případě úhel  $\gamma$ . To však simulační programy obecně neumí, simulace se soustřeďují na analýzu časově proměnných systémů, kde nezávislou proměnnou je čas.

My si však můžeme naši úlohu na takovou simulaci převést. Budeme předpokládat, že např. vektor svítivosti  $I(\gamma)$  se otáčí konstantní rychlostí a ostatní vektory svítivosti od jiných svítidel se otáčí tak, aby svítily do stejného místa na srovnávací rovině. Pro ně vytvoříme závislé funkce, které definují tyto úhly. Deklarujeme systémové proměnné, naše hledané funkce  $I(\gamma_1)$ , a  $I(\gamma_2)$ , případně další pomocné proměnné, které využijeme pro vykreslování grafů, vytvoříme model systému a spustíme výpočet. V posledním kroku zobrazíme vypočtené funkce v grafické podobě.

Programový kód simulace vypadá následovně:

```
*SYSTEM; SYSVAR Ig1, Ig2;
E = 1;           : Reference illuminance [lx]
h = 10;          : Luminaires hang height [m]
D_H = 1;         : Spacing to height ratio [-]
D = h*D_H;       : Luminaires spacing [m]
```

```

gamma1 = TIME;
gamma2 = abs(atan(tan(gamma1)-D/h));
delta1 = (gamma1 - gamma2);

: Auxiliary variables
gamma1_deg = 180*gamma1/lpi;
gamma2_deg = 180*gamma2/lpi;

: Main model definition for Ig1 and Ig2
0 = E*h**2 - Ig1*(cos(gamma1))**3 - Ig2*(cos(gamma2))**3;
EX1 > @transportdelay Ig1,Ig2 / Delay=delta1;

: Distance from the first luminaire
X = h*tan(gamma1);

: Evaluated illuminance
Ec = Ig1*(cos(gamma1))**3/h**2 + Ig2*(cos(gamma2))**3/h**2;

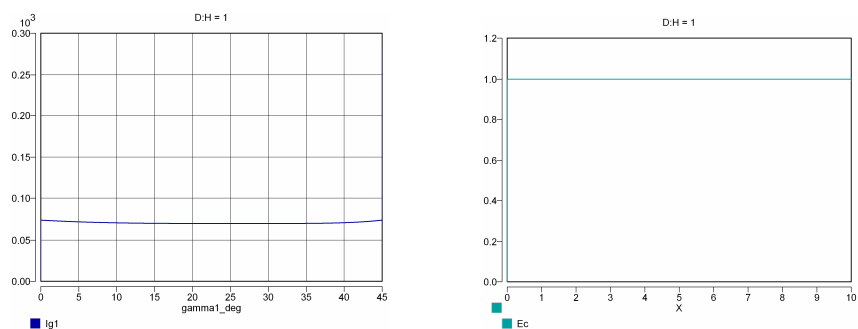
: Start analysis
*TR; tr 0 atan(D/h);

: Plot solved variables
PRINT (10000) Ig1, gamma1_deg, X, Ec; RUN;

*END;

```

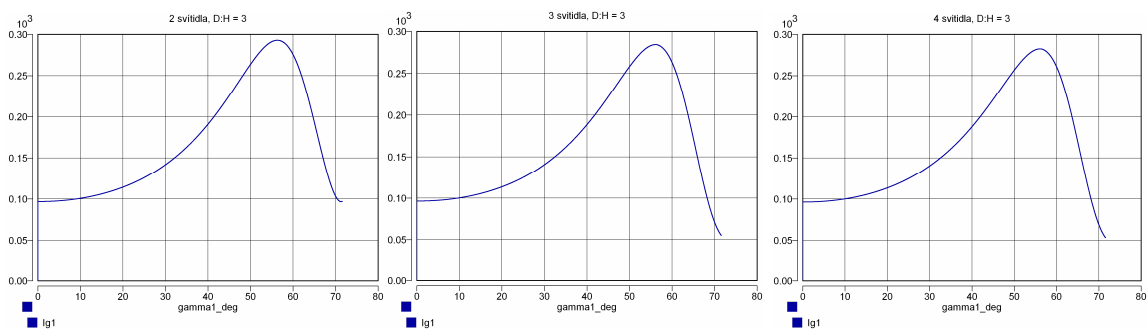
Vypočtených bodů každé funkce je celkem 10000 a je možné je zobrazit v grafu. Na následujícím obrázku je uvedena křivka svítivosti pro zadanou osvětlenost 1lx, rozteč stožárů v poměru ku výšce stožáru 1:1 a výška stožáru byla zvolena 10 metrů. V grafu vpravo je pak zobrazen průběh osvětlenosti v kontrolním poli mezi svítilny.



➤ obrázek 1 Křivka svítivosti v kartézských souřadnicích a kontrolní výpočet osvětlenosti.

Počítáme pouze osovou osvětlenost s předpokladem, že svítilna jsou umístěna nad osou vozovky, tedy v jedné rovině C0. Pokud bychom chtěli provádět výpočet pro všechny roviny, byla by simulace podstatně složitější.

Proveďme nyní výpočet pro názornější případ, kdy rozteč stožárů bude větší, řekněme trojnásobek jejich výšky a vyzkoušíme, jaký vliv na přesnost bude mít zahrnutí většího počtu svítilen. Křivka svítivosti pro tento případ je uvedena na následujícím obrázku. Společně jsou uvedeny grafy pro zpřesněný výpočet s uvažováním třech a čtyřech svítilen.



➤ obrázek 2 Křivky svítivosti v kartézských souřadnicích pro různé počty svítilen zahrnuté do výpočtu.

Rozdíl mezi třemi a čtyřmi svítilny není prakticky žádný, v grafu je poznat pouze nepatrné odchylky. Pro názornost jsou ukázkové hodnoty uvedeny v tabulce.

Varianta	2 svítidla	3 svítidla	4 svítidla
Úhel	$I(\gamma)$	$I(\gamma)$	$I(\gamma)$
0	96.937	96.521	96.396
5	97.746	97.305	97.174
10	100.738	100.249	100.105
15	106.112	105.543	105.380
20	114.277	113.585	113.389
25	125.824	124.941	124.695
30	141.661	140.475	140.152
35	162.904	161.231	160.787
40	190.684	188.216	187.581
45	225.404	221.640	220.707
50	263.554	257.825	256.471
55	291.130	283.101	281.315
60	276.065	263.619	261.436
65	194.303	173.354	170.952
70	103.682	71.4742	69.543

➤ Tabulka 1: Hodnoty svítivosti pro různé varianty výpočtu

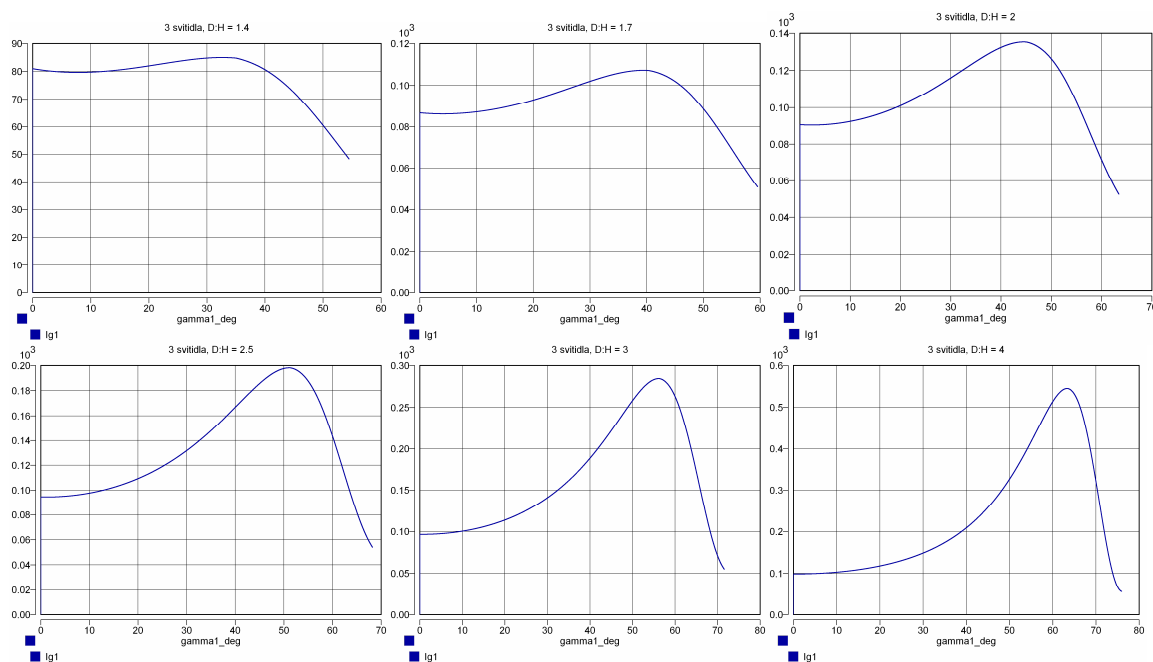
### Praktické využití při návrhu osvětlení

Simulací jsme schopni vypočítat křivku svítivosti pro danou geometrii svítidel. V praxi nás bude nejvíce zajímat, jak bude geometrie soustavy ovlivňovat tvar křivky svítivosti a jakou křivku svítivosti pro danou geometrii použít. Pro výpočet použijeme model se třemi svítidly, který poskytuje vyšší stabilitu výpočtu pro menší poměry rozteče a závěsné výšky a provedeme výpočet pro různé geometrie uspořádání svítidel. Budeme měnit pouze poměrnou rozteč svítidel při zachování konstantní závěsné výšky. Pro jiné výšky a osvětlenosti stačí křivky svítivosti vynásobit koeficientem  $k_h$  a  $k_E$ , přičemž jednotlivé koeficienty se vypočtou dle vztahu

$$k_h = \frac{h^2}{100}; \quad k_E = \frac{E_m}{z} \quad (8)$$

kde  $E_m$  je udržovaná osvětlenost a  $z$  je činitel údržby.

Budeme předpokládat rozteče stožárů v rozsahu 1,4 až 4 násobku závěsné výšky.



➤ obrázek 3 Křivky svítivosti v kartézských souřadnicích pro různé poměrné rozteče stožárů.

Hodnoty svítivosti pro jednotlivé varianty jsou uvedeny v následující tabulce

Úhel/rozteč	1.4	1.7	2	2.5	3	4
0	81.0	86.8	90.6	94.5	96.5	98.4
5	79.8	86.3	90.6	95.0	97.3	99.4
10	79.8	87.2	92.4	97.5	100.2	102.7
15	80.6	89.5	95.8	102.2	105.5	108.5
20	82.0	92.9	100.9	109.2	113.6	117.5
25	83.6	97.3	107.7	118.9	124.9	130.3
30	84.8	101.9	116.0	131.7	140.5	148.2
35	84.8	105.8	124.8	147.8	161.2	173.2
40	80.7	107.2	132.4	166.6	188.2	208.1
45	72.5	102.0	135.4	185.6	221.6	257.2
50	60.6	88.8	126.5	197.6	257.8	325.6
55		69.3	103.2	187.8	283.1	416.2
60			71.7	143.9	263.6	513.3
65				82.5	173.4	532.7
70					71.5	323.9
75						68.1

➤ Tabulka 2: Hodnoty svítivosti pro různé poměrné rozteče stožárů ( $E=1lx$ ,  $h=10m$ )

Prázdné buňky v tabulce znamenají, že v těchto bodech nebyla svítivost vypočtena, neboť pro daný úhel již křivka zasahuje do sousedního výpočtového pole, kde přebírá roli hlavního osvětlení sousední svítidlo. Svítivost prvního svítidla tedy může být nulová. V praxi však bude křivka plynule k nule klesat, nebude zde tedy ostrý skok na nulovou svítivost. Výpočet tedy pouze deklaruje, že je účelné v tomto směru již nesvítit.

## Závěr

Mohli bychom pokračovat dalšími výpočty např. pro požadovaný průběh jasu s využitím tabulek redukovaných součinitelů jasu, se zahrnutím různých odrazných vlastností povrchů vozovek apod. Situace bude složitější, neboť budeme muset zahrnout pozici pozorovatele a počítat složitější geometrický model. V některém dalším příspěvku se těmito výpočty budeme dále zabývat. Tento příspěvek měl ukázat cestu, jakou lze najít optimální řešení, aniž bychom museli složitě zkoušet svítidla prakticky náhodným výběrem. Pokud bychom našli svítidlo, jehož křivka svítivosti se bude shodovat se zde vypočtenými, dosáhneme ideálně rovnoměrného osvětlení v případě, že použijeme stejnou geometrii. Z provedených výpočtů také vidíme, jakou roli geometrie hraje a jak ovlivňuje tvar optimální křivky svítivosti. Naše úvaha směřovala k ideálně rovnoměrnému osvětlení. To však nemusí být striktně dodrženo, naopak je ekonomicky výhodnější připustit určitou nerovnoměrnost, kterou nám dovolí norma pro daný typ komunikace. Nebyl by problém, místo konstantní osvětlenosti, do výpočtu zahrnout předdefinovaný průběh osvětlenosti jako funkci a sledovat, jak tato změna ovlivní hledanou křivku svítivosti. Vzhledem k omezenému rozsahu článku však nebyly tyto výpočty provedeny a zájemce si může modifikací programu tyto simulace jednoduše provést. Program DYNAST je možné spouštět i přes webové rozhraní bez nutnosti instalace, což zpřístupňuje tento simulační nástroj prakticky každému. Více se dozvíte v [2]. Smyslem počítačových simulací je hledat řešení, která jsou ekonomicky výhodná, provozně levná a efektivní. Volba správné křivky svítivosti ovlivňuje nejen kvalitu osvětlení ale také ekonomiku provozu osvětlení. Cílem je osvětlovat jen to, co je účelné a v takovém množství, které je ekonomické. Zvláště v kontrastu s diskutovaným tématem rušivého světla zde čtenář může najít odpověď na otázku, zda některá propagovaná svítidla mohou vůbec požadovaných parametrů soustavy dosáhnout.

## Poděkování

Tento příspěvek obsahuje výsledky výzkumu financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu č. MSM0021630516.

## Literatura a odkazy

- [1] BAXANT, P. Reverse luminous intensity calculations for lighting system optimisation In *Proceeding from 1st Conference of the Visegrád countries LUMEN V4. 1st Lighting Conference of the Visegrád countries LUMEN V4*. Balatofüred, Maďarsko: Maďarský elektrotechnický spolek, 2006, s. 1 – 5
- [2] MANN, H. a kol. *Web-Based and On-Line Simulation : Multidisciplinary System Simulation* [online]. 2005 , 16.11.2005 [cit. 2007-08-21]. Dostupný z WWW: <<http://virtual.cvut.cz>>.

# Inovované podlahové elektroinstalační systémy

## OBO Bettermann

Jiří Burant, ing.

OBO Bettermann Praha s.r.o., internet: [www.obo.cz](http://www.obo.cz), e-mail: [burant@obo.cz](mailto:burant@obo.cz)

Moderní koncepce velkoprostorových administrativních a průmyslových objektů s sebou přináší nové požadavky na způsoby ukládání souvisejících technologických rozvodů. Tentýž trend lze zaznamenat i ve většině objektů infrastruktury. Elektrické rozvody opouštějí stále častěji stěny a stěhují se volně do prostoru místností, nad podhledy nebo do podlah. Běžnou součástí celé řady nových i rekonstruovaných staveb se proto stávají dříve zřídka využívané druhy kabelových úložných systémů.

Největší vývoj v této souvislosti prodělaly především podlahové rozvody. Jsou přitom specifické tím, že je nelze realizovat samostatně, ale musí vznikat vždy jako nedílná součást celkového stavebního řešení prostor, v nichž se nacházejí (obr.1). Při jejich výběru a návrhu je proto třeba respektovat nejen řadu elektrických, ale také stavebně technických požadavků, které vnášejí do této problematiky další rozměr.



➤ Obrázek 4: Elektroinstalační rozvod v podlaze autosalónu

A právě tuto skutečnost měla na zřeteli společnost OBO Bettermann, když po převzetí divize Cable Management firmy Ackermann na počátku roku 2006 vytvářela nový, jednotný sortiment přebírající to nejlepší ze sortimentu obou těchto dřívějších konkurentů. Výsledkem jsou nebývalé možnosti při pokrytí požadavků praxe, vycházející z pěti základních elektroinstalačních podlahových systémů, využívajících:

- uzavřené kanály zcela zalité mazaninou;
- otevřené kanály uložené v mazanině;
- uzavřené kanály uložené v mazanině;
- uzavřené kanály k uložení do nosného betonu;
- instalační kanály pro montáž na povrch podlahy.



Nad jejich rámec zahrnuje tato komplexní nabídka i další specifická provedení různých prvků, určených např. k realizaci podlahových rozvodů v:

- dvojitých podlahách;
- dutých podlahách.

Technicky nejzajímavější jsou přitom nová provedení přístrojových jednotek pro velké zátěže. Díky speciální konstrukci dosahuje jejich maximální přípustné zatížení hodnoty 300 kg nebo dokonce až 2000 kg, což je několikanásobně více, než vyžadují odpovídající výrobní normy.

### **Požadavky norem**

Podlahové systémy musí, tak jako každý výrobek, plnit požadavky určitých výrobních předpisů. V České republice není pro tuto oblast zatím k dispozici žádná výrobní norma a totéž platí i o normalizaci evropské. Proto se u nás pro tuto kategorii výrobků využívají předpisy jiných evropských států.

Našemu domácímu pojetí norem jsou asi nejbližší německé předpisy, mezi kterými lze najít i speciální výrobní normu DIN VDE 0634 - Podpodlažní elektroinstalace (lit. [1] a [2]). Ta říká, že standardní provedení podlahového kanálu i přístrojového, protahovacího nebo jiného vývodu z podlahového systému musí snášet určitou mechanickou zátěž. Důležitá je zejména tzv. lokální zátěž, simulovaná při zkouškách působením válečku o průměru 50 mm a šířce 18 až 22 mm. Zkoušený prvek musí při této zkoušce odolávat bez zjevného trvalého poškození shora působící síle 1500 N (cca 150 kg) po dobu dvou minut.

Pro běžnou zátěž a pohyb osob např. v kancelářích jsou tyto hodnoty zcela postačující. Jiná situace však nastává v prodejních, výstavních a výrobních halách, muzeích nebo ve frekventovaných objektech dopravní infrastruktury. Zde se podlahy, kryté zpravidla dlažbou, kamenem nebo litými hmotami, udržují obvykle prostřednictvím strojní údržby. V řadě případů se pomocí strojů provádí také údržba osvětlení, mytí stropních skel apod. Celková hmotnost používaných strojů, pohybujících se na třech nebo čtyřech kolech, přitom přesahuje s provozními náplněmi, bateriemi a obsluhou nezděná 1200 až 1800 kg. Přejíždění běžného přístrojového nebo protahovacího vývodu podlahového systému takovýmto strojem tedy vede zákonitě k jeho mechanickému přetížení a tudíž i k pružným nebo dokonce trvalým deformacím. Křehké podlahové krytiny pak v kazetě vývodu podlahového systému i v jejím bezprostředním okolí praskají. Tuto nepříjemnou skutečnost si lze ověřit v celé řadě našich nákupních center nebo autosalónů.

### **Systémy OBO pro velká zatížení**

V moderním kancelářském prostředí jsou standardní podlahové systémy OBO Bettermann již po mnoho let dokonalým základem pro vytváření flexibilních, pohodlných a pracovnímu místu blízkých elektroinstalací a totéž platí i o podlahových systémech této značky pro zvláště vysoké provozní zátěže (obr.2).



➤ Obrázek 5: Prvky podlahových systémů OBO pro extrémní zátěže

Přednosti speciálních systémů OBO pro vysoké zátěže lze shrnout do následujících několika bodů:

- Není třeba hledat žádné individuální, a proto také zpravidla časově i ekonomicky náročné řešení.
- V nabídce jsou jak systémy pro úplné zalití, tak i k pouhému uložení do podlahové mazaniny.
- Nabízená řešení jsou sladěna se všemi běžně používanými konstrukcemi podlah i druhy jejich údržby.
- Rychlá dostupnost všech těchto speciálních systémů díky unifikaci jednotlivých stavebních prvků.

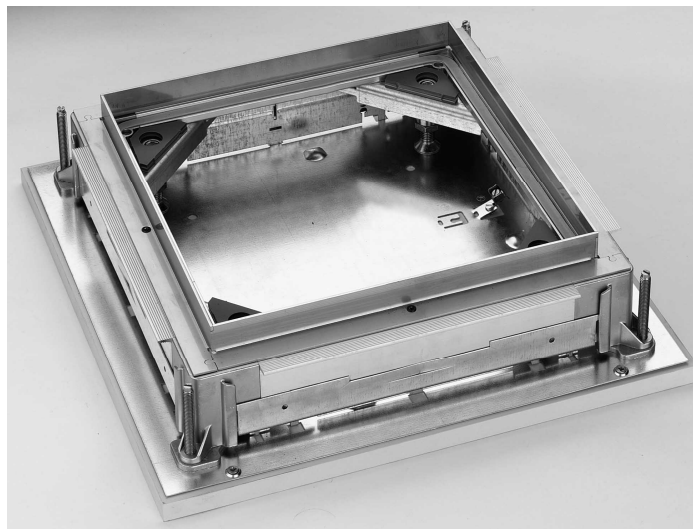
Výběr vhodných podlahových systémů pro velká zatížení zahrnuje většinu hledisek, totožných s běžnými podlahovými systémy. Určitý rozdíl je v tom, že místa s vysokými požadavky na zatížení jsou kryta téměř výhradně dlažbou, kamenem nebo obdobně tvrdou podlahovou krytinou. Použité podlahové systémy proto musí vždy ve zvýšené míře respektovat následující specifické požadavky:

- **Druh údržby** – u podlahových krytin pro velké zátěže je třeba počítat s vlhkou nebo dokonce mokrou údržbou. Proto je nutno i při maximální zátěži zajistit ochranu podlahového instalačního systému před pronikáním vlhkosti.
- **Tloušťka krytiny** – u tenkých, tvrdých a zpravidla i křehkých podlahových krytin má každý i velmi nepatrný průhyb za následek jejich rozlomení. Nutno proto vždy zajistit rovnoměrné plošné rozložení bodové zátěže v oblasti podlahového vývodu i nad souvisejícími podlahovými kanály.
- **Hmotnost krytů** – kryty jednotek systémů pro velká zatížení mají masivnější konstrukci a tudíž i vyšší hmotnost, kterou je třeba zohlednit při manipulaci s nimi. Této skutečnosti se musí přizpůsobit i případné otevírací pomůcky, jako např. přísavné zvedáky, závitová pouzdra, klíče, háčky apod.

Všechny tyto požadavky splňují u OBO hned dva, konstrukčně zcela odlišné podlahové úložné systémy. První využívá uzavřené kabelové kanály, zcela zalité pod vrstvou mazaniny. Úroveň podlahy dosahují jen kryty přístrojových a protahovacích jednotek. Druhý předpokládá aplikaci otevřených, shora přístupných kanálů uložených v mazanině. Úroveň povrchu podlahy je v tomto případě zpravidla totožná s povrchem odklopných kanálových vík.

### **System zalitý mazaninou**

V systému pro velká zatížení s kanály zalitými v mazanině jsou k dispozici dvě systémové velikosti podlahových krabic UZD 250-2 a UZD 350-2 (obr.3), jejichž korpus byl pro tento účel doplněn o speciální výztužné prvky.



➤ Obrázek 6: Podlahová krabice UZD v provedení pro velké zátěže

Od běžných provedení podlahových krabic se liší především tím, že jejich mechanickou stabilitu zvyšují přídavné podpěry, dodatečně vložené ve všech čtyřech vnitřních rozích (obr.4). Účinně přitom podírají nejen rohové části krabice, ale i v ní vestavěné přístrojové nebo protahovací jednotky.

Pro uzavření podlahových krabic pro velké zátěže se používají téměř výhradně kovové vestavné jednotky. Slouží k uzavření revizních a protahovacích otvorů i k vyvedení vodičů z podlahového systému. V systémech OBO mohou mít kruhový nebo hranatý půdorys a v závislosti na přípustné zátěži, která přesahuje u některých provedení až 2000 kg, je jejich víko vystrojeno čtyř nebo osmi milimetrovou ocelovou deskou. Ta velmi účinně zachycuje a do plochy rozprostírá veškeré svislé tlaky.



➤ Obrázek 7: Rohová mechanická výztuha podlahové krabice UZD

Velmi stabilní a spolehlivé řešení uzavěru protahovacích, revizních a přístrojových otvorů podlahových systémů OBO pro velké zátěže představuje kruhová přístrojová jednotka GRAF9 z obr.5. Tvoří ji masivní tlakové hliníkové odlitky vybavené těsněním vůči pronikání vlhkosti a lze do ní instalovat až 12 přístrojových modulů 45x45 mm. Proti nedovolené manipulaci mohou být tyto jednotky vybaveny šroubovými pojistkami, popřípadě i zámky.



➤ Obrázek 8: Hliníková přístrojová jednotka GRAF9 pro velké zátěže

Určitým protipólem jednotky GRAF9 je naopak malá, celokovová přístrojová jednotka GESRM2 z obr.6. Její masivní konstrukce a malé rozměry ji taktéž předurčují pro extrémní zátěže. Integrované těsnění chrání velmi účinně vnitřní výstroj před vlhkostí a montážní lem napomáhá spolehlivému, rovnoměrnému přenosu zátěže do okolní mazaniny nebo dlažby. Díky tomu je do značné míry eliminována možnost poškození vlastní jednotky, nebo okolní mazaniny resp. dlažby z důvodu nerovnoměrného rozložení provozních zátěží.



➤ Obrázek 9: Úsporný kovový přístrojový vývod GESRM2 pro velké zátěže

K propojení jednotlivých podlahových vývodů pro velké zátěže lze použít běžné, uzavřené podlahové kanály OBO. Jejich aplikaci umožňuje kvalitní konstrukce a překryv mazaniny, který staticky odlehčuje kanály od bodové zátěže v povrchové vrstvě podlahy.

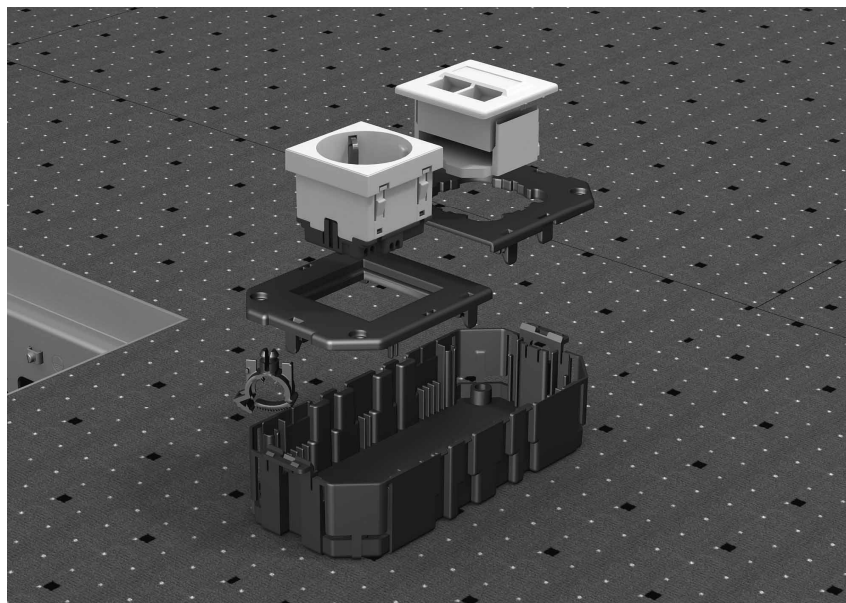
### **System uložený v mazanině**

V některých případech by však byla vrstva mazaniny nad podlahovými kanály příliš tenká a mohlo by tudíž docházet při větších zátěžích k jejímu rozlámání. Pro tyto případy je výhodnější použít otevřený kanálový systém OKUSL, jehož podobou přináší již dříve zmíněný obr.2. Použití shora přístupných kabelových kanálů pro velká zatížení může navíc přispět i k řešení celé řady specifických požadavků na rychlost změn v konfiguraci uložených kabelů a jejich množství.

Základ dobrých mechanických vlastností představují u těchto otevřených kanálů masivní hliníkové profily zakončující jejich bočnice. Pomocí kotevních plechů rozdělují velmi účinně zátěž působící na kanálová víka do velké plochy okolní mazaniny a pomocí integrovaných těsnících prvků zajišťují také odpovídající ochranu před pronikáním vlhkosti při případné vlhké údržbě.

### **Instalované přístroje**

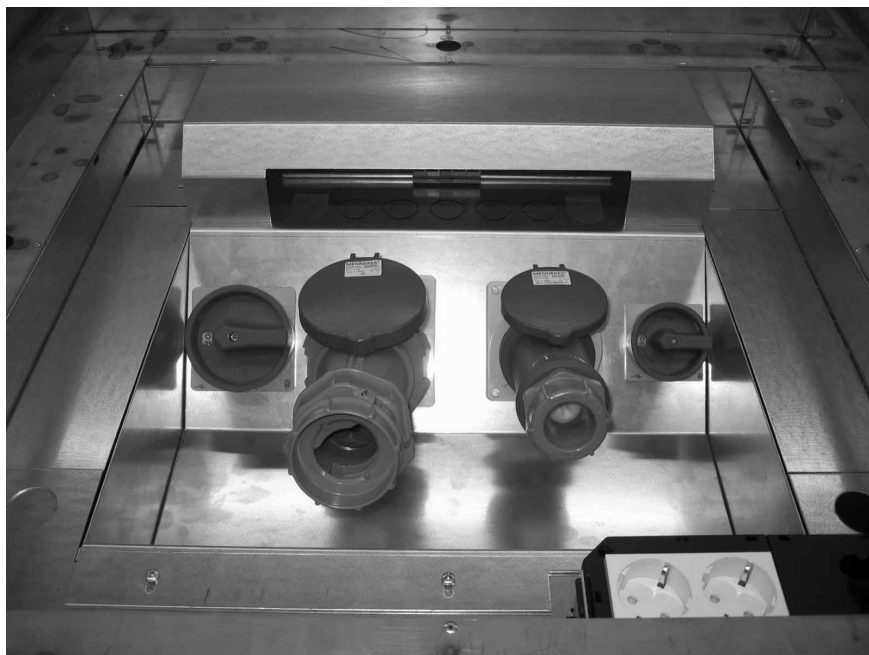
Prostřednictvím přístrojových vložek, shodných s běžnými podlahovými systémy OBO, lze do jednotek pro velké zátěže montovat nejrůznější elektroinstalační přístroje. Zvolit lze běžná provedení přístrojů 230 V, určených pro montáž s rámečky nebo stále častěji využívané přístroje s modulem 45x45 mm z obr.7. Do čtvercových přístrojových jednotek se přístrojové vložky upevňují převážně prostřednictvím samostatné montážní sady, v kruhových jednotkách jsou fixovány pomocí integrovaných úchytnů.



➤ Obrázek 10: Montáž instalačních přístrojů 45x45 mm do přístrojových vložek systému OBO

Mimo přístrojů 230 V lze ovšem pomocí speciálních adaptérů instalovat do některých přístrojových jednotek OBO i přístroje pro třífázovou napájecí soustavu 3x400 V s max. jmenovitým proudem 16 A resp. 32 A. Díky tomu pronikají podlahové systémy této značky úspěšně i do průmyslového prostředí. Podmínkou jejich aplikace je ovšem dostatečná hloubka podlahové krabice a dostatek prostoru pro napojení navazujících třífázových vývodů.

Příklad takovéto aplikace ilustruje stavebnicová sestava z obr.8. Zahrnuje jeden třífázový a jeden jednofázový zásuvkový vývod s možností jejich vypnutí resp. zapnutí pomocí vačkových vypínačů. Mimo spínačů lze však do přístrojových jednotek podlahových systémů OBO montovat pomocí různých adaptérů a nosičů i mnohé další prvky. Jedná se zejména o jističe, proudové chrániče a také všechny další přístroje v pouzdrech pro profilovou lištu 35 mm.



➤ Obrázek 11: Podlahový vývod OBO s třemi a jednofázovou zásuvkou, doplněný spínači

### **OBO – komplexní řešení**

Současný kombinovaný podlahový program značek OBO a Ackermann nabízí řešení šitá na míru, vyhovující všem požadavkům praxe. Tuto skutečnost dokládá i česká verze nového specializovaného katalogu OBO UFS – podlahové systémy. Významné je na ní především to, že se nezaměřuje jen na seznámení s jednotlivými prvky podlahových rozvodů, ale poskytuje i celou řadu informací, důležitých pro dodržení zásad správného návrhu a realizace těchto specifických elektroinstalačních systémů. Obrazem ilustruje navíc celou řadu praktických řešení, čímž dále usnadňuje optimalizaci výsledného řešení.

### **Literatura a odkazy**

- [1] DIN VDE 0634, Teil 1 Unterflur-Elektroinstallation – Teil 1: Einbaueinheiten. Berlin, VDE Verlag, 9/1987.
- [2] DIN VDE 0634, Teil 2 Unterflur-Elektroinstallation – Teil 2: Elektroinstallationskanäle und Zubehör. Berlin, VDE Verlag, 12/1987.
- [3] Firemní literatura OBO Bettermann GmbH. Menden, SRN.

# Parametrizácia denného svetla z hľadiska denných zmien a využiteľnej doby pre energetické úspory

Ing. Stanislav Darula, CSc.\*, Doc. Ing. Richard Kittler, DrSc.\*\*

Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava, [\\*usarsdar@savba.sk](mailto:usarsdar@savba.sk), [\\*\\*usarkit@savba.sk](mailto:usarkit@savba.sk)

## Abstrakt

Úrovně dennej osvetlenosti sa počas dňa i celého roka neustále menia. Pravidelné merania vonkajších osvetleností ukazujú, že počas dňa sa môžu vyskytovať v interiéroch budov situácie s nižšími úrovňami, kedy je potrebné svietiť umelým svetlom. Metodika výpočtu potreby energie na svietenie podľa prEN15193 tieto zmeny zanedbáva a dennú dobu, kedy je potrebné svietiť určuje hrubým odhadom.

Príspevok poskytne výsledky vyhodnotenia meraní denných osvetleností v Bratislave, podľa ktorých pre tri kategórie prahových vonkajších osvetleností 5000, 7500 a 10000 lx je možné predurčovať dobu, počas ktorej pri normou STN 73 0580 správne navrhnutých interiéroch je potrebné svietiť umelým osvetlením.

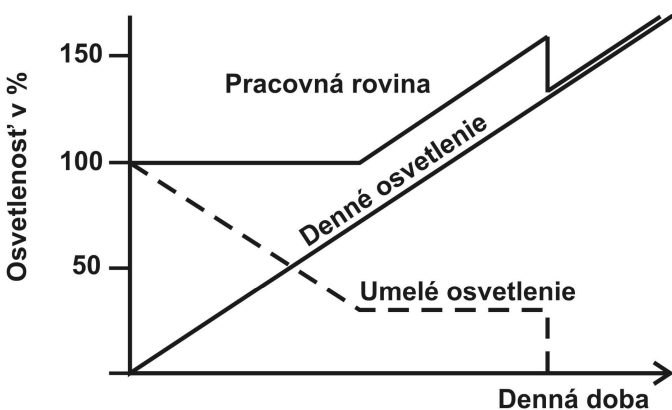
## Úvod

V Európe sa spotrebuje viac ako 40% energie v okolo 160 miliónoch budovách a sú prognózy, že táto spotreba bude rásť. Najviac energie je potrebné na vykurovanie a chladenie, okolo 50%. ohrev teplej vody vyžaduje okolo 25% a osvetlenie do 25% z celkového vyrobeného množstva, [4].

Smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2002/91/EC z 16. decembra 2002 [4], následne zákonom č. 555/2005 Z.z. z 8. novembra 2005 o energetickej hospodárnosti budov [4] a nariadením vlády SR č. 269/2006 Z.z [4] sa začal na Slovensku proces dôsledného riešenia energetickej hospodárnosti budov. Podľa zákona č. 555/2005 §3 ods. 4 výpočet energetickej hospodárnosti budov musí zohľadniť aj vplyv denného osvetlenia. V súčasnosti sa denné osvetlenie v interiéroch budov navrhuje a posudzuje podľa STN EN 12464-1 [4], STN 73 0580 [4] a nariadenia vlády SR č. 269/2006 Z. z. [4], ktoré zohľadňujú len zimné podmienky CIE zamračenej oblohy.

Nakoľko budovy sa využívajú počas celého roka a spolu s dopravou patria k najväčším spotrebiteľom energií, ich energetické hodnotenie osvetlenosti by malo tiež zohľadňovať celoročnú dostupnosť slnečného a oblohového svetla.

Ako ukázal Kittler a Pulpitlová v [4], Darula a Kittler v [4], a Darula a kol. v [4] úrovne vonkajších osvetleností, ale i slnečné a oblačné situácie sa neustále menia v priebehu celého roka. Pre účely využívania denného a umelého svetla sú potrebné také úrovne osvetleností, ktoré zabezpečujú zdravé podmienky pre zrakové práce [4]. Ukazuje, sa že pre dosiahnutie čo najväčších úspor energie hygienické hľadiská nie sú úplne dominantné. V Európskej únii prijatý koncept [4] deklaruje takú pracovnú rovinu osvetlenú denným svetlom, kde jej polovica priestoru prilahlá k obvodovej stene by mala mať vhodné denné osvetlenie pre zrakové práce čítanie a písanie a druhá, odľahlá polovica môže úrovne nižšie ako sú hygienické požiadavky.



obrázok 12 Využitie denného svetla, [4]

Nakoľko vnútorné priestory budov sa počas dňa využívajú rôznu dobu [4], [4] s rôznym začiatkom i koncom pracovného času, môže sa vyskytnúť potreba prisvetľovať pracoviská v čase súmraku, obrázok 1, alebo v prípade náhleho poklesu úrovni osvetlenosti, napr. počas búrok, inverzií a pod.. Dĺžka doby s nedostatočnými úrovňami dennej osvetlenosti  $t_D$  závisí hlavne od výšky slnka, momentálnych optických vlastností atmosféry a veľkosti pokrytia i hrúbky oblakov na oblohe. V letných mesiacoch s neskoším začiatkom pracovnej doby, alebo jej skorším ukončením sa tento vplyv nemusí prejaviť v režime osvetľovania pracovísk. Naopak, najmä v zimných mesiacoch sa môžu vyskytnúť prípady so začiatkom alebo koncom pracovnej doby v nočných hodinách  $t_N$ . Vtedy sa v čase pred východom alebo po západe slnka osvetľujú vnútorné priestory len umelým osvetlením. V svetelnotechnickej praxi sa pre využitie dennej osvetlenosti najčastejšie používajú úrovne vonkajších osvetleností 5000 a 10000 lx.

## Požadovaná denná osvetlenie podľa nariadenia vlády SR č. 269/2006 Z. z., STN 73 0580 a STN EN 12464-1

Požiadavky pre osvetlenie pracovísk denným, umelým a združeným osvetlením sú uvedené v nariadení vlády SR č. 269/2006 Z. z. Hlavným parametrom pre posudzovanie denného svetla je činiteľ dennej osvetlenosti  $e$  ako pomer vnútornej osvetlenosti  $E_h$  ku súčasnej vonkajšej osvetlenosti  $E$  podľa STN 73 0580:

$$e = \frac{E_h}{E} 100 \quad (\%) \quad (9)$$

Podľa [4] a [4] najnižšie prípustná hodnota činiteľa dennej osvetlenosti pri bočnom osvetlení je s novým označením  $D_{min} = 1,5\%$  a priemerná hodnota pri hornom a kombinovanom osvetlení  $D_m = 3\%$ .

Umelé osvetlenie sa navrhuje a posudzuje na úrovne priemernej udržiavanej osvetlenosti  $E_m$ , v luxoch, [4] a [4]. V priestoroch pre dlhodobý pobyt zamestnancov s dostatočným denným osvetlením sa požaduje najmenej  $E_m = 200$  lx, so združeným osvetlením  $E_m = 500$  lx, v priestoroch bez denného osvetlenia, ak sú preukázateľne zabezpečené náhradné opatrenia  $E_m = 500$  lx, pre krátkodobý pobyt zamestnancov  $E_m = 100$  lx a v miestnostiach pre občasný pobyt zamestnancov  $E_m = 20$  lx.

Združené osvetlenie sa môže použiť vo vnútorných priestoroch alebo v ich funkčne vymedzených častiach, v ktorých činitele dennej osvetlenosti sú nižšie, ako sú požadované v STN 73 0580, ale dosahujú najmenej 1/3 týchto hodnôt. V kanceláriách činitele dennej osvetlenosti v tejto časti môžu nadobúdať hodnoty od 0.5 - 1.5%. Pracoviská v priestoroch s osvetľovacími otvormi, v ktorých nie je splnená hore uvedená podmienka, sa považujú za pracoviská bez denného osvetlenia.

## Požadovaná denná osvetlenie podľa prEN 15193

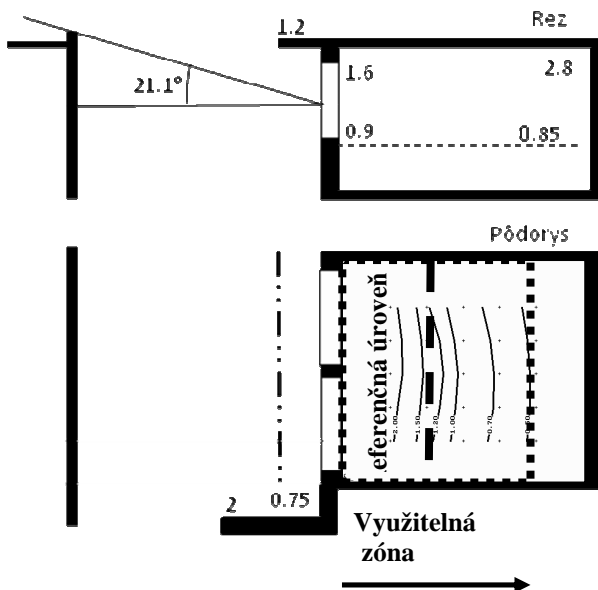
Európska norma prEN 15193 [4] poskytuje postupy pre odhad celoročných (aj mesačných) energetických požiadaviek osvetlenia v budovách so zohľadnením využiteľnosti denného osvetlenia. Požiadavky na dennú osvetlenie sú definované podľa komplexnej metódy pre bočne osvetľované priestory minimálnou hodnotou faktora denného svetla  $D$  podľa vzťahu (2) a priemernou hodnotou faktora denného svetla  $\bar{D}_j$  pre priestory so svetlákmi podľa vzťahu (4).

$$D = D_C \tau k_1 k_2 k_3 \quad (\%) \quad (2)$$

kde  $D$  činiteľ denného svetla pre zónu v miestnosti,  
 $\tau$  činiteľ prestupu svetla žasklením okna,  
 $k_1$  činiteľ strát svetla konštrukciou vplyvom rámov okien,  
 $k_2$  činiteľ strát svetla znečistením zasklenia zasklenia okna,  
 $k_3$  činiteľ smerovej svetelnej priepustnosti zasklenia okna, pričom pre prázdny otvor sa faktor denného svetla podľa vzťahu:

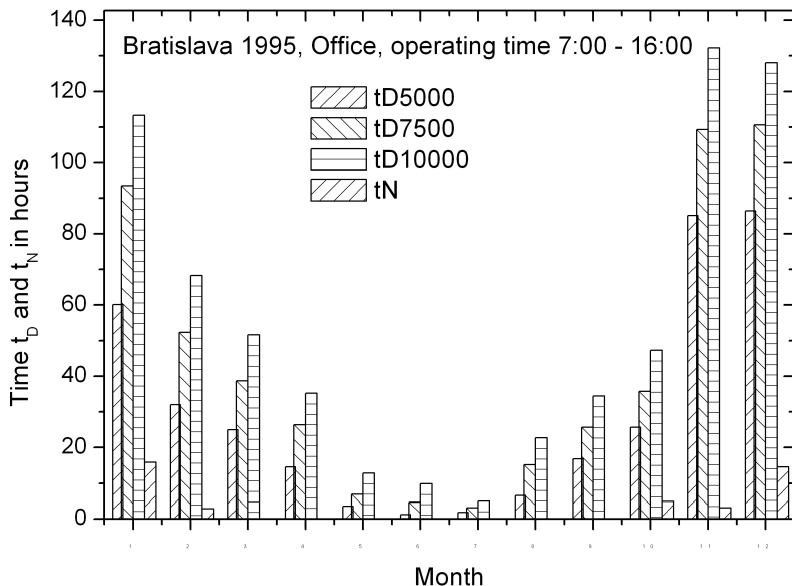
$$D_C = (4,13 + 20,0 I_T - 1,36 I_{De}) I_{O...} \quad (\%) \quad (3)$$

kde  $I_T$  index priehľadnosti fasády,  
 $I_{De}$  index dĺžky miestnosti,  
 $I_O$  index tienenia vonkajšími prekážkami.

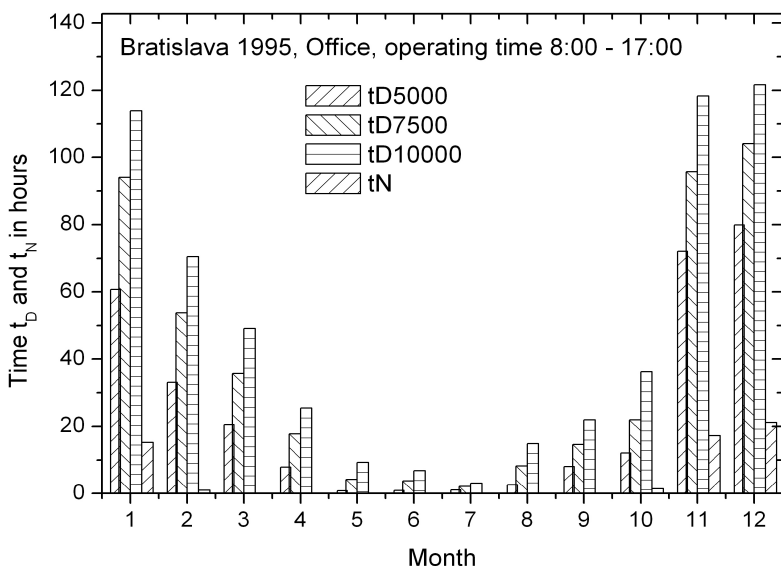


obrázok 2 Príklad zóny s denným svetlom,

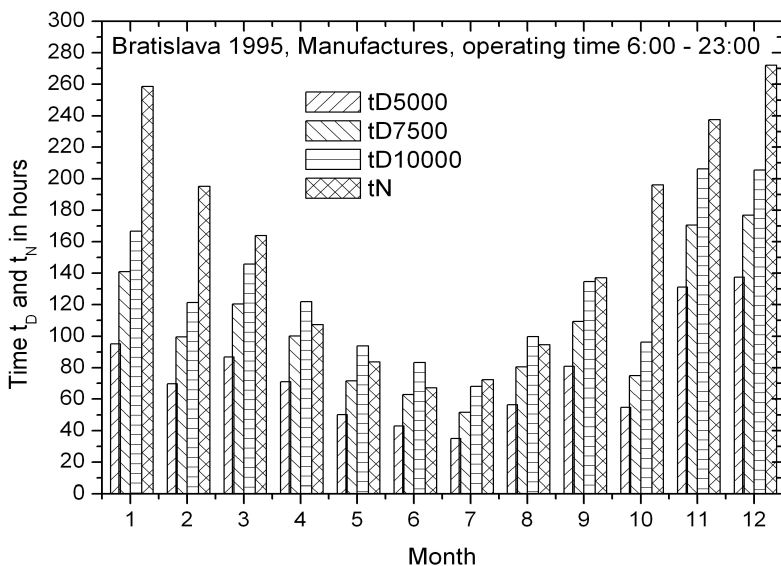




obrázok 3 Počet hodín s nižšími úrovňami dennej osvetlenosti pre pracovný čas 7:00 – 16:00 hod



obrázok 4 Počet hodín s nižšími úrovňami dennej osvetlenosti pre pracovný čas 8:00 – 17:00 hod



obrázok 5 Počet hodín s nižšími úrovňami dennej osvetlenosti pre pracovný čas 6:00 – 23:00 hod

kde  
 $A_{RG}$  podlahová plocha uvažovaného priestoru [ $m^2$ ],  
 $D_{ext}$  vonkajší faktor denného svetla [%],  
 $\tau$  činiteľ prestupu svetla zasklením svetlíka,  
 $k_{Obl,1}$  činiteľ strát svetla rámami svetlíka,  
 $k_{Obl,2}$  činiteľ strát svetla znečistením zasklenia svetlíka,  
 $k_{Obl,3}$  činiteľ smerovej svetelnej priepustnosti zasklením svetlíka,  
 $\eta_R$  činiteľ využitia svetla svetlíkmi.

$$\bar{D}_j = D_{ext} \tau k_{Obl,1} k_{Obl,2} k_{Obl,3} \frac{\sum A_{Rb}}{A_{RG}} \eta_R$$

(%) (4)

svetelnej priepustnosti zasklením svetlíka,  
 $\eta_R$  činiteľ využitia svetla svetlíkmi.

Treba si všimnúť, že empirické vzťahy (3) a (4) sa odlišujú od vzťahu pre výpočet činiteľa dennej osvetlenosti, ktorý sa používa pre návrh a hodnotenie dennej osvetlenosti v pracovnom mieste a jeho splnenie vyžaduje [4] a [4] spolu so súvisiacimi predpismi i normami

Denná osvetlenosť na pracovnej rovine vo využiteľnej zóne miestnosti je podľa prEN 15193 vyjadrená referenčnou hodnotou faktora denného svetla, ktorý je priemernou hodnotou údajov pozdĺž stredovej osi uvažovanej zóny priestoru, paralelne k fasáde, obrázok 2. To znamená, že ako kritérium pre dostatočne osvetlenú zónu denným svetlom vo všetkých vnútorných priestoroch budov sa uvažuje jedna referenčná hodnota nachádzajúca sa v jej strede, [4] a [4].

### Doba výskytu úrovní osvetlenosti menších ako 5000, 7500 a 10000 lx

Úrovně dennej osvetlenosti sa počas dňa neustále menia. Najvyššie hodnoty sa vyskytujú počas jasných a slnečných dní, najnižšie počas pochmúrnych hmlistých a oblačných jesenných a zimných dní.

Aby sa mohlo čo najefektívnejšie využiť denné svetlo v pracovných priestoroch, je potrebné poznať nielen vzťah začiatku a konca

pracovnej doby k východu a západu slnka, ale i celoročné výskyty okamžitých hodnôt dennej osvetlenosti. Z hľadiska využitia denného svetla by bolo ideálne stanovovať pracovný čas v tej časti dňa, kedy úrovne osvetlenosti sú dostatočne vysoké, t.j. ak nie je potrebné pracoviská prisvetľovať umelým svetlom. Vzhľadom na meniacu sa dĺžku dňa a prevádzkovú využiteľnosť budov, bude pri rôznom pracovnom čase potrebné osvetľovať pracoviská určitú časť dňa umelým svetlom.

Vplyvom neustáleho zdražovania energií sa hľadajú spôsoby ako čo najviac znížiť ich spotrebu aj pri prevádzke budov. V tomto smere najúčinnější je regulácia umelého osvetlenia v závislosti od denného osvetlenia. Existujú systémy monitorovania dennej osvetlenosti pomocou detektorov umiestnených na fasáde alebo streche budovy.

V týchto prípadoch je dôležité poznať výskyt reálnych úrovní osvetlenosti a podmienky, za ktorých regulačný systém bude v prevádzke.

Doteraz sa vonkajšia osvetlenosť 5000 lx prijíma ako medzná pre zamračenú oblohu a 10000 lx pre jasnú oblohu. V našom vyhodnotení dostupností nízkych vonkajších osvetleností sme zaviedli aj medziľahlú limitnú hodnotu 7500 lx pre oblačné situácie.

Na základe meraní globálnych horizontálnych osvetleností v roku 1995 v Bratislave sa sledovali množstvá hodín, kedy vonkajšia osvetlenosť bola nižšia ako 5000 lx, 7500 lx a 10 000 lx. Na obrázku 3 – 6 sú vynesené časy  $t_b$  v hodinách pre každý mesiac v roku, počas ktorých vonkajšie úrovne osvetlenosti boli nižšie ako medzné hodnoty 5000 lx, 7500 lx a 10 000 lx. V prvom prípade sa uvažovala pracovná doba od 7:00 – 16:00 len v pracovných dňoch, t.j. bez sobôt, nedeľ a sviatkov. Posun času v letnom období sa dá tiež zohľadniť. Na obrázku 3 vidno výrazný vplyv dĺžky dňa na potrebu svietenia. V zimných mesiacoch táto môže byť až 11,5 až 51,3 násobne dlhšia ako v letnom období. Posun pracovnej doby o hodinu na 8:00 – 17:00 môže priniesť úsporu energií pri potrebe svietenia, ktorá môže byť nižšia od 20,5 – 31,8%, ako to vyplýva z obrázkov 3 a 4. Podobne ako na obrázku 4 aj na obrázku 5 sa v zimných mesiacoch objavuje štvrtý stĺpec dokumentujúci časť pracovnej doby v noci  $t_n$ , kedy denné svetlo vôbec nie je. Dvojsmenné prevádzky, obrázok 5, a trojsmenné prevádzky, obrázok 6, sú energeticky najnáročnejšie. Pokiaľ v zimnom období v oboch prípadoch je denná doba s potrebných umelým osvetlením rovnaká, v letných mesiacoch skrátenie pracovnej doby z troch na dve smeny môže priniesť úspory energií od 25,3% do 37,7%.

Prehľad celoročného množstva hodín s úrovňami vonkajších osvetleností ako zvolené medzné hodnoty ukazuje, že čím sú vyššie požiadavky úrovne osvetlenosti tým sa tiež zväčšuje doba s potrebou prisvetľovania umelým svetlom. Zabezpečenie osvetlenia v priestoroch s požiadavkami na vyššie úrovne môže predstavovať zvýšenie spotreby energie od 26,5% do 49,2%.

Pracovný čas	Vonkajšia osvetlenosť Evg v lx			Noc	Poznámky
	< 5000	< 7500	< 10000		
7 - 16	358,57	521,98	660,55	41,15	Dni pracovného voľna, letný čas zohľadnený
8 - 17	299,63	455,90	590,88	55,99	
6 - 23	911,10	1259,17	1543,23	1885,32	Celoročná prevádzka, letný čas zohľadnený
6 - 23	983,92	1339,63	1624,90	4357,30	

➤ Tabuľka 1 Počet hodín s nižšími úrovňami dennej osvetlenosti v roku 1995 v Bratislave

## Záver

To že sa denné osvetlenie môže využívať vo vnútorných priestoroch budov je známe už z antickej éry. V dnešnej dobe je významným činiteľom umožňujúcim ušetriť energie pri prevádzke budov. Ukazuje sa, že veľký vplyv na úspory má dĺžka a začiatok pracovného času. Čím viac bude pracovný čas symetrický okolo poludnia, tým budú aj úspory energií vyššie. Najvyššiu spotrebu elektrickej energie na svietenie treba očakávať v priestoroch s trojsmennou prevádzkou.

Podľa smerníc CIE a národných noriem sa denná osvetlenosť v interiéroch určuje podľa modelu rovnomerne zamračenej oblohy pomocou činiteľa dennej osvetlenosti, ktorý sa vyhodnocuje v mieste zrakovej práce. V zmysle prEN 15193, ktorá sa v súčasnosti zavádza do užívania, sa určuje časť miestnosti – zóna s dostatočným denným osvetlením s výpočtovou dennou osvetlenosťou na jej stredovej priamke rovnobežnej s okenným otvorom. Podľa charakteru a náročnosti zrakových prác by sa mohlo predpokladať vypínanie umelého osvetlenia pri vonkajšej dennej osvetlenosti 5000 lx, 7500 lx a 10000 lx.

**PodĎakovanie:** Analýzy osvetleností a oĎiareností sa urobili za podpory slovensko poľskej vedeckej spolupráce SK-PL 1500, pričom tento príspevok vznikol aj za podpory grantu VEGA 2/5093/5.

## Literatura a odkazy

- [4] [http://www.diag.org.uk/pdf/CIBSE\\_Briefing.pdf](http://www.diag.org.uk/pdf/CIBSE_Briefing.pdf).
- [5] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings.
- [6] Zákon č. 555/2005 Z.z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [7] Vyhláška MVRR č. 625/2006 ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- [8] Nariadenie vlády SR č. 269/2006 Z. z. O podrobnostiach a požiadavkách na osvetlenie pri práci.
- [9] STN EN 12464-1 Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovných miest. Časť 1: Vnútorne pracovné miesta.
- [10] STN 73 0580 Denné osvetlenie budov.
- [11] Kittler, R., Pulpitlová, J.: Základy využívania prírodného svetla, Vydavateľstvo Veda Bratislava, 1988.
- [12] Darula, S. - Kittler, R. Research of the typical exterior illuminance situations based on long-term measurements: Daily courses of global and diffuse illuminances in Bratislava for the period of 1994 - 2000. VEGA 2/6050/99 R 2001.1 Report, ICA SAS Bratislava June 2001, 117p.
- [13] Darula, S., Kittler, R., Kambezidis, H., Bartzokas, A., Markou, M.: Generation of a Daylight Reference Year for Greece and Slovakia. SK-GR 004/01 Project, Final Report, Bratislava 2004, 51p.
- [14] Rybár, P., Šesták, F., Juklová, M., Hraška, J., Vaverka, J. Denní osvětlení a oslunění budov. ERKA BRNO 2002.
- [15] prEN 15193 Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting, Final Draft, December 2006.
- [16] Bedocs L.: Lighting Energy Requirements in EPB Directive. CD Proc. Conf. Lumen V4, *Balatonfüred, September 2006*.
- [17] De Boer, J., Raynham, P. Energy performance of buildings – calculating the impact of daylight on energy used. Proc. Conf. Lux Europa, Berlin 2005, p. 218-219.
- [18] Pellegrino, A. Lighting control systems to improve energy performance and environmental quality of buildings: limits and potentials. Proc. Conf. Lighting engineering, Bled 2006, p. 37 – 45.

# Srovnávací měření

Ing. Martin Demel

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, www.zuova.cz, martin.demel@zuova.cz

Letošní srovnávací měření umělého osvětlení konaného 27.-29. března 2007 v prostorech haly HARD Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava se zúčastnilo 28 měřících skupin.

Luxplan, s.r.o.	ZÚ se sídlem v Karlových Varech
Ing. Petr Novotný – Light servis	ZÚ se sídlem v Brně, Centrum JIH Hodonín
ŽDB GROUP a.s., závod Služby – CHEL	ZÚ se sídlem v Ostravě, pobočka Bruntál
MARTIA a.s.	Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p., pobočka Teplice
ZÚ se sídlem v Kolíně	ZÚ se sídlem v Olomouci
Ing. Petr Klvač – Osvětlení	ZÚ se sídlem v Kolíně, Hygienická laboratoř Mělník
ZÚ se sídlem v Ostravě, pobočka Frýdek - Místek	Ing. Stanislav Bajer
ZÚ se sídlem v Ostravě, pobočka Karviná	ZÚ se sídlem ve Zlíně
Skúšobňa Fakulty elektrotechniky a informatiky STU	ZÚ se sídlem v Plzni
Ing. Lubomír Mudroň – Artlite Studio	ZÚ se sídlem v Plzni, pobočka Tachov
Chemopetrol, a.s.	Ing. Marie Křívová
ZKV s.r.o.	ZÚ se sídlem v Kolíně, Hygienická laboratoř Mladá Boleslav
ZÚ se sídlem v Liberci	ZÚ se sídlem v Kolíně, pobočka Příbram
VŠB TU Ostrava	ZÚ se sídlem v Ostravě

➤ Tabulka: Seznam měřících skupin

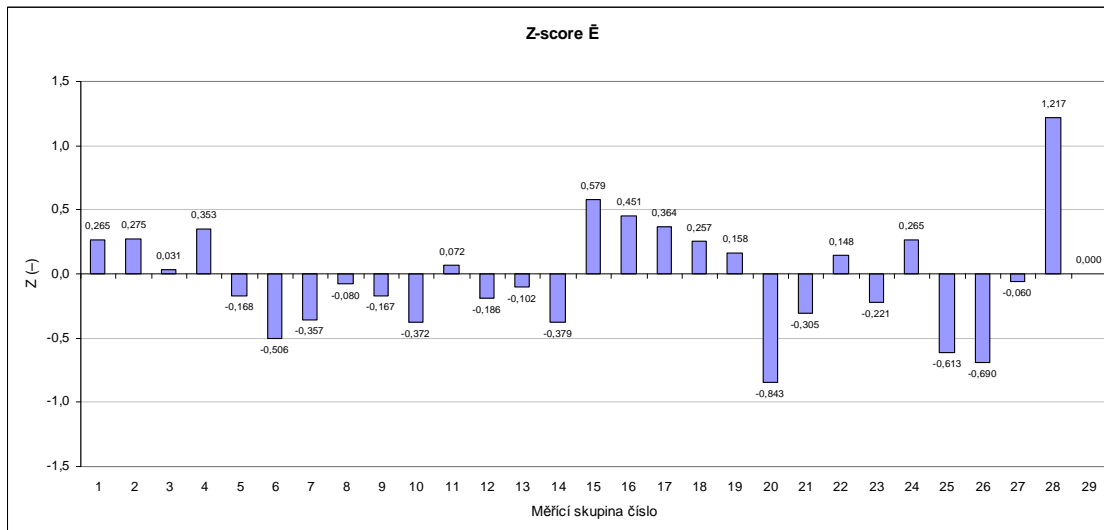
Zadány byly 3 úkoly:

- 1) Změřit osvětlenost ve vymezené části haly o rozměrech 5 x 5 m. Srovnávací rovina byla zadána 0,85 m. Osvětlení v hale je RVL výbojkami.



➤ obrázek 13

A jak si v tomto úkolu vedly jednotlivé měřicí skupiny?



➤ Tabulka: Z- score intenzity osvětlení Ě srovnávací roviny vymezené části haly

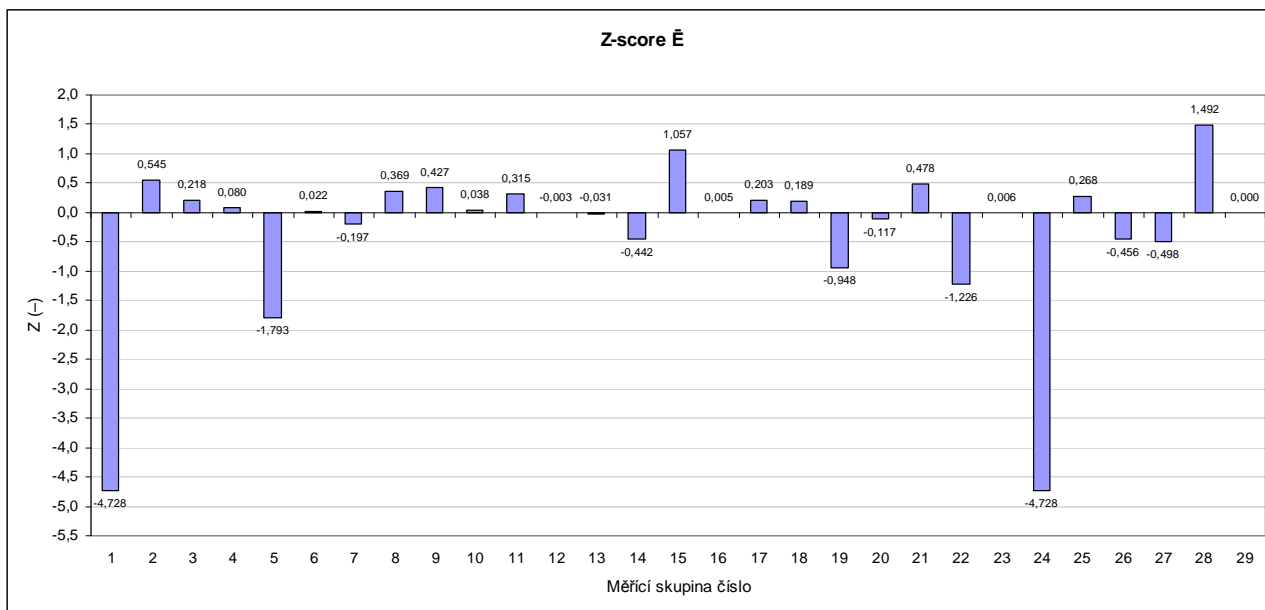
Všechny skupiny se s tímto úkolem dokázaly vypořádat a splnily požadované kritérium na Z-score  $|z| \leq 2$ .

- 2) Změřit osvětlenost pracoviště soustruhu. S ohledem na x možných měřících míst na soustruhu a různých výšek pracovních úkolů bylo nutné zadat přesnou výšku a měřící plochu vymezenou pojezdem soustruhu.



• obrázek 2

A jak si v tomto úkolu vedly jednotlivé měřicí skupiny?

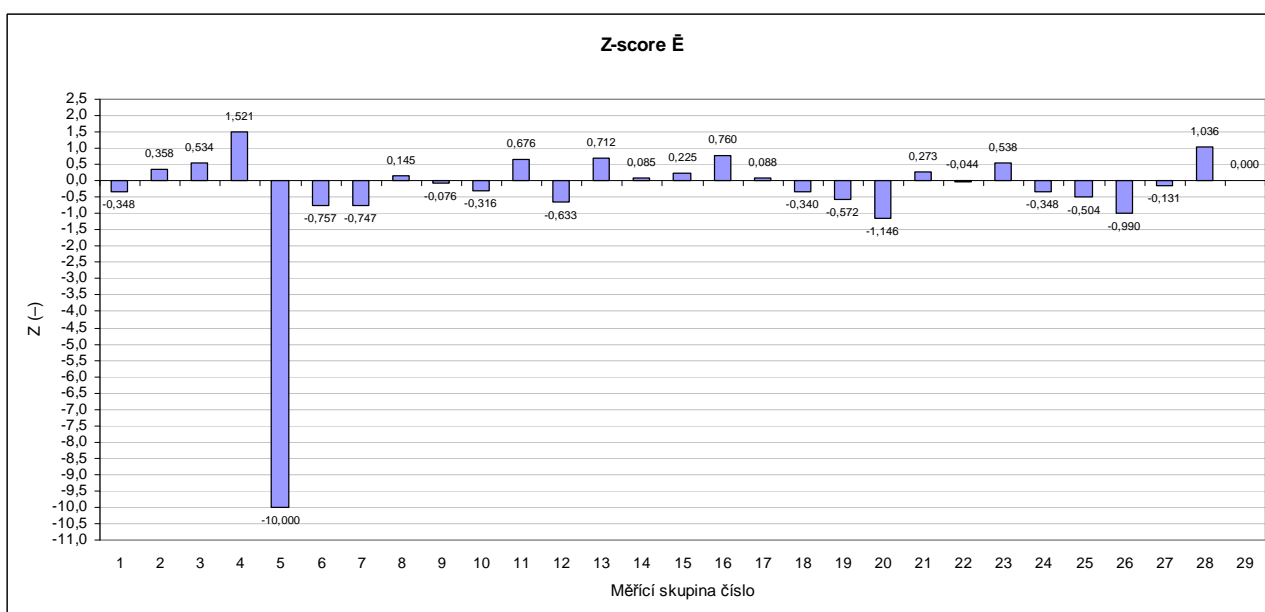


➤ Tabulka: Z- score intenzity osvětlení Ě místa pracovního úkolu – soustruh

V tomto úkolu měřicí skupiny 1 a 24 nedodaly k vyhodnocení potřebný počet vzorků, tj. 4 měření dle zadání a tudíž nebylo možné stanovit pomocí Hornovy analýzy Z-score. Ostatní skupiny v požadované kvalitě tento úkol zvládly.

- 3) Změřit okolí soustruhu jako okolí místa pracovního úkolu (v souladu s ČSN EN 12646-1) – i zde byly dány jednoznačné parametry – srovnávací výška 0,85 m a 0,5 m okolí soustruhu.

A jak si v tomto úkolu vedly jednotlivé měřicí skupiny?



➤ Tabulka: Z- score intenzity osvětlení Ě okolí soustruhu – okolí místa pracovního úkolu

V tomto úkolu skupina 5 nedodala naměřené hodnoty. Ostatní měřicí skupiny tento úkol zvládly v požadované kvalitě.

Tímto vás pozývám na další ročník srovnávacího měření, který se uskuteční opět v Ostravě v březnu 2008. O bližší informace si můžete napsat na výše uvedený email.

# **Připravovaná ČSN EN ČSN EN 15193-1 (73 0323)**

## **Energetické hodnocení budov - Energetické požadavky na osvětlení - Část 1: Stanovení potřeby energie pro osvětlení**

Ing. Dvořáček, Karel, [dvoracek@stu-e.scz](mailto:dvoracek@stu-e.scz)

### **Spotřeba energie pro umělé osvětlení**

V současnosti je umělé osvětlení v budovách zajišťováno pomocí elektřiny. Podíl spotřeby elektrické energie (dodané spotřebitelům) pro umělé osvětlení je v evropských zemích mezi 10 až 14 % a je předpoklad, že s rozšiřováním využíváním kvalitnějších a efektivnějších zdrojů světla a svítidel se bude v dlouhodobém výhledu mírně snižovat. V ČR je podíl spotřeby elektrické energie (dodané spotřebitelům) pro umělé osvětlení cca 11 %.

Průměrná roční spotřeba elektrické energie na jednoho obyvatele v roce 2000 je:

- 1000 kWh na jednoho obyvatele v Evropě (15 zemí EU, před rozšířením)
- 550 kWh v ČR.

Význam umělého osvětlení vyplývá i ze skutečnosti, že tento druh spotřeby elektřiny velmi výrazně ovlivňuje celkovou spotřebu elektrické energie v době energetických špiček a to zejména v zimním období. Potvrzují to i výsledky odborných šetření a průzkumu Státní energetické inspekce, podle níž se umělé osvětlení může na maximum elektrizační soustavy ČR podílet i více než 20 %.

I z tohoto důvodu je třeba je nezbytně neustále narůstající kvantitativní a kvalitativní požadavky na umělé osvětlení řešit s maximální hospodárností při respektování hlediska minimalizace energetické náročnosti. Na tomto základě byl vydán Evropskou komisí mandát M 343 pro CEN k vypracování EN 15193-1 Energetické hodnocení budov - Energetické požadavky na osvětlení - Část 1: Stanovení potřeby energie pro osvětlení. Tato norma je způsobem k zajištění shody s podstatnými požadavky směrnice o novém postupu 2002/91/EC Evropského parlamentu a Rady z 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov. S ohledem na určité věcné rozpory, které vytvoření dokumentu provázely (hloubka požadovaných rozborů ve vztahu k uživatelům, atd.), sdělme si alespoň hlavní zásady, které by tato norma měla obsahovat.

EN 15193-1 byla navržena pro zavedení dohod a postupů pro stanovení energetických požadavků na osvětlení v budovách a poskytnutí metody pro numerický indikátor („číselný ukazatel“) spotřeby energie v budovách. Také poskytuje vodítko pro zavedení národních limitů spotřeby energie pro osvětlení odvozených z referenčních schémat.

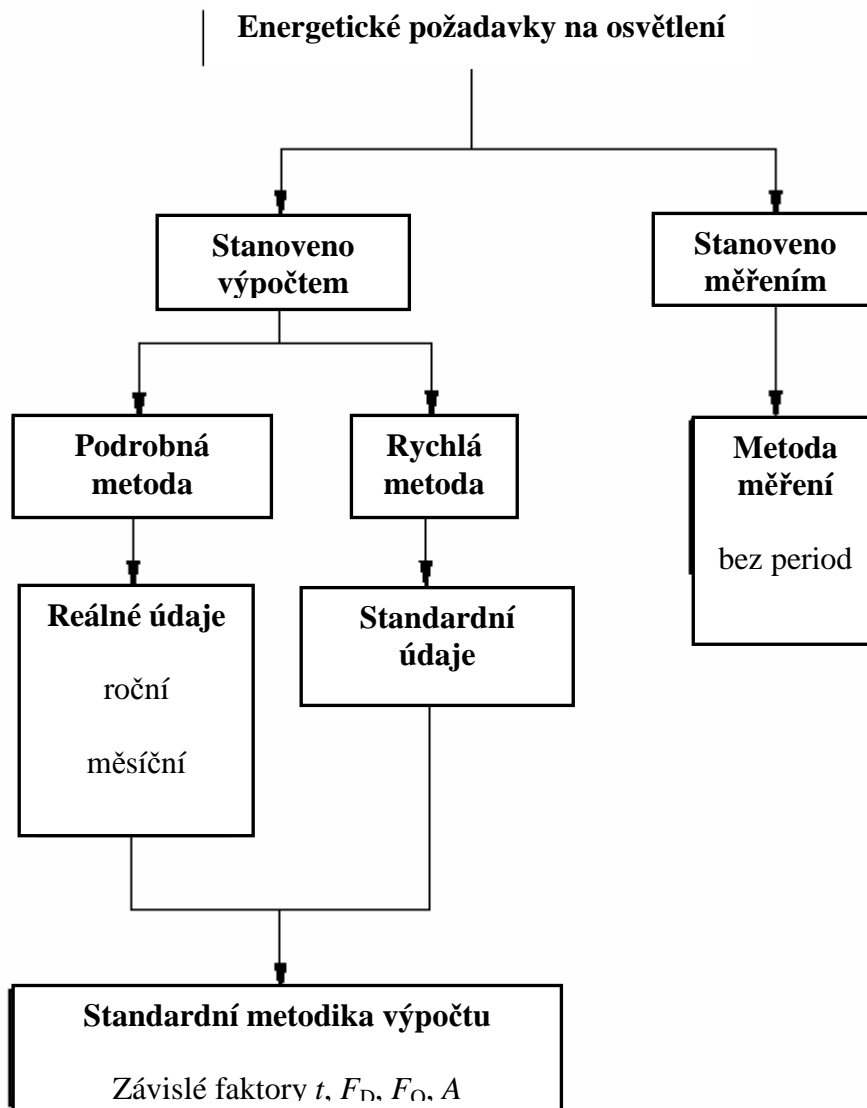
Mít správnou normu pro osvětlení budov je svrchovaně důležité a dohody a postupy předpokládají, že navrhovaná a instalovaná soustava osvětlení odpovídá požadavkům na dobré osvětlení. Pro nové instalace se návrh vypracovává v souladu s EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory.

Norma také obsahuje pokyny pro techniky odděleného měření energie použité pro osvětlení, což poskytne správnou zpětnou vazbu na účinnost ovládání osvětlení.

Metoda stanovení spotřeby energie nejen poskytuje hodnoty pro číselný ukazatel, ale také stanoví příkon pro vlivy zátěže vytápěním a chlazením na kombinované celkové náročnosti energie v ukazateli pro budovu.

Obrázek 1 ukazuje přehled metod a průběhu v ní obsažených postupů.

Metoda a forma prezentace výsledků má splňovat požadavky Směrnice EC o energetické náročnosti budov 2002/91/EC.



Obrázek 1 – Postupový diagram ilustrující alternativní cesty k určení potřeby energie

### 1. Termíny a definice - tato evropská norma používá tyto termíny a definice.

**ovládací zařízení** - součásti požadované pro ovládání činnosti světelného zdroje (světelných zdrojů)

**příkon svítidla (P<sub>i</sub>)** - elektrická energie z rozvodné sítě, spotřebovávaná světelným zdrojem (světelnými zdroji), ovládacím zařízením a ovládacím obvodem ve svítidle nebo k němu připojeným, měřená ve wattech

**parazitní příkon (P<sub>p</sub>)** - pohotovostní příkon pro ovládání a příkon pro nabíjení baterie spotřebovávaný nouzovou osvětlovací soustavou, měřený ve wattech

**celkový instalovaný příkon pro osvětlení instalovaný ve vnitřním prostoru nebo jeho vymezené části** - příkon svítidla pro všechny typy svítidel ve vnitřním prostoru nebo jeho vymezené části, měřený ve wattech

**doba činnosti - (t<sub>o</sub>)** - stanovený počet hodin činnosti svítidla

**standardní roční doba (t<sub>v</sub>)** - doba trvání jednoho standardního roku, stanovená na 8 760 hodin

**hodiny účinného ("efektivního") využití (t<sub>u</sub>)** - hodiny účinného využití osvětlovacích soustav

**doba činnosti parazitního příkonu (t<sub>p</sub>)** - hodiny účinného využití parazitního příkonu

**celková užitečná plocha budovy (A)** - podlahová plocha uvnitř obvodových stěn s vyloučením neobyvatelných sklepů a neosvětlených prostorů, měřená v m<sup>2</sup>

**celková podlahová plocha** - celková osvětlená podlahová plocha budovy, měřená v m<sup>2</sup>

*POZNÁMKA* Tato plocha se vypočítá s použitím buď vnějších nebo vnitřních rozměrů budovy, jejichž výsledkem je hrubá a čistá referenční podlahová plocha. Při výpočtech a certifikačním procesu se použije pouze jeden z obou typů. Typ je definován na národní úrovni.



ovládaná plocha ( $A_s$ ) - největší plocha ovládaná jedním spínacím zařízením ve vnitřním prostoru, měřená v  $m^2$

**činitel závislosti na denním světle ( $F_D$ )** - činitel vztahující použití celkového příkonu pro osvětlení k dostupnosti denního světla ve vnitřním prostoru nebo jeho vymezené části

**činitel závislosti na obsazení ( $F_O$ )** - činitel vztahující použití celkového instalovaného příkonu pro osvětlení k době obsazení vnitřního prostoru nebo jeho vymezené části

instalovaná svítidla - všechna instalovaná svítidla určená pro účel osvětlení v budově

**numerický indikátor osvětlení (LENI)** - numerický indikátor energie pro osvětlení (LENI) je numerický indikátor roční spotřeby energie pro osvětlení požadované pro splnění funkce osvětlení a požadavků na účel budovy, dělený celkovou plochou této budovy

**POZNÁMKA:**

1. *LENI se může použít pro přímá srovnání energie pro osvětlení použité v budovách, které mají podobné funkce, ale mají různé rozměry a uspořádání;*
2. *Číselné hodnoty získané popsány metodami mohou sloužit pouze pro posouzení energetické náročnosti jednotlivých budov a pro jejich vzájemné srovnání z hlediska energetické náročnosti. V žádném případě není přípustné tyto hodnoty používat pro návrh osvětlovací soustavy.*

## 2 Výpočet energie použité pro osvětlení

### 2.1 Celková roční energie použitá pro osvětlení

Celková roční energie požadovaná pro osvětlení ke splnění osvětlovací funkce a účel v budově ( $W_{light}$ ) se stanoví s použitím tohoto vzorce:

$$W_{light} = \frac{\sum (P_{pn} \times t_p) + \sum P_n ((t_D \times F_D \times F_O) + (t_n \times F_O))}{1000} \quad \text{kWh/rok}$$

**POZNÁMKA** Je třeba poznamenat, že pro existující budovy může být  $W_{light}$  stanovena přesněji přímým a odděleným měřením energie dodávané pro osvětlení..

### 2.2 Numerický indikátor energie pro osvětlení (LENI)

Numerický indikátor energie pro osvětlení (LENI) se stanoví s použitím tohoto vzorce:

$$LENI = \frac{W_{light}}{A} \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$$

## 3 Měření

### 3.1 Všeobecně

Je-li to možné, má se měřit spotřeba pro osvětlení odděleně s použitím měřiče pro získání přesnějších ukazatelů účinnosti ovládaní. Měření se má vykonat s použitím jedné z těchto metod:

- a) Činné elektroměry v obvodech rozvodné elektrické sítě, určených pro osvětlení ;
- b) místní měřiče příkonu spojené s ovladači osvětlení systému řízení osvětlení nebo do nich zabudované;
- c) systém řízení osvětlení, který dovede vypočítat místní spotřebu energie a dovede tuto informaci předat řídicímu systému budovy (BMS);
- d) systém řízení osvětlení, který dovede vypočítat spotřebovanou energii pro jednotlivé části budovy a předat tuto informaci v přenosné formě, ku příkladu ve formě rozložených listů;
- e) systém řízení osvětlení, který sleduje průběh hodin, proporcionalitu (úroveň stmívání) a předává to své interní databázi (česky: „vnitřní údajové základně“) pro instalovaný příkon.

Systém řízení osvětlení musí měření předávat BMS pro další využití nebo předávat v přenosné formě.

**POZNÁMKA** Výsledek je vzorem, který může být kalibrován s určitou přesností se skutečnou spotřebou v kilowatthodinách během používání budovy.

### 3.2 Oddělení příkonu

Síť systému řízení osvětlení BMS musí poskytovat stejnou funkci jako oddělení v rozvodu elektřiny.

#### 3.3 Společné a dálkové měření

1. Společné nebo dálkové měření se doporučuje pro úplně oddělené systémy rozvodu energie.
2. Společné nebo dálkové měření může být také použito pro inteligentnější (Řízení osvětlení) systémy pro poskytování dat.

## 4 Výpočet energie pro osvětlení v budovách

### 4.1 Typy budov

Použití rychlé metody stanovení spotřeby energie (6.3) je přípustné pro tyto typy budov:

- Kanceláře
- Budovy pro výchovu.
- Nemocnice.
- Hotely.
- Restaurace.
- Sportovní zařízení.
- Velkoobchodní a maloobchodní služby.
- Výrobní budovy.
- Ostatní typy budov spotřebovávajících energii.

*POZNÁMKA* Metoda podrobného výpočtu může být použita pro jakoukoliv budovu s jakýmkoliv umístěním.

### 5.1 Instalovaný příkon pro osvětlení

Jsou dvě formy instalovaného příkonu v budovách: příkon svítidel, který dodává příkon pro funkční osvětlení, a parazitní příkon, který zásobuje ovládací systém a dodává příkon v době pohotovostního stavu.

### 5.2 Rychlá metoda

Pro rychlé stanovení roční spotřeby energie pro uvedené typy budov (viz výše navrhuje norma tento vzorec:

*POZNÁMKA* Hodnoty uvedené v tabulkách 1 až 3 vedou všeobecně ke stanovení vyššího LENI než podrobná metoda.

$$W_{\text{high}} = 6A + \frac{t_u \sum P_n}{1000} \quad \text{kWh/rok}$$

kde  $t_u = (t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)$  jsou hodiny účinného využití

$P_n$  je celkový příkon svítidel ve vymezené části vnitřního prostoru

$t_D$  doba využití za denního světla podle tabulky 1

$t_N$  doba využití bez denního světla podle tabulky 1

$F_D$  činitel závislosti na denním světle podle tabulky 2

$F_O$  činitel obsazení podle tabulky 3

$A$  celková plocha budovy.

**Tabulka 1 - Roční počet hodin činnosti s přihlédnutím k typu budovy**

Typy budov	Roční počet hodin činnosti		
	$t_D$	$t_N$	$t_{\text{total}}$
Kanceláře	2250	250	2500
Budovy pro výchovu	1800	200	2000
Nemocnice	3000	2000	5000
Hotely	3000	2000	5000
Restaurace	1250	1250	2500
Sportovní zařízení	2000	2000	4000
Velkoobchodní a maloobchodní služby	3000	2000	5000
Výrobní budovy	2500	1500	4000

**Tabulka 2 – Vliv denního světla v budovách s ovládním**

Vliv denního světla		
Typ budovy	Způsob ovládním	$F_D$
Kanceláře	Ruční	1,0
Sportovní zařízení	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost	0,9
Výrobní budovy	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost se snímáním denního světla	0,8
Hotel	Ruční	1,0
Restaurace	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost	0,9
Maloobchod		
Budovy pro výchovu	Ruční	1,0
Nemocnice	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost	0,9
	Stmívání fotobuňkou - stálá osvětlenost se snímáním denního světla	0,7

POZNÁMKA Předpokládá se, že nejméně 60 % osvětlení je pod uvedeným ovládním

**Tabulka 3 - Vliv obsazení pro budovy s ovládním**

Vliv obsazení		
Typ budovy	Způsob ovládním	$F_O$
Kanceláře	Ruční	1,0
	Automatické pro ≤ 60 % zapojeného příkonu	0,9
Budovy pro výchovu		
Maloobchod, výroba sportovní zařízení a restaurace	Ruční	1,0
Hotely	Ruční	0,7
Nemocnice	Ruční (zčásti automatické ovládním)	0,8

POZNÁMKA Automatické ovládním s čidlem na přítomnost se zřídí nejméně jedno na vnitřní prostor a ve velkých prostorech nejméně jedno na 30 m<sup>2</sup>.

### 5.3 Podrobná metoda

Podrobná metoda se může použít pro přesné stanovení spotřeby energie pro osvětlení..

#### 6.4.1 Výpočet

Při použití podrobné metody stanovení spotřeby energie pro osvětlení se použije tohoto vzorce:

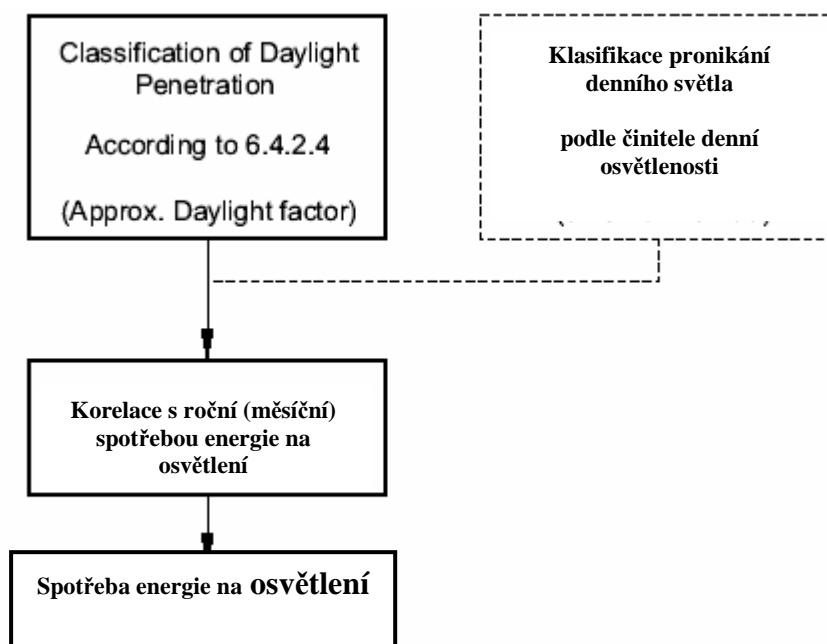
POZNÁMKA Tato metoda se může použít pro jakékoliv období a jakékoli umístění za předpokladu, že je předpovězeno úplné stanovení obsazení a dostupnosti denního světla.

$$W_{\text{light}} = \frac{[(P_{pn} \times t_p) + \sum P_n \{ (t_D \times F_D \times F_O) + (t_n \times F_O) \}]}{1000} \text{ kWh/rok}$$

POZNÁMKA V částech vnitřních prostorů bez denního světla je  $F_D = 1$  s výjimkou případů, kde ovládním stálé osvětlenosti se používá když  $F_D = 0,9$  včetně vlivu v noci.

Dále jsou v této normě stanoveny postupy získání jednotlivých koeficientů tohoto výpočtu.

- stanovení  $F_D$  - pronikání denního světla do budovy
- omezení spotřeby energie pomocí denního světla, činitel  $F_{D,n}$
- činitel dostupnosti denního osvětlení  $F_{DS,n}$
- stanovení hodin činnosti s využitím denního světla
- stanovení vymezených částí vnitřních prostorů, členění budov na úseky
- pronikání denního světla



Obrázek 2 – Kroky pro stanovení pronikání denního světla

### 6.3 Ovládání umělého osvětlení FD,C závislé na denním osvětlení

Systémy ovládání umělého osvětlení závislé na denním osvětlení mohou významně omezit celkovou spotřebu energie pro instalované osvětlení. Některé z různých možných strategií ovládání jsou:

Ruční zapínání / Ruční vypínání: Osvětlení se zapíná i vypíná ručně.

Ruční zapínání / Průběžné stmívání: Osvětlení se zapíná ručně a průběžně se stmívá v závislosti na momentální dostupnosti denního osvětlení. Ruční zapínání / Průběžné stmívání s vypínáním: Osvětlení se zapíná ručně, průběžně se stmívá v závislosti na momentální dostupnosti denního osvětlení a úplně se vypíná při dostačující úrovni denního osvětlení, t.j. nezbyvá žádný příkon pro světelné zdroje.

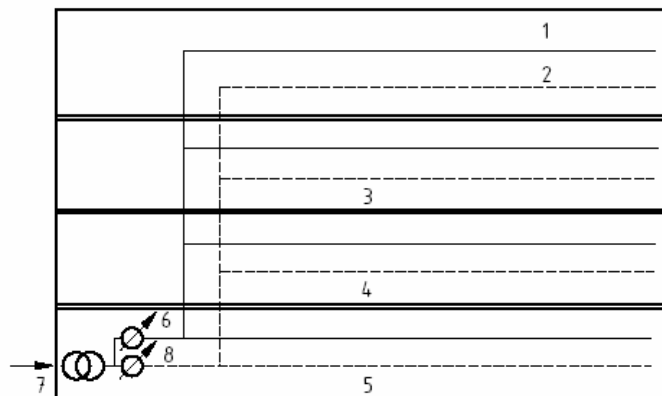
6.4 Stanovení doby obsazení  $F_0$  Při jakémkoliv použitém systému ovládání se může stanovit hodnota  $F_0$  rovná 1.0; v takovém případě není nutný žádný další rozbor. V ostatních případech se postupuje podle pravidel pro podrobné stanovení  $F_0$ .

Příklady, jak hodnota  $F_0$  může být stanovena.

Tabulka – hodnoty  $F_{0c}$

Systémy bez automatické detekce přítomnosti nebo nepřítomnosti	$F_{0c}$
Ruční zapínání a vypínání	1,00
Ruční zapínání a vypínání + přídavný automatický signál zhasnutí	0,95
Systémy s automatickou detekcí přítomnosti a/nebo nepřítomnosti	
Automatické zapínání/stmívání	0,95
Automatické zapínání/automatické vypínání	0,90
Ruční zapínání/stmívání	0,90
Ruční zapínání/automatické vypínání	0,82

## 6.4 Měření obvodu pro osvětlení



### Legenda

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Obvody pro osvětlení | 5. Podlaží 1                |
| 2. Elektrické obvody    | 6. Elektroměr pro osvětlení |
| 3. Podlaží 3            | 7. Primární okruh           |
| 4. Podlaží 2            | 8. Elektroměr pro ostatní   |

**Obrázek 3 – Elektroměry na obvodech určených pro osvětlení v elektrických rozvodech**

V příkladu na obrázku A.1 je elektroměr pro osvětlení zapojen paralelně k elektroměru pro zbytek elektrické instalace. V tomto případě je tedy spotřeba pro celou budovu součtem obou měřičů.

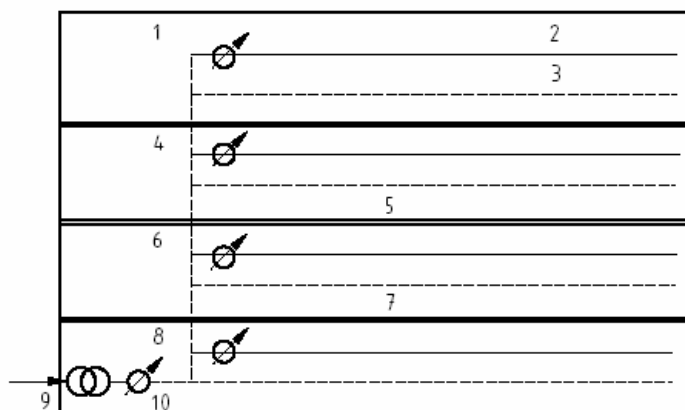
$$W_{\text{light}} = W_{\text{light metered}} \text{ v kWh/rok}$$

V příkladu na obrázku A.2 jsou měřiče kWh pro osvětlení rozděleny do jednotlivých podlaží a jsou zapojeny v sérii s centrálním (česky „ústředním“) elektroměrem pro budovu. V tomto případě centrální elektroměr registruje celkovou spotřebu energie včetně spotřeby pro osvětlení.

Vzorec pro monitorování:

$$W_{\text{light}} = W_{\text{light metered}} = \sum_{\text{all floors}} (\text{kWh @ date} - \text{kWh @ (date - 12 months)}) \text{ v kWh/rok}$$

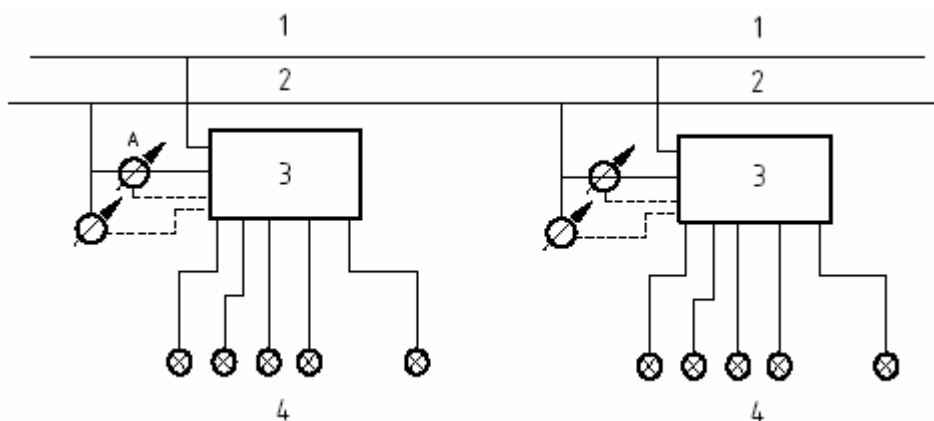
Místní hodnoty měřičů kWh (jako jsou na obrázku A.2) mohou být čteny a sečítány řídicím systémem budovy. Nejsou potřebné žádné korekce pro míru obsazení.



### Legenda

- |  |  |
|--|--|
| 1. elektroměr pro osvětlení 4. podlaží | 6. elektroměr pro osvětlení 2. podlaží |
| 2. Obvod osvětlení                     | 7. Podlaží 2                           |
| 3. Ostatní elektrické obvody           | 8. elektroměr pro osvětlení 1. podlaží |
| 4. elektroměr pro osvětlení 3. podlaží | 9. Napájení                            |
| 5. Podlaží 3                           | 10. elektroměr pro celkovou spotřebu   |

**Obrázek 4 - Budova s oddělenými obvody pro osvětlení s odděleným měřením po podlažích**



### Legenda

1. Vedení sběrnice (BUS)
2. Napájecí vedení 230 voltů
3. Světlo
4. Svítidla

**Obrázek 5 – Voltmetry a ampérmetry připojené k ovladačům osvětlení**

Místní elektroměry jsou napojeny na ovladače osvětlení systému řízení osvětlení, nebo do nich vestavěny. Informace o místní spotřebě energie je dostupná systému řízení budovy.

Na obrázku jsou voltmetry a ampérmetry nebo wattmetry umístěny na vstup příkonu každého ovladače osvětlení. Individuální ovladače osvětlení vypočítávají místní spotřebu energie sečítáním těchto hodnot během doby.

Tyto hodnoty jsou zpřístupněny pomocí vedení bus buď ústřednímu počítači systému pro osvětlení nebo ústřednímu počítači systému řízení budovy. Ústřední počítač může tuto informaci zpracovat a předkládat údaje o náročnosti energie například po částech budovy měsíčně a / nebo pro celkové osvětlení budovy za období 12 měsíců v přenosné podobě, např. Excel.

Vzorec pro monitorování:

$$W_{\text{light}} = W_{\text{light metred}} = \sum_{\text{all controllers}} \sum_{12 \text{ months}} (\text{kWh local}) \text{ v kWh/rok}$$

**POZNÁMKA a)** Spotřeba pro osvětlení u zařízení neovládaných ovládacím systémem pro osvětlení se neměří.

**b)** Spotřeba pro osvětlení u zařízení nepřímo ovládaných externími dodavateli se neměří.

Systém řízení osvětlení zaznamenává průběh hodin, proporcionalitu (úroveň stmívání) a předává to své vnitřní databázi o instalovaném příkonu. Systém řízení osvětlení zpřístupní tuto informaci systému řízení budovy pro další využití, nebo může poskytnout tuto informaci v přenosné podobě.

Ovladač osvětlení sečítá dobu pro proporcionalitu příkonu osvětlení k výkonu a tyto hodnoty zpřístupňuje pomocí vedení bus.

**POZNÁMKA 1** Spotřeba pro osvětlení u zařízení neovládaných systémem pro ovládání osvětlení se neměří.

**POZNÁMKA 2** Spotřeba pro osvětlení u zařízení nepřímo ovládaných externími dodavateli se neměří.

**POZNÁMKA 3** Kalibrace této metody výpočtu může být provedena instalováním (dočasným) elektroměru do přívodu k jedné ze skupin pro osvětlení a potom výpočtem příkonu pro určité časové období pro plochu shodnou s touto skupinou a porovnáním výsledků. Z tohoto porovnání může být stanoven opravný činitel, kterým mohou být vypočítané výsledky upraveny, bude-li to shledáno potřebným.

# Cyklostezky

Miroslav, Fiala, Ing.; Jiří, Hochman; Tomáš, Maixner, Ing.  
Siteco Lighting, s.r.o., www.siteco.cz, siteco@siteco.cz

Asi není třeba zdůrazňovat význam osvětlování cest určených pro cyklisty. I když jsou světlometry na velocipédech stále kvalitnější a svítivější, přesto jsou stále nedostatečné a bezpečnost cyklisty nezajistí. Noční jízda po neosvětlených trasách není potěšením a relaxací, snad jen pro milovníky adrenalinových sportů a ruské rulety... dojedu, nedojedu? Hazardérů je však jistě méně a ti si mohou nalézt neosvětlené cesty. Pro ty ostatní existuje jediné řešení – osvětlené komunikace určené pouze pro jízdu na kole – cyklostezky.

Podle souboru norem ČSN EN 13201-... je pro cyklisty a chodce vyhrazena samostatná třída osvětlení – třída S. Rozšiřující třída osvětlení A se v případě cyklistů uplatní jen vzácně. Ta je důležitá tam kde je žádoucí dobře rozlišit tváře ostatních účastníků dopravy. Důvodem je zvýšení bezpečnosti v kritických lokalitách, protože z výrazu tváře lze usuzovat na úmysly neznámé osoby. Zvýšení kvality osvětlení může mít i důvod společenský, například v parcích, na promenádách, v obchodních nebo historických čtvrtích měst.

V běžných případech, v místech se zanedbatelným rizikem kriminality, v místech s běžnou dopravní hustotou a se středně jasným okolím lze cyklistické stezky zařadit do třídy S5. V případě odchylek od popsaného standardu se volí odpovídající vyšší nebo nižší třída. Přehled je uveden v tabulce 1.

Opatření ke zklidnění dopravy	Riziko kriminálního deliktu	Rozpoznání tváře	Hustota dopravy	
			Běžná	Vysoká
Ne	Běžné	Není nutné	S5	S4
		Je nutné	S4	S3
	Vyšší než běžné		S3	S2
Ano (platí jen v oblasti zklidnění dopravy)			S2	

➤ Tabulka 1 – Výběr třídy osvětlení pro cyklostezky

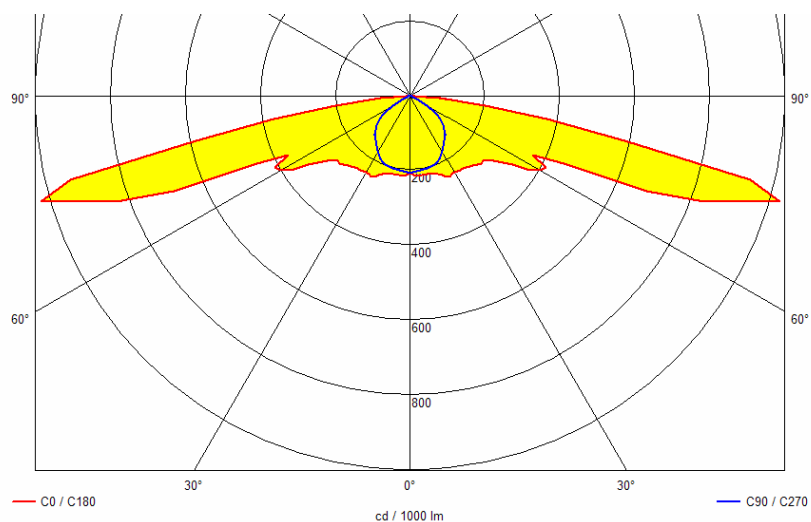
Požadavky pro jednotlivé třídy jsou uvedeny v ČSN EN 13201-2. Například pro třídu S5 je požadována nejmenší udržovaná hodnota průměrné osvětlenosti  $\bar{E} = 3$  luxy, minimální osvětlenost (nejmenší hodnota osvětlenosti v oblasti pozemní komunikace) pak  $E_{\min} = 0,6$  luxů. V poznámce je uvedeno, že hodnota průměrné udržované osvětlenosti může být vyšší než uvádí tabulka. Nejvýše však o polovinu normované hodnoty, to znamená v případě třídy S5 to je 4,5 luxu.

Technické řešení osvětlení cyklostezky je poměrně obtížné. Projektant stojí před úkolem osvětlit velmi úzkou a dlouhou trať co nejkvalitněji a současně i co nejekonomičtěji z pohledu investic i provozu. Samozřejmě i co nejekologičtěji, tedy nemrhat světlem tam kde není jeho přítomnost žádoucí. V principu se nabízejí tři skupiny svítidel.

Dekoratивní, běžná pro osvětlování komunikací a svítidla speciální. Ta první, dekorativní, budou upřednostněna v centrech měst nebo tam kde je stezka součástí parku apod. Na takové soustavy nelze klást vysoké požadavky na ekonomii ani na ekologii. Aby byly zajištěny požadavky na osvětlení cyklostezky, tak bude světlo zcela jistě dopadat mimo stezku (ekologie) a rozteče mezi jednotlivými svítidly budou malé (ekonomie). Jsou míněny poměrné rozteče, tedy násobky výšky svítidla nad terénem.

Svítidla, která se běžně používají pro osvětlování komunikací (dopravních) budou z pohledu ekonomie i ekologie poněkud lepší než předešlá. Ale ani zde to nebude ideální stav. Tato svítidla jsou navržena tak, aby osvětlovala relativně širokou komunikaci, takže značné množství světla bude v případě cyklostezek vyzářeno mimo vlastní trasu. Rozteče mezi svítidly mohou být větší než u dekorativních. Lze dosáhnout (u kvalitních svítidel) pěti až šestinásobné poměrné rozteče.

Aby bylo možné realizovat ekonomicky i ekologicky přínosné osvětlovací soustavy pro cyklistické stezky je žádoucí použít svítidla se speciálními reflektory, které mají extrémně širokou fotometrickou plochu svítivosti (obr 1). Díky tomu je možné osvětlovat úzké cesty svítidly na stožárech, které jsou od sebe velmi vzdálené. Je možné dosáhnout rozteče rovné až desetinásobku výšky svítidel nad komunikací. Současně je fotometrie těchto svítidel nastavena tak, že jen malé množství světla je směřováno mimo vlastní komunikaci. Svítidla tedy většinu produkovaného světla využijí účelně a jsou tedy velmi šetrná k nočnímu přirozenému prostředí.



➤ Obr. 1 – Fotometrická čára svítivosti svítidla s reflektorem pro cyklostezky

Cena osvětlovací soustavy není jen cena svítidel. Na investičních nákladech se podílí cena stožárů, základů pro ně, výkopových prací, kabeláže, rozváděčů apod. Některé z položek nelze ovlivnit volbou svítidla. To je například pokládka napájecího vedení. Cena kilometru kabelu bude stejná, ať bude napájet pět nebo padesát svítidel. Náklady lze snížit minimalizací počtu světelných bodů. Té lze dosáhnout použitím kvalitních svítidel, která jsou pochopitelně dražší, než svítidla chabé jakosti.

V jednom z reálných případů návrhu osvětlení cyklostezky byly stanoveny náklady na realizaci 373 tisíc Kč. Bylo navrženo použití 20 kusů běžných svítidel (poměrná rozteč 5) nevysoké kvality i ceny. Ta byla 1500 Kč za svítidlo. Při použití kvalitních svítidel speciálně konstruovaných pro cyklostezky se dosáhlo poměrné rozteče 10, tedy polovičního počtu svítidel. Investiční náklady se snížily o 100 tisíc Kč. A to i přes to, že byla použita několikrát dražší svítidla.

Není bez zajímavosti vyhodnotit vliv poměrné rozteče na cenu svítidla. Není totiž složité určit maximální přípustnou cenu svítidla takovou, aby osvětlovací soustava byla nanejvýš stejně drahá jako jakási normálová. Pro příklad z předešlého odstavce pak vycházejí ceny uvedené v tabulce 2.

<b>Poměrná rozteč (-)</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Max. cena svítidla (Kč)	1500	4154	6808	9462	12116	14770

➤ Tabulka 2 – Maximální cena svítidla v závislosti na poměrné rozteči sv. bodů

Z tabulky plyne, že v případě, že se nahradí laciné svítidlo umožňující dosažení poměrné rozteče 5 svítidlem kvalitním, pak při poměrné rozteči 10 by mohla být cena svítidla téměř patnáct tisíc. Je zřejmé, že tak drahá svítidla pro cyklostezky rozhodně nejsou. Závěr je prostý – použití speciálních svítidel se rozhodně vyplatí. Někdy více, někdy méně – ale rozhodně vždy! (Čísla v tab. 2 platí pro konkrétní případ, nelze je zobecnit).



Je zřejmé, že prokázané úspory investičních nákladů budou podpořeny dalšími úsporami provozními. Snížení spotřeby elektrické energie, nákladů na údržbu soustavy, výměnu světelných zdrojů apod. klesnou prakticky na polovinu (nezmění se pouze náklady na údržbu kabelového vedení, které je ve všech případech stejné).

Je jen málo výrobků jako jsou svítidla pro cyklostezky, kde vydání vyšší částky za kvalitu se okamžitě promítne do tak vysokých úspor – investičních i provozních. Za vysokou kvalitu se zaplatí méně než za kvalitu nižší.

Z předešlého textu je zřejmý i příspěvek ke zlepšení životního prostředí – významné úspory nákladů na elektrickou energii znamenají v důsledku nižší produkci škodlivin vznikajících při výrobě elektřiny. Dalším příspěvkem je snížení ekologické zátěže tím, že je potřeba menšího počtu svítidel, stožárů a světelných zdrojů oproti variantě nevyužívající speciální svítidla. Není tedy třeba nic ze jmenovaného vyrobit, což je to nejšetrnější, co je možné vůči přírodě učinit.

Významným ekologickým příspěvkem je snížení nepříznivých účinků světla na noční oblohu. Obě varianty (rozteč 5 i 10) byly navrženy se stejnými světelnými zdroji. To znamená, že speciální svítidla soustředí světelný tok s dvojnásobným činitelem využití. V důsledku se k obloze odrazí poloviční kvantum světelného toku než v případě běžných svítidel.

## **Literatura a odkazy**

- [1] ČSN CEN/TR 13201-1, Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení, ČNI 2007
- [2] ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Výkonnostní požadavky, ČNI 2005
- [3] Internetová prezentace společnosti Siteco Lighting, s.r.o., [www.siteco.cz](http://www.siteco.cz)

# Dotazníkový prieskum verejného osvetlenia na Slovensku v nadväznosti na celoeurópske zisťovanie

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.

FEI STU v Bratislave, Ilkovičova 3 812 19 Bratislava, Slovenská republika,

[dionyz.gasparovsky@stuba.sk](mailto:dionyz.gasparovsky@stuba.sk)

TYPHOON, s.r.o., Obchodná 15, 811 06 Bratislava, Slovenská republika, +421 903 455035,  
mail@typhoon.sk

**Abstrakt:** Vychádzajúc z rámcových štatistických zisťovaní stavu, trhu a prognóz vývoja verejného osvetlenia v celoeurópskom meradle, za účelom prípravy implementácie smernice o ekodizajne, na Slovensku sa koncom roka 2006 uskutočnil dotazníkový prieskum verejného osvetlenia. Dotazník pokryl všetky mestá a obce na Slovensku, návratnosť dotazníka prekročila 8 %. Príspevok prináša súhrnné výsledky dotazníkového prieskumu, pričom výsledky kriticky porovnáva k stavu z roku 1996 (vývoj za 10 rokov) aj k stavu v rámci EÚ.

## Úvod

Informácia o globálnom stave verejného osvetlenia v krajine sa vyžaduje aj za účelom získania rôznych podporných projektov z európskych alebo svetových (UNDP, GEF) grantových fondov. V roku 2006 sa riešilo tiež celoeurópske dotazníkové zisťovanie stavu verejného osvetlenia, ktoré má okrem iného slúžiť ako relevantný odborný podklad pre prípravu implementácie direktívy EuP 2005/32/EC pre ekonávrh verejného osvetlenia.

Situácia v oblasti verejného osvetlenia je v rámci krajín EÚ značne diferencovaná. Existujú značné rozdiely medzi jednotlivými krajinami, a to tak v súčasnom stave, ako aj východiskách pre nasadenie racionalizačných opatrení. V rámci prípravy implementácie smernice EÚ o tzv. eko-dizajne [1] bola spracovaná veľmi rozsiahla štúdia [2] z oblasti verejného osvetlenia, do značnej miery založená na dotazníkovom prieskume. Tento prieskum bol realizovaný v rámci EÚ v roku 2006. Prieskum však nebol dôkladne koordinovaný a môžu existovať metodické rozpory medzi jednotlivými krajinami. Keďže na Slovensku sa dotazníkový prieskum realizoval v súlade s vopred stanoveným plánom ku koncu roka 2006, údaje nie sú ešte zahrnuté do citovanej správy. Samotný dotazníkový prieskum v rámci EÚ má otáznu validnosť vzhľadom na diferenciáciu medzi krajinami a počtom skutočne zúčastnených krajín, pričom aj údaje z týchto krajín neboli vždy úplné. Dotazník zaslali tieto krajiny: Belgicko, Írsko, Spojené kráľovstvo, Švédsko, Dánsko, Grécko, Holandsko a Poľsko.

Zo štúdie [2] vyplýva, že verejné osvetlenie v krajinách EÚ 25 spotrebuje ročne 35 TWh elektrickej energie, čo predstavuje 1,3 % celkovej spotreby. Aj smernica EuP [1] má smerovať k zníženiu spotreby energie a príslušných emisií skleníkových plynov, vzhľadom na relatívne vyššiu úroveň verejného osvetlenia v rozvinutej Európe sú vyhladky menej výrazné ako v prípade iných krajín, i tak sú však významné. Spotreba energie na verejné osvetlenie v krajinách EU 25 má do roku 2010 klesnúť na 31 TWh, a to pri ďalšom rozširovaní sústav verejného osvetlenia. Z prieskumu ďalej vyplýva, že podiel sodíkových výbojok vo verejnom osvetlení v krajinách EÚ predstavuje 49 %, podiel ortuťových výbojok je 35,4 % a až 10,4 % tvoria kompaktné žiarivky. 5,2 % v zdrojovej štruktúre patrí halogenidovým výbojkám. Zdrojová štruktúra je spracovaná aj podľa krajín, avšak vo viacerých prípadoch boli použité nepresné štandardné odhady (uvádzaný zdroj je CELMA). Napríklad pre Slovensko sa uvádza počet 25 obyvateľov na 1 svietidlo, čo je oveľa viac ako v skutočnosti. Z hodnoverných údajov (mimo CELMA) sa dajú použiť tieto: Približne 10 obyvateľov na jedno svietidlo (t.j. podobne situácii na Slovensku) má Španielsko (10), Nemecko (9), Poľsko (9) a Írsko (11). Väčší počet obyvateľov na 1 svietidlo v sledovaných krajinách nebol zistený. Menej obyvateľov na svietidlo je v Rakúsku (8,3), Belgicku (5,2), Dánsku, Francúzsku, Taliansku, UK a Holandsku (7), Švédsku (3,6). Pri približne rovnakej hustote osídlenia (čomu sa zrejme vymyká Švédsko) je vo všeobecnosti menší počet svietidiel na obyvateľa známkou vyššej úrovne osvetlenia. Pritom v Belgicku sú osvetlené aj diaľnice a cesty 1. triedy.

Štúdia [2] je skutočne rozsiahla, prináša celý rad užitočných informácií, ich podrobnejší popis je však nad rámec tohto príspevku. Je však na škodu veci, že dotazníkový prieskum v rámci EÚ nebol metodicky a koordinačne dotiahnutý, preto mnohé výsledky sú značne diskutabilné. Mnoho krajín určite odradila komplikovanosť dotazníka a dostupnosť údajov. Niekedy menej môže byť viac.

## Ciele výskumnej úlohy

Po rokoch relatívnej nečinnosti bol prvý dotazníkový prieskum na Slovensku realizovaný v roku 1996 [3] - [4] v spolupráci s Fakultou elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, Domom energetického poradenstva Slovenských elektrární a Ministerstvom životného prostredia. Tento dotazník priniesol mnohé zaujímavé výsledky a odštartoval celý následný proces aktivít v súvislosti s uvedomelým zavádzaním racionalizačných opatrení vo verejnom osvetlení, vrátane pilotných projektov a všeobecnej informačno-propagačnej kampane. Odvtedy sa vykonalo viac než 50 odborných auditov verejného osvetlenia, realizovala sa rekonštrukcia verejného osvetlenia v mnohých mestách a obciach s racionalizačnými prístupmi. Pri týchto aktivitách sa na rýchle odborné odhady často uplatňovali mnohé štatistické zistenia z prvého dotazníkového prieskumu. Napríklad z počtu obyvateľov sa dal veľmi rýchlo odhadnúť počet svetelných miest delením číslom 10 (neskôr bol počet obyvateľov na 1 svetelné miesto upravený na 12). Podobne aj pri odhade nákladov na rekonštrukciu, počet rozvádzačov a pod. sa dalo vychádzať z počtu obyvateľov. Výsledky dotazníkového prieskumu prevzal dokonca aj Štatistický úrad SR.

Koncom roka 2006, presne 10 rokov po prvom dotazníkovom prieskume, vzišla potreba aktualizácie dotazníkového prieskumu. V súčasnosti sú aktivity v oblasti verejného osvetlenia na Slovensku podporované jednak z environmentálnych programov UNDP [5] a GEF (koordinované Energetickým centrom Bratislava), jednak vedeckovýskumnými projektami (Štátny program vedy a výskumu riešený na STU FEI v Bratislave).

Okrem zistenia súčasného stavu verejného osvetlenia je užitočné zisťovať aj štruktúru tried osvetlenia v súlade s klasifikáciou podľa európskej normy [6] tak, ako vzišla z niekoľkých skutočne riešených a realizovaných projektov verejného osvetlenia komplexným prístupom. Od štruktúry tried osvetlenia sa totiž odvíjajú aj energetické nároky osvetľovacej sústavy, čo sa dá využiť pri auditoch verejného osvetlenia na odhad stavu po rekonštrukcii. Doteraz sa odhady vykonávali predovšetkým na základe súčasnej zdrojovej štruktúry, ktorá sa konvertovala pomocou prevodovej tabuľky. Odhad nového inštalovaného príkonu po rekonštrukcii na základe štruktúry tried osvetlenia bude podstatne presnejšie.

Ciele štatistického zisťovania sa dajú definovať nasledovne:

- dotazníkový prieskum na zistenie stavu verejného osvetlenia na Slovensku, v súlade so zámermi celoeurópskeho zisťovania a potrieb odbornej praxe na Slovensku
- štatistické spracovanie klasifikácie tried osvetlenia v rámci reálne riešených komplexných projektov verejného osvetlenia

Dotazníkový prieskum verejného osvetlenia na Slovensku sa vykonával v spolupráci s Energetickým centrom Bratislava (CEVO) a za účasti odborníkov z praxe (Brantner, Energetické centrum Bratislava, Kovmast, Lightech, Philips, Siemens, Typhoon).

## Metodika riešenia

Štruktúra dotazníka bola zostavená na základe praktických skúseností získaných v rámci vykonávania auditov, pasportov a návrhov verejného osvetlenia v mestách a obciach. V rámci uvedených aktivít sa vždy vyžadujú základné údaje a v záveroch sa hodnotia štatistické ukazovatele, porovnávané s celoslovenským priemerom.

Dotazník (obr. 1, obr. 2) je zostavený tak, aby v čo najkompaktnejšej podobe obsahoval všetky potrebné informácie. Formulár dotazníka je rozvrhnutý na 1 stranu veľkosti A4, na samostatnom liste rovnakej veľkosti sú vysvetlivky na vyplnenie dotazníka. Dotazník obsahuje tie najdôležitejšie a najpotrebnejšie údaje – svojim rozsahom nemá odradiť respondentov od vyplnenia. Tiež však nemal byť príliš stručný, lebo prieskum v podobnom rozsahu sa uskutoční opäť až za niekoľko rokov (približne v r. 2010). Do údajovej štruktúry dotazníka boli zapracované údaje potrebné pre celoeurópsky dotazník. Pritom boli zohľadnené národné osobitosti a národné priority. Dotazníkový formulár je spracovaný v tabuľkovom editore MS Excel. Je to najbežnejší tabuľkový formát, predpokladá sa jeho široká dostupnosť u koncových respondentov. Kvôli možnosti vyplnenia formulára perom sú riadky tabuľky za týmto účelom adekvátne upravené.

Dotazník je zostavený tak, že pri elektronickom vyplnení a po vložení vyplneného formulára do spoločného súboru si výsledková tabuľka automaticky preberie všetky vyplnené údaje; z nich si potom ďalšie tabuľky automaticky prepočítajú sledované štatistické parametre a ukazovatele. Za týmto účelom je každý list v hornej časti opatrený identifikačným číslom ID. Dotazníky vyplnené ručne sa do systému vkladali centrálné.

## DOTAZNÍK VEREJNÉHO OSVETLENIA

1. Identifikácia mesta/obce													
Mesto/Obec:							Okres:				ID:		
Adresa úradu:	Ulica, č.d.:							PSC:					
Tel.:				Fax:				E-mail:			www:		
Primátor/Starosta:	Meno:						Tel.:			Mobil:			
Zodp.pracovník VO na MsÚ/MÚ:	Meno:						Tel.:			Mobil:			
Správca (prevádzkovateľ) VO:	Firma:						Forma:			Od:			
Zodp.pracovník VO u správcu VO:	Meno:						Tel.:			Mobil:			
2. Základné údaje o meste/obci													
Počet obyvateľov:				Rozloha (ha):				Počet ulíc:				Dĺžka osvetl. ulíc (km):	
Počet MČ:				Počet osád priľahlých:				Počet sídlisk:				Počet námestí:	
3. Základné údaje o verejnom osvetlení													
Počet svet. miest:				Počet svietidiel:				Počet RVO (ks):				Inštalovaný príkon VO (kW):	
Zdrojová štruktúra (ks):	Ortuťové výbojky:	50 W:		80 W:		125 W:		250 W:		400 W:			
	Sodíkové výbojky:	50 W:		70 W:		100 W:		150 W:		250 W:		400 W:	
	Kompaktné žiarivky:	36 W:		2x 36 W:		Iné KŽ:		Počet (ks):		Celkový príkon (kW):			
	Žiarivky:	Počet (ks):		Celkový príkon (kW):		Halogenidové výbojky:	Počet (ks):		Celkový príkon (kW):				
	Iné druhy sv.zdrojov:	Počet (ks):		Celkový príkon (kW):		FUNKČNOSŤ ZDROJOV:	Počet nesvietiacich sv.zdrojov (%):						
Štruktúra stožiarov (%):	Betónové vonkajšie:		Betónové parkové:		Oceľové výložníkové:		Oceľové parkové:		Iné:				
Stav stožiarov	Havarijný stav:		Chýba elektrovýzbroj		Rozbitá päťica:		Káblové poruchy:		Korózia:				
Ovládanie VO (ks):	Spínacie hodiny:		Fotobunka:		Impulz (z iného RVO):		HDO:		Iné:				

➤ OBR.1/1 Dotazník verejného osvetlenia z r. 2006 – 1. časť

Po vypracovaní prvého návrhu bol dotazník zaslaný na pripomienkovanie vybraným subjektom, ktoré pôsobia na Slovensku na poli verejného osvetlenia – ide o firmy projekčné, realizačné, dodávateľské. Pripomienky boli do konečnej verzie dotazníka zapracované v plnom rozsahu.

Formulár sa distribuoval výlučne v elektronickej podobe. Na tento účel bola zostavená databáza miest a obcí Slovenska. Distribúciu dotazníka zabezpečilo Energetické centrum Bratislava na všetky dostupné e-mailové adresy.

### Výsledky a diskusia

Do dotazníkového zisťovania sa zapojilo 254 miest a obcí (8,76 % z celkového počtu miest a obcí na Slovensku), čo dáva dobré predpoklady pre validnosť údajov. Štruktúra miest a obcí podľa počtu obyvateľov je v tab. 1. Prevažnú väčšinu respondentov tvoria obce do 3 000 resp. 6 000 obyvateľov, čo predstavuje obce s počtom približne do 300 resp. 600 svetelných miest. Celkový počet dotknutých obyvateľov je 1,41 mil., čo pokrýva celú štvrtinu počtu obyvateľov Slovenska (25,7 %).

Inštalovaný príkon uvedenej vzorky je 13,46 MW, proklamovaná priemerná funkčnosť osvetlenia je 95 %. Funkčnosťou tu však treba chápať skôr funkčnosť svetelných zdrojov, vrátane ich použitia v nevyhovujúcich alebo značne poškodených svietidlách.

Priemerné údaje, **čo je vlastne najvýznamnejší produkt štatistického zisťovania**, sú uvedené v tabuľke 2. Kvôli komparatívnym alebo tendenčným dôvodom sú uvedené aj pôvodné údaje prieskumu z roku 1996.

4. Prevádzka a údržba verejného osvetlenia					
Ročná spotreba energie (kWh):		Ročný čas svietenia VO (h):		Dodávateľ elektrickej energie:	
Meranie je dvojtarifné? (A/N):		Cena elektriny podľa cenníka? (A/N):		Máte aj vlastné zdroje energie pre VO? (A/N):	
Kedy sa vymieňajú svetelné zdroje?:		Kedy sa čistia svietidlá?:		Obmedzovanie prevádzky osvetlenia:	
Ročné náklady na el. energiu (SK):		Ročné náklady na bežnú údržbu (SK):		Ročné náklady na investície do VO (SK):	
5. Prehľad dostupnej dokumentácie:					
Orientačná mapa:		Situačné výkresy verejného		Revízne správy:	
Iné:		Faktúry za spotrebu elektrickej energie:		Zdrojová štruktúra podľa RVO:	
6. Zámery do budúcnosti					
Sústava VO je nová alebo po rekonštrukcii:		Plánuje sa rekonštrukcia:		Plánuje sa iba výmena svietidiel:	
				Plánuje sa iba bežná údržba:	
				Neplánuje sa rekonštrukcia alebo modernizácia:	
Ak je sústava nová alebo po rekonštrukcii, ako sa financovala?		Bankový úver:		EPC:	
				Vlastné zdroje:	
Ak plánujete s rekonštrukciou alebo modernizáciou, aký preferujete spôsob financovania?		Bankový úver:		EPC:	
				Vlastné zdroje:	
Poznámky:					
Súhlasím so zverejnením údajov z dotazníka (A/N):		Dotazník vyplnil:		Pečiatka, podpis:	
Dátum vyplnenia dotazníka:					

➤ OBR.1/2 Dotazník verejného osvetlenia z r. 2006 – 2. časť

Počet obyvateľov	Počet respondentov	Podiel (%)
1 – 500	58	23,0
5 00 – 1 000	64	25,4
1 000 – 3 000	82	32,5
3 000 – 6 000	21	8,3
6 000 – 1 0000	6	2,4
1 0000 – 1 5000	4	1,6
1 5000 – 3 0000	8	3,2
3 0000 – 4 0000	2	0,8
4 0000 – 5 0000	2	0,8
5 0000 – 8 0000	3	1,2
8 0000 – 1 00000	1	0,4
1 0000 a viac	1	0,4

➤ TAB.1 Štruktúra respondentov v členení podľa počtu obyvateľov

	1996	2006
Zdrojová štruktúra Hg/Na/iné:	43 / 54 / 3 %	11 / 73 / 16
Počet odsvietených hodín:	3 580 h	3 343 h
Počet obyvateľov na 1 svietidlo:	12	9
Inštalovaný príkon na 1 obyvateľa:	12,5 W	9,5 W
Inštalovaný príkon na 1 km ulice:	4 kW	2,8 kW
Priemerné rozostupy svetelných miest:	48 m	40 m
Priemerný inštalovaný príkon na 1 RVO:	7,9 kW	4,6 kW
Priemerný príkon svetelného miesta:	173 W	100 W

➤ TAB.2 Priemerné údaje verejného osvetlenia

Z tabuľky 2 je zrejmy predovšetkým významný posuv v zdrojovej štruktúre. Značne klesol podiel ortuťových výbojok a narástol podiel sodíkových vysokotlakových výbojok. Iné svetelné zdroje zahŕňajú žiarovky, kompaktné žiarivky a halogenidové výbojky, príp. iné svetelné zdroje. Výrazne narástol práve podiel kompaktných žiariviek, je to až 13 % štruktúry. Kompaktné žiarivky sa však, žiaľ, často inštalujú aj v rámci jednoduchej výmeny svietidiel pri absolútne nevhodnej geometrii osvetlenia, najmä však na miestne komunikácie takých funkčných tried, kde sa vyžadujú zdroje s vyšším príkonom a s účinnejšími svietidlami. Z viacerých ukazovateľov vyplýva, že poklesol počet svetelných miest v sústavách. V rámci iných prác sa zistilo, že svetelné miesta sa skutočne likvidujú. V rámci vhodných či menej vhodných racionalizačných opatrení poklesol inštalovaný príkon verejného osvetlenia. To sa, samozrejme, prejavuje aj na inštalovanom príkone svetelného miesta, inštalovanom príkone RVO a pod. Treba uviesť, že priemerný príkon okolo 100 W na svetelné miesto sa dosahuje pri komplexných rekonštrukciách VO s priemernou štruktúrou tried osvetlenia.

V tab. 3 je uvedené pomerné rozdelenie pokrytia dodávky elektrickej energie na verejné osvetlenie jednotlivými rozvodnými závodmi.

Tab. 4 uvádza veľmi dôležité informácie o aktuálnej zdrojovej štruktúre verejného osvetlenia. V stĺpci SPOLU je rozdelenie medzi jednotlivé základné druhy svetelných zdrojov, v ďalších stĺpcoch je rozdelenie podľa príkonu v rámci daného druhu svetelného zdroja. Z prehľadu je zrejmé, že v najpočetnejšej kategórii vysokotlakových sodíkových výbojok sú najviac zastúpené nižšie príkony 70 W. Ináč rozdelenie medzi 70, 100 a 150 W približne zodpovedá percentuálnemu rozdeleniu príkonov po rekonštrukcii na základe projektových podkladov. Ďalším dôležitým výsledkom je, že prevažnú časť inštalovaných kompaktných žiariviek tvoria typy s príkonom 36 W a podstatne menej dvojzdrojové svietidlá 2 x 36 W. Často sa totiž v praxi argumentuje tým, že inštalované svietidlá s kompaktnými žiarivkami môžu mať 2 x 36 W (a tomu zodpovedajúce parametre osvetlenia), ako však vidíme, týchto svietidiel je podstatne menej.

Tab. 5 uvádza štruktúrne zloženie stožiarov na verejné osvetlenie. Podstatnú časť tvoria betónové stožiare (primárne slúžiace ako podporné body pre distribučnú sieť rozvodných závodov) s vonkajšími rozvodmi (vrátane závesných káblov).

Dodávateľ elektrickej energie	Podiel (%)
VSE	20,5
SSE	36,2
ZSE	43,2

➤ TAB.3 Pokrytie dodávky energie pre verejné osvetlenie regionálnymi rozvodnými závodmi

Druh	Spolu	50 W	70/80 W	100/125 W	150 W	250 W	400 W	36 W	2x36 W	Iné
Ortuťové výbojky	11,4	2,5	12,7	49		33,1	2,8			
Sodíkové výbojky	72,7	2,8	51,9	31,7	4,7	8,4	0,45			
Kompaktné žiarivky	12,7							80	17,5	2,5
INÉ	3									

➤ TAB.4 Aktuálna zdrojová štruktúra verejného osvetlenia na Slovensku (údaje sú v %)

Druh stožiaru	Podiel (%)
Betónové vonkajšie	81,3
Betónové parkové	1,5
Oceľové výložníkové	8,5
Oceľové parkové	6,9
Iné	2,2

➤ TAB.5 Štruktúra stožiarov pre verejné osvetlenie

V tab. 6 je prehľad zloženia systémov na riadenie (spínanie) verejného osvetlenia. Prekvapuje vysoký podiel hromadného diaľkového ovládania. Zo skúseností z praxe bývalo HDO na spínanie verejného osvetlenia nasadzované zriedkavejšie, aj keď treba brať do úvahy zvyšujúci sa trend (skutočne zistený auditmi a pasportami VO v posledných dvoch rokoch) využitia HDO v protiklade s mnohými nedostatkami spínacích hodín a fotobunky. Ako vidieť z tabuľky, spínacích hodín už v RVO nie je veľa, nutnosť pravidelného prestavovania ich predurčuje na postupné vymiznutie z verejného osvetlenia.

Druh stožiaru	Podiel (%)
Spínacie hodiny	15,8
Fotobunka	36,8
Impulz (z iného RVO)	11,5
Hromadné diaľkové ovládanie HDO	39,1
Iné	0,1

➤ TAB.6 Štruktúra systémov riadenia osvetlenia

Druh dokumentácie	Podiel (%)
Orientačná mapa	45,3
Situačné výkresy verejného osvetlenia	35,0
Revízne správy	40,9
Faktúry za spotrebu elektrickej energie	80,3
Zdrojová štruktúra podľa RVO	12,6

➤ TAB.7 Dostupnosť podkladovej dokumentácie

Stav VO s výhľadom do budúcnosti	Podiel (%)
Sústava VO je nová alebo po rekonštrukcii	31,1
Plánuje sa rekonštrukcia	26,8
Plánuje sa iba výmena svietidiel	38,2
Plánuje sa iba bežná údržba	49,2
Neplánuje sa rekonštrukcia alebo modernizácia	5,5

➤ TAB.8 Výhľadové plány modernizácie a rekonštrukcie verejného osvetlenia

V tab. 7 je prehľad dostupnej dokumentácie verejného osvetlenia. Iba v tretine prípadov sú k dispozícii situačné výkresy verejného osvetlenia, pomerne malý podiel majú aj revízne správy, čo však súhlasí so skúsenosťami. Málokedy býva spracovaná zdrojová štruktúra verejného osvetlenia.

Tab. 8 prináša generalizované informácie o pláne modernizácie a rekonštrukcie verejného osvetlenia. Prekvapuje, že viac ako 30 % sústav je nových alebo po rekonštrukcii. Tu by sa dalo polemizovať o kvalite uvedených rekonštrukcií. Komplexná rekonštrukcia sa plánuje len vo štvrtine prípadov, skôr sa uvažuje s výmenou svietidiel príp. iba s bežnou údržbou. Z porovnania stavu verejného osvetlenia a plánov na riešenie vyplýva, že stále chýba racionálny systematický prístup, dostatok informácií o technických možnostiach, prínosoch rekonštrukcie a možnostiach financovania (pozri aj tab. 9), čo vyvoláva potrebu pokračovania osvetovej činnosti v tejto oblasti. Financovanie je bližšie zhrnuté v tab. 9. Vidieť, že samosprávy sa pri riešení ďalšej budúcnosti verejného osvetlenia opierali predovšetkým o vlastné finančné zdroje. Aj v budúcnosti sa plánuje najmä z využitím vlastných zdrojov, ktorých býva veľmi málo. Financovanie (resp. kofinancovanie) tretími stranami ako napr. úverovanie alebo EPC je v budúcich plánoch častejšie, stále však neporovnateľne menej v porovnaní so spoliehaním sa na vlastné zdroje.

Spôsob financovania rekonštrukcie verejného osvetlenia	Doteraz	Plán
Bankový úver	2,4	4,3
Energy Performance Contracting (EPC)	2,0	10,2
Vlastné zdroje	37,0	29,9
Iné	0,8	7,1

➤ TAB.9 Financovanie rekonštrukcií verejného osvetlenia (podiel v %)

Tab. 10 prináša prehľad prevádzkových nákladov VO prepočítaných na jedného obyvateľa.

V tab. 11 a na obr. 3 a 4 je štruktúrne zloženie tried osvetlenia pre miestne komunikácie a pre postranné chodníky. V prvom prípade výrazne prevláda trieda ME5, ktorá sa aplikuje takmer na všetky prístupové komunikácie s postrennými chodníkmi. Pri chodníkoch je to najčastejšie trieda S6. Údaje sú získané zo štyroch konkrétnych projektov rekonštrukcie verejného osvetlenia.

Ročné náklady na elektrickú energiu	178
Ročné náklady na bežnú údržbu	77

➤ TAB.10 Ročné prevádzkové náklady verejného osvetlenia v prepočte na obyvateľa (Sk)

	Trieda osvetlenia miestnej komunikácie										
	A	CE1-4	CE5	ME1-2	ME3c	ME4b	ME5	S3	S4	S5	S6
Kolárovo	0,0	0,8	4,0	0,0	2,4	11,3	49,2	1,6	25,8	4,8	0,0
Galanta	0,0	0,0	6,5	0,0	1,9	10,2	55,6	0,0	12,0	10,2	3,7
Dunajská Streda	1,7	2,8	7,8	0,6	2,2	10,0	53,3	1,1	10,6	7,2	2,8
Hurbanovo	0,0	0,0	2,2	0,0	2,2	4,4	22,8	0,0	25,7	42,6	0,0
<b>SPOLU</b>	<b>0,5</b>	<b>1,1</b>	<b>5,3</b>	<b>0,2</b>	<b>2,2</b>	<b>8,9</b>	<b>45,3</b>	<b>0,7</b>	<b>18,1</b>	<b>16,1</b>	<b>1,6</b>

➤ TAB.11/1 Štruktúrne zloženie tried osvetlenia (podiel v %)

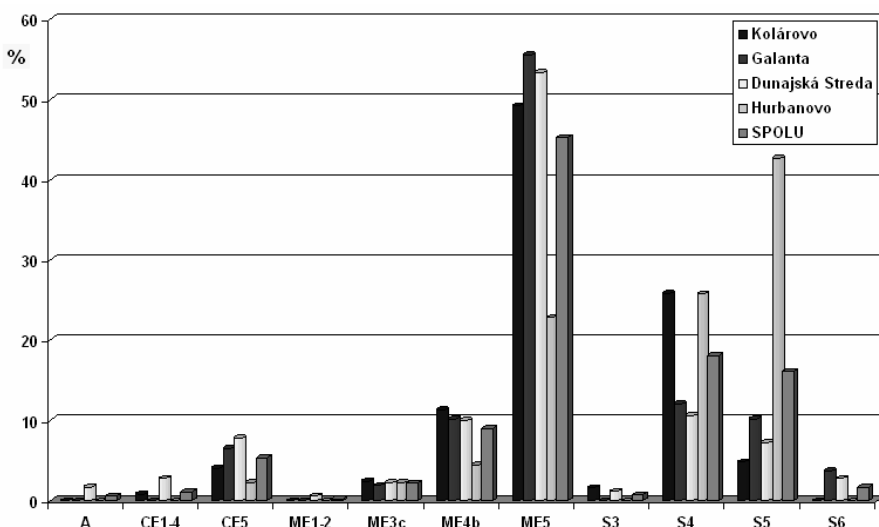
	Trieda osvetlenia pre chodník				
	S2	S3	S4	S5	S6
Kolárovo	0,0	0,0	0,0	15,6	84,4
Galanta	0,0	1,2	2,4	3,5	92,9
Dunajská Streda	0,7	9,2	13,5	14,2	62,4
Hurbanovo	0,0	2,5	5,0	50,0	42,5
<b>SPOLU</b>	<b>0,3</b>	<b>4,8</b>	<b>7,4</b>	<b>16,1</b>	<b>71,4</b>

➤ TAB.11/2 Štruktúrne zloženie tried osvetlenia (podiel v %)

## Závery

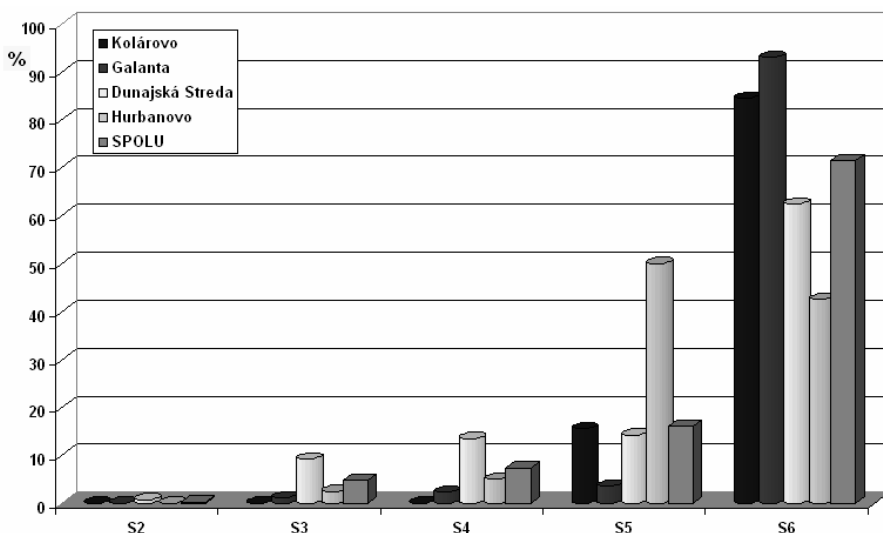
Druhý dotazníkový prieskum preukázal, že počas 10 rokov nastal výrazný posuv v zdrojovej štruktúre verejného osvetlenia. Narástol podiel kompaktných žiaroviek, bohužiaľ, najmä v dôsledku neodborných rozhodnutí a prístupov. Celkový podiel ortuťových výbojek je výrazne nižší ako v minulosti, nárast zaznamenali sodíkové výbojky. Dotazníkového prieskumu sa zúčastnilo 254 miest a obcí, čo je významná štatistická vzorka.

Získané štatistické údaje sa dajú zovšeobecniť na podmienky celej krajiny. Výsledky uvádza tab. 12, opäť v tendenčnom porovnaní s pôvodnými údajmi z r. 2006.



➤ OBR.3 Štruktúrne zloženie tried osvetlenia pre miestne komunikácie





➤ OBR.4 Štruktúrne zloženie tried osvetlenia pre chodníky

Je však veľmi dôležité uvedomiť si, že výsledky nového dotazníkového prieskumu nie je možné aplikovať na staré systémy verejného osvetlenia, ktoré majú stav konzervovaný viac ako 10 rokov. Pri príprave rekonštrukcie treba stále vychádzať z výsledkov prvého dotazníkového prieskumu, pravda, treba posúdiť mieru výmeny svietidiel za uvedené obdobie.

	1996	2006
Počet svetelných miest	458 000	472 000
Inštalovaný príkon verejného osvetlenia	79 MW	52,3 MW
Ročná spotreba elektrickej energie na verejné osvetlenie	250,9 GWh	223,1 GWh
Ročná spotreba elektrickej energie za predpokladu 100 % funkčnosti osvetľovacích sústav	358,5 GWh (odhad)	235 GWh (pri 5 % nefunkčnosti)
Predpokladaná spotreba elektrickej energie po celoplošnej rekonštrukcii verejného osvetlenia	145,9 - 213,3 GWh	nespracované
Ročné prevádzkové náklady na verejné osvetlenie (energia + údržba)	nespracované	1,4 mld. Sk

➤ TAB.12 Zovšeobecnené údaje verejného osvetlenia na celé Slovensko

## Literatura a odkazy

- [1] Smernica EU 2005/32/EC o požiadavkách na eco-design výrobkov používajúcich energiu.
- [2] VanTichelen, P. et al: Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs – Final Report. Lot 9: Public Lighting. 2007, 344 s.
- [3] Gašparovský, D.- Smola, A.- Krasňan, F.: *Komparatívna štúdia auditov verejného osvetlenia*. In Proc: Kurs osvetľovacej techniky XXI, VŠB TU Ostrava 2002, s. 87 – 93
- [4] Gašparovský, D.- Smola, A.: *Public Lighting in Slovakia - A Comparison Study*. In Proc: Lighting Architecture Design, Varna 2001, s. 39 – 44
- [5] Webové stránky rozvojových programov Organizácie spojených národov: [www.undp.org](http://www.undp.org)
- [6] STN TR 13201-1: 2005, Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 1: Výber tried osvetlenia.

**Táto práca bola podporená Vedeckou agentúrou VEGA prostredníctvom finančnej podpory projektu č. 1/3114/06.**

# Iluminácia objektov v rámci rekonštrukcie verejného osvetlenia

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.

FEI STU v Bratislave, Ilkovičova 3 812 19 Bratislava, Slovenská republika,  
[dionyz.gasparovsky@stuba.sk](mailto:dionyz.gasparovsky@stuba.sk)

TYPHOON, s.r.o., Obchodná 15, 811 06 Bratislava, Slovenská republika, +421 903 455035,  
[mail@typhoon.sk](mailto:mail@typhoon.sk)

**Abstrakt:** Pri rekonštrukciách verejného osvetlenia sa často stretávame s požiadavkami na ilumináciu významnejších objektov v menších a okresných mestách. Protikladom kvality iluminácie, vo vzťahu k úrovni celospoločenského významu daného objektu, však často býva aj požiadavka na minimálne investičné a prevádzkové náklady. Nájsť optimálne riešenie medzi týmito protichodnými požiadavkami nie je vždy jednoduché. Príspevok sa zameriava na vybrané prípady riešenia iluminácie, pričom prináša výsledky konkrétnych realizovaných prác.

## Úvod a východiská

V rámci obnovy miest a obcí sa pozornosti zodpovedných pracovníkov miestnych samospráv nevyhne ani verejné osvetlenie. Poskytuje možnosť využívania miestnych komunikácií vo večernom čase, významne zvyšuje bezpečnosť premávky aj osobnú bezpečnosť. Verejné osvetlenie je tiež veľmi významným prostriedkom zatraktívnenia miest a obcí. Večerný obraz mesta je lákadlom nielen pre turistov, ale tiež skrášľuje životné prostredie miestnych obyvateľov. Významné budovy, pamiatky a objekty v meste v tomto smere dominujú. Pri rekonštrukciách verejného osvetlenia sa často stretávame s požiadavkou na technické zhodnotenie alebo vybudovanie novej iluminácie.

Treba povedať, že rozpočet miestnych samospráv na riešenie osvetlenia ulíc aj objektov je značne obmedzený. Zabezpečenie modernizácie osvetlenia sa dá riešiť (a najčastejšie sa takto aj rieši) najmä týmito spôsobmi:

- využitím fondov Európskej únie
- energetickým kontraktom

V štruktúre nákladov na komplexnú rekonštrukciu verejného osvetlenia sa iluminácia môže podieľať nepodstatnou mierou, ak sa rieši racionálne. Iste, ak sa jedná o objekty značného národného alebo spoločenského významu, vyžaduje sa tímová spolupráva svetelnej techniky, architekta, predstaviteľov samosprávy príp. ďalších zainteresovaných strán (napr. majiteľov okolitých budov). Akceptovateľné sú aj vyššie investičné či prevádzkové náklady na ilumináciu. Na druhej strane, v množstve menších obcí si riešia samosprávy ilumináciu svojpomocne. Väčšinou sa jedná o miestne kostoly. Nezriedka sa stretávame s inštalovaním svetlometov pred koruny stromov, s použitím neekonomických halogénových žiaroviek s príkonom 1 000 W aj viac a pod. Výsledky iluminácie sú niekedy ťažko komentovateľné.

Niekde medzi tým sa nachádza mnoho okresných alebo menších miest, kde sa vyžaduje riešiť ilumináciu viacerých budov a menších objektov, podľa možnosti čo najhospodárnejším spôsobom. Obmedzenia na investičné príp. prevádzkové náklady značne limitujú možnosti projektanta, veľakrát sa však dá dosiahnuť dobrý výsledok aj menej náročnými inštaláciami. Základným prístupom je v tomto prípade **využiť čo najviac existujúcu infraštruktúru podperných bodov a elektrických sietí.**

## Postup riešenia projektu iluminácie

Dá sa povedať, že na oblasť iluminácie nie je u nás dostatok vhodnej literatúry, ktorá by dávala projektantovi návod na postup riešenia svetelnotechnického projektu. Projekt iluminácie by v podstate mal obsahovať rovnaké náležitosti ako akýkoľvek iný svetelnotechnický projekt. Prístup je však značne odlišný a dá sa povedať, že hraničí s umením. Projektant svojím návrhom tvorí nočný obraz objektu, ktorý sa môže aj značne líšiť od denného obrazu. Projektant takto špecifikuje svoj zámer a snaží sa k nemu dopracovať dostupnými technickými prostriedkami.

Teraz sa zamerajme na uvedenú cieľovú skupinu a uvedme špecifické osobitosti postupu riešenia a náležitostí projektu iluminácie.

1. **Zameranie objektu:** Vo väčšine prípadov chýba akákoľvek projektová dokumentácia osvetľovanej budovy, rozmery dôležitých prvkov budovy je potrebné zamerať. To isté platí pre sochy a podobné objekty. Zameranie sa dnes robí laserovým diaľkomerom. V závislosti od podrobnosti spracovania projektu sa zameriavajú len hrubé rysy alebo aj jemnejšie details. Nevyhnutným podkladom pre ďalšiu prácu je fotodokumentácia. Keď sa neskôr projekt rieši od stola, fotografie sú neoceniteľným pomocníkom. Pri zbere údajov sa ďalej meria odrazivosť fasády a pod.
2. **Zameranie dostupnej infraštruktúry:** Pri zbere údajov z terénu sa definuje aj dostupná infraštruktúra na priporenie svetidiel a na ich napájanie. Príslušné miesta sa zamerajú. Môže ísť o okolité budovy, stožiare a pod. Svetidlá sa, samozrejme, dajú umiestniť aj na fasádu samotnej budovy alebo do chodníka, príp. na nový stĺpik alebo stožiar. Možnosť využitia jednotlivých miest sa neskôr musí prerokovať a zväžiť v súvislosti s majetkovými právami a pod. Pri riešení iluminácie v okresných a menších mestách sa prioritou kladie na využitie dostupných stožiarov – či už oceľových alebo betónových. Sú to ideálne podperné body aj miesta napájania s minimálnymi nárokmi. Samozrejme, týmto spôsobom sa nedajú riešiť všetky objekty. Aj v tejto fáze sa vyhotovuje potrebná fotodokumentácia.
3. **Stanovenie požiadaviek na osvetlenie:** V tejto fáze projektant volí požadované jasové úrovne (blízke – diaľkové pohľady) s ohľadom na jasy okolitých objektov a verejného osvetlenia.
4. **Tvorba svetelnotechnického zámeru:** Hlavná časť práce projektanta spočíva vo vytvorení večerného obrazu iluminovaného objektu. Projektant musí vziať do úvahy charakter objektu, použitý stavebný sloh, použité materiály a štruktúry, tvar objektu a pod. Riešenie by sa podľa možnosti malo konzultovať s miestnym (alebo iným) architektom. Už v tejto fáze sa predbežne definujú svetelné stopy a farba svetla. Väčšinou sa rozlišuje medzi dennobiellou a teplobiellou farbou, čoraz častejšie sa však používajú aj pestrofarebné riešenia. Mnohé fádne objekty sa dajú oživiť napr. červenou, modrou, zelenou alebo žltou farbou, použitie pestrých farieb však treba veľmi dobre zväžiť.

Treba uviesť, že použitie farieb na ilumináciu je dnes hitom – napodiv v mnohých krajinách EÚ aj vo svete. Dnes sa bežne môžeme stretnúť aj s dynamickými ilumináciami s plynulou zmenou farieb a pod. Pri slávnostných príležitostiach, významných udalostiach alebo sviatkoch to môže byť osviežujúce, každodenné farebné hýrenie je však nesmierne gýčové a pre miestnych obyvateľov sa čaro farieb vytráca už po niekoľkých dňoch.

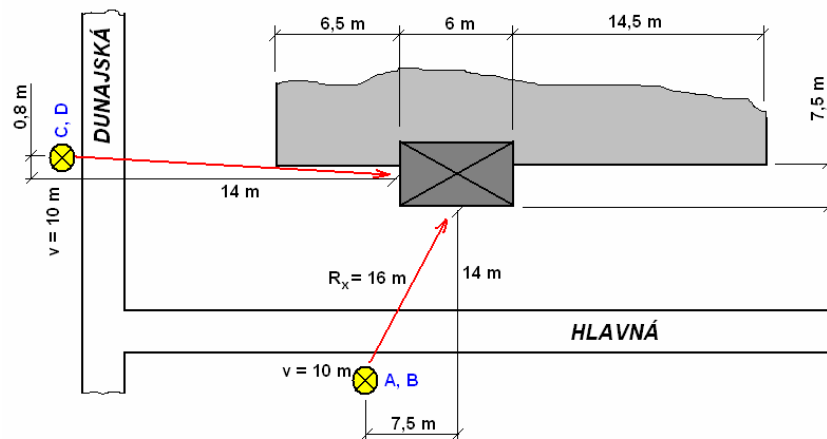
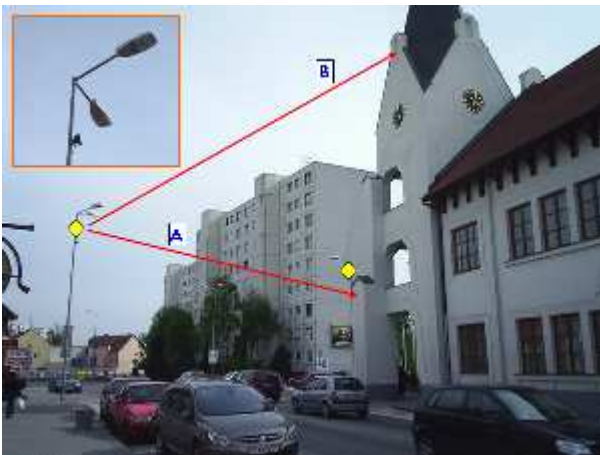
5. **Voľba svetelných zdrojov a svetidiel:** Voľba technických prostriedkov už nadväzuje na základné tézy svetelnotechnického riešenia. Svetidlá sa vyberajú predovšetkým s ohľadom na krivky svetivosti, štandardným krytím svetlometov je IP 65. Ak sú prostriedky na ilumináciu obmedzené, projektant musí nájsť racionálne optimum medzi počtom svetidiel a predstavami o výsledku iluminácie. Čo sa týka svetelných zdrojov, najekonomickejšou a najpoužívanejšou alternatívou sú halogenidové výbojky – dennobiele, teplobiele, príp. aj farebné. Niekedy sa dajú použiť aj sodíkové výbojky, najčastejšie sa na ilumináciu používajú obojstranne päťcované. Pri lineárnych tvaroch sa zase hodia žiarivky. Dnes sa o slovo hlásia aj LED diódy, predstavujú však finančne náročnejšie riešenie.
6. **Svetelnotechnické riešenie a výpočet:** V tejto fáze sa polohujú a orientujú svetidlá, pričom sa zohľadnia dostupné možnosti upevnenie a napájania svetidiel. Výpočtom sa overujú parametre osvetlenia. Ak do rozpočtu dovoľuje, môže sa pripraviť vizualizácia iluminácie modelovaním objektu v počítači, pričom do vizualizačného softvéru sa dajú vložiť aj prípadné fotografie. Veľmi dôležité je však overovať v tejto fáze aj dopady iluminácie na okolie. Musí sa posúdiť možnosť oslnenia účastníkov dopravy, obyvateľov, možnosť vzniku rušivého svetla (napr. do okien bytov). V jednom riešenom prípade sme sa napr. stretli so sťažnosťami obyvateľov budovy, kde boli na streche inštalované svetlomety, so zvýšeným výskytom obťažujúcich komárov v bytoch. Ak je to potrebné, inštalujú sa clony na svetidlá a pod.
7. **Riešenie elektroinštalácie:** ak sú v hrubých rysoch vyriešené možnosti napájania priamo z budovy, zo stožiara VO, káblovým vedením v zemi a pod., v tejto fáze sa dopracuje projekt elektroinštalácie, vrátane automatického spínania osvetlenia. Skutočne najjednoduchším a najpraktickejším riešením je inštalovanie svetidiel na stožiare VO – okrem dostupného napájania je zabezpečené aj správne spínanie osvetlenia a meranie spotreby energie.

8. **Rozpočet iluminácie:** Nevyhnutnou časťou projektu je rozpočet, ktorý musí byť riešený veľmi citlivo. Je známe, že miestne samosprávy nemajú navyš finančných prostriedkov. Rozpočet musí byť reálne realizovateľný. Projekt iluminácie môže byť síce skutočne geniálny po svetelnotechnickej stránke, bude však mrhaním času, ak ho nikto nikdy nezrealizuje. Projekt ale musí byť tiež odborne obhájiteľný. Niekedy sa stretávame s požiadavkou „dať tam nejaký jeden svetlomet“. Projektant musí vedieť, kde sú hranice. Musí konzultovať, dávať variantné riešenia, niekedy aj presviedčať.

### Výber z iluminácie menších a väčších objektov

Cieľom tohto príspevku nie je teoretické pojednanie o iluminácii objektov. Chceme priniesť odbornej verejnosti ukážky niektorých riešení iluminácie, ktoré sa projektovali a realizovali v rámci komplexnejšej rekonštrukcie verejného osvetlenia a ktoré sú nejakým spôsobom zaujímavé. Iste by sa tieto objekty dali osvetliť aj ináč – je to vec vkusu, názoru, uhla pohľadu, osobných preferencií... Aj o tom je iluminácia.

## Mestský úrad Dunajská Streda

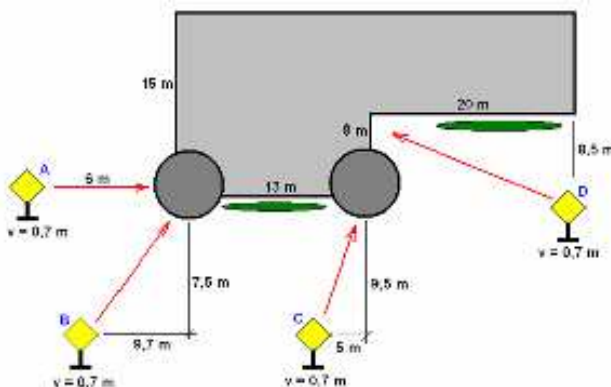


Zámerom iluminácie bolo osvetliť najmä vežovú časť budovy spredu a z bočnej strany. Na osvetlenie sa použili dve svetidlá so symetrickou pološirokou krivkou svetivosti (A, C). Osvetlením sa vyzdvihla z priestoru dominantná vežová časť. Farba svetelného zdroja je teplotbiela (3000 – 3500 K) pre miešanie s farbou sodíkových výbojok. Hodiny sa osvetľujú spredu (B) aj z boku (D). Hodiny majú tmavý ciferník so zlatými číslicami a nie sú podsvietené. Na osvetlenie hodín sú použité svetlomety s úzkou krivkou svetivosti. Súčasne sa týmito svetlometmi osvetľí strecha veže. Zaujímavosťou riešenia iluminácie tohto objektu je zvýraznenie oblúkových častí veže sodíkovými výbojkami – vyšším jasom aj typickou žltou farbou svetla v kontraste s osvetlením fasády a s ohľadom na osvetlenie prilahlej hlavnej ulice sodíkovými výbojkami – nameraný jas vozovky je až  $2 \text{ cd.m}^{-2}$ . Štyri svetlomety sa napájajú z dostupných stožiarov verejného osvetlenia, na ktorých sú súčasne pripevnené. Sodíkové výbojky na nasvetlenie výklenkov sú napájané z vnútornej elektroinštalácie a ovládané sú časovým spínačom. Vypočítané jasy fasády sa v jednotlivých kontrolných bodoch pohybujú v rozmedzí  $11 - 24 \text{ cd.m}^{-2}$ . Pre hlavnú časť budovy je rovnomernosť lepšia ako 0,5.



V objekte sa nachádza galéria. Pozorovacia vzdialenosť predstavuje pohľady z okolia (do 50 m), nakoľko objekt je schovaný za stromami. Jas okolia je nízky. Objekt má svetlú žltú fasádu ( $\rho = 0,6$ ) s vertikálnym členením (najmä v hornej časti), strecha je tmavej farby ( $\rho = 0,15$ ). Pri návrhu iluminácie sa vychádzalo zo 4 dostupných stĺpikov a konzol vo výške 0,7 m, na ktorých boli upevnené už nevyhovujúce a nefunkčné svetlomety.

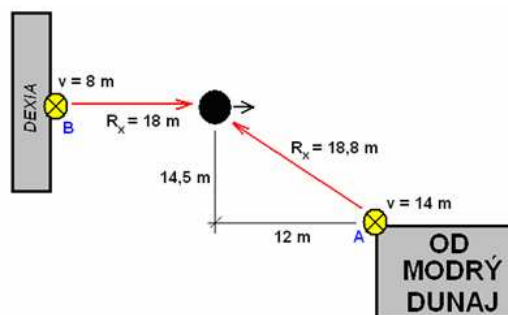
Fasáda budovy je zväčša schovaná v poraste, vystupujú iba dve dominantné veže valcového tvaru. Ilumináciou sa vyzdvihli práve tieto veže – najmä ich viditeľná horná časť. Na ilumináciu sú preto použité symetrické svetidlá s kruhovou optikou a úzkou krivkou svietivosti (pri priemere veží 4 m sú pri daných vzdialenostiach uhlové rozsahy  $\pm 10^\circ$  a zvolené svetidlá majú uhol polovičnej svietivosti  $15^\circ$ ). Zámerom bolo vytvoriť dramatickejšie osvetlenie. Každá veža je nasvietená z dvoch strán. Farba svetelného zdroja sa v súlade s farbou fasády a určením objektu volila teplobiela (3000 – 3500 K).



## TURUL Dunajská Streda



Jedná sa o sochu bájného vtáka maďarského národa, inštalovaného na námestí v samom centre Dunajskej Stredy. Zámerom iluminácie bolo vyzdvihnúť objekt z priestoru námestia. Návrh iluminácie bol značne komplikovaný dostupnou infraštruktúrou (v blízkosti nemohli byť inštalované žiadne stĺpiky ani stožiare), charakterom povrchu (veľmi tmavý mramor s lesklým povrchom) a tvarom objektu (vysoký štíhly). Iluminácia je riešená osvetlením objektu z uhla  $45^\circ$  zo strechy obchodného domu Dunaj vo výške 12 m veľmi úzkouhlým svetlometom. Na vylúčenie tieňov sa objekt, ktorý okrem prevažujúceho smeru pozorovania sa pozoruje zo všetkých strán, nasvietil aj zozadu zo strechy budovy Dexia banky. Vzhľadom na menšiu výšku strechy tejto budovy však bolo potrebné riešiť problém oslnenia návštevníkov námestia. Na presné uhlové vymedzenie sa použil dielensky vyrobený tubus dĺžky 0,5 m.



## Pamätník 2. svetovej vojny Dunajská Streda

Zaujímavosťou tejto iluminácie je plasticita objektu, kde by bolo možné použiť celý rad riešení s mnohými svetlometmi či svetelnými zdrojmi. Napokon sa na základe požiadaviek investora volilo ekonomickejšie riešenie s osvetlením objektu ako celku, i tak sa však podarilo dosiahnuť prijateľný výsledok. Objekt sa pozoruje zo vzdialenosti 30 m a viac od Hlavnej ulice, bližšia prítomnosť osôb je iba výnimočne v čase konania pietnych aktov počas dňa, keď iluminácia nie je v prevádzke. Špeciálne osvetlenie plastík pre pohľady zblízka by sa tu preto neuplatnilo. Na ilumináciu je použité svietidlo s pološírkou krivkou svietivosti v horizontálnom smere a užšou krivkou vo vertikálnom smere. Zvolená farba svetla je teplobiela (3000 – 3500 K).



## Dunajská Streda

V meste Dunajská Streda bolo riešených celkom 13 objektov, vrátane väčších budov aj menších sôch. Bez ďalšieho popisu uvádzame fotografie ďalších výsledkov riešení iluminácie.



Socha PELIKÁN

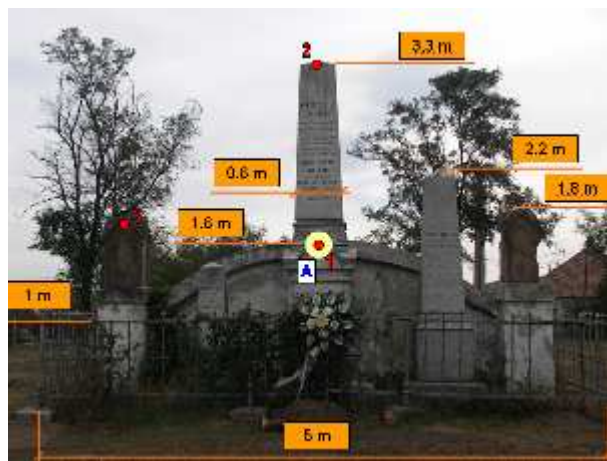


Socha J. Bihárho, miestneho primáša

## Kaplnka a hrobka rodiny Konkolyovcov Hurbanovo

Kaplnka a hrobka rodiny Konkoly sa nachádza na vyvýšenom kopci na križaní ulíc Komárňanská a Chotínska. Objekt je pozorovaný najmä pri prejazde áut cez Komárňanskú ulicu na ťahu medzi mestami Nové Zámky a Komárno.

**Hrobka:** Jedná sa o ohradený hrob s náhrobným kameňom z prednej strany. Objektom iluminácie je iba náhrobný kameň zo stredne svetlého šedého kameniva ( $\rho = 0,5$ ). Z objektu vyčnieva niekoľko stĺpov – najvyšší je stredný a výrazné sú tiež bočné, ktoré sú ale hnedej farby s  $\rho = 0,2$ . Hrobka je osvetlená ako celistvý objekt s dôrazom na centrálnu časť. Použilo sa svietidlo so symetrickou optikou a svetelný zdroj teplšieho farby (3000 – 3500 K). Svietidlo je inštalované na stožiar VO, ktorý sa nachádza presne oproti objektu vo vzdialenosti 9 m.



**Kaplnka:** Fasádu bielej farby ( $\rho = 0,7$ ) opticky členia len okná výrazných úzkych tvarov, ináč je bez akéhokolvek členenia. Spredu je na fasáde výraznejšia naddverná rímsa. Kaplnka je spredu zakrytá stromom, predná fasáda je však dobre viditeľná zo strany Komárňanskej ulice. Fasádu je potrebné osvetliť zo všetkých strán, na čo však nie sú k dispozícii stožiare VO. Svetidlá sú preto umiestnené priamo na fasáde. Použili sa svietidlá s asymetrickou krivkou svetivosti. Bočné steny sa zdôraznili žltou farbou svetla vysokotlakovej sodíkovej výbojky a kontrastujú tak s prednou a zadnou stranou, ktoré sú osvetlené halogenidovou výbojkou s teplobiellou farbou svetla. Vyším jasom sú zvýraznené úzke línie okien. Technicky bolo účelné riešiť napájanie zvonka, a to napojením na blízky stožiar verejného osvetlenia (15 m nespevneného povrchu), čím sa zároveň vyriešilo aj ovládanie osvetlenia. Vedenia k svietidlám sú inštalované do úzkych líšt pod okvapom resp. nad rímsou a vertikálne trasy vedľa odkvapovej rúry tak, aby nerušili vzhľad fasády.

## Rímskokatolícky kostol sv. Ladislava Hurbanovo





Jedná sa o historický objekt, z ktorého sa požadovalo osvetliť len vežovú časť. Loď tvorí úplne samostatnú budovu schovanú medzi stromami. Objekt sa nachádza na frekventovanej Komárňanskej ceste. Pozorovacia vzdialenosť sa líši pre jednotlivé časti objektu:

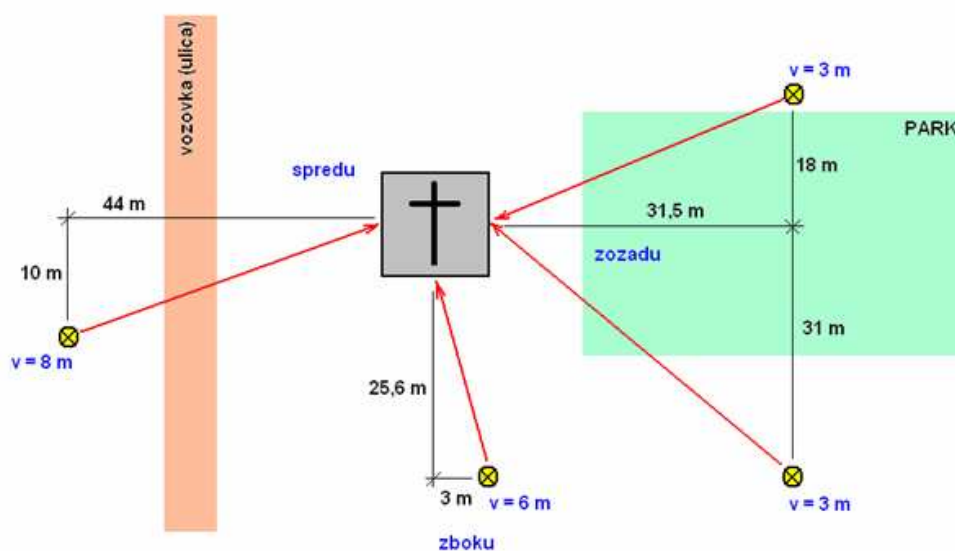
- pohľady z okolia (do 50 m) – vrátane hodín, strecha zo vzdialenejšieho okolia, jas okolia je stredný
- zo strany ulice (predná strana) je kvôli porastu viditeľná len časť nad výškou 10 m
- bočná a zadná strana sú pozorovateľné najmä zozadu, kde sa nachádza parkovisko
- druhá bočná strana nie je viditeľná

Fasáda je žltá stredne svetlá ( $\rho = 0,6$ ), hladká, bez členenia, omietka miestami opadaná; táto vežová časť nemá okná ani dvere. Hodiny sú žltohnedej farby v dôsledku korózie ( $\rho = 0,3$ ), bez podsvietenia. Strecha je z tmavočervenej krytiny ( $\rho = 0,3$ ). Farba svetelného zdroja je zvolená teplobiela (3000 – 3500 K).

Zámerom iluminácie bolo:

- Osvetliť vežovú časť kostola spredu (z ulice), z bočnej strany a zozadu (zo strany parkoviska). Vyzdvihnutá je najmä horná oblasť vežovej časti, ktorá akoby „vyrastala zo zeme“. Hodiny sú zdôraznené úzkouhlym svetlometom.
- Bočná fasáda sa osvetlí aj v spodnej časti, nakoľko táto časť je viditeľná zo strany parkoviska. Jas tejto oblasti však majú byť (v súlade so zámerom iluminácie) nižšie, použité je preto svetidlo so symetrickou pološírokou krivkou svietivosti.
- Strecha je osvetlená samostatne z každej strany. Ako úzky a dlhý objekt je osvetlená svetlometmi, ktoré má v horizontálnom smere úzku krivku svietivosti (úzky uhol vyžarovania).

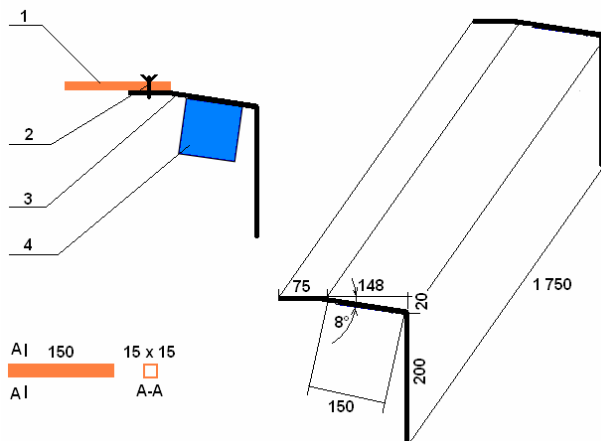
Na ilumináciu vežovej časti sa použilo celkom 7 svetlometov, ktorých rozmiestnenie je zrejmé zo skice. Svetlomety sú inštalované na dostupné stožiare verejného osvetlenia. Na niektorých podperných bodoch sú inštalované dva alebo tri svetlomety.



## Mestská zvonica Hurbanovo

Na Novozámockej ulici, ktorá je pokračovaním Komárňanskej na ťahu medzi Novými Zámkami a Komárnom, sa nachádza objekt mestskej zvonice. Ináč nezaujímavý a fádny objekt môže večer dostať zaujímavú podobu a pritaľnúť pozornosť návštevníkov mesta či prechádzajúcich vodičov ilumináciou s modrou farbou svetla.

Fasáda bielej farby ( $\rho = 0,7$ ) je horizontálne členená výraznejšou rímsou, vertikálne je členenie zvýraznené krajnými líniami. Objekt je osvetlený zo všetkých strán, hoci smery pozorovania prevládajú zo strany Novozámockej ulice. Objekt vynikne v prostredí použitím modrej farby svetla, preto sa na osvetlenie použili lineárne žiarivky s modrou farbou. Samotne sa osvetľuje vrchná aj spodná časť, ktoré navzájom oddeľuje horizontálna rímsa. Lineárne žiarivky sú inštalované pod rímsou. Svojím lineárnym tvarom kopírujú lineárne línie rímsy. Vzhľadom na charakter vertikálneho členenia by bolo možno vhodnejšie zdôrazniť bočné línie objektu bodovými zdrojmi – napr. svetidlami s LED. Toto riešenie je však finančne podstatne náročnejšie.



Svietidlá sú clonené pred priamym pohľadom. Cieľom bolo zdôrazniť fasádu svetlom, samotné svietidlá (či svetelné zdroje) nemali byť výrazným prvkom na objekte. Clonu s nosnými konzolami bolo potrebné dielensky vyhotoviť, nižšie je uvedený náčrtok. Clona je vyrobená z hliníkového plechu hrúbky min. 2 mm, čo zabezpečuje dostatočnú mechanickú pevnosť. Z vonkajšej strany je clona opatrená bielym náterom, z vnútornej je ponechaný hliníkový odrazný povrch. Konzoly sú vyrobené z oceľových profilov (jokel) 15 x 15.

Nakoľko objekt nemá vlastnú elektroinštaláciu, napájanie je riešené z blízkeho rozvádzača (4 m nespevneného povrchu).

## Socha J. Nepomuka Hurbanovo



Zaujímavým objektom je aj socha J. Nepomuka nachádzajúca sa neďaleko mestskej zvonice. Pozorovacia vzdialenosť predstavuje pohľady do 50 m najmä z Novozámockej ulice. Povrch objektu je zo setlošedého kameniva ( $\rho = 0,7$ ), v spodnej časti trochu tmavšieho ( $\rho = 0,6$ ), plasticita normálna, členenie vertikálne.

Na objekte je dominantná postava svätca v hornej časti na vyššom podstavci, v spodnej tretine však výraznejšie vystupujú sochy po stranách. Na osvetlenie sa použili dva svetlomety. Jedným svetidlom sa zdôraznila horná socha a druhým svetidlom sochy v spodnej časti. Použili sa rovnaké svetidlá s kruhovou optickou a úzkym uhlom výžarovania. Farba svetelného zdroja je teplobiela (3000 – 3500 K).

## Hurbanovo

V meste Hurbanovo bolo riešených celkom 10 objektov. Bez ďalšieho popisu uvádzame fotografie ďalších výsledkov riešení iluminácie.



Socha Móra Jókaiho



Socha pri rímskokatolíckom kostole



Kostol v Bohatej

# Príprava národnej metodiky na posudzovanie hospodárnosti osvetlenia pri energetickej certifikácii budov

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.

FEI STU v Bratislave, Ilkovičova 3 812 19 Bratislava, Slovenská republika,

[dionyz.gasparovsky@stuba.sk](mailto:dionyz.gasparovsky@stuba.sk)

TYPHOON, s.r.o., Obchodná 15, 811 06 Bratislava, Slovenská republika, +421 903 455035,

[mail@typhoon.sk](mailto:mail@typhoon.sk)

**Abstrakt:** Príspevok prináša najaktuálnejšie informácie o postupe prác na tvorbe národnej metodiky na posudzovanie hospodárnosti osvetlenia v rámci energetickej certifikácie budov. Okrem základných črt metodiky výpočtu ročnej spotreby energie na osvetlenie a číselného ukazovateľa LENI, budú predstavené formuláre a odporúčania na zber údajov, tvorba softvérových nástrojov, skúsenosti s úvodnými certifikačnými hodnoteniami atď.

## Úvod

Európsky parlament a rada prijala 16. decembra 2002 smernicu č. 2002/91/EC o energetickej hospodárnosti budov (Directive of Energy Performance of Buildings)<sup>[1]</sup>. Smernica o energetickej hospodárnosti budov mala byť implementovaná do právnych predpisov členských štátov Európskej únie do 4. januára 2006. Preto NR SR 8. novembra 2005 schválila **zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov**<sup>[2]</sup>, ktorý pripravilo Ministerstvo výstavby a regionálneho rozvoja SR. Tento zákon má platnosť od 1.1.2006. Zákon využíva možnosť posunutia účinnosti o dva roky, t.j. na 1. január 2008. Z 22. novembra 2006 ďalej platí vyhláška č. 625/2006 Z.z.<sup>[3]</sup> ako vykonávací predpis k uvedenému zákonu. Vyhláška má účinnosť od 1. januára 2007. Na implementáciu požiadaviek smernice sa spracúva balík noriem na určenie spotreby energie v budovách. Osvetlenia sa týka jedna základná norma, zatiaľ v etape prednormy – prEN 15193<sup>[4]</sup>. Pri jednotlivých fázach hodnotiaceho procesu sa však uplatňujú aj ďalšie relevantné normy, napríklad STN EN 12 464-1<sup>[6]</sup> a ďalšie. Jednotlivé krajiny si môžu nad rámec normy vypracovať národné metodiky, kde sa zohľadnia určité regionálne požiadavky alebo špecifiká, príp. kde sa procedurálne postupy zjednotia a algoritmizujú. Národná metodika má pomôcť pri praktickom hodnotení energetickej hospodárnosti budov. Tento príspevok prináša náčrt najpodstatnejších častí národnej metodiky a tiež kritický pohľad na vybrané problémy hodnotenia energetickej hospodárnosti budov z pohľadu osvetlenia. Príspevok prináša tiež praktické odporúčania na zber údajov.

## Všeobecný postup hodnotenia hospodárnosti osvetlenia

Všeobecný postup energetického hodnotenia budovy si môžeme predstaviť na tejto schéme:



- 1: Vyberie sa rýchla, komplexná alebo meracia metóda.
- 2: V tejto fáze je potrebné zabezpečiť všetky potrebné podklady a údaje pre hodnotenie budovy. Základné údaje možno získať napr. formou dotazníka. Objednávateľ dodá všetky dostupné vyžadované podklady. Údaje, ktoré nie sú dostupné, sa musia získať počas vizuálnej prehliadky v teréne. Na tento účel sú už spracované pasportizačné formuláre. Pri väčšom rozsahu môžu zber údajov zabezpečovať viacerí pracovníci.
- 3: Vstupné údaje získané z podkladových materiálov treba extrahovať a spolu s údajmi z vizuálnej prehliadky natypovať do príslušných formulárov výpočtového programu. Ďalej je potrebné nastaviť okrajové podmienky výpočtu a pred spustením výpočtu validnosť údajov ako aj všetky nastavenia patrične skontrolovať.
- 4: Spustenie výpočtového procesu je jadrom hodnotenia.
- 5: Aj keď hlavným výsledkom je spotreba energie na osvetlenie a príslušné ukazovatele (napr. LENI), v tejto fáze sa odporúča skontrolovať aj medzivýsledky.
- 6: Výsledné hodnoty je potrebné zahrnúť do celkového hodnotenia (certifikátu) budovy.

Na stanovenie ukazovateľov energetickej hospodárnosti osvetlenia si možno zvoliť jednu z troch metód:

**Rýchla metóda:** Hrubý odhad spotreby energie s výpočtom pre celú budovu, metóda je použiteľná na účely rýchlych odhadov a nemala by sa používať na certifikáciu budovy. Metóda uvažuje so štandardnými vstupnými údajmi. Vo všeobecnosti poskytuje vyššie hodnoty číselného ukazovateľa LENI ako komplexná metóda, čo je jej nevýhodou. Budú preto existovať prirodzené tlaky na používanie komplexnej metódy.

**Komplexná metóda:** Presnejší odhad spotreby energie s výpočtom po jednotlivých miestnostiach a na rôznom časovom základe. Metóda uvažuje s reálnymi vstupnými údajmi budovy. Komplexná metóda by mala byť základnou metódou na certifikáciu budov.

**Meranie spotreby:** Presné určenie spotreby energie v budove príp. jej jednotlivých častiach. Metóda je však časovo náročná a použiteľná len v existujúcich budovách. Vyžaduje sa tiež patričné technické zabezpečenie merania (vrátane zabezpečenia neoprávneného zásahu), čo v súčasnosti nie je legislatívne vyriešené. Metóda sa dá použiť aj na priebežné monitorovanie spotreby v budovách.

### Návrh procedurálnych postupov a formulárov na zber údajov

Na hodnotenie hospodárnosti osvetlenia budovy sa vyžadujú tieto podkladové materiály:

- **stavebné pôdorysy:** zoznam miestností vrátane účelu ich využitia, rozmery miestností, rozmery okenných otvorov, výška parapetu, geometria okenných otvorov, špecifikácia átrií a nádvorí
- **čelné pohľady na budovu:** typy okien
- **projekt elektroinštalácií vrátane svetelnotechnického projektu:** použité typy svietidiel a ich špecifikácie, rozmiestnenie svietidiel, riešenie núdzového osvetlenia, typ riadenia osvetlenia a zapojenie svetelných skupín, návrhová osvetlenosť, udržiavací činiteľ, kvalita návrhu osvetlenia LDCC
- **technické listy svietidiel:** sú súčasťou dodávky svietidiel
- **technické listy okien**

Revízne správy elektroinštalácie neobsahujú žiadne užitočné informácie na energetické hodnotenie osvetlenia.

Čo najviac údajov je potrebné extrahovať z podkladových materiálov. Aj tieto údaje však treba v rámci vizuálnej prehliadky aspoň zbežne skontrolovať. Údaje, ktoré nie sú v písomnej forme k dispozícii, treba získať terénnym zisťovaním. Celkový postup je pre každú miestnosť nasledovný:

1. Získať **rozmery miestnosti** (meraním alebo z pôdorysov)
2. **Pasport svietidiel;** ak treba, doplní sa **zoznam svietidiel**
3. **Pasport okien;** ak treba, doplní sa **zoznam okien**
4. **Fotodokumentácia miestnosti** (nepovinné)
5. **Fotodokumentácia denného svetla** – fotografia zo stredu okna smerom von (pre menšie budovy stačí pre každé poschodie a pre každú svetovú stranu, ináč podľa potreby)
6. **Typ riadenia osvetlenia**, príp. počet a spôsob zapojenia svetelných skupín (okruhov)
7. **Geometria okien** formou náčrtu alebo kolmou fotografiou na stranu okien
8. **Prekážky denného svetla** vyjadrené najmä tromi prekážkovými uhlami, ktoré sa odhadnú
9. **Údaje o átriách a nádvoriach**, ak je to relevantné

Aj keď je sú niektoré údaje a informácie nepovinné a priamo na hodnotenie hospodárnosti osvetlenia nie sú potrebné, treba mať na pamäti, že nevyhnutnou súčasťou certifikačného procesu je aj stanovenie racionalizačných opatrení na zvýšenie energetickej hospodárnosti budovy. A k tomu sú už tieto údaje veľmi potrebné. Závisí od certifikanta, aký postup si zvolí a aké údaje si zaznamená.

V nasledovnom uvádzame popis a ukážku niektorých vybraných vstupných formulárov/tabuliek, resp. vstupných údajov pre výpočet. Podrobnejší popis je nad rámec tohto príspevku.

**Údaje o budove** sú spoločné pre všetky energetické oblasti a mali by byť spracované centrálné. Vhodné je využitie dotazníkovej formy, dotazník vyplní objednávateľ. V dotazníku uvedie základnú identifikáciu objektu (názov budovy, adresu, kontaktné údaje a prevádzkový čas budovy). Zemepisné súradnice objektu a kategóriu budovy uvedie buď objednávateľ alebo určí spracovateľ energetického certifikátu.

Tabuľka so **zoznamom svietidiel** má obsahovať všetky použité typy svietidiel v danej budove. Tabuľka sa zostaví z dodaných podkladov (takéto podklady však väčšinou nie sú k dispozícii) príp. v kombinácii s katalógmi svietidiel (ak sú známe aspoň presné typy) alebo zisťovaním v teréne. Každý typ sa zapíše pri pasportizácii miestností pri ich prvom výskyte. Vo väčšine prípadov je potrebné otvoriť kryty svietidiel. Typy svietidiel sú vo vyššie uvedenom príklade označené písmenami veľkej abecedy A-Z. Kvôli úspornosti zápisu sa vybrané údaje kódujú.

Projekt:

č.

### ZOZNAM SVIETIDIEL

Ozn.	Výrobca	Typ	Druh	$P_i$ (W)	SZ	Počet	$P_i$ (W)	Foto
A								
B								
C								
D								

Ozn.	Druh PP	Špecifikácia PP	Špecifikácia SZ	$P_{ci}$ (W)	$P_{ci}$ (W)	$t_e$ (W)	STAV
A							
B							
C							
D							

Tabuľka so **zoznamom okien** má obsahovať všetky použité typy okien v danej budove. Tabuľka sa zostaví z dodaných podkladov (takéto podklady však väčšinou nie sú k dispozícii) alebo zisťovaním v teréne. Každý typ sa zapíše pri pasportizácii miestností pri ich prvom výskyte.

V samostatnej tabuľke sa uvedie **zoznam átrií a nádvorí** so špecifikáciou potrebných údajov. Nauplatňuje sa pri budovách bez átrií a nádvorí.

**Pasportizácia svietidiel** je v postate spísanie počtu a typov svietidiel v jednotlivých miestnostiach. Predpokladá sa, že všetky typy svietidiel sú vyšpecifikované v samostatnej tabuľke (zoznam svietidiel) a pri pasportizácii sa uvádzajú už len kódové označenia, čo značne uľahčuje prácu a šetrí čas. Pri takomto spôsobe zápisu sa údaje ľahko spracúvajú a vyhodnocujú.

**Pasportizácia okien** je v postate spísanie počtu a typov okien v jednotlivých miestnostiach. Predpokladá sa, že všetky typy okien sú vyšpecifikované v samostatnej tabuľke (zoznam okien) a pri pasportizácii sa uvádzajú už len kódové označenia, čo značne uľahčuje prácu a šetrí čas. Pri spôsobe zápisu v nasledovnom príklade sa údaje ľahko spracúvajú a vyhodnocujú.

Tabuľka so **zoznamom miestností** obsahuje všetky údaje relevantné k miestnostiam, okrem pasportu svetidiel a okien.

Projekt: \_\_\_\_\_

## Zoznam miestností

ČM	Názov	ROZMERY			OSVETLENIE				PREVÁDZKA	
		dĺžka	šírka	výška	$E_m$	MF	LDCC	R	$t_{start}$	$t_{end}$
		m	m	m	lx	-	-	-	hh:mm	hh:mm

číslo: \_\_\_\_\_

list: \_\_\_\_\_

PREKÁŽKY			ÁTRIUM		FOTO
$\gamma_{0,OB}$	$\gamma_{0,OV}$	$\gamma_{0,VF}$	typ	$H_{AT}$	č.č.
°	°	°	-	m	č.

### Výpočet energie na osvetlenie

Postup výpočtu je daný predovšetkým normou EN 15 193. V národnej metodike je tento postup algoritimizovaný. Podrobnejší popis výpočtu je však nad rámec tohto príspevku, tu preto uvedieme len určenie výsledných veličín a ukazovateľov. Tými sú predovšetkým spotreba energie na osvetlenie  $W$  (kWh), ktorá pozostáva z časti na plnenie svetelnotechnickej funkcie a z časti tvorenej pasívnym príkonom (príkonom na riadenie, nabíjanie núdzových svetidiel a pod.) a číselný ukazovateľ energie na osvetlenie LENI (kWh/m<sup>2</sup>/rok). LENI sa vypočíta nasledovne:

$$LENI = \frac{W}{A}$$

Orientačné hodnoty LENI sa v závislosti od typu budovy, spôsobu riadenia a čo je veľmi dôležité – aj od kvality osvetlenia, pohybujú medzi cca 40 až 50 kWh/m<sup>2</sup>/rok pre školy, vzdelávacie zariadenia a kancelárie do približne 130 kWh/m<sup>2</sup>/rok pre nemocnice a maloobchod, ktoré môžeme považovať za energeticky najnáročnejšie z pohľadu osvetlenia. Tieto hodnoty platia pre osvetlenie štandardnej kvality. Tu však treba uviesť, že mnohé školské zariadenia sú v súčasnosti poddimenzované čo sa týka osvetlenia.

Číselný ukazovateľ LENI sa, prirodzene, značne líši v závislosti od typu budovy. Je to z toho dôvodu, že rôzne budovy majú rôznu štruktúru miestností s rôznymi požiadavkami na osvetlenie. Dá sa však zaviesť univerzálnejší ukazovateľ, ktorý by od typu budovy nebol závislý a ktorý by v jednotlivých miestnostiach bral do úvahy normatívne požiadavky na udržiavanú osvetlenosť  $E_m$  (lx). Týmto ukazovateľom je merná ročná spotreba energie na osvetlenie  $W_E$  (kWh/m<sup>2</sup>/rok/lx) a vypočíta sa ako

$$W_E = \frac{W}{\sum E_m \cdot A}$$

Merná ročná spotreba energie na osvetlenie sa musí určovať pre jednotlivé miestnosti a pre budovu sumarizovať až následne. S týmto ukazovateľom sa uvažuje v národnej metodike a jej stanovenie je nad rámec normy EN 15193. Ešte dodajme, že obrátená hodnota mernej ročnej spotreby energie na osvetlenie (v lm.rok/kWh) je obdobou merneho výkonu v lm/W.

## Tvorba softvérových nástrojov

V súčasnosti sa spracúva softvérový nástroj na uľahčenie rutinných operácií, a to na báze tabuľkového procesora MS Excel s využitím VBA programovania. Podobné excelovské nástroje sa podľa dostupných informácií tvoria aj v okolitých krajinách. Výhoda Excelu je nesporná v tom, že pri hodnotení sa pracuje s tabuľkovými údajmi. Príklady fragmentov z pripravovaného softvéru znázorňujú nasledovné obrázky (obr. 1 a 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Rýchla metóda:												
2	Typ budovy:	kancelárie											
3	Typ riadenia osvetlenia:	manuálne											
4	A	9527,4	m <sup>2</sup>	P <sub>n</sub>	103,0456	kW	cte	A					
5	Medzivýsledky:												
6	t <sub>d</sub>	2250	h/rok	F <sub>D</sub>	1	(-)	F <sub>o</sub>	1	(-)				
7	t <sub>N</sub>	250	h/rok	F <sub>C</sub>	0,9	(-)							
8	Výsledky:												
9	LENI	28,908	kWh/m <sup>2</sup> /rok										

➤ OBR.1 Fragment softvérového spracovania certifikácie pomocou rýchlej metódy

Otázka softvérového vybavenia však zatiaľ nie je celkom nedoriešená. Problémy sú najmä tieto:

- **autorizácia programov** – certifikácia je oficiálny proces, preto výsledky musia byť nevyhnutne validované
- **skĺbenie jednotlivých energetických oblastí**

V otázke autorizácie softvéru zatiaľ napríklad nie je jasné, či sa bude spracúvať aj jeden oficiálny program alebo či sa tvorba softvéru ponechá výlučne na komerčné subjekty. V každom prípade by však tieto softvérové produkty mali byť validované, lebo metodika uvedená v norme nie je vždy jednoznačná v otázkach postupu či hĺbky riešenia problematiky. Vo všeobecnosti sa dá očakávať, že výsledky rôznych programov sa budú líšiť. Rozdiely však nesmú prekročiť určitú mieru. To sa dá zabezpečiť autorizáciou programov. Na to však treba stanoviť dovolenú mieru tolerancie a vypracovať testovaciu vstupnú množinu údajov.

Čo sa týka druhého problému, otázkou je, či sa má spracovať jeden komplexný program zahŕňajúci všetky oblasti alebo či má byť samostatný program pre každú oblasť. Pravdou je, že výsledkom má byť jeden spoločný certifikát zohľadňujúci všetky oblasti. V tomto zmysle sa tvoria softvérové produkty aj v zahraničí. Programy (resp. ich pracovné verzie) sú však zbytočne komplikované a neprehľadné. Ako dôvod môžeme uviesť to, že jednotlivé miestnosti v budovách sa zónujú (delia na menšie celky) vzhľadom na kúrenie aj osvetlenie, pre obe oblasti je však zónovanie odlišné. To prináša problémy pri štruktúrovaní údajov. Ďalší vážny problém môže priniesť použitie programu, ktoré bude musieť byť zdieľané rôznymi užívateľmi – odborníkmi na jednotlivé oblasti. Ukazuje sa, že lepším prístupom by mohlo byť spracovanie samostatných programových celkov pre jednotlivé oblasti a jedného centrálného programu. Prenos údajov by sa uskutočňoval formou výmenného súborového formátu, podobného ako je pre oblasť osvetlenia napr. EULUMDAT (výmenný súborový formát pre údaje o svietidlách).

V praxi by to vyzeralo tak, že centrálny spracovateľ zadá do programu základné údaje o budove a súbor poskytne spracovateľom jednotlivých oblastí. Tí svoje výsledky vyexportujú do ďalšieho súboru (s odlišným formátom pre každú oblasť) a vrátia naspäť centrálnemu spracovateľovi. Centrálny program spojí výsledky a vygeneruje certifikát budovy, vrátane členenia na jednotlivé oblasti a s uvedením príslušných výsledkových údajov.

## Záver

V súčasnosti sa celý proces certifikácie pripravuje. Na uľahčenie procesu certifikácie sú už dnes k dispozícii pomôcky a formuláre. Veľmi dôležitou pomôckou je národná metodika, ktorá bude oficiálne publikovaná v pripravovaných príručkách. Tieto príručky budú včas k dispozícii. Podobne aj softvér bude k dispozícii ku dňu účinnosti príslušnej legislatívy. V súčasnosti prebieha úvodné experimentálne testovanie metodiky a samotného softvéru na vybraných budovách..



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
<b>Komplexná metóda:</b>												
Typ budovy:		kancelárie										
Počet poschodí :		2		počet miestností		4						
<b>Výsledky:</b>												
W <sub>L</sub>				kWh/rok		W <sub>P</sub>				kWh/rok		
W				kWh/rok		LENI				kWh/m <sup>2</sup> /rok		

	G	H	I	J	K
DF2	kgDF3	ζ	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>
(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
0,9	0,9	bežné jednovrstvové sklá	1,3	0,8	0
0,9	0,9	bežné jednovrstvové sklá	1,3	0,8	0
0,9	0,9	bežné dvojrstvové sklá	1,3	0,8	0
0,9	0,9	bežné trojvrstvové sklá	1,3	0,8	0
0,9	0,9	nízkoenergetické dvojrstvové sklá	1,3	0,8	0
0,9	0,9	nízkoenergetické trojvrstvové sklá	1,3	0,8	0
		solárne trojvrstvové sklá			

K	L	M	N	O	P	Q	R	S
F <sub>0</sub>	F <sub>c</sub>	D <sub>c</sub>	D	Pen	W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	Prepočet	
(1)	(1)	(1)	(1)		(kW/h)	(kW/h)		
1,00	0,84	2,45	1,84	W	107,86	33,80		
1,00	0,84	2,45	1,59	W	156,94	36,30		
1,00	0,90	1,61	0,79	N	225,00	33,80		
1,00	0,75	1,61	1,04	W	121,66	36,30		
1,00	0,84	2,20	1,26	W	107,86	38,80		

➤ OBR.2 Fragment softvérového spracovania certifikácie pomocou komplexnej metódy

## Literatura a odkazy

- [1] Smernica č. 2002/91/EC o energetickej hospodárnosti budov.
- [2] Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov.
- [3] Vyhláška Ministerstva výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 625 z 22. novembra 2006, ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z.z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [4] prEN 15193 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie
- [5] prEN 15217 Energetická hospodárnosť budov. Metódy vyjadrenia energetickej hospodárnosti a energetickej certifikácie budov
- [6] STN EN 12 464-1 Svetlo a osvetlenie. Časť 1: Osvetlenie vnútorných pracovných priestorov.

# První zkušenosti s měřením nočního osvětlení oblohy a návrh mediálně použitelné stupnice „světelného znečištění“

Tomáš Gráf <sup>1</sup>, Zdeněk Mikulášek <sup>2</sup>

- 1) Hvězdárna a planetárium Johanna Palisy, VŠB-Technická univerzita Ostrava, [tomas.graf@vsb.cz](mailto:tomas.graf@vsb.cz)
- 2) Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Brno, [mikulas@physics.muni.cz](mailto:mikulas@physics.muni.cz)

## Měření množství rozptýleného světla

Řešitelský tým vyvinul a vyrobil zařízení, které umožňuje prakticky kontinuální měření světelného toku, který přichází z tzv. horního poloprostoru v období nautické noci (doba, kdy je střed slunečního kotouče hlouběji než 12° pod obzorem). Kalibrovaný luxmetr umístěný na stabilním stanovišti (střecha knihovny VŠB-TU) byl v provozu po dobu několika měsíců (květen až srpen a poté říjen až konec prosince 2006, leden a únor 2007) a měření byla prováděna každých 30 sekund. Technické parametry měřící soupravy jsou podrobněji uvedeny v Novák (2006).

## Zpracování výsledků

Lze konstatovat, že v době, kdy měření probíhala, nedošlo v okolí měřící soupravy k žádné výrazné změně světelného výkonu ani konfigurace osvětlovacích těles, takže je můžeme považovat za konstantní. Rozložení naměřených hodnot osvětlení v jednotlivých nautických nocích vykazovalo víceméně normální rozdělení, proto jsme zvolili pro reprezentaci míry světelného znečištění v dané noci aritmetický průměr všech naměřených hodnot.

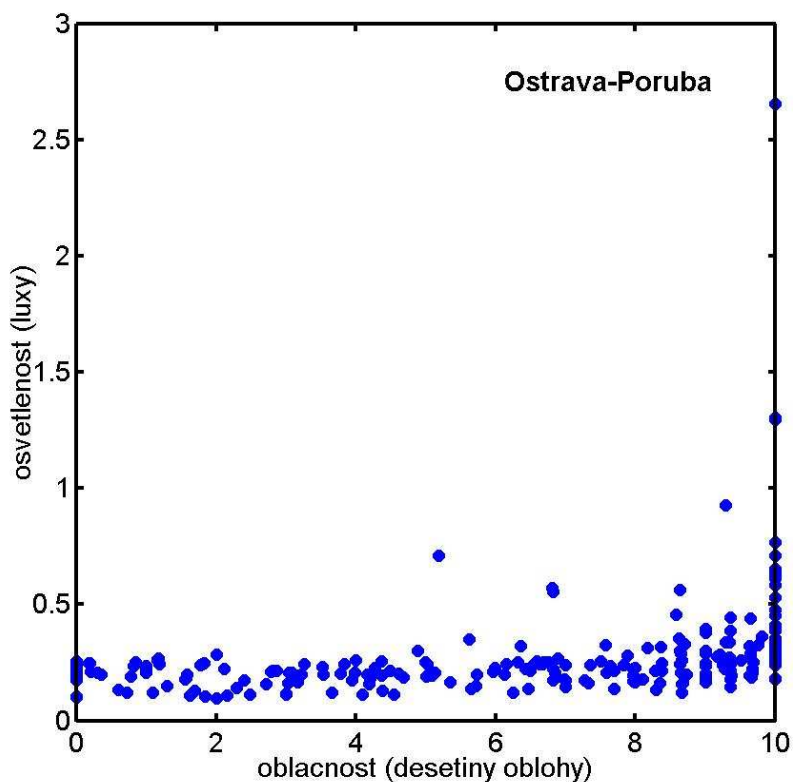
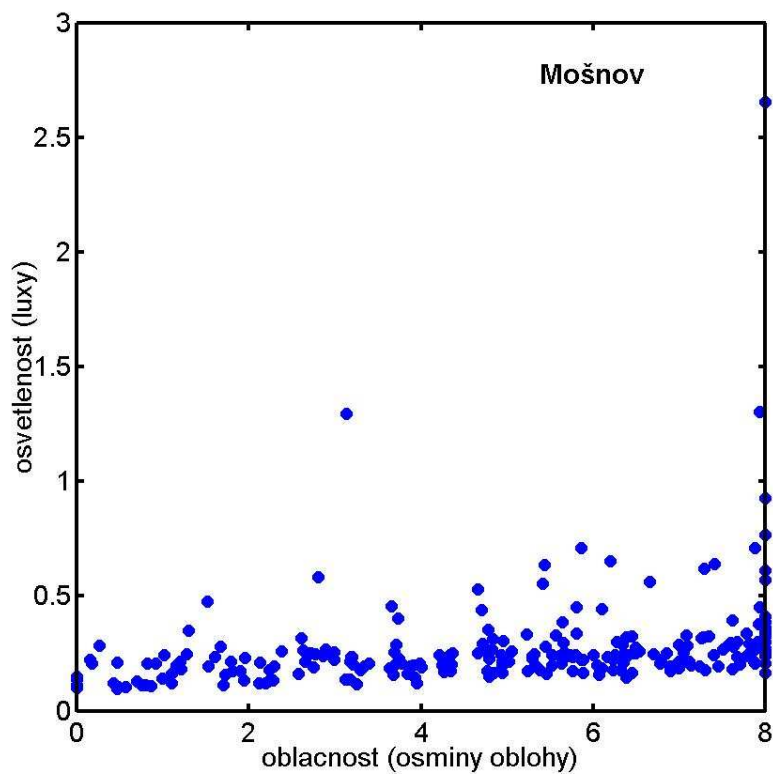
## Meteorologické prvky, nutná zjednodušení, hledání závislosti mezi naměřenými veličinami

Na začátku a konci měření v průběhu noci je patrný vliv osvětlení způsobeného rozptylem slunečního světla v horních partiích zemské atmosféry, nicméně během nautické noci je již možné tento vliv zcela zanedbat. Třebaže světelný výkon okolních světelných soustav je dlouhodobě víceméně konstantní, pozorujeme v osvětlenosti jednotlivých nocí zjevné rozdíly, které jsou dány dalšími přírodními či umělými vlivy. Především se zde projevuje příspěvek měsíčního světla, jehož množství je v dané chvíli dáno aktuální fází a polohou Měsíce na obloze, dále pak aktuální stav atmosféry. Ten je popisován celou řadou tzv. meteorologických prvků, z nichž jsme si jako nejdůležitější vytypovali procento oblačnosti. V budoucnosti, kdy budeme mít k dispozici dostatečně velké množství pozorovacího materiálu z několika stanic v různých podmínkách, zamýšlíme prozkoumat i závislost aktuálního světelného znečištění na množství srážek, vlhkosti, teplotě a obsahu prachových částic. Ty hrají rozhodující roli při rozptýlu světla v případě bezoblačných nocí (Mikulášek et al. (2001)).

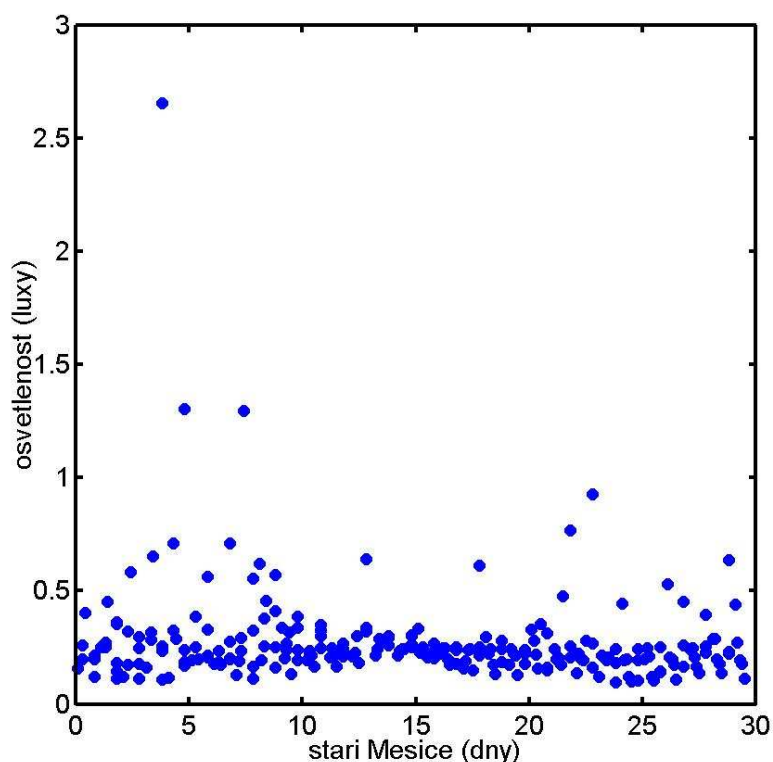
Z umělých vlivů pak mohla být měření krátkodobě ovlivněna leteckým provozem nebo světly majáků vozidel záchranné služby. Tyto vlivy lze snadno eliminovat zavedením robustních metod výpočtu reprezentativního průměru osvětlenosti v dané noci (použití robustní regrese či tzv. ořezaného průměru).

Přehled o oblačnosti jsme získali z dat pro stanici Mošnov a Ostrava-Poruba, jež nám byla poskytnuta pobočkou Českého hydrometeorologického ústavu v Ostravě-Porubě. Pro každou noc jsme opět z těchto hodnot vypočítali reprezentativní průměr. Pokrytí oblohy mraky je na stanici Mošnov udáváno v osminách, na stanici Ostrava-Poruba pak v desetínách celkové plochy oblohy.

Následující diagramy ukazují závislost osvětlenosti na množství oblačnosti pro obě tyto stanice.



Z grafů je patrné, že naměřená osvětlenost závisí dle očekávání na množství oblačnosti, a to tak, že čím vyšší je procento pokrytí oblohy oblačností, tím vyšší je úroveň světelného znečištění v důsledku rozptylu světla na spodní vrstvě mraků. Závislost je v prvním přiblížení lineární s velkým rozptylem při úplném zatažení, kde asi hodně závisí na albedu oblačnosti. Rozptyl není dán nejistotou určení vlastního průměru měření – ta je několikanásobně menší – ale je způsoben dalšími meteorologickými okolnostmi, jako srážkami, mlhou či vysokou vlhkostí.



V grafu závislosti naměřené osvětlenosti a aktuálního stáří Měsíce sice není na první pohled patrný žádný zřetelný trend, což ovšem nepřekvapuje, protože tu nebyl odečten vliv oblačnosti. Navíc je třeba uvážit, že příspěvek měsíčního světla se během konkrétní noci výrazně mění. Sestavením adekvátního modelu a použitím sofistikovanějších způsobů zpracování (např. použití komponentové analýzy a víceparametrické robustní regrese) se vliv Měsíce jistě podaří prokázat.

### Interpretace

Předběžná analýza naměřených hodnot je velmi ovlivněna skutečností, že měření neprobíhala současně na více stanovištích a také tím, že měření zatím ještě nepokrývá časový úsek celého roku. Přesto jsme se pokusili navrhnout alespoň pracovní relativní stupnici, jež klasifikuje „kvalitu noční tmy“, respektive velikost světelného znečištění.

Na podkladě těchto prozatím neúplných měření (minimum měření bylo provedeno při sněhové pokrývce) navrhuje vytvořit následující pětidílnou relativní stupnici světelného znečištění noční oblohy.

Index světelného znečištění	kvantitativní vyjádření	předběžný kvalitativní popis situace
<b>1</b> (nejtmavší noc)	osv. < 1. kvintil osv.	jasno, oblačnost max. 4/8
<b>2</b>	1. kvintil osv. < osv. < 2. kvintil osv.	oblačnost 4/8 až 8/8
<b>3</b>	2. kvintil osv. < osv. < 3. kvintil osv.	zataženo, mlha nebo trvalé srážky
<b>4</b>	3. kvintil osv. < osv. < 4. kvintil osv.	zasněžený terén, zataženo
<b>5</b> (nejsvětlejší noc)	osv. > 4. kvintil osv.	zasněžený terén, mlha nebo srážky

Taková relativní stupnice je použitelná také ke sdělení v rámci mediální tzv. předpovědi počasí, protože umožňuje z předpovídané oblačnosti a srážek (případně dalších meteorologických jevů) předpovědět také to, jak „tmavé“ budou následující noci. To může být informace cenná nejen pro obdivovatele krás nočního nebe, ale v případě vysoké oblačnosti, také pro osoby citlivé na množství rušivého světla při spánku (např. Illnerová (1994)).

## **Závěr**

Měření osvětlenosti během nautické noci dávají velmi dobrou kvantifikaci stupně světelného znečistění. Zjednodušené vyjádření indexu světelného znečistění může být součástí pravidelných rozsáhlejších předpovědí počasí. Doporučujeme užít pětidílnou stupnici od nejtmavších nocí (1) přes typické noci (3) až po nejsvětlejší noci (5), kde hranice mezi jednotlivými stupni budou kvintily celoročního rozdělení nočních průměrů osvětlenosti.

Ke zjištění numerického vztahu mezi napozorovanou hodnotou osvětlenosti změřenou v dané stanici a indexem světelného znečistění je zapotřebí mít k dispozici měření osvětlenosti v průběhu celého roku. K předpovědi indexu na základě meteorologické situace a fáze Měsíce je zapotřebí zjištění stupně korelace dotčených parametrů, vytvoření alespoň empirického modelu a nepřetržité řady měření za nejrůznějších kombinací jevů, jež mají pro stupeň světelného znečistění měřitelný vliv.

## **Literatura a odkazy**

Illnerová (1994), Vesmír 73, 425, 1994/8

Mikulášek, Z.; Papoušek, J.; Tremko, J.; Žižňovský, J. (2001), Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso 31, 90-118

Novák (2006), ve sborníku Kurz osvětlovací techniky XXV, str. 166, ISBN 80-248-1178-2

# Rozvody veřejného osvětlení

Ing. Radim Gřes

PTD Muchová, s.r.o., Ostrava, [gres@ptdov.cz](mailto:gres@ptdov.cz)

## Úvod

Správně navržené veřejné osvětlení má splňovat předepsané světelně-technické parametry dle příslušných norem, má přispívat ke zvýšení bezpečnosti chodců, cyklistů a řidičů motorových vozidel na veřejných prostranstvích a komunikacích v době snížené viditelnosti a nemá nadměrně oslňovat ani jinak nepřiměřeně obtěžovat uživatele na osvětlovaných místech ani v jejich okolí. Kromě výše uvedených požadavků musí být veřejné osvětlení spolehlivé, bezpečné a maximálně hospodárné, tzn. co nejméně finančně náročné. Pro zajištění posledních tří uvedených požadavků má klíčovou úlohu kvalifikovaný návrh rozvodů veřejného osvětlení.

Finanční náklady na veřejné osvětlení jsou tvořeny zejména pořizovacími náklady, provozními náklady (elektrická energie), náklady na správu, údržbu, opravy a revize zařízení veřejného osvětlení. Bezpečnost a spolehlivost zařízení VO zase souvisí s životností, vlastnostmi a použitými materiály přístrojů, rozváděčů, kabelů, stožárů, svítidel apod. Již na první pohled je zřejmé, že požadavky na spolehlivost a bezpečnost jsou protichůdné s požadavky na maximální hospodárnost. Velmi důležitým úkolem dobrého projektanta je proto nalezení rovnováhy mezi různými požadavky na rozvody VO a osvětlovací soustavy a finančními náklady na pořízení a provoz příslušného zařízení. Přitom platí, ostatně jako i v jiných oborech či běžném životě, že nejmenší pořizovací náklady ne vždy znamenají nejvýhodnější řešení. Následný provoz a údržba tohoto zdánlivě „levného“ zařízení se mohou časem velice prodražit.

Ani sebelépe navržená soustava VO nám však nebude sloužit věčně a pro dosažení maximální životnosti, bezpečnosti a spolehlivosti je nutno provádět pravidelnou preventivní údržbu, pravidelné revize a důsledně odstraňovat veškeré zjištěné závady a poruchy na zařízení VO. V tomto příspěvku bych se chtěl v krátkosti věnovat právě pracím a činnostem souvisejícím s prováděním údržby rozvodů VO, odstraňováním závad na zařízení VO a s výměnou stávajících komponent VO, které mohou přinést zlepšení technického stavu, zlepšení bezpečnosti a prodloužení životnosti zařízení VO v průběhu jeho provozu.

## Požadavky na provádění běžné a preventivní údržby, oprav a revizí zařízení VO

Veřejné osvětlení vč. rozvodů musí být jako vyhrazené technické zařízení udržováno. Povinnost udržovat zařízení VO v dobrém technickém stavu vyplývá i z článku 13N6.2 ČSN 33 2000-1:

Elektrická zařízení musí být pravidelně kontrolována a udržována v takovém stavu, aby byla zajištěna jejich správná činnost a byly dodrženy požadavky elektrické a mechanické bezpečnosti a požadavky ostatních norem a předpisů.

Údržbu zařízení VO a s tím spojené práce lze rozdělit:

- Běžná údržba
- Preventivní údržba
- Odstraňování následků škod a vandalismu
- Zajištění správy, dispečinku, poruchové služby apod.
- Pravidelné revize elektrického zařízení

Důležitým podkladem pro provádění údržby je dokumentace s podchycenými změnami a úpravami, provedenými na rozvodech VO v průběhu užívání. Na základě zkušeností s údržbou VO v Ostravě se osvědčil mapový pasport VO aktualizovaný v dohodnutých intervalech. Povinnost vedení pasportizace zařízení VO či jiné adekvátní dokumentace aktuálního stavu zařízení vyplývá mj. i z čl.13N7.2 ČSN 33 2000-1 a ze stavebního zákona.

Každé elektrické zařízení nově uvedené do provozu musí být podrobena výchozí revizi el. zařízení v souladu s ČSN 33 1500 a ČSN 33 2000-6-61 a dále musí být v předepsaných intervalech prováděny pravidelné periodické revize. Jelikož zařízení VO se nachází na veřejně přístupných místech, je potřeba závady zjištěné v rámci revizí a ohrožující bezpečnost odstraňovat neprodleně. Pro předcházení vzniku závad ohrožujících bezpečnost by měly sloužit pravidelné preventivní údržby VO a dostatečné četné terénní kontroly ze strany správce VO. Pro provádění běžné a preventivní údržby VO by vlastník zařízení VO měl mít zpracován vlastní plán, který určuje interval a rozsah požadovaných prací. Zpracování plánu má však smysl pouze tehdy, je-li vlastník zařízení VO připraven zajistit jeho každoroční financování v plné výši. Hlavním smyslem je, aby se předešlo především nekoordinovaným výměnám různých komponent zařízení VO v rámci odstraňování lokálních nahodilých poruch.

Rovněž je vhodné, aby vlastník (nebo správce VO) vypracoval jednotné předpisy, na jejichž základech bude prováděna výstavba, rekonstrukce, opravy a údržba zařízení VO standardizovaným způsobem v souladu s příslušnými technickými normami, předpisy, zákony a vyhláškami. Např. v Ostravě, kde správu VO zajišťují Ostravské komunikace, a.s., jsou základní požadavky na projektování, výstavbu, opravy a údržbu zařízení VO shrnuty v předpisech Z-TKP, které vhodným způsobem doplňují základní dokument - Generel veřejného osvětlení Statutárního města Ostravy.

### **Rozdělení stávajících rozvodů VO**

Jednotlivé práce, nejčastěji prováděné při opravách a údržbě zařízení VO, se liší podle druhu používaných podpěr zařízení VO a podle druhu a umístění rozvodů VO.

Obecně lze říci, že svítidla VO bývají umístěna:

- na samostatných stožárech VO
- na samostatných podpěrách cizích správců (např. ČEZ, a.s.)
- na budovách, mostních konstrukcích apod.

Dle provedení rozvodů VO můžeme provést následující rozdělení:

- kabelové rozvody VO uložené v zemi
- nadzemní rozvody VO
- rozvody VO uložené v kolektorech, technických chodbách, kanálech, suterénech apod.

### **Rozsah nejčastěji prováděných prací při údržbě a opravách VO**

Smyslem preventivní údržby VO je předcházet vzniku poruch, závad a nepředvídaných provozních stavů na zařízení VO a zajištění maximální možné bezpečnosti provozovaného zařízení VO. Možnosti úprav stávajícího zařízení VO jsou dány zejména finančními možnostmi investora a možnými omezeními, vyplývajícími z charakteru prací (např. nutnost ohlášení stavby či stavebního povolení apod.). Podcenění preventivní údržby zařízení VO má negativní důsledky zejména ve zvýšených nákladech na běžnou údržbu a celkové degradaci zařízení VO, která může vést až k vynucené potřebě předčasné kompletní rekonstrukce zařízení VO.

### **Nadzemní rozvody VO**

Patří mezi nejčastěji se vyskytující rozvody VO zejména ve vesnicích a v okrajových částech měst a nejčastěji využívají betonových podpěr ČEZ, a.s. Dříve byly tyto rozvody prováděny převážně lany AIFe na izolátorech, méně často závěsnými kabely. Jako takové nevyžadují obzvláště náročnou údržbu, je třeba dbát na správné napnutí vodičů, aby se předcházelo výpadkům VO v důsledku zkratů při větru apod. V současnosti se již téměř výhradně používají samonosné izolované vodiče, které přinášejí oproti použití lan AIFe řadu nesporných výhod a je-li to možné, doporučuje se provést náhradu vedení AIFe za samonosné izolované vodiče. Ne vždy však lze tyto práce provádět v rámci údržby. Mezi hlavní výhody použití samonosných izolovaných vodičů patří zejména:

- zvýšení spolehlivosti (omezení zkratů vzniklých dotykem holých vodičů při bouřkách, silném větru apod.)
- menší mechanické namáhání podpěrných bodů při zachování přenosové schopnosti el. vedení
- omezení nutnosti ořezů stromů
- vyšší bezpečnost z hlediska úrazu el. proudem (omezení náhodilých dotyků živých částí)
- kratší montáž
- jednodušší a bezpečnější práce a opravy na zařízení pod napětím
- menší zatížení sněhem a námrazou

Napojení svodových kabelů ke svítidlům ze samonosných izolovaných vodičů se provádí pomocí odbočných propichovacích svorek, ze zkušeností je ve většině případů nezbytné provést i výměnu svodových kabelů. Přizemnění rozvodů VO a ochrana fázových vodičů před atmosférickým přepětím musí být provedena v souladu s příslušnými normami a je nutno předem ověřit, zda je možno využít stávajících zemničů (zřízení nových zemničů překračuje rámec prací údržby).

### **Kabelové rozvody VO v zemi**

Kabelové rozvody VO v zemi v rámci preventivní údržby VO většinou nevyžadují větší zásahy. Na koncích kabelů se provádí dotažení a konzervování spojů a čištění přípojovacích konců kabelů. Zejména u hliníkových kabelů je řádné dotažení spojů velmi důležité. Častějším problémem bývá odstraňování kabelových poruch. V současné době je s pomocí moderní techniky možno kabelovou poruchu poměrně přesně lokalizovat. Pro opravu poškozeného kabelu se používá kabelových spojek, v případě méně závažných poškození izolace je možno využít speciálních bandáží. Montáž kabelových spojek v zemi patří mezi nejnáročnější práce s kabely a je nutné jí věnovat maximální pozornost, neboť spojky představují místo teoreticky nejpravděpodobnějšího vzniku poruchy. Použitím kvalitní spojky a odbornou montáží však lze v současnosti riziko vzniku poruchy minimalizovat. K dispozici máme nejčastěji smršťovací spojky se šroubovacími nebo lisovacími konektory, v případě zvýšených požadavků na kvalitu spoje je možno použít moderních, avšak dražších spojek zalévaných. V poslední době se také stále

častěji setkáváme s použitím tzv. „T“ spojek, umožňujících spojení 3 kabelů. Ve VO můžeme „T“ spojku použít např. při propojení tří kabelů v místě demontovaného stožáru, jako odbočku třetího kabelu, není-li ve stožáru VO dostatek místa pro zasmyčkování apod. V případě použití „T“ spojky je nutné místo uložení spojky řádně označit a spojku je nutno zakreslit do dokumentace zařízení VO pro potřebu údržby VO, provádění revizí apod.

## Rozváděče

Ve stávajících rozvodech VO bývají nejčastěji používané rozváděče oceloplechové, v modernějších rozvodech rozváděče plastové. V rozváděčích se v závislosti na technickém stavu většinou provádí vyčištění skříně, výměna těsnění dvířek, vyčištění přístrojů, výměna poškozených nebo vadných přístrojů, dotažení a nakonzervování spojů, kabely se opatřují štítky s identifikačními údaji (druh a průřez kabelu, napojené zařízení). Dle požadavků správce VO se dále provádí výměna stávajících pojistkových spodků pro nožové či závitové pojistky za pojistkové odpínače pro válcové pojistky, v souladu s ČSN 33 2000-7-714 je při nevyhovujícím stavu vhodné provést doplnění krytí rozváděče na min. IP2X nebo IPXXB při otevřených dveřích. Dveře rozváděče se opatří popisem a výstražnými blesky, na vnitřní stranu dveří se vylepí schéma zapojení rozváděče. Oceloplechové skříně rozváděčů se navíc natírají. V případě nevyhovujícího technického stavu stávající plechové skříně se většinou provádí kompletní výměna rozváděče za plastový. U plastových rozváděčů nehrozí koroze skříně, rozváděče dosahují vyššího krytí a díky použití nevodivého materiálu je snížena možnost úrazu el. proudem. Díky vysokému krytí však musíme klást důraz na důkladné odvětrávání rozváděče (ventilační otvor je nutno pravidelně čistit), jinak hrozí kondenzace vzdušné vlhkosti uvnitř skříně.

## Zařízení VO na stožárech VO a na cizích podpěrách

Vyhovující technický stav stožárů VO je zcela zásadní pro bezpečnost celé osvětlovací soustavy a jeho kontrola by neměla být opomíjena. Obzvláště důležité je provádět pravidelné kontroly u ocelových stožárů VO, které se přibližují hranici své životnosti. Jedině tak se lze vyhnout nepříjemným a nebezpečným situacím, kdy zkorodovaný stožár VO při svém pádu může způsobit škody na životech lidí nebo na majetku. Poškození stožáru (zejména koroze) nemusí být zcela zřejmé na první pohled a rovněž pád stožárů může nastat až působením většího zatížení (např. při vichřici). Jednou z metod určení technického stavu stožárů je ultrazvuková bezdemontážní diagnostika, kdy je prováděno měření tloušťky stěny dřívku stožáru. Aby bylo měření provedeno v teoreticky nejhorším možném místě, je nutno rozbít betonovou patku kolem stožáru a měření provést v úrovni přechodu dřívku do země. Tato problematika je poměrně rozsáhlá a přesahuje rámec tohoto příspěvku. Pokud jsou stávající stožáry v nevyhovujícím stavu, je nutno urychleně zajistit výměnu stožáru, případně provedení celkové rekonstrukce osvětlovací soustavy. Nově používáme stožáry žárově zinkované (min. ve spodní části dřívku) nebo stožáry z materiálu nepodléhajících korozi (např. hliníkové). V Ostravě jsou v případě použití ocelových stožárů požadovány ochranné zesilovací manžety v místě vetknutí stožáru do země (s výjimkou stožárů, kde by manžeta rušila estetický vzhled - např. stožáry kónické apod.). V případě vyhovujícího stavu stávajících stožárů je možno provést dále popsané práce. Nejdůležitější z nich je očištění a odrezivění povrchu a následné provedení důkladného nátěru stožárů a výložníků. U stožárů paticových je nutno provést rovněž nátěr prostoru pod paticí, u stožárů bezpaticových je doporučeno provést nátěr prostoru elektrovýzbroje (je-li elektrovýzbroj měněna). U výložníků je nutno zkontrolovat technický stav samotného výložníku a rovněž upevňovacích konstrukcí a šroubů. V případě nevyhovujícího stavu je potřeba provést výměnu výložníků. Ve spodních částech stožárů umístěných v zeleni je nutno opravit poškozené betonové patky, u stožárů, kde tyto patky zcela chybí je nutno zhotovit nové. Je potřeba zajistit, aby betonová patka dosahovala min. 50 až 100 mm nad úroveň terénu, aby plnila svou funkci. V závislosti na technickém stavu je potřeba provést výměnu stávající elektrovýzbroje nebo její vyčištění a dotažení a nakonzervování spojů. V případě nevyhovujícího krytí je vhodné stávající elektrovýzbroj doplnit schváleným typem krytek, jež zajistí min. krytí výzbroje IP2X nebo IPXXB při otevřených dveřích v souladu s ČSN 33 2000-7-714. V případě výměny elektrovýzbroje je několik možností. Jednou z nich může být zapouzďřená elektrovýzbroj, která přináší nesporné výhody z hlediska zamezení úrazu elektrickým proudem. Má však i některé nevýhody. Při instalaci do stávajících stožárů není většinou možné dokonalé přizpůsobení stávajících kabelů (mají oddělené žíly bez společného pláště a není zaručeno požadované utěsnění kabelů). Použití těchto výzbrojí není rovněž úplně vhodné pro stávající hliníkové kabely, které vyžadují dotahování spojů a jsou náchylné k lámání (kabely je nutno zkrátit a většinou není dostatečná délková rezerva). Lze je však doporučit do stožárů, kde jsou rozvody VO provedeny měděnými kabely, zejména při nových instalacích. Zde bezpečnostní klady převažují nad případnými „nářky“ revizních techniků a pracovníků údržby VO nad pracnějším přístupem ke svorkám pro měření. Doporučený typ používaných stožárových rozvodnic může být uveden v dříve zmiňovaných standardech VO.

Stávající patice je nutno důkladně těsnit proti zatékání. V případě poškození se přistupuje k jejich výměně a převážně se používají patice nekovové, které pak nejsou terčem zlodějů kovů. Dvířka stožárů i patic je nutno označit výstražným bleskem. Svodové kabely se mění v případě nevyhovujícího stavu nebo v případě nevhodného typu (Al svody, dvoužilové svody apod.). Výměnu svodových kabelů je vhodné provádět při výměně svítidel. Pozornost si zaslouží rovněž ošetření stávajících zemniců ochranným nátěrem a řádné označení. Občas se můžeme setkat s případy, kdy vlivem působení agresivních látek (zejména psí moči) jsou zemniče těsně nad



zemí zcela zkorodované. Pak je potřebné zemnič v nezbytné délce odkopat a naspojovat zemničem novým. V neposlední řadě je nutno pozornost věnovat stávajícím svídlům. Jedná-li se o svídlá v dobrém technickém stavu, která stále plní svou funkci, provede se umytí těchto svídlů a vyčištění jejich optických částí a kontrola krytí svídlů a stavu předřadníků. V rámci PÚ je vhodné současně provést i plošnou výměnu světelných zdrojů ve svídlích, blíží-li se stáří použitých zdrojů předpokládané době výměny. V případě zastaralých, neúčinných či jinak poškozených stávajících svídlů by se mělo přistoupit k výměně svídlů. Výměnu svídlů je nutno provést na základě provedených světelně-technických výpočtů a osvětlovací soustava by měla splňovat požadavky platných norem (ČSN EN 13 201). Je namístě upozornit, že provedení výměny svídlů bývá často odkládáno z důvodu značné finanční náročnosti. Před provedením výměny svídlů je nutno ověřit, zda technický stav zbývajících součástí zařízení VO je takový, že osvětlovací soustava nebude v blízké době vyžadovat kompletní rekonstrukci.

### **Závěr**

Zmíněná problematika je poměrně rozsáhlá a její kompletní rozbor by značně převyšoval rozsah tohoto příspěvku. Zmíněny nemohly být všechny prováděné práce na stávajícím zařízení VO ani všechny druhy běžně používaného zařízení VO. Obsah článku by měl být pouze prvním vodítkem při plánování péče o zařízení VO s cílem dosažení maximální spolehlivosti bezpečnost a životnosti.

### **Literatura a odkazy**

- [1] Ing. Alena Muchová a kol.: Generel veřejného osvětlení Statutárního města Ostravy
- [2] ČSN 33 2000-1 Elektrické instalace budov - Část 1: Rozsah platnosti, účel a základní hlediska
- [3] ČSN 33 2000-7-714 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení, Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech, Zařízení pro venkovní osvětlení

# Problematika mezopického vidění

Jiří Habel, Prof. Ing., DrSc., Petr Žák, Ing., PhD.

ČVUT Praha, fakulta elektrotechnická

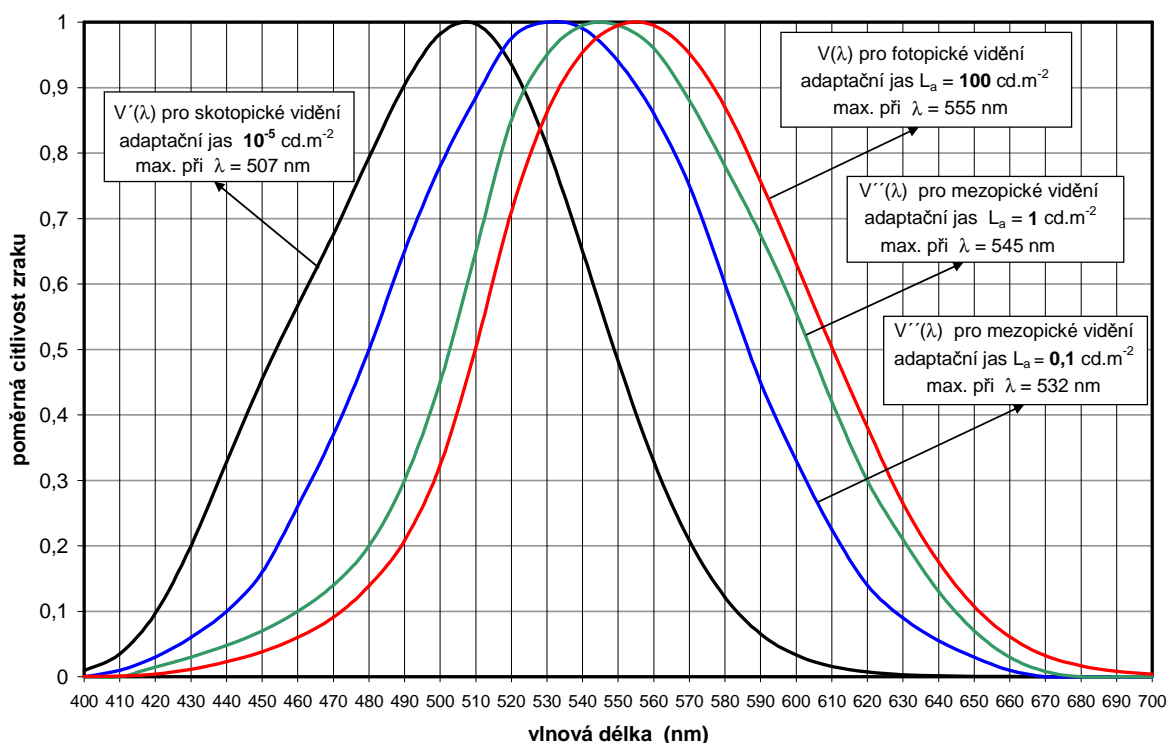
[habel@fel.cvut.cz](mailto:habel@fel.cvut.cz), [zak@etna.cz](mailto:zak@etna.cz)

Spektrální citlivost zraku člověka je závislá na parametrech světelného mikroklimatu vytvořeného v daném vnitřním či venkovním prostředí. Základní veličinou, která určuje úroveň citlivosti zraku k záření různých vlnových délek, je adaptační jas. V zásadě se rozlišují dva krajní případy, a to podmínky fotopického (denního) a skotopického (nočního) vidění.

Fotopické vidění je spojeno zejména s činností fotoreceptorů, které umožňují i barevné vidění, tj. s čípkami, umístěnými převážně v centrální části sítnice (žlutá skvrna). Podmínky denního vidění bývají nejčastěji splněny při hladinách adaptačního jasu přibližně od více než  $3 \text{ cd.m}^{-2}$ . Názory na tuto mez nejsou doposud sjednoceny [1]. Skotopické vidění je pak převážně spojeno s činností výrazně citlivějších fotoreceptorů, tj. tyčinek, které jsou rozmístěny zvláště v okolí žluté skvrny a v dalších krajních oblastech sítnice. Noční vidění je většinou spojováno s adaptačními jasy nižšími, než asi několik setin, či dokonce jen tisícín  $\text{cd.m}^{-2}$  [1].

## 1. Fotopické, mezopické a skotopické vidění

Vzhledem k individuálnímu charakteru citlivosti lidského zraku a nezbytnosti sjednocení světelných technických výpočtů definovala Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) tzv. *normálního fotometrického pozorovatele*. Příklad fotopického vidění zmíněného pozorovatele charakterizuje křivka poměrné spektrální citlivosti  $V(\lambda)$  a skotopického vidění pak křivka  $V'(\lambda)$ , které jsou nakresleny na obr. 1.



Obr. 1 Křivky poměrné spektrální citlivosti zraku k záření různých vlnových délek (resp. průběhy poměrných světelných účinností záření) pro vidění fotopické (adaptační jas  $L_a = 100 \text{ cd.m}^{-2}$ ), mezopické (adaptační jasy  $L_a = 1 \text{ cd.m}^{-2}$ ,  $0,1 \text{ cd.m}^{-2}$ ) a skotopické (adaptační jas  $L_a = 10^{-5} \text{ cd.m}^{-2}$ )

Mezi oběma uvedenými krajními případy fotopického a skotopického vidění je oblast tzv. *mezopického* vidění, kdy se v té či oné míře uplatňují oba typy fotoreceptorů. Doposud není ani v rámci Mezinárodní komise pro osvětlování CIE vypracován jednotný přístup k řešení otázek světelně technických výpočtů a měření v oblasti mezopického vidění.

Pro další výklad problematiky mezopického vidění je důležité si připomenout, že v soustavě SI je základní jednotkou svítivosti 1 kandela. Z této jednotky jsou pak odvozeny ostatní světelně technické veličiny. Podle usnesení 16. generální konference „Míry a váhy“ z roku 1979 je jedna kandela rovna svítivosti zdroje, který vyzařuje v určitém směru monochromatické záření o frekvenci  $540 \cdot 10^{12}$  Hz, při čemž zářivost zdroje v tomto směru je  $1/683 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1}$  (wattů na steradián). Zmíněný kmitočet odpovídá ve standardním ovzduší (20°C; 50% vlhkost, tlak 101 3,2472 hPa, index lomu  $N = 1,000279668$ ) základní vlnové délce  $\lambda_z = 555,016 \text{ nm}$ .

Při uvedené základní vlnové délce 555 nm je spektrální citlivost lidského zraku pro fotopické i pro skotopické vidění shodná a rovná  $683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ . Z toho vyplývá, že ve všech zmíněných stavech vidění lze pracovat se světelnými toky udávanými v lumenech.

Konstanta  $683 \text{ cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{W}^{-1}$  představovala v roce 1979 nejlepší odhad maxima světelné účinnosti pro fotopické vidění  $K_m$ , který zachovával předchozí úroveň fotopické kandel a dnes je (definovanou) konstantou, která spojuje fyzikální fotometrii a optickou radiometrii. Tato definice byla zavedena v době, kdy došlo ke zvýšení velikosti kandel pro skotopické vidění asi o 3% (vlivem nové definice), ale tato malá odchylka byla akceptovaná. Vzhledem k tomu, že definice vychází z kmitočtu (ne z vlnové délky), je kandela nezávislá na prostředí, ve kterém se světlo šíří.

Funkce  $V(\lambda)$  a  $V'(\lambda)$  poměrné spektrální citlivosti zraku definované v normě ISO/CIE [2] doplňují definici kandel z roku 1979 tak, že logicky dotvářejí systém fyzikální fotometrie. Na základě toho jsou pak definovány spektrální světelné účinnosti záření  $K(\lambda)$  pro fotopické vidění:

$$K(\lambda) = K_m \cdot V(\lambda) = \frac{\Phi_v}{\Phi_e} \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}) \quad (1)$$

a  $K'(\lambda)$  skotopické vidění

$$K'(\lambda) = K'_m \cdot V'(\lambda) = \frac{\Phi'_v}{\Phi_e} \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}) \quad (2)$$

kde  $K_m$  a  $K'_m$  označují maximální hodnoty  $K(\lambda)$  a  $K'(\lambda)$ , přičemž platí, že

$$K_m = K(555 \text{ nm})$$

$$K'_m = K'(507 \text{ nm}).$$

Kmitočet  $540 \times 10^{12}$  odpovídá vlnové délce 555,016 nm ve standardním ovzduší a z definice kandel vyplývá, že

$$K(555,016) = K'(555,016) = 683,002 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \quad (3)$$

Z křivky pro skotopické vidění (obr.1) lze pro vlnovou délku 555,016 nm odečíst poměrnou spektrální světelnou účinnost  $V'(555,016) = 0,401753$ . Ze vztahů 1 a 2 pak vyplývá, že:

$$K_m = 683 (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}) / V(555,016) = 683,002 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \quad (4)$$

$$K'_m = 683 (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}) / V'(555,016) = 1700,05 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \quad (5)$$

V praxi se běžně pracuje se zaokrouhlenými hodnotami, a to

$$K_m = 683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$$

$$K'_m = 1700 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$$

Vzhledem k tomu, že mezopické vidění zahrnuje jak vidění prostřednictvím čípků (tj. vidění fotopické), tak i tyčinek (vidění skotopické) je třeba při charakterizování světelného prostředí v podmínkách mezopického vidění vycházet z podmínky uvedené ve vztahu (3). Pro hodnoty světelných účinností záření  $K''(555,016)$  v mezopické oblasti při základní vlnové délce  $\lambda_m = 555,016 \text{ nm}$  pak platí rovnice

$$K(555,016) = K'(555,016) = K''(555,016) = 683,002 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1} \quad (6)$$

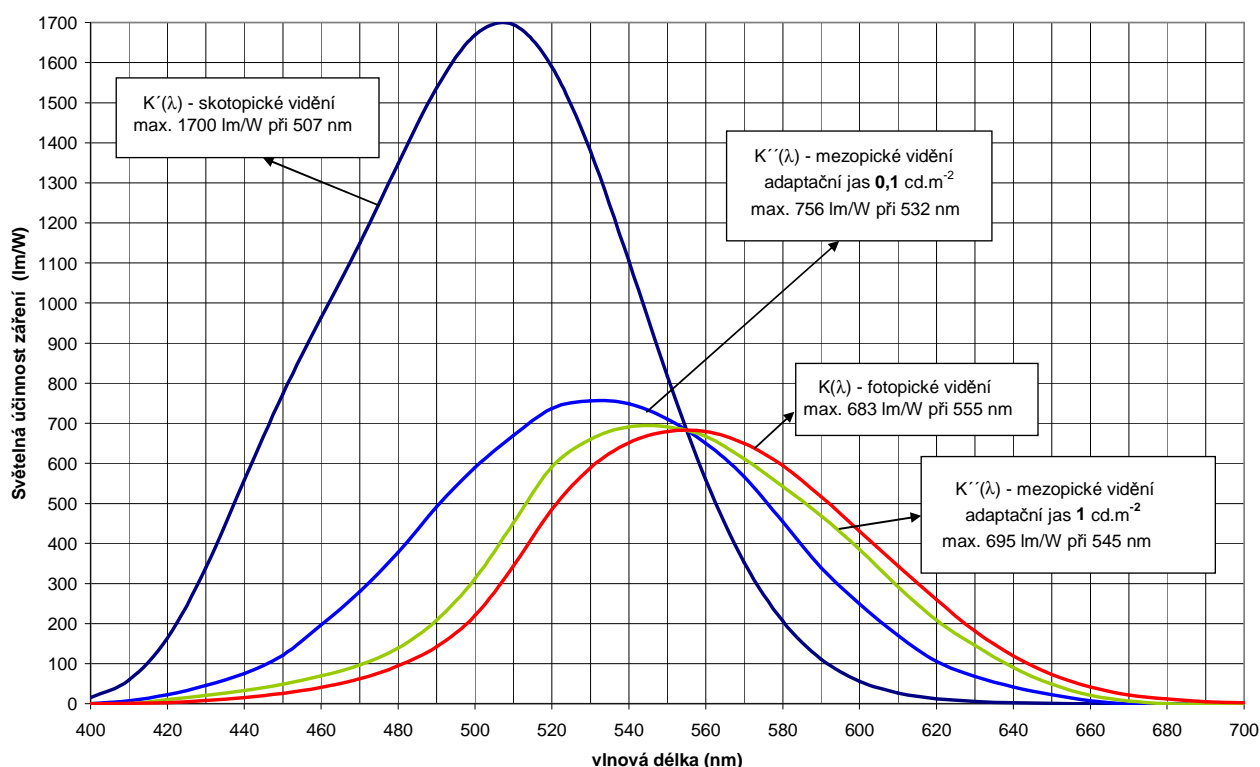
Obdobným postupem jako v případě fotopického a skotopického vidění lze pak stanovit poměrné spektrální světelné účinnosti  $V''(555)$ , jejich absolutní hodnoty  $K''(\lambda)$  a jim odpovídající maxima  $K''_m$  pro různé adaptační jasy  $L_a$  také v oblasti mezopického vidění. Např.:

$$L_a = 0,1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}; \quad V''(555) = 0,9035; \quad K''_m = 683/0,9035 = 755,949 \approx 756 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1} \text{ při } \lambda = 532 \text{ nm}$$

$$L_a = 1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}; \quad V''(555) = 0,9825; \quad K''_m = 683/0,9825 = 695,165 \approx 695 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1} \text{ při } \lambda = 545 \text{ nm}.$$

## 2. Mezopické vidění v praxi

V běžných vnitřních prostorech s umělým osvětlením jsou adaptační jasy většinou vyšší než cca  $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$  a proto se průběhy poměrné spektrální citlivosti jen relativně málo liší od křivky  $V(\lambda)$ , obr.1. Výjimkou je případ nouzového osvětlení, kde jsou adaptační jasy výrazně nižší, např.  $0,1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .



Obr.2 Průběhy absolutních hodnot světelných účinností záření pro vidění fotopické, mezopické a skotopické

V případě venkovních prostorů s umělým osvětlením jsou adaptační jasy nižší (např. 0,1 až 1 cd.m<sup>-2</sup>) než v běžných interiérech, neboť většinou nejde o prostory obklopené velkými světelně činnými plochami, které by podstatně ovlivňovaly hladiny adaptačního jasu. Proto se často zraková činnost ve venkovních prostorech odehrává v oblasti mezopického vidění. Typickým příkladem je vidění na uměle osvětlené komunikaci, kde mohou adaptační jasy být např. cca 0,3 cd.m<sup>-2</sup>.

V současné světelně technické praxi se počítá výhradně se světelně technickými veličinami odpovídajícími podmínkám fotopického vidění. Tato skutečnost však ve zmíněných případech venkovního a nouzového osvětlení způsobuje jisté odchylky mezi subjektivním vjemem pozorovatele a objektivními hodnotami fotometrických veličin. Velikost odchylek souvisí s adaptačními podmínkami i se spektrálním složením záření použitých světelných zdrojů.

Na obr. 2 jsou uvedeny průběhy spektrální světelné účinnosti zraku pro různé adaptační jasy umožňující převod energetických veličin záření na světelně technické veličiny. Je zřejmé, že pro různé úrovně adaptačních jasů pozorovatele se světelný tok odpovídající zářivému toku určitého světelného zdroje může významně lišit.

Vliv spektrálního složení záření světelných zdrojů na odchylku mezi subjektivním hodnocením situace pozorovatelem a výsledky objektivních fotometrických výpočtů či měření lze dokumentovat porovnáním hodnot světelných toků zdrojů pro různé adaptační jasy.

V případě teplotních světelných zdrojů jsou zmíněné odchylky relativně malé. Pro světelné zdroje s čárovým spektrem mohou však být až desetinásobné. Například pro adaptační jasy nižší než 0,1 cd.m<sup>-2</sup> bude při stejných hodnotách fotopického jasu pozorovatel vnímat modré světlo 10 krát intenzivněji než světlo běžného teplotního zdroje.

Dalším názorným příkladem popsaného jevu jsou nízkotlaké sodíkové výbojky. Jejich zářivý tok je soustředěn v blízkosti vlnové délky 589 nm, tedy do oblasti, v které je lidské oko při fotopickém vidění poměrně velmi citlivé. Proto fotopickými přístroji naměřené hodnoty světelných veličin budou v tomto případě vysoké. S poklesem hladin osvětlenosti do mezopické oblasti se citlivost oka na tento typ záření podstatně snižuje a výsledný dojem z osvětlení je výrazně temnější v porovnání s údaji fotopických přístrojů. Ještě větší odchylky se projeví při měření červeného světla, které se využívá např. k signalizaci v lodní a letecké dopravě. Pro ilustraci jsou v tab. 1 vypočteny světelné toky vybraných světelných zdrojů pro různé adaptační jasy zraku pozorovatele.

Vidění	Světelný zdroj			
	klasická žárovka 100 W	lineární zářivka 24 W / 840	halogenidová výbojka 150 W / 830	vysokotlaká sodíková výbojka 150 W
	Světelný tok (lm)			
fotopické	<b>1380</b>	<b>1750</b>	<b>14500</b>	<b>16700</b>
mezopické ( $L_a = 1 \text{ cd.m}^{-2}$ )	<b>1390</b>	<b>1700</b>	<b>14200</b>	<b>15420</b>
mezopické ( $L_a = 0,1 \text{ cd.m}^{-2}$ )	<b>1510</b>	<b>1660</b>	<b>13940</b>	<b>13010</b>
skotopické	<b>2730</b>	<b>2440</b>	<b>20080</b>	<b>10480</b>

Tab. 1 Porovnání světelných toků různých typů světelných zdrojů při vidění fotopickém, mezopickém a skotopickém

### 3. Závěr

Hlavním důvodem chybějícího systému mezopické fotometrie je mimořádná složitost této problematiky. V souladu se standardní definicí světla podle CIE se vyžaduje, aby měřené veličiny byly svázané s procesem vidění. Z pohledu vidění musí být vyšší jas vztážen k účinnějšímu podnětu než jas nižší. V oblasti fotopického vidění je této vazby dosaženo integrací spektrálního průběhu zářivého toku podle funkce  $V(\lambda)$  a v oblasti skotopického vidění podle funkce  $V'(\lambda)$ . Pro popis mezopického vidění nestačí však pouze jedna křivka spektrální světelné účinnosti, ale je třeba celé sady křivek, u kterých se s klesající úrovní osvětlení od fotopického ke skotopickému vidění mění jejich tvar i maximální hodnota (obr.2) [3], [4], [5].

Vzhledem k tomu, že podle definice zahrnuje mezopické vidění jak vidění prostřednictvím čípků, tak i tyčinek, vyskytují se v něm všechny problémy, které se projevují ve fotopické fotometrii. Mezi základní problémy při popisu fotopického vidění patří chyby aditivity, chybějící vazba mezi *jasností* (brightness) a *jasem* (luminance) a dva základní typy křivek světelné účinnosti (zorné pole  $4^\circ$  a  $10^\circ$ ) závislé na použitých zrakových kritériích. Složitost mezopické fotometrie je dále zvýšena kombinací fotopických a skotopických systémů, a příslušnou křivkou světelné účinnosti, která závisí na velikosti a uspořádání oblasti podnětu.

Prvé přístupy k řešení mezopického vidění logicky vycházely z přístupů používaných k hodnocení fotopického a skotopického vidění s využitím průběhů spektrální citlivosti zraku člověka, tj. z křivek  $V(\lambda)$  a  $V'(\lambda)$ . Výsledkem bylo definování několika průběhů spektrální citlivosti zraku člověka v mezopické oblasti vidění v závislosti na adaptačním jasu (obr.1). Tento přístup je však z praktického hlediska komplikovaný.

Další přístupy k řešení mezopického vidění vycházejí z předpokladu, že v mezopické oblasti se uplatňují oba typy fotoreceptorů a tudíž výsledný efekt je určován určitou váženou kombinací vidění fotopického a skotopického. K této metodice patří i návrh Palmera presentovaný na zasedání CIE ve Washingtonu v roce 1967. Jeho přístup je založen na stanovení váženého průměru fotopických a skotopických jasů. Při hledání optimálního řešení byla testována řada empirických vzorců. Při testech se porovnávaly jasnosti mezi řadou různých světelných podmínek v mezopické oblasti [6].

Další způsob řešení představují práce Kokoschky [7], ve kterých jsou v empirických vzorcích aplikovány místo dvou proměnných dokonce proměnné čtyři. Autor se tím snaží zahrnout působení všech běžných fotoreceptorů, to znamená, jak vliv tří typů čípků, tak i tyčinek. K uvedenému účelu využívá jednak trichromatické složky  $X_{10}$ ,  $Y_{10}$ ,  $Z_{10}$  (trichromatické složky barevného podnětu v doplňkové kolorimetrické soustavě CIE 1964 s vrcholovým úhlem centrální oblasti zorného pole nejméně  $4^\circ$ ) a jednak funkce  $V'(\lambda)$ .

V současné době se ve světě sledují dva směry výzkumu. Prvý směr představují práce Sagawovi, který se zaměřuje (obdobně jako Kokoschka) na stanovení čtyř komponentů v empirických vztazích. Druhý směr, rozpracovávaný v rámci projektu konsorcia MOVE, vychází z prací Palmera, je zaměřen spíše na oblast osvětlování komunikací a přechází se v něm od sledování jasových poměrů k analýze zrakového výkonu. Popsaná studie je součástí výzkumného záměru MSM 6840770017 „Rozvoj, spolehlivost a bezpečnost elektrotechnických systémů“

### Literatura a odkazy

- [1] The IESNA Lighting Handbook – 9th Edition, IESNA, 2000
- [2] ISO 23539/CIE S010:2005 Photometry – The CIE system of physical photometry, 2005
- [3] Wright, W.D.: Researches on Normal and Defective Colour Vision. Londýn, Kimpton, 1946, str. 80 - 85.
- [4] Kinney, J.A.S.: Sensitivity of the eye to the spectral radiation at scotopic and mesopic intensity levels. J. Opt. Soc. Amer. Č. 45, str 507-514, 1955.
- [5] Kinney, J.A.S.: Comparison of scotopic, mesopic and photopic spectral sensitivity curves. J. Opt. Soc. Amer. 48 str. 185 – 190, 1958.
- [6] Palmer, D.A.: Mesopic photometry with non-monochromatic lights. J. Opt. Soc. Amer. č.64, str.1386, 1974.
- [7] Kokoschka, S: Untersuchungen zur mesopischen Strahlungsbewertung. Die Farbe č. 21, str. 39-112, 1972.

# Spolehlivost napájení veřejného osvětlení

Ing. Veronika Heritesová

ARMEX ENERGY, a.s., Folknářská 1246/21, 40502 Děčín

tel.: +420 412 512 784, <http://www.armexenergy.cz>, e-mail: [v.heritesova@armexenergy.cz](mailto:v.heritesova@armexenergy.cz)

Prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.

katedra elektroenergetiky VSB – TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba,

tel.: +420 597 324 377, <http://www.vsb.cz>, e-mail: [stanislav.rusek@vsb.cz](mailto:stanislav.rusek@vsb.cz)

## 1. Úvod

Spolehlivostní výpočty v elektroenergetice jsou již dnes běžnou součástí studií, projektů, provozních i dispečerských výpočtů. Také se rychle aplikují principy spolehlivostně orientované údržby, diskutuje se hodnota a cena pravděpodobně nedodané elektrické energie atd. Spolehlivostní výpočty jsou v současné době realizovány hlavně na napěťových hladinách VN a hladinách vyšších.

V oblasti sítí NN, do které převážně spadá problematika veřejného osvětlení, se provádí spolehlivostní výpočty jen ojediněle. Jedním z důvodů této situace je fakt, že sítě NN jsou obecně považovány za méně důležité než sítě vyšších napěťových hladin. Ze spolehlivostního hlediska je ovšem mnohem vážnější fakt, že pro spolehlivostní výpočty sítí NN nejsou, zatím, hodnověrná vstupní spolehlivostní data.

Přesto se však provádějí spolehlivostní výpočty, jejichž výsledky slouží k srovnání jednotlivých variant konfigurace sítí NN. Pokud je použito stejné metodiky získání vstupních spolehlivostních údajů, jsou výsledky spolehlivostních výpočtů cenné pro porovnání jednotlivých variant, i když absolutní spolehlivostní parametry nejsou objektivní.

## 2. Spolehlivostní ukazatele

Výsledkem spolehlivostních výpočtů je většinou hodnota spolehlivosti v určeném bodě napájecí soustavy. Hodnota spolehlivosti může být vyjádřena celou řadou spolehlivostních veličin.

Pro metodu spolehlivostních schémat existují pro každý prvek následující vstupní spolehlivostní údaje:

intenzita poruch  $\lambda_p$  (rok<sup>-1</sup>)

střední doba trvání poruchy  $\tau_p$  (h)

intenzita údržby  $\lambda_u$  (rok<sup>-1</sup>)

střední doba trvání údržby  $\tau_u$  (h)

V případě zanedbání údržbového prostoje, což je u kabelových vedení nutné, lze pravděpodobnost bezporuchového chodu vyjádřit následovně :

$$R = 1 - \frac{\lambda_p \cdot \tau_p}{8760} \quad (2.1)$$

Intenzita poruch se u kabelového vedení vztahuje na délku 100 km. Potom lze vztah pro pravděpodobnost bezporuchového chodu kabelů vyjádřit následovně :

$$R = 1 - \frac{\lambda_{pk} \cdot l_k \cdot \tau_p}{876000} \quad (2.2)$$

intenzita poruch kabelového vedení vztažená na 100 km  $\lambda_{pk}$  (rok<sup>-1</sup>)

střední doba trvání poruchy  $\tau_p$  (h)

délka kabelu  $l_k$  (km)

Výsledkem spolehlivostních výpočtů pak může být hodnota intenzity výpadků a střední doby výpadků v daném bodě elektrické sítě nebo hodnota pravděpodobnosti bezporuchového chodu.

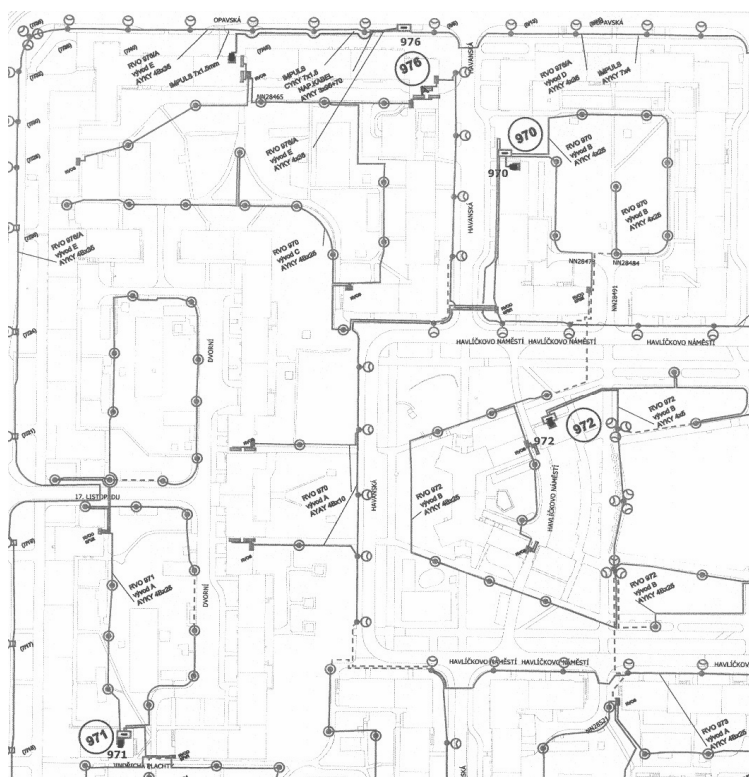
### 3. Napájecí síť veřejného osvětlení

Pro spolehlivostní výpočet byla vybrána modelová napájecí síť NN veřejného osvětlení (dále jen VO). K dispozici byla pouze schémata jedné koncepce napájení VO. Osvětlovací tělesa jsou napájena jako „okružní rozpojené vedení“. V případě poruchy se provede manipulace okruh je napájen z druhé strany.

Příklad sítě VO je na obr. 3.1. Z analýzy reálné sítě napájení VO byl vytvořen následující modelový příklad napájecí sítě NN VO.

Každá smyčka má průměrně 14 svítidel s průměrným příkonem 100 W. Průměrná vzdálenost mezi svítidly (také vzdálenost napájecího rozváděče a prvního svítidla) je asi 30 m. Smyčka je rozpojena mezi 10. a 11. svítidlem, to znamená, že jedna větev napájí 10 svítidel, druhá větev napájí 4 svítidla.

Tento modelový příklad bude analyzován z hlediska ztrát a spolehlivosti. Protože není k dispozici jiná struktura napájení sítě VO, bude se analýza zabývat pouze optimalizací místa rozpojení napájecí smyčky a vlivem manipulačního času na spolehlivost napájení jednotlivých svítidel.



Obr. 3.1



### 3.1 Ztráty v napájecí síti

Pro výpočet ztrát byly použity tyto údaje :

Kabel AYKY 25 mm<sup>2</sup>,  $R_K = 1,233 \Omega \cdot \text{km}^{-1}$

Příkon svítidla 100 W

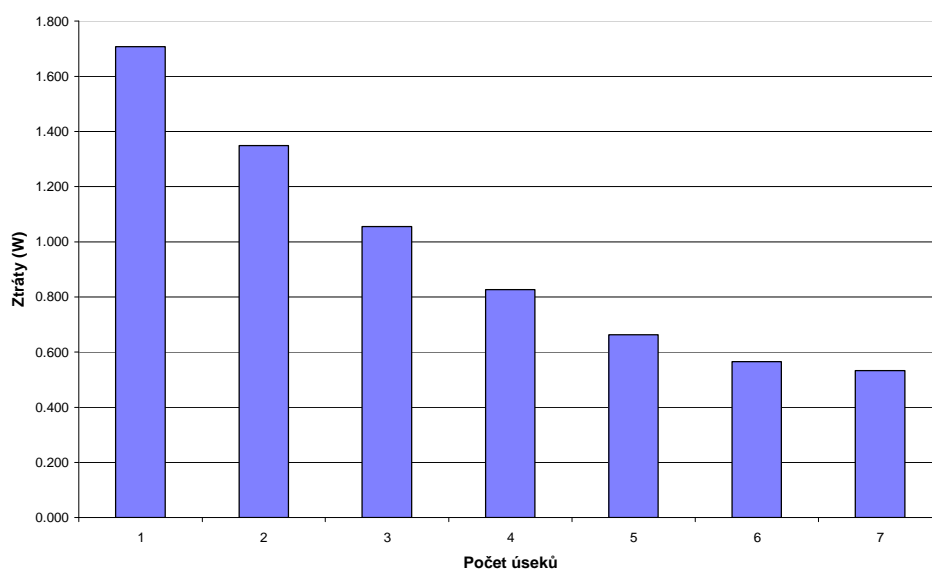
Jmenovité fázové napětí  $U_f = 230 \text{ V}$

Při výpočtu bylo provedeno zjednodušení, že všechny tři fáze jsou zatíženy rovnoměrně, což u daného modelového příkladu přesně neplatí.

Z teorie je jasné, že z hlediska elektrických ztrát by bylo optimální, aby každá větev okružního vedení byla stejně zatížena. Smyčka by měla být rozdělena mezi 7. a 8. svítidlem. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v tab. 3.1.1 a graf ztrát je na obr. 3.1.1.

Počet úseků	Ztráty W	Ztráty 2 úseků W
1	0.001	1.708
13	1.707	
2	0.006	1.349
12	1.343	
3	0.021	1.055
11	1.034	
<b>4</b>	<b>0.050</b>	<b>0.827</b>
<b>10</b>	<b>0.777</b>	
5	0.097	0.664
9	0.566	
6	0.168	0.566
8	0.398	
7	0.266	0.533
7	0.266	

Tab. 3.1.1



➤ Obr. 3.1.1

Z tabulky a grafu vyplývá, že skutečné ztráty modelového příkladu jsou asi 0,8W, optimální ztráty pak mají hodnotu 0,5 W.

### 3.2 Spolehlivost napájecí sítě

Pro spolehlivostní výpočty byly definovány následující zjednodušující předpoklady :

napájecí rozváděč NN je bod s absolutní spolehlivostí,

spolehlivostní parametry kabelu NN jsou závislé pouze na jeho délce,

spolehlivostní výpočty nerespektují fakt, že VO je používáno pouze v části dne.

Pro spolehlivostní výpočty byla použita základní metoda spolehlivostních schémat, která respektuje manipulační čas, tedy tzv. „studenou rezervu“.

Pro stanovení spolehlivostních parametrů kabelového vedení NN bylo použito výsledků analýzy databáze poruch a databáze odborných odhadů. Pro výpočet byly použity následující spolehlivostní parametry :

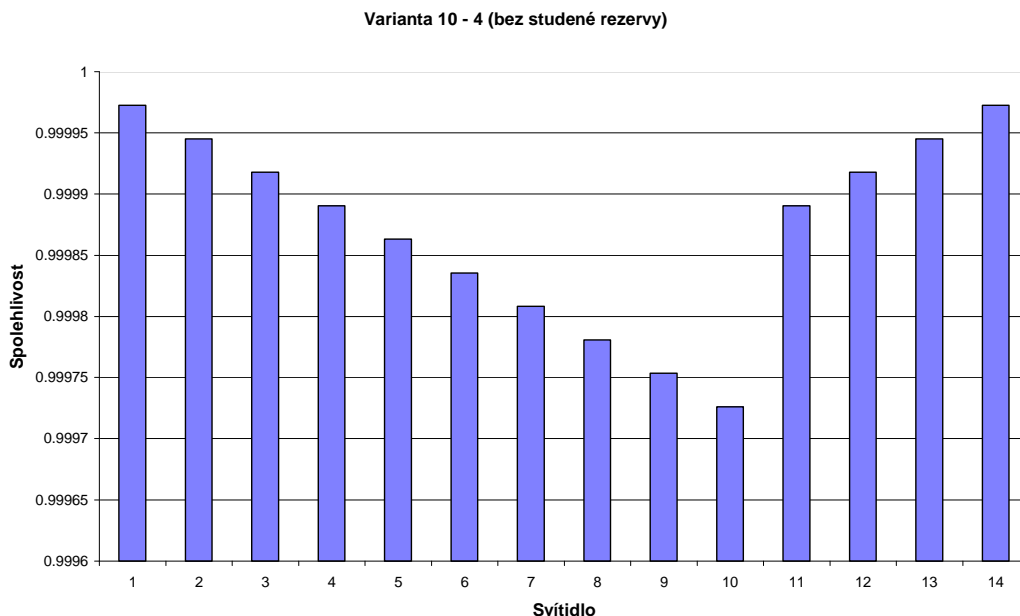
intenzita poruch kabelu vztahovaná na 100 km  $\lambda_{pk} = 10 \text{ rok}^{-1}$

střední doba trvání poruchy  $\tau_p = 80 \text{ h}$

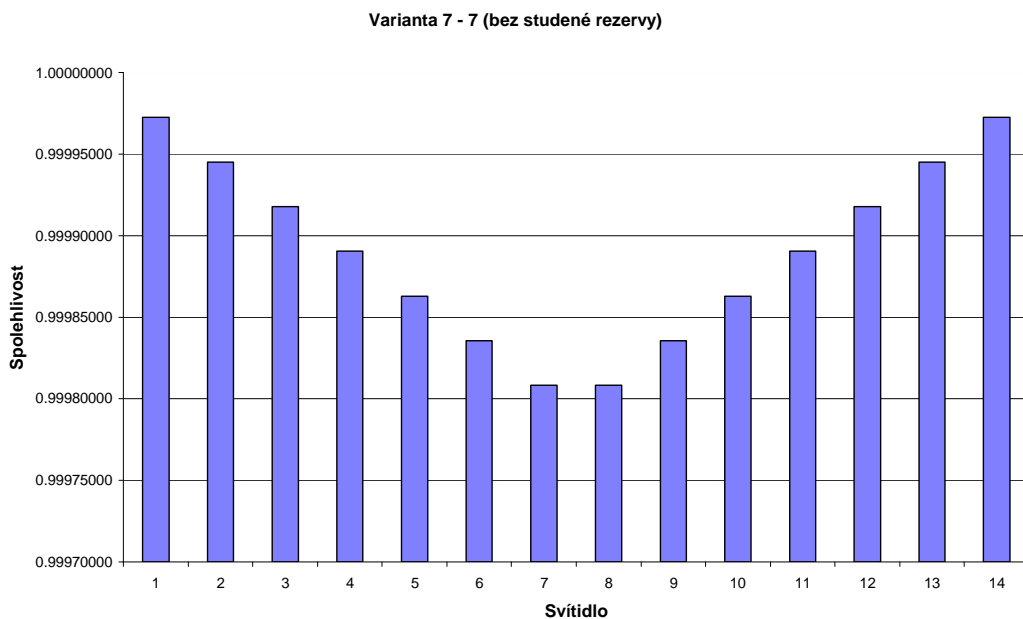
manipulační čas byl uvažován v rozmezí 2 – 8 h.

Výsledky spolehlivostních výpočtů jsou uvedeny v následujících grafech (obr. 3.2.1 až 5). Aby bylo možno srovnávat jednotlivé varianty, byla pro vyjádření spolehlivosti použita pravděpodobnost bezporuchového chodu. Výpočty spolehlivosti byly provedeny pro všechna svítidla modelové smyčky (14 svítidel).

Nejdříve byly spolehlivostní výpočty provedeny pro případ „bez studené rezervy“, tedy pro případ, kdy by smyčka byla provozována rozpojená, bez manipulace při poruše. Obr. 3.2.1 znázorňuje graf spolehlivosti modelové smyčky, obr. 3.2.2 graf spolehlivosti v případě, že by smyčka byla rozdělena mezi 7. a 8. svítidlem (optimum ztrát).



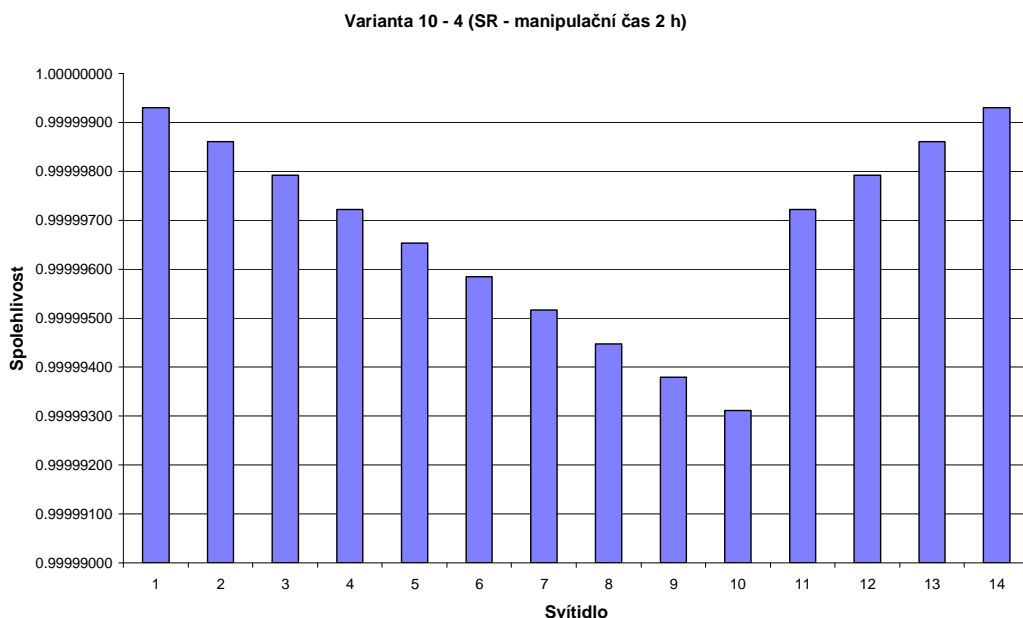
➤ Obr. 3.2.1



➤ Obr. 3.2.2

Výsledky odpovídají předpokladům, tj. spolehlivost napájení svítidla je dána délkou napájecího kabelu.

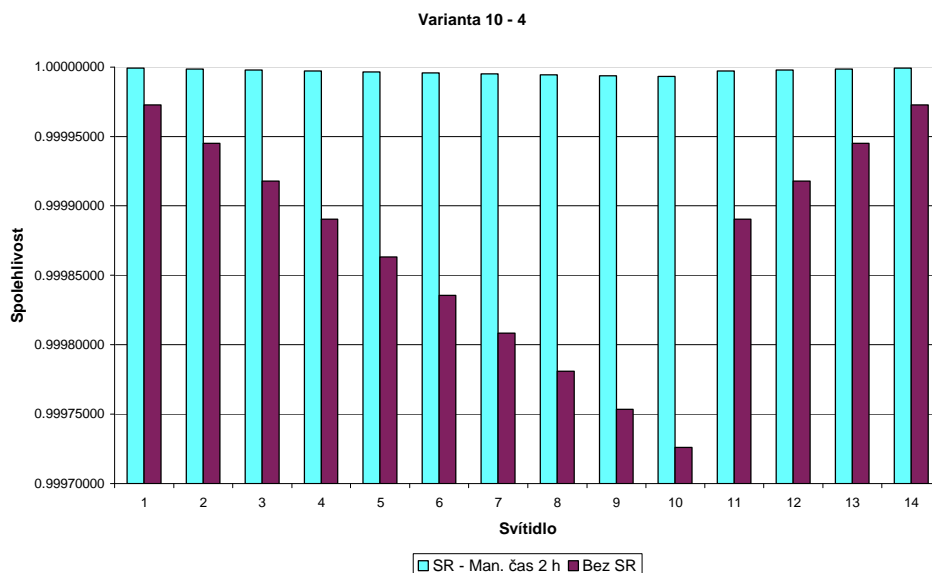
Jestliže budeme uvažovat studenou rezervu, tedy možnost manipulace při poruše, spolehlivost napájení stoupne. Obr. 3.2.3 ukazuje spolehlivost napájení jednotlivých svítidel za předpokladu manipulačního času 2 h.



➤ Obr. 3.2.3

Jak vyplývá z uvedeného grafu, spolehlivost se zvýší o „dvě devítky“ na dalších desetinných místech.

Srovnání obou spolehlivostí, se studenou rezervou a bez ní, zobrazuje graf na obr. 3.2.4.



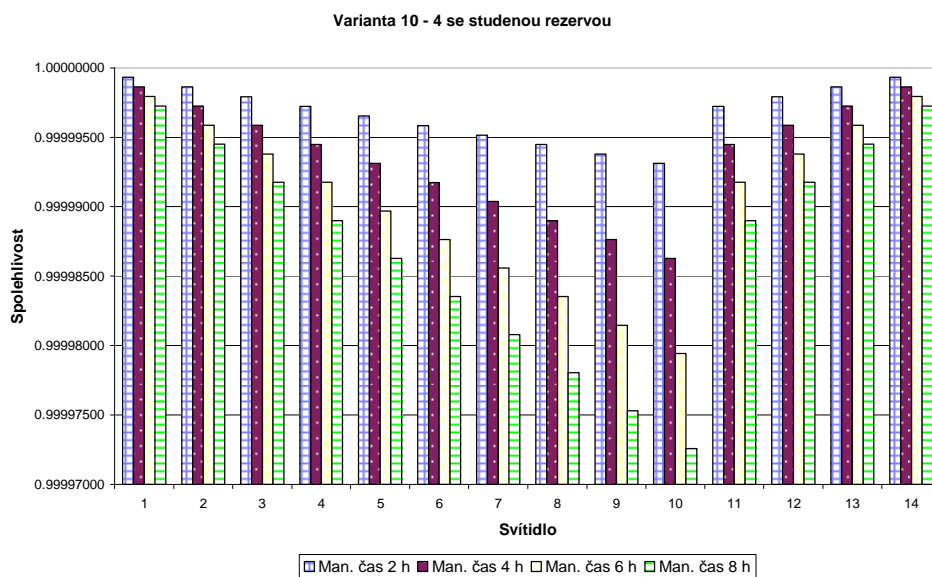
➤ Obr. 3.2.4

Z grafů na obr. 3.2.3 a 3.2.4 vyplývá, že studená rezerva, tedy možnost manipulace při poruše, výrazně zvyšuje spolehlivost napájení VO. Místo rozpojení napájecí smyčky nemá vliv na celkovou spolehlivost napájení VO. Spolehlivost je opět dána pouze vzdáleností svítidla od napáječe a nezávisí na tom, v které větvi se svítidlo nachází.

Poslední spolehlivostní analýza byla provedena s ohledem na velikost manipulačního času. Byly provedeny výpočty spolehlivosti napájení jednotlivých svítidel při změně manipulačního času v rozmezí 2 – 8 h. Výsledné hodnoty spolehlivosti jsou znázorněny v grafu na obr. 3.2.5.

Z výsledků je patrné, že při manipulačním čase 2 h se spolehlivost zvýší o „jednu devítku“ na desetinných místech oproti případu s manipulačním časem 8 h. Vliv manipulačního času je tedy velmi významný.

Vzhledem ke zjednodušujícím předpokladům nelze na výsledky spolehlivostních výpočtů pohlížet jako na absolutní čísla. Výsledky slouží pouze ke srovnání jednotlivých variant.



➤ Obr. 3.2.5

## 4 Závěr

V uvedeném příspěvku je řešen pouze modelový příklad napájení VO ve městě. Tento příspěvek může sloužit jako metodika pro řešení reálných sítí NN pro napájení VO. Do spolehlivostních výpočtů mohou být dále zahrnuty spolehlivostní výpočty napájení jednotlivých napájecích rozváděčů. Tak lze porovnávat spolehlivost napájení každého svítidla v dané oblasti.

Obecné závěry, které vyplývají z uvedených výpočtů, se dají shrnout do dvou bodů: místo rozpojení smyčky VO nemá vliv na celkovou spolehlivost napájení svítidel, naproti tomu má na spolehlivost napájení VO podstatný vliv manipulační čas po poruše.

## Literatura a odkazy

[1] Rusek, S. Spolehlivost napájení osvětlovacích soustav  
Sborník z konference „Kurz osvětlovací techniky XXIII“ s. 135-141, Dlouhé Stráně, Kouty nad Desnou 2004, ISBN 80-248-0659-2

[2] Tůma, J., Rusek, S., Martínek, Z., Goňo, R., Chmišinec, I.:  
Spolehlivost v elektroenergetice. I kniha, Praha: ČVUT Praha, 2006, 4, 187 - 254, ISBN 80-239-6483-6

# Projekty EU na podporu energeticky účinných osvětlovacích soustav – E - Street, Greenlight, EnLight

Luděk, Hladký, Ing.

ELTODO EG, [www.eltodo.cz](http://www.eltodo.cz), [hladkyl@eltodo.cz](mailto:hladkyl@eltodo.cz)

Na podporu členských států EU a jejich občanů byla zřízena Evropskou komisí celá řada specializovaných a decentralizovaných agentur. Tyto agentury reagují na potřebu geografické diverzifikace a na potřebu vypořádat se s novými úkoly právního, technického nebo vědeckého charakteru. Jednou z takových agentur je i výkonná agentura pro inteligentní energii ([Intelligent Energy Executive Agency, IEEA](http://www.ieea.europa.eu)). Úkolem výkonné agentury je především:

- řídit projekty a akce organizované v rámci programu IEE;
- šířit know-how a nejlepší dosažené postupy;
- podporovat výměnu a koordinaci mezi všemi zúčastněnými subjekty a dalšími činnostmi na úrovni Společenství a v členských státech;
- zpětně informovat GŘ TREN (Generální ředitelství pro dopravu a energii při Evropské komisi) a pomáhat mu zdokonalovat program;

IEEA převzala v minulém roce plnění programu pro konkurenceschopnost a inovaci na období 2007–2013 „Inteligentní energie – Evropa“ ([Intelligent Energy – Europe, IEE](http://www.intelligent-energy.eu)). Na podporu inteligentních energeticky účinných zařízení a produktů pro venkovní i vnitřní osvětlení se v souboru „Energy efficiency“ vyskytuje hned několik projektů:

## GreenLight

Projekt GreenLight vytváří podporu pro zvyšování energetické účinnosti osvětlovacích soustav neobytných budov a pozemních komunikací formou propagace již realizovaných instalací. Program podporuje organizaci projektů rekonstrukcí nebo nových systémů osvětlení pro nerezidenční spotřebitele elektřiny (veřejné i soukromé organizace), které jsou ekonomicky rentabilní, energeticky úsporné a kvalitativně přínosné. Organizace a firmy, které úsporám energie v osvětlení věnují náležitou pozornost, mohou získat kvalitní osvětlení, zvýšit spokojenost pracovníků a návštěvníků budov a snížit své provozní náklady. Mimo to ovšem taky mohou získat nástroj vlastní propagace jako společnosti s pozitivním přístupem k ochraně životního prostředí. V ČR organizuje program Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s., SEVEN.

([www.eu-greenlight.org](http://www.eu-greenlight.org); [www.svn.cz](http://www.svn.cz), email: [juraj.krivosik@svn.cz](mailto:juraj.krivosik@svn.cz))



## EnLight

Projekt EnLight (Energy Efficiency Outdoor Lighting in Urban areas) poskytuje návod řídicím subjektům (magistrátu, obecním úřadům apod.) praktické nástroje a vhodné příklady již uskutečněných realizací tak, aby byly schopny provádět analýzu, plánování a koncepční implementaci energeticky úsporných opatření pro venkovní osvětlování.

([www.eu-enlight.org](http://www.eu-enlight.org))



## EnERLin (Energy efficient residential lighting initiative)

Záměrem projektu EnERLin je trvale se zvyšující účinnost osvětlení domácností v členských a kandidátských zemích EU. Program se především zaměřuje na podporu kompaktních zářivek v domácnostech. Cílem je koordinovaná propagační kampaň na evropské úrovni, která by měla vést k zvýšení počtu používaných kompaktních zářivek až o 50% v každé domácnosti, tím by se mělo uspořit až 11 TWh elektrické energie ročně.

([www.enerlin.enea.it](http://www.enerlin.enea.it))



## E-Street

Projekt je orientován na inteligentní osvětlovací systémy pro světlování pozemních komunikací. Hlavním cílem je zvýšení znalostí a povědomí o inteligentním osvětlení a expanze energeticky účinných systémů v Evropě. Projekt je rozdělen do několika okruhů. Jedná se především o hodnocení energetických úspor a návrh možností pro snížení energetické náročnosti. Odhaduje se, že celková spotřeba energie pro osvětlení pozemních komunikací v Evropě tvoří 59,760 TWh ročně. Důležitou kapitolou projektu je i snaha o aktivní revizi směrnice CIE 115:2007 - "Recommendation for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic", stanovení požadavků na telemanagementové systémy a jejich úroveň inteligence, návod na jejich financování prostřednictvím garantovaných služeb ESCO společností, zprostředkování kontaktu mezi výrobcí inteligentních systémů a klienty (majiteli a provozovateli osvětlovacích soustav) s rozбором jejich požadavků apod. Zásadní témata projektu jsou:



- **Adaptivní osvětlení pozemních komunikací**

Vhodná třída osvětlení se vybírá na základě funkce pozemní komunikace, navrhované rychlosti, celkové uspořádání, intenzity dopravy, skladby uživatelů a environmentálních podmínek. Vyskytuje se mnoho dalších ovlivňujících parametrů, které se užívají na národních úrovních. V návrhu CIE 115:2007 se definují 3 základní třídy osvětlení M (motorová doprava), C (konfliktní oblast) a P (oblast pro pěší a pomalu pohybující se vozidla).

Na rozdíl od normy ČSN EN 13 201 – 1 se zde navíc zavádí pojem optického vedení řidiče, řízení dopravy a podání barev světelných zdrojů. Samotný výběr třídy osvětlení je založen na váhovém činiteli (SWF) reprezentující aktuální stav sledovaných parametrů a nabývá hodnot -0.1, -0.5, 0, 0.5, 1 (viz. tabulka 1). Výpočet čísla třídy osvětlení se určí ze vztahu (třída osvětlení M se navrhuje v šesti kategoriích M1 až M6):

$$M = 6 - SWF$$

Časové změny parametrů mohou v konečném důsledku znamenat přizpůsobení hladiny osvětlení, kdy osvětlovací soustava dynamicky reaguje na aktuální stav. Přitom je nutné, aby změna úrovně osvětlení neměla vliv na další parametry osvětlení. Snížení příkonu osvětlovacích soustav nemá mít vliv na rovnoměrnost jasu ani na kontrast objektů. Uvádí se, že jednotlivé státy si na své národní úrovni definují mezní hodnoty sledovaných parametrů. V případě špatného počasí, práce na komunikaci či dopravní nehodě by měl být stupeň osvětlení na jmenovité úrovni nezávisle na intenzitě dopravy.

Parametr	Možnosti	Váhový faktor (WF)	Vybraný WF
Rychlost	Vysoká	1	1
	Střední	0	
Intenzita dopravy	Velmi vysoká	1	1
	Vysoká	0.5	
	Střední	0	
	Nízká	-0.5	
	Velmi nízká	-1	
Druh dopravy	Směšovaná s vysokým procentem nemotorizované dopravy	1	0
	Směšovaná	0.5	
	Pouze motorizovaná	0	
Směrově rozdělená komunikace	Ne	1	0
	Ano	0	
Intenzita křižovatek	Vysoká	1	0
	Střední	0	
Parkující vozidla	Vyskytují se	1	0
	Nevyskytují se	0	
Jas okolí	Velmi vysoký	1	0
	Vysoký	0.5	
	Střední	0	
	Nízký	-0.5	
	Velmi nízký	-1	
Optické vedení / řízení dopravy	Špatné	0.5	0
	Dobré	0	
	Velmi dobré	-0.5	
<b>Číslo třídy osvětlení M = 6 - SWF</b>		Suma WF	<b>SWF = 2</b>

➤ Tabulka 1: Parametry pro výběr třídy osvětlení M

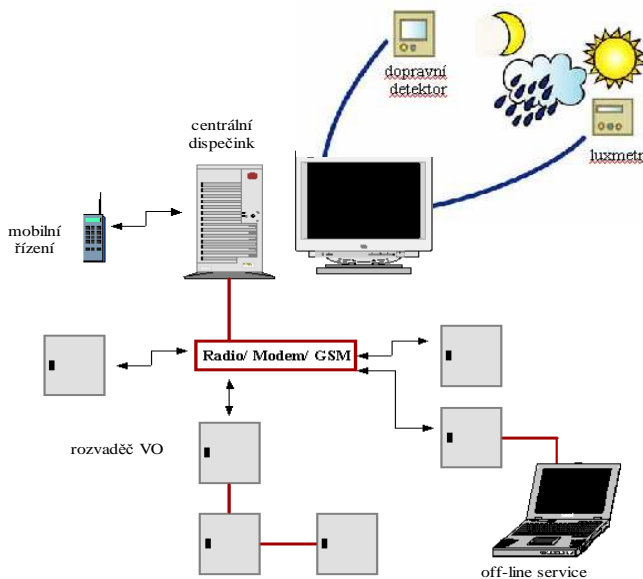
## • Intelligence osvětlovacích soustav – jaký stupeň?

Osvětlovací soustavy pozemních komunikací je možné provozovat s různým stupněm inteligence v závislosti na potřebách provozovatele, topologie osvětlovací soustavy, počátečních a provozních nákladech apod. Míra inteligence je především dána rozsahem a lokalizací akčních a měřicích členů, a tím i rozsahem řízení a monitoringu osvětlovací soustavy. V zásadě lze rozdělit telemanagementové systémy s inteligencí v rozvaděči, ve svítidle nebo jejich kombinaci.

### Intelligence v rozvaděči

Systémy, které jsou založeny na inteligenci rozvaděče zajišťují zpravidla dálkové řízení spínání, regulaci a monitorování provozních a poruchových stavů osvětlovací soustavy. Řídící jednotka v rozvaděči obvykle monitoruje s určitou přesností, například v kombinaci s elektroměrem, elektrické veličiny jako je proud (identifikace výpadku skupiny světelných zdrojů), napětí (výpadek napájení), účinník (kvalita elektrické energie), odebíraný činný i jalový výkon každé fáze (identifikace černého odběru), spotřeba elektrické energie (přehled o platbách). Zpravidla je možné získat i informaci o stavu hlavního jističe a stavu dveří rozvaděče (neautorizovaný vstup). Vícetupňová nebo plynulá regulace je zpravidla zajišťována centrálním napěťovým regulátorem na bázi transformátorů nebo fázových měničů. Řídící jednotka obvykle zajišťuje spínání osvětlovací soustavy na základě podnětu astronomických hodin nebo fotobuňky a je vybavena komunikačním GPRS modulem nebo jinou WAN technologií pro komunikaci s centrálním dispečinkem v důsledku výskytu poruchy, chybné činnosti, modifikaci provozního diagramu, stažení aktuálních dat. Běžně se pro tyto činnosti využívá řídicí jednotky regulačního zařízení, které je umístěno jako celek v samostatném rozvaděči.

Systémy se vyznačují nižšími investičními nároky a malými nároky na vlastní údržbu, prioritou je především úspora elektrické energie v době se sníženou intenzitou provozu. Systémy umožňují stabilizaci napětí v místě na přívodu, tzn. úsporu spotřeby elektrické energie při přepětí a zajištění jmenovitého osvětlení při podpětí v síti. Systémy neposkytují detailní informaci o světelném zdroji a obvykle jsou na inteligentní rozvaděč napojeny oblasti s různými požadavky na třídu osvětlení. Z důvodu centrální regulace nejsou využívány pro osvětlovací soustavy, které jsou napájeny například společně s domovními přípojkami apod.



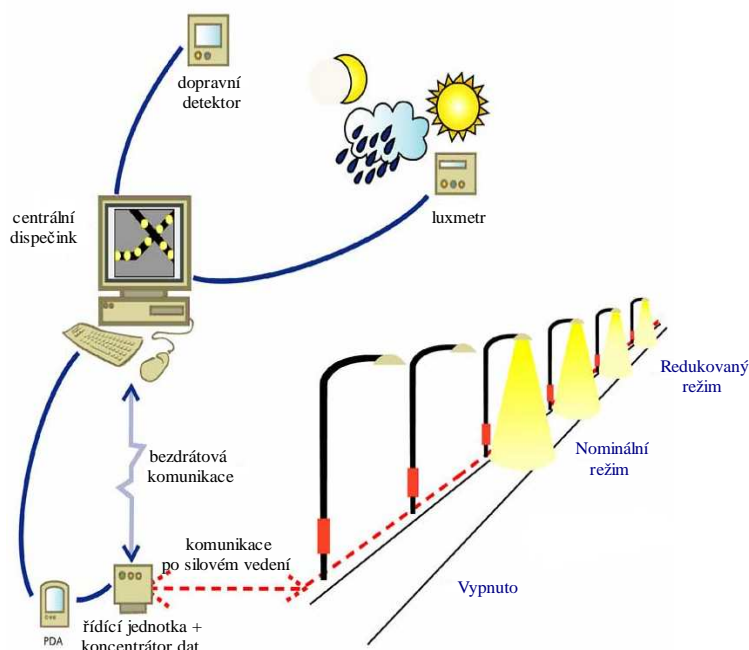
➤ Inteligentní osvětlovací soustavy s inteligencí v rozvaděči

### Intelligence ve svítidle

Intelligentní systémy, které jsou zpravidla tvořeny stmívatelným předřadníkem v kombinaci s řídicí jednotkou ve svítidle zajišťující dálkové řízení (spínání, plynule nastavitelnou regulaci, stabilizaci) jednotlivých světelných zdrojů a monitorování jejich provozních stavů (stav světelného zdroje - zapnuto / vypnuto / regulační režim, provozní hodiny, počet zápalů, elektrické parametry, spotřeba elektrické energie, případné problémy s datovou komunikací, výpadek zdroje / předřadníku) v reálném čase, pracují v síti jako aktivní komunikační opakováče a umožňují implementovat programová schémata např. pro stav alarmu při redukcii napětí zdroje signalizující konec života. Řídící jednotka ve



svítidle komunikuje přes silové vedení (např. pomocí technologie LonWorks), speciální řídicí kabel nebo bezdrátovou síť (GSM, radio apod.) s nadřazenou řídicí jednotkou s koncentrátorem dat, která se umísťuje do vhodného místa sítě a komunikuje zpravidla bezdrátově s řídicím telemanagementovým centrem. Systém se vyznačuje individuálním řízením jednotlivých svítidel či jejich skupin dle třídy osvětlení, individuální stabilizací světelného toku jednotlivých zdrojů, ale také zvýšenými nároky na provoz a údržbu inteligentních prvků.



➤ inteligentní osvětlovací soustavy s inteligencí ve svítidle

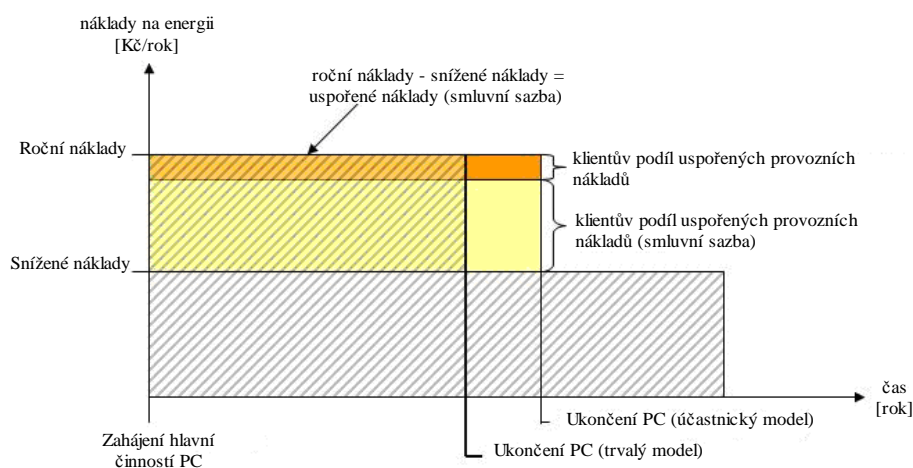
### Intelligence v rozvaděči a ve svítidle

Obecně lze výše zmíněné varianty vzájemně kombinovat, doplňovat a rozšiřovat v závislosti na požadavcích zákazníka, typologie osvětlovací soustavy apod. V ideálním případě nabízí plně telemanagementový systém možnost výrazného zjednodušení údržby (signalizace o výpadku výbojky) a plánování obnovy osvětlovacích systémů (databáze pro evidenci stavů a možnost vyhodnocení operativních činností), ovšem také klade výrazně větší nároky na vlastní údržbu a provoz.

- **Možnosti financování energeticky úsporných systémů**

Pro financování energeticky úsporných systémů lze využít finanční model EPC (Energy Performance contracting). Základním principem EPC je splácení realizovaného projektu z prokazatelně dosažených úspor nákladů na energii. Realizaci projektu energetických úspor na objektech a zařízeních zákazníka na sebe přebírá specializovaná firma energetických služeb – ESCO (Energy Service COmpany). ESCO zákazníkovi zaručí dosažení úspor energie ve spotřebě a výši budoucích nákladů na energii. Podstatné a rozhodující pro konečnou spokojenost zákazníka i ESCO je důsledné a jednoznačné definování poskytované garance ze strany ESCO vůči zákazníkovi ve smlouvě o energetických službách se zárukou. Investice, úroky a náklady na služby ESCO splácí zákazník firmě ESCO po dosažení úspory v provozních nákladech a po dobu sjednanou smluvně.

V zásadě může být takový model rozdělen do dvou skupin v závislosti na časové relaci klientské účasti na nárok z uspořené provozních nákladů, jedná se o tzv. trvalý model a účastnický model. Oba modely mají společné, že doba kontraktu je rozdělena do dvou fází: přípravná fáze a fáze plnění smluvní činnosti. V případě trvalého modelu má ESCO nárok na uspořené náklady v plné výši během celého trvání kontraktu, klient navíc může platit ESCO i smluvní sazbu za odpovídající ušetřené provozní náklady. V případě účastnického modelu, klient se aktivně podílí na uspořené nákladech již od zahájení činnosti. Míra klientské účasti je stanovena ve smlouvě a obvykle bývá nejméně 10% dosažených úspor. Účast většinou znamená delší smluvní trvání. Po ukončení PC klient hospodaří se sníženými provozními náklady a může se dohodnout na smluvní sazbě s ESCO za servis implementovaného zařízení.



➤ Princip metody „Performance contracting“

Výhodou metody EPC je především dosažení úspor nákladů na energii bez nutnosti vynaložení vlastních finanční investic na realizaci úsporných opatření současně při garanci dosažených výsledků.

Dále IEEA podporuje projekt EURO TOP TEN, který podporuje nejúčinnější elektrospotřebiče na evropském trhu, včetně energeticky účinných světelných zdrojů.

## Literatura a odkazy

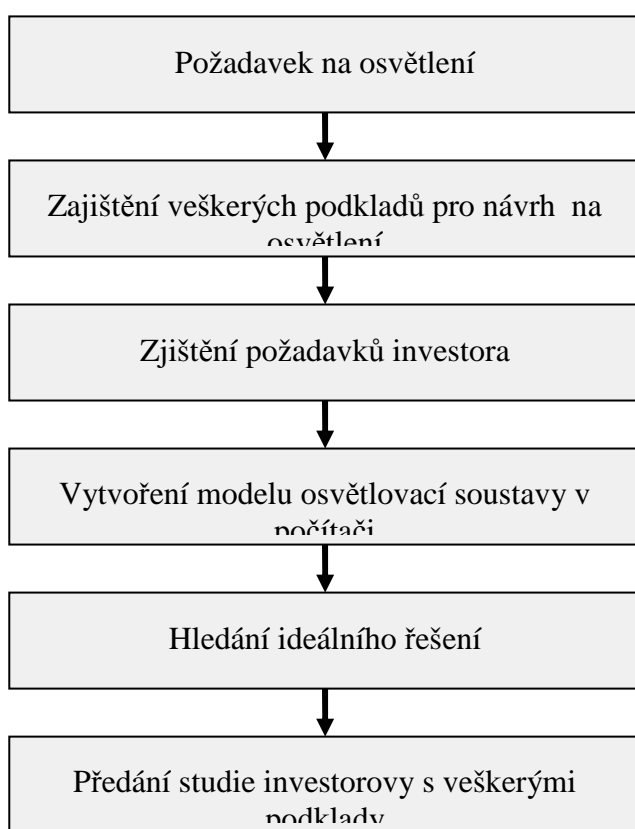
- [1] Stockmar A., Adaptive road lighting, Forum E-Street, Oslo, Norsko, 10.5.2007
- [2] 5.2 – Topology of administrative system, E-Street, 7 / 2007
- [3] web stránky projektu E – Street [on-line]: Dostupné na: <<http://www.e-streetlight.com>>
- [4] Evropské komise [on – line]: Dostupné na: <[http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index_en.html)>
- [5] SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.> Dostupné na: <<http://www.svn.cz/>>
- [6] Česká energetická agentura [on-line]: Dostupné na: <<http://www.ceacr.cz>>

# Chronologický postup při návrhu osvětlovací soustavy

Petr, Höchsmann, Ing.; HALLA, a.s., [www.halla.cz](http://www.halla.cz)

Jak se v této uspěchané době říká čas jsou peníze, v mezi projektanty to platí dvojnásob. Je tedy důležité správně si rozvrhnout jednotlivé etapy světelně technického návrhu a především získat přesné informace k navrhovanému prostoru.

Optimální přístup k návrhu osvětlení dokáže velice zjednodušit práci a ušetřit značné množství času. Návrh osvětlovací soustavy může probíhat dle řady různých scénářů. Zpravidla se postupuje vždy ve stejném sledu. Na Obr.1 je zobrazeno schéma logických postupů při návrhu a realizaci osvětlovací soustavy, z čehož se zpravidla vychází při návrhu osvětlovací soustavy.



➤ Obr. 1 – Obecný chronologický postup světelně technického projektu

Hlavním článkem, je vždy odborník, který dokáže jednotlivé kroky řešit. Může se jednat i o odborný tým řešitelů, kteří dovedou projekt až do konečné podoby realizace. Vždy ale pracují zpravidla podle stejného scénáře.

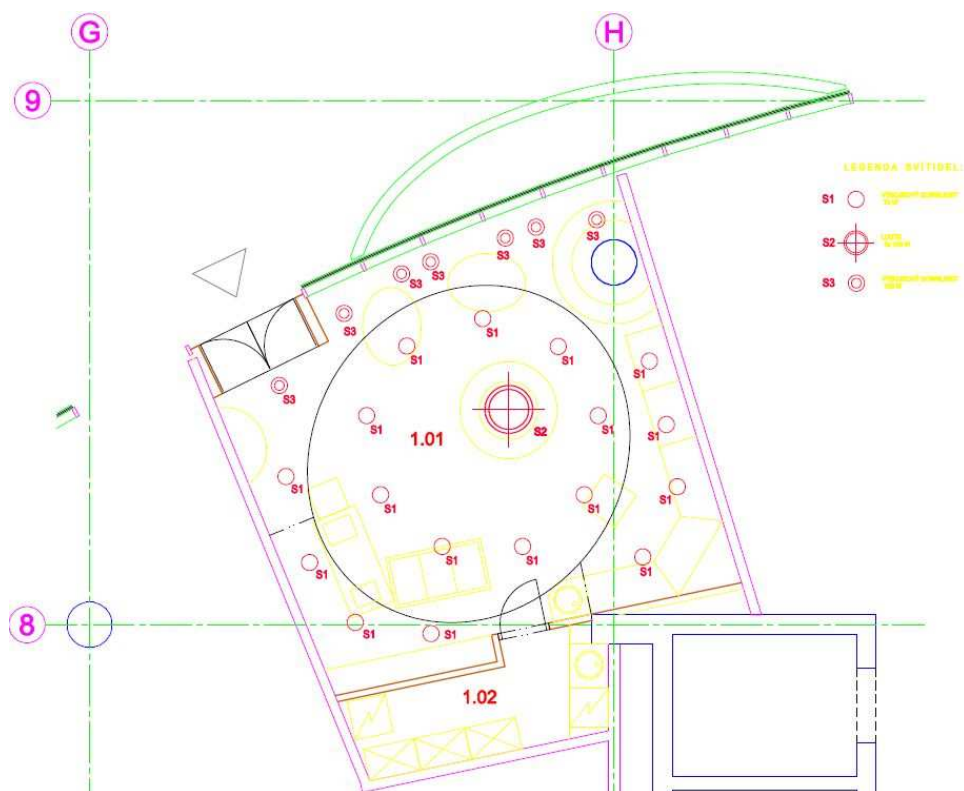
## Požadavek na osvětlení

Projektant, či člověk provádějící návrh osvětlení si musí zajistit popis prostoru a činností. Důležité je správně určit z tohoto popisu jaká činnost se bude vykonávat. Často se setkáváme s prostory, kde se jednotlivé činnosti vzájemně prolínají. Z tohoto důvodu musíme určit pracovní oblasti jednotlivých činností. V případě překrývání logicky zvolíme vyšší hladinu osvětlenosti pro příslušnou pracovní činnost. V normě ČSN EN 12464-1 jsou citovány požadavky na osvětlení pro pracovní činnosti. Bohužel nejsou v zde všechny se kterými se v běžné praxi setkáváme. Musíme velmi obezřetně vybrat příbuznou činnost, která odpovídá původní.

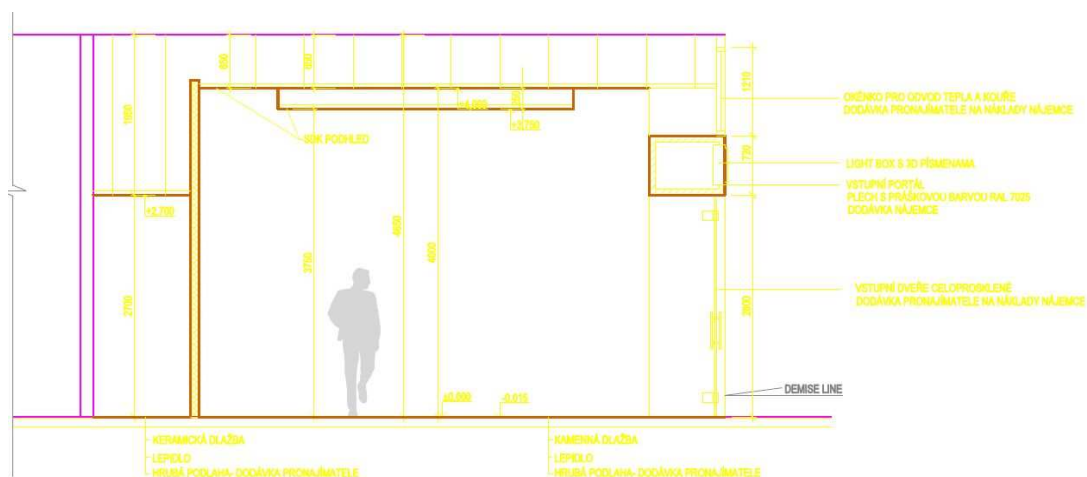
Z normativně předepsaných hodnot pro jednotlivé pracovní činnosti vyplívají kvantitativní parametry osvětlovací soustavy (průměrná osvětlenost, rovnoměrnost, míra oslnění UGR a index podání barev). Především z UGR jde rozpoznat jaký typ svítidel je vhodný pro danou pracovní činnost. Pro činnosti s například hodnotou UGR rovnu 19 vyplývá, že se zde musí použít svítidla s kvalitní optikou se značným omezením vůči jasům. Je vhodné použít i nepřímého osvětlení pro zvýšení jasů odrazných ploch.

## Zajištění požadavků pro návrh

V této etapě si zajistíme veškeré informace o osvětlovaném prostoru. Kvalitní výkresová dokumentace s půdorysem a řezem místností jsou stěžejní údaje projektu. Pro přesný návrh je třeba zjistit povrchy stěn stropu a podlahy. Důležitou informací je rozmístění nábytku a pracovních míst. Příklad zadání projektu je uveden na Obr. 2 a 3.



➤ Obr. 2 – Půdorys navrhovaného prostoru



➤ Obr. 3 – Řez navrhovaného prostoru

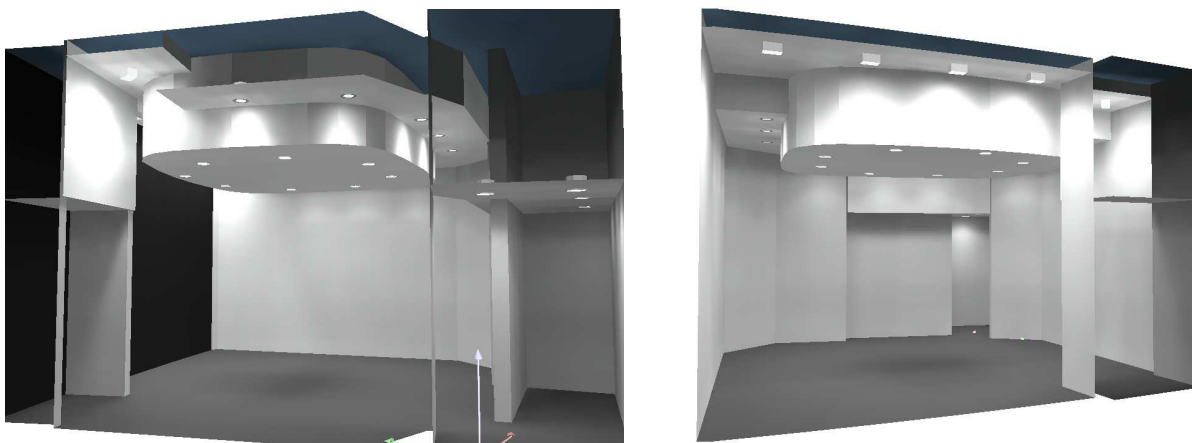
## Zjištění požadavků investora

Ve většině případů již v zadání projektu je uvedeno i stanovisko investora. Pokud toto stanovisko spolu se zadáním není, je nutné zjistit přímo od investora následující informace.

- Představa designu
- Typ svítidel (vestavné, přisazené, nástěnné nebo závěsné)
- Funkci prostoru (u prodejen jaký typ)
- Prováděná pracovní činnost
- Rozmístění pracovišť
- Délka pracovní doby

## Model osvětlovací soustavy

Po zajištění potřebných podkladů se přistoupí k modelu osvětlovací soustavy. Musí simulovat realitu, proto je vhodné u komplikovaného prostoru věrně provést jeho model. Návrh rozmístění svítidel vychází z projektu nebo informací od investora. Na Obr. 4 je znázorněn návrh prostoru.



➤ Obr. 4 – Vizualizace navrženého prostoru

## Optimalizace řešení

V projektu jsou vybrány typy svítidel spolu s jejich příkonem a je provedeno orientační rozmístění svítidel. Na základě výsledků výpočtů osvětlenosti takového prostoru se dále provádí optimalizace směřující k dosažení požadovaných hodnot osvětlení. Často dochází ke změně typu osvětlovacích těles a rozmístění svítidel ve vztahu k výpočtovým plochám. Optimální řešení osvětlovací soustavy nebývá lehké najít. Velice to záleží na zkušenostech a kreativitě člověka provádějící tento výpočet.

## Prezentace výstupů

Prezentace výstupů nejsou legislativně podloženy a existují pouze doporučení. Uvádím zde pouze hlavní body, které světelně technická zpráva musí mít.

- Titulní list se zřetelnou identifikací projektu
- Popis prostoru
- Legislativní podklady
- Výčet svítidel spolu se použitými světelnými zdroji
- Návrh údržby osvětlovací soustavy
- Výpočet osvětlení
- Vyhodnocení výsledků výpočtu
- Výkresová dokumentace

## **Závěr**

Návrh osvětlení je vždy nejednoznačná úloha, která nemá jediné řešení, často se stává že neexistuje ani jediné optimální řešení a existuje řada postupů, které mohou vést ke konečné podobě řešení. K osvětlovací soustavě lze přistupovat z různých pohledů a jediná realizace tak může mít i několik podob dle různého pohledu a tomu odpovídajícímu hodnocení uživatelů. K odlišnosti názorů přispívá i subjektivita vnímání osvětlení veřejností. Tento přístup se při návrhu stává komplikací, která stěžuje celý návrh.

Existuje řada obecně známých informací, znalostí a faktů, ze kterých projektant při návrhu vychází. Dokonalost jeho návrhu je pak závislá na hloubce jeho znalostí a schopnosti je vhodně použít v projektu. Značnou roli zde představují zkušenosti a kreativita. Bez výkonné výpočetní techniky a kvalitního programového vybavení si lze práci projektanta dnes již jen stěží představit. Stále platí, že kvalita zpracování výsledků vždy a pouze závisí na jednotlivcích provádějících tuto činnost.

## **Literatura a odkazy**

- [1] ČSN EN 12464-1, Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory, 2004
- [2] M. Juklová, P. Höchsmann: Světelně technická zpráva, KOT XXIV, str. 196-199, Ostrava 2005
- [3] Zpráva GAČR 102-03-1162

# Tunely na Slovensku

Prof. Ing. Pavol Horňák, DrSc.

Katedra elektroenergetiky FEI STU Bratislava STU, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

Koniec druhého a začiatok tretieho storočia sa na Slovensku môže označiť za éru cestných tunelov. Prvým slovenským diaľničným tunelom, odovzdaným do prevádzky v roku 2003, je na východnom Slovensku 4 975 - metrový tunel Branisko . V roku 2004 bol odovzdaný na severe krajiny 605 - metrový tunel Horelica, ktorý je situovaný v trase budúcej diaľnice D18 . Prvý slovenský tunel v intraviláne - Sitina slúži motoristom od 23. júna 2007. Na diaľnici D1, ktorá je súčasťou diaľničného ťahu štátna hranica Slovenská republika – Česká republika, Trenčín, Žilina, Poprad, Prešov, Košice, štátna hranica Slovenská republika – Ukrajina, sa predpokladá vybudovať ešte 11 cestných tunelov, a síce tunel Ovčiarsko (dĺžka: 2 367 m, úsek Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka), tunel Žilina (dĺžka: 651 m, úsek Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka), v úseku Višňové – Ivachnová 4 dlhé tunely: najdlhší na Slovensku tunel Višňové (dĺžka: 7 460 m, úsek Višňové – Dubná Skala), tunel Korbeľka (dĺžka: 5 700 m, úsek Turany – Hubová), tunel Havran (dĺžka: 2 702 m, úsek Turany – Hubová) a tunel Čebrať (dĺžka: 2 080 m, úsek Hubová – Ivachnová), ďalej tunel Lučivná (dĺžka: 250 m, úsek Važec – Mengusovce), tunel Bôrik (dĺžka: 999 m, úsek Mengusovce – Jánovce), tunel Šibeník (dĺžka: 600 m, úsek Jánovce – Jablonov), tunel Prešov (dĺžka: 2 520 m, úsek Prešov, západ – Prešov, juh) a tunel Dargov (dĺžka: 1 050 m, úsek Bidovce – Pozdišovce). Na smelé plány diaľničného spojenia Bratislavy a Košíc do roku 2010 nebudú stačiť prostriedky zo štátnej pokladnice. Návrh MDPT bude riešiť investičné výdavky na realizáciu nepostavených úsekov na diaľnici D1 medzi Bratislavou a Košicami cez projekty označované ako súkromno – verejné partnerstvá. Uvidíme.

## Podklady pre vypracovanie projektu osvetlenia cestných tunelov

Každý tunel je mimoriadne stavebno – technicky náročné dielo. Je jasné, že každý projekt osvetlenia vozovky, vyhotovenia požiarneho núdzového osvetlenia a ovládania osvetlenia tunela, ako aj zaistenia hospodárnej prevádzky tunela s primeranými investičnými nákladmi a s optimálnou úrovňou bezpečnosti cestnej premávky predpokladá individuálny prístup a komplexné, originálne riešenie.

Za základ treba vziať revíziu normy STN 73 7507 *Projektovanie tunelov na pozemných komunikáciách*. V rámci revízie sa mení pôvodný názov normy na *Projektovanie cestných tunelov*. Táto úprava obsahuje termíny a definície prevzaté z TP 05/2006 Tunelové názvoslovie a kapitolu Osvetlenie tunela. Mali by sme vedieť, že pracovná skupina č. 6 *Tunnelbeleuchtung* Technickej komisie CEN/TC 169 *Licht und Beleuchtung* mala na základe objednávky členov CEN z roku 1990 vypracovať európsku normu na *technologické vybavenie tunelov na pozemných komunikáciách*. Z tohto dôvodu sa v súlade s vnútornými predpismi CEN neuvažovala aktualizácia národných noriem. V tejto norme sa mali uplatniť vydania *CIE Publikácie 61:1984 Tunnel entrance lighting: a survey of fundamentals for determining the luminance in the threshold zone* a *88:1990 Guide for the Lighting of road tunnels and underpasse* a národné normy *vyspelých tunelových krajín*. Avšak v roku 1999 vytvorený dokument nebol schválený orgánom CEN. Po dopracovaní citovaného dokumentu bola vydaná technická správa **CEN/CR 14380:2003 Lighting applications – Tunnel lighting**. Túto technickú správu zohľadnili národné normalizačné komisie Nemecka, Rakúska a Švajčiarska na aktualizáciu národných noriem. Napríklad v Nemecku vznikla smernica *Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT)* a nová verzia normy *DIN 67524-1 Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen – Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte* alebo v Rakúsku *Richtlinien (RVS) der österreichischen Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr (FSV) die von Bundesministerium RVS 09.02.41 – Tunnelbeleuchtung* a pod., ktoré nie sú s vydaním technickej správy **CEN/CR 14380:2003** v rozpore. V ČR bol pred vydaním technickej správy **CEN/CR 14380:2003** vypracovaný predpis *TP Technologické vybavení tunelu na pozemných komunikáciách*, ktorý po zosúladení so slovenskou legislatívou a technickými predpismi MDPT spracovala na požiadanie Slovenskej správy ciest (teraz Národnej diaľničnej spoločnosti, a. s.) *ELHYCO, s. r. o. Bratislava*. Tento predpis, ktorý dávnejšie stratil aktuálnosť, napríklad neobsahuje postup na meranie svetelnotechnických vlastností osvetľovacích zariadení cestných tunelov, ako aj odporúčania pri výbere a použití jasomerov. Vzhľadom na uvedené a aktívnu spoluprácu európskej normalizačnej organizácie – CEN so Slovenským ústavom technickej normalizácie (SÚTN) bola v roku 2005 začlenená anglická verzia technickej správy **CEN/CR 14380:2003** do *sústavy STN*. Z pohľadu *vyspelých tunelových krajín* Európskej únie technická správa **CEN/CR 14380:2003** sumarizuje najnovšie poznatky pri *osvetlení tunelov na pozemných komunikáciách* v stredoeurópskom priestore.

Na základe zadelenia tunela do určitej kategórie podľa plánovanej intenzity dopravy (vozidiel/deň pre tunelovú rúru); dĺžky tunela (m) a navrhovaného obdobia pre technologické vybavenie osvetlenia tunela (počet rokov) sa tunel vybavuje povinne technickými prostriedkami. Osvetlenie tunela patrí k technologickým súborom, ktoré možno podľa lokalizácie (v oblasti pohoria; zastavaná oblasť; podjazd alebo otvorená

krajina) exaktne vypočítať a pravidelne kontrolovať. Hodnoty jasú vo vnútri tunela všeobecne závisia na navrhovanej rýchlosti vozidiel a od pozdĺžneho sklonu vozovky (tým je určená brzdná dráha), intenzity a skladby dopravného prúdu, na geometrickom usporiadaní komunikácie (záleží predovšetkým na orientácii tunela k slnku), od umiestnenia svietidiel (montážnej výšky od povrchu komunikácie a posunutia svetelného stredy svietidiel od osi tunelovej rúry z dôvodu údržby), druhu vozovky i stien tunela a bezprostredného okolia. Navrhnutá hodnota jasú na začiatku medzného pásma vychádza z veľkosti jasú  $L_{20}$  určeného zo vzdialenosti rovnajúcej sa celkovej brzdnéj dráhe pred vjazdom do tunela (hodnota jasú v dvadsaťstupňovom zornom poli sa určí pri rešpektovaní percentuálneho podielu a jasú oblohy, vozovky a okolia). Požadovaný udržiavací činiteľ je 0,7.

Uprednostnené sú vysokotlakové sodíkové výbojky s príkonom 100 W; 150 W; 250 W a 400W. Na okamžité znovuzapálenie vysokotlakových sodíkových výbojok a zvýšenie doby života svetelných zdrojov treba prednostne používať dvojhorákovú techniku vysokotlakových sodíkových výbojok so životnosťou 55 000 h. Druhý horák štartuje okamžite po prerušení prúdu. Len max 3 % výpadku je po 24 000 h.

Všeobecné požiadavky a skúšky svietidiel sú obsiahnuté v STN EN 60598-1. Osobitné požiadavky na svietidlá na osvetlenie tunelov sú v stredoeurópskom priestore najlepšie spracované v najnovšej rakúskej norme RVS 09.02.41 *Projektierungsrichtlinien – Tunnelbeleuchtung* (platnosť od decembra 2006). Táto norma požaduje protismerové a širokouhlé svietidlá pre menovité napätie 230 V, 50 Hz triedy I s krytím IP 66, chránené pred stanoveným tlakom prúdiacej vody 6 bar; musia byť konštruované pre prevádzkové prostredia – 30 °C až 40 °C a v prípade požiaru pri teplote telesa svietidla 250 °C majú byť prevádzkyschopné min 60 minút; rozmery svietidiel v jednozdrojovom vyhotovení musia byť jednotné pre protismerové a širokouhlé svietidlá i požadovanú príkonovú radu svetelných zdrojov; výška svietidiel má byť max 180 mm; reflektory sú vyhotovené z rastrovaného hliníkového plechu povrchovo upraveného; prestaviteľné objímky s Edisonovým závitom sú z porcelánu; predradníky musia byť upevnené na odnímateľnej doske; používané elektronické zapaľovače musia byť zlučiteľné s pridruženým predradníkom; na spojenie vnútorných elektrických obvodov sa použijú bezskrutkové svorky a vidlice na zasunutie do zásuviek; na pripojenie napájacej siete sa použije preslučkovanie inštalovaných svietidiel; pretože v tuneloch je vysoká koncentrácia výfukových plynov, prachu, častíc z brzdového obloženia, výpary pohonných látok, olejov, extrémne teplotné a vlhkosťné zmeny, musia byť telesá svietidiel, veko a pružné uzávery (min štyri) vyrobené z kvalitnej antikorošnej ocele číslo 1.4571; svietidlá musia byť uzavreté s bezpečnostným sklom (pozri EN 12150-1), ktoré znáša vysoký tepelný náraz; profilové tesnenie veka zaručuje ochranu optickej a elektrickej časti svietidiel; svietidlá sú vybavené s filtrom, ktorý umožňuje svietidlu dýchať; svietidlá musia mať potrebnú mechanickú pevnosť a musia byť skonštruované tak, aby boli bezpečné po takom hrubom zaobchádzaní, aké možno očakávať pri normálnej údržbe; údržba svietidiel a výmena opotrebovaných svetelných zdrojov musí byť jednoduchá bez nástrojov.

Pri normálnych dopravných podmienkach protismerové svietidlá (v tomto prípade sú odrazené lúče sústredené v určitom uhle proti smeru pohľadu vodiča; tento uhol sústredenia svetelného toku protismerového svietidla má zabezpečiť, aby prekážka vytvorila na povrchu vozovky ostrý tieň a pritom nevzniklo oslnenie vodičov) osvetľujú prekážky na vozovke pri vjazde do tunela (ide o medzné pásmo a prechodové pásmo). Po zastavení premávky v jednej tunelovej rúre sú preferované vo výjazdovom adaptačnom pásme náhradné svietidlá s asymetrickou krivkou svietivosti (protismerové svietidlá). Vo vnútornom pásme a vo výjazdovom pásme sa pri normálnych dopravných podmienkach použijú širokouhlé svietidlá. Svietidlá osvetľovacej sústavy nočného osvetlenia sú širokouhlé.

Pre evakuáciu osôb v prípade požiaru, kedy je vznikom dymu obmedzená účinnosť osvetľovacej sústavy sa musia použiť evakuačné návestné svietidlá s telesom z antikorošnej ocele číslo 1.4571; na tento účel sú určené svietidlá s halogénovou žiarovkou alebo halogenidovou výbojkou s čírym kaleným sklom s malým výstupným otvorom (jeho priemer v žiadnom smere nesmie byť väčší ako 5 cm<sup>2</sup>), aby svojou intenzitou prerazili zadymenie priestoru; umiestňujú sa vo vzdialenosti 25 m; ich montáž má byť na stene východov do únikových chodieb vo výške asi 1,2 m; v bežnej praxi sa používajú na vyhotovenie požiarneho núdzového osvetlenia kombinované svietidlá so smerovými značkami; evakuačné návestné svietidlá sa dopĺňajú svietidlami LED umiestnenými na evakuačných chodníkoch každej tunelovej rúry; tieto svietidlá typu SWAREFLEX plnia zároveň úlohu vizuálneho vedenia vodičov.

Na osvetlenie núdzových zálivov a osvetlenie únikových ciest ÚCO (úniková cesta osôb) sa používajú žiarivkové svietidlá vybavené s elektronickým predradníkom s krytím IP 65.

Jas v približovacom pásme (bezprostredne pred vjazdom do tunela) sa mení v závislosti od premien denného svetla. Trvalá prevádzka tunelového osvetlenia pri maximálnom výkone, ktorý zodpovedá najvyšším hodnotám jasú v približovacom pásme je neekonomická, preto musí byť vo výjazdovom pásme navrhnuté stupňovité alebo plynulé prepínanie umelého osvetlenia. Jas v približovacom pásme sa vyhodnocuje jasomerom, ktorý je inštalovaný vo výške väčšej ako dosahujú najvyššie nákladné automobily, t. j. nad 4,5 m nad vozovkou na jej pravej strane. Jasomer zisťuje priemernú hodnotu jasú v dvadsaťstupňovom zornom poli a je korigovaný na relatívnu spektrálnu citlivosť  $V(\lambda)$ . Teplotná citlivosť jasomera je v pásme – 20 °C až + 50 °C a je požadovaná dlhodobá stabilita merania. Na účely vyhodnocovania skutočných úrovní jasú sa musí používať druhý jasomer situovaný v tuneli, ktorý zohľadňuje činiteľ starnutia a úmrtnosti výbojok, činiteľ znečistenia svietidiel a činiteľ znečistenia stien a jazdnej dráhy



v tuneli. Tento jasomer umožňuje efektívne využitie elektrickej energie v danej dobe života výbojok. Korekčný činiteľ z pohľadu prichádzajúceho vodiča (pri výpočte a meraní jasů sa uvažuje oko vodiča 1,5 m nad povrchom vozovky a v osi jazdného pruhu; navyiac os jasomera smeruje približne do ¼ výšky príjazdového otvoru tunela; skrátka poloha tunelových jasomerov sa od výpočtu a merania jasů líši) musí správca tunela pravidelne overovať. **Rozdiel medzi požadovaným jasom (udržiavacím jasom) a jeho skutočnou veľkosťou je kritériom pre ovládanie osvetlenia.** Jasomery v približovacom pásme musia byť spoľahlivo začlenené na zamedzenie priameho osvetlenia meracieho okienka slnkom a svietidlami verejného osvetlenia. Kalibrácia jasomerov musí byť revidovaná aspoň raz za rok. Tento systém na ovládanie osvetlenia tunela pod názvom LUMATIC sa dnes používa vo viac ako 300 tuneloch na svete.

Pred uvedením osvetľovacieho zariadenia do prevádzky sa robí podľa CEN/CR 14380 : 2003 ustanovenia kapitoly 9. *Measurement of tunnel lighting installations* meranie a nastavenie úrovni jasů v bodoch siete výpočtového poľa, pozdĺžnej rovnomernosti, celkovej rovnomernosti, prahového prírastku a jasů stien. Je tu definované výpočtové pole a meracia sieť pre stanovenie jasů, ďalej určený uhol pozorovania meracieho prístroja a požiadavky na digitálnu kameru s vysokým rozlíšením, ktorú tvoria snímacie bunky CCD čipu, prípadne CMOS alebo klasický jasomer s clonou s výrezom 2' x 20', ktorá zohľadní svetlo z relevantného priestoru. Merania v tuneli musia byť zosúladené s vypočítanými hodnotami jasů a hodnotami kvalitatívnych veličín, ktoré sú dané technickými podmienkami. Rozdiely musia byť < 10 %. Cieľom merania je:

- zaistenie bezpečnej premávky v tuneli;
- dodržanie predpísaných hygienických limitov pre prevádzkovanie osvetlenia tunela;
- zabezpečenie ekonomiky prevádzky tunela;
- zaistenie predpísanej životnosti svetelných zdrojov;
- zachovanie trvalého estetického vzhľadu tunela.

## Zhodnotenie osvetlenia tunela Sitina

*Tunel Sitina je súčasťou diaľničného úseku D2 Lamačská cesta – Staré grunty južného obchvatu hlavného mesta Slovenska. Tunel je zložený z dvoch tunelových rúr, pričom východná rúra meria 1 415 m a západná 1 440 m. V každej z rúr je jeden núdzový záliv na odstavenie auta v prípade poruchy alebo havárie, na piatich miestach vo vzdialenosti od seba maximálne 250 m sú rúry prepojené únikovými chodbami. Šírka vozovky medzi obrubníkmi je 7,5 m, po oboch stranách sú služobné chodníky široké 1 m. Prejazdový výškový prierez má 4,8 m. Zo severnej časti je tunel v nadmorskej výške 196 m a v Mlynskej doline 164 m nad morom. S tunelom Sitina súvisia aj ďalšie stavby v jeho okolí, ktoré by mali byť vybudované do konca septembra.*

Jas v približovacom pásme (bezprostredne pred vjazdom do tunela) sa mení v závislosti od premien denného svetla. Úroveň jasů požadovaná vo vjazdovom pásme je odvodená od jasů približovacieho pásma. Čiže, trvalá prevádzka tunelového osvetlenia pri maximálnom výkone, ktorý zodpovedá najvyšším hodnotám jasů pred portálmi tunela je neekonomická. Preto je vo vjazdovom pásme inštalovaná 6 stupňová (100 %; 83,33 %; 66,67 %; 50 %; 33,30 % a 16,67 %) regulácia osvetlenia v závislosti od času (deň, noc) a takisto na základe intenzity premávky v tuneli. Jas v približovacom pásme pri severnom, resp. južnom portáli má vyhodnocovať jasomer, ktorý je súčasťou monitorovacieho systému v tuneli. Kalibrácia jasomerov má byť v každom prípade revidovaná pred uvedením tunela do prevádzky. Na účely vyhodnocovania skutočných úrovni jasů nebol druhý jasomer situovaný v tuneli Sitina inštalovaný.

Na osvetlenie vstupov do tunela a prejazdov je použitých 565 výbojkových svietidiel. Míňus je, že ich väčší počet a usporiadanie v tunelovej rúre nie je účelné. Na požadované osvetlenie tunela Sitina sa používajú vysokotlakové sodíkové výbojky. Sú osadené v protismerových a širokouhlých svietidlách s príkonom 250 W a 400 W. To znamená, že sa nevyužívajú na osvetlenie vjazdového a výjazdového pásma príkonom výbojok 100 W a 150 W, čo zvýši účty za elektrinu diaľničnej spoločnosti. Pozornosť treba venovať aj reakčnej dobe rôznych častí ovládania osvetlenia. Požaduje sa zanedbať krátkodobé zmeny spôsobené mrakmi, ale rýchla zmena jasů v približovacom pásme spôsobená východom alebo západom slnka by mala vyvolať reakciu v dostatočne krátkej dobe. Navyiac doba nábehu alebo znovuzapálenia vysokotlakových sodíkových výbojok sa pohybuje pri prepínaní na úrovni niekoľkých minút, pričom zmeny jasů v približovacom pásme môžu byť veľmi rýchle.

Tunel Sitina dokazuje, že osobitnú pozornosť si zaslúži požiarne núdzové osvetlenie nechránených únikových ciest v tunelovej rúre. Bohužiaľ, STN EN 60598–2–22 *Svietidlá. Časť 2: Osobitné požiadavky. Oddiel 22 - Svetidlá na núdzové osvetlenie* neobsahuje osobitné požiadavky na svietidlá pri zadymení a systémy LED (svetloemitujúce diódy) vhodné na núdzové osvetlenie. Takisto značky akumulujúce svetlo, ktoré sa používajú pre núdzové únikové cesty sú vhodné z hľadiska budiaceho žiarenia len pre osvetľovacie systémy so žiarivkami. Je toho viac, čo v zavedených normách STN EN 1838 *Požiadavky na osvetlenie. Núdzové osvetlenie* a STN EN 60598–2–22 chýba. Z uvedeného dôvodu je potrebné EN normy zaoberajúce sa požiadavkami na núdzové osvetlenie kompletne prepracovať.

Merania v tuneli musia byť zosúladené s vypočítanými hodnotami jasů a hodnotami kvalitatívnych veličín (správne *predpísaným*), ktoré sú dané technickými podmienkami. Obrazová informácia komisionálne

získaná (z podnetu spoločnosti NOSTRA, s. r. o.) 19. mája 2007 snímaním jasu vo vnútri tunela Sitina v závislosti od času (deň, noc) kalibrovanou digitálnou kamerou LMK98-4 Light (dátum kalibrácie: 14. máj 2007) firmy TechnoTeam Bildverarbeitung a spracovaná softvérom LMK2000 ukázala, že *prejazdové a adaptačné osvetlenie (vjazdové a výjazdové pásmo) nie je nastavené*. Tu treba zdôrazniť, že stavebníkom nedokladovanú kvalitu osvetlenia tunela Sitina nemôže príslušný orgán štátnej správy schváliť.

## **Poučenie**

Poučenie z rozsiahlych požiarov v cestných tuneloch štátov EÚ a Švajčiarska by sme mali brať vážne. Preto je dôležité zosúladiť osvetlenie tunela Sitina s technickou správou ***CEN/CR 14380:2003 Lighting applications – Tunnel lighting***. **Treba si dať aj odpoveď na otázku či normy sú na Slovensku pre SÚTN alebo pre odbornú verejnosť**. Pretože SÚTN nemá peniaze na vydávanie noriem s malým počtom predaných kusov, mala by Národná diaľničná spoločnosť (NDS) zaplatiť slovenskú verziu technickej správy ***CEN/CR 14380:2003***. Určite technická správa ***CEN/CR 14380:2003 Lighting applications – Tunnel lighting*** pomôže NDS efektívne nakladať s prostriedkami štátu vo všetkých tuneloch v transeurópskej cestnej sieti v Slovenskej republike.

# Osvětlení v hygienické praxi: Optometrické vyšetřovny

Karel, Chudoba, Ing.

Krajská hygienická stanice Ústeckého kraje se sídlem v Ústí nad Labem, karel.chudoba@khsusti.cz

Tento příspěvek se bude týkat popisu a rozboru zrakových činností v optometrických vyšetřovnách. Bude pomůckou pro architekty a světelné techniky pro orientaci a kvalitnější návrh místností a návrh osvětlovací soustavy v refrakčních a aplikačních místnostech očních optiků a oftalmologů. Účelem příspěvku je také přiblížit odborné veřejnosti problém zrakové pohody při měření zraku, aplikaci kontaktních čoček, zabezpečení nerušeného nácviu manipulace příštích nositelů kontaktních čoček.

## Výtah z předpisů České republiky

Při hledání předpisů a norem pro refrakční místnosti jsem žádné konkrétní předpisy nenašel. Proto jsem vycházel z požadavků, které se kladou na zdravotnická zařízení a ambulantní péči ve stavební typologii. Dále jsem použil vyhlášky České republiky. Vyhláška č.49/1993 Sb. o technických a věcných požadavcích na vybavení zdravotnických zařízení ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č.195/2005 Sb., kterou se upravují podmínky předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a hygienické požadavky na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče.

## Vybavení oční ordinace

Odborné pracoviště „oční ordinace“ je nejčastěji vybaveno stolem pro odborníka, křeslem s vyšetřovací lampou, stolem pro administrativní práce dalšího pracovníka, pojízdným vyšetřovacím stolem, otáčecí sedačkou, oftalmoskopem, skiaskopickou lištou a zrcátky, očním tonometrem, šterbinovou lampou, perimetrem, fokometrem, optotypem, brýlovou skříní, skříní na nástroje atd. včetně zatemnění oken. Budoucí uživatel těchto prostor si musí pečlivě rozmyslet umístění jednotlivých zařízení a tím předejít pozdějším komplikacím, protože uspořádání svítidel a světelný komfort je velmi důležitý.

## Refrakční místnost

Měření zraku a tím správné a přesné určení hodnot budoucích brýlových skel nebo kontaktních čoček, lze korektně provést pouze v oddělené místnosti – refrakční místnosti. Optometrista, který provádí refrakci a s ním i klient, kterému měří zrak, musí provádět svoji práci za plné koncentrace. To je možné v prostoru, který je oddělen od běžného provozu oční optiky. Refrakční místnost by měla mít délku o něco větší jak 6 metrů, protože většina optotypů je koncipována pro zkušební vzdálenost 6 metrů. Vzdálenost je nutné měřit od hlavy klienta k přední ploše optotypu. U projekčních optotypů je už z principu libovolné na jakou vzdálenost budou použity. Ale ani tady nesmí být vzdálenost menší než 5 metrů, aby bylo zatížení akomodací a konvergenčí stejná jako u jiných optotypů. V případě, že délka místnosti nestačí je nutné optotyp umístit za záda klienta a nechat ho pozorovat optotyp přes zrcadlo. Zkušební vzdálenost je pak součet vzdáleností mezi zrcadlem a optotypem a zrcadlem a klientem. Je to o něco menší jak dvojnásobek délky prostoru. Tímto postupem se měří dioptrická hodnota.

## Osvětlení refrakční místnosti

Z hlediska osvětlení je tato místnost velmi náročnou, protože se zde střetává několik protichůdných požadavků. Denní osvětlení refrakční místnosti není vhodné, protože odchylky jasu a barvy osvětlení, které jsou způsobeny přirozenou denní a roční dobou, by nevytvářeli nutné konstantní podmínky pro měření. Plně dostačuje umělé osvětlení. Účelově je vhodné refrakční místnost osvětlit stejným osvětlením při jakém budou brýle v budoucnu používány. Což samozřejmě nelze vždy splnit. Dále je výhodné mít možnost výhledu přímo z refrakční místnosti do dálky kvůli kontrole do „nekonečna“. Další část přednášky bude doplněna přímo na konferenci.

## Literatura a odkazy

- [1] Vyhláška č.49/1993 Sb. o technických a věcných požadavcích na vybavení zdravotnických zařízení ve znění pozdějších předpisů
- [2] Vyhláška č.195/2005 Sb., kterou se upravují podmínky předcházení vzniku a šíření infekčních onemocnění a hygienické požadavky na provoz zdravotnických zařízení a ústavů sociální péče.
- [3] Absolventská práce, Eva Fulínová, Prostorové a přístrojové požadavky pro vykonávání měření zraku a aplikaci kontaktních čoček, Praha 2003, Střední zdravotnická škola a Vyšší zdravotnická škola, Alšovo nábřeží 82/6, Praha

# Pasportizácia sústav verejného osvetlenia

Peter, Janiga, Ing., Dionýz Gašparovský, doc. Ing. PhD.

Katedra elektroenergetiky STU FEI v Bratislave, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava,  
[peter.janiga@stuba.sk](mailto:peter.janiga@stuba.sk) , [dionyz.gasparovsky@stuba.sk](mailto:dionyz.gasparovsky@stuba.sk)

## 1. Úvod

Veľmi rýchle rozšírenie GPS v posledných rokoch do širokého spektra oblastí a snaha o čo najlepšie mapovanie viedla mnohé firmy k používaniu GPS zariadení pri spracovaní pasportov verejného osvetlenia. Presnosť GPS mapovania veľmi závisí od času venovaného zameraniu jednotlivých svetelných miest a typu použitého prístroja. Je preto dôležité zväziť čo možno najviac okolností aby náklady na GPS mapovanie neboli neprimerané. Dôležitý údaj pri GPS súradniciach je presnosť s akou je údaj získaný a preto údaje získané s prístrojmi s nedostatočnou presnosťou sú pre ďalšie použitie bezcenné.

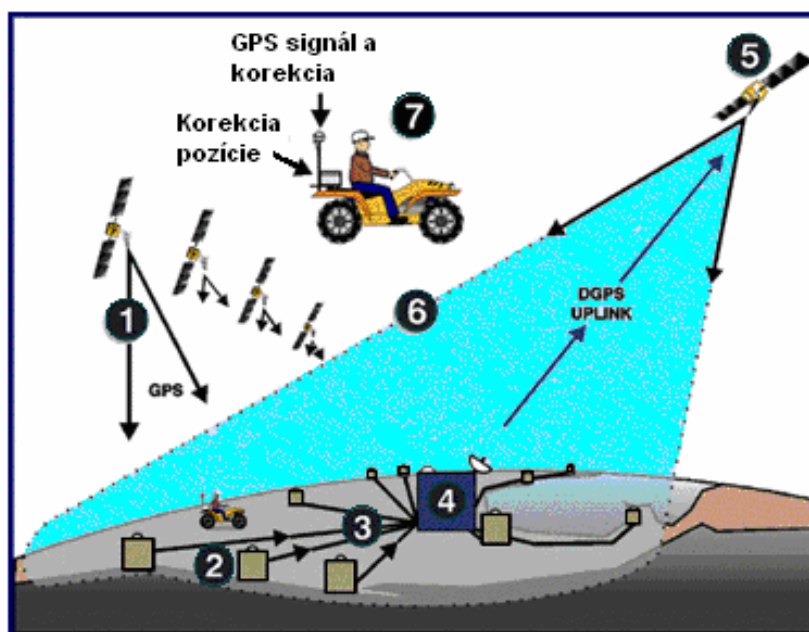
## 2. Prehľad GPS a možnosti ich využitia

GPS (Global Positioning System) je globálny satelitný triangulačný (lokalizačný a navigačný) systém, ktorý sa skladá z 24 družíc na šiestich obežných dráhach krúžiacich okolo Zeme a v súčasnosti ho prevádzkuje Ministerstvo obrany USA. Veľkou výhodou tohto systému je to, že je úplne zadarmo. Za jeho používanie sa neplatia žiadne poplatky.



➤ Obr. 1  
Zariadenia GPS určené na mapovanie (k zariadeniam sa v prípade potreby dá pripojiť externá anténa zvyšujúca presnosť)

Presnosť GPS (rádovo jednotky metrov) je pre bežné použitie postačujúca, ale niekedy je potreba ešte väčšej presnosti zameranie. Preto sa na spresnenie používa diferenciálne GPS (DGPS). Nepresnosť vzniká v tom, že signál z družíc je zaťažený úmyselnou chybou a chybou, ktorá je zo značnej časti spôsobená odchylením a odlišnou rýchlosťou šírenia elektromagnetických vln v častiach atmosféry. Táto chyba bude pri prijímačoch, ktoré od seba nie sú veľmi vzdialené približne rovnaká. Ak poznáme presnú polohu jedného stabilného prijímača (referenčný prijímač) bude chyba zistiteľná z rozdielu známych súradníc a súradníc zistených zo signálu družíc. Referenčný prijímač potom môže údaje o chybe odovzdať ostatným blízkym prijímačom, ktoré môžu odpočítaním tejto chyby opraviť vlastnú polohu. Prepojenie môže byť realizované napr. bezdrôtovým spojením. V každom prípade je u takýchto presných meraní dôležité zaistiť príjem čo najväčšieho počtu družíc a počas polohy musí byť prijímač v pokoji aby sa dosahovala požadovaná presnosť.



➤ Obr. 2

Princíp činnosti DGPS (1. družice GPS, 2. referenčné stanice, 3. vysielanie korekcie GPS do siete kontrolných centier, 4. siete kontrolných centier, kde sú korekcie kontrolované a spojené pre vysielanie na geostacionárnu družicu, 5. geostacionárna družica, 6. geostacionárna družica vysielala korekcie smerom k Zemi k užívateľom, 7. korelačné dáta sú prijímané a aplikované v reálnom čase).

Ďalší spôsob spresnenia je použitie systému EGNOS/WAAS. Princíp činnosti je podobný ako pri DGPS. Oblasť pôsobenia je však veľmi veľká. 2 družice systému EGNOS zaisťujú opravu pre Európu, ďalšie 2 WAAS družice obsluhujú Ameriku. Vzhľadom k pravdepodobným veľkým vzdialenostiam od referenčných staníc nie je spresnenie tak výrazné ako u DGPS. Maximálna presnosť je okolo 1-2 metra.

Ako bolo spomenuté, GPS je systém spravovaný americkou vládou, a pretože Európa nechce zostať pozadu, budú s najväčšou pravdepodobnosťou v budúcnosti existovať dva satelitné navigačné systémy. Európsky, ktorý sa zatiaľ pripravuje sa bude volať Galileo a jeho spustenie je plánované na rok 2011. Na rozdiel od GPS pôjde o systém určený primárne pre civilné použitie a jeho prevádzka bude dotovaná členskými štátmi európskej únie. Jeho vesmírna časť bude pozostávať z 30 družíc a bude poskytovať väčšiu presnosť zamerania ako GPS. Taktiež sa plánuje podpora obojsmernej komunikácie, takže bude možné pomocou prístroja vyslať núdzový signál o pomoc. Použitie širšieho spektra frekvencií by malo umožniť lokalizáciu aj vnútri budov. Vzhľadom k tomu, že družice GPS sú už takmer na konci plánovanej životnosti, plánuje sa po roku 2010 inovácia aj v systéme GPS. Vylepšenie by malo spočívať v lepšej presnosti lokalizácie (podobne ako u Galilea) a vyššej odolnosti proti úmyselnému rušeniu signálu.

### 3. Súradné sústavy

Na Slovensku sú používané dva súradnicové systémy. Civilný S-JTSK a vojenský S-42. Parametre S-JTSK boli stanovené s ohľadom na presné pozemné geodetické práce najmä v oblasti evidencie nehnuteľností. Je v ňom vytvorené civilné mapové dielo t.j. základné mapy v mierkach 1:10 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000 a niektoré tematické mapové diela napr. vodohospodárske mapy a mapy druhovej skladby lesných porastov.

Polohová presnosť priradenia tohto súradnicového systému je daná tzv. Jednotnou trigonometrickou sieťou katastrálnou (JTSK), ktorá má 268 trigonometrických bodov. Táto sieť pôvodne nebola spojená so sieťami okolitých štátov a jej rozmer, poloha a orientácia neboli určené z meraní základníc a z astronomických meraní. Zložitými postupmi vyrovnania sa v dostatočne vyrovnal jej tvar a dosiahla sa relatívne vysoká vnútorná presnosť. (poloha detailného bodu siete je voči susedným bodom +/-0.01 m).

Pre projekciu bolo použité dvojité konformné kuželové zobrazenie vo všeobecnej polohe a toto zobrazenie vychádzalo zo zastaraného Besselovho elipsoidu, ktorý sa najprv konformne zobrazil na Gaussovu guľu. Z Gaussovej gule potom nasledovala druhá konformná projekcia na sečný kužel vo všeobecnej polohe. Modul mierkového skreslenia v základnej kartografickej rovnobežke je 0.9999, čím sú dané dve neskreslene paralelne kartografické rovnobežky prebiehajúce severným a južným okrajom územia bývalého Československa. Dĺžkové skreslenie tak bolo minimalizované na interval od -10 cm/km do +11 cm/km (vo vnútri pásu územia ohraničeného neskreslenými rovnobežkami je záporné a mimo neho nadobúda k severným a južným okrajom územia kladne hodnoty). [2]

Napriek mnohým nedostatkom sú na tento systém naďalej viazané všetky merania súvisiace s katastrom a technické projekty realizované vo vnútri územia štátu. Profil generovania tohto systému nedovoľuje presnú transformáciu celého mapového diela do štandardne používaných systémov pri zachovaní jeho polohovokalizacnej presnosti. Existujú určité aproximačné postupy pomocou ktorých sa súradnice z Krovakovho zobrazenia prepočítavajú do geografického súradnicového systému, z ktorého sú ďalej transformovateľné do iných projekcií.

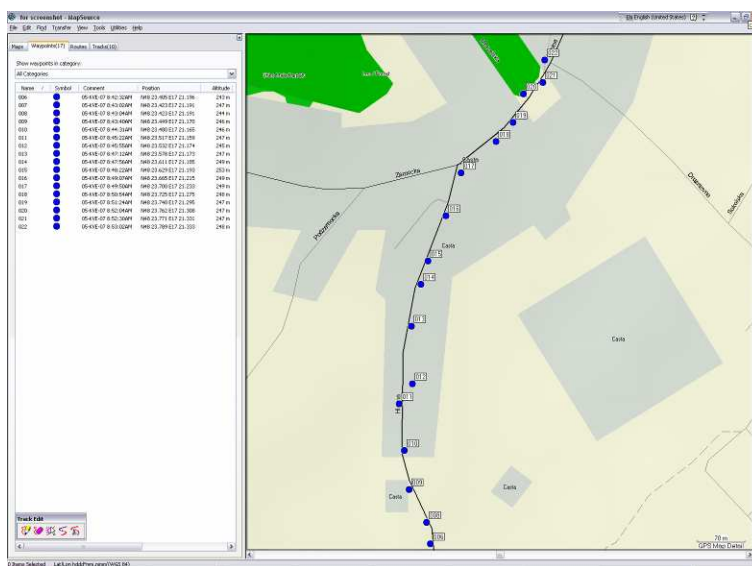
Ak teda chceme údaje z GPS používať na zakresľovanie do máp je nutné aby boli tieto údaje prevedené do rovnakého súradnicového systému aký má mapa. Prepočet na súradnicový systém používaný na Slovensku (S-JTSK) umožňuje len malá skupina prístrojov a preto sa zvyčajne prevod robí pomocou PC. Na tento prevod sa často zabúda najmä pri neodbornom používaní. Rozdiely vo výsledkoch na prvý pohľad nie sú veľké avšak pri snahe dosahovať čo najvyššiu presnosť je to zbytočné vnášanie nepresností. Pri uvádzaní pozície svetelných miest by malo byť uvedené aj v akom súradnom systéme sú hodnoty.



➤ Obr. 3  
Voľne šíriteľný program na prevod medzi súradnými systémami

#### 4. Pasportizácia verejného osvetlenia

Pri pasportizácii verejného osvetlenia sa využívajú mapy katastrálnych úradov, ktoré sú uložené vo formáte programu Kokeš (\*.vgi). Pre ďalšie použitie máp sa robí konverzia do iných formátov aby bolo možné jednoduchým spôsobom robiť potrebné zakreslenie. Konverzia sa robí do formátu programu MicroStation (\*.dgn) a podľa potreby ďalej do formátu programu AutoCAD (\*.dwg), pretože tento formát je rozšírený pri projekčnej a pasportizačnej činnosti.



➤ Obr. 5  
Zmapovaná časť verejného osvetlenia systémom GPS v programe MapSource (merané s dostatočnou presnosťou +/-3m)

Pre orientačné mapovanie svetelných miest postačujú programy dodávané k niektorým zariadeniam GPS. Obsahujú zvyčajne dostatočne presné mapy a je podľa nich jednoduché dohľadanie svetelných miest. Takéto orientačné zmapovanie pri použití kvalitného prístroja je pri bežnej presnosti pomerne rýchle. Je však dôležité pri takto vytvorených mapách udať typ prístroja aby bolo možné určiť s akou presnosťou boli údaje získané alebo ak je údaj o presnosti známy uviesť ho. Ak boli údaje získané s malou presnosťou (+/-5m a horšie) vzniká problém pri spätnom dohľadávaní, pretože prístroj s ktorým je vyhľadávanie robené ma tiež nepresnosť a tieto nepresnosti sa sčítajú.

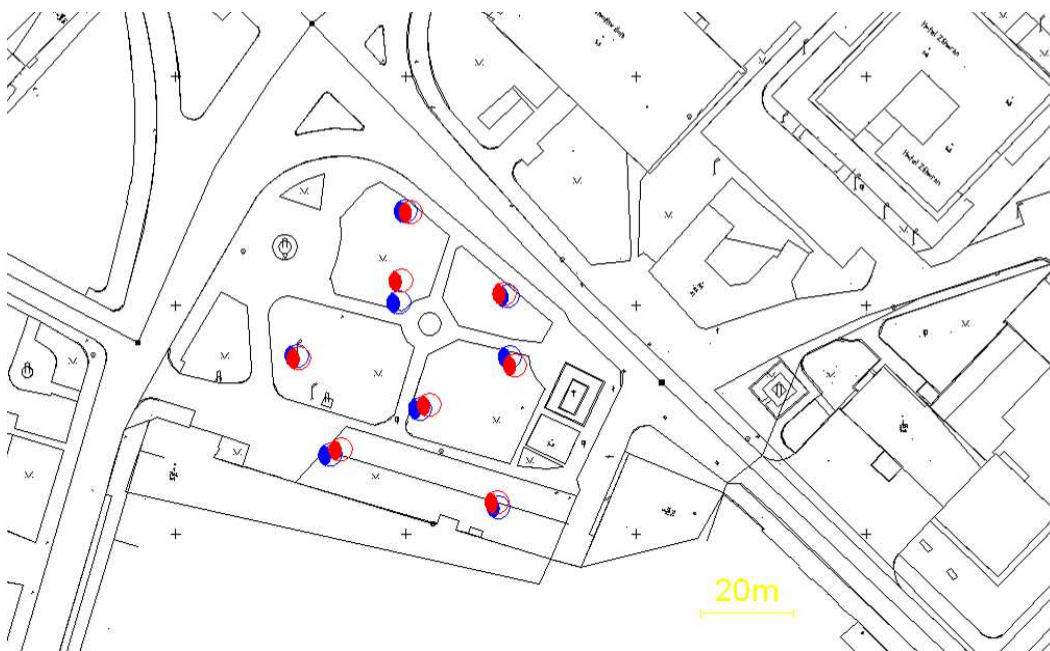
Pre presné určenie polohy všetkých svetelných miest je vhodné použiť zakresľovanie problematických miest do máp priamo v teréne. Problémové sú najmä miesta v parkoch a v hustej zástavbe, kde kvalita signálu GPS je značne obmedzená a vznikali by veľké nepresnosti. Tu sa odporúča použiť externú anténu alebo požadovanú presnosť dosiahnuť dlhším zameriavaním pozície (dlhším meraním sa presnosť zvyšuje).



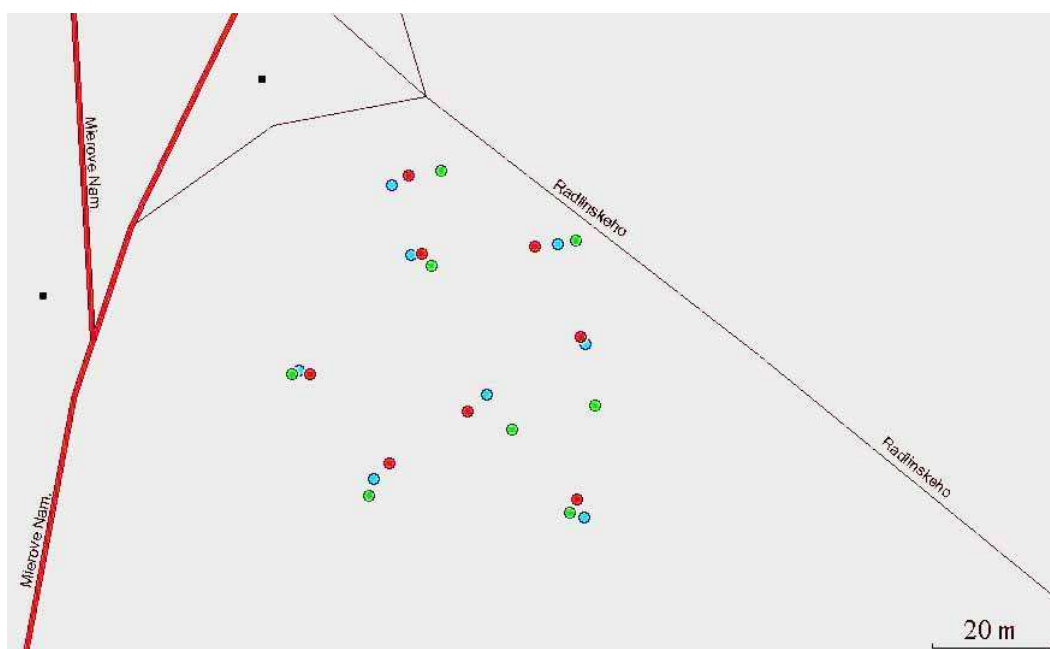
➤ Obr. 6  
Časť GPS mapovania VO

## 5. Presnosť

Presnosť mapovania v najväčšej miere závisí od použitého prístroja a spôsobu mapovania. Prístroje s dostatočne malou chybou sú dnes reálne dostupné aj v nižších cenových kategóriách. Ako ukazujú obrázky nižšie je chyba pri mapovaní v dobrých medziach. Pri klasickom mapovaní je to najmä vďaka dobrej orientácii v teréne pomocou budov. Problémy vznikajú hlavne ak nie sú dobré podklady a nie je možné sa dobre orientovať v teréne. Ďalší nárast nepresnosti môže nastať pri prekresľovaní pracovných podkladov do digitálnej mapy. Táto chyba je pri zodpovednom prístupe malá.



➤ Obr. 7  
 Presnosť klasického mapovania:  
 červené – presné zameranie polohy diaľkomerom vzhľadom na budovy,  
 modré – bežné mapovanie v teréne pri pasportizácii VO.



➤ Obr. 8  
 Presnosť GPS mapovania:  
 červené – zaznačenie polohy pri pasportizácii,  
 modré – zaznačenie polohy pri spätnom dohľadovaní  
 zelené - zaznačenie polohy s malou presnosťou (mapovanie prístrojom s nedostatočnou presnosťou).

Pri GPS mapovaní je presnosť horšia ale stále postačujúca pre siete verejného osvetlenia, pretože rozstupy stožiarov sú zvyčajne väčšie ako 10m. Pri presnosti do +/-5m je teda možné jednoznačne späť dohľadať svetelné miesto. Orientácia v GPS mape je sťažená tým, že v nej nie sú presne zakreslené budovy ale len symbolicky. Treba sa viac orientovať pomocou ciest. V teréne je zase naopak lepšia orientácia pomocou GPS, pretože svoju pozíciu možno sledovať priamo na displeji prístroja a nie je nutné mať veľké výkresy.





➤ Obr. 9  
Ukážka svetelného miesta s problematickým GPS mapovaním (park a v blízkosti vysokej budovy).

## 6. Záver

Spôsob mapovania verejného osvetlenia klasickým spôsobom je vo väčšine prípadoch stále najvhodnejší, pretože ponúka možnosť lepšie zachytiť geometriu svetelného miesta. Ukladané body pri systéme GPS neobsahujú orientáciu a preto sú tieto údaje len čiastkové. Ako najvhodnejšie riešenie sa vidí použitie klasického spôsobu doplneného o GPS pozíciu aby bolo možné lepšie, pohodlnejšie a rýchlejšie dohľadanie svetelného miesta napr. pri rekonštrukcii. Ak by bolo získavanie údajov dostatočne presné je možné využiť napr. makro vytvorené vo Visual Basic na automatické zakreslenie svetelných miest do máp v programe AutoCAD. Takéto presné získavanie GPS pozícií je v dnešnej dobe veľmi nákladné a preto sa nevyužíva. A vyžadovalo by podklady, ktorých presnosť je aspoň čiastočne overená pomocou GPS.

## Literatura a odkazy

- [1] Geotech, <http://www.geotech.sk>
- [2] Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP), <http://www.sazp.sk>
- [3] <http://www.geospeleos.com>
- [4] HRDINA, Z.: Transformace souřadnic ze systému WGS-84 do systému S-JTSK, Fakulta elektrotechnická, Praha, 1997 s. 21
- [5] <http://www.seak.sk>

# Subjektivní hodnocení osvětlení

Marie Juklová RNDr., Adéla Kadulová Bc., Ivo Penn Ing.

Ostravská univerzita v Ostravě  
Zdravotně sociální fakulta  
Syllabova 19  
Ostrava 3, 703 00

## Abstrakt

V současné době je kladen důraz především na objektivní hodnocení osvětlení. Na druhou stranu stojíme před faktem subjektivního ovlivnění pracovníků světelnými parametry. V mnoha případech jsou pocity pracovníků v rozporu s objektivně zjištěnými parametry osvětlení. Tento článek pojednává o "rychlé/snadné" metodice stanovení subjektivních výstupů pro vytvoření určitého kontrastu mezi objektivními a subjektivními metodami. Zrakové potíže jsou ukazatelem zrakové únavy a jejich souvislost s charakterem pracovní činnosti nelze popírat.

## Klíčová slova

světlo, osvětlení, zrak

## Úvod

Denní osvětlení je jedním z nejdůležitějších faktorů, podmiňujících kvalitu životního prostředí ve vnitřních prostorech staveb. Denní světlo má podstatný vliv na zdraví a duševní pohodu lidí a také na jejich náladu a pohotovost k pracovnímu výkonu. Denní světlo je často také jediným pojítkem s přírodním vnějším prostředím. Pro zabezpečení dobrého denního osvětlení a zrakové pohody při něm je nezbytné respektovat jak kvantitativní stránku, tedy dostatečné množství světla pro dané zrakové činnosti, tak stránku kvalitativní, směřující zejména k optimálnímu rozložení jasů pozorovaných ploch v zorném poli.

*Studie „Hodnocení zrakové zátěže zaměstnanců České spořitelny a. s. Brno - Jánská“*

## Metodika šetření

Šetření bylo provedeno pomocí:

1. standardního dotazníku ke zjišťování zrakové únavy při práci se zrakovými nároky (s obrazovkou ap.). Úkolem sledované osoby je vyznačit u 13 příznaků zrakové únavy sílu jejich obtížnosti v průběhu směny a jejich přetrvání po práci. Také se sleduje oblast nespecifických příznaků (bolest hlavy jako důsledek zrakové námahy, pocit nepohody z práce při umělém osvětlení, potřeba přerušit práci a nechat oči odpočinout).
2. dotazníku subjektivní spokojenosti s osvětlením na pracovišti. Sleduje se spokojenost v těchto oblastech:
  - *Denní světlo a umělé osvětlení*
  - *Oslnění*

## Sledovaný soubor:

Vyšetřena byla skupina 20 pracovníků v úřednických profesích České spořitelny Brno - Jánská. Šetření bylo prováděno anonymně, sledovala se pouze věková kategorie a délka praxe. Většina pracovníků byla středního věku (65% osob starších než 26 let a 20% osob starších než 36 let) a také měla praxi delší než pět let (80% osob). V souboru nebyl žádný pracovník s praxí kratší než 1 rok, jde tedy u celého vzorku o

osoby dlouhodobě adaptované ve své profesi. Věk ani praxe neměly vztah k zrakovým potížím, proto jsme je dále nesledovali. Data ze šetření byla vyhodnocena a statisticky zpracována v programu EPI INFO, verze 6.

## Výsledky

Na základě výsledků dotazníku pro subjektivní hodnocení osvětlení bylo možno posoudit zrakovou pohodu pracovníků sledovaného souboru. Výsledky jsou uvedeny v tab. 1.

Denní a umělé osvětlení	výborné	dostačující	nevhovující
Vzhled osvětleného prostoru	0	35	65
Osvětlení pracovního místa denním světlem	15	10	75
Prisvětlování během dne umělým světlem	15	5	80
Kvalita prisvětlování umělým světlem (sdružené osvětlení ve dne)	0	35	60
Kvalita osvětlení jen umělým světlem	0	40	60
Kvalita umělého osvětlení pracovního místa	0	40	60
Celkové hodnocení osvětlení na pracovišti	0	30	70
Oslnění	ne, zřídka	málo, nevýznamně	ano trvale
Osvětlovací otvory – možnost oslnění	70	10	20
Rozmístění svítidel – možnost oslnění	15	40	45
Přímé oslnění okny na pracovním místě	25	30	45
Oslnění odrazem na pracovním místě	40	20	40

Tab.1. Dotazník pro subjektivní hodnocení osvětlení – procento osob

S denním osvětlením prostoru byla nespokojena více jak polovina pracovníků, prisvětlování umělým osvětlením trvale užívá během dne většina pracovníků, tři pětiny považují za nedostačující osvětlení pouze umělým osvětlením. Žádný z pracovníků však nevyjadřuje naprostou spokojenost.

Oslnění na pracovišti se vyskytuje relativně často. Přímé oslnění na pracovním místě osvětlovacími otvory uvádí přes dvě pětiny pracovníků a dvě pětiny pracovníků obtěžuje oslnění odrazem. Důležitým faktorem je možnost aktivní úpravy osvětlení na pracovišti. Pracovníci si stěžují na nemožnost individuální regulace osvětlení, vypnutí určitého bloku světla.

Nespecifické potíže	Česká spořitelna a. s. Brno - Jánská	Kritická hodnota	Procento osob se zvýšenými potížemi
Bolesti hlavy z únavy zraku	2,2	2	35%
Nepohoda při umělém osvětlení	3,1	2	50%
Potřeba nechat oči odpočinout	2,6	3	25%
Pocit tělesné únavy ze zátěže zraku	2,9	3	45%

Tab.2. Nespecifické příznaky zrakové únavy – průměrné hodnoty

Specifické potíže	Česká spořitelna a. s. Brno - Jánská	Kritická hodnota
<b>Zrakové potíže při práci</b>		
Okulární	7,1	7
Vizuální	3,8	6
<b>Zrakové potíže po práci</b>		
Okulární	4,8	6
Vizuální	2,6	4

Tab.3. Intenzita zrakových potíží – průměrné hodnoty

Okulární i vizuální potíže pracovníků celého souboru poukazují na alarmující kritické hodnoty, především okulárních zrakových potíží při práci (spojených se zrakovým orgánem – tlak v očích, pálení očí, zarudlé oči, slzení očí). Z nespecifických příznaků, které doprovázejí zrakovou zátěž, vnímá polovina pracovníků nepohodu při umělém osvětlení a také téměř polovina pociťuje pocit tělesné únavy ze zátěže zraku

### Srovnávací soubor – pracovníci Krajské hygienické stanice - Brno

V následujících tabulkách jsou pro ilustraci uvedeny výsledky srovnávacího souboru a T – test pro vyhodnocení rozdílů mezi aritmetickými průměry dvou různých souborů.

Specifické potíže	KHS Brno	Kritická hodnota	
<b>Zrakové potíže při práci</b>			
Okulární	2,0±1,7	7	T – test = 5,68 S.v. = 51
Vizuální	1,3±1,5	6	T-test = 3,32 S.v. = 51
<b>Zrakové potíže po práci</b>			
Okulární	1,3±1,7	6	T- test 5,09 S.v. = 51
Vizuální	0,7±1,3	4	T-test = 3,03 S.v. = 51

Tab. 4 Intenzita zrakových potíží – průměrné hodnoty

T – test pro rozdíl mezi dvěma soubory 20 osob České spořitelny a. s. Brno – Jánská a 33 osob srovnávací skupiny. Všechny čtyři hodnoty jsou statisticky významné na hladině  $p \leq 0,01$  ( tabulkové kritérium pro s. v. 51 = 2,77)

Subjektivní hodnocení osvětlení	$\chi^2_{(1)}$ Chi-kvadrát
1.1.Vzhled osvětleného prostoru	24,64 P<0,001
1.2.Osvětlení prostoru denním světlem	30,64 P<0,001
1.3.Osvětlení pracovního místa denním světlem	24,21 P<0,001
1.4.Obloha	48,99 P<0,001
1.5.Přisvětlování během dne umělým světlem	37,82 P<0,001
1.6.Přisvětlování na místo pracovního úkolu	37,82 P<0,001
1.7.Kvalita přisvětlování umělým světlem (ve dne)	28,42 P<0,001

1.8.Kvalita osvětlení jen umělým světlem (večer)	26,42 P<0,001
1.9.Kvalita umělého osvětlení pracovního místa	15,98 P<0,001
2.1.Intenzita rozdílu osvětlení pracovního místa a okolí	24,82 P<0,001
2.2.Stínění zařízení	24,82 P<0,001
Oslnění	
3.1.Osvětlovací otvory – možnost oslnění	7,32 P<0,01
3.2.Rozmístění svítidel –možnost oslnění	17,89 P<0,001
3.3.Přímé oslnění na pracovním místě	9,22 P<0,01
3.4.Oslnění odrazem na pracovním místě	12,1 P<0,001
Barevné řešení	
4.1.Barevné řešení pracoviště	22,9 P<0,001
4.2.Barva světla použitých umělých zdrojů	24,64 P<0,001
Celkové hodnocení	
5.1.Možnost aktivních úprav pracoviště	24,21 P<0,001
5.4.Celkové hodnocení	31,39 P<0,001

Tab. 5 *Chí* - kvadrát pro rozdíl mezi souborem Janská a KHS Brno

## Závěr

Cílem práce bylo zjistit jak ovlivňuje osvětlení pracoviště lidské zdraví. Výsledné hodnocení zrakové pohody pracovníků poukázaly na problémy, týkající se především nevyhovujícího denního a umělého osvětlení a možnosti oslnění. Procento stěžujících si na zrakovou nepohodu je vysoké, většina pracovníků vnímá své pracoviště jako nedostačující, což znamená pasivní adaptaci prostředí. Pracovníkům schází možnost vlastního zásahu při úpravě světelných podmínek. Prostřednictvím dotazníkového šetření byl zjištěn zvýšený výskyt zrakových potíží. Proto je velmi důležité zajistit kvalitu všech těchto parametrů, aby bylo docíleno, co nejlepší duševní pohody a také pohotovost k pracovnímu výkonu.

Cílem práce bylo posoudit propojení nedostatečného nebo nevhodně řešeného osvětlení pracoviště na psychické rozpoložení, duševní pohodu a pracovní výkon zaměstnanců, který je těmito faktory přímo ovlivňován. Touto prací nebylo možno zjistit jakou měrou byly získané výsledky ovlivněny vedlejšími faktory, jako jsou např. „špatné“ mezilidské vztahy na pracovišti apod.

## Literatura a odkazy

- [1] A.Hladký, Z.Žídková , Metody hodnocení psychosociální pracovní zátěže, Vydala UK Praha nakladatelství Karolinum, 1999, ISBN 80 - 7184 - 890 - 5
- [2] Světlo a pracovní prostředí Praha, příloha sborníku symposia Praha říjen 1974
- [3] RYBÁŘ, Petr. Denní osvětlení a oslnění budov. Brno : Era , 2002. 271 s. ISBN 80-86517-33-0.
- [4] PLCH, Jiří. Světelná technika v praxi. 1. vyd. Praha : IN-EN, 1999. 210 s. ISBN 80-86230-09-0.

# Praktické aplikace LED v proměnných dopravních značkách

Ing. Petr Kalous, ELTODO EG a.s., Technický úsek, e-mail: [kalousp@eltodo.cz](mailto:kalousp@eltodo.cz)

Ing. František Luxa, ELTODO EG a.s., Výrobní divize, e-mail: [luxaf@eltodo.cz](mailto:luxaf@eltodo.cz)

## 1. Úvod

Dopravní značky s proměnnými symboly tvořenými pomocí vysoce svítivých prvků LED jsou aktivní dopravní značky využívající světelných bodů rozložených na čelní ploše (matrici) k vytvoření symbolu dopravní značky nebo jiné dopravní informace.

Používají se na frekventovaných pozemních komunikacích různých tříd a v tunelech, kde je třeba pružně regulovat plynulost silničního provozu vzhledem k okamžité situaci. Předností značky je dobrá viditelnost a možnost okamžité změny symbolů a dlouhý interval údržby LED.

Na čelní matrici jsou vytvořeny kombinace symbolů dopravních značek, které jsou na daném místě nutné podle předpokládané dopravní situace. Nejčastěji se kombinují symboly značek výstražných, zákazových a světelné signály. Při běžných aplikacích se volí 2÷10 symbolů. Velikost a tvar symbolů se volí podle místa použití v souladu s příslušnými normami a předpisy.

## 2. Noremní požadavky

Proměnné dopravní značky a jejich využití musí splňovat požadavky řady norem a předpisů, např.:

ČSN EN 12966-1 „Svislé dopravní značky – Proměnné dopravní značky“,  
 ČSN EN 12899-1 „Stálé svislé dopravní značení – Část 1: Stálé dopravní značky“,  
 TP 98 Technologické vybavení tunelů,  
 ČSN 73 7507 Projektování tunelů, ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení – nouzové osvětlení aj.

Podle ČSN EN 12 966-1			Podle ČSN EN 12 899-1	
PDZ/V	Vyzařovací úhel	B 1	Hrany štítů	E 3
	Jas	L 3		
PDZ/T	Vyzařovací úhel	B 3	Zatížení větrem	WL 2
	Jas	L 3 (T)		
Barva		C 2	Bodové zatížení	PL 3
Poměr jasu		R 2	Dynamické zatížení sněhem	DSL 0
Teplota		T 2	Maximální hodnota plošného přetvoření -	
Znečištění		D 2	- průhyb	TDB 4
Ochrana (krytí)		P 2	- kroucení	TDT 5
Otvory v činné ploše		P 2	Ochrana povrchu proti korozi	SP 1

➤ Tab 1 – Světelně technické a mechanické požadavky na PDZ LED podle norem

## 3. Výběr a měření LED prvků

V současné době nabízí trh velké množství LED s různými vyzařovacími úhly od 7° do 60° a r úznými hodnotami svítivosti. Je zřejmé, že LED s většími vyzařovacími úhly mají nižší hodnoty svítivosti v ose, protože světelná energie emitovaná čipem je zakřivením pouzdra vyzařována do většího prostorového úhlu.

Protože norma ČSN EN 12966, podle které se v matrice PDZ navrhuje, požaduje rozdílné vyzařovací úhly světelných bodů a jas symbolů pro použití na dálnicích, silnicích 1. třídy a tunelech, volí se kombinace optických čoček a LED prvků tak, aby svítivosti tyto těmto požadavkům vyhověly.

Základním kritériem je vyzařovací úhel světelného bodu, druhým je jas ekvivalentní plochy symbolu. Toho lze snadno dosáhnout použitím většího počtu světelných bodů v symbolu, ale pouze v případě matic obsahujících 1-3 symboly. V případě vícesymbolových matic se volí počty svítících bodů tak, aby jas symbolu vyhověl normě, symbol byl zřetelný, ale aby také bylo možno všechny požadované symboly na matici umístit.

Při výběru vhodných LED vycházíme z firemních katalogů a datasheetů. Volíme diody s potřebných vyzařovacím úhlem, požadovanou vlnovou délkou a maximální svítivostí.

Velmi důležitá je samozřejmě i životnost LED. Tu ale většina firem uvádí 50-100 tisíc hodin, což zvláště u bílé neodpovídá skutečnosti. Zde se potom provádí zrychlená zkouška poklesu svítivosti po dobu cca 4 tisíce hodin a z naměřené charakteristiky se doba životnosti odhadne.

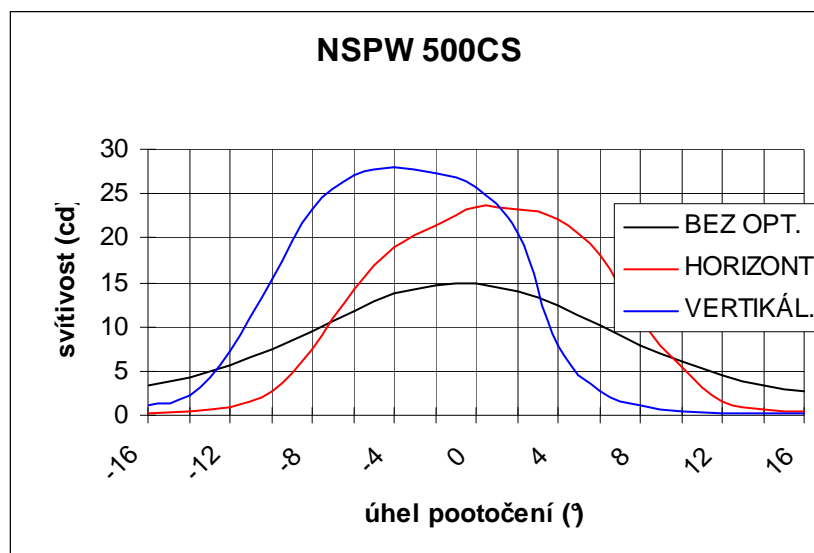
Z vybraných LED se zajistí vzorky u kterých se měří světelné parametry v kombinaci s optickou čočkou. Diody, které vykazují nejvyšší hodnoty svítivosti ve vertikálním i horizontálním směru v celé oblasti požadovaných vyzařovacích úhlů, vybereme jako vhodné pro naše aplikace. Vyrobí se vzorkové matrice pro všechny barvy používané v PDZ a nechají se certifikovat. Takto vybrané LED se používají v proměnných dopravních značkách po dobu 2-3 let.

Vývoj LED jde velmi rychle kupředu a prakticky každý rok se objeví na trhu nové a výkonnější. Tento vývoj samozřejmě sledujeme a připravujeme se na použití těchto nových prvků. Celý proces výběru se ale musí zopakovat včetně certifikací.

Protože nové LED mají vždy vyšší hodnoty svítivosti a požadavky norem zůstávají stejné je možné tyto diody napájet menším proudem při zachování požadovaného jasu symbolu. Protéká-li diodou menší proud, čip se méně zahřívá a životnost LED se prodlužuje. Použitím nových LED je tedy možné prodloužit životnost celé PDZ.

Na Obr.1 je znázorněna grafická závislost (vyzařovací úhel/svítivost) u LED NICHIA NSPW500CS bílé barvy samostatné a v kombinaci s optickou čočkou.

		NICHIA NSPW 500CS - BÍLÁ																
úhel		-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16
BEZ OPT.	svít.[ cd ]	3,3	4,3	5,6	7,5	9,5	11,8	13,7	14,6	15	13,9	12,4	10,2	8	6,2	4,6	3,4	2,6
HORIZONT.		0,3	0,4	0,8	2,8	7,5	14,1	19	21,5	23,4	23,2	22,1	18	10,8	5,4	1,5	0,6	0,4
VERTIKÁL.		1,1	2,2	7,2	15,3	23,2	27	27,9	27,2	25,7	20,6	8	2,8	1,2	0,5	0,3	0,2	0,2

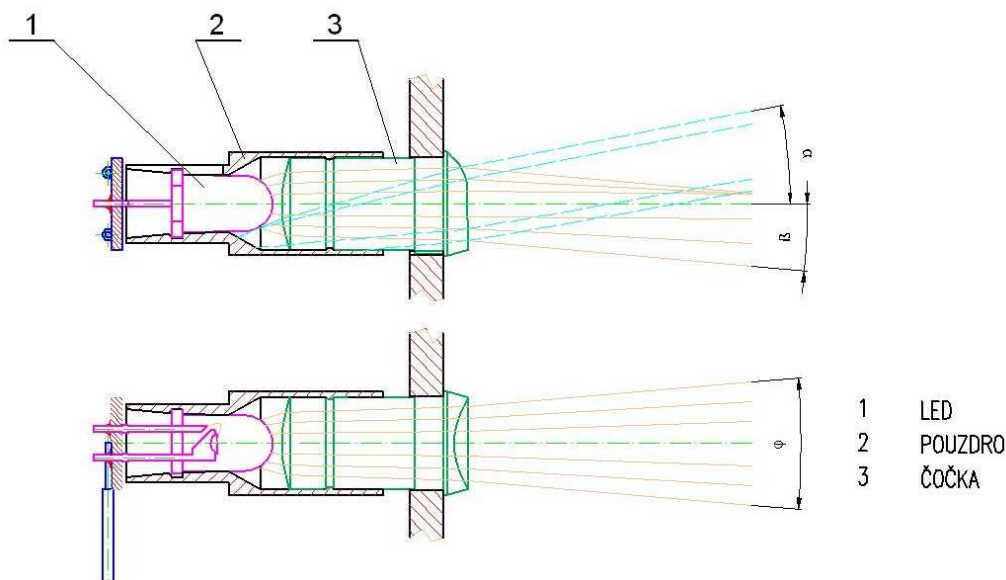


Obr.1 Vyzařovací úhel/svítivost LED NICHIA NSPW500CS bílé barvy samostatné a v kombinaci s optickou čočkou.

Po návrhu tvaru symbolu se z tohoto grafu stanoví výpočtem počet světelných bodů tak, aby jas symbolu vyhovoval ČSN EN 12966.

## 4. Optický prvek

Jednotlivé svítící body, které vytváří na čelní desce symboly dopravních značek, jsou sestaveny z optické čočky, spojovacího pouzdra a LED o příslušné vlnové délce. Pro vývoj PDZ LED byly ve spolupráci s ČVUT navrženy a vyvinuty optické elementy usměřující světelný tok LED a současně omezující tzv. Fantom efekt. Optická čočka je astigmatická tzn., že vyzařovaný světelný tok je směřován do přesně definovaných úhlů splňující podmínky norem. Materiál čočky je klimaticky odolné sklo nebo Plexiglass N8. (Obr.2)



➤ Obr.2 Detail optického elementu PDZ LED pro různé úhly a směry vyzařování.

## 5. Sestavy značek a dodatkových tabulí

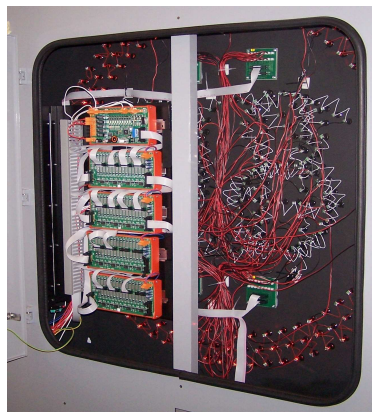


Kombinace zobrazovaných symbolů na matici dopravních značek je definována dopravním řešením v daném místě.

Do otvorů na matici vytvářejících symbol dopravní značky jsou vloženy optické elementy s LED příslušné barvy spojené do řetízků a po blocích a svedené do sběrnice a dále do bloku ovládací elektroniky.

Obr. 3 Příklady symbolů dopravních značek tvořených optickými prvky s LED na matici PDZ

Matrice, lakovaná speciální barvou pro potlačení reflexů, s optickými prvky je osazena do ocelové nebo hliníkové skříně značky. Uvnitř skříně jsou umístěny zdroje konstantního proudu pro napájení LED, zapojených do sekcí a řídicí elektronika, která zajišťuje komunikaci s řídicím pracovištěm, spíná bloky LED prvků vytvářejících dopravní nebo informační symboly, prověřuje funkci prvků, plynule reguluje svítivost značky v závislosti na venkovním osvětlení a udržuje vhodné klimatické podmínky uvnitř skříně pro optimální funkci prvků LED. Zapojení jednotlivých LED na matici značky a část ovládací elektroniky jsou na obr 4. po otevření uzamykatelných dveří. Značka má stupeň krytí IP 65. Značka se připevňuje na nosnou konstrukci umožňující nastavení ve vertikálním a horizontálním směru pro možnost doladění směrové svítivosti.



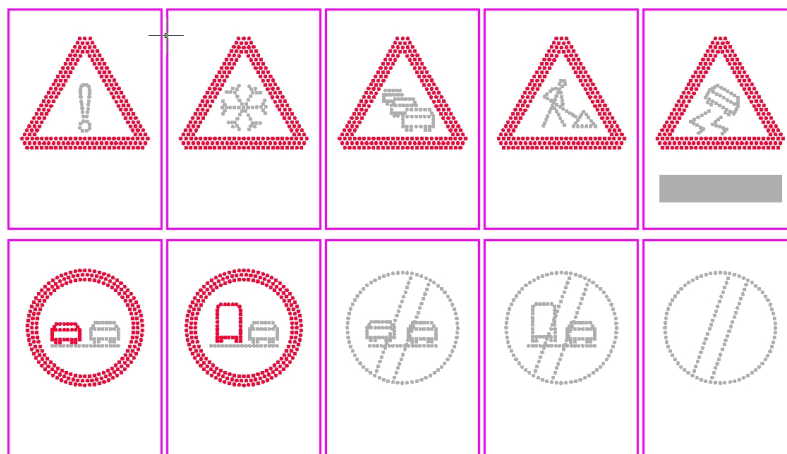
Dodatkové tabulky pro zobrazení libovolné alfanumerické nebo grafické informace jsou vytvořena grafickým polem tvořeným jednotlivými optickými prvky LED a mohou být ve společné skříně.

Obr 4.. Zapojení LED a řídicí elektronika ve skříně značky, pohled po otevření dveří na rubu



## 6. Realizace v tunelech Sitiny (Bratislava)

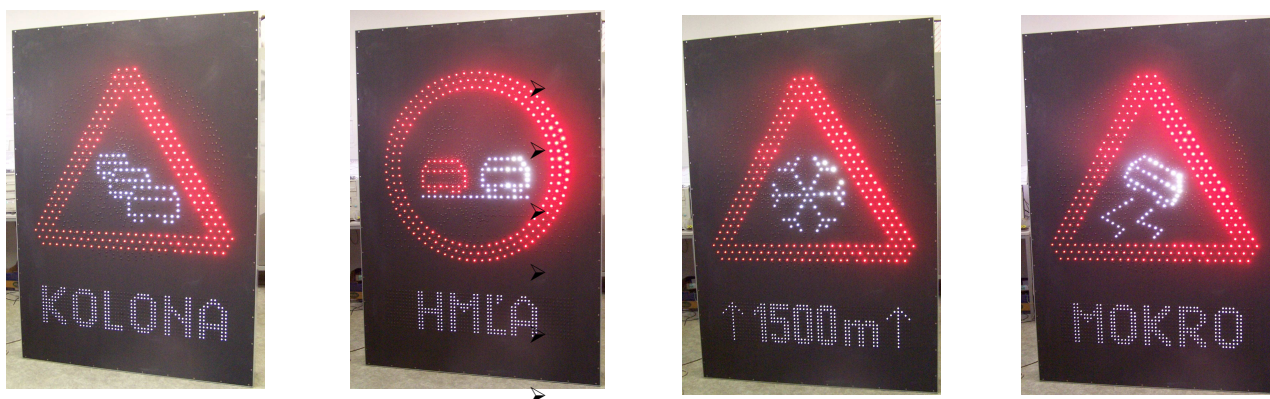
První velkou terénní aplikací těchto značek bylo vybavení dálničního tunelu Sitiny, Bratislava, Slovensko. Požadavek projektanta byl na proměnné značky rozměrů 900 x 400 mm až 2000 x 1400 mm s max. 10 symboly a doplňkovou textovou tabulkou řešenou jako textové pole pro zobrazení libovolné informace (písmo, čísla, šipky apod.). Požadované symboly značek, umístěné na matici jedné značky jsou pro ilustraci na obr. 5



➤ Obr. 5 Všechny symboly umístěné na jedné matici PDZ LED pro tunely Sitiny

Proměnné značky a doplňkové tabulky byly umístěny do společné skříně. Všechny značky jsou vybaveny klimatizací skříně a řídicí elektronikou, která zajišťuje správnou funkci značky podle pokynů z dispečinku a informaci o svém stavu přenáší zpět.

Funkční PDZ LED s vybranými symboly a textovou tabulkou ve fázi technologického zahoření a oživení řídicího systému je na obr. 6



➤ Obr.6 Funkční PDZ LED pro tunely Sitiny s vybranými symboly a texty

Značky jsou v terénu umístěny na portálech s pochozí lávkou pro údržbu a na upevňovacích konstrukcích na vjezdech do tunelu (Obr. 7).



Celkový objem zakázky byl 145 značek. Tento výčet vytváří představu o variabilitě vyvinutého produktu

Kontrolní měření rozložení svítivosti v terénu potvrdilo, že proměnné dopravní značky, využívající LED s optickým prvkem vyhovují požadavkům.

Obr. 7 Umístění PDZ LED na vjezdu do tunelu, technologické zkoušky

# Nové normy o denním osvětlení

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.  
fakulta stavební ČVUT Praha

Denní světlo je důležitou fyziologickou a psychologickou potřebou lidského organismu a je v tomto smyslu pro člověka nenahraditelné. Přes značný technický pokrok umělého osvětlení je při dlouhodobém působení denní osvětlení pro člověka příznivější a rozdíly v účincích jsou mnohostranné. Budovy musí být navrhovány tak, aby jejich vnitřní prostory byly dostatečně osvětleny denním světlem. Tato povinnost je zakotvena ve stavebním zákoně a související vyhlášce MMR 137/1998 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu. Požadavky na denní osvětlení jsou stanoveny těmito technickými normami.

ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov - základní požadavky (2007)

ČSN 730580-2 Denní osvětlení obytných budov (2007)

ČSN 730580-3 Denní osvětlení škol (1994)

ČSN 730580-4 Denní osvětlení průmyslových budov (1994)

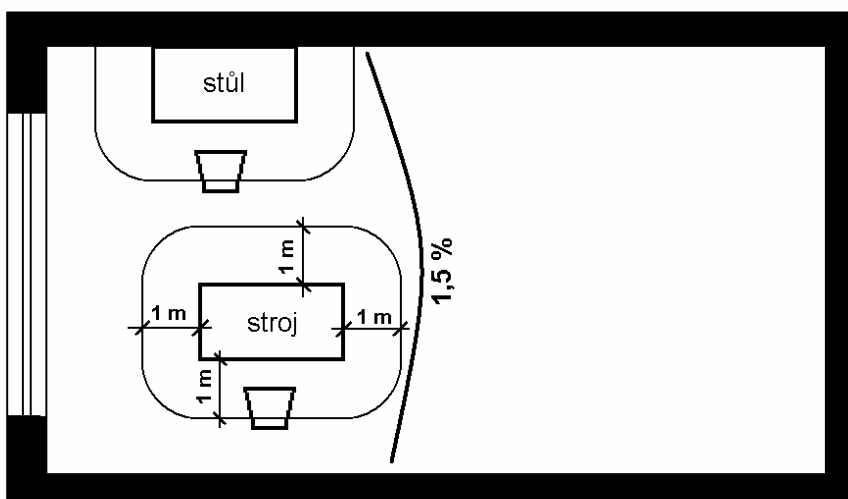
Jak vyplývá z datování jednotlivých norem, v letošním roce prošly novelizací první dvě z nich. Protože se v praxi často stává denní osvětlení zástupným problémem při řešení závažných sporů provázejících přípravu a realizaci investiční výstavby, bylo mým cílem jako autora normy požadavky na denní osvětlení zjednodušit a učinit je dle možnosti spravedlivějšími pro investory i ostatní účastníky správních řízení o výstavbě. Jak to často v normalizaci bývá, vydání norem předcházela relativně rozsáhlá diskuse v Technické normalizační komisi i mimo ni a výsledný text je kompromisem mezi některými i protichůdnými názory, které v této diskusi zazněly. Cílem příspěvku je ve stručnosti upozornit na hlavní změny oproti předchozímu znění.

ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov - základní požadavky je normou „kmenovou“ kde jsou definovány zásady navrhování, výstavby a užívání budov z hlediska denního osvětlení, základní kritéria pro posuzování i veličiny, které hodnoty těchto kritérií ovlivňují a které se používají v příslušných výpočtech. Základem byl text normy z roku 1999, který byl upraven a doplněn o tyto nové věci:

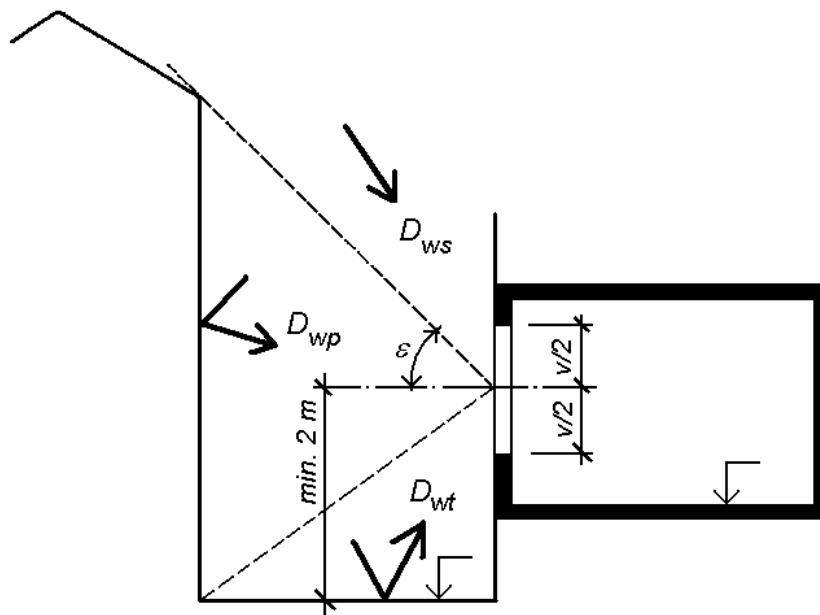
- 1) hodnoty činitele denní osvětlenosti se v projektové dokumentaci uvádějí na jedno desetinné místo. (cílem je bránit zbytečným sporům o prakticky neměřitelné hodnoty vypočtené sice přesně na tisícinu procenta často s pomocí programů na PC ale vždy z méně přesných vstupních hodnot do těchto výpočtů.)
- 2) zůstávají v nezměněné podobě v platnosti: důležitý článek 4.2.2 který uvádí vnitřní prostory, které musí mít vždy denní osvětlení, a Tabulka 1 uvádějící sedm tříd zrakových činností s požadovanými hodnotami činitele denní osvětlenosti.
- 3) je upřesněna velikost funkčně vymezené části vnitřního prostoru. Požadovaná hodnota činitele denní osvětlenosti musí být splněna v rozsahu celé pracovní plochy (stolu nebo stroje) včetně prostoru až do vzdálenosti 1 m od těchto ploch – viz obrázek 1. (cílem je bránit takovým řešením, kdy funkčně vymezený prostor je příliš malý, např. v rozsahu jen části pracovního stolu apod. Autor normy je přesvědčen, že funkční vymezení vnitřního prostoru musí skutečně vycházet z jeho funkce tj. z rozmístění jednotlivých pracovišť a nelze ho svazovat obecnými ustanoveními o jeho minimální ploše v m<sup>2</sup> apod.)
- 4) zůstává v platnosti článek 4.7.4 o zástavbě proluk v souvislé zástavbě. Zástavba proluky se posuzuje porovnáním se stavem, jako by proluka již byla zastavěna. Nově se stanoví, že o tom, zda zástavba je prolukou, rozhodují oprávněné instituce obce. (tím se světelný technik, který často ani nemá podklady k takovému rozhodnutí, zbavuje odpovědnosti. Oprávněnou institucí je míněn stavební úřad.)

- 5) V normativní příloze A – Výpočet denního osvětlení – se více prosazuje požadavek na podrobnou dokumentaci hodnot použitých ve výpočtu tj. uvedení všech činitelů prostupu a odrazu světla. Jsou uvedeny směrné hodnoty těchto činitelů, které se použijí v případě, kdy jejich kvantifikace v daném případě není možná nebo je obtížná. Použití jiných (příznivějších) hodnot je pak vázáno na povinnost uvést podrobnou dokumentaci jejich stanovení včetně projektu barevnosti vnitřních a venkovních ploch budov apod. (jedná se o tendenci k větší opakovatelnosti výpočtů pro případ kontroly, protože v praxi často dochází k omylům a někdy i k záměrným manipulacím se vstupními hodnotami výpočtů.)
- 6) K normě byla připojena zcela nová příloha B – Kritérium přístupu denního světla k objektu – tímto kritériem je činitel denní osvětlenosti roviny zasklení okna – viz obrázek 2. Tímto kritériem se hodnotí stínění stávajících budov navrhovanou výstavbou, nástavbami či přístavbami objektů. (toto kritérium je spravedlivější, protože jeho hodnota není ovlivněna stavebním stavem stávající budovy tj. velikostí okna, hloubkou místnosti, stíněním vlastním balkónem apod.)

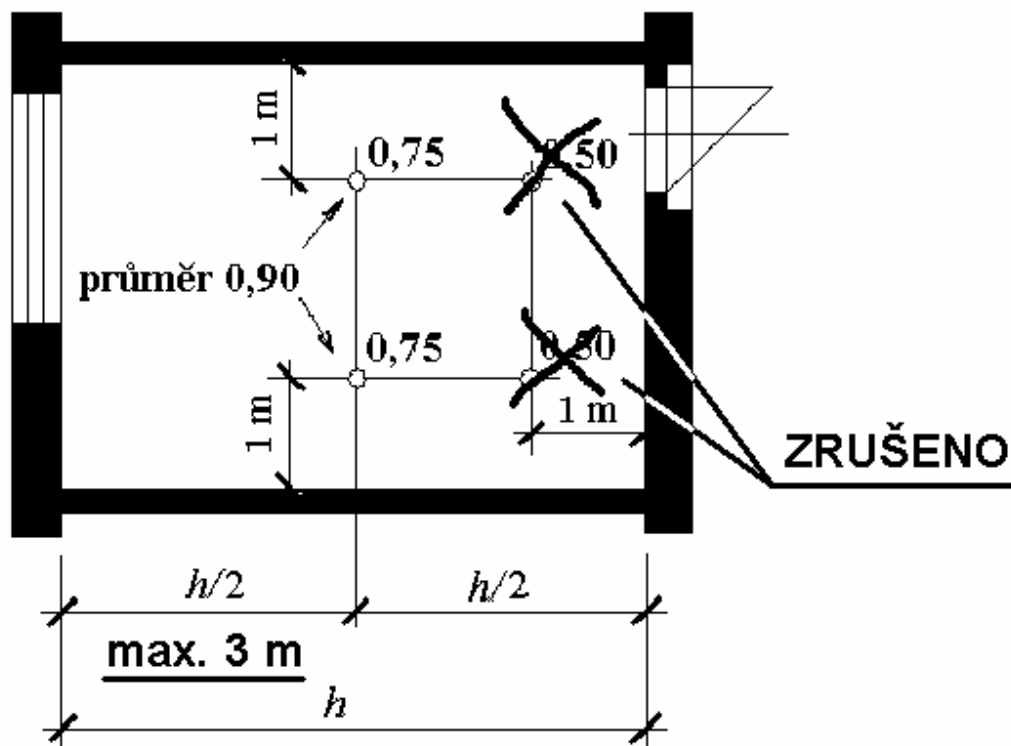
ČSN 730580-2 Denní osvětlení obytných budov je důležitá proto, že právě obytné místnosti se nejčastěji posuzují. Nové znění normy po vzoru norem slovenských zjednodušuje hodnocení zmenšením počtu kontrolních bodů. Ruší se požadavek na minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti (ten byl 0,5 %). V platnosti zůstává jen požadavek na hodnotu v polovině hloubky místnosti (0,75 %) včetně požadavku na průměr z hodnot dvou bodů (0,9 %) – viz obr. 3. Při větší hloubce obytné místnosti než 6 m zůstávají tyto kontrolní body ve vzdálenosti 3 m od okna. Jsou-li okna ve dvou stýkajících se stěnách, pak postačí splnění uvedených hodnot jen v jedné z dvojic kontrolních bodů.



Obrázek 1: Příklad funkčního vymezení vnitřního prostoru



Obrázek 2: Umístění kontrolního bodu, úhel stínění  $\varepsilon$  (°) a složky činitele denní osvětlenosti  $D_w$  (%) zasklení okna z vnější strany



Obrázek : Požadavky na denní osvětlení obytné místnosti

# Změna v hodnocení vnějšího zastínění denního osvětlení - ČSN 730580 - 1/1.7.2007

Petr Klvač, ing

[www.klvac-lighting.com](http://www.klvac-lighting.com)

Změnu ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov, část 1: Základní požadavky a část 2: Denní osvětlení obytných budov provázela odborná diskuze zejména na téma hodnocení vnějšího zastínění denního osvětlení venkovními objekty. Výsledkem této diskuze bylo zavedení kritéria přístupu denního světla k průčelí objektu přílohou B v nové ČSN 730580-1 platné od 1.7.2007 (L2), která nahrazuje původní ČSN stejného čísla a názvu z října 1999. Toto kritérium má všeobecný charakter a proto je použitelné všeobecně. Nová ČSN 730580-2:2007 jej pro hodnocení venkovního stínění stávajících obytných místností zavádí jako jedinou možnost.

Problematika stínění denního osvětlení je složitá a stávající stav nebylo možno dále udržet, viz například (L1). Na jedné straně docházelo mnohdy k nesmyslnému omezování nové výstavby, zejména v zastavěných územích, z důvodu nedostatečně dimenzovaného vnitřního denního osvětlení okolních stávajících budov. Na straně druhé bylo často, pomocí různých tlaků, nebo i z nedbalosti, omezováno právo na denní osvětlení vnitřních prostorů staveb s trvalým pobytem lidí.

Zdá se, že toto nové kritérium vcelku objektivně přisuzuje potřebný přístup denního světla k místům kde dnes jsou, nebo na stavebních parcelách mohou v budoucnu být, umístěny osvětlovací otvory. Přitom jsou kontrolní body snadno definovatelné, kontrolní veličina snadno zjištělná a nezávislá na vnitřních úpravách v hodnocených prostorech. Jakákoliv úprava zhoršující vnikání nebo distribuci denního světla ve vnitřním prostoru způsobí újmuv tomto prostoru a nemůže ovlivňovat vývoj okolní výstavby.

Současně, i když je to v ČSN 730580-1:2007 jen doporučeno, se vyzývají navrhovatelé nových staveb, aby respektovali možnost stínění budoucí okolní výstavbou a dimenzovali osvětlovací otvory s tímto ohledem. Pokud tomu tak nebude, při další výstavbě v okolí může jejím vlivem dojít k omezení vnitřního denního osvětlení až pod hodnoty legislativně přípustné a přesto nebude na vině okolní výstavba. Tato situace může mít pro projektanta velmi nepříjemnou třeba i soudní dohru.

Otázkou do budoucna zůstává zdali konkrétní hodnoty předepsané novou ČSN 730580-1:2007 jsou vyhovující a jestli metodiku hodnocení nebude časem třeba upřesnit. Vycházím přitom ze zkušeností z aplikace slovenské normy stejného zaměření, jejíž změna obsahující podobnou metodiku byla přijata již v roce 2000. Nedávno byla tam zavedená metodika hodnocení upřesněna výkladem národního normalizačního úřadu, neboť docházelo k nedorozuměním.

Předmětem nového kritéria přístupu denního světla k průčelí objektu je stanovení minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_w$  (%) roviny zasklení okna z vnější strany. Variantním kritériem je (ekvivalentní) úhel stínění  $\epsilon$  (°). Mezi hodnotou  $D_w$  a  $\epsilon$  existuje při činiteli jasu  $k_v=0,1$  převodní diagram, obrázek B.2 v normě. Hodnoty  $D_w$  nebo  $\epsilon$ , které musí být v předmětných lokalitách dodrženy jsou stanoveny v tabulce B.1 v normě.

Je nutno zdůraznit, že **tímto kritériem se nehodnotí úroveň denního osvětlení ve vnitřním prostoru!**

Hodnota  $D_w$  se stanovuje měřením nebo výpočtem. Vypočítat, nikoliv změřit, lze i hodnotu  $\epsilon$ . Při výpočtu je nutno respektovat gradaci jasu oblohy od horizontu k zenitu, samozřejmě stínění venkovními překážkami a současně odraz světla od povrchů těchto překážek a okolního terénu. Lze to matematicky zapsat:

$$D_w = D_{ws} + D_{wp} + D_{wt} \quad (\%) \dots \dots \dots (1),$$

kde jsou:

$D_{ws}$ .....hodnota oblohové složky

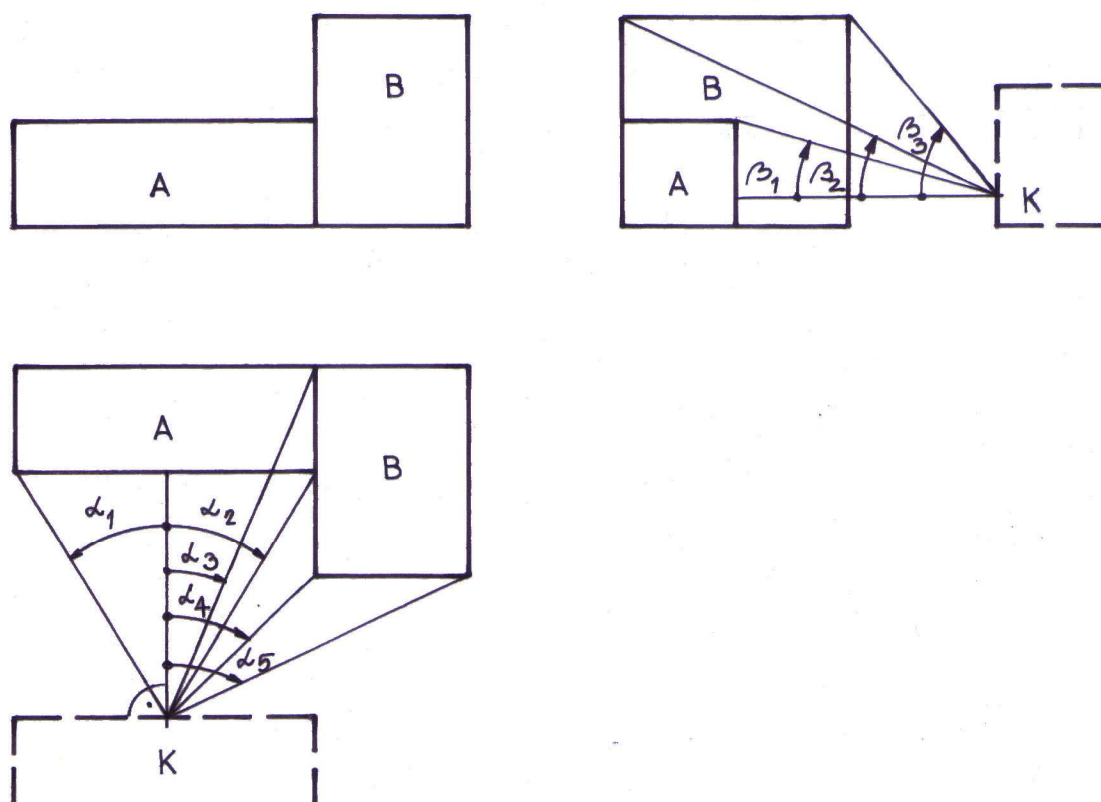
$D_{wp}$ .....hodnota vnější odražené složky od stínících objektů

$D_{wt}$ .....hodnota odražené složky od terénu

Při výpočtu odražených složek se často používá metoda vícenásobných odrazů světla od povrchů objektů, kterou lze úspěšně zvládnout počítačovými programy za současného výpočtu oblohové složky například metodou plošného dělení zdroje světla. Je samozřejmě možné použít i jiné metody, vhodné jsou grafické metody např. Daniljukova metoda úhlových sítí, BRS protraktory aj. Vcelku rychlá metoda je použití upraveného Waldramova diagramu (L3), který znázorňuje plochu části oblohy, případně překážky, které způsobí vnější denní osvětlení svislé roviny. Tento diagram jsem dále upravil zavedením sítě s plochou elementu odpovídající činiteli svislé složky denního osvětlení o velikosti  $S_e=0,25\%$ . Takto se snadněji počítá plocha zastínění zdroje světla a současně odrazná plocha překážek.

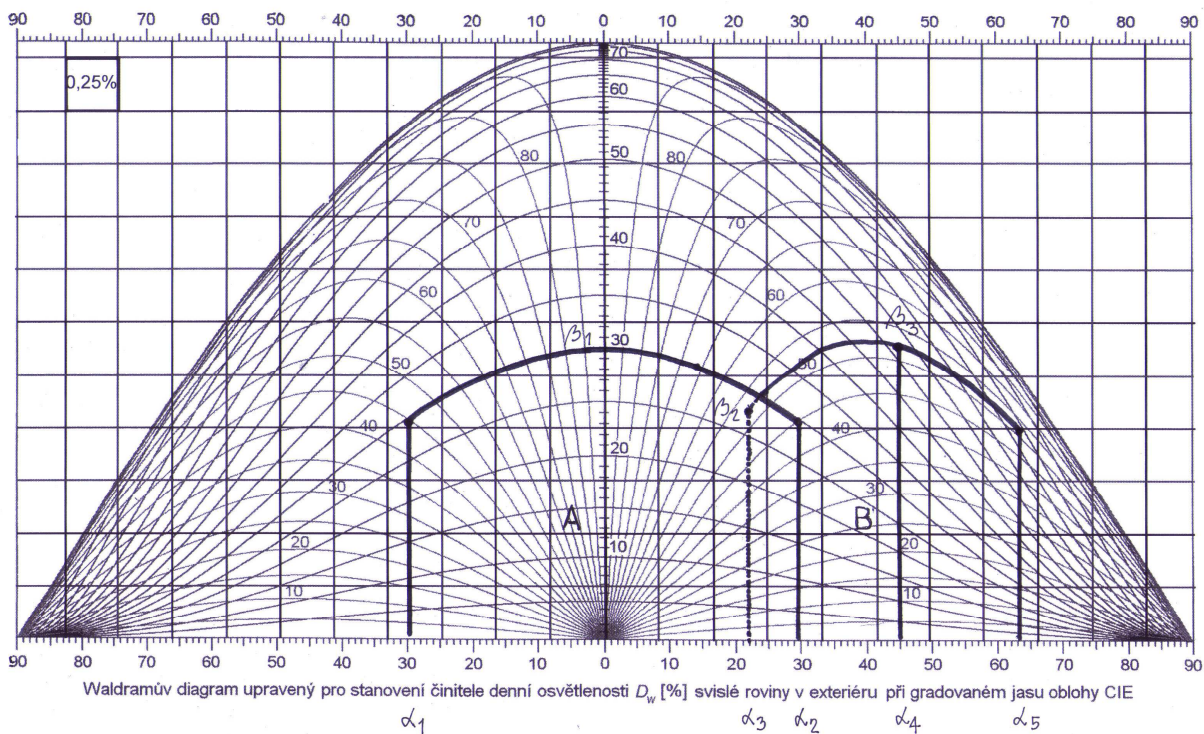
Pro snadnější pochopení principu kriteria a současně konkrétní aplikaci výpočtu  $D_w$  uvedu následující příklad.

Na okně stávajícího domu (kontrolní bod K) je třeba zjistit vliv stínění nově navrhovanou stavbou budovy. K výpočtu činitele denní osvětlenosti zasklení z vnější strany (jedná se o svislou složku) použijeme upravený Waldramův diagram (dále je W-diagram). Konfigurace situace je na obrázku 1, kde horní levá část je nárys nové budovy, horní pravá část je bokorys včetně polohy kontrolního bodu K a v dolní části je půdorys. Nová budova sestává z objektů označených A a B. Kontrolní body potřebné pro válcové promítnutí do W-diagramu jsou v půdoryse označeny azimutálními úhly  $\alpha_n$  odklonu od normály okna a výškovými úhly  $\beta_n$ .



Obrázek 1 Konfigurace překážek a místa hodnocení

Válcový průmět do W-diagramu provedeme podle hodnot azimutálních úhlů  $\alpha_n$  (pořadnice) a výškových úhlů  $\beta_n$  (křivky v diagramu) a pravidel promítání. Získáme svislý průmět oblohy a stínící překážky vyjádřený přímo v hodnotách svislé složky činitele denní osvětlenosti .



Obrázek 2 W-diagram s promítnutými překážkami

Z obrázku 2 stanovíme činitele svislé osvětlenosti následujícím postupem:

1. Celková stínící plocha budovy  $S_p = S_A + S_B$
2. Převod na činitel stínění oblohové složky vertikální osvětlenosti se určí součtem elementárních čtverečků  $S_e$ , které celková stínící plocha překrývá, tedy:  $S_p = 0,25 * \Sigma S_e$ . Každý čtvereček reprezentuje 0,25% hodnoty činitele vertikální osvětlenosti na vnější svislé rovině. Pozor ! na horním okraji a obou bočních okrajích diagramu nejsou plochy čtverečků úplné.
3. Hodnota vnější odražené složky vertikální osvětlenosti je:  $D_{wp} = S_p * k_v$ , kde  $k_v$  je činitel jasu povrchu
4. Hodnota oblohové složky vertikální osvětlenosti je:  $D_{ws} = S_{smax} - S_p$ , kde je  $S_{smax} = ((3\pi + 8) / 14\pi) * 100 = 39,6\%$
5. Hodnota vnější odražené složky od terénu je přibližně:  $D_{wt} = 50 * k_m$ , kde  $k_m$  je činitel jasu povrchu

Pokud můžeme položit:  $k_m = k_v = 0,1$ , pak je :  $D_w = D_{ws} + D_{wp} + D_{wt} = 39,6 - 0,9 * S_p$  (%) .....(2)

V našem příkladě je po odečtení z W-diagramu (obr.2):  $S_p = 14,0\%$ , pro  $k_m = k_v = 0,1$  pak jsou dle (1) :

$D_{ws} = 39,6 - 14,0 = 25,6\%$ ,  $D_{wp} = 14,0 * 0,1 = 1,4\%$ ,  $D_{wt} = 50 * 0,1 = 5\%$  a  **$D_w = 25,6 + 1,4 + 5 = 32\%$**

Stejně je podle (2) :

**$D_w = 39,6 - 0,9 * 14,0 = 32\%$**

Z digramu obr. B.2 v normě lze pro  $D_w = 32\%$  odečíst úhel stínění  $\epsilon = 30^\circ$ .

Tedy kontrolní bod K bude stavbou nové budovy zastíněn tak, že právě vyhovuje pro běžné prostory s trvalým pobytem lidí, kde je požadováno nejméně  $D_w = 32\%$  ( $\epsilon = 30^\circ$ ). To samozřejmě neznamená, že vnitřní denní osvětlení je v kontrolované místnosti vyhovující!

Chci zde ještě připomenout, že podle současného autorova výkladu metodiky hodnocení zastínění se hodnotí celé "zorné pole" z uvažovaného kontrolního bodu. V našem příkladě to tedy znamená, že se v okolí stávajícího domu by se již v budoucnu nemohla postavit žádná další stavba, která by způsobila třeba jen nepatrné další vnější stínění denního osvětlení kontrolovaného bodu.

Děkuji za pozornost.

#### Použitá literatura:

L1 : Klvač, ing. - Stínění objekty z hlediska denního osvětlení a proslunění 2, Světlo 2006, číslo 6

L2 : ČSN 730580-1, Denní osvětlení budov, základní požadavky, ČSN 730580-2, Denní osvětlení budov, denní osvětlení obytných budov, ČNI 2007

L3 : Kaňka, ing., Ph.D - Stanovení činitele denní osvětlenosti svislé roviny okna Waldramovým diagramem opraveným v ČVUT Praha, Světlo 2002, číslo 1



# Zkoušky a testy světlo metů a svítile n pro typové schválení (homologace)

Martin Kocián, Ing.

AUTOPAL s.r.o., Lužická 14 Nový Jičín, mkocian@visteon.com

## Co to je typové schválení (homologace)

- je to oficiální potvrzení pověřeného orgánu příslušného státu, že daný výrobek na základě provedených požadovaných testů splňuje příslušné požadavky
- tímto potvrzením se legalizuje použití výrobku (světlo met nebo svítilna) na vozidle a tím vlastně v praxi
- je to poslední fáze vývoje nového výrobku před zahájením jeho sériové výroby
- schvaluje se každá světelná funkce (ve světlo metu/svítilně) zvlášť, nikoliv výrobek jako celek
- výrobce obdrží „Osvědčení o typovém schválení“ a tím se poté navenek prezentuje

## Evropská homologace



- je založena na respektování „Dohody o udělování homologací“ při OSN z roku 1953
- výrobce musí poskytnout stručný technický popis výrobku, výkresy a dva vzorky
- **Obsah testů pro EHK homologaci:**
  - Fotometrie – ověřujeme, zda světlo met (svítilna) splňuje intenzitu předepsaného osvětlení (svítivosti) ve všech bodech a pásmech. Fotonka je umístěna napevno v průsečíku os H-V na měřicí stěně a světlo met (svítilna) se v požadovaných měřících úhlech natáčí na pohyblivém stole goniometru. Viz obr. 2,3 a 4
  - Barevné souřadnice světla - ověřujeme, zda pro funkci (bílá, žlutá, červená) leží barevné souřadnice světla v oblasti definované tri-chromatickým trojúhelníkem
  - „Čistý a špinavý světlo met“ – světlo met se nechá stále svítit po dobu 12-ti hodin. Po tomto svícení se ověří fotometrie, zda se neodchýlila od původní fotometrie o ne více než 10%. Pokud světlo met obsahuje další funkce, jsou v tomto intervalu taktéž zapnuty. Na světlo metu nesmí být patrné žádné poškození (zapečeniny, praskliny, prohlubně apod.) způsobené teplem. U „špinavého“ světlo metu se svítí jen 1 hodinu, ale povrch světlo metu je zašpiněn tak, že propouští jen 20% své původní intenzity. Vyhodnocení podobné jako u čistého světlo metu.
  - Padání hranice – vyhodnocuje se, jak se pohne vodorovné rozhraní tlumeného světla po 1 hodině stálého svícení. Povoleno je posun 1 mrad pro světlo mety a 2 mrad pro mlhové světlo mety

- svítily s odrazkami se navíc ostříkují vodou v boxu po dobu 12 hod a zjišťuje se pronikání vlhkosti dovnitř. Viz obr.1
- svítily s odrazkami musí taktéž projít tepelným zatížením v peci (48 hod při 65°C) a po vychladnutí se prověřuje změna hodnot odrazivosti a zda stále splňují příslušné požadavky
- fotometrická měření jsou založena na nastavení proudu při referenčním světelném toku žárovky. Světelný tok se kalibruje v Ulbrichtově kouli a výsledný proud se zaznamenává do kalibrační karty svět. zdroje a to je potom nastaveno jako výchozí měřící parametr na goniometru



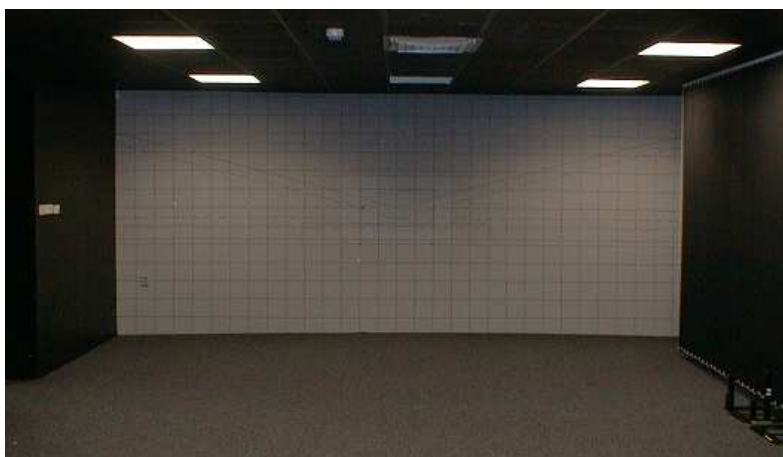
obrázek 1



obrázek 2



obrázek 3



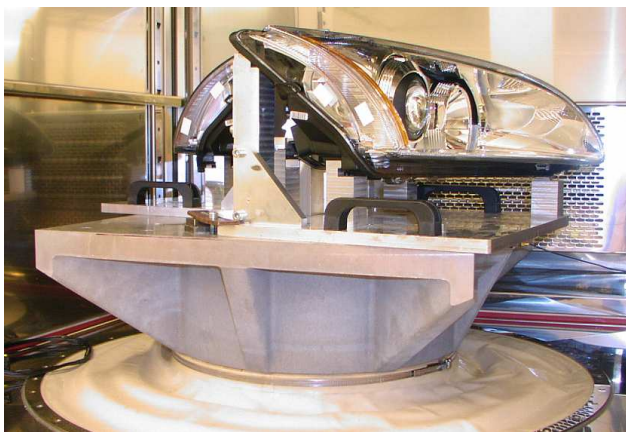
obrázek 4

# DOT

- oproti EHK homologaci je to odlišný systém založený na self-certifikaci danou U.S. federálním zákonem
- výsledkem je právní odpovědnost výrobce za své produkty
- toto řeší „Federal Motor Vehicle Safety Standard 108“, zkratka FMVSS 108
- oproti EHK soustavě se fotometrie ověřuje při stanoveném napětí 12,8 V

### ■ Obsah testů dle FMVSS 108

- Fotometrie (princiálně jako v EHK, ale je tam jiný tvar rozhraní a jiné měřící body). Obecně je možno říci, že U.S. požadavky jsou o něco méně přísné co se týče oslnění než EHK.
- Barevné souřadnice – obdobné jako v EHK
- Vibrační zkouška – po 1 hod intenzivního vibrování se vyhodnocuje neporušenost světlometu/svítilny a jejich vnitřních částí. Příklad uchycení při vibrační zkoušce – obr.5 a 6
- Chemická zkouška – povrch skla se natírá směsí isooktanu a toluenu a sleduje se, zda nedojde k vizuálnímu poškození či jinému negativnímu ovlivnění povrchu skla
- Korozní zkouška – na 240 hodin se světlomet nechá v solné mlze a pak se vyhodnocuje dopad této atmosféry na konektory a elektrickou kabeláž
- Prachová zkouška – světlomet se nechá v prachové komoře 5 hodin ve vířícím cementovém prachu. Po očištění vyhodnocujeme, zda nedošlo k proniknutí prachu dovnitř světlometu a ověřuje se znovu fotometrie
- Teplotní test – světlomet se zatíží teplotním cyklem, kdy svítí všechny světelné zdroje v něm umístěné a ověřujeme, zda nedošlo k tepelnému poškození nebo deformacím
- Vlhkost – světlomet se umístí do komory s vysokou relativní vlhkostí (90%) a několikrát se během testu napájí všechny světelné zdroje a vyhodnocuje se pronikání (srážení) vlhkosti uvnitř světlometu



obrázek 5



obrázek 6

## Japonská homologace



- v současné době zůstala v Japonsku povinnost homologovat pouze tlumené a dálkové světlo
- u ostatních osvětlovacích a signálních funkcí Japonsko přistoupilo na soustavu EHK
- obsahově jsou homologační zkoušky prakticky totožné jako v EHK soustavě
- kontroluje se fotometrie a barevné souřadnice tlumeného a dálkového světla
- oproti EHK soustavě, kde je větší volnost ve stylu dokumentace, Japonci tvrdě a neústupně požadují nejmenší detaily k danému výrobku. Existuje zde citelná jazyková bariéra, zdloouvější domlouvání a projednávání problémů – tzn. je nutno mít v Japonsku zprostředkovatele
- v Japonsku existuje jen jediný státem pověřený ústav pro tyto homologace (NTSEL), placený a řízený státem (MLIT). V EHK soustavě jsou laboratoře v každém státě Dohody a fungují jako samostatné výdělečné organizace. Z toho vyplývá i větší pružnost těchto laboratoří oproti Japonsku.

## Čínská homologace



- od 1.12. 2006 vyjmenované výrobky pro automobily (mezi nimi i světelná technika) musí mít Čínskou homologaci
- tímto v podstatě vznikla čtvrtá homologační soustava na světě (EHK, US, Japonsko a Čína)
- obsahově jsou jejich předpisy stejné jako v EHK, ale mají označení GB xxxx, např. :GB 4599-94 světlomety, GB 4660-94 přední mlhovky, GB 5920-99 brzdové a obrysové svítlny atd.
- u světlometů se testuje fotometrie a barevné souřadnice světla, zadní svítlny (odrazky) podobně jako v EHK
- daleko obtížnější je práce a agenda v aplikační fázi homologace (příprava před homologací). Aplikační dokumenty pro každý výrobek obsahují 14 položek. Např. organizační schéma podniku, seznam klíčových materiálů a jejich dodavatelů, seznam klíčových výrobních a kontrolních zařízení opět včetně jejich dodavatelů, detailní fotografie, plány kontrol, detaily ochranné známky, výrobní „flow chart“. Je tudíž obtížné si nepředstavit, zda takovéto množství detailních informací soustředěných na jednom místě nemůže sloužit i k jiným než schvalovacím účelům.... Obtížná je taktéž komunikace, ne úplně konkretizované postupy a kompetence
- povinnost provedení vstupního auditu s Čínskými auditory před zahájením homologačního procesu a jeho opakování každý rok ! Po čtyřletém období se celý cyklus znovu opakuje. Výrobce světelné techniky jim musí hradit náklady spojené s cestováním, získáním víza, ubytováním a tlumočením, jelikož jejich znalost angličtiny není dostatečná. Celý proces získání a udržení CCC homologace je tudíž velmi nákladný.
- každý rok se musí posílat nové vzorky světlometů nebo svítlen z portfolia již schválených výrobků na opakované přeměření fotometrie v Čínském testovacím ústavu

Obecně se dá říci, že testovací specifikace jednotlivých automobilek jdou nad rámec výše uvedených předpisů, tzn. že jsou ještě přísnější a obsáhlejší. Nejvíce se zákaznickým specifikacím podobají testy a postupy uvedené v kapitole „Certifikace v USA“. Z tohoto pohledu je možno také říci, že EHK homologační požadavky jsou vlastně jakýmsi základem a zákaznické specifikace výrobkovou homologaci doplňují. Navíc automobilky posuzují a vyhodnocují světlometry i subjektivně, tzn. že se konají různé noční zkoušky porovnání na testovacích drahách a polygonech a nebo přímo v provozu v jedoucím vozidle.

# Numerické modelovanie rušivého svetla v prímestských a mimomestských oblastiach

Miroslav, Kocifaj, PhD

Ústav stavebníctva a architektúry Slovenskej Akadémie Vied, Dúbravská cesta 9, 845 03  
Bratislava, Slovensko, <http://astro.savba.sk/kocifaj>, kocifaj@savba.sk

Rušivé svetlo (verejnosti známe pod neodborným termínom svetelné znečistenie) sa stalo dôležitým problémom hlavne v posledných desaťročiach a to predovšetkým v silne industrializovaných a husto osídlených oblastiach sveta. Žiaľ, nejde už len o veľké metropolitné centrá v Spojených štátoch, Japonsku, či západnej Európe, ale aj o rapídne sa rozvíjajúce oblasti bývalej východnej Európy (včítane Slovenska a Českej republiky). Problémom nadmerného svietenia je nielen vysoká spotreba energií, ale tiež neúmerné "presvetlenie" nočnej oblohy. Ak ešte pred pár desiatkami rokov boli astronomické pozorovania v týchto oblastiach viac-menej bezproblémové, dnes sa potýkame s problémom rušivého svetla takmer všade (vysokohorské observatóriá nevynímajúc). Rušivé svetlo treba s určitosťou považovať za vedľajší „produkt“ rýchleho ekonomického rozvoja v mnohých regiónoch Slovenska a Čiech. Záujem o problematiku rušivého svetla preto z roka na rok stále rastie. Už nejde len o astronomické aspekty, ale aj o praktické dopady na bežný život. Nadmerné nasvietenie oblohy začína mať napríklad nežiadúce účinky na kvalitu života v husto osídlených oblastiach: svetlo totiž môže narušovať prirodzený stav nočného prostredia (včítane interiérov domov). V prípade oblačnosti sa navyše zvyšuje svetelný tok smerujúci k zemi a tento fakt môže podľa ekológov negatívne ovplyvniť aj faunu a flóru. Aby sme boli schopní aplikovať poznatky a požiadavky na obmedzenie rušivého svetla v praxi je nutné problém objasniť a kvantifikovať. Na základe toho budeme schopní analyzovať možnosti zníženia úrovne rušivého svetla, prípadne hľadať možnosti úspory energií spotrebovaných na zbytočne preexponované nočné svietenie. Logickým výsledkom modelovania šírenia sa svetla v nočných podmienkach tak môže byť napríklad návrh na zefektívnenie štruktúry a charakteru verejného osvetlenia.

V tomto zmysle je dôležité systematicky získavať poznatky o premenlivosti rozloženia nežiadúceho difúzneho svetla na nočnej oblohe nasvietenej veľkoplošnými pozemnými svetelnými zdrojmi (ako sú napr. priemyselné komplexy ale i celé mestá, či väčšie aglomerácie). Kvôli vyhodnoteniu hraničných podmienok sú v tejto práci simulované dva typy oblôh: jasná a zamračená. Pre kvantitatívny popis prenosu viditeľného žiarenia v zemskej atmosfére boli do numerického modelu zakomponované špecifické vlastnosti prostredia, ako sú napríklad optické charakteristiky aerosólových častíc, či molekulárnej atmosféry. Tento fyzikálny prístup umožňuje počítať spektrálnu aj integrálnu žiaru/jas oblohy za rôznych meteorologických podmienok a určiť tak nielen možnosti astronomických pozorovaní, ale aj kvantifikovať exteriérové svetelné podmienky v nočných hodinách.

## **Teoretické aspekty modelovania rušivého svetla**

Na viditeľnosť hviezd majú vplyv hlavne dva faktory. Žiarenie hviezd je vo všeobecnosti oslabované atmosférou (Minin, 1988) a charakter tohoto oslabenia sa môže v čase meniť (Kocifaj a Lukáč, 1998). Druhý faktor súvisí so zvyšovaním závojového jasú oblohy vplyvom rozptylu svetla, ktoré má svoj pôvod v pozemných svetelných zdrojoch (Cinzano a kol., 2001). Zvyšovanie množstva vyžarovaného svetla napríklad vplyvom nadmerne rastúcej urbanizácie, či industrializácie (Barducci a kol., 2003) vedie k zvyšovaniu jasú pozadia a tým k zníženiu kontrastu objektov (hviezd) pozorovaných na nočnej oblohe. Ak sa napríklad zvýši jas pozadia 2.5x, zníži sa viditeľnosť hviezd o jednu magnitúdu. Ukazuje sa, že priemerná extinkcia sa v posledných rokoch príliš nemení a tak stávajúcim faktorom znižovania viditeľnosti hviezd a tým následne aj kvality astronomických pozorovaní je predovšetkým difúzne svetlo oblohy generované pozemskými zdrojmi.

Cieľom teoretického výskumu je zvyčajne vytvorenie funkčného modelu schopného predikovať úroveň difúzneho svetla v rôznych elementoch oblohy za premenlivých meteorologických podmienok a pri ľubovoľnom rozložení svetelných zdrojov v okolí miesta pozorovania. Takýto model musí zahrňovať oslabenie svetla spôsobné: molekulárnou absorpciou a rozptylom, a tiež absorpciou a rozptylom na aerosóle. Zvláštny dôraz treba klásť na interakciu viditeľného žiarenia s aerosólom, nakoľko aerosól predstavuje najnestabilnejšiu optickú zložku atmosféry (ak neuvažujeme oblačnosť; Joseph a kol., 2001). Z toho dôvodu je potrebné analyzovať závislosť medzi nestabilitou populácie aerosólových častíc a indikatrixou rozptylu v rôznych vrstvách atmosféry. Kvôli zovšeobecneniu použitia teoretického modelu ale aj pre potreby svetlotechnického výskumu, musí realistický model rozhodne zohľadňovať oblačnosť (Kokhanovsky a kol., 2003) a tiež rôzne typy pozemných svetelných zdrojov. V súčasnosti sa teoretický výskum môže opierať o požiadavky na limitovanie rušivého svetla podľa

smernice CIE [150:2003](#): *Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations*. Na rozdiel od doteraz zaužívaných tokových metód a aproximácie pre bodové zdroje svetla (Cinzano, 2000; Kerola, 2006), je náš teoretický model aplikovateľný aj na plošné zdroje realistických tvarov (Kocifaj, 2007). Model dokáže tiež pracovať s extraterestriálnymi zdrojovmi svetla – predovšetkým ide o mesačné svetlo. Zakomponovaním krivky spektrálnej citlivosti oka (International Lighting Vocabulary, 1987) je teória použiteľná nielen pre výpočet rozloženia žiary (ale aj jas) na nočnej oblohe. Špeciálna pozornosť bola pri modelovaní venovaná oblačnosti, u ktorej bol analyzovaný vplyv albeda oblačných vrstiev (Lubin a Weber, 1995), výšky oblakov a tiež vplyv celkovej geometrie (pozorovateľ – oblačnosť – pozemné svetelné zdroje) na zmeny v priestorovej štruktúre difúzneho svetla oblohy.

Fyzikálne princípy šírenia sa svetla od zdroja k pozorovateľovi sú jednoduché. Zostavenie korektných vzťahov a numerický výpočet sú už zložitejšie. Treba povedať, že svetelný tok prechádzajúci jednotkovou plochou umiestenou v priestore kolmo na smer šírenia sa lúčov závisí od vyžarovacích charakteristík pozemného zdroja svetla. Vo vákuu by intenzita svetla klesala so štvorcem vzdialenosti. V prípade zemskej atmosféry sa však pozoruje dodatočný pokles intenzity svetla, ktorý je spôsobený extinkciou. Extinkcia v sebe zahŕňa dva javy: rozptyl a absorpciu. Absorpcia je vo všeobecnosti silne selektívny jav - predovšetkým u plyných zložiek atmosféry - a teda výrazne závisí na vlnovej dĺžke elektromagnetického vlnenia a chemickom zložení plynnej zmesi. Je bežné, že absorpčné pásy plynov tvoria ohraničené „čiar“ rôznej šírky. Absorpcia žiarenia na okraji pásu môže byť niekoľko 100 či 1000 krát menšia ako v jeho strede. Oslabenie žiarenia aerosólom je spôsobené tak absorpciou ako i rozptylom. Oslabenie svetla aerosólom spolu s molekulárnou absorpciou je dôležitým faktorom v procesoch interakcie optického vlnenia so zemskou atmosférou vo viditeľnej a blízkej infračervenej oblasti spektra. Na rozdiel od molekulárnej absorpcie možno rozptyl žiarenia aerosólovými časticami považovať za neselektívny proces. Uhlová distribúcia intenzity rozptýleného žiarenia má neizotropný charakter, pričom najväčšia časť fotónov je rozptýlená do smeru postupu pôvodného svetelného lúča. Anizotropia rozptylu vzrastá tak s narastajúcim rozmerom aerosólových častíc, ako aj s klesajúcou vlnovou dĺžkou žiarenia. Optické vlastnosti aerosólovej substancie závisia od mnohých parametrov, ako sú koncentrácia, distribučná funkcia, tvar, chemické zloženie aerosólových častíc ale aj od ich indexu lomu. V každom elementárnom objeme atmosféry, cez ktorý preniká svetelný zväzok, dochádza k rozptylu a preto na detektor umiestnený na povrchu zeme dopadá vždy určité nenulové množstvo svetelnej energie. Ide o difúzne svetlo, ktoré sa po rozptyle oslabuje - a to z dôvodu extinkcie na dráhe medzi elementárnym objemom (v ktorom došlo k rozptylu) a detektorom. Špeciálny prípad je rozptyl v oblačných vrstvách, ktorý sa tiež niekedy nazýva difúzny odraz. Integrovaním príspevkov od všetkých elementárnych objemov v smere pozorovania možno dostať celkovú intenzitu difúzneho svetla.

Teoretický jas vo vybranom smere možno zapísať v tvare:

$$J(z, \varphi) = J_R(z, \varphi) + J_O(z, \varphi) \quad (10)$$

kde  $z$  je zenitový uhol a  $\varphi$  azimut v smere pozorovania.  $J_R(z, \varphi)$  je jas produkovaný rozptylom vo voľnej atmosfére zatiaľ čo  $J_O(z, \varphi)$  sa viaže na intenzívny rozptyl v oblačných vrstvách. Uvedené funkcie možno schématicky zapísať v tvare

$$J_R(z, \varphi) = \frac{1}{\cos z} \int_{R=0}^{R(\Phi)} \int_{\Phi=0}^{2\pi} \int_0^H \frac{\cos^2 z_{0,h}}{h^2} \left\{ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_\lambda I_{\lambda,0} V_\lambda T_\lambda \Gamma_\lambda d\lambda \right\} dh \sin \Phi d\Phi dR \quad (11)$$

a

$$J_O(z, \varphi) = \frac{1}{\pi H^2} \int_{R=0}^{R(\Phi)} \int_{\Phi=0}^{2\pi} \cos^4 z_{0,H} \left\{ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_\lambda \rho_\lambda I_{\lambda,0} V_\lambda T_{\lambda,H} d\lambda \right\} \sin \Phi d\Phi dR \quad (12)$$

kde  $B_\lambda$  je funkcia popisujúca smerové spektrálne vyžarovacie charakteristiky pozemného svetelného zdroja,  $T_\lambda$  je spektrálna priepustnosť atmosféry na dráhe od zdroja svetla po elementárny objem atmosféry (umiestnený vo výške  $h$ ) a potom ďalej na dráhe k pozorovateľovi,  $T_{\lambda,H}$  je obdobná charakteristika avšak za predpokladu, že  $h = H$ , kde  $H$  je výška spodnej hranice oblakov,  $\Gamma_\lambda$  je spektrálna uhlová funkcia rozptylu,  $V_\lambda$  charakterizuje spektrálnu citlivosť oka, a  $\rho_\lambda$  je odrazivosť oblačnej vrstvy na vybranej vlnovej dĺžke  $\lambda$ . Lokálne zenitové uhly  $z_{0,H}$  a  $z_{0,h}$  sú zložitou funkciou geometrie riešeného problému (pozorovateľ – oblačnosť – pozemné svetelné

zdroje) – pozri Kocifaj (2007). Hodnota  $I_{\lambda,0}$  zodpovedá pôvodnej intenzite svetelného zdroja – mesta. Pôdorys mesta možno v cylindrických súradniciach vyjadriť funkciou  $R(\Phi)$ , kde  $R$  je vzdialenosť od definovaného stredu mesta po jeho okraj a  $\Phi$  je lokálny azimut. Integráciou cez  $\Phi = 0..2\pi$  a  $R = 0..R(\Phi)$  (t.j. cez celú plochu mesta) je celkový príspevok od pozemného svetelného zdroja plne zohľadnený. Pri  $H \rightarrow \infty$  sa uvedené vzťahy redukujú na prípad bezoblačných podmienok. V takom prípade prebieha integrácia vo vzťahu (2) cez celú atmosféru a hodnota výrazu (3) je nulová, pretože s nárastom  $H$  platí že  $J_o(z, \varphi) \rightarrow 0$ .

Aproximácia plošného zdroja svetla bodovým vedie k zásadnému zjednodušeniu horeuvedených vzťahov:

$$J_R(z, \varphi) \cong \frac{A_0}{\cos z} \int_0^H \left\{ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B \frac{\cos^2 z_{0,h}}{h^2} I_{\lambda,0} V_{\lambda} T_{\lambda} \Gamma_{\lambda} d\lambda \right\} dh \quad (13)$$

a

$$J_o(z, \varphi) \cong \frac{A_0}{\pi H^2} \cos^4 z_{0,H} \left\{ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B \rho_{\lambda} I_{\lambda,0} V_{\lambda} T_{\lambda,H} d\lambda \right\} \quad (14)$$

kde  $A_0$  je konštanta s rozmerom plochy (vyjadrujúca v podstate fyzikálnu neexistenciu bodového zdroja svetla). Aproximácia vzťahov (2-3) do formy (4-5) je najpresnejšia pre súvisle zamračenú oblohu. Predpisy (4-5) možno považovať za prijateľné len ak  $2R_0 < \approx H/10$ , kde  $R_0$  je polomer mesta s ideálne kruhovým pôdorysom.

Ak je v okolí miesta pozorovania viac nezávislých zdrojov svetla, tak celková intenzita meraná na detektore bude jednoduchým súčtom

$$J_{Total}(z, \varphi) = \sum_{i=1}^N J^i(z, \varphi) \quad (15)$$

kde  $N$  je počet svetelných zdrojov a  $J^i(z, \varphi)$  je merateľný príspevok od i-teho zdroja (pozri vzťah 1).

## Numerické modelovanie

Teória bola logicky transformovaná do funkčnej numerickej schémy. Vzhľadom k potrebe rýchlej realizovateľnosti jednotlivých modelových prípadov (za účelom aktívneho simulovania a verifikácie rôznych situácií) bola numerická schéma detailne analyzovaná a následne optimalizovaná. Rutiny boli navrhnuté tak, aby relatívne rozloženie jasu ( $\text{cd/m}^2$ ) (alternatívne žiary  $\text{W/m}^2/\text{sr}$ ) na nočnej oblohe bolo získané v reálnom čase aj na štandardných PC. Škálovateľnosť numerickeho modelu umožňuje aj do budúcnosti jednoduché rozšírenie funkčnosti programu (napr. o dodatočné vlastnosti zdrojov svetla, alebo prostredia atmosféry). Numericke modelovanie bolo realizované na dvoch základných typoch oblôh: 1/ jasná obloha (s astronomicky relevantnými výstupmi), 2/ homogénne zamračená obloha (nepoužiteľná pre astronomické účely, ale ideálna pre verifikáciu funkčnosti modelu). Následne bol tiež analyzovaný vplyv aerosólu na zmeny rozloženia izočiari jasu na modelovej oblohe. Výstupy je tak možné po prvý krát použiť pre reálne kvantitatívne stanovenie vplyvu lokálnych vlastností aerosólu na difúzne svetlo nočnej oblohy. Je napr. zrejmé, že uhlové charakteristiky svetla rozptýleného na uhlíkatých čistočkách (produkovaných spaľovaním uhlia v zimnom období) sa budú celkom určite líšiť od obdobných optických charakteristík slabo pohlcujúcich materiálov ako je napr. pozadový aerosól (Mishchenko a kol., 2002). Dôsledkom toho možno pozorovať rozdielne priestorové rozloženie difúzneho svetla.

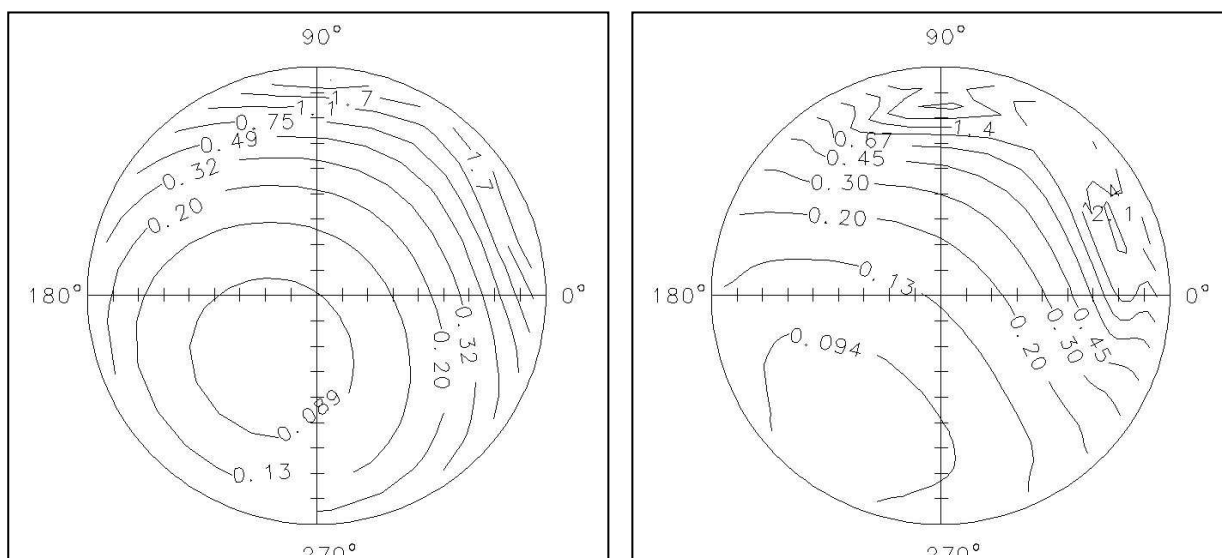
Vstupné údaje pre počítačový program možno rozdeliť do troch kategórií: a/ všeobecné konfiguračné dáta, b/ spektrálne a optické vlastnosti atmosféry a c/ parametre zdrojov svetla. Do kategórie (a) patria také údaje ako celková optická hrúbka aerosólovej atmosféry na vybranej referenčnej vlnovej dĺžke, výška tzv. homogénnej Rayleighovej (t.j. molekulárnej) atmosféry, gradient charakterizujúci vertikálnu stratifikáciu aerosólu, výška spodnej hranice oblačnosti (v prípade nastavenia módu pre zamračenú oblohu), prepínač pre modelovanie vizuálnych alebo energetických svetelných charakteristík, rozsah spektrálneho pásma (nemusí teda striktno pokrývať celú oblasť viditeľného žiarenia). V kategórii (b) sú zadané spektrálne závislosti aerosóloveho parametra asymetrie (špecifikuje vzťah medzi dopredným a spätným rozptylom), albeda jednoduchého rozptylu (teda pomeru medzi koeficientom rozptylu a celkovým koeficientom extinkcie), a tiež koeficienta odrazivosti oblačných vrstiev. Jednotlivé



svetelné zdroje sú špecifikované v dátach typu (c), pričom na vstupe je potrebné uviesť azimut geometrického stredy zdroja svetla (tento azimut je meraný v mieste pozorovateľa), vzdialenosť geometrického stredy zdroja od pozorovateľa, vyžarovacie charakteristiky zdroja (napr. množstvo energie vyžiarenej priamo do hornej hemisféry a množstvo energie isotropne odrazenej od zemského povrchu) a tiež funkciu  $R(\Phi)$ .

Testy na laptope (pentium s 1.7 GHz procesorom) ukazujú, že kompletný model s 3 veľkoplošnými zdrojmi svetla (akými sú mestá alebo samostatné mestské komplexy) je spočítateľný v priebehu niekoľkých desiatok sekúnd. Celková doba výpočtu závisí od konkrétnej vzdialenosti  $L$  a charakteristického rozmeru  $D$  mesta. Čím je pomer  $D/L$  väčší, tým väčší počet pixelov je potrebný na zostavenie 2D modelu mesta (vzhľadom k požadovanej presnosti výpočtu). Pre veľké hodnoty  $D/L$  môže výpočet pre 3 mestské zóny trvať cca 60-90 sekúnd, zatiaľčo ten istý výpočet v aproximácii bodových zdrojov trvá menej ako 5 sekúnd. Ak si uvedomíme, že prechodom od bodového zdroja svetla k plošnému sa rozmer úlohy zväčší o dva rády (treba rátať dodatočné plošné integrály), tak 60 sekundová výpočtová doba pre plošné zdroje predstavuje skutočne excelentnú optimalizáciu. Ak by sme totiž „rozbili“ plochu mesta na mozaiku tvorenú mriežkou s rozmermi  $10 \times 10$  pixelov (čo je jeden z najmenších modelov), tak doba výpočtu by mala narásť minimálne 100-násobne. Pri 5 sekundovom výpočte u bodových zdrojov by sme tak mali očakávať minimálne 500 sekúnd u plošnej reprezentácie tých istých zdrojov svetla.

Na nasledovných grafoch sú ukážkové výpočty rozloženia jasů na nočnej oblohe. Hodnoty priradené jednotlivým izočiarom reprezentujú jas udávaný relatívnych jednotkách. Model komplexu generujúceho svetlo (napr. priemyselná zóna) má v týchto príkladoch jednoduchý kruhový pôdorys. Ide o pohľad na oblohu v štýle fish-eye. Stred obrázkov zodpovedá zenitu zatiaľ čo okraj horizontu. Čísła  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  sú azimuty (merané v smere proti chodu hodinových ručičiek). Izočiare spájajú miesta s tým istým jasom a priamo tak určujú, ktorá časť oblohy je presvetlená rušivým svetlom a do akej miery. Program počíta aj celkový integrálny svetelný tok v luxoch.



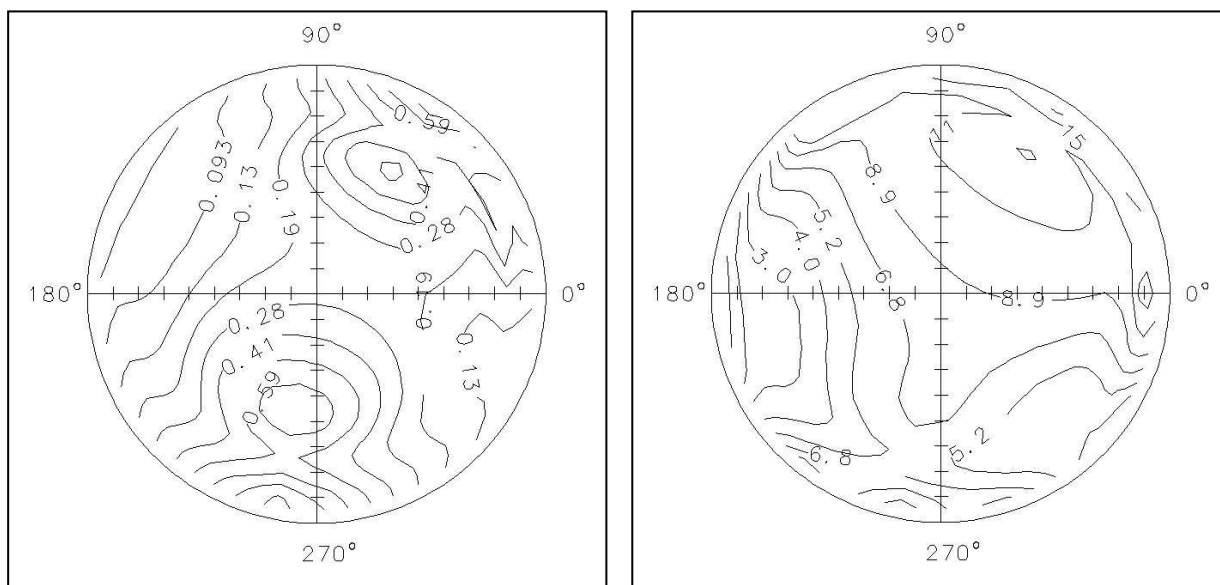
➤ obrázok 14: Uhlové rozloženie jasů na nočnej oblohe (ľavý obrázok: bezoblačné podmienky, pravý obrázok: zamračená obloha s výškou oblakov 2 km). Označenie uhlov pozdĺž kružnice zodpovedá azimutu merania a stupnica na x-ovej osi korešponduje so zenitovým uhlom oblohového elementu (v strede je  $z=0^\circ$  a postupne rastie smerom od stredu až po  $z=90^\circ$  na okraji). V okolí miesta pozorovania sa nachádzajú 2 komplexy produkujúce svetlo. Polomer komplexu A je 2 km, polomer komplexu B je 2.5 km. Azimuty oboch zdrojov A a B merané od referenčnej pozície pozorovateľa sú  $20^\circ$  a  $90^\circ$ . Vzdialenosť referenčnej pozície pozorovateľa od stredu A je 7 km, a od stredu B 8 km.

Rozdiel medzi rozložením jasů na nočnej oblohe v prípade bodových a plošných zdrojov svetla je dobre dokumentovaný na obrázku 2. Pre bodové zdroje možno pozorovať ostrejšie ohraničené svetelné „stĺpy“ na horizonte v miestach nad geometrickou pozíciou zdroja. U plošných zdrojov svetla je horizont nasvetlený na väčšej šírke, t.j. na rozľahlejšom intervale azimutov. Pole difúzneho svetla od viacerých zdrojov sa tiež viac prelína a nepozorujú sa tak ostro ohraničené oblasti ako je to u bodových zdrojov.

## Záver

V práci bol prezentovaný nový model pre výpočet rozloženia jasů na nočnej oblohe. Uvedený prístup predstavuje pokrok v modelovaní svetelných pomerov, nakoľko zohľadňuje atmosférické pomery v danej lokalite (napr. typ a vlastnosti aerosólovej substancie vyduchovanej hmoty či vlastnosti oblačnej vrstvy). Teoretický model bol úspešne transformovaný do prvej verzie programu, ktorý je jednoducho škálovateľný a rozšíriteľný. Typy modelových oblôh

tu fungujú ako pluginy. Rýchlosť numerických výpočtov je excelentná (desiatky sekúnd), memory požiadavky sú minimálne. Program je kompilovateľný tak na Win platforme ako na Unixe (linuxe) alebo aj pod DOSom. Výstupy sú zapísané v prehľadnom tvare použiteľnom aj v iných grafických systémoch, ako napr. Surfer, Origin a pod. Všetky chybové stavy sú archivované do log súboru, pričom je možné nastaviť 3 úrovne log výstupov. Okrem absolútnych alebo relatívnych hodnôt jasu (resp. žiary) program počíta aj difúzne osvetlenie na horizontálnu rovinu a pomer zenitného jasu k difúznemu osvetleniu.



➤ obrázok 15: Uhlové rozloženie jasu na nočnej zamračenej oblohe (ľavý obrázok: aproximácia bodovými zdrojmi svetla, pravý obrázok: reálne plošné pozemné zdroje svetla). Označenie uhlov pozdĺž kružnice zodpovedá azimutu merania a stupnica na x-ovej osi korešponduje so zenitovým uhlom oblohového elementu (v strede je  $z=0^\circ$  a postupne rastie smerom od stredu až po  $z=90^\circ$  na okraji). V okolí miesta pozorovania sa nachádzajú 3 komplexy produkujúce svetlo. Polomer komplexu A je 1 km, polomer komplexu B je 3.5 km, a polomer komplexu C je 1.5 km. Azimuty zdrojov A, B a C merané od referenčnej pozície pozorovateľa sú  $20^\circ$ ,  $60^\circ$ , a  $260^\circ$ . Vzdialenosť referenčnej pozície pozorovateľa od stredu A je 8.2 km, od stredu B 3.2 km, a od stredu C 2.2 km – pozorovateľ sa teda nachádza priamo na pereiférii komplexu B.

**PodĎakovanie** Tento príspevok vznikol za podpory grantového projektu VEGA 2/5093/5.

## Literatura a odkazy

- [1] Barducci, A., Marcoianni, P., Pippi, I., Poggesi, M. Effects of light pollution revealed during a nocturnal aerial survey by two hyperspectral imagers. *Appl. Opt.* 42, 2003, str. 4349–4361.
- [2] Cinzano, P. Modelling light pollution from searchlights. *Mem. Soc. Astron. Ital.* 71, 2000, str. 239–250.
- [3] Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C. D. The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Notes Astron. Soc.* 328, 2001, str. 689–707.
- [4] International Lighting Vocabulary (CIE No. 17.4, 1987).
- [5] Joseph, J. H., Kaufman, Y. J., Mekler, Y. Urban light pollution: the effect of atmospheric aerosols on astronomical observations at night. *Appl. Opt.* 30, 2001, str. 3047–3058.
- [6] Kerola, D. X., Modelling artificial night-sky brightness with a polarized multiple scattering radiative transfer computer code. *Mon. Notes Astron. Soc.* 365, 2006, str. 1295–1299.
- [7] Kocifaj, M. Light pollution model for cloudy and cloudless night skies with ground-based light sources. *Appl. Opt.*, 46, 2007, str. 3013–3022.
- [8] Kocifaj, M., Lukáč, J. Using the multiple scattering theory for calculation of the radiation fluxes from experimental aerosol data. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* 60, 1998, str. 933–942.
- [9] Kokhanovsky, A. A., Rozanov, V. V., Zege, E. P., Bovensmann, H., Burrows, J. P. A semianalytical cloud retrieval algorithm using backscattered radiation in 0.4–2.4  $\mu\text{m}$  spectral region. *J. Geophys. Res.* D 108 (D1), 2003, doi:10.1029/2001JD001543.
- [10] Minin, N. *Theory of Radiative Transfer in Planetary Atmospheres* (Nauka, 1988), po rusky.
- [11] Mishchenko, M. I., Travis, L. D., Lacis, A. A. *Scattering, Absorption, and Emission of Light by Small Particles*. Cambridge University Press, Cambridge, 2002, ISBN 0-521-78252-X.

# Osvětlení pozemních komunikací podle evropské normy

Jaroslav, Kotek, Ing.

ANODA, s.r.o., [www.anoda.cz](http://www.anoda.cz), [kotekj@centrum.cz](mailto:kotekj@centrum.cz)

## Úvod

Do soustavy českých technických norem byly k datu 1. 4. 2007 v plném rozsahu zavedeny evropské předpisy [1], [2], [3] a [4], a to ve formě následujících norem pro osvětlení pozemních komunikací:

ČSN CEN/TR 13201-1	Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení [5]
ČSN EN 13201-2	Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky [6]
ČSN EN 13201-3	Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet [7]
ČSN EN 13201-4	Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření [8]

Ke stejnému datu byly v plném rozsahu zrušeny staré normy pro veřejné osvětlení [9], [10] a [11].

Tento příspěvek je věnován především vybraným částem českých národních příloh k normám [5] a [6], jimiž bylo v České republice doplněno znění originálních evropských předpisů [1] a [2].

## Regulace osvětlení dle ČSN CEN/TR 13201-1

Pravidla pro regulaci osvětlení pozemních komunikací uvedená v 6.1.3 jsou upřesněna v NA.2.

Dochází-li v průběhu noci k významným změnám intenzity dopravy a/nebo jasu, doporučuje se použití vhodných prostředků ke snížení hladiny osvětlení a tím spotřeby energie. Při regulaci osvětlení je třeba zachovat rovnoměrnost osvětlení. Snížení hladiny osvětlení má být podloženo analýzou změn intenzity provozu na uvažované pozemní komunikaci (rozborem průměrných hodinových intenzit provozu) a/nebo změn jasu okolí, v průběhu noci (v období provozu osvětlení). Připouští se snížení hladiny osvětlení až o 50 % jmenovité hladiny osvětlení (průměrné hodnoty udržovaného jasu nebo udržované osvětlenosti), odpovídající příslušné třídě osvětlení. V případě extrémního snížení intenzity dopravy je možno hladinu osvětlení snížit až o 75 % jmenovité hladiny osvětlení. Snížení osvětlení o více než 50 % jmenovité hladiny osvětlení musí být podloženo analýzou změn intenzity provozu na uvažované pozemní komunikaci a schváleno příslušným silničním správním úřadem.

V případě pozemních komunikací se zvýšeným rizikem kriminality a/nebo nehodovosti v nočních hodinách se regulace osvětlení nedoporučuje.

Z uvedeného vyplývá, že se v běžných případech doporučuje regulace osvětlení pozemních komunikací až o 50 % jmenovité hladiny osvětlení (v průběhu noci obvykle dochází k významným změnám intenzity dopravy a/nebo jasu) a že není dovolena regulace osvětlení vypínáním světelných míst (nebyla by zachována rovnoměrnost osvětlení).

## Volba udržovacího činitele dle ČSN EN 13201-2

Norma [6] se problematikou volby udržovacího činitele nezabývá. Vzhledem k velkému významu správného přístupu ke stanovení udržovacího činitele jsou příslušná pravidla uvedena v NA.1.

Pro stanovení udržovacího činitele se doporučuje využít údaje výrobce použitých světelných zdrojů a svítidel, nebo dokument [12], který mimo jiné uvádí údaje o poklesu světelné účinnosti osvětlovacích soustav znečištěním svítidel ve venkovním prostředí (v závislosti na stupni ochrany optických částí svítidel před vnikáním cizích předmětů - tabulka NA.1) a údaje o poklesu světelné účinnosti osvětlovacích soustav vlivem stárnutí světelných zdrojů (tabulka NA.2).

Tabulka NA.1 – Hodnoty činitele znečištění svítidel

Stupeň krytí optické části svítidla	Znečištění ovzduší*	Hodnoty činitele znečištění svítidel v závislosti na délce intervalu čištění (roky)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
		IP 2X	malé	0,82	0,80	0,79
střední	0,62		0,58	0,56	0,54	0,53
velké	0,53		0,48	0,45	0,43	0,42
IP 5X	malé	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
	střední	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	velké	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
IP 6X	malé	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90
	střední	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	velké	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83

Tabulka NA.2 – Hodnoty činitele stárnutí světelných zdrojů

Typ světelného zdroje	Provozní doba (tisíce hodin)				
	4	6	8	10	12
Vysokotlaká sodíková výbojka	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Halogenidová výbojka	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
Vysokotlaká rtuťová výbojka	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Nízkotlaká sodíková výbojka	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Lineární zářivka s třípásmovým luminoforem*	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Lineární zářivka s halofosfátovým luminoforem*	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Kompaktní zářivka	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

\* Platí pro teplotu okolí 25°C.

### Spínání veřejného osvětlení dle ČSN CEN/TR 13201-2

Norma [6] se problematikou spínání osvětlení pozemních komunikací nezabývá. Vzhledem k velkému významu správného přístupu ke stanovení okamžiku zapnutí a vypnutí osvětlení jsou příslušná pravidla uvedena v NA.2, např.:

- Doba provozu osvětlení pozemních komunikací má vycházet z požadavku zajistit uživatelům pozemních komunikací dostatečnou viditelnost i v době od soumraku do svítání. Kratší doba provozu zvyšuje nebezpečí vzniku nehod a úrazů, delší doba provozu zvyšuje provozní náklady na osvětlení.
- Přednostně se doporučuje spínat osvětlení pozemních komunikací pomocí fotobuňky a respektovat zastínění pozemních komunikací okolní zástavbou a veřejnou zelení. Hodnoty osvětlenosti nezastíněné vodorovné roviny denním osvětlením, rozhodné pro spínání umělého osvětlení pozemních komunikací, jsou uvedeny v tabulce NA.3.
- V případě spínání osvětlení pozemních komunikací pomocí spínacích hodin musí být doba provozu osvětlení stanovena časovým plánem na základě výsledků dlouhodobého sledování změn denní vodorovné osvětlenosti v dané lokalitě v průběhu roku v období soumraku a svítání. Doporučuje se využít souvislosti denní osvětlenosti s hloubkou slunce pod obzorem. I v tomto případě se při stanovení časů spínání osvětlení odvozují na základě hodnot osvětlenosti nezastíněné vodorovné roviny uvedených v tabulce NA.3.
- Osvětlení pozemních komunikací má být spínáno tak, aby v období spínání osvětlení hodnota průměrné osvětlenosti povrchu komunikace (denním osvětlením) neklesla pod hodnotu odpovídající příslušné třídě osvětlení přiřazené dané komunikaci.

- Místní osvětlení přechodů pro chodce s pozitivním kontrastem se doporučuje ovládat samostatně tak, aby mohlo být zapínáno dříve a vypínáno později než hlavní osvětlení komunikace.

**Tabulka NA3. – Spínání osvětlení podle hustoty zástavby**

Spínání osvětlení	Denní osvětlenost* [lx]	
	hustá, vysoká zástavba	řidká, nízká nebo žádná zástavba
Zapínání (večer)	80	40
Vypínání (ráno)	40	20

\* Osvětlenost nezastíněné vodorovné roviny denním osvětlením.

### Adaptační pásma dle ČSN EN 13201-2

Norma [6] se problematikou zřizování adaptačních pásem na pozemních komunikacích nezabývá. Příslušná pravidla, vycházející z normy [9], jsou uvedena v NA.3:

- Adaptační pásma se zřizují na komunikacích zařazených do tříd osvětlení ME a MEW s udržovanou hodnotou průměrného jasu větší než  $0,75 \text{ cd.m}^{-2}$ .
- Adaptační pásma se řeší postupným přechodem na nižší hladinu osvětlení při zachování montážní výšky svítidel a rovnoměrnosti osvětlení. Nejmenší délky dílčích adaptačních úseků jsou uvedeny v následující tabulce NA.4.

**Tabulka NA.4 – Adaptační pásma**

Jas povrchu komunikace $\bar{L}$ [ $\text{cd.m}^{-2}$ ] (udržovaná hodnota)	Délky dílčích úseků s jasnem povrchu $\bar{L}$ [ $\text{cd.m}^{-2}$ ] (udržovaná hodnota)			Celková délka adaptačního pásma [m]
	1,0	0,5	0,3	
2,0	100	100	150	350
1,5	50	100	150	300
1,0	–	100	150	250

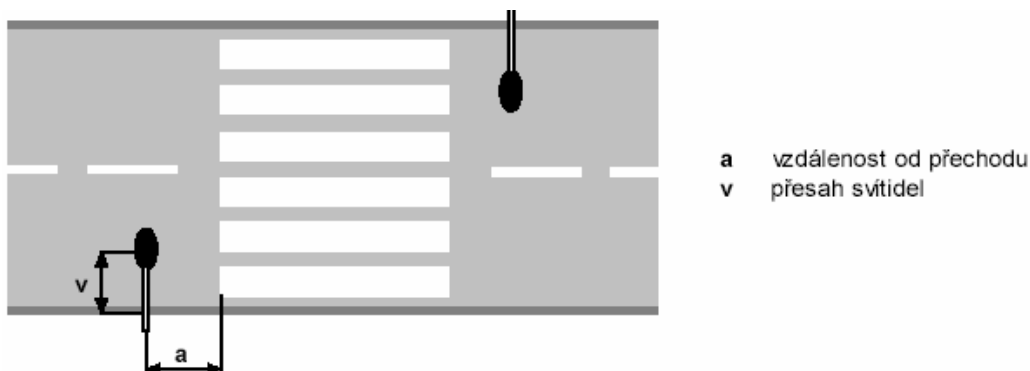
### Osvětlení přechodů pro chodce dle ČSN EN 13201-2

Způsob osvětlení přechodů pro chodce je prvkem ovlivňujícím úroveň bezpečnosti chodců. V minulosti bylo běžné přechody pro chodce osvětlovat osvětlením s negativním kontrastem. V posledních letech se stále častěji setkáváme s požadavkem na zvýšení bezpečnosti chodců. Ke zvýšení bezpečnosti chodců na přechodech lze mimo jiné přispět místním osvětlením přechodů pro chodce s pozitivním kontrastem.

**Osvětlení přechodů pro chodce s pozitivním kontrastem** je slovně specifikováno v příloze B normy [6]. Má-li být dosaženo pozitivního kontrastu, musí být především zajištěna odpovídající směrovost osvětlení, což znamená, že světelný tok musí přicházet ze směru příjíždějících vozidel. Místní osvětlení má zajistit dostatečné osvětlení chodců ze strany příjíždějících vozidel v celé oblasti přechodu, tedy i před vstupem chodce do jízdní dráhy (do jízdního pásu). Svislá osvětlenost chodců má být výrazně větší než vodorovná osvětlenost přilehlé komunikace zajištěná běžnou osvětlovací soustavou komunikace. Osvětlení omezené na oblast přechodu pro chodce a na úzký pás kolem něj má za úkol vyvolat divadelní efekt a pomoci upoutat pozornost řidičů příjíždějících vozidel. K dosažení požadované směrovosti osvětlení je vhodné použít svítidla s asymetrickým rozložením svítivosti. V NA.7.1.1 se uvádí, že v případě potřeby zvýšení bezpečnosti chodců na přechodu se aplikuje místní osvětlení přechodu s pozitivním kontrastem chodce vůči pozadí (světlý chodec vůči relativně tmavému pozadí). Ze světelně technického výpočtu, pro použitý typ svítidla s asymetrickou vyzařovací charakteristikou, vyplyne umístění svítidla, jeho vzdálenost  $a$  od přechodu a přesah  $y$  (obrázek NA.1). Projekt a provedení místního osvětlení musí vycházet z individuálního posouzení každého konkrétního případu. Geometrické umístění svítidla se může značně lišit v závislosti na délce a šířce přechodu a na rozložení svítivosti daného svítidla. Osvětlení přechodů lze zvýraznit i odlišnou barvou světla (v případě osvětlení komunikace vysokotlakými sodíkovými výbojkami se doporučuje použití halogenidových výbojek).

Norma nespécifikuje konkrétní požadavky na hladinu osvětlení. Uvádí, že kvalitativní požadavky na osvětlení přechodů po dohodě stanoví příslušný správce veřejného osvětlení.

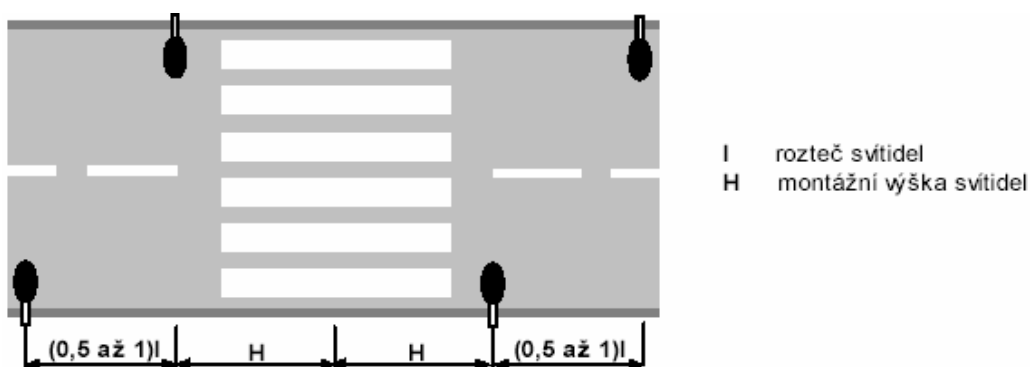
Příklad rozmístění svítidel místního osvětlení přechodu pro chodce s pozitivním kontrastem (na komunikaci s obousměrným provozem) je uveden na obrázku NA.1.



Obrázek NA.1 – Osvětlení přechodu pro chodce s pozitivním kontrastem

Z výše uvedeného vyplývá, že řidiče přijíždějícího k přechodu je na blížící se místo, kde hrozí riziko kolize s chodcem, možno upozornit vytvořením divadelního efektu. K tomuto opatření je možno připojit i další, k nimž patří např. levné řešení, spočívající v použití svítidel se svítícími boky (např. rozšířených svítidel „Zebra“ firmy Schröder) nebo dodatečná montáž střídavě blikajících dvojic žlutých dopravně signalizačních světel. Výhodou uvedených dalších optických opatření je to, že díky montážní výšce kolem šesti metrů nad povrchem komunikace na kritické místo upozorňují již ve velkém odstupu před přechodem, a to i v případech komunikací s výškovými oblouky, kdy divadelní efekt, vytvořený přidavnými svítilny místního osvětlení, nemusí být patrný v dostatečném předstihu. Nechceme-li instalovat uvedené střídavě blikající dvojice žlutých dopravně signalizačních světel (nebo jiná samostatná zařízení pro optickou signalizaci), lze, v porovnání se svítilny s plochým optickým krytem ve vodorovné poloze, považovat za vhodnější použití zmíněných svítidel se svítícími boky, které plní úlohu signalizace blížícího se nebezpečí.

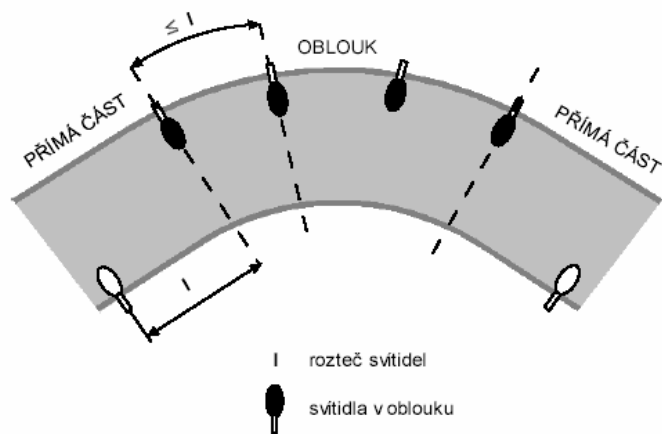
**Osvětlení přechodů pro chodce s negativním kontrastem** se používá v případech, kdy je dostačující zajištění běžné bezpečnosti chodců, lze-li v místě přechodu pro chodce zajistit dostatečně velkou úroveň jasů a dostatečně velký negativní kontrast vhodným umístěním běžných svítidel pro osvětlení pozemních komunikací. Pravidla platná pro tento energeticky úsporný způsob osvětlení (převzatá z normy [9]) jsou uvedena v NA.7.1.2. Svítilna se umísťují tak, aby zajistila co největší negativní kontrast chodce vůči pozadí (tmavá silueta chodce vůči světlému pozadí). Proto se svítilna nemají umísťovat těsně k přechodu nebo nad něj. Na komunikacích s obousměrným provozem se světelná místa pro rozlišení chodce při negativním kontrastu se doporučují rozmístit podle obrázku NA.2.



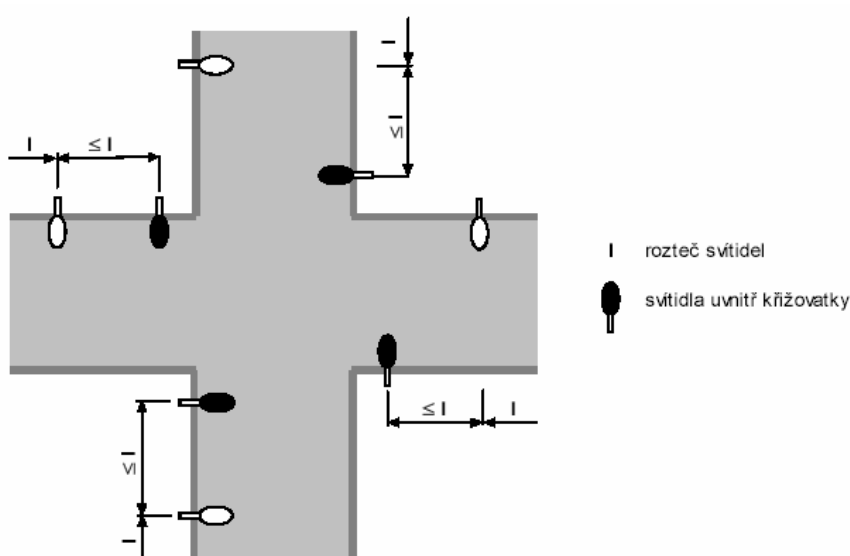
Obrázek NA.2 – Osvětlení přechodu pro chodce s negativním kontrastem

### Osvětlení směrových oblouků a křižovatek dle ČSN EN 13201-2

Pravidla pro rozmístění svítidel pro osvětlení směrových oblouků a křižovatek, převzatá z normy [9], jsou uvedena v NA.7.2 a NA.7.3. Příklady uspořádání svítidel jsou uvedeny na obrázcích NA.3 a NA.5.



Obrázek NA.3 – Jednostranná soustava v oblouku komunikace



Obrázek NA.5 – Křížení jednostranných soustav

## Závěr

Od 1. 4. 2007 u nás začal platit kompletní soubor nových českých technických norem pro osvětlení pozemních komunikací ([5], [6], [7] a [8] a současně byly zrušeny staré normy [9], [10] a [11]. Některé požadavky starých norem byly po aktualizaci zapracovány do národních příloh nových norem.

## Literatura a odkazy

- |                        |   |
|------------------------|---|
| [1] CEN/TR 13201-1     | Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes             |
| [2] EN 13201-2         | Road lighting - Part 2: Performance requirements                  |
| [3] EN 13201-3         | Road lighting - Part 3: Calculation of performance                |
| [4] EN 13201-4         | Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance |
| [5] ČSN CEN/TR 13201-1 | Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení     |
| [6] ČSN EN 13201-2     | Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky                |
| [7] ČSN EN 13201-3     | Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet                  |
| [8] ČSN EN 13201-4     | Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření            |
| [9] ČSN 36 0400        | Veřejné osvětlení   |
| [10] ČSN 36 0410       | Osvětlení místních komunikací                                     |
| [11] ČSN 36 0411       | Osvětlení silnic a dálnic   |
| [12] CIE 154:2003      | The maintenance of outdoor lighting systems                       |

# Vplyv kompaktných žiaroviek na sieť

Ing. František Krasňan, PhD.

Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, FEI - KEE, frantisek.krasnan@stuba.sk

Vyššie harmonické patria v súčasnosti medzi základné ukazovatele kvality elektrickej energie. Ich význam v súvislosti s prudkým nárastom inštalovania polovodičových zariadení stále viac rastie. Hoci zdroje vyšších harmonických môžeme identifikovať i na strane výroby elektrickej energie, podstatná väčšina z nich vzniká na strane spotreby. Keďže svetelná technika sa na spotrebe elektrickej energie podieľa veľmi významnou mierou (niektoré odhady hovoria 10 i viac percent), mohutný nárast využívania elektronických predradníkov pre svetelné zdroje, ktorých výhody z hľadiska efektívnosti využitia elektrickej energie sú nesporné, môže mať na celkovú prevádzku siete a kvalitu elektrickej energie nezanedbateľný vplyv.

Odhady [1] hovoria, že celkové harmonické skreslenie prúdu (THD<sub>i</sub>) pri svetelných zdrojoch sa často pohybuje okolo hodnoty 180 % a frekvenčné spektrum prúdu je veľmi obdobné ako pri elektronicky spínaných zdrojoch. nahradíte.

## Vplyv hromadného nasadenia kompaktných žiaroviek na sieť

Z hľadiska úspor elektrickej energie najmä pre využitie v domácnostiach je kompaktná žiarivka veľmi perspektívnym svetelným zdrojom. V porovnaní so žiarovkami ňou možno usporiť až 80 % elektrickej energie spotrebovanej na osvetlenie. Na Slovenskom trhu sú však dostupné rôzne typy kompaktných žiaroviek od mnohých výrobcov i v rôznych cenových kategóriách. V súčasnosti prebiehajú na Fakulte elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity rôzne merania [2], ktoré by mali preukázať, aké majú svetelné zdroje skutočné elektrické i svetelnotechnické parametre a tiež aký je ich reálny vplyv na elektrickú sieť.

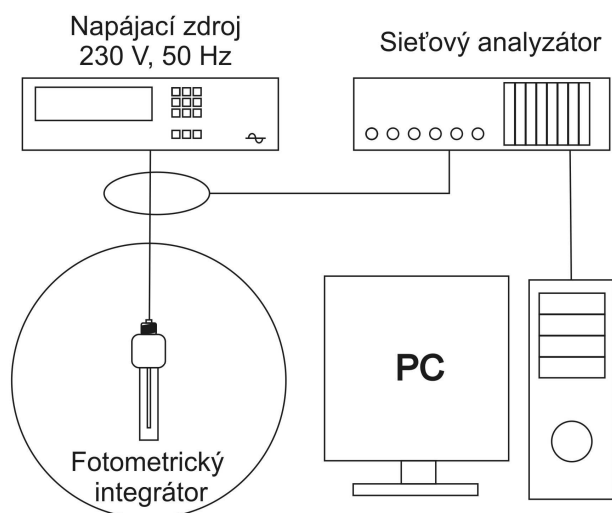
Samotný výskum sa skladá z niekoľkých častí:

- Vytvorenie meracieho pracoviska pre skúmanie vplyvu svetelných zdrojov na napájaciu sieť
- Testovanie a prispôbenie metodiky s ohľadom na možnosti meracieho pracoviska
- Príprava vzoriek pre merania
- Vykonanie meraní
- Spracovanie výsledkov meraní a ich analýza

## Meracie pracovisko pre skúmanie vplyvu svetelných zdrojov na napájaciu sieť

Pre skúmanie vplyvu svetelných zdrojov s elektronickými predradníkmi na napájaciu sieť bolo vytvorené meracie pracovisko s potrebnou meracou technikou, napájacím zdrojom a pomocnými zariadeniami pre dodržanie požiadaviek uvedených v príslušných elektrotechnických prípadne svetelnotechnických normách. Blokovaná schéma vytvoreného pracoviska je na obrázku 1.





➤ obrázok.1: Bloková schéma meracieho pracoviska

## Príprava vzoriek pre merania

Kompaktné žiarivky určené pre výskum boli z dôvodu zabezpečenia nemennosti ich parametrov pred vykonaním samotných meraní stabilizované podľa požiadaviek uvedených v STN EN 13032-1 [3].

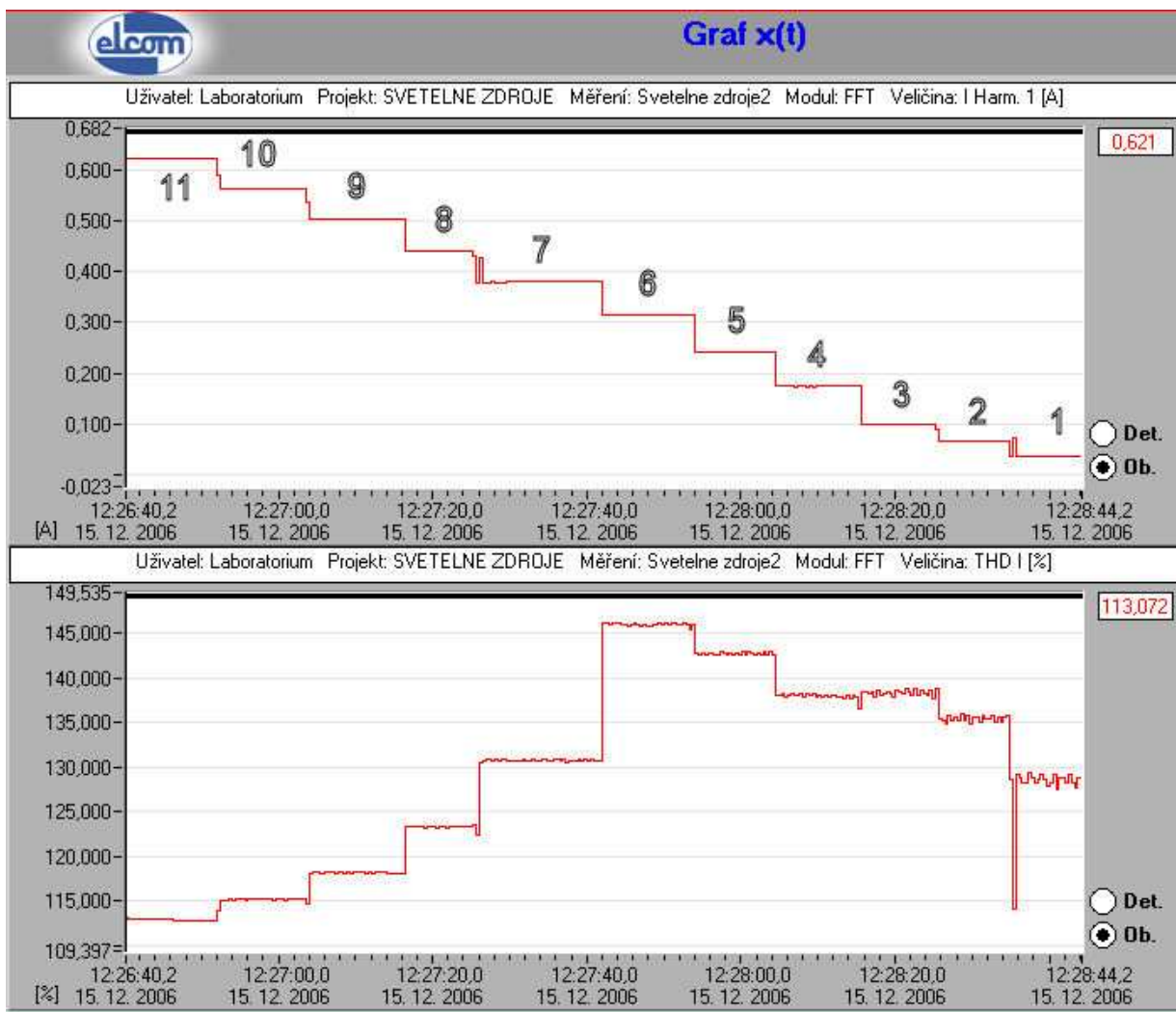


➤ obrázok.2: Upevnenie svetelných zdrojov v svetelnotechnickom laboratóriu počas zahorovania

## Výsledky meraní

Cieľom meraní je preskúmať vplyv hromadného nasadenia kompaktných žiariviek na sieť. Otázkou je, či celkové harmonické skreslenie prúdu spôsobené určitým počtom kompaktných žiariviek je rovné súčtu vplyvov od jednotlivých žiariviek, alebo dochádza k vzájomnej kompenzácii prúdov a celkové harmonické skreslenie od skupiny kompaktných žiariviek je nižšie, ako súčet vplyvov od jednotlivých žiariviek.

Samotné meranie bolo vykonané nasledovne: Do jedného obvodu bolo zapojených 17 kompaktných žiariviek s rôznymi parametrami a od rôznych výrobcov. Obvod bol pripojený na napätie a z dôvodu stabilizácie elektrických a teplotných parametrov ponechaný v prevádzke 30 minút. Po tomto čase bol spustený záznam elektrických parametrov obvodu. Následne boli postupne odpájané jednotlivé kompaktné žiarivky, pričom elektrické parametre celého obvodu boli naďalej monitorované a zaznamenávané až zostala pripojená už iba posledná kompaktná žiarivka. Postupné klesanie prúdu v obvode a priebeh celkového harmonického skreslenia prúdu vidno na obrázku 3.



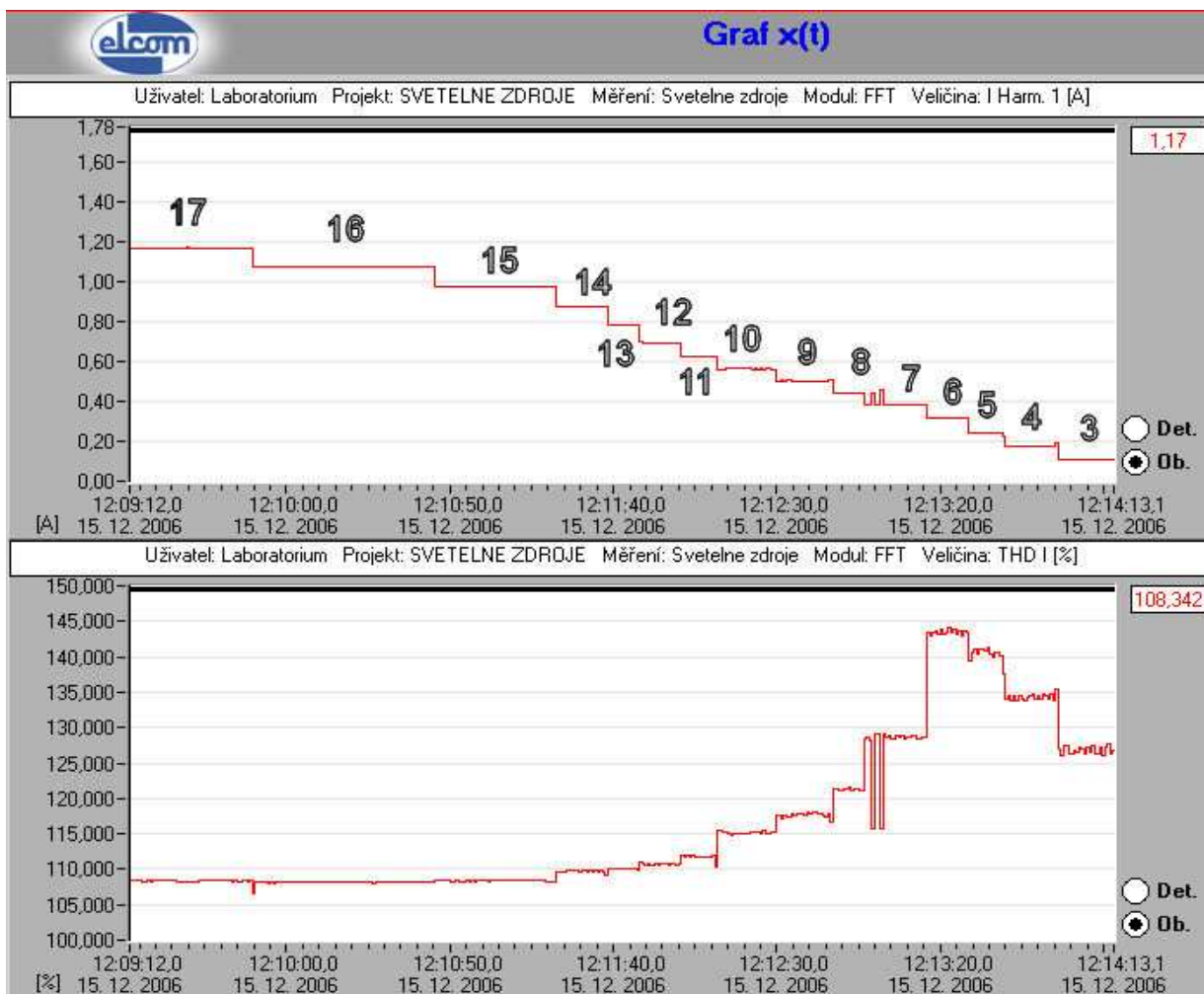
➤ obrázok 3: Pokles prúdu I (A) a priebeh celkového harmonického skreslenia prúdu THD<sub>I</sub> (%) pri postupnom odpájaní kompaktných žiaroviek v obvode

Označenie meraných kompaktných žiaroviek v grafických závislostiach:

- 1-3: BrownieX 11 W, 220–240 V, 50–60 Hz,
- 4-6: BrownieX 25 W, 220–240 V, 50–60 Hz,
- 7-12: Philips Economy Byr 14 W, Energy saver, 230–240 V, 50 Hz, Made in Poland
- 13-17: Philips New Softone Byr 20 W, Energy saver, 230–240 V, 50–60 Hz, Made in Poland



➤ obrázok 4: Ukážky meraných kompaktných žiaroviek



➤ Obr.5: Pokles prúdu  $I$  (A) a priebeh celkového harmonického skreslenia prúdu  $THD_1$  (%) pri postupnom odpájaní kompaktných žiaroviek v obvode (vyšší rozsah prístrojov)

Na obrázkoch vidíme, že celkové harmonické skreslenie prúdu  $THD_1$  je závislé od typu použitých kompaktných žiaroviek. Možno sledovať fakt, že kompaktné žiarivky na seba vzájomne vplyvajú. Ak by nedochádzalo k vzájomnému vplyvu kompaktných žiaroviek, pri zmene počtu rovnakých kompaktných žiaroviek by percentuálne vyjadrenie  $THD_1$  malo zostať nezmenené. Pri kompaktných žiarivkách BrownieX však  $THD_1$  (%) pri väčšom počte žiaroviek narastá. Zaujímavý je tiež nárast celkového  $THD_1$  (%) po vypnutí kompaktnej žiarivky č. 7. Ak porovnáme príkony pripojených kompaktných žiaroviek zistíme, že žiarivka č. 7 (Philips) v skutočnosti kompenzuje celkové harmonické skreslenie v obvode spôsobené žiarivkami BrownieX a teda vzájomná kombinácia týchto svetelných zdrojov je pre čistotu siete priaznivá. Pri kompaktných žiarivkách Philips (č. 7 až 17) je predpoklad konštantného  $THD_1$  splnený a v obrázku vľavo môžeme pozorovať, že celkové  $THD_1$  v obvode kleslo na konštantnú hodnotu cca 108 %.

## Záver

Prvé merania preukázali, že pri zapojení rôznych druhov kompaktných žiaroviek do jedného obvodu môže dochádzať k vzájomnému vplyvu žiaroviek tak, že výsledné celkové harmonické skreslenie prúdu  $THD_1$  (%) môže byť za určitých podmienok nižšie ako  $THD_1$  jednotlivých kompaktných žiaroviek v obvode. Ďalej boli merané priebehy elektrických a svetelných parametrov od rozsvietenia kompaktných žiaroviek až po ustálenie a vplyv polohy svetelného zdroja na jeho elektrické vlastnosti. Namerané údaje boli priebežne zaznamenávané a budú postupne vyhodnocované.

Na záver možno povedať, že prvé merania potvrdili správnosť smerovania výskumu i správnosť navrhutej metodiky. Aby však bolo možné vykonať podrobnú analýzu problematiky a vysloviť komplexné závery, je potrebné v meraniach pokračovať.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky na základe Zmluvy č. APVT-20-002004.

## **Literatúra a odkazy**

- [1] SZATHMÁRY, P.: Kvalita elektrickej energie. Bratislava: ABB Elektro s.r.o., 2003, ISBN 80-89057-04-7, s. 118.
- [2] Pípa, M., Beláň, A.: Influence of power source by KVG and EVG. In: 8. mezinárodní vědecká konference ELECTRIC POWER ENGINEERING 2007, 12. - 14. 6. 2007 Hotel Dlouhé Stráně, Kouty nad Desnou, Česká republika.
- [3] STN EN 13032-1 (36 0401):2004, Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnocovanie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 1: Meranie a formulár súborov

# Návrh zrkadlového goniofotometra

Ing. František Krasňan, PhD., Ing. Marek Pípa  
Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, FEI - KEE,  
frantisek.krasnan@stuba.sk, marek.pipa@stuba.sk

## Úvod

Meranie v živote človeka zohráva významnú úlohu. Stretávame sa s ním každý deň, hoci si to často krát ani neuvedomujeme. Ak chceme vyjadriť množstvo, kvalitu, veľkosť a pod., potrebujeme meranie. A s meraním úzko súvisí presnosť merania. Pre meranie kriviek svietivosti svietidiel a aj svetelných zdrojov sa používajú goniofotometre. Existuje niekoľko typov goniofotometrov, pričom každý má svoje dobré vlastnosti i nedostatky. Požiadavky na presnosť merania svetelnotechnických veličín sú uvedené v STN EN 13032-1 [1].

Naším cieľom bolo na Oddelení svetelnej techniky Fakulty elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity zhotoviť automatizovaný, počítačom riadený goniofotometer, ktorý by bol zároveň za prijateľnú cenu. Návrh musí zohľadniť priestorové i technické možnosti laboratória, v ktorom bude realizovaný.

Medzi základné požiadavky patria:

- automatická činnosť – použitím riadiaceho počítača, jeho softvéru a ostatného vybavenia zariadenia,
- presnosť – správne zvolená mechanika a elektronická časť.

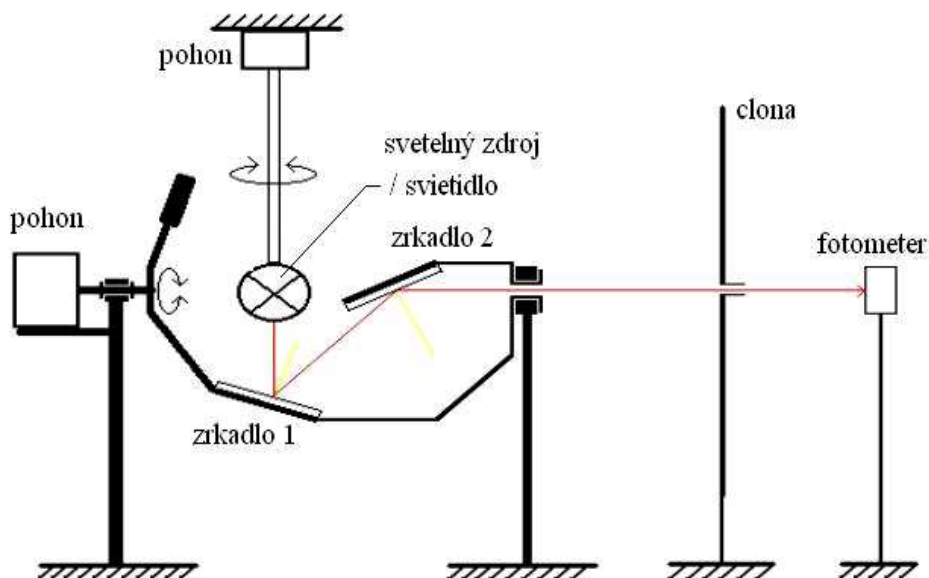
Obmedzeniami pri návrhu konštrukcie sú:

- nízka cena – dosiahneme ju použitím štandardizovaných dielov, svojpomocným vývojom zariadenia, kompletizáciou a pod.
- nároky na skúšobný priestor - priestorové obmedzenia rozmermi laboratória určujú výber konštrukcie  
So zreteľom na tieto faktory sa začal vývoj, ktorý pozostáva z viacerých úloh.

## Výber vhodného konštrukčného usporiadania goniofotometra

Pri výbere vhodného konštrukčného usporiadania goniofotometra prichádzajú do úvahy tieto možné typy konštrukcií:

- a) konštrukcia typu pohyblivá fotónka a pevný zdroj – je pre nás nevhodná pre veľké priestorové nároky do všetkých smerov. Je potrebná „sféra priestoru“ s polomerom rovným potrebnej fotometrickej vzdialenosti.
- b) konštrukcia typu pohyblivá fotónka a pohyblivý zdroj – jeho nevýhodou sú však ešte stále nároky na priestor v jednom smere a do výšky (priestorový „valec“ s dĺžkou cca 3 až 5 m a priemerom rovným dvojnásobku požadovanej fotometrickej vzdialenosti).
- c) konštrukcia typu pevná fotónka a pohyblivý zdroj – tu je síce potrebná veľká vzdialenosť, no len v jednom smere. I požiadavku veľkej vzdialenosti fotónky je možné zredukovať použitím dodatočnej zrkadlovej sústavy. Najväčšou nevýhodou takéhoto riešenia je neustála zmena polohy svetelného zdroja počas merania, čo má najmä pri meraní nízkotlakových výbojových svetelných zdrojov zvyčajne nezanedbateľný vplyv na hodnotu svetelného toku, ktorý sa potom počas merania mení a je nutné robiť korekciu pomocou pomocného fotometra.
- d) konštrukcia typu pevná fotónka a pohyblivý zdroj s rotačnou zrkadlovou sústavou (zdroj sa natáča v jednej osi a to iba pri zmene požadovanej rezovej roviny). Vidíme ju na obr.1. Jej nevýhodou je starnutie zrkadiel (ich nestálosť, teda ich zmena činiteľa odrazivosti), potrebná veľkosť, teda i hmotnosť (a moment zotrvačnosti), potreba pravidelného čistenia (hlavne od prachu), overovania odrazivosti, rovinatosti, polarizácie a pod. Riešenie je ekvivalentné s konštrukciou typu pevná fotónka, pohyblivý zdroj, no v tomto riešení sa pohyb zdroja v druhej osi natáčania nahrádza pohybom zrkadlovej sústavy. Toto riešenie sme vybrali ako najvhodnejšie vzhľadom na priestorové možnosti nášho laboratória a z dôvodu potreby vyhotovenia zariadenia bez natáčania svietidiel počas merania.

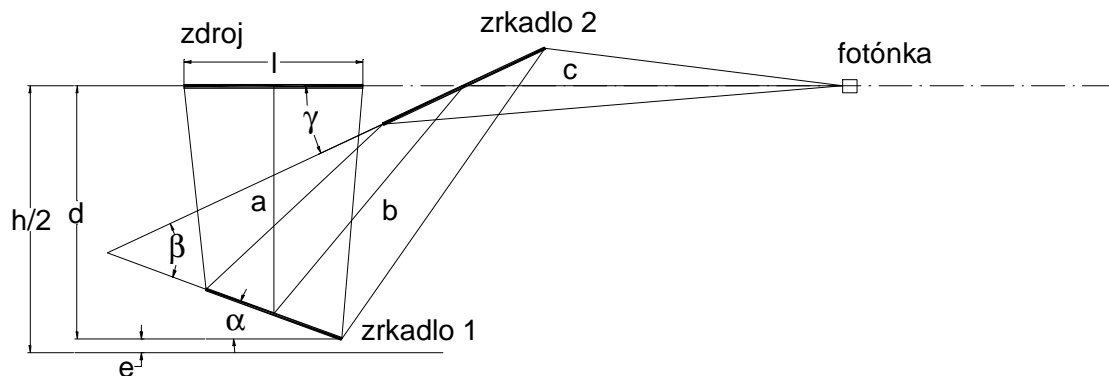


**Obr.1:** Principiálne schématické usporiadanie goniofotometra (typ 3 – STN EN 13023-1) s natáčaným svetelným zdrojom a zrkadlovým systémom a s fixovaným fotometrom

Vybraný goniofotometer - svetelný zdroj rotuje okolo vertikálnej osi, zrkadlová sústava sa pohybuje okolo horizontálnej osi a fotometer je fixovaný. Tento typ goniofotometra sa zvykne označovať ako zrkadlový goniofotometer. Zrkadlá nesmú orezávať obraz meraného svietidla z pohľadu od fotometra pri ľubovoľnej meracej polohe, musia byť planárne a nesmú polarizovať merané žiarenie. Spektrálna odrazivosť zrkadiel môže byť konštantná (na rozsahu meraných vlnových dĺžok), alebo môže byť upravená ako prídavná  $V(\lambda)$  korektúra pre použitý fotometer. Pozornosť treba sústrediť na možnosť vzniku polarizácie svetla zrkadlami, ktorá musí byť v každom prípade zamedzená. Zrkadlá musia byť testované na rovinatosť a spektrálnu odrazivosť, ktorá nesmie zhoršiť spektrálnu chybu použitého fotometra.

## Návrh konštrukčného vyhotovenia

Prvým krokom pri návrhu zrkadlového goniofotometra by mala byť voľba najväčšieho svietiaceho rozmeru svietidla, ktoré by sa ešte na zostrojenom prístroji dalo merať. Následne by sa po výpočte minimálnych rozmerov prístroja mal voľiť priestor, do ktorého by bolo možné takéto zariadenie umiestniť. V našom prípade sme však chceli goniofotometer umiestniť v existujúcom tmavom laboratóriu, takže sme museli vychádzať z predpokladov daného priestoru. Ako sme pri výpočtoch zistili, obmedzujúcim faktorom je výška miestnosti. Táto priamo limituje možnosť voľby najväčšieho merateľného svietidla (jeho dĺžku – pri obdĺžnikovom tvare, resp. priemer - pri kruhovom tvare svietiacej plochy). Situácia je naznačená na obr. 2



**Obr. 2:** Schématické usporiadanie zrkadlovej sústavy „zrkadlového goniofotometra“ v nadväznosti na priestorové požiadavky

Pri výpočte najväčšieho povoleného svietiaceho rozmeru svietidla -  $l$  - vychádzame z dvoch základných parametrov –  $a$  a  $b$  z výšky miestnosti a najmenej potrebnej dĺžky miestnosti pre požadovanú fotometrickú vzdialenosť.

Požiadavkou potrebnej dĺžky miestnosti sa nemusíme zaoberať, nakoľko pre naše zámery bude určite splnená, a to z dôvodu, že najväčší uvažovaný svietiaci rozmer svietidla uvažujeme menší než 2m, teda potrebná dĺžka je menšia než 10m (ak uvažujeme svietidlo s difúzorom) čomu tmavé laboratórium vyhoví.

Ďalšou požiadavkou je výška miestnosti, čo je v našom prípade parameter priamo ovplyvňujúci maximálnu hodnotu najväčšieho povoleného svietiaceho rozmeru svietidla –  $l$ . Pri uvažovaní uhlov  $\alpha = 20^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ , a  $\gamma = 25^\circ$  použitých pri pôvodnej konštrukcii (ktoré za bezpečujú zobrazenie obrazu svietidla v naznačenej optickej osi), technologickej vzdialenosti  $e = 0,1\text{m}$  a výške miestnosti  $h = 2,9\text{m}$  vyjde  $l_{\max} = 0,9\text{m}$ . Napríklad pre  $l_{\max} = 1,3\text{m}$  (svietidlo s 36 W lineárnymi žiarivkami) vychádza potrebná výška miestnosti na 4m.

Ďalšie parametre takéhoto mechanického systému sú stiahnuté na rozmer  $l$  a to takto:

$$5 \cdot l = FV = a + b + c \quad (FV - \text{fotometrická vzdialenosť})$$

Potom pri zachovaní „uhlových proporcií ako u pôvodného goniofotometra platí:

$$a = 1,25 \cdot l_{\max}$$

$$b = 1,6 \cdot l_{\max}$$

$$a \quad c_{\min} = FV - (a + b) = 5 \cdot l - (a + b) = 2,15 \cdot l$$

Vzťahy pre  $a$ ,  $b$  – ostávajú konštantnými (určíme ich len pri návrhu goniofotometra) a vhodné  $c$  určíme výpočtom pre dané meranie – tu však okrem  $l$ , zdroja resp. svietidla uvažujeme i typ svietidla (pre mriežkové svietidlá sa odporúča  $FV = 10 \cdot l$  a pre reflektorové aj  $15 \cdot l$ ), prípadne berieme do úvahy svietivosť (ak je príliš malá a hodnota snímaná luxmetrom by sa pohybovala v oblasti meranej hodnoty mimo pásmo predpísanej presnosti prístroja, je vhodné voliť minimálnu  $FV$  – teda  $5 \cdot l$ , avšak konštrukcia nám nepovolí rozmer menší ako teoreticky 2,6 m resp. 3 m pri uvažovaní použitia aspoň jednej clony.

Vyhotovenie pôvodného zrkadlového goniofotometra vidno na obr.3.



**Obr. 3:** Vyhotovenie pôvodného zrkadlového goniofotometra

Tento goniofotometer mal už porušené zrkadlové plochy, bol mechanicky nestabilný, problematcky sa justoval, dali sa ním merať iba svietidlá s malou svietiacou plochou a nebolo ho možné jednoducho prestavať na automatizovaný (najmä z dôvodu potrebnej inštalácie elektrického pohonu). Nesmieme však zabudnúť na obmedzené možnosti voľby počtu rezových rovín a uhlových rozstupov medzi meranými svietivosťami v rovinách a to najmä z dôvodu časovej náročnosti takéhoto manuálneho merania. Najmä pre tieto dôvody sme začali s vývojom nového zariadenia, pričom sme sa poučili z neuhov starého. Na obr.4 môžeme vidieť vyhotovenie novej konštrukcie s inštalovanými zrkadlami a elektromechanicky polohovateľným ramenom pre uchytenie svietidla.



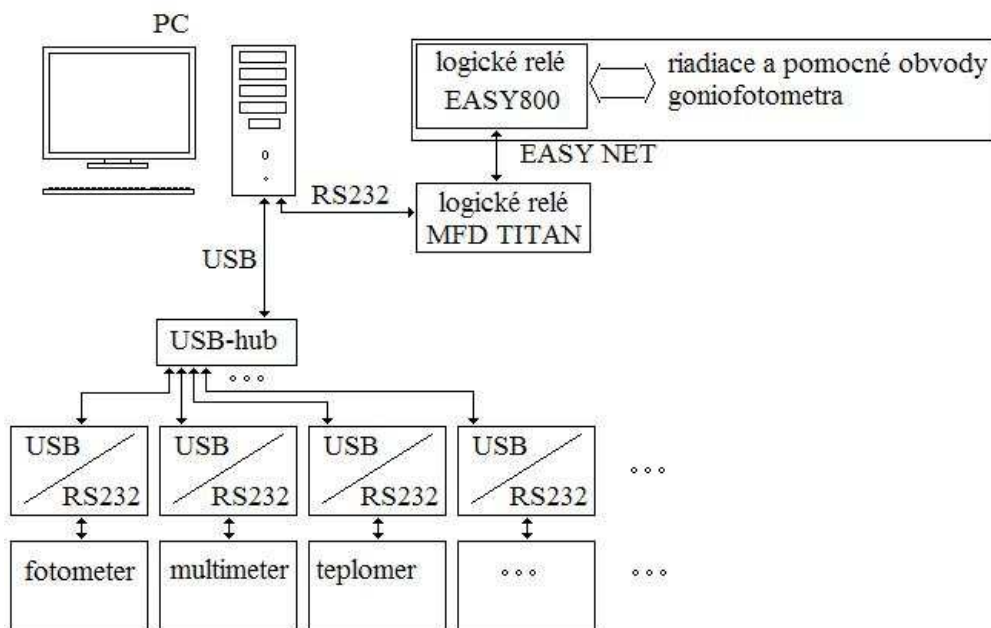
**Obr.4:** Konštrukcia nového goniofotometra

Goniofotometer je v štádiu vývoja a zatiaľ nie je vybavený pohonmi. Manuálne je však už možné pomocou neho merať. Ako pohony budú použité jednosmerné cudzo budené elektromotory s dvojitou šnekovou prevodovkou a prenosom krútiaceho momentu na hriadele goniofotometra pomocou ďalšieho reťazového prevodu. Spätná väzba bude realizovaná inkrementálnymi snímačmi otáčania.

Pohony budú riadené logickým relé EASY800 od firmy Moeller, ktoré zabezpečí spracovanie požiadavky riadiaceho počítača na natočenie jednotlivých pohonov. Pomocou druhého logického relé MFD TITAN s grafickým rozhraním bude možné riadiť goniofotometer i manuálne. Zariadenia a meracie prístroje ako napríklad luxmeter a multimetre budú pripojené priamo ku riadiacemu počítaču prostredníctvom USB rozbočovača a štandardných prevodníkov USB/RS232 (väčšina našich prístrojov má zatiaľ rozhranie RS232).

Predpokladané elektrické prepojenie vidíme na nasledovnej blokovej schéme.





**Obr.5:** Predpokladaná bloková schéma automatizovaného goniofotometra

Paralelne s vývojom konštrukčných častí je vytváraný i softvér pre riadiaci počítač, ktorý bude spracovávať a vyhodnocovať namerané údaje.

### Applikácia Lumiflux



- Metóda výpočtu pomocou pásmových činiteľov
- Použitý programovací jazyk Borland C++ Builder 6.0
- Kompatibilita s dátovým formátom Elumdat



	C100	C102.5	C105	C107.5	C110	C112.5	C115	C117.5	C120	C122.5	C125	C127.5	C130
0.0°	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7	230.7
2.5°	228.3	228.3	228.3	228.4	228.5	228.6	228.7	228.8	228.8	228.8	228.9	228.9	229.0
5.0°	225.2	225.3	225.4	225.5	225.6	225.7	225.8	225.9	226.0	226.1	226.2	226.3	226.4
7.5°	221.5	221.6	221.6	222.1	222.6	223.1	223.4	223.6	223.9	223.8	223.6	223.4	223.1
10.0°	219.0	219.3	219.9	220.8	221.8	222.8	223.6	224.4	224.9	225.2	225.6	225.8	225.8
12.5°	214.4	214.9	215.4	217.0	218.9	220.5	222.1	223.4	224.9	226.1	227.0	228.0	228.5
15.0°	206.4	207.1	208.2	210.4	212.4	215.3	217.1	219.6	221.6	224.5	226.4	228.5	230.0
17.5°	199.3	200.1	201.9	204.4	207.0	209.9	212.4	215.4	218.3	220.9	224.1	227.2	231.1
20.0°	193.6	194.4	196.4	199.1	202.3	205.7	209.5	213.0	216.9	220.1	223.5	226.7	229.9
22.5°	191.1	191.5	193.5	195.6	198.9	202.4	206.8	211.0	215.5	219.4	223.6	227.3	231.0
25.0°	189.2	190.8	192.5	194.4	197.2	201.3	205.9	209.1	213.6	218.1	223.8	227.4	231.5
27.5°	190.0	190.9	191.1	192.4	194.1	197.0	200.3	204.7	210.0	216.6	221.6	226.6	229.8
30.0°	190.0	190.2	190.4	190.8	190.5	192.2	195.8	200.2	205.7	212.4	217.9	222.3	224.4
32.5°	186.6	187.4	187.0	185.0	186.3	187.0	191.0	194.5	199.9	206.1	211.1	216.1	218.4
35.0°	182.7	182.2	183.8	181.4	181.3	182.1	184.4	187.8	192.9	197.5	202.4	207.1	209.9
37.5°	175.3	175.5	176.4	174.3	174.6	175.1	177.3	179.9	184.9	188.6	193.4	197.4	199.9
40.0°	161.9	163.6	163.9	162.9	163.4	165.1	167.8	170.1	174.2	178.0	183.0	186.5	189.4
42.5°	145.5	146.4	147.2	146.9	148.4	150.9	153.6	156.5	160.9	164.3	169.4	172.4	175.9
45.0°	125.9	126.4	127.5	127.4	130.0	132.9	135.4	140.1	143.5	148.0	153.1	157.4	161.0
47.5°	108.0	108.8	109.7	109.8	112.4	114.9	119.0	122.1	127.3	131.4	137.3	141.6	146.5
50.0°	96.3	96.4	99.4	99.8	102.1	105.0	108.6	111.9	116.4	119.7	125.8	130.1	134.4
52.5°	96.8	97.4	97.8	98.0	100.4	104.2	107.2	110.3	114.8	117.4	121.4	125.3	129.1

**Obr.6:** Program pre výpočet svetelného toku z nameraných kriviek svetlostí

## Záver

Pri vývoji nových zariadení pre meranie svetelnoteknických veličín sa kladie prvoradá dôraz na presnosť a efektívnosť merania. Vďaka rýchlemu rozvoju techniky sa znižuje podiel manuálnej práce a zvyšuje sa automatizácia meraní, čo súčasne zlepšuje spoľahlivosť meraní a znižuje riziko chýb spôsobených ľudským faktorom. Vývoj takýchto zariadení je však zdĺhavý a nákladný. Cena na trhu dostupných goniofotometrov dosahuje hodnoty niekoľko miliónov korún. Tento príspevok je však dôkazom toho, že i pomerne zložité technické zariadenie je možné zrealizovať za podstatne nižšie ceny.

*Táto práca bola podporená Vedeckou agentúrou VEGA prostredníctvom finančnej podpory projektu č. 1/3114/06.*

## Literatúra

- [1] STN EN 13032-1 (36 0401):2004, Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnocovanie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 1: Meranie a formulár súborov

# Automobilový světlo v dopravě

Ing. Květoslav Kutal, Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

VŠB - TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba, CZ, <http://www.vsb.cz>

[kutal@email.cz](mailto:kutal@email.cz), [karel.sokansky@vsb.cz](mailto:karel.sokansky@vsb.cz)

## Úvod

Vývoj lidského organismu je úzce spojen s životním prostředím ve kterém se vyskytuje. Lidské oko se vyvinulo a přizpůsobilo podmínkám, které byli do nedávné doby zcela přirozené. Hlavní vliv měl při generačním vývoji oka primární zdroj světla – slunce a jeho sluneční svit (či viditelná část spektra záření). Vidění lidského oka při absenci tohoto primárního zdroje (ve většině případů v noci) se řeší pomocí použití náhradních světelných zdrojů, které v dnešní době převážně využívají transformaci elektrické energie ve světelnou. Souhrnně se nazývají elektrické světelné zdroje. V současné době neexistuje světelný zdroj, který by plně mohl nahradit primární zdroj světla – slunce při jeho absenci.

Aplikace těchto elektrických světelných zdrojů je v dnešní době velmi široká a důkazem je, že v celkové spotřebě elektrické energie je po spotřeba pro osvětlovací soustavy (vnitřní i venkovní) přibližně 15 – 20 %. Veřejné osvětlení měst a obcí tvoří významnou část této spotřeby.

Obecná definice veřejného osvětlení:

„Veřejné osvětlení je důležitou součástí životního prostředí a podstatně ovlivňuje **bezpečnost dopravy, osob a majetku i atraktivnost** měst a obcí.“

Situace, která pravidelně vzniká ve venkovním osvětlení: Při jízdě automobilem v obci je potřeba zajištění komfortního vidění pro řidiče automobilu, pro chodce a správné respektive včasné vnímání důležitých informací vyskytujících se v daném prostoru. Zásadní vliv má v nočních podmínkách správně navržené veřejné osvětlení, reflektory automobilu, schopnosti vnímání oka řidiče (chodce), reakční časy na vzniklou kritickou situaci a brzdné dráhy automobilu (dané hmotností a rychlostí).

Normy, požadavky a doporučení pro způsob umístění osvětlení komunikace a normy pro vyzařování automobilového reflektoru byly vždy aplikovány odděleně. V dnešní době se pomocí výpočetní techniky a simulačních programů (např. Dialux) dají tyto poznatky aplikovat v reálné situaci a vytvořit modely pro různé typy silničních komunikací v kombinaci s odlišnými typy automobilů (dle hmotnosti) a jejich rychlostech. Schopnosti vnímání oka řidiče a chodce jsou fyziologicky standardně stanoveny dle rozsáhlých empirických výzkumů a jsou na daných kombinacích nezávislé.

## Současný stav řešené problematiky

V dnešní době je situace u veřejného osvětlení zcela tristní. Je to veřejná služba, která je poskytovaná prostřednictvím obce a financovaná z jejího rozpočtu. Většinou se dostává až na samotný okraj zájmu a proto ve většině obcí probíhala většinou pouhá údržba stavu z let dávno minulých (soustavy jsou za svojí hranici životnosti) a nebo řešení havarijních stavů.

Pro veřejné osvětlení jsou zavedeny normy a doporučení, ale není v dnešní době orgán, který by dle těchto nařízení parametry soustav kontroloval. Většinou (u menších měst a obcí) stačí vizuální kontrola stavu (svítí – nesvítí) a je už jedno kam, nebo jak kvalitně a to i u nových instalací. Je to dáno tím, že jednotlivé obecní úřady nemohou obsáhnout celou problematiku veřejného osvětlení. U větších měst většinou vznikají v odborných projekčních kancelářích tzv. Generely veřejného osvětlení, které popisují současný stav VO daného města (stáří soustav, zatížení komunikací, platnou legislativu, nebezpečné úseky z hlediska dopravy, intenzity dopravy atd.) a navrhují plány rekonstrukcí soustav, případně nové investiční záměry.

Mezi takové patří i posílení bezpečnosti v dopravě a to zejména k minimalizování počtu nehod automobilů s chodci. Tyto střety mají většinou tragické následky, jelikož chodec není chráněn žádným dalším předmětem a také nenosí na sobě žádné aktivní (světlo emitující) oblečení a tudíž není bez přídavného svícení, které vytváří VO, vidět. Také je nutné aby pro chodce bylo vytvořeno bezpečné prostředí (ve smyslu vnímání nerovnoměrností povrchu) a příjemné prostředí (důležité pro psychologii člověka). Je velmi důležité říci, že chodec může svým chováním velmi výrazně přispět ke zvýšení svojí bezpečnosti použitím oblečení s reflexními prvky.

Místo častého křížení drah chodce a automobilu je označeno jako přechod pro chodce. Klasické uspořádání místa přechodu pro chodce:

- dopravní značení (v dnešní době se instaluje v reflexním provedení, ale stále je i výskyt v matném provedení, které je dosti nevhodné)
- zebra (bílé pruhy v místě přechodu).

Pro zvýšení bezpečnosti na tomto místě se umísťují různé pasivní a aktivní prvky. Jsou to:

- na příjezdové straně v jízdním pruhu se umísťuje ve třech intervalech po deseti metrech příčné vyvýšeniny, které při přejezdu způsobují hluk v kabině automobilu
- změna barvy asfaltu před přechodem
- světelná signalizace na značce přechodu pro chodce
- přisvětlení přechodu světlem o jiné barvě a intenzitě pomocí svítidel určených pro přechody
- instalace světelně aktivních prvků přímo na vozovku v oblasti zebry

Poslední dvě opatření jsou velmi často neodborně provedena. Je běžnou praxí, že přechod je přesvětlen, tím dochází k přechodovému oslnění řidiče a po dobu, než se jeho oko stihne přeadaptovat na původní hodnotu okolního osvětlení, je prakticky vyloučena reakce na nenadálou nebezpečnou situaci. Chodec vždy nepřechází přímo po přechodu, nebo může nastat situace, že za takovýmto přechodem hrozí další nebezpečí (cyklista, výmol atd.).

Vývoj výpočetní a digitální techniky nám v dnešní době umožňuje ne jen navrhovat, počítat a modelovat veškeré typy osvětlovacích soustav, ale pomocí nově vyvinutých měřících přístrojů, které jsou schopny snímat a následně vyhodnotit jas v pixelu digitální fotografie, účinně kontrolovat a hodnotit reálné světelné instalace. Pro získání objektivních závěrů je totiž nutné provést vhodnou analýzu jasových poměrů, která respektuje schopnosti lidského oka.

Zavedením nezávislého hodnotitele, který by aplikoval kvalitativní požadavky a při tom respektoval fyziologii zraku, by výrazně přispělo ke zkvalitnění všech světelných instalací.

## **Reflektor automobilu**

Pro výzkum návrhu světlometu je třeba nejprve definovat základní parametry a vlastnosti automobilových svítidel. Za tímto účelem je samozřejmě již stanovena celá řada pravidel standardů a doporučení. V běžné praxi se však metoda hodnocení kvality těchto svítidel omezuje na soubor základních postupů a soubor několika sledovaných exaktních hodnot.

Pro hodnocení parametru světlometu vyzařujícího asymetrické potkávací (tlumené), nebo dálkové světlo byla standardizována dohoda *E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.111/Rev.1 Předpis č. 112*. Ta předpisuje všechny nutné podmínky a parametry pro jejich homologaci.

Světlometry musí být provedeny tak, aby dávaly dostatečné dobré osvětlení bez oslnění, když vyzařují potkávací světlo a dobré osvětlení když vyzařují dálkové světlo. Osvětlení světlometem se ověřuje na svislé měřící stěně, umístěné ve vzdálenosti 25 m před světlometem, kolmo k jeho ose.

Světlometry se zkouší pomocí bezbarvé standardní (referenční) žárovky, konstruované pro jmenovité napětí 12 V. Během zkoušení světlometu musí být napětí na svorkách žárovky nastaveno tak, aby se dosáhlo referenčního světelného toku uvedeného v příslušném listu dat.

### **Ustanovení pro potkávací světla**

Potkávací světlo musí vytvářet dostatečně ostré rozhraní, aby s jeho pomocí mohlo být provedeno dobré seřízení. Rozhraní musí tvořit vodorovnou přímkou na straně opačné směru provozu dopravy, pro který je světlomet určen; na druhé straně nesmí rozhraní přesahovat buď nad lomenou čáru HV H1 H4 vytvářenou přímkou HV H1 svírající s vodorovnou přímkou úhel 45° a přímkou H1 H4 položenou 25 cm nad přímkou hh nebo přímkou HV H3, skloněnou pod úhlem 15° nad vodorovnou přímkou. Rozhraní přesahující jak čáru HV H2, tak přímkou H2 H4 a vyplývající z kombinace obou výše uvedených možností není v žádném případě přípustné.

Zkušební měřící stěna musí být dostatečně široká, aby dovolila zkoušku rozhraní v rozmezí nejméně 5° na obě strany od přímkou vv.

Světlo musí být seřízen takto:

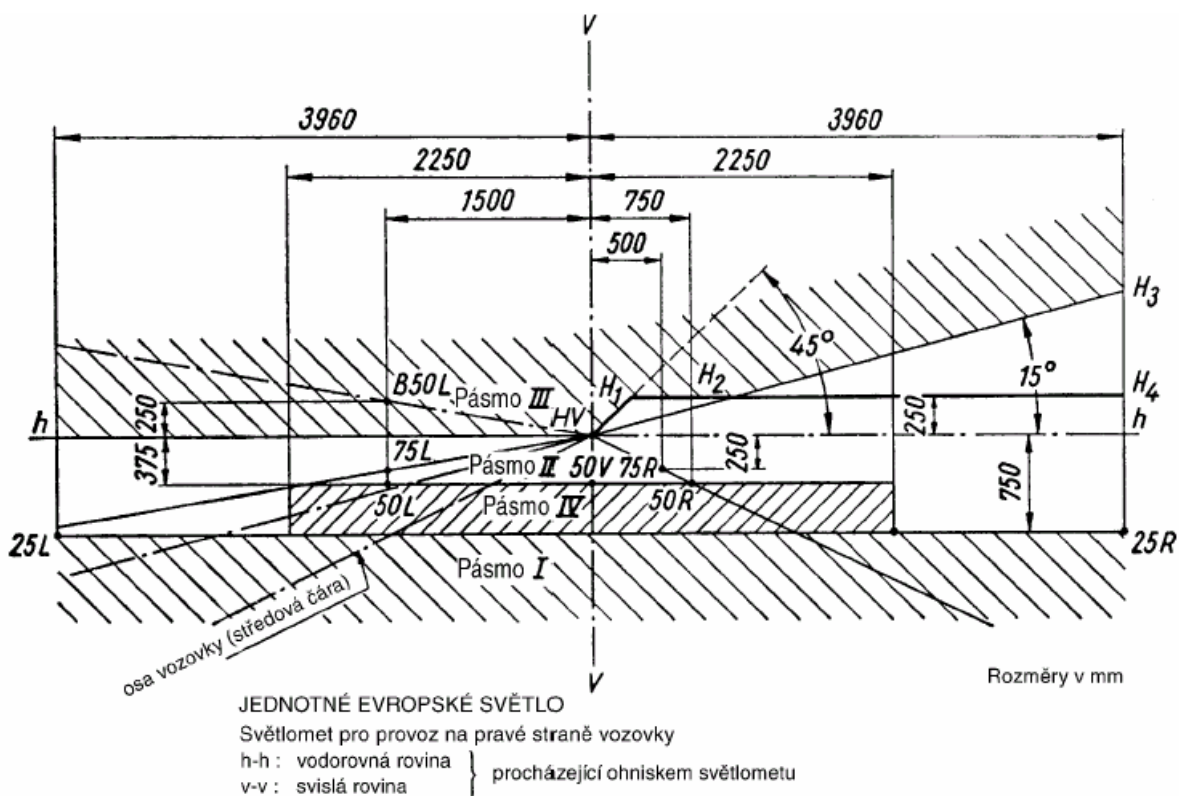
- u světlometů konstruovaných tak, aby vyhovovaly požadavkům pravostranného provozu, rozhraní na levé polovině měřicí stěny bylo vodorovné, u světlometů konstruovaných tak, aby vyhovovaly požadavkům levostranného provozu, rozhraní na pravé polovině měřicí stěny bylo vodorovné;

- Zalomení rozhraní je na čáře vv. Nemá-li svazek paprsků rozhraní se zřetelným zalomením, provede se seřízení do stran tak, aby co nejlépe vyhovovalo požadavkům na osvětlení v bodech 75 R a 50 R pro pravostranný provoz a v bodech 75 L a 50 L pro levostranný provoz.

- Osvětlení vytvářené na měřicí stěně potkávacím světlem musí splňovat následující požadavky:

Bod na měřicí stěně		požadované osvětlení v luxech	
světlo pro pravostranný provoz	světlo pro levostranný provoz	světlo třídy A	světlo třídy B
Bod B 50 L	Bod B 50 R	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$
Bod 75 R	Bod 75 L	$\geq 6$	$\geq 12$
Bod 75 L	Bod 75 R	$\leq 12$	$\leq 12$
Bod 50 L	Bod 50 R	$\leq 15$	$\leq 15$
Bod 50 R	Bod 50 L	$\geq 6$	$\geq 12$
Bod 50 V	Bod 50 V	-	$\geq 6$
Bod 25 L	Bod 25 R	$\geq 1,5$	$\geq 2$
Bod 25 R	Bod 25 L	$\geq 1,5$	$\geq 2$
kterýkoli bod v pásmu III		$\leq 0,7$	$\leq 0,7$
kterýkoli bod v pásmu IV		$\geq 2$	$\geq 3$
kterýkoli bod v pásmu I		$\leq 20$	$\leq 2E^*/$
*/ E jsou skutečně naměřená osvětlení v bodech 50 R resp. 50 L			

Obr.7 Hodnocení potkávacího světla světlometu pro pravostranný a levostranný provoz



Obr.8 Měřící stěna pro kontrolu správnosti vyzařování světlometu pro pravostranný provoz

## Závěr

Cílem je modelově simulovat, prakticky ověřit a stanovit postupy pro zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích. Dále spojit poznatky z nyní oddělených oblastí výzkumu lidského oka, automobilového průmyslu, odrazných vlastností vozovky a norem pro veřejné osvětlení a aplikovat tyto zákonitosti do reálné situace. Prvotní úkolem je vytvořit základní a jednoduchý model a ten následně modifikovat a zjistit vlivy jednotlivých komponent v tomto modelu (např. rychlost auta, stav vozovky, rozlišitelnost chodce, počasí atd.)

Způsoby pro řešení:

- modelování norem a nařízení pro automobilový reflektor v kombinaci s normami pro osvětlením komunikace a případným přisvětlením přechodů pro chodce,
- stanovení základních schopností lidského oka v nočním režimu (rychlosti vnímání, oslnění, adaptace, reakční doby),
- zohlednění vlivu parametrů chodce (např. oblečení - tmavý, světlý, reflexní materiál, dítě, dospělý),
- brzdné dráhy automobilu (typ auta, rychlost, typ povrchu),
- praktické ověření správnosti modelů pomocí moderních měřících přístrojů v reálné situaci.

Hlavním přínosem pro praxi bude jasné ustanovení předpisů pro způsob osvětlení nebezpečných míst a tím ke snížení počtu kritických dopravních nehod s následkem smrti.

- [1] Sokanský, K. Úspory elektrické energie na veřejném osvětlení. Česká společnost pro osvětlování, Ostrava, Česká Republika, 2002
- [2] Technical Report CIE 112 - 1994. Glare Evaluation System for Use within Outdoor Sports and Area Lighting, ISBN 3-900-734-55-0
- [3] Pich, J., Sokanský, K.: Expertní systémy osvětlovacích soustav, Mezinárodní konference s výstavou SVĚTLO, Ostrava 2000, strana 414-415, ISBN 80-7078-789-9
- [4] Pich .J.: Markytán, A.: Aplikace jasového analyzátoru, Mezinárodní konference s výstavou SVĚTLO 2000, Ostrava 2000, strana 257-263 , ISBN 80-7078-789-9

# Osvětlení kancelář - prosklená kancelář s PC

Ing. Jana Lepší, ZÚ se sídlem v Plzni, jana.lepsi@zuplzen.cz

V současné době stále přibývá budov, jejichž stěny z velké části tvoří sklo. Tyto budovy navrhuje architekti. Často jsou i oceňovány jako architektonické skvosty. Podívejme se však na prostory v těchto budovách z pohledu pracovníka, který sedí u počítače. Z hlediska osvětlení se jedná o místa s dlouhodobým pobytem s náročnou zrakovou činností.

## Požadavky na osvětlení kanceláře podle platné legislativy

Základní požadavky na osvětlení kanceláře obsahuje **Nařízení vlády 178/2001 Sb. částka 68 Příloha 7 Část A - Požadavky na pracoviště se zobrazovací jednotkou (NV připravuje se nové)**

1... obrazovka: Musí být umístěna tak, aby na ní nevznikaly reflexy svítidel či z jiných zdrojů jako jsou okenní otvory, světlé stěny, nábytek a podobně. Vzdálenost obrazovky od očí pro obvyklé kancelářské práce nesmí být menší než 400 mm, jas obrazovky nesmí být menší než 35 cd/m<sup>2</sup>.

6. Parametry celkového a místního osvětlení pracoviště musí odpovídat normovým hodnotám. Svítidla musí být umístěna tak, aby nedocházelo k oslnění a k odrazům na obrazovkách.

7. Pracoviště musí být provedeno a uspořádáno tak, aby okna a jiné otvory, průhledné či světlo propouštějící stěny a barevně světlé stěny nezpůsobovaly přímé oslnění a odrazy na obrazovkách. Okna musí být vybavená regulovatelnými žaluziemi k tlumení denního vnějšího světla.

Další požadavky obsahuje norma pro umělé osvětlení **ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů** - Část 1: Vnitřní pracovní prostory

Hlavní parametry

### 1. Rozložení jasu L (kap. 4.2)

Rozložení jasů v zorném poli určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu.

Velmi dobře vyvážený adaptační jas je potřebný ke zvětšení:

- zrakové ostrosti (ostrosti vidění)
- kontrastní citlivosti (rozlišení malých poměrných rozdílů jasu)
- účinnosti zrakových funkcí

Rozložení jasu v zorném poli ovlivňuje také zrakovou pohodu. Z tohoto důvodu je nutné vyloučit:

- příliš velké jasy, jež mohou zvětšit oslnění,
- příliš velké kontrasty jasů, jež mohou způsobit únavu v důsledku trvalé readaptace zraku,
- příliš malé jasy a kontrasty jasů, jež vedou k monotónnímu nestimulujícímu pracovnímu prostředí

Účelný rozsah činitelů odrazu hlavních povrchů místnosti:

povrch	odraznost
strop	0,6 až 0,9
stěny	0,3 až 0,8
pracovní roviny	0,2 až 0,6
podlaha	0,1 až 0,5

**Národní příloha NA (Změna Z1) - informativní**

Doporučený optimální poměr jasu místa zrakového úkolu k jasů bezprostředního okolí úkolu a k jasů pozadí (prostoru) je poměr 10 : 4 : 3.

## 2. a) Osvětlenost - $\bar{E}_m$ (kap. 4.3, 4.3.1)

**Udržovaná osvětlenost  $\bar{E}_m$**  (kap. 3.4) je hodnota průměrné osvětlenosti na daném povrchu, pod kterou nesmí osvětlenost poklesnout (kdy již má být provedena údržba).

Hodnoty uvedené (v kap. 5) jsou udržované osvětlenosti v místech zrakového úkolu na srovnávací rovině, jež může být vodorovná (horizontální), svislá (vertikální) nebo nakloněná.

Dle tabulek ČSN EN 12464-1 je v místě zrakového úkolu doporučena průměrná osvětlenost:

tab. 5.3 Administrativní prostory (Kanceláře)

- **psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat - 500 lx** (referenční číslo 3.2)

Průměrná osvětlenost v každém místě zrakového úkolu (na pracovním místě) se nesmí zmenšit pod tuto hodnotu bez ohledu na stáří a stav osvětlovací soustavy. Udržované osvětlenosti zajišťují potřebnou zrakovou pohodu a zrakový výkon. Tyto hodnoty platí pro normální zrak. Hodnota osvětlenosti může být upřesněna (zvýšena) nejméně o jeden stupeň řady osvětleností, liší-li se zrakové podmínky od normálních předpokladů (vyhovujícího denního osvětlení).

### Národní příloha NA (Změna 1) - informativní

pozn.: Vyhovující denní osvětlení v prostorech s trvalým pobytem osob je doporučeno požadovat za nutný předpoklad dobrých zrakových podmínek.

**V prostorách s trvalým pobytem osob (dle NV 178 trvalá práce - práce na pracovištích delší než 4 hod. za pracovní dobu) nesmí být udržovaná osvětlenost menší než 200 lx** (za normálních zrakových podmínek).

Udržované osvětlenosti zajišťují potřebnou zrakovou pohodu a zrakový výkon.

## b) Osvětlenost bezprostředního okolí zrakového úkolu - $\bar{E}_m$ (ČSN EN 12464-1 kap. 4.3.2)

Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu musí souviset s osvětlením místa zrakového úkolu a má poskytovat vyvážené rozložení jasů v zorném poli.

Velké prostorové změny osvětleností v okolí úkolu mohou způsobit namáhání zraku a zrakovou nepohodu.

Osvětlenost bezprostředního okolí zrakového úkolu může být menší než osvětlenost úkolu, avšak nesmí být menší než hodnoty uvedené v **tabulce 1**.

Osvětlenost úkolu [lx]	Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu [lx]
$\geq 750$	<b>500</b>
<b>500</b>	<b>300</b>
300	200
$\leq 200$	$E_{\text{úkolu}}$
<b>rovnoměrnost osvětlení: <math>\geq 0,7</math></b>	<b>rovnoměrnost osvětlení: <math>\geq 0,5</math></b>

## c) Rovnoměrnost osvětlení - $r$ (kap. 4.3.3)

Rovnoměrnost osvětlení  $r$  je poměr minimální a průměrné osvětlenosti na daném povrchu.

Osvětlení místa zrakového úkolu musí být co nejrovnoměrnější. Rovnoměrnost osvětlení místa úkolu a bezprostředního okolí úkolu nesmí být menší než hodnoty uvedené v tabulce 1.

### Národní příloha NA (Změna 1) - informativní

Doporučuje se však dodržet minimální hodnota rovnoměrnosti osvětlení prostoru 0,3. Splnění tohoto požadavku pomůže zamezit vytvoření velkých kontrastů jasů v prostoru.

Doporučuje se, aby poměr průměrných osvětleností při celkovém nebo odstupňovaném osvětlení mezi sousedními propojenými prostory (např. dveřmi) nebyl menší než 1:5 (0,2).

### 3. Oslnění (kap. 4.4)

Oslnění je způsobeno povrchy s velkým jasem v zorném poli a může být pocíťováno buď jako rušivé nebo jako omezující oslnění. Oslnění způsobené odrazy v zrcadlových površích je běžně chápáno jako závojevé oslnění nebo jako oslnění odrazem. Omezení oslnění je důležité pro vyvarování se chyb, únavy a úrazů.

Ve vnitřních pracovních prostorech může být oslnění způsobeno přímo svítidly a okny s velkým jasem.

Tomu lze zabránit například vhodným cloněním světelných zdrojů nebo zastíněním oken žaluziemi. Dle ČSN EN 12464-1 je pro činnosti stanovena mezní hodnota omezení oslnění  $UGR_L$

- psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat (referenční číslo 3.2)  $UGR_L - 19$

### 4. Podání tvaru (kap. 4.5.1)

Osvětlení nesmí být příliš směrové, nesmí vytvářet ostré stíny ani se nesmí podání tvaru zcela ztratit.

### 5. Hlediska barev

#### a) Barevný tón světla (kap. 4.6.1)

tabulka 3

Barevný tón světla	Náhradní teplota chromatičnosti $T_{cp}$ [K]
teple bílý	do 3 300
<b>neutrálně bílý</b>	<b>3 300 až 5 300</b>
chladně bílý	nad 5 300

#### b) Podání barev (kap. 4.6.2)

Je důležité, aby barvy předmětů a lidské pokožky v prostředí byly podány přirozeně.

Index barevného podání  $R_a$

Mínimální hodnoty všeobecného indexu podání barev jsou uvedeny v tab. ČSN EN 12464-1:

tab. 5.3 Administrativní prostory (Kanceláře)

- psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat (referenční číslo 3.2)  $R_a \geq 80$

Světelné zdroje s indexem podání barev menším než 80 nesmí být použity ve vnitřních prostorech, v nichž osoby pracují nebo pobývají dlouhodobě.

### 6. Míhání a stroboskopické jevy (kap. 4.7)

Míhání působí rušivé a může vyvolat fyziologické projevy jako bolest hlavy.

Osvětlovací soustavy musí být navrženy tak, aby nevznikala míhání ani stroboskopické jevy.

### 7. Udržovací činitel (kap. 4.8)

Doporučená osvětlenost pro každý zrakový úkol se uvádí jako udržovaná osvětlenost. Udržovací činitel závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníků, svítidel, prostředí a na plánu údržby.

Projektant musí:

- uvést udržovací činitel a přehled předpokladů přijatých při odvození jeho hodnoty,
- specifikovat osvětlovací zařízení vhodné pro užití v daném prostředí,
- připravit kompletní plán údržby, včetně intervalů výměny světelných zdrojů, čištění svítidel a místností a způsobů jeho provádění.

### 8. Energetická hlediska (kap. 4.9)

Osvětlovací soustava musí vyhovovat požadavkům na osvětlení daného prostoru bez plýtvání energií. Přesto je důležité nedělat kompromisy z hlediska vizuálního a jednoduše nezmenšovat spotřebu energie. To vyžaduje zvolit vhodnou osvětlovací soustavu, zařízení, řízení a využití dostupného denního světla.

### 9. Denní světlo (kap. 4.10)



Denní světlo může poskytovat úplné nebo částečné osvětlení pro zrakový úkol. Okna mohou poskytovat vizuální kontakt s okolním světem. Tomuto většina lidí dává přednost. V místnostech s bočními okny se poskytované světlo prudce zmenšuje se vzdáleností od oken. K zajištění požadovaného osvětlení na pracovních místech a k vyrovnání rozložení jasů v místnosti je nutné doplňkové osvětlení.

K omezení oslnění okny musí být použito stínění tam, kde je to možné.

## **10. Osvětlení pracovních míst - zobrazovací jednotky**

Osvětlení pracovních míst musí vyhovovat všem úkolům na nich vykonávaných, např. čtení na displeji, tištěného textu, rukopisu a práce na klávesnici.

Zobrazovací jednotky a v některých případech i klávesnice vykazují odlesky, jež způsobují omezující a rušivé oslnění. Je proto nutné vybrat, rozmístit a uspořádat svítidla tak, aby se odstranily odlesky o velkém jasu.

### Požadavky dle normy **ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení**

**4.1.1** Sdružené osvětlení při dlouhodobém působení není z hlediska vlivu na člověka rovnocenné v plném rozsahu dennímu osvětlení, ale je podstatně příznivější, než osvětlení pouze umělé.

**4.2.1** Celkové sdružené osvětlení ve vnitřních prostorech nově navrhovaných staveb nebo v jejich funkčně vymezených částech se může použít pouze v odůvodněných případech...

Přitom se nenadřazují hlediska technická a ekonomická nad hlediska hygienická.

**4.4.1** ... Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti 1% musí být splněna ve všech případech...

**4.5.2** ...U udržovaných osvětleností 200 lx až 500 lx včetně se však navýší o jeden stupeň řady osvětleností podle 4.1 ČSN EN 12665:2003 (tj. u kanceláří z 500 lx na 750 lx).

**4.7.2** Jasy svítidel se posuzují podle 4.4.1 ČSN EN 12464-1:2004.

**4.7.3** Jasy osvětlovacích otvorů mají vyhovovat ČSN 73 0580-1.

Poznámka: Orientačně je možné považovat jasové poměry za vyhovující, pokud poměr jasu pozorovaného předmětu a průměrného jasu osvětlovacího otvoru při stavu oblohy (20 000 lx) nepřekročí pro třídu IV (běžné kanceláře) poměr jasů 1:80.

**4.8.1** Sdružené osvětlení se má navrhovat tak, aby se co nejehospodárněji využilo denního světla a aby se co nejméně muselo nahrazovat umělým světlem.

**4.9** Zdroje doplňujícího umělého osvětlení

poznámka: Při hodnotách 200 lx až 750 lx doplňující umělé osvětlení se osvědčily světelné zdroje s  $T_{cp}$  v rozmezí 4 000 až 5 000 Kelvín a  $R_a$  nejméně 80.

### Požadavky dle normy **ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov - část 1: Základní požadavky**

#### **kap. 4.5.2**

Denní osvětlení musí být navrženo tak, aby uživatelé vnitřních prostorů byli chráněni proti oslnění, a to jak při zatažené obloze, tak při jasné nebo polojasné obloze.

#### **kap. 4.5.3**

Vnitřní prostory budov se mají chránit před vnikáním přímého slunečního světla v těch případech, kde by mohlo zhoršovat zrakovou pohodu a oslňovat, zejména u činností třídy I až IV (běžná kancelář) podle tabulky. Kde se nevyžaduje proslunění...; u ostatních prostorů se může použít pevných nebo pohyblivých zařízení pro regulaci přímého slunečního světla.

#### **kap. 4.5.4**

Jas osvětlovacích otvorů při průhledu na oblohu nebo při ozáření sluncem nesmí být při běžném směru pohledu tak velký, aby způsoboval oslnění; přitom je vždy nutné brát ohled na úhel umístění osvětlovacích otvorů od obvyklého směru pohledu pozorovatele.

Při úhlu menším než 60° od obvyklého směru pohledu nemá poměr jasu pozorovaného předmětu a oblohy viděné oknem překročit hodnotu 1:200.

**Pozn.:** Při hodnocení přípustného jasu osvětlovacích otvorů je nutné vzít v úvahu, zda je směr pohledu omezen trvale jen na určitou část vnitřního prostoru, zda se často mění nebo zda je prakticky neomezený.

#### kap. 4.5.5

Pro vytvoření podmínek zrakové pohody mají být dodrženy tyto hranice poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele mezi pozorovaným předmětem a

- a) plochami bezprostředně obklopujícími pozorovaný předmět (blízké okolí) 1:1 až 3:1
- b) vzdálenými tmavými plochami 1:1 až 10:1
- c) vzdálenými světlými plochami 1:1 až 1:10

Přitom se předpokládá rozsah pozorovaného předmětu v kuželu se středovým úhlem do 10° od směru pohledu, pozadí od 10° do 60° a vzdálených ploch více než 60°.

#### kap 4.6.1

Pro povrchy vnitřních prostorů budov a jejich zařízení se používají nelesklé materiály a povrchové úpravy, aby nedocházelo k oslňování odrazem světla. Lesklých povrchů lze používat jen v odůvodněných případech a na takovém místě, kde nemohou způsobit oslňování. Zvláště se musí zabránit oslňování odrazem světla od lesklých povrchů v dolní části zorného pole, na které je lidský zrak zvláště citlivý (např. lesklá pracovní plocha, lesklá podlaha apod.).

#### kap. 4.6.3

Hodnoty činitele odrazu světla hlavních povrchů vnitřních prostorů se navrhuje v těchto mezích (v novém stavu)

- a) strop s činitelem odrazu světla 0,7
- b) stěny s činitelem odrazu světla 0,5
- c) plochy bezprostředně sousedící s osvětlovacími otvory (okenní příčle, rámy, parapety, pilíře, okenní stěny při bočním osvětlení...) s činitelem odrazu světla nejméně 0,7
- d) podlahy nebo podlahové krytiny s činitelem odrazu světla 0,3

Od těchto hodnot se lze odchýlit:

- a) jde-li o menší plochy nebo jejich části, které nemají vliv na osvětlení a zrakovou pohodu
- b) vyplývá-li návrh z funkčního nebo výtvarného záměru, nezhoršuje-li zrakovou pohodu a hospodárnost osvětlení a nezvyšuje-li energetickou náročnost budovy.

#### kap. 4.6.4

Kolorita povrchů se musí navrhovat také s ohledem na odražené světlo a podání barev. Ve vnitřním prostoru, kde záleží na barevném podání a na rozlišování barev, se nemá použít na větší plochy barevných odstínů, které mohou barevné podání nepříznivě ovlivnit (výrazné, syté barevné odstíny).

#### kap. 4.7.1

...posuzovat komplexně ... s cílem dosáhnout vyhovujících podmínek zrakové pohody prostředí co nejméně a s co nejmenší celkovou spotřebou energií při realizaci i užívání budov.

#### kap. 4.7.5

...snadný přístup k ovládání, údržbě a čištění konstrukcí osvětlovacích otvorů.

#### kap. 4.9.1

4.9.1 Zařízení a prostředky pro regulaci denního osvětlení vnitřních prostorů budov se navrhuje tak, aby co nejméně omezovaly denní osvětlení v době, kdy je ho nedostatek (při zatažené obloze v zimním období).

kap. 4.9.2 Vnitřní povrchy clon, žaluzií, rolet a závěsů mají mít činitel odrazu světla přibližně tak velký, jako okolní stěny.

Požadavky dle normy **ČSN 730580-4 Denní osvětlení budov** - část 4 Denní osvětlení průmyslových budov

#### kap. 3.3

Osvětlovací otvory v průmyslových budovách se navrhuje tak, aby byly vnitřní prostory osvětleny v souladu s charakterem jejich využití. Zároveň musí být dostatečně chráněny proti nepříznivým účinkům přímého slunečního světla (oslňování, nadměrné kontrasty jasů) a současně přímého slunečního záření (nadměrná tepelná zátěž). Toho se docílí vhodnou volbou umístění, tvaru, sklonu a orientace osvětlovacích otvorů, popř. dalších opatření k regulaci podle 4.9 ČSN 73 0580-1. Možnosti řešení osvětlovacích otvorů a vhodného stupně ochrany pro různé druhy vnitřních prostorů a činností jsou uvedeny v tabulce 2.

tab. 2 - Ochrana vnitřních prostorů před přímým slunečním světlem a zářením

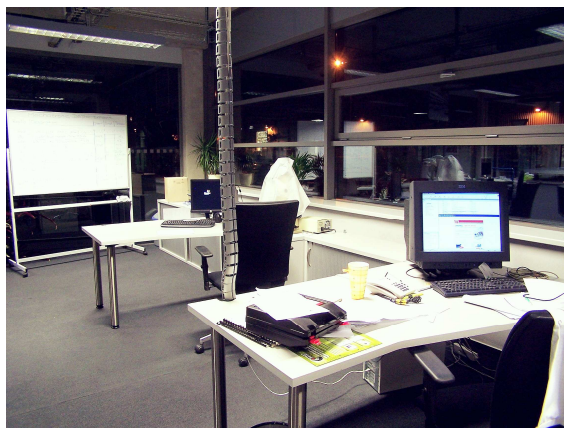
stupeň ochrany	druh činnosti	vyhovující řešení osvětlovacích otvorů
3	středně přesná práce (práce s počítači - třída zrakové činnosti IV)	okna orientovaná k SV a SZ

Venkovními žaluziemi se zvýší ochrana o 3 až 4 stupně (vnitřní žaluzie pouze o 1 až 2 stupně).

### Posuzované pracoviště



Počítačové pracoviště během dne



Počítačové pracoviště bez denní složky osvětlení

### Toto pracoviště s obrazovkou dle předpisů:

**Dle NV 178/2001: Jas obrazovky nesmí být menší než  $35 \text{ cd/m}^2$  - splněno.**

**Světlopropouštějící stěny** nesmí způsobovat přímé oslnění a odrazy na obrazovkách. Okna musí být vybavená regulovatelnými žaluziemi k tlumení denního vnějšího světla - **nesplněno**.

**Dle ČSN EN 12464-1: Doporučený optimální poměr jasů 10 : 4 : 3 - nesplněno.**

**Osvětlenost pracovních míst stolů - nízká.**

### Dle normy ČSN 730580-1

Při úhlu pohledu menším než  $60^\circ$  od obvyklého směru pohledu nemá poměr jasu pozorovaného předmětu a oblohy hodnotu 1 : 200.

- **splněno, avšak v našem případě osvětlovací otvor (= celá stěna) spadá do zorného pole pracovníka**

poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele mezi pozorovaným předmětem a

a) plochami bezprostředně jej obklopujícími (jeho pozadím) 1:1 až 3:1

**ve skutečnosti (obrazovka : stěně - 1:22) - nesplněno**

b) vzdálenými tmavými plochami 1:1 až 10:1 (ve dne nejsou)

c) vzdálenými světlými plochami 1:1 až 1:10

**skutečně (obrazovka : obloze 1:35) - nesplněno**

Z porovnání vyplývá, že toto pracoviště nesplňuje požadavky platných předpisů. Přesto budova byla, stejně jako mnoho podobných, zkolaudována a navíc získala ocenění stavba roku.

### Použitá literatura:

Nařízení vlády 178/2001 Sb. (změna 523/2002 Sb., 441/2004 Sb.)

ČSN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - část 1: Vnitřní pracovní prostory (3/2004) + změna Z1 (národní příloha 5/2005)

ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení (2/2007)

ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov - část základní požadavky (6/2007)

ČSN 73 0580-4 Denní osvětlení budov - ČÁST 4: Denní osvětlení průmyslových budov (9/1994)

# Posouzení světelných vlastností svítidel

Josef Linda, doc. Ing. CSc.; Lukáš Hurt, Ing.

ZČU v Plzni, FEL, KEE; [linda@kee.zcu.cz](mailto:linda@kee.zcu.cz); [lhurt@kee.zcu.cz](mailto:lhurt@kee.zcu.cz)

## 1. Úvod

Pro určení celkové účinnosti osvětlovací soustavy vycházíme z účinností jednotlivých prvků osvětlovací soustavy. Jedná se tedy o účinnost přenosu elektrické energie, účinnost předřadníků, měrný výkon světelných zdrojů, světelnou účinnost svítidel a světelnou účinnost osvětlovaného prostoru. Uvedená účinnost osvětlovací soustavy se dá vyjádřit výrazem

$$\eta_{OS} = \frac{\Phi_u}{P} \quad [lm/W^{-1}]$$

kde  $\Phi_u$  je celkový světelný tok dopadající na srovnávací rovinu,  
P - příkon osvětlovací soustavy.

Při návrhu osvětlovací soustavy v zadaném prostoru je samozřejmě nutné vybrat takové světelné zdroje a svítidla, která budou splňovat světelně technické, hygienické, energetické, ekonomické i estetické požadavky na osvětlování vnitřních prostorů.

## 2. Svítidla a jejich parametry

V celé řadě aplikací je vyloučeno, aby byl použit světelný zdroj zcela samostatně připojený na napájecí síť. Proto se vytvářejí taková konstrukční řešení a používají takové prvky, aby světelný zdroj se svými charakteristickými vlastnostmi byl použitelný pro osvětlovací účely. Taková sestava potom tvoří svítidlo, které má mít:

### I. Světelně technické vlastnosti

- rozložení svítivosti  $IC_{\gamma}$ ,
- účinnost  $\eta_s$ ,
- zábrana oslnění,
- provedení světelně činných částí.

### II. Elektrické vlastnosti

- provozní napětí,
- krytí,
- připojení na napěťovou soustavu,
- ostatní vlastnosti.

### III. Aplikační vlastnosti

- cena svítidla,
- estetické vlastnosti,
- barevné provedení,
- použité materiály.

Světelná účinnost svítidel je dána vztahem

$$(2) \quad \eta_s = \frac{\Phi_s}{\Phi_{zs}} < 1 \quad [-]$$

kde  $\Phi_s$  je světelný tok vycházející ze svítidla,

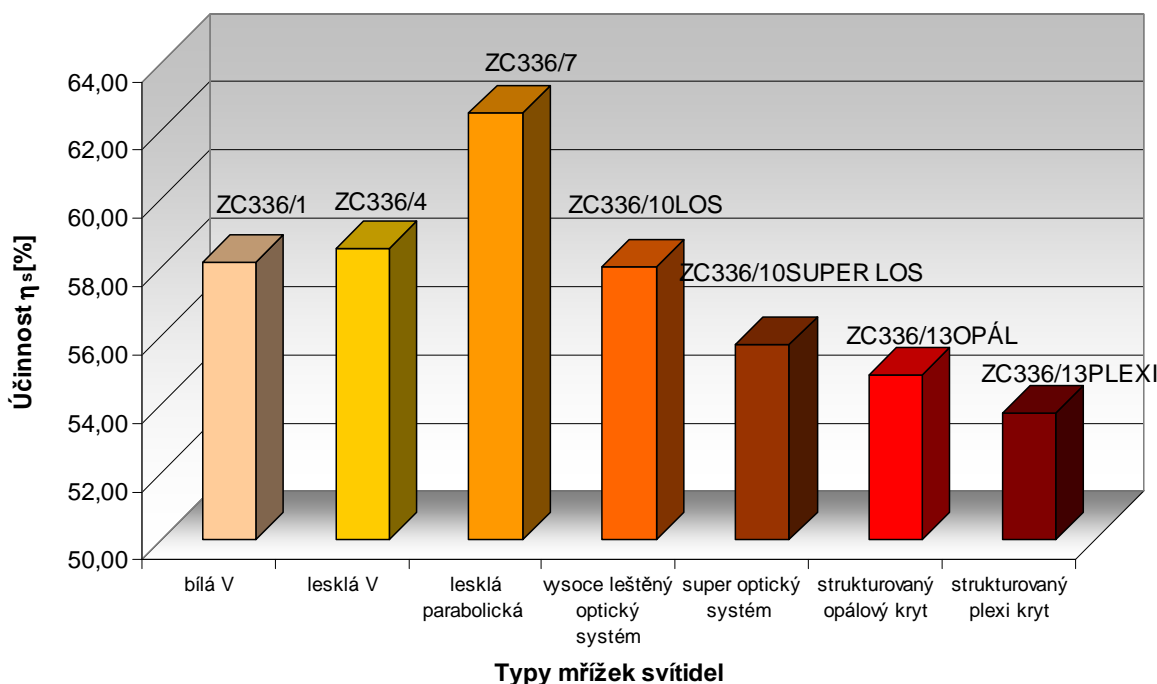
$\Phi_{zs}$  - součet světelných toků všech světelných zdrojů ve svítidle.

Světelná účinnost svítidla vyjadřuje účinnost přetváření světla optickým systémem svítidla (zahrnuje jak optickou účinnost svítidla, tak i vliv teploty vnitřního prostředí na světelný tok světelného zdroje). Praktické hodnoty se vyskytují v intervalu  $\eta_s \in (0,4; 0,9)$ . Svítidla s různými optickými systémy a konstrukčním provedením pro různá

prostředí mají zákonitě rozdílné parametry rozložení svítivosti  $IC\gamma$  a účinnosti  $\eta_s$ . Vyzařování světelného toku svítidel  $\Phi_s$  do dolního a horního poloprostoru, které je popsáno příslušnými křivkami svítivosti  $IC\gamma$  se výrazně podílí na hodnotách účinnosti osvětlovací soustavy  $\eta_{os}$ . Při porovnání přímého a nepřímého osvětlení v určitém prostoru lze vyčíslit až 30 % pokles účinnosti osvětlovací soustavy  $\eta_{os}$ . Také účinnost svítidla je velmi důležitým parametrem, který při návrhu osvětlovací soustavy bude ovlivňovat její účinnost  $\eta_{os}$  a tím i provozní náklady.

### 3. Optické systémy svítidel

V současné době nabízejí výrobci svítidel celou řadu optických systémů především pro zářivková svítidla. Jedná se o různé typy optických mřížek a krytů, které mají vliv na rozložení svítivosti  $IC\gamma$  a účinnost svítidla  $\eta_s$ . Kromě toho ovlivňují tyto různé optické systémy i úroveň oslnění. Porovnání účinnosti zářivkového svítidla ZC336 s různými typy optických mřížek a krytů je znázorněno na obr. 1.



➤ Obr. 1 Závislost účinnosti svítidla na typu optických mřížek a krytů svítidel

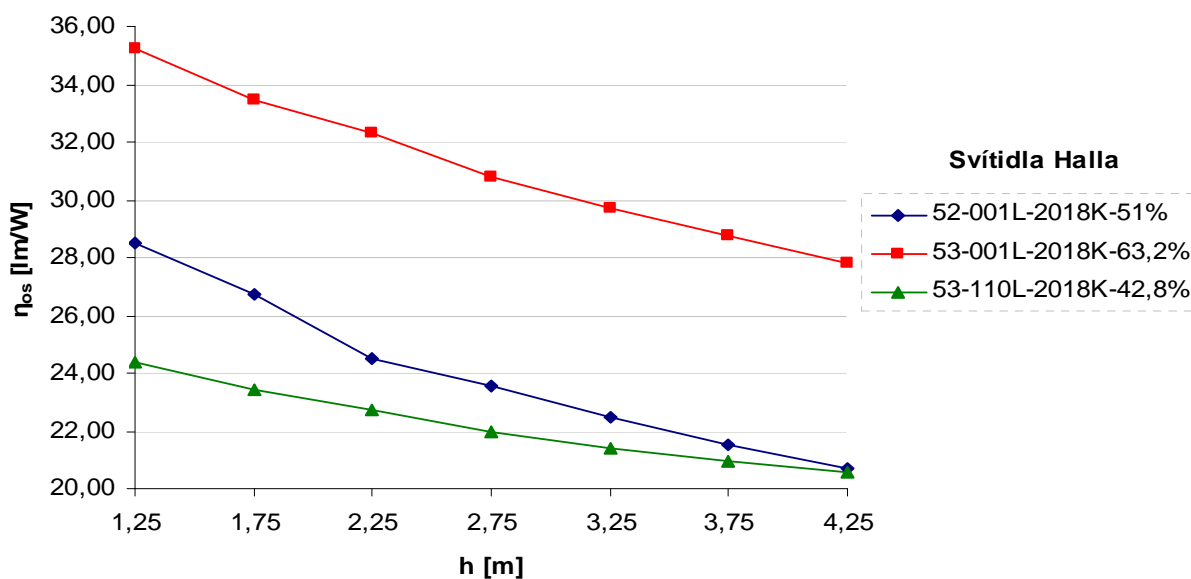
Z uvedeného obrázku je zřejmé, že se účinnost sledovaného svítidla při použití různých optických systémů mění v rozmezí (53,7 – 62,5) % a největší účinnosti osvětlovací soustavy  $\eta_{os}$  lze dosáhnout při použití zářivkového svítidla s lesklou parabolickou mřížkou.

### 4. Umístění svítidla

Při sledování vlivu umístění svítidla na účinnost osvětlovací soustavy  $\eta_{os}$  byla nejprve provedena změna jeho závěsné výšky  $h$  a následně byla určena změna účinnosti svítidla  $\eta_s$  při jeho instalaci na pochozích mřížových stropích různého provedení.

#### 4.1 Závěsná výška svítidla $h$

Pro posouzení závislosti účinnosti  $\eta_{os}$  na změně závěsné výšky  $h$  byla vybrána svítidla osazená stejným světelným zdrojem, která mají různou účinnost  $\eta_s$  v rozmezí (42,8 – 63,2) %. Účinnost osvětlovací soustavy  $\eta_{os}$  stanovená pro osvětlenost  $\bar{E}_m = 500$  lx ve zvoleném prostoru s obvyklými činiteli odrazu světla a proměnnou výškou  $h$  je znázorněna na obr. 2.



➤ Obr. 2 Závislost účinnosti osvětlovací soustavy na závěsné výšce svítidel pro různé účinnosti svítidel

Z uvedeného obrázku je patrný vliv účinnosti svítidla  $\eta_s$  a jeho závěsné výšky  $h$  na velikost účinnosti  $\eta_{os}$ . Nejčastěji využívané výšce  $h$  (např. 2,25 m) odpovídá při změně účinnosti svítidla  $\eta_s$  o 20,4 % nárůst účinnosti  $\eta_{os}$  o 41 %.

Mění-li se pro svítidlo s dobrou účinností  $\eta_s$  (např. 63,2 %) jeho závěsná výška v uvažovaném rozmezí, lze vyčíslit pokles účinnosti  $\eta_{os}$  o 23 %, což se projeví ve zvýšení příkonu osvětlovací soustavy.

#### 4.2 Využití mřížových stropů

Využití mřížových stropů pro umístění zářivkových svítidel je velmi výhodné především pro jejich údržbu a provedení elektroinstalace. U svítidel, která jsou položena na těchto mřížích dojde samozřejmě k ovlivnění jejich vyzařování a účinnosti  $\eta_s$  v závislosti na rozměrech a barevných úpravách mříží. Vzhledem k tomu, že tento způsob umístění svítidel je využit ve všech velkých stupňovitých posluchárnách na ZČU v Plzni, byl sledován vliv tohoto umístění svítidel na jejich účinnost.

Sledování účinnosti zářivkového svítidla ZC236/12HRLOS s vysoce leštěným optickým systémem bylo provedeno v místnosti s černými povrchy s délkou 4,8 m, šířkou 3,4 m a výškou 3,2 m. Na stěnách a podlaze byly pravidelně rozmístěny kontrolní body s roztečí 0,6 m pro měření osvětlenosti  $E$ . Při tomto měření byl použit digitální luxmetr Mavolux s nejistotou v rozsahu měřených hodnot 1,5 %.

Účinnost svítidla vyčíslená pomocí změřených přímých toků dopadajících na jednotlivé plochy byla nejprve stanovena pro samotné svítidlo. Pak bylo svítidlo položeno na mřížích s výškou lamel 4 cm a jejich vzdáleností 3,2 cm nejprve v bílém matném provedení a pak v provedení černém matném, které je použito ve všech uvedených posluchárnách.

Ze změřených hodnot osvětlenosti  $E$  v kontrolních bodech byly vypočteny průměrné hodnoty osvětlenosti  $\bar{E}$  na jednotlivých plochách a velikost světelných toků  $\Phi$ , které na stěny a podlahu dopadají. Tyto výsledky jsou uvedeny v tab. 1.

Provedení		Podlaha	Stěna 1	Stěna 2	Stěna 3	Stěna 4	Celkem
Samotné svítidlo	$\bar{E}$ [lx]	113,04	35,45	44,45	20,16	39,51	<b>252,61</b>
	$\Phi$ [lm]	1845,23	542,53	671,78	210,26	413,05	<b>3682,85</b>
Svítidlo s bílou mříží	$\bar{E}$ [lx]	75,70	30,81	35,27	10,75	20,14	<b>172,67</b>
	$\Phi$ [lm]	1237,49	463,80	528,77	111,31	209,50	<b>2550,87</b>
Svítidlo s černou mříží	$\bar{E}$ [lx]	58,72	16,55	19,78	1,51	4,00	<b>100,56</b>
	$\Phi$ [lm]	957,29	253,67	301,45	15,72	41,72	<b>1569,85</b>

➤ Tab. 1

V této tabulce je také uvedena celková průměrná osvětlenost celého prostoru a výsledný světelný tok svítidla. Pomocí světelného toku použitých zdrojů ve svítidle  $\Phi_{zs} = 6700 \text{ lm}$  byla pro tři sledované případy vyčíslena účinnost svítidla (viz. tab. 2.).

	Samotné svítidlo	Svítidlo s bílou mříží	Svítidlo s černou mříží
$\eta_s [\%]$	55	38	23

➤ Tab. 2

Umístění sledovaného svítidla v místnosti s černými povrchy je znázorněno na obr. 3.



➤ Obr. 3 Svítidlo ZC236/12HRLOS

Na obr. 4 a obr. 5 je zářivkové svítidlo doplněné bílou a černou mříží.



➤ Obr. 4 Svítidlo ZC236/12HRLOS s bílou mříží



➤ Obr. 5 Svítidlo ZC236/12HRLOS s černou mříží

## 5. Závěr

Z uvedeného článku je zřejmé, že základní světelné parametry svítidla, účinnost  $\eta_s$  a rozložení svítivosti  $I_{C\gamma}$ , může podstatně ovlivňovat jak provedení jeho optických částí, tak i samotné umístění.

Měřením účinnosti zářivkového svítidla v černém prostoru bylo prokázáno možné ovlivnění jeho účinnosti při umístění svítidla na pochozích stropech sestavených z lamelových mříží. Jak je zřejmé z tab. 2, účinnost svítidla závisí také na barevném provedení použitých mříží.

## Literatura a odkazy

- [1] Habel, J. a kol.: Světelná technika a osvětlování, FCC Public, Praha, 1995
- [2] Linda, J.: Elektrické světlo I, II, III, ZČU v Plzni, 1993, 1995
- [3] Plch, J.: Světelná technika v praxi, IN-EL spol. s r.o., 1999
- [4] Hurt, L.: Problematika účinnosti umělého osvětlení, práce ke Státní doktorské zkoušce, 2006
- [5] <http://www.relux.biz/>
- [6] <http://www.halla.cz/cz/>
- [7] <http://www.elkovo-cepelik.cz/>



# Sdružené osvětlení – ČSN 36 0020

Tomáš, Maixner, Ing.

Siteco Lighting, s.r.o., www.siteco.cz, t.maixner@siteco.cz

V tomto roce vešla v platnost revidovaná ČSN 36 0020 – Sdružené osvětlení (1. 3. 2007). Proti předchozí normě dochází k sladění s normami ČSN EN. Kritéria pro volbu kvantitativních požadavků se zjednodušila. Ovšem vcelku se norma se oproti původnímu znění zásadně nezměnila.

Mnohé články jsou bez úprav. Došlo ke změně číslování (např. původní oddíl s označením 3.x má nyní označení 4.x); jsou změny v odvolávkách na normy, v textu jsou drobné změny přesněji formulující znění (např. že průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti platí pro horní osvětlení). Byly zrušeny některé články, například článek o regulaci osvětlení „Ve vnitřních prostorech s malým počtem uživatelů...“. Je totiž nadbytečný, protože následující článek hovoří o prostorech s větším počtem uživatelů. Přitom nebyla popsána pravidla pro případ prostoru se „středním“ počtem uživatelů.

Jednou z podstatných změn je vymezení platnosti normy. Norma předepisuje požadavky na sdružené osvětlení v **pracovních prostorech s trvalým pobytem** osob, na ostatní prostory se nevztahuje, avšak doporučuje se k ní přihlídnout. Důsledkem toho došlo ke změně znění řady článků, protože nebylo třeba trvalost pobytu zdůrazňovat. Některé články vypadly, protože opět byly důsledkem toho, že původní norma nebyla formulována jako norma platící v prostorech s trvalým pobytem.

Byla vypuštěna tabulka 2 původní normy. Ta předepisovala velikost doplňujícího umělého osvětlení. To je nyní definováno odkazem na normu ČSN EN 12464-1 [2].

V normě jsou předepsány charakteristiky sdruženého osvětlení. Doplňující umělé osvětlení musí zajistit, aby tyto požadavky byly naplněny. S tím souvisí poměrně důležitý, ale hlavně velmi dlouho diskutovaný článek 4.5.2. V něm se praví, že ve vnitřních prostorech nebo v jejich funkčně vymezených částech se sdruženým osvětlením musí být hodnoty udržované osvětlenosti nejméně takové, jaké stanoví [2]. Jedná se o osvětlenosti zajištěné doplňujícím celkovým nebo odstupňovaným umělým osvětlením. A dále se v článku praví, že u udržovaných osvětleností v rozmezí 200 lx ÷ 500 lx (včetně) se navrhne osvětlenost vyšší o jeden stupeň řady osvětleností podle normy ČSN EN 12 665. (čl. 4.1) [3]. Zde je na místě nepodléhat panice (navýšení v případě horní meze na 750 lx), protože je třeba vzít v potaz samotnou definici pracovního místa, kde má být hodnota udržované osvětlenosti (500 lx) dosažena (viz [2]). Rozhodující je splnění požadavků článku 4.3.1 normy [1]. A pro jejich naplnění nemusí být zajištěna osvětlenost 750 lx v celém prostoru se sdruženým osvětlením. Dokonce si dovolím vypustit tak kacířské prohlášení, že je možné naplnit požadavek množství světla místním přisvětlením.

Ke změně došlo i v partii o měření, kde se norma odvolává na normy skupiny 36 0011. Tím se vlastně ukázalo, že je zbytečné vydávat další normy řady 36 0020. Proto došlo k nejnápadnější změně – odstranění pomlčky a jedničky v označení normy.

## Literatura a odkazy

- [1] ČSN 36 0020 – Sdružené osvětlení, ÚNM 2007 – kat. číslo 77599
- [2] ČSN EN 12464-1 – Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory, ÚNM 2004 – kat. číslo 69656
- [3] ČSN EN 12 665 – Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení, ÚNM 2003 – kat. číslo 66688

# Zpráva o stavu nebe nad naší republikou

Tomáš, Maixner, Ing.

Siteco Lighting, s.r.o., [www.siteco.cz](http://www.siteco.cz), [t.maixner@siteco.cz](mailto:t.maixner@siteco.cz)

Předseda tematické skupiny Rušivé světlo při ČNK CIE

Jako každoročně se pokusím podat zprávu o aktivitách na poli rušivého světla. Dlužno podotknout, že rok nebyl příliš úrodný... Obloha je zdánlivě klidná.

Nejprve obloha z pohledu světelných techniků.

V červenci tohoto roku proběhlo v Pekingu 26. zasedání Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE). Do práce technických komisí se tam zapojil prof. Karel Sokanský a stal se členem TC 4.21. (Vliv osvětlení na astronomická pozorování). V nově zřizovaných se stal členem technické komise TC 5.25. (ovlivňování volné přírody světlem) Dr. Tomáš Novák. Fakt, že při CIE vzniká nová komise, která se má zabývat právě problematikou vlivu rušivého světla na přírodu, je jen dokladem toho, že česká skupina „Rušivé světlo“ má právo na život. V uplynulém období totiž byly jisté – naštěstí neúspěšné – snahy o rozložení této skupiny „zevnitř“ [1]. Svět potvrdil to, co je zjevné... Totiž to, že je nezbytné pokračovat v poznávání zákonitostí v této relativně mladé disciplíně. Vlastně jsme svět „předběhli“... Obloha se uklidnila.

Skupina Rušivé světlo při ČNK CIE úspěšně dokončila grant věnovaný problematice vlivu umělého osvětlení na stav nočního prostředí. Tomu jsou věnovány některé přednášky na této konferenci (viz též seriál o rušivém světle, který vyjde /vyšel/ v časopisu Světlo 2007/5). Skupina se pokouší o získání dalších grantů (i mezinárodních), aby mohla pokračovat v rozpracovaném díle... Obloha je klidná.

Byla publikována řada prací v časopise Světlo, ale i v zahraničních odborných periodikách. Členové skupiny se aktivně podíleli na konferencích v ČR i v zahraničí... Obloha je klidná.

A teď obloha z pohledu astronomických aktivistů.

Velice pozoruhodný je seriál O světle, který se dočkal již 35. pokračování [2] (k 20. 8. 07). A to přesto, že již ve dvanáctém dílu čtenáři zoufali nad jeho zbytečností a nepostřehnutelným přínosem. Tehdy jsem vyslovil názor, že se bude jednat o nekonečný příběh. Žel, měl jsem patrně pravdu. Význam seriálu je z odborného hlediska nulový. Počet reakcí klesá v nepřímé úměře až exponenciálně s číslem dílu. Přesto nelze podcenit ovlivnění laické veřejnosti směrem k scestným řešením omezujícím rušivé světlo... Obloha je neklidná.

Pozoruhodnější jsou texty šířené aktivisty v populárních tiskovinách a médiích vůbec. Jejich počet stoupá, stejně jako se objevuje i větší počet autorů. Všechny články jsou však pouze parafrázemi textů hlavního guru. Opět jsou to nepodložená tvrzení o karcinogenních účincích světla, o světle způsobující genocidu jepic, o devastujícím působení lamp tvaru koule apod. Nic nového pod temným nebem. Například v pojednání [3] se dočteme: „Když nespíme ve tmě, tak se v nás produkuje cosi, co je rakovinotvorné“ nebo to, že „(světlo má být zacloněno)...tak, aby mělo intenzitu plamene svíčky ve vzdálenosti třiceti metrů“. Smutné je, že podobným textům, které jsou ne odborné, zavádějící a manipulující s fakty, je dopřáván prostor v médiích. O seriózní přístup není zájem. Postrádá totiž nezbytný nádech senzace a bulváru. Je tak manipulováno s veřejným míněním se snahou prosadit opakovanou novelizaci zákona o ovzduší. S podporou vládních Zelených je jisté, že jeho korigování bude obtížnější než v minulosti... Obloha je velice neklidná až temná.

Jako každoročně jsem se pokusil podat zprávu o aktivitách na poli rušivého světla. Dlužno podotknout, že rok nebyl příliš úrodný... Obloha je zdánlivě klidná.

Ale opravdu jen zdánlivě. Spíš bych řekl, že se jedná o klid před bouří.

## Literatura a odkazy

[1] Dvořáček, V. Co je nového v CIE – časopis Světlo 2007/4

[2] Kondziolka, J. O světle – nekonečný příběh na IAN – 35. díl: [http://www.ian.cz/detart\\_fr.php?id=2454](http://www.ian.cz/detart_fr.php?id=2454)

[3] Šverdlík, M. Proti světlu bojujeme jako lvi – Mladá fronta dnes – Střední Morava – 12.04.2007

[4] Internetové stránky skupiny Rušivé světlo – [www.darksky.cz](http://www.darksky.cz)

# PRŮMYSLOVÁ SVÍTIDLA V PROVEDENÍ KOV – SKLO

p. Martin Marek, tel. 736 611 728

VYRTYCH a.s., Židněves 116, [www.vyrtych.cz](http://www.vyrtych.cz), [marek@vyrtych.cz](mailto:marek@vyrtych.cz)

Dobrý den vážené kolegyně a vážení kolegové,

dovolte mi, aby vás během své přednášky seznámil s vývojem nových typových řad průmyslových zářivkových svítidel, jejichž „anomálií“, oproti standardně vyráběným prachotěsným průmyslovým svítidlům je použití kovu a skla při výrobě těles. Možná se to leckomu bude zdát v 21. století jako nepatřičný archaismus, ale právě proto bych vás tímto příspěvkem chtěl přesvědčit o opaku.

Během vývoje a výroby průmyslových prachotěsných svítidel řady VIPET, která jsou vyráběna z plastů, vstříkovací metodou na stroji ENGEL, jsme dospěli k poznání, že zákazník si žádá mnohem širší spektrum aplikací, při kterých by bylo možno využít svítidla osazená zářivkovými světelnými zdroji. Problém ovšem spočíval v tom, že užité vlastnosti použitých plastů, zdaleka nedostačovaly zadaným požadavkům našich zákazníků. Proto se v naší vývojové kanceláři a akreditované Zkušební laboratoři započalo s vývojem nové řady průmyslových svítidel, která by byla odolná zejména proti působení vyšších teplot okolí a agresivním chemickým látkám, než je tomu u běžných průmyslových svítidel vyráběných z plastů.

Jako první se objevil návrh na vývoj svítidel MASTIF, která by bylo možno osadit v provozech se svařovacími automaty, kde zákazník požadoval jednak zvýšenou odolnost svítidla proti vnějším vlivům (oleje, saze, střídání teplot), ale také zajištění stabilních světločinných vlastností kaleného krycího skla, které by bylo možno na rozdíl od plastových difuzorů ošetřit chemickými čistícími prostředky. Jako další požadavek zákazníka bylo vyřešeno snížení oslnění pomocí parabolické mřížky a v neposlední řadě též variabilita při osazení svítidel pomocí otočných třmenů, které umožňují natočení těles svítidel do patřičné pracovní polohy.

Viz. obrázek



Dalším z požadavků našich zákazníků bylo využití průmyslových svítidel z kovu a skla do prostředí s nebezpečím výbuchu Z I. a Z II. Základním úkolem bylo vyřešit problematiku vlivu agresivního chemického prostředí na svítidla vyrobená z plastů (např. aceton, toluen, syntetická rozpouštědla), které způsobuje rozleptání jejich povrchu. Proto se přistoupilo k vývoji nového typu svítidel řady PITBUL, které by plně vyhovovalo požadavkům na aplikace v podmínkách provozů lakoven a chemických technologií. Zde se již plně zúročily zkušenosti s vývojem svítidel řady MASTIF a proto bylo použito zcela jiné technologie výroby svítidel. Na místo původní pracné manuální výroby jednotlivých těles, bylo provedeno zkreslení finálního kovového výrobku tak, aby mohl být tento vyroben pomocí CNC stroje a tím byly minimalizovány výrobní náklady. Povrchová úprava tělesa byla řešena fosfátováním a následným komaxitovým nástřikem. Tímto novým způsobem výroby se podařilo vyřešit i otázku rozšíření nabízených výkonových řad svítidel např. 4 x 36W, 4 x 58W, oproti běžnému standardu svítidel s plastovými tělesy.

Viz. obrázek



Jakmile jsme na trh uvedli řadu přisazených svítidel do lakoven a stříkacích boxů typu PITBUL, začaly se objevovat požadavky na výrobu svítidla pro instalaci do podhledů a stěn lakovacích boxů ve třídě ZII. Bylo tedy přistoupeno k vývoji zcela nové typové řady, se kterou do té doby nebyly prázdné zkušenosti. Po několika měsíční práci technického úseku se podařili vyvinout vestavné svítidlo typu FILA-N, které je možno osadit do stěn a stropů.

Viz. obrázek



Jako další krok ve vývoji svítidel v provedení kov – sklo ( polycarbonát), se logicky nabízel vývoj svítidla odolného extrémnímu mechanickému poškození. Proto bylo ve spolupráci s pracovníky Věžeňské služby ČR vyvinuto svítidlo typu BOXER, které je možno osadit do míst, kde vše ostatní, co někdy svítilo, tam buďto již nesvítil, nebo tam už dávno ani není ( např. podchody, nástupiště, tribuny na sportovištích).

Viz. obrázek



Dalším výrobkem, o který jsme byli požádáni, bylo svítidlo, které by se vzhledově i funkčně přibližovalo průmyslovým svítidlům, vyrobeným z plastů. Aby se tento požadavek dal splnit, musela se změnit dosavadní koncepce výroby těchto průmyslových svítidel a přejít k levnější variantě kovového výlisku, před stávajícím ocelovým svařencem. Tímto se otevřela další možnost, jak uspokojit zákazníka svítidly po kterých netrpělivě volal. Na trh byla uvedena řada svítidla SALUKA.

Viz. obrázek



Poté, co se začala na trhu objevovat svítidla řady MASTIF a PITBUL a SALUKA, byl taktéž zákazníky vznesen požadavek na výrobu svítidel se zvýšenou teplotní odolností. Po zkouškách provedených naší akreditovanou laboratoří bylo možno uvést na trh svítidla pro zvýšené teploty MASTIF T70°C, SALUKA T60°C, PITBUL T60°C a nízké teploty SALUKA FROST T – 40°C.

Jako další alternativa pro vyráběná svítidla se naskytla možnost využití materiálu z nerezové oceli, čímž se opět rozšířilo spektrum aplikací vyráběných svítidel.

Z dalších výrobků našich svítidel v provedení kov – sklo, lze zmínit svítidlo DOGA – speciálně vyrobené na přání ŠKODY Mladá Boleslav, svítidlo EXCALIBUR Ex pro Zónu I a svítidlo PITBUL ENDURA, osazené indukční výbojkou ENDURA OSRAM s životností 60 000 hodin.

Z tohoto výčtu zajisté usoudíte, že svítidla vyráběná z kovu a skla, si zajisté zaslouží více pozornosti a najdou uplatnění ve spoustě vašich projektových aplikacích, při jejichž zpracování vám rádi pomůžeme odbornou radou.

Děkuji za vaši pozornost a nashledanou,

Martin Marek  
VYRTYCH a.s.

# LED application in automotive lighting

Jan Martoch, Miroslav Kropáč, Jan Popelek

VISTEON-Autopal, s.r.o., Lužická 14, Nový Jičín, CZ,

[jmartoch@visteon.com](mailto:jmartoch@visteon.com), [mkropac@visteon.com](mailto:mkropac@visteon.com), [jpopelek@visteon.com](mailto:jpopelek@visteon.com)

LED (Light Emitting Diode) technology represents innovative design and offers many new possibilities in automotive industry, both in exterior and interior lighting. This paper describes LED applications in exterior lighting as LEDs have already won the battle of the car interior. Nowadays, these newest light sources could be found in many signal lights where some of their properties create an advantage when compared to common incandescent bulbs. LEDs longer life time is beneficial in tail and parking lamps and very short switching time is the selling point for LED application in stop lamps and turn indicators. These are the first mass produced lamps now entering the B segment of cars. Although first limited series of LED headlamps (low and high beam) using special types of LED packages are being introduced in premium car prototypes presented at international car exhibitions, the full LED headlamp is still a big challenge for R&D workers. Main focus of this paper is therefore on optical design of signal lamps using different type of LEDs and new styling possibilities.

## Introduction

Car designers and stylists are utilizing exterior lighting as a differentiator that makes their car significantly different from cars of other suppliers and that can help customer to easy recognize the car of certain car markers. For example “cat eyes” on BMW are in fact parking lights realized by light guides with LEDs as light sources. LED sources have been used on vehicles for about a decade and since then they offer many styling possibilities, especially in combination with light guides. The legal requirements for European (ECE) and US (SAE) markets prescribe certain light distribution for each signal function. These distributions generally do not correspond with original light distribution of LED light source and so called secondary optics is necessary to create required light distribution. A several types of secondary optical system can be applied:

- Optical system based on reflection
- Optical system based on refraction
- Optical system based on total internal reflection (TIR)

There exist many LED packages with different optical properties and angular distribution of the light emitted from LED is one of the important parameters when selecting the appropriate one. Basically, light distribution patterns can be divided into focused beam, lambertian, batwing and side emitting [1,2].

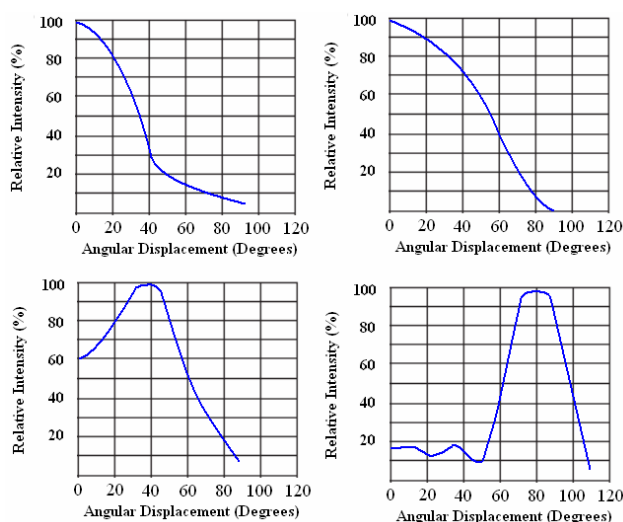


Figure 16: LED light distribution of focused beam, lambertian, side emitting and batwing pattern

## Optical system based on reflection

One of the possibilities how one can control the output light from the LED to achieve photometry distribution required by legal regulation is to put LED into focal point of metallized reflector, whose functional surface is mostly derived of the parabola. Current LED signal lamps are composed by many low power LEDs, therefore final optical system consists of an array of compact reflectors. The array of reflectors can be arranged in one or more planes (so called 2D design) or it can copy the shape of the car outline defined by the cover lens (so called 3D design).

Parabolic surface collects most of the light from LED and creates more focused beam. As car stylists nowadays prefer smooth cover lenses without any optical elements or additional inner filters the whole optical elements controlling the light distribution must be placed directly on the parabolic surface. The spread elements that achieve this are horizontal and vertical flutes, or pillows of various shapes and alignment, the most common being rectangular, polar and hexagonal ones. It is not uncommon to see requests for spiral, flower or shamrock-like pillows. Surprisingly, good optical engineer can fulfill even these stylists' desires.

Optical reflectors for LEDs can be direct (where LEDs optical axis is aligned with the axis of the optical system) or indirect (where this is not the case). For direct reflectors the lambertian or side emitting beam pattern of the LED ensures good efficiency of the overall system. Lambertian LEDs generally require deeper reflectors with small focal length that are more difficult to metalize and hitherto side emitting LEDs are preferred in direct reflectors.

In indirect reflectors where LEDs are frequently shining down to the reflector the narrower angular beam distribution is more suitable. LED with lambertian beam pattern ensures good optical efficiency and uniformly distributed light over the reflector surface.

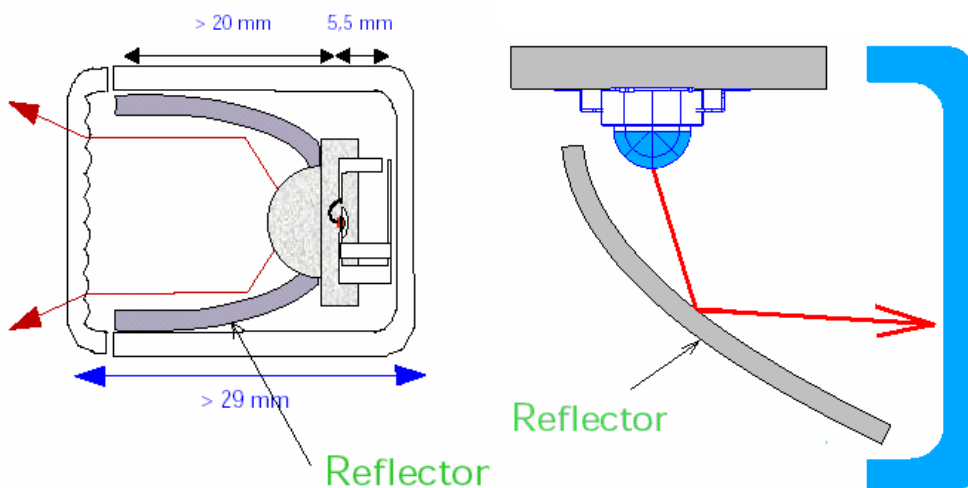


Figure 2: LED placed in direct and indirect optical system



Figure 3: Example of lit appearance of reflector array with direct reflectors.

### Optical system based on refraction

The common mass produced third stop lamp (CHSML) features a refractive optical system with Fresnel lenses. LEDs are arranged in the row on single PC board. There is one Fresnel lens in front of each LED, all lenses together create a kind of filter. Typically the lambertian beam pattern of LEDs uniformly illuminates the Fresnel lens. The Fresnel lens creates collimated beam that is distributed by spread elements on the other side of the filter. Spread elements are similar to the ones used in the case of reflector systems - flutes or pillows.

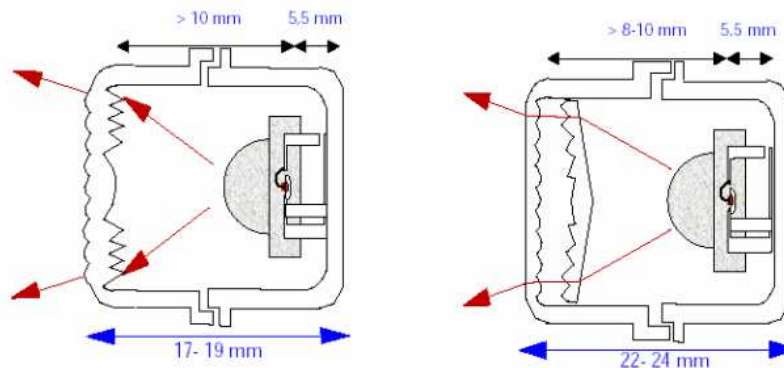
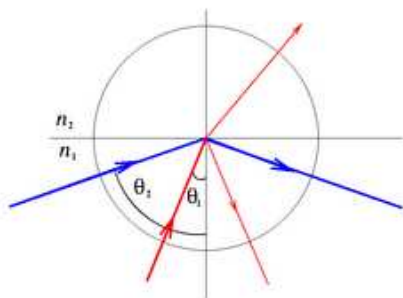


Figure 4: Example of solution with Fresnel lens on inner side with pillows in one piece and a separate Fresnel lens

From optical point of view the system with separate Fresnel lens has higher optical efficiency and offer much more possibilities in signal lighting.

### Optical system based on total internal reflection (TIR)

Principle of total internal reflection (TIR) is very promising for new signature application in signal lamps. TIR means that all light that reaches a boundary between two media is sent backwards to the original medium. TIR occurs only if light travels from medium with higher refractive index to the one with lower refractive index and occurs for rays with angle of incidence bigger than the critical angle.



$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right),$$

Figure 5: Principle of total internal reflection

One of the common applications that use the principle of TIR is a near field optical collimator that creates focused beam from the Lambertian beam pattern of the LED light source. It works on principle that light from the LED source goes through refractive surfaces A and B, surface A for central rays and surface B for all other rays. Surfaces A and C create thick lens in the middle of the collimator with the focal point in the centre of semiconductor chip. Refracted light from surface B goes to the surface D of the collimator where TIR occurs. Final collimation is facilitated by surface E.

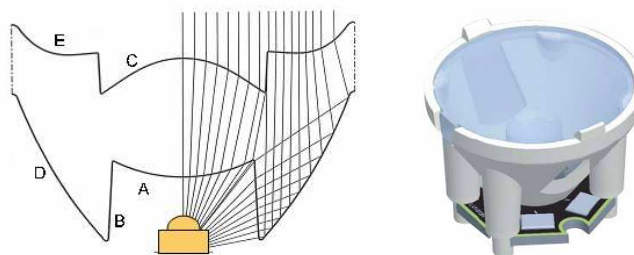


Figure 6: LED with Lambertian beam pattern in an optical collimator



The principle of TIR is used also in light guides that are very popular with car stylists because it allows to achieve unique design of signal lamp. Light guides are used in automotive exterior or interior lighting where the light from the light source must be spatially distributed in order to highlight important styling contours, contours around lighting chambers or the edges of the lamp. Light guides offer great opportunities to design of attractive exterior lamps, e.g. front and rear position lights or sidelights. Furthermore, they play an important role in the area of ambient interior lighting.

Light from the light source is coupled into an entrance surface of the light guide (a part made of very transparent material with smooth sidewalls) and it is guided through it by TIR. The refractive index of the surrounding material must be lower than refractive index of light guide material. In the case of automotive application the surrounding material is air. To decouple the trapped light from the light guide a prismatic structure in the light guide is used. The condition of TIR is broken for light rays that reach the prismatic structure and these rays leave the light guide in the direction set by the prismatic structure (see Fig. 7) [3].

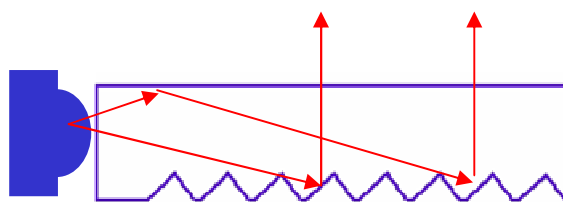


Figure 7: Light guide using LED as an light source

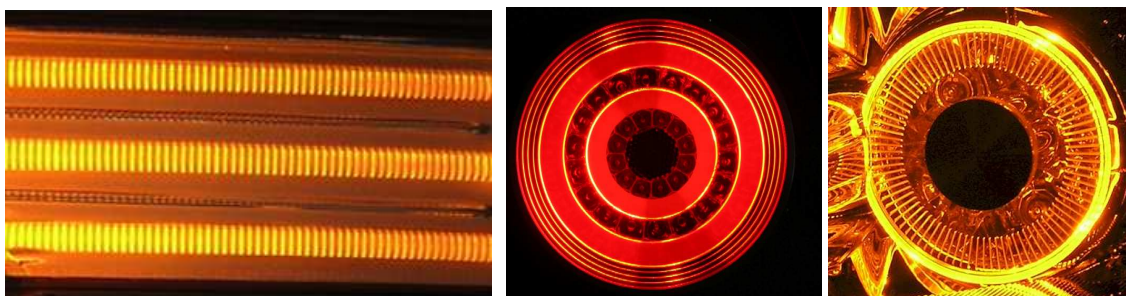
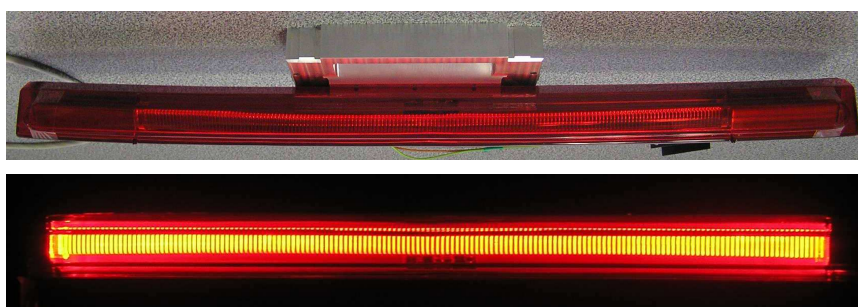


Figure 9: Application with light guide and planar light guide

## Conclusion

In comparison with incandescent bulbs LEDs offer many advantages in new optical systems. With increasing lumen flux and decreasing price of LEDs the incandescent bulbs are slowly replaced by this new type of light source. The styling demand for ultra-thin lamps with the perception of depth can be solved only by LEDs. Headlamp applications are still looking for LEDs with higher luminosity and better thermal properties.

## References

- [1] <http://catalog.osram-os.com>
- [2] <http://www.lumileds.com/>
- [3] Burkard Woerdenweber: Automotive Lighting and Human Vision, Springer 2007, ISBN 978-3-540-36696-6

# Problematika záložního napájení světelných obvodů v administrativních centrech

Erick Vincent Mgaya<sup>1)</sup>, Tomáš Sýkora<sup>2)</sup>, Jan Švec<sup>3)</sup>, Josef Tlustý<sup>4)</sup>, Zdeněk Müller<sup>5)</sup>

ČVUT FEL, Katedra elektroenergetiky, Technická 2, 166 27 Praha 6, [k315.feld.cvut.cz](http://k315.feld.cvut.cz)

<sup>1)</sup>[mgayae1@fel.cvut.cz](mailto:mgayae1@fel.cvut.cz), <sup>2)</sup>[sykorat1@fel.cvut.cz](mailto:sykorat1@fel.cvut.cz), <sup>3)</sup>[svecj3@fel.cvut.cz](mailto:svecj3@fel.cvut.cz), <sup>4)</sup>[tlusty@fel.cvut.cz](mailto:tlusty@fel.cvut.cz),  
<sup>5)</sup>[mullez1@fel.cvut.cz](mailto:mullez1@fel.cvut.cz)

## Anotace

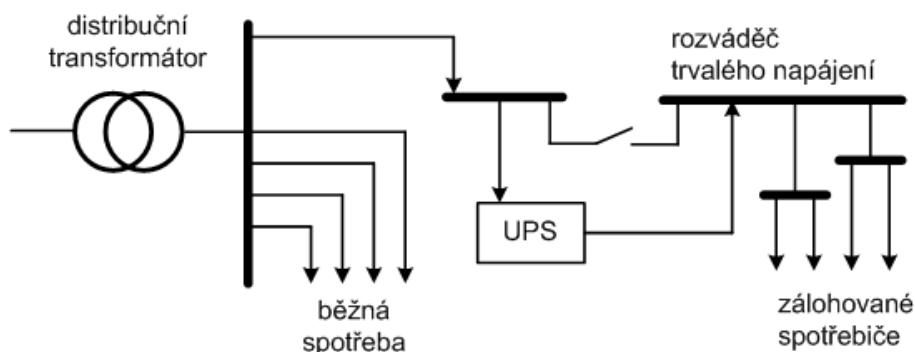
Článek se zabývá problematikou záložního napájení světelných obvodů v administrativních centrech. V úvodu je uveden nejčastější způsob záložního napájení světelných obvodů. Hlavní část článku je věnována problematice napájení světelných obvodů přes záložní systém, který je tvořen jednotkou UPS. V článku je uveden praktický případ nevhodného zapojení záložního systému UPS do světelného obvodu a jsou zde uvedena nápravná doporučení, aby bylo docíleno bezproblémového provozu s cílem, který zajistí maximální využití životnosti světelných zdrojů.

## Nasazení zálohovacích systémů

V současné době je velká část používané technologie primárně závislá na dodávce elektrické energie, kdy krátkodobý výpadek napájení nebo zakolísání napětí má za následek výpadek řídicích systémů a následné obnovení jejich funkce si vyžádá nějaký čas, než je systém opět uveden do původního stavu. Rychlost obnovy systémů je závislá na rozsáhlosti systému a může trvat od několika minut po hodiny. Tyto prostoje s sebou přinášejí nemalé ekonomické ztráty. Dnes jsou uživatelé moderních technologií stavěni před problém jak vyřešit ochranu zařízení před výpadkem napájení. Jednou z možností je použití záložního zdroje UPS, nebo dieselalternátorů, které chrání připojená zřízení před výpadkem napájení a nestabilitou. Mezi zařízení závislá na dodávce elektrické energie lze bezesporu zařadit i světelná zařízení, která jsou významnými spotřebiči v administrativních budovách.

## Základní systém záložního napájení

Klasický a nejrozšířenější systém záložního napájení využívá jeden centrální záložní zdroj, který chrání vybranou skupinu spotřebičů před výpadkem napájení. Zdroj záložního napájení může být nainstalovaný buď pro celý objekt, nebo jen pro vybraná zařízení (např. v jednotlivých patrech objektu). Při návrhu tohoto systému záložního napájení neexistuje výkonové omezení a v praktických aplikacích jsou používány výkony od 5 do 40 kVA, avšak není problém paralelně připojit další záložní baterie, takže lze docílit i výkonů 300 kVA i vyšších. Schéma základního systému záložního napájení je uvedeno na obr.1.



• Obr. 1: Schéma základního systému záložního napájení

Výhody základního záložního systému:

- záložní systém spolehlivě chrání připojená zařízení před přechodovými ději
- přehlednost a jednoduchost systému záložního napájení
- jednoduchá možnost komunikace (standardní formát) se zdroji UPS

- jednoduchá konfigurace, která vyhovuje většině aplikací

Nevýhody základního záložního systému:

- omezená doba provozu, která je daná kapacitou záložních baterií
- systém není příliš vhodný pro zajištění nepřetržitých provozů
- při servisní odstávce UPS dochází k úplnému odstavení zálohované zátěže nebo lze provést přepnutí na napájení z distribuční sítě (tzv. servisní bypass), kdy systém není zálohován

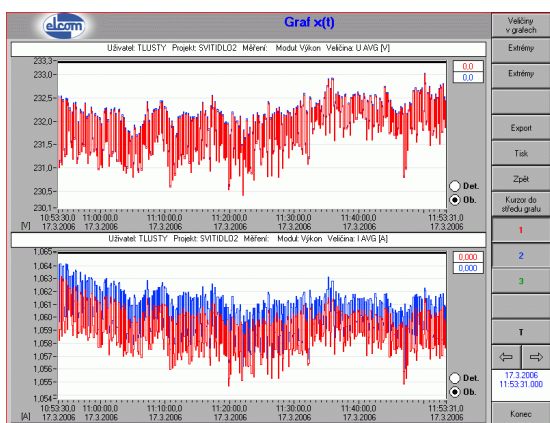
Existují i další systémy záložního napájení jako je systém záložního napájení se zvýšením spolehlivosti dodávky elektrické energie s využitím redundantního provozu nebo s využitím modulárních systémů. Tyto systémy záložního napájení se pro zálohování napájení světelných obvodů tak často nepoužívají, a proto jim není v tomto článku věnována taková pozornost jako systému základního záložního napájení.

## Analýza světelného obvodu napájeného záložním systémem

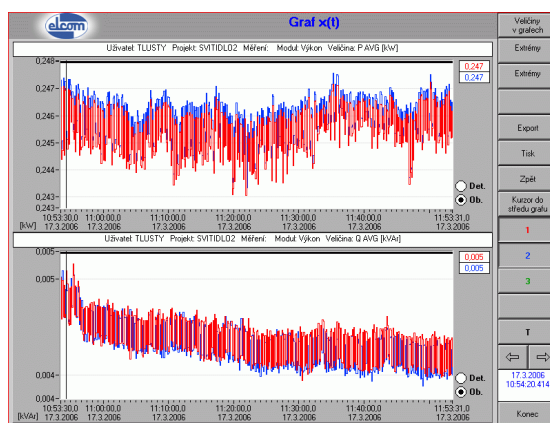
Na základě problémů s žárovkovými světelnými zdroji, kdy docházelo k výraznému zkrácení životnosti těchto zdrojů, bylo provedeno kontrolní měření. Pro tyto účely byly použity analyzátoři kvality elektrické energie BK550 ELCOM a CIRCOTOR QNA 412 na napěťové úrovni nn 3x230/400V.

## Testovací měření svítidel v laboratoři

Pro ověření správné funkce používaných svítidel bylo provedeno testovací měření jednoho svítidla v laboratoři ČVUT FEL. Jednalo se o 2 trojice žárovek s jejich napájecími transformátory, přičemž jedna trojice byla z těch, jejichž fáze při měření v rozváděči vykazovala přetížení v určitých časových intervalech. Byla provedena dlouhodobější měření, aby se projevilo chování svítidel při delším zatížení (i přerušovaném), které co nejlépe odpovídá režimu zatížení v měřeném objektu. Protože během několikadenních měření nedošlo k žádné výrazné změně elektrických veličin, jsou následující průběhy zobrazeny pro reprezentativní časový úsek 1 hodiny. Sledovat je vždy možné „2 měřené fáze“, které odpovídají dvěma trojicím žárovek v měřeném svítidle. Napětí napájecí soustavy v laboratoři vykazuje velmi malé změny v průběhu dne obdobně jako v soustavě v administrativní budově. Zatěžovací proud odpovídá těmto změnám napětí a je stále na úrovni jmenovitého proudu. Podobně očekávaně se choval i činný a jalový výkon svítidla. Protože v případě žárovek se jedná o téměř odporovou zátěž, byl jalový výkon cca o 2 řády nižší než výkon činný.

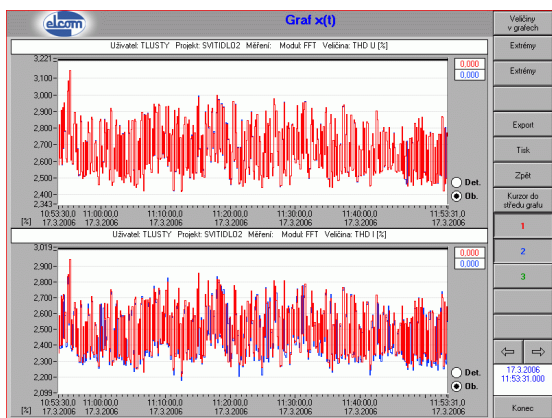


• Obr. 2: Napětí a proud svítidla

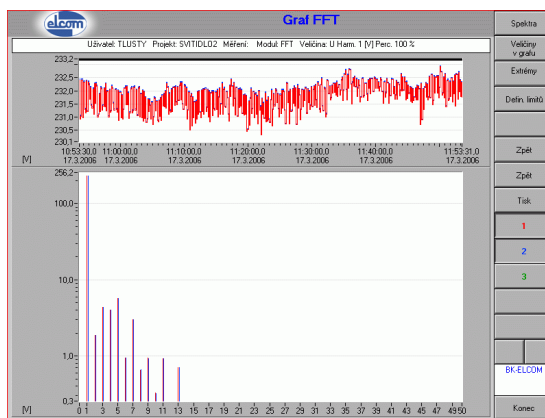


• Obr. 3: Činný a jalový výkon svítidla

Odporová zátěž žárovek a indukčnost toroidních napájecích transformátorů nijak výrazně nezpůsobí rušení v podobě vyšších harmonických, jejichž úroveň je hluboko pod dovolenými limity. Malé úrovně harmonických jsou také způsobeny napájecí sítí. Vše je vyobrazeno v podobě celkového harmonického zkreslení THD i spekter napětí a proudu.



• Obr. 4: Harmonické zkreslení svítidla

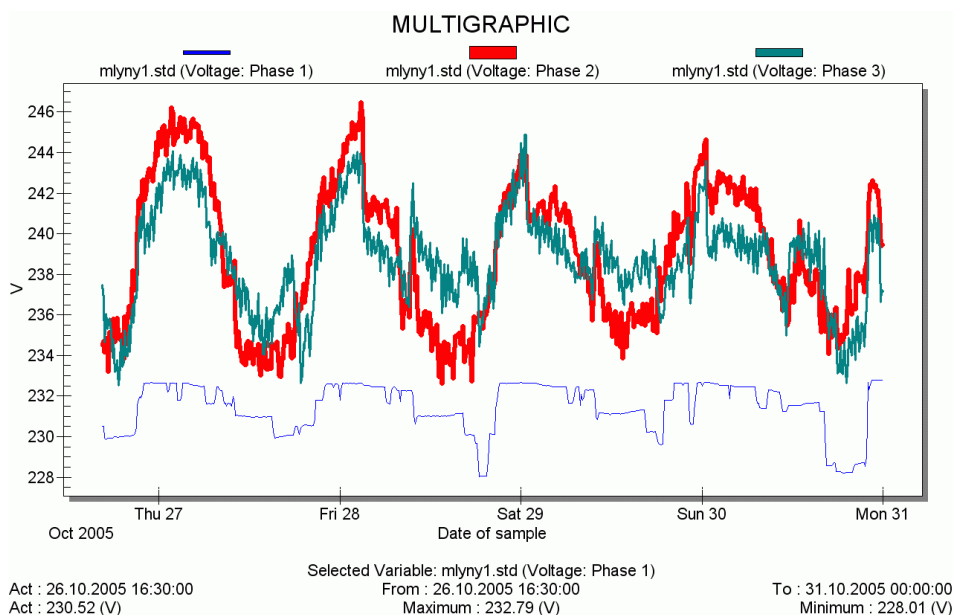


• Obr. 5: Spektrum napětí svítidla

Testovací měření svítidla v laboratoři neukázalo žádné odchylky od očekávaného chodu při jmenovitém zatěžování a běžném pracovním režimu a všechny elektrické veličiny zůstaly dlouhodobě v přípustných mezích. Lze tedy očekávat, že popisované problémy nejsou způsobeny samotnými svítilidly, ale nesprávnou funkcí některé části elektrické soustavy v administrativní budově.

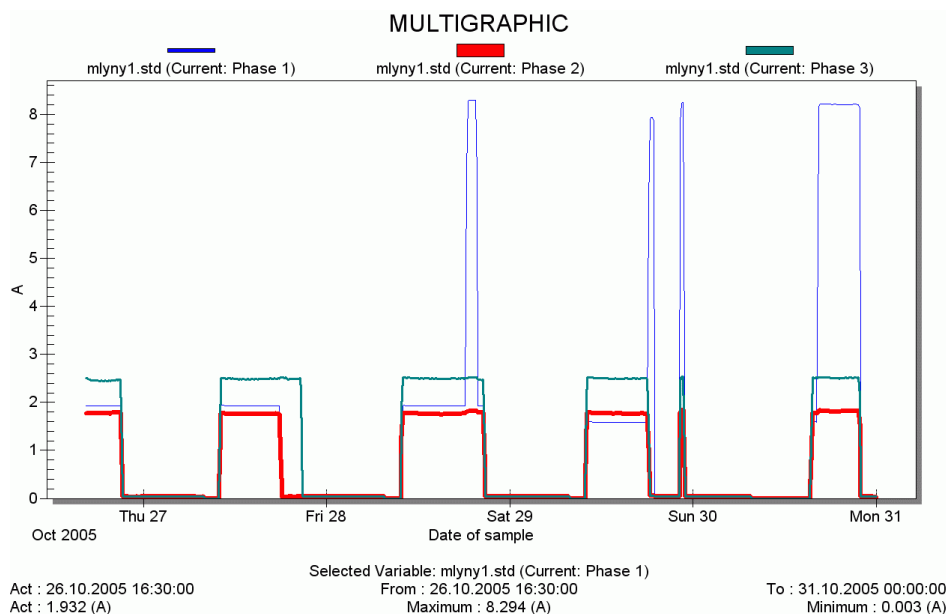
### Měření v rozvodné síti v měřeném objektu

Měřeny byly všechny 3 fáze v instalaci, z nichž každá napájí určitou skupinu svítidel ve vstupní hale (po dobu cca 1 týdne). Každé svítidlo obsahuje 2 trojice žárovek 100W/12V, každá trojice je napájena vlastním toroidním transformátorem 230/12V. 2 fáze napájecího systému jsou ke svídlům vedeny přímo z rozvodny, 1 fáze je vedena přes záložní zdroj UPS. Na obr. 3.1 jsou průběhy napětí, z kterých je zřejmé, že napětí 2 „přímých“ fází kolísá během dne úměrně změnám napětí v distribuční soustavě v souvislosti proměnným denním zatížením. Naopak napětí fáze vedené z UPS je výrazně méně závislé na denním zatížení a nabývá o několik V odlišných hodnot od napětí zbývajících fází.



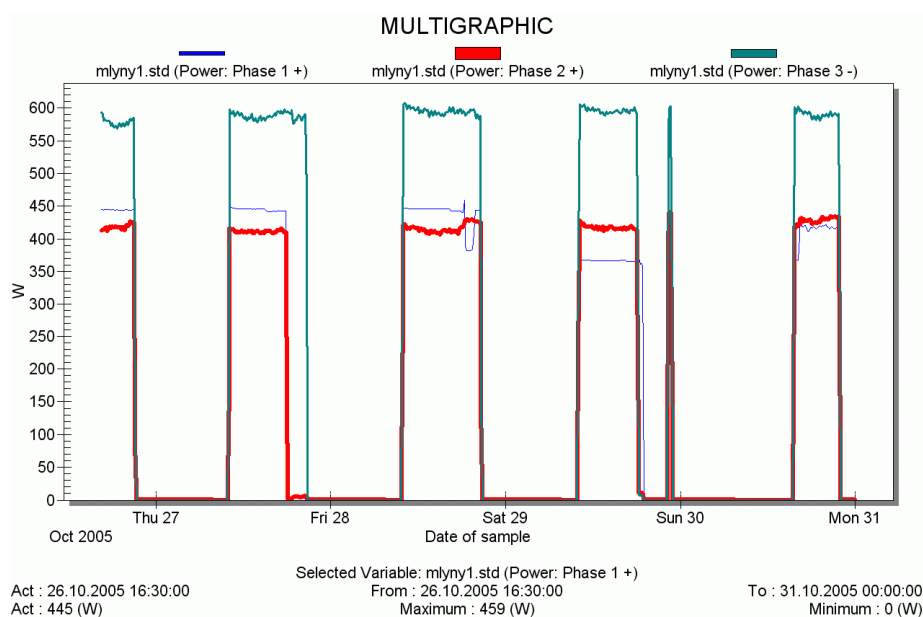
• Obr. 6: Napětí v rozváděči

Průběh proudu za stejné období ukazuje, v jakou dobu je v hale v provozu osvětlení. Až na výjimky jsou tyto doby shodné pro všechny 3 fáze. Odlišnost hodnot proudu je způsobena nefunkčností některých žárovek v napájených trojicích. Zřejmá jsou však období, kdy ve fázi napájené z UPS výrazně vzroste hodnota proudu až na několiknásobek původní hodnoty. Nejedná se pouze o přechodné děje, neboť tyto stavy trvají desítky minut až hodiny. Svázanost tohoto jevu s napájením z UPS je zřejmá porovnáním s průběhy napětí. V časech nadproudů znatelně poklesne napětí na výstupu UPS, protože záložní zdroj je také přetěžován.



• Obr. 6: Proud v rozváděči

Různé zatížení jednotlivých fází podle počtu funkčních žárovek je také možné pozorovat z průběhu činného výkonu. Zde se neobjevují doby s přetížením, tj. střídavý činný výkon zůstává v očekávaných mezích po celou dobu měření.



• Obr.7: Činný výkon v rozváděči

Z měření v rozváděči je zřejmé, že ve fázi, která napájí svítidla z UPS, se v nepravidelných intervalech vyskytují nadproudy rovné několikanásobku jmenovitého zatížení svítidel, a to po dobu až několika hodin.

### Závěrečné zhodnocení

Z měření na samotném svítidle v laboratoři vyplývá, že se svítidlo chovalo standardním způsobem, a nebyl tak žádný průkazný důvod snížení životnosti žárovkových světelných zdrojů vlivem chybné funkce některé části svítidla. Odchylky od běžných parametrů naměřené v reálné síti lze vysvětlit chybou činností UPS. Analýza elektrického obvodu skládající se z rozvodného systému a svítidla napájeného pomocí UPS ukazuje, že ke zvýšení proudu svítidlem (viz. obr. 6) dochází vlivem přítomnosti velmi malé stejnosměrné složky napětí generované v UPS (řádově 10 až 20 V). Toto zvýšení může přinést v přechodných stavech mírné zvýšení napětí na sekundárním

vinutí transformátorů svítidel, a tím dochází ke zkrácení délky života světelných zdrojů. Na základě těchto poznatků bylo doporučeno provedení kontroly bezchybné funkčnosti zálohovacího zařízení UPS. Dále bylo třeba změnit systém napájení nouzového osvětlení tak, aby nedocházelo k trvalému provozu svítidel přes UPS v bezporuchovém stavu podle obr.1. Toto opatření je realizovatelné, neboť se nejedná o nutnost bezvýpadkového napájení a krátký výpadek světelných zdrojů (do přepnutí na UPS) je přípustný. Při návrhu záložního napájení světelných obvodů je třeba dodržovat všeobecné zásady nutné ke splnění bezpečnostních a hygienických parametrů s ohledem na životnost a správnou funkčnost všech zařízení.

### **Poděkování**

Tento článek vznikl za podpory výzkumného záměru Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy MSM 6840770017.

### **Literatura**

- [1] ČSN EN 61000-4-30 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-30: Zkušební a měřicí technika – Metody měření kvality energie
- [2] PNE 33 3430-7: Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
- [3] ČSN EN 61000-2-12 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 2-12: Prostředí – Kompatibilní úroveň pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením a signály v rozvodných sítích vysokého napětí

# Počítačová simulace denního osvětlení

Jitka Mohelníková, Ing., Ph.D.<sup>1</sup>, František Vajkay, Ing.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakulta stavební VUT v Brně, mohelnikova.j@fce.vutbr.cz, vajkay.f@fce.vutbr.cz

Denní osvětlení je jedním hlavních návrhových požadavků zohledňujících zdravé vnitřní prostředí budov. Pro světelnou pohodu je nezbytné zajistit dostatečnou intenzitu a rovnoměrnost osvětlení. Volbou typu a rozměrů osvětlovacích otvorů, jejich zasklení i umístění vzhledem k půdorysnému uspořádání místností a požadavkům na zrakovou činnost v jejich funkčně vymezených částech lze dosáhnout optimálních světelných podmínek. Návrh budovy s ohledem na její denní osvětlení je založen na řešení alternativních studií. Pro řešení těchto studií je možné s využitím počítačových simulačních programů. V tomto příspěvku jsou prezentovány výsledky simulací denního osvětlení místnosti vyhodnocené pomocí počítačových programů Radiance a Ecotect pro různé druhy osvětlovacích otvorů.

## Úvod

Pro posouzení denní osvětlenosti vnitřního prostoru s různými variantami osvětlovacích otvorů byla vybrána místnost o půdorysných rozměrech 4 m x 5 m a světlé výšce 3 m. Tato místnost byla osvětlována prostřednictvím:

svíslého okna (rozměry 1140x1400 mm, výška parapetu 1000 mm),  
střešního okna (rozměry 1140x1400 mm, výška spodního okraje okna nad úroveň podlahy 1000 mm),  
střešního světlíku (rozměry 1140x1400 mm), světlík je umístěn nad středem místnosti,  
světlovodu (poloměr tubusu světlovodu 710 mm, délka 3000 mm), světlovod je umístěn nad středem místnosti.

Pro tuto místnost bylo provedeno posouzení osvětlenosti pomocí počítačových modelování ve všech variantách osvětlovacích otvorů. Modely osvětlenosti posuzované místnosti byly provedeny v programu Desktop Radiance [1] a v programu Ecotect 5.20b [2]. Výsledky v programu Ecotect byly použity jako I/O (výstup/ vstup) pro modelování v programu Radiance. Pod výstupem je myšleno exportování modelu do souborových formátů programu Radiance. V programu Ecotect bylo vyhodnoceno grafické znázornění osvětlenosti na pracovní rovině. Grafické vyhodnocení osvětlenosti v pohledu seshora do modelované místnosti je provedeno v programu Radiance.

Pro počítačové simulace posuzované místnosti byly použity tyto vstupní údaje:

- venkovní světelné podmínky charakteristické pro rovnoměrně zataženou CIE oblohu (s gradací jasu 1:3) a tmavý terén (světelná odrazivost terénu  $\rho_t=0,10$ ).

Světelná odrazivost vnitřních povrchů v posuzované místnosti:

- činitel odrazu stropního podhledu  $\rho_{sp}=0,70$

- činitel odrazu okolních stěn  $\rho_p=0,55$

- činitel odrazu okenního ostění  $\rho_p=0,40$

- činitel odrazu podlahy v místnosti  $\rho_p=0,25$

Propustnost zasklení okna, střešního okna i světlíku  $\tau=0,75$  (izolační dvojsklo),

- činitel znečištění zasklení z vnější strany 0,85, z vnitřní strany 0,90.

Propustnost zasklení nástřešní kopule světlovodu  $\tau_k=0,92$ .

Propustnost stropního krytu světlovodu  $\tau_s=0,84$ .

Odrazivost vnitřních povrchů ve světlovodu  $\rho=0,95$ .

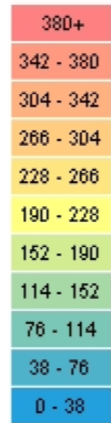
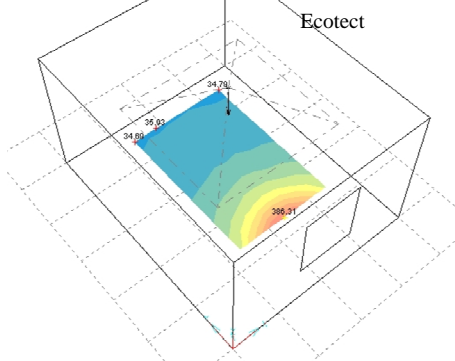
## Výsledky modelování

Výsledky modelování osvětlenosti E [lx] uvnitř referenční místnosti s uvedenými osvětlovacími otvory jsou prezentovány na obrázcích 1 až 4. Na obrázcích jsou uvedeny prostorové grafy znázorňující rozdělení osvětlenosti v místnosti v pohledu od stropu k podlaze a také schéma místnosti s pohledem na srovnávací (pracovní) rovinu ve výšce 850 mm nad podlahou s vyznačením průběhu spojnic míst se stejnou osvětleností. V každém obrázku jsou také uvedeny hodnoty maximální ( $E_{max}$ ) a minimální ( $E_{min}$ ) osvětlenosti na pracovní rovině. Z těchto hodnot byly stanoveny rovnoměrnosti denního osvětlení  $r=E_{min}/E_{max}$ .

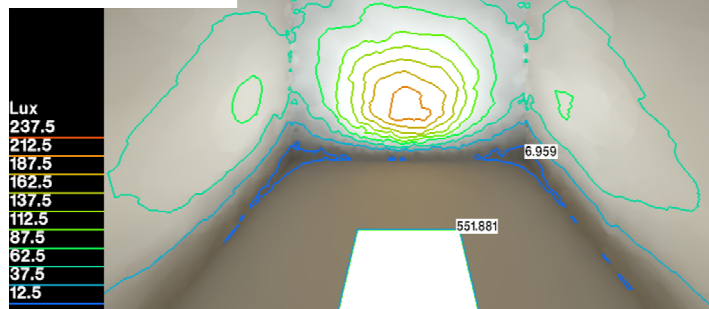
Na základě výsledků z počítačových modelování lze uvést následující shrnutí:

Nejvyšší osvětlenost poskytuje střešní okno, ovšem v porovnání s prostorem osvětlovanými svislým oknem stejných rozměrů a výšky parapetu dochází v místnosti se střešním oknem k nižší rovnoměrnosti světla. Nejlepší rovnoměrnost osvětlení je dosažena pomocí střešního světlíku nebo světlovodu umístěného nad středem posuzované místnosti. Modelování místnosti se světlovodem bylo provedeno pro tubus s nástřešní kopulí zakončený ve stropní konstrukci skleněným čirým krytem. V případě modelování této varianty se stropním difuzerem z rozptylných skel, budou výsledky rovnoměrnosti osvětlení ještě příznivější.

### Svislé okno



Radiance



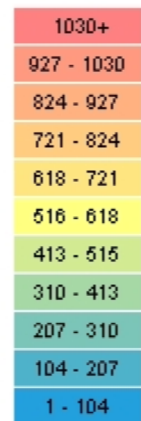
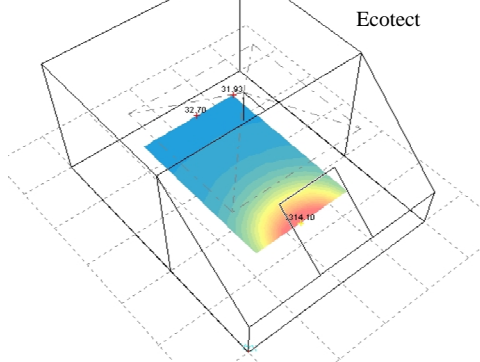
$$r = E_{\min} / E_{\max} = 0,08$$

Max  $E_{\max} = 435 \text{ lx}$

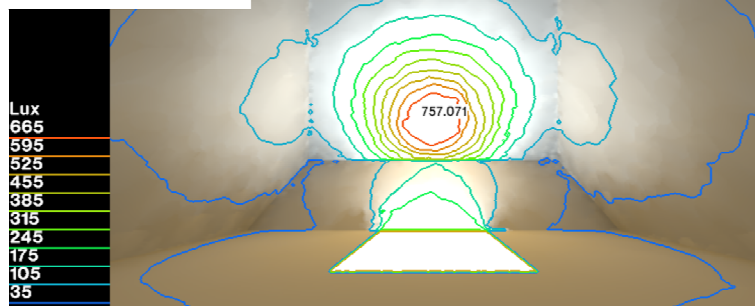
Min  $E_{\min} = 35 \text{ lx}$

- Obrázek 1 Osvětlenost E na pracovní rovině a v pohledu do osvětlovaného prostoru se svislým oknem

### Střešní okno



Radiance



$$r = E_{\min} / E_{\max} = 0,02$$

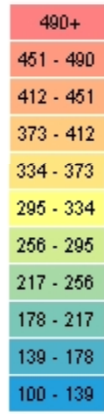
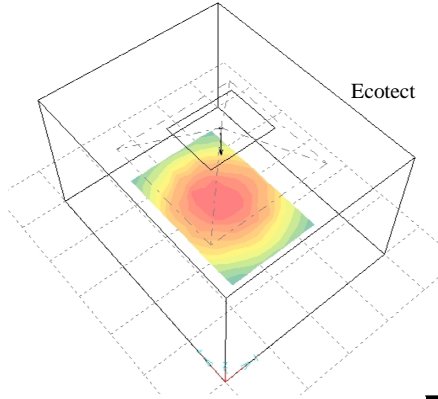
Max  $E_{\max} = 1331 \text{ lx}$

Min  $E_{\min} = 31 \text{ lx}$

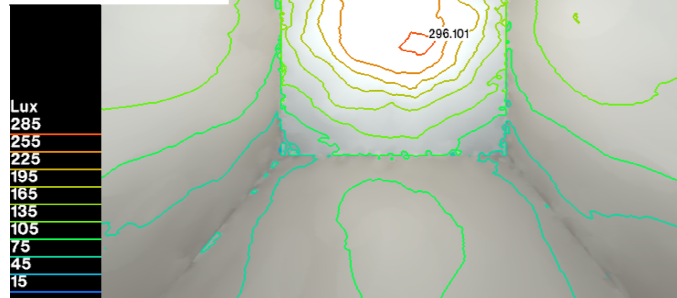
- Obrázek 2 Osvětlenost E na pracovní rovině a v pohledu do osvětlovaného prostoru se střešním oknem



### Střešní světlík



Radiance



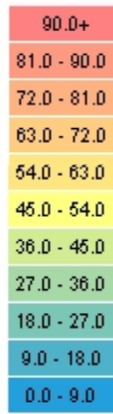
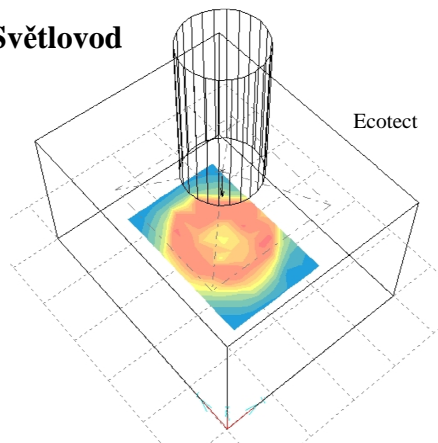
$$r = E_{\min} / E_{\max} = 0,39$$

Max  $E_{\max} = 490 \text{ lx}$

Min  $E_{\min} = 190 \text{ lx}$

- Obrázek 3 Osvětlenost E na pracovní rovině a v pohledu do osvětlovaného prostoru se střešním světlíkem

### Světlovod



Radiance



$$r = E_{\min} / E_{\max} = 0,20$$

Max  $E_{\max} = 102 \text{ lx}$

Min  $E_{\min} = 20 \text{ lx}$

- Obrázek 4 Osvětlenost E na pracovní rovině a v pohledu do osvětlovaného prostoru se světlovodem

## **Závěr**

Počítačová modelování představují možnost posuzování velkého množství návrhových studií bez nutnosti provádět zmenšené reálné modely, které jsou pracné a nákladné. Pro počítačové modely je nutné zadat geometrii posuzované místnosti i rozměry a umístění osvětlovacího otvoru a optické vlastnosti jeho zasklení, popř. použité stínící prostředky (rolety, žaluzie apod.). Nezbytné je také určení světelných odrazivostí vnitřních povrchů v interiéru i odrazivostí a geometrie okolních stínících překážek a terénu.

Jedny z nejdůležitějších údajů pro světelná modelování jsou data týkající se vnějších světelných podmínek. Uvedená posouzení osvětlenosti referenční místnosti byla provedena pro podmínky rovnoměrně zatažené oblohy. Pomocí použitých počítačových programů Radiance a Ecotect lze však modelovat nejen za této nejnepríznivější situace, ale také je možné zadat výpočty pro podmínky odpovídající polojasné a zcela jasné obloze. Na základě těchto zadání a pro dostatečně přesné hodnoty optických vlastností osvětlovacího systému i celého interiéru lze provádět vyhodnocení denní osvětlenosti prostoru včetně jeho fotorealistického zobrazení.

Pomocí počítačového modelování lze posuzovat různé systémy denního osvětlení a optimalizovat jejich návrh za účelem zlepšení světelných podmínek v budovách. Pro tradiční systémy jako okna, střešní okna a světlíky jsou vypracovány metody návrhu z hlediska denního osvětlení. Problémy s osvětlením pro denní světlo obtížně přístupných vnitřních prostor mohou být řešeny pomocí světlovodů, pro jejichž návrh a posouzení se nabízí využití počítačových simulací. I když na světlovody nelze zcela pohlížet jako na systémy denního osvětlení je zřejmé, že představují nový způsob doplňkového osvětlení, které má před umělým světlem nesporné výhody.

## **Poděkování**

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu MŠMT CZ-102 SK-CZ 11006 "Výzkum reálných celoročních podmínek osvětlenosti pro efektivní využití světlovodů v klimatických podmínkách ČR a SR".

## **Literatura a odkazy**

- [1] Radiance - Synthetic Imaging System,  
<http://www.artifice.com/cgi-bin/alk?http://radsite.lbl.gov/radiance/>
- [2] Ecotect, <http://www.squ1.com>
- [3] Baker, N., Steemers, K.: Daylight design of buildings. James&James science publishers Ltd, London 2002.
- [4] Kittler, R., Darula, S., Perez, R. A set of standard skies, Final Report of project US-SK 92 052, Polygrafia SAV, Bratislava, 1998.
- [5] Plch, J. Světelná technika v praxi. IN-EL, Praha 1999.
- [6] Rybár, a kol. Denní osvětlení a oslunění budov. ERA, Brno 2002.
- [7] ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky (1999).

# Snižování energetické náročnosti při rekonstrukcích soustav VO

Alena Muchová, Ing.

PTD Muchová, s.r.o., www.ptdostrava.cz, muchova@ptdov.cz

Ostrava se nyní, tak jako ostatní města České republiky, nachází v etapě, kdy ve velkém rozsahu stárne veřejné osvětlení velkých sídlištních celků budovaných v létech intenzivní výstavby sídlišť, včetně komunikací (1965 – 1980). Z tohoto důvodu byly vypracovány dva základní dokumenty pro majitele veřejného osvětlení – Statutární město Ostrava - Strategie plánu rekonstrukcí VO města Ostravy, Generel VO města Ostravy. Tyto dva dokumenty jsou základní metodikou pro majitele i správce VO, kterým jsou Ostravské komunikace, a.s.

## Stav VO v Ostravě

Vývoj veřejného osvětlení v Ostravě je zřejmý z tabulky:

	1998	2000	2006
Délka osvětlovaných komunikací	1 470 km	1 480 km	1 498 km
Instalovaný příkon VO	5 752 kW	4 500 kW	4 830 kW
Počet světelných míst	33 078 ks	33 600 ks	36 311 ks
Instalovaný příkon na 1 světelné místo	174 W	134 W	133 W

Dle výše uvedené tabulky je zřejmé, že v Ostravě racionalizacemi byl maximálně snížen instalovaný příkon na jedno světelné místo. Nyní se zaměřujeme na rekonstrukce celých ucelených městských částí. Rekonstrukce znamená odstranění stávající soustavy a stavbu nové.

## Rekonstrukce VO

Při předpokládané životnosti zařízení VO 30 let, životnost odvozena od životnosti stožárů VO, je nutno zaručit celkovou rekonstrukci zařízení VO v oblasti před 30. rokem jeho života. Provozování zařízení po 30 letech jeho života začíná vyžadovat neúměrně vysoké provozní finanční prostředky z údržby na řešení havarijních stavů. Prostředky použité na odstraňování havarijních stavů následně chybí na řádnou preventivní údržbu mladšího zařízení. Toto zařízení se rychleji dostává do špatného technického stavu, rychleji stárne a tím u něj není zaručena garantovaná délka života.

V roce 2006 byly provedeny stavby rekonstrukcí veřejného osvětlení v několika lokalitách Ostravy. Většina rekonstrukcí byla uskutečněna dle našich projektových dokumentací. Celkem to bylo 14 staveb. Ne vždy je dosaženo poklesu instalovaného výkonu, protože dochází k rozšíření počtu světelných míst, speciálnímu nasvětlení přechodů či posílení osvětlení dopravně nebezpečných míst – zastávky MHD, křižovatky.

Celkem v těchto 14 stavbách bylo demontováno 619 světelných míst a postaveno 741 nových světelných míst, samozřejmě při zvýšení délky osvětlovaných komunikací. Celkový instalovaný příkon poklesl o 11,5% při 19,7% nárůstu počtu světelných míst.

## Příklad rekonstrukce ucelené městské části:

VO v rekonstruované oblasti bylo vybudováno v letech 1975 - 1977. Jedná se o území bytové výstavby s převážně klidovou zónou. V období dopravních špiček, souvisejících se začátkem a koncem pracovní doby, dochází k výraznému nárazovému zvýšení pohybu chodců a motoristického provozu. Ve vymezené oblasti, s výjimkou jedné ulice, se nenacházejí významné dopravní tepny. Ostatní komunikace jsou charakteru průjezdních a přístupových komunikací k hromadné bytové zástavbě, k občanské vybavenosti a dvorní části.

Celkově je osvětlováno 9,5 km komunikací s provozem motorových vozidel a 4,9 km chodníků pro pěší v hromadné zástavbě a dvorních částech. Bylo propočítáno několik variant a způsobů osvětlení s ohledem na

výběr neekonomičtější soustavy. Výpočet byl zpracován pomocí výpočetních světelně technických programů pracujících s databázemi charakteristik použitých svítidel a s použitými světelnými zdroji.

Stávající instal. příkon celkový	Pis = 91,625 kW
Nově instal. Příkon	Pin = 43,493 kW
Celková stávající spotřeba el. en.	366,50 MWh/rok
Celková nová spotřeba el. en.	173,97 MWh/rok
<b>Snížení roční spotřeby el. en.</b>	<b>192,53 MWh/rok, tj. 52,5 %</b>
Instal. příkon na jedno světelné místo – původní	138,20 W / ks
Instal. příkon na jedno světelné místo - nový	85,11 W / ks
Celkový počet svítidel původní	663 ks
Celkový počet svítidel po rekonstrukci	511 ks
Původní počet světelných míst	562 ks
Počet světelných míst po rekonstrukci	478 ks

Příklady řešení osvětlení:

1. V dvorních částech byla použita svítidla s mřížkou, která zabraňují šíření světla do oken bytů (původní osvětlení obrázek 1, nové osvětlení obrázek 2)

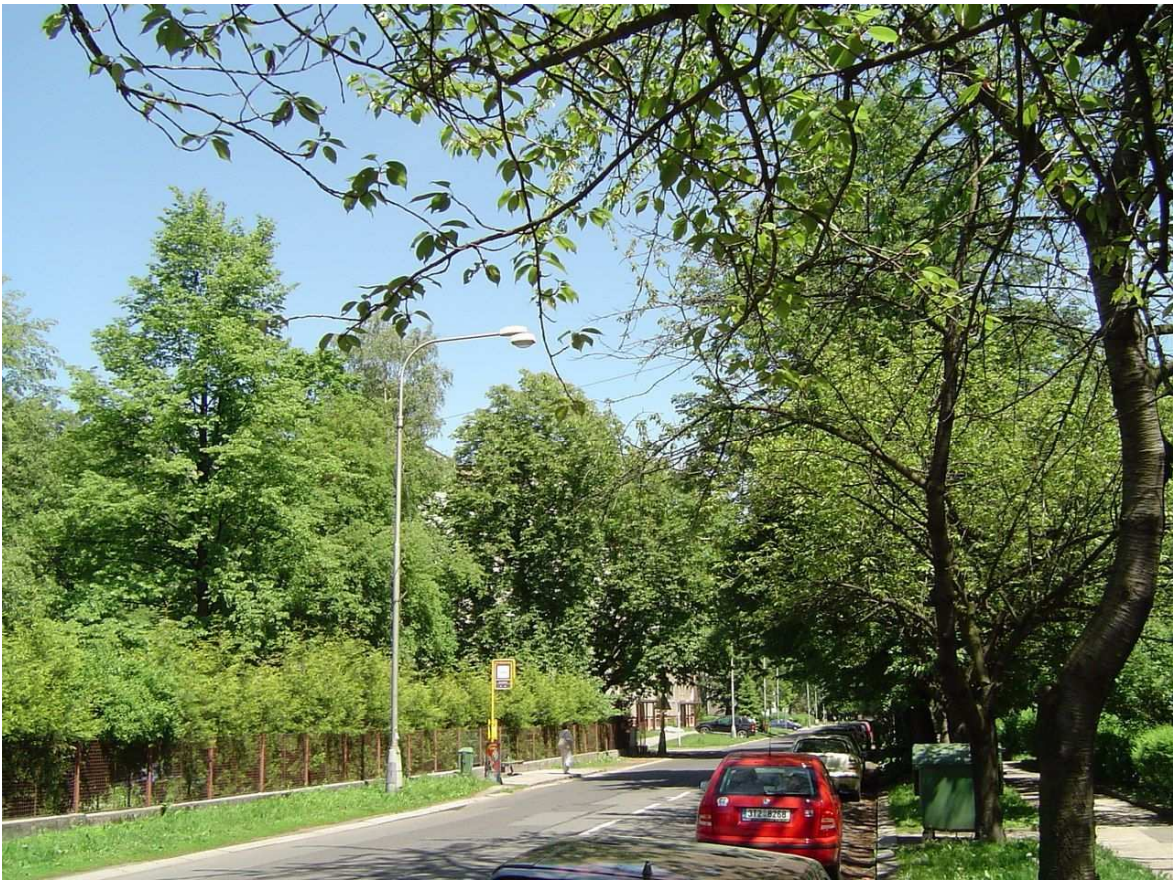


Obrázek 1



*Obrázek 2*

2. Výložníková svítidla byla použita s rovným krytem světelně činné části svítidla – zamezení oslnění a úniku světla. Rozteče svítidel byly zvětšeny oproti původním soustavám při dosažení vyšší rovnoměrnosti a intenzity osvětlení na komunikaci (obrázek 3, 4)



Obrázek 3



Obrázek 4

3. komunikace nedostatečně osvětlené – část sadová svítidla, část výložníková, byly osvětleny jednotnou soustavou na požadované parametry (obrázek 5, 6)



*Obrázek 5*



*Obrázek 6*

4. Nedostatečně osvětlené dopravně nebezpečné místo muselo být řešeno zcela novou osvětlovací soustavou se speciálním nasvětlením přechodu pro chodce (obrázek 7, 8) .





Obrázek 7



Obrázek 8

5. Při rekonstrukci ulice v blízkosti slezskostravské radnice byla použita historizující svítidla, která dotváří kolorit oblasti (obrázek 9, 10).



*Obrázek 9*



Obrázek 10

## Závěr

V letech 1986 a 1987 byl proveden průzkum osvětlovacích soustav na území ČR pracovištěm Výzkumu veřejného osvětlení a konstatováno, že většina nových osvětlovacích soustav veřejného osvětlení vybudovaných před rokem 1990 byla předimenzována - podle výsledků bylo toto předdimenzování zhruba 2,5 násobné.

V Ostravě bylo přistupováno k racionalizacím osvětlovacích soustav již od roku 1992 a tím ke snižování instalovaného příkonu uličního osvětlení. Snižování instalovaného příkonu není dosahováno pouze při rekonstrukcích soustav VO, ale především v rámci preventivní údržby. Svítidla mají mnohem nižší životnost než stožáry a vedení VO, proto také dochází k jejich výměně a tím i modernizaci soustav.

V poslední době ale dochází k nárůstu instalovaného příkonu vzhledem:

- k bezpečnostním opatřením a to je nasvětlování přechodů pro chodce,
- stylovému osvětlení náměstí, parků a sadů,
- vánočnímu osvětlení.

Ve výsledku i přes nárůst ceny elektrické energie, rozšiřování soustav VO na nové komunikace a tím zvyšování počtu světelných míst, jsou náklady na el. energii v Ostravě klesající. Významný pokles byl v letech 2002 až 2004, mírný vzestup v letech 2005 a 2006, ale stále rok 2006 má o 5% nižší náklady na el. energii oproti roku 2001 při rozšíření počtu světelných míst o 7,3%.

# Digidim Router, nové srdce systému Digidim

Josef Neduchal

DNA CENTRAL EUROPE s.r.o. [www.dna.cz](http://www.dna.cz) email [neduchal@dna.cz](mailto:neduchal@dna.cz)

Helvar je přední firma v oblasti ovládání architektonického osvětlení. Znalosti, díky nimž se společnost Helvar stala leaderem na trhu elektroniky architektonického osvětlení pro zábavní lodě, jsou teď k dispozici i pro komerční projekty, jako jsou kancelářské budovy, nákupní centra, školy, atd.

## Nové srdce systému Digidim

Nový systém směrovačů (routerů) DIGIDIM slouží k bezešvému propojování sítí DALI za pomoci standardní ethernetové komunikace. Díky stavebnicové koncepci je tento systém dokonale přizpůsobitelný každé situaci - můžete jej využít v jedné kanceláři i v obrovské kancelářské budově.

## Maximální spolehlivost

Všechna data jsou uložena ve vlastním systému, takže při každodenním provozu nepotřebujete k řízení systému počítač. Protože systém nemá centrální jednotku, neexistuje žádný komponent, který by mohl způsobit výpadek celého systému. Počítač můžete připojit k systému k diagnostickým a záznamovým účelům.

## Sortiment Digidim

Společnost Helvar také nabízí široký sortiment ovládacích zařízení kompatibilních se systémem DALI. Modulární řada ovládacích panelů zahrnuje kombinace tlačítek, otočných a posuvných ovladačů v mnoha provedeních, která budou vyhovovat každému modernímu interiéru. Síť DALI obsahující až 64 zařízení lze propojovat pomocí jakýchkoli síťových dvoužilových kabelů - díky tomu je zapojení snadné a cenově výhodné. Jako doplněk k sérii DIGIDIM nabízí společnost Helvar plný sortiment ovladatelných elektronických předřadníků založených na protokolu DALI.

## Základní výhody

- Pro každodenní provoz není potřeba žádný počítač
- Distribuovaná inteligence
- Modulární (stavebnicová) koncepce
- Standardní protokoly
- Jednoduché uspořádání systému

## Základní charakteristiky systému

Centrálním prvkem sortimentu produktů DIGIDIM je směrovač DIGIDIM (DIGIDIM ROUTER). Směrovač umožňuje vzájemné propojení velkého počtu produktů DALI a ostatních produktů DIGIDIM.

Systémy DIGIDIM se programují pomocí softwaru Helvar Designer na počítači s operačním systémem Windows buď lokálně nebo dálkově. Po naprogramování se může počítač odpojit, protože není potřeba pro každodenní funkčnost systému. Počítač se také může používat ke sledování systému a vydávání protokolů o stavu systému.

Všechna data jsou uložena ve vnitřní paměti směrovačů DIGIDIM, takže není potřeba používat komplikované databáze. Záloha nastavení systému se může uložit na PC. Umožňuje propojení se systémy řízení budovy.

## Propojování směrovačů do sítě

Při vytváření větších systémů se mohou směrovače vzájemně propojit do jedné sítě pomocí standardních ethernetových přepínačů. Toto uspořádání umožňuje rozšiřování systému propojením více směrovačů a také se používá k programování a sledování systému.

Rozsah systému řízení osvětlení definuje pracovní skupina. Pracovní skupina je soubor směrovačů propojený vysokorychlostní ethernetovou sítí.

## Software Helvar Designer

Kromě připojování ovládacích zařízení a zátěžových rozhraní slouží směrovač také k připojení softwaru Designer přes ethernetovou síťovou přípojku.

Software Helvar Designer je založen na povědomém vzhledu a způsobu používání prohlížeče Microsoft Windows Explorer®. Grafické uživatelské rozhraní je intuitivní a uživatel se s ním naučí pracovat velice jednoduše. Software Designer nabízí celou

řadu plně integrovaných nástrojů, které umožňují uživateli provádět nejrůznější činnosti jako např. navrhování, programování, sledování funkcí, vyvolávání naplánovaných událostí a scén systému řízení osvětlení.

## Základní údaje

- 16 000 skupin.
- Zařízení DALI spolupracují ve skupinách.
- Jeden směrovač Digidim může podporovat až 128 zařízení DALI.
- Každé zátěžové rozhraní má 128 scén.
- Zároveň lze připojit až 64 počítačů se softwarem Helvar Designer.
- Každá síť DALI může mít připojeno 64 zátěžových rozhraní nebo ovládacích zařízení připojených pomocí 1,5 mm<sup>2</sup> kabelu síťových parametrů do vzdálenosti 300 m.
- Zabudovaný 250 mA napájecí zdroj DALI pro každou síť DALI.
- Ethernetové propojení 10/100 Mbit/s za použití internetového protokolu (TCP/IP).



## Literatura a odkazy

- [1] Helvar News 1/2007: World Premiere of the Digidim Router, rubrika News, Helvar Magazine: [www.helvar.com](http://www.helvar.com)

# Inovace v řízení vnitřního a venkovního osvětlení

## Ecolum EC4, Digidim Router

Josef Neduchal

DNA CENTRAL EUROPE s.r.o. [www.dna.cz](http://www.dna.cz) email [neduchal@dna.cz](mailto:neduchal@dna.cz)

### Úvod

Před 12 lety se rozhodla městská rada v Caldes de Estrac rekonstruovat síť veřejného osvětlení za použití řízeného elektronického předřadníku ECOLUM od španělského výrobce APEIN ze Zaragozy. Jako první městečko ve Španělsku mělo tak možnost si ověřit přímo v provozu, do jaké míry se potvrdí to, co do té doby bylo známo o tomto výrobku pouze z laboratorních měření.

Po vyhodnocení výsledků této „testovací zóny“ byla zjištěna úspora elektrické energie ve výši 40%. a zaznamenán značný pokles nákladů na údržbu díky stabilizaci příkonu v celé sledované síti veřejného osvětlení.

Provedený průzkum mezi obyvateli tohoto horského městečka, které se nachází poblíž Barcelony, potvrdil významný pokrok pokud jde o spolehlivost provozu. Automatické snížení příkonu a s tím spojený úbytek světelného toku nebyl obyvatelstvem prakticky zaznamenán. Zvýšila se bezpečnost provozu na pozemních komunikacích a ubylo významnou měrou závažných trestných činů jako jsou např. krádeže automobilů, pokusu o vloupání apod. Z důvodu úspory totiž veřejné osvětlení bylo v nočních hodinách vypínáno.

Po provedené legislativní úpravě v regionu Barcelona obec obdržela od státu 4% bonifikaci z celkového ročního odběru elektrické energie. Takto získané finanční prostředky, včetně financí získaných díky úspoře elektrické energie, mohli tak být investovány např. do obnovy infrastruktury. Elektronicky řízený předřadník ECOLUM přinesl velmi významný pokrok v rámci celkového řešení problematiky veřejného osvětlení, kontroly a úspory energie v této lokalitě.

Od té doby bylo společností APEIN realizováno bezpočet instalací nejen ve Španělsku, ale i v jiných zemích např. Číně, Singapuru, Novém Zélandu, Tunisu, Portugalsku, Francii, Chile, Rusku, Řecku, Slovensku a také v České Republice.

### Garance spolehlivosti provozu

ECOLUM EC4 je kompaktní elektronická napájecí jednotka nahrazující standardní výbavu ve svítidle tzn. elektromagnetický předřadník, kompenzační kondenzátor a zapalovač. Umožňuje např. řízení proudu při startu výbojky, což znamená použití nižší výkonové řady jističů a s tím spojenou optimalizaci dodávky proudu ze sítě. Kromě toho stabilizace příkonu je v rozsahu 180 – 253V a start výbojky je zaručen při teplotě -20 až +60°C.

**Dosahuje se tak snížení počtu kusových výpadků výbojek, což vede k minimalizaci nákladů na údržbu soustavy veřejného osvětlení a prodloužení životnosti výbojek až o 50%.**

### Maximální hospodárnost

Ukazatelem hospodárnosti je účinník, který v rozmezí 0,4 až 0,6 u výbojek se standardními předřadníky bez individuální kompenzace má za následek zvýšení finančních nákladů, zvětšení tepelných ztrát v síti. Výrobce energie naproti tomu požaduje navrhovat systémy, kde účinnost předřadníků bude minimálně 0,95. ECOLUM garantuje účinník min. 0,96.

### Zajištění bezpečnosti na pozemních komunikacích

Pomocí spínačů umístěných na předřadníku se nastavuje automatické snížení příkonu o 40% v průběhu provozu veřejného osvětlení a jeho opětovné navrácení na plný příkon v ranních hodinách. Bezpečnost silničního provozu je tak plně zajištěna i v zimním období. Díky této zcela originální funkci se řízení osvětlení realizuje bez nutnosti instalování dodatečné řídicí linky.

### Životnost, návratnost investice

Životnost předřadníku je stanovena na hodnotu 90.000 hod při teplotě 70°C na Tc bodě předřadníku, což při celkovém ročním provozu cca 4200 hod je přibližně 20 let.

Návratnost vložené investice do předřadníku ECOLUM se pohybuje v rozsahu 2 – 4,5 roku dle příkonu (150, 100, 70 a 50W), počítáme-li se sazbou C2=1,96 Kč platnou v rámci středočeského kraje. S nárůstem ceny energie lze v krátké budoucnosti předpokládat snížení doby návratnosti na úroveň 1,5 – 3,5 roku, což jistě stojí za úvahu.

### **ECODEM, prezentace úspory snadno a rychle**

Funkci a úsporu energie předřadníku ECOLUM je možno prezentovat pomocí předváděcího programu ECODEM, který lze na požádání zaslat elektronickou poštou včetně návodu k použití.

Součástí dodávky předřadníků je návod k obsluze s podrobným popisem funkce a nastavení provozních režimů řízení příkonu.

### **Závěr**

Jak je vidět z výše uvedeného, použití elektronického předřadníku je velmi důležité jak z hlediska hospodaření s finančními prostředky ve veřejném osvětlení tak i po stránce ekologie. Uspořené finanční prostředky za energii tak mohou obce, města investovat do jiných oblastí své činnosti.

Zvyšování účinnosti veřejného osvětlení je v souladu s našimi závazky v rámci podepsané dohody z Kjóto, týkající se snižování zátěže na životní prostředí. Výrobci svítidel jako např. Elektrosvit Svatobořice, Eltodo, Elektro-Lumen, Energorozvody Rapotín, Indal, Ing.L.Vyrtych, mají dostatečné zkušenosti s montáží předřadníku ECOLUM ve svých svítidlech.

Je nutné ale podotknout, že použití tohoto typu elektronického předřadníku v masovějším měřítku se neobejde bez podpory a spolupráce všech zainteresovaných stran včetně vládních a nevládních institucí, legislativních orgánů.

Všude, kde byly použity elektronické předřadníky ECOLUM, v závislosti na zvoleném provozním režimu dosahovala úspora elektrické energie až 40%. Dokladem toho jsou např. reference viz rubrika řízení venkovního osvětlení na [www.dna.cz](http://www.dna.cz)

### **Literatura a odkazy**

- [1] Lluís Ferreo Andreu, José Tobajas Villegas: Optimización de la Eficiencia Energética en Iluminación, Enerquía 1998, [www.energuia.com](http://www.energuia.com)

# Měření rušivého světla v areálu VŠB – TU Ostrava

## pokračování

Tomáš, Novák, Ing., Ph.D., tomas.novak1@vsb.cz

František, Dostál, Ing., dostalfrantisek@seznam.cz

VŠB-TU Ostrava

Příspěvek navazuje na výsledky uveřejněné na loňském kurzu osvětlovací techniky XXV pod názvem Měření světelných parametrů pod noční oblohou. Minulý rok jsme zveřejnili výsledky několikaměsíčního měření osvětleností, které jsme získali na střeše budovy NK VŠB TU Ostrava. V letošním pokračování se budeme věnovat výsledkům, které stále získáváme z pokračujícího nočního měření osvětleností, a které je ještě rozšířené o srovnání s meteorologickými daty, fázemi měsíce a záměrně generovaným rušivým světlem o známé křivce svítivosti a světelným tokem.

Cíl našeho snažení zůstává stále stejný – Získání co nejvíce informací o chování noční oblohy ze světelně-technického hlediska, abychom se mohli pokusit kvantifikovat současnou situaci pod noční oblohou.

### Meteorologická data

Meteorologická data nám poskytuje Český hydrometeorologický ústav – pobočka Ostrava ze dvou pozorovacích stanic. První je v Ostravě - Mošnově, která je od našeho měřicího stanoviště vzdálená cca 15 km vzdušnou čarou. Druhá stanice je umístěna přímo v Ostravě – Porubě a je od našeho měřicího stanoviště vzdálená vzdušnou čarou pouze 650 m. Každá z meteorologických stanic dodává data v jiných časech a také v jiné formě. Nicméně na základě těchto dat si lze udělat představu o stavu oblohy zejména v těch časových úsecích, kdy není počasí příliš proměnlivé.

Pro zajímavost uvádíme strukturu meteorologických dat, které nám ČHMÚ laskavě poskytuje. Všechna data a meteorologické jevy jsou udávány ve středoevropském čase SEČ. V rámci nich dostáváme informace o tom jak jsou jednotlivé jevy intenzivní (např. déšť, kouřmo, sněžení, atd.). Intenzita jevů se pohybuje od hodnoty 00 do hodnoty 3. (00 nejslabší, 3 nejsilnější). Pokud je údaj o meteorologickém jevu ještě doplněn o písmeno *i* je tento jev přerušován (není souvislý v celé době trvání). Z Ostravy – Poruby získáváme údaje oblačnosti pouze dvakrát denně v termínech měření 7 a 21 hod SEČ. Oblačnost z této stanice je udávána v desetinách pokrytí oblohy a zápis je proveden na celé číslo (3 = 3/10 pokrytí oblohy oblačností). Z Ostravy – Mošnova jsou k dispozici data o oblačnosti v hodinových intervalech, ale údaje o pokrytí oblohy jsou udávány v osminách (0/8-8/8 pokrytí oblohy).

Dlouhodobým přiřazováním meteorologických dat k naměřeným hodnotám nočních osvětleností sledujeme vliv oblačnosti na zpětné odrazy rušivého světla od různých typů oblohy (oblačností)

### Fáze Měsíce

Údaje o stavu Měsíce na noční obloze máme k dispozici z Hvězdárny a planetária Johanna Palisy při VŠB – TU v Ostravě. K naměřeným datům přiřazujeme informace o tom, zda je Měsíc nad horizontem a v jaké je fázi (Nov – Měsíc nevychází, D – Měsíc dorůstá, Úplněk, C – Měsíc couvá)

Informace o stavu Měsíce získáváme z důvodu sledování jeho vlivu na noční osvětlenost.

### Uměle generované rušivé světlo

V blízkosti čidla měřicího zařízení jsme umístili svítidlo XENON 1500 W HDG (viz. obr. 1), které je osazeno halogenovou žárovkou OSRAM HALOLINE 1500 W; 10 A;  $\Phi = 36$  k lm (viz. obr 2). Tímto svítidlem, které svítí kolmo vzhůru, zajišťujeme vyzařování světelného toku do horního poloprostoru. Křivka svítivosti se vzdáleně blíží kosinové charakteristice (viz. obr. 3).

Svítidlo je od 6.12.2006 zapínáno vždy na 10 minut a následně po jeho vypnutí jsou 20 minut snímány hodnoty osvětlenosti bez uměle vygenerovaného rušivého světla. Tento interval byl zvolen tak, aby i při zhoršených meteorologických podmínkách (zejména sních) stačilo svítidlo odpařit vrstvu vody ze skleněného povrchu. Z hlediska odečítání hodnot naměřených osvětleností jsou nejdůležitější hodnoty těsně před vypnutím svítidla a těsně po jeho vypnutí. Tímto způsobem jsme zajistili, že budeme moci porovnávat hodnoty s definovaným rušivým světlem (světelným tokem) jdoucím do horního poloprostoru s hodnotami



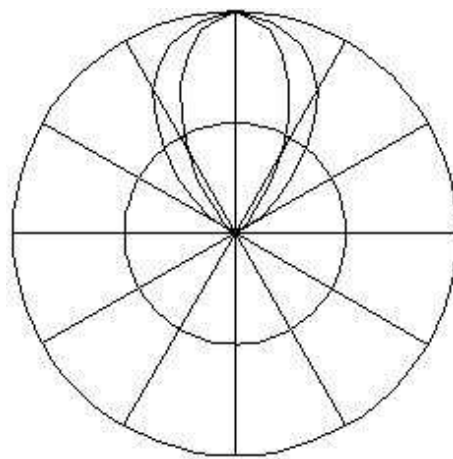
bez tohoto rušení při (de-facto) konstantním stavu noční oblohy. Tyto rozdíly jsou velmi důležité podklady pro verifikaci fyzikálních modelů chování oblohy při různých meteorologických podmínkách.



Obr. 1 – svítidlo XENON 1500 HDG



Obr. 2 – halogenová žárovka OSRAM HALOLINE 1500 W



Obr. 3 – křivka svítivosti svítidla XENON 1500 HDG otočeného kolmo vzhůru

### Ukázka výsledků dlouhodobých měření

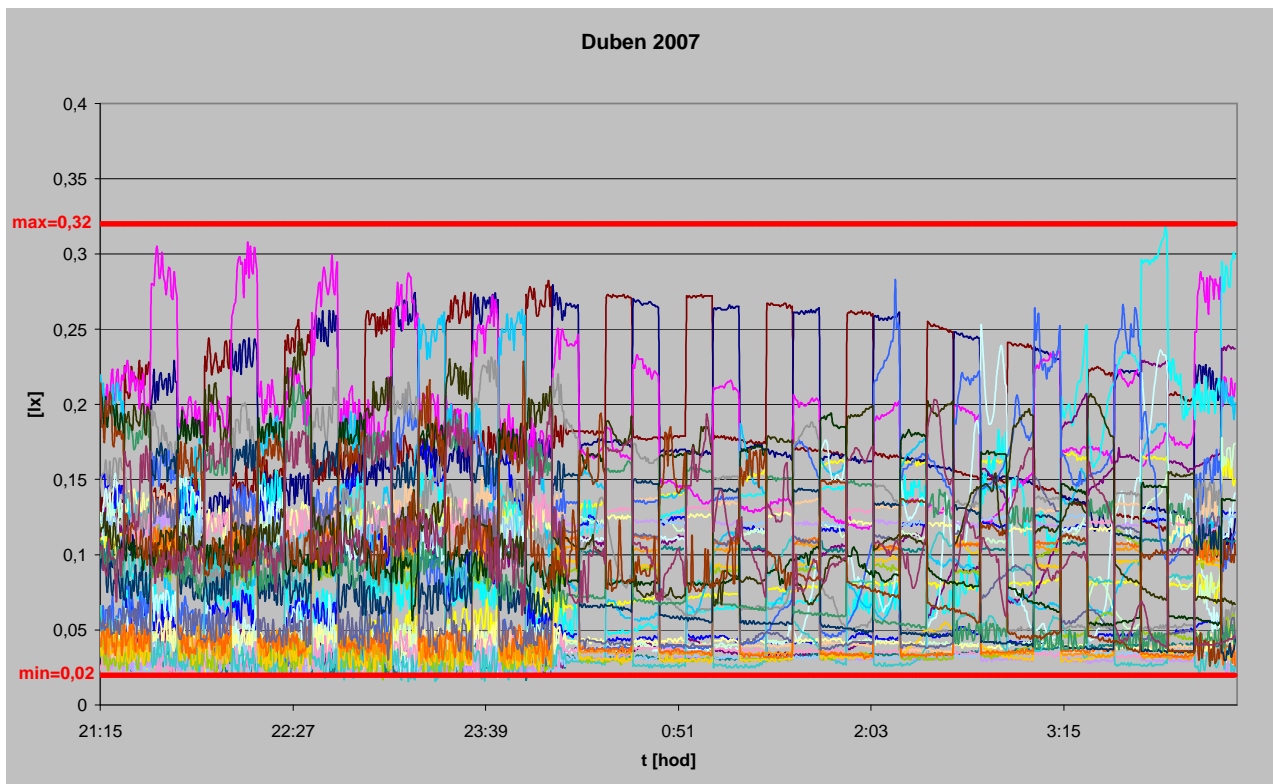
Na základě výše popsaných situací, při kterých lze měřit osvětlení pod noční oblohou jsme provedli zkrácenou ukázkou možných situací ve smyslu různých meteorologických jevů, oblačností, fází Měsíce a stavu svítidla. Ukázka (viz. Tab.1) obsahuje pár řádků, zatímco měřící zařízení naměří každou noc cca 1700 takovýchto řádků

Meteorologický jev		Oblačnost Poruba	Oblačnost Mošnov	Měsíc		Datum	Čas	Luxmetr	Světlomet
Název	Intenzita	0/10-10/10	0/8-8/8		Fáze	[dd.mm.rrrr]	[hh:mm:ss]	[lx]	0-vyp.1-zap
DE	0	10	7	ANO	Úplněk	6.12.2006	23:31:19	0,4	1
KO	0	8	8	ANO	C	10.12.2006	22:19:10	0,094	0
KO	0-1	10	2	NE	C	12.12.2006	22:13:40	0,153	0
DE KO	0 i 1-2	10	8	NE	Nov	17.12.2006	19:18:40	0,294	0
		0	1	NE	D	28.12.2006	1:06:10	0,064	0
KO SN	0 0-1	10	2	ANO	D	28.12.2006	21:19:40	0,987	1
		8	1	ANO	D	31.12.2006	0:55:40	0,142	0

Tab. 1 – ukázka tabulky naměřených hodnot

První dva sloupce popisují meteorologické jevy, přičemž v Tab.1 jsou uvedeny zkratky těchto jevů (DE – déšť, KO – kouřmo, DE KO – déšť a kouřmo, KO SN – kouřmo se sněžením). Druhé dva sloupce tabulky Tab.1 popisují oblačnost dle již výše uvedené specifikace. Dva sloupce v oblasti Měsíce popisují zda je měsíc nad obzorem (ANO) a v jaké se právě nachází fázi (dle výše uvedeného popisu). Dva sloupce s datem a časem nemá cenu rozebírat, ale předposlední sloupec konečně uvádí naměřenou hodnotu osvětlenosti. Poslední sloupec tabulky Tab.1 udává pomocí 1 a 0 zda je noční obloha ovlivňována uměle generovaným rušivým světelným tokem o známých hodnotách.

Naměřené výsledky jsou stejně jako loni vyneseny v měsíčním intervalu na obr.4. Na rozdíl od výsledků z loňského roku je na první pohled jasně patrná změna. Tato změna je viditelná v pravidelných skocích hodnot osvětlenosti. Tyto skoky jsou způsobeny výše zmíněným pravidelným spínáním svítidla, které vyzařuje světelný tok do horního poloprostoru a jeho odražená složka je zpětně snímána vyhodnocovacím zařízením (mililuxmetrem). Velikost změny odražené osvětlenosti závisí na stavu oblohy a jejím vyhodnocováním se budeme ještě dále zabývat. Z obr. 4 lze také vyčíst další velmi zajímavé informace, z nichž nejvíce zřetelná je ostrá změna chování osvětlenosti vždy ve 24 h a 4 h. Pokles osvětlení si vysvětlujeme regulací VO v ulici Okružní, která je od měřícího místa v průměru vzdálena cca 600 m a v areálu Vědecko – technologického parku vzdáleného od měřícího místa cca 900 m. V těchto časech totiž dochází ve výše zmíněných lokalitách k regulaci VO. Při porovnání minimálních a maximálních hodnot osvětlenosti na obr.4 (duben 2007) s meteorologickými daty, lze konstatovat, že nízké maximální osvětlenosti (max. 0,3 lx) odpovídají jasnému a bezesrážkovému průběhu nocí tohoto měsíce.



Obr. 4 – závislosti noční osvětlenosti na čase – duben 2007

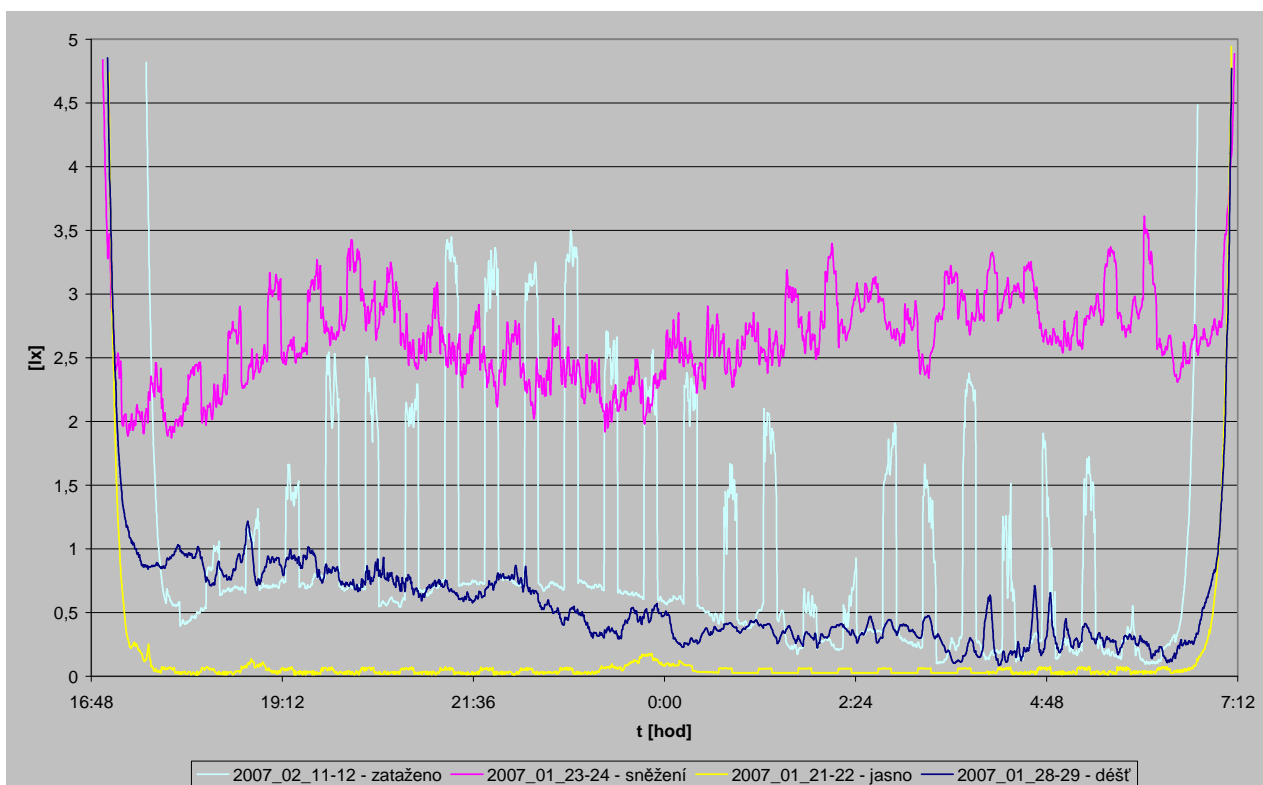
Na obr. 5 je proveden výběr zajímavých nocí v rámci našeho dlouhodobého měření. Protože byly vybírány noci v rámci celého roku, můžete si povšimnout, že díky měnícím se ročním obdobím jsou začátky a noci jednotlivých vynesení křivek v jiných časových úsecích. V následujícím textu se pokusíme popsat proč byly vybrány právě tyto typické průběhy křivek nočních osvětleností:

Noc z 11. – 12. 2.2007 - tato noc byla vybrána, protože se vyznačuje velmi výraznými změnami osvětleností při zapínání svítidla generujícího světelný tok do horního poloprostoru. Velmi zajímavý je zejména ten fakt, že k tomuto jevu docházelo pouze při zatažené obloze bez další jevů jako jsou srážky, či kouřmo. Tomuto typu oblohy odpovídá i základní hladina osvětleností, která není ovlivněna definovaným světelným tokem jdoucím do horního poloprostoru.

Noc z 23. – 24. 1.2007 - během této noci (jako jedné z mála v tomto roce) padal souvisle sníh. Na průběhu křivky je vidět, že i když nesvítilo svítidlo je osvětlenost velmi vysoká a pohybuje se okolo 2,5 lx. Překvapením pro nás však je zjištění, že nárůst osvětlenosti pozahnutí svítidla není (procentuálně) nejmarkantnější. Světelný tok se na sněhových vločkách rozptýlí do všech směrů zatímco od jednotvárně zatažené oblohy se dominantní část světelného toku jdoucího do horního poloprostoru odrazí de-facto zrcadlově dolů zpět na čidlo mililuxmetru.

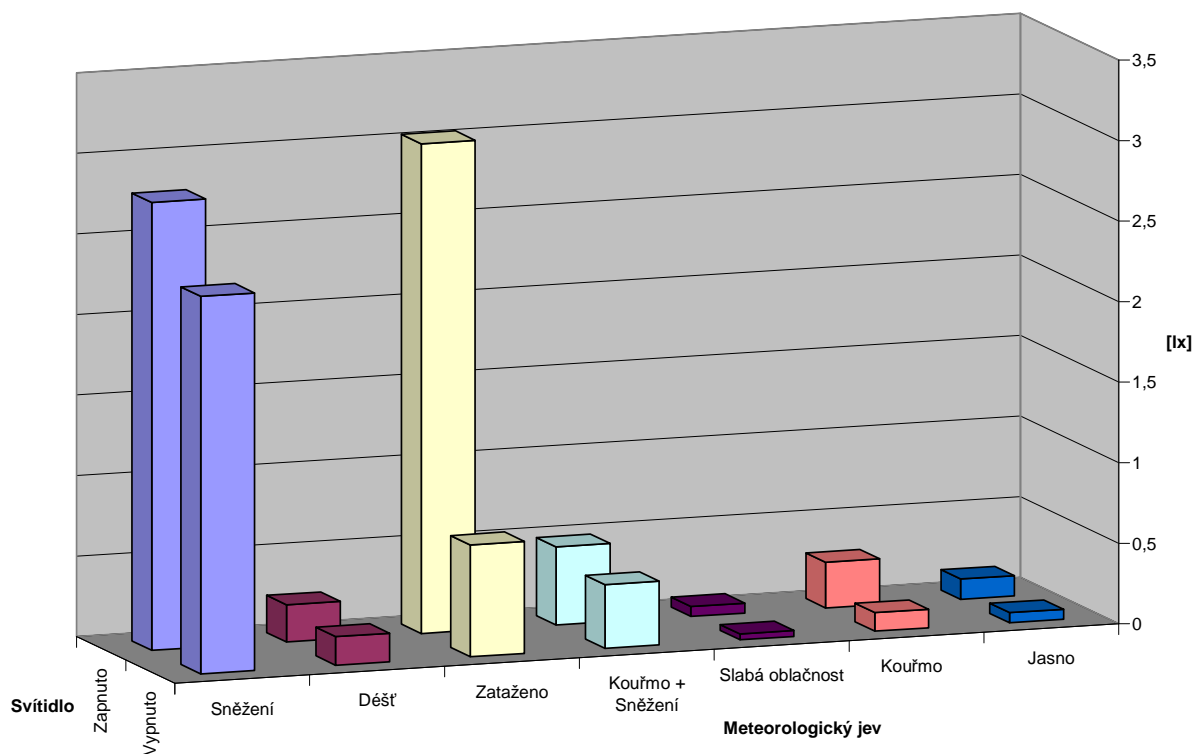
Noc z 21. – 22. 1.2007 - příklad jasné noci s minimem odraženého světelného toku. Tato křivka ukazuje v jakých hodnotách se pohybuje osvětlenost způsobená odraženým světlem při jasné noci. Opět se pohybujeme na minimálních hodnotách blížících se k 0,02 lx a při zapnutí svítidla se dostáváme pouze na hodnotu 0,15 lx.

Noc z 28. – 29. 1.2007 - tato noc se vykazovala trvalým deštěm, který téměř dokázal eliminovat rozdíl mezi stavem se zhasnutým a rozsvíceným svítidlem.



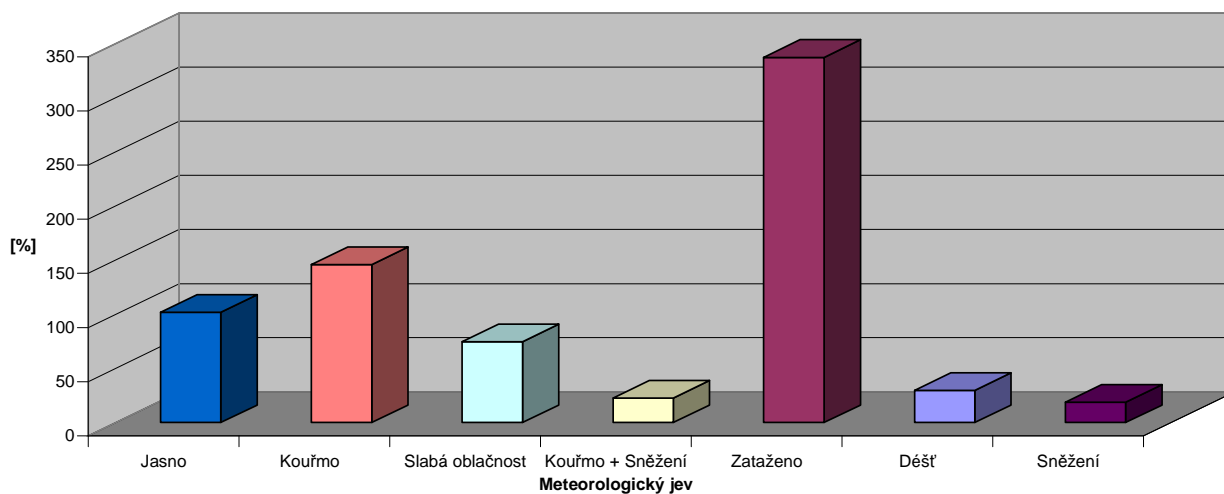
Obr. 5 – graf vybraných nocí z naměřených dat

Na obr. 6 jsou zvýrazněné zprůměrnované krátkodobé výsledky (vždy jedna noc) osvětlenosti pro různé meteorologické jevy při zapnutém a vypnutém svítidle v závislosti na osvětlenosti. Největších osvětleností při vypnutém svítidle bylo dosaženo při sněžení, zatímco nejvyšší osvětlenosti při zapnutém svítidle bylo dosaženo při zataženém počasí bez dalších meteorologických jevů.



Obr. 6 – graf znázorňující vliv svítidla na osvětlenost při různých meteorologických jevech

Úpravou dat z obr. 6 lze získat i procentuální nárůst osvětleností při různých meteorologických jevech po zapnutí svítidla. Jak je z obr. 7 patrné, i v procentuálním zhodnocení je nejvyšší nárůst osvětleností při zapnutí svítidla při zataženém počasí. Tento nárůst je vyšší než 300%.



Obr. 7 – graf procentuálního vyjádření přírůstků osvětlenosti vlivem svítidla při různých meteorologických jevech

## Závěr

Jak je z prezentace patrné, má smysl v získávání informací o stavu noční oblohy stále pokračovat. Měření budeme dále rozšiřovat o měřicí stanici zeměpisně blízkou Ostravě, avšak neovlivněnou touto aglomerací abychom mohli získat informace o přírodní a umělé složce noční osvětlenosti.

Současné výstupy budou použity pro fyzikální modelování vlastností noční oblohy, aby bylo možné pomocí výpočetní techniky studovat vliv jednotlivých světelných bodů, popřípadě celých aglomerací na rušivé světlo, eventuálně jas noční oblohy při různých meteorologických podmínkách.

Tento článek vznikl za podpory – MMR – MR4515011 „Výzkum emisí světelného rušení vyvolaného veřejným osvětlením za účelem jeho omezení v dopravě měst a obcí“

## Literatura a odkazy

- [1] Sokanský, K., a kol: Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor, ČEA, 2004, Ostrava
- [2] Sokanský, K., a kol: RACIONALIZACE V OSVĚTLOVÁNÍ VENKOVNÍCH PROSTORŮ, ČEA, 2004, Ostrava
- [3] Novák, Dostál: Měření světelných parametrů pod noční oblohou, Kurz osvětlovací techniky XXV, 2006
- [4] Sokanský, K., a kol: Zpráva o řešení projektu „Výzkum emisí světelného rušení vyvolaného veřejným osvětlením za účelem jeho omezení v dopravě měst a obcí“, MR4515011, MMR, 2006, Ostrava
- [5] Sokanský, K. a kol. 26TH SESSION OF THE CIE, 4 JULY - 11 JULY 2007, Beijing

# Výstavba nových objektů v prolukách a denní osvětlení

Petr, Novotný, Ing.

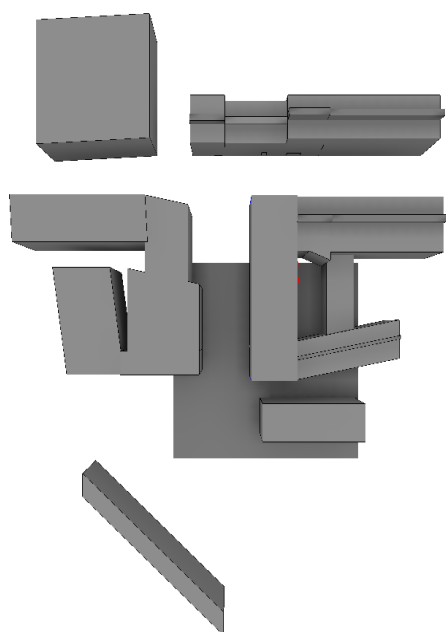
www.lightservis.cz, lightservis@volny.cz

## Úvod

Dostatečný přístup k dennímu osvětlení patří k základním fyziologickým potřebám člověka (je například nejdůležitějším synchronizátorem biorytmů) a je odpovídajícím způsobem zakotven i v legislativě. Posouzení denního osvětlení by mělo být standardní součástí dokumentace pro stavební povolení všech relevantních objektů. Cílem tohoto příspěvku je upozornit na zvláštnosti posouzení denního osvětlení ve specifických případech výstavby nových objektů na dočasně nezastavěných parcelách nacházejících se ve stávající zástavbě, tedy v prolukách.

## Posouzení vnějších vztahů

Zásadním rozdílem mezi výstavbou v proluce a „na zelené louce“ z hlediska denního osvětlení je problém zpětného vlivu nově navrhovaného objektu na stávající okolní zástavbu. Výstavba může (ale nemusí) zvětšit úhel zastínění okolních objektů. Posouzení dopadu výstavby na denní osvětlení sousedních objektů by mělo být posouzeno již ve stupni dokumentace pro územní rozhodnutí, kdy se rozhoduje o vhodnosti navrhovaného objektu (celková výška, půdorysné rozměry atd.) pro dané území. Dostatečně přesný výpočet může vyžadovat v některých případech komplikovaný výpočtový model s řadou vzájemně se ovlivňujících objektů (obr.1) a tedy často i náklady na jejich zaměření. Konkrétně výstavbu v prolukách řeší [1] ve článku 4.7.4. Důležitým aspektem usnadňujícím zástavbu je v tomto článku zakotvený požadavek srovnávat vliv zastínění okolí novým objektem se stavem při souvislé zástavbě (tedy ve většině případů v podstatě se stavem před vznikem proluky) a nikoliv se současným stavem. Určitý problém by teoreticky mohl vzniknout v definování „stavu při souvislé zástavbě“ např. v případě rozsáhlejších demolic kdy nový objekt nenavazuje na nějakou stávající budovu definující především výšku této souvislé zástavby. V tomto případě bude vhodné definovat výchozí stav buď v souladu s regulačním nebo územním plánem pro dané území, případně se pokusit najít fotografie dokumentující původní stav. Samostatný problém představovala dosud nutnost zajistit dokumentaci stávajících okolních objektů ovlivněných výstavbou pro jejich regulérní posouzení a také nedostatečně dimenzované osvětlovací otvory v těchto objektech (které mohly vést k omezení možností další výstavby). Změnu v možnosti posuzování sporných případů přinesla nová ČSN 73 0580-1 z června 2007 [2] zavedením kritéria přístupu denního světla k průčelí objektu vyjádřeného činitelem denního osvětlení  $D_w$  roviny zasklení okna.



obrázek 17: Příklad výpočetního modelu zastavěného území

## **Výpočet osvětlení vlastního objektu**

Nejpozději ve stupni dokumentace pro stavební povolení je nutné provést posouzení denního osvětlení vlastního nově projektovaného objektu. Výpočet přitom musí samozřejmě zahrnovat vliv okolních stávajících staveb představujících překážku pro denní osvětlení ale rovněž i vliv možných budoucích změn v daném území (výstavba podle územního rozhodnutí, regulačního plánu nebo územního plánu). Tím by měla být zajištěna dostatečná rezerva v hodnotách denního osvětlení umožňující další rozvoj území bez negativního dopadu na zdraví uživatelů navrhovaného objektu.

V případě, že žádné regulace pro dané území nejsou známy, doporučuje se opět v souladu s [2] provést výpočet pro úhel zastínění uvedený v příloze [2], (odstupňovaný podle typu objektu).

## **Technické prostředky a relevantní vstupní údaje pro výpočet**

Pro výpočet denního osvětlení je možno použít různé výpočetní programy, používající různé metody výpočtu. Je potřeba brát v úvahu různé okrajové podmínky těchto metod, protože v opačném případě může výsledek zahrnovat značnou chybu (zvláště v případě místností s malým podílem přímé oblohové složky denního osvětlení). Ze stejných důvodů je nezbytné používat ve výpočtu zahrnujícím řadu odhadovaných vstupních parametrů adekvátní nebo „standardní“ hodnoty, protože tyto činitele mají zásadní vliv na výsledek (činitele odrazu různých ploch, činitele konstrukce osvětlovacích otvorů, činitele prostupu světla, činitel údržby atd.).

## **Literatura a odkazy**

[1] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky (1999)

[2] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky (2007)

[3] Rybár, P., Šesták, F., Juklová, M., Hraška, J., Vaverka, J. Denní osvětlení a oslunění budov, ERA 2002,

# Nouzové systémy s centrální baterií využití LED technologie

Ivo Penn, Ing.

HORMEN CE a.s., ipenn@hormen.cz

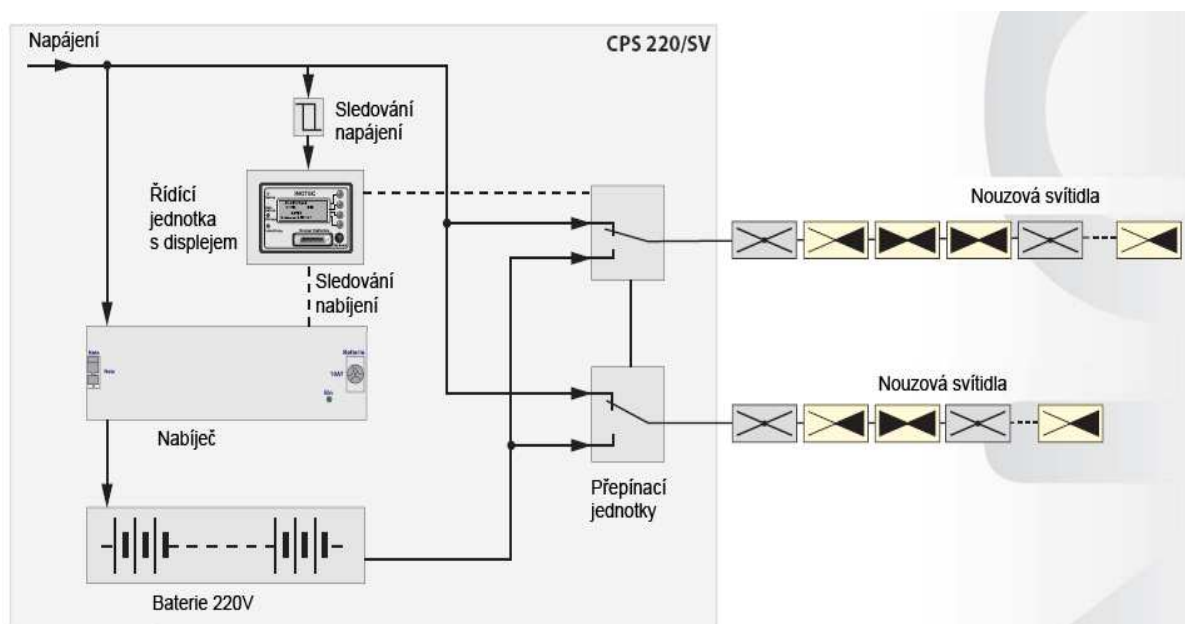
V posledních letech je znatelný nástup moderních technologií řízení a kontroly. Tyto trendy vedou k modernizaci a automatizaci systémů nouzového osvětlení. Nejpokročilejším způsobem jak zefektivnit provoz nouzového osvětlení je využití inteligentních centrálních nouzových systémů. Ty na rozdíl od autonomních zdrojů napájení umístěných přímo v nouzových svítidlech umožňují řadu výhod. Společným jmenovatelem těchto výhod je zejména možnost centrální údržby, kontroly a monitoringu na protokolární úrovni.

## Základní charakteristika centrálního systému NO

Hlavní komponentou centrálního systému NO je "bateriový" (akumulátorový) zdroj lokalizovaný v jednom jediném místě. Ten zajišťuje napájení všech svítidel zahrnutých do soustavy nouzového osvětlení. Tento způsob na rozdíl od pouhého centrálního monitoringu umožňuje centrální údržbu baterií a využití nejmodernějších technologií inteligentního řízení napájení, čímž lze dosáhnout značného prodloužení životnosti akumulátorových článků. Dle národních standardů (norem) navíc nemusí být akumulátory obnovovány po třech letech jako u lokálních autonomních zdrojů ve svítidle, ale až po deseti letech, což značně snižuje provozní náklady nouzové soustavy osvětlení.

Centrální systémy NO si samozřejmě zachovávají i výhody centralizovaného monitoringu umožňující centrální kontrolu funkčnosti jednotlivých svítidel nouzového systému. Ta je prováděna v zásadě dvěma způsoby:

- Ekonomičtější variantou je monitoring okruhový. V tomto případě je kontrola funkčnosti svítidel prováděna na základě sledování odběru napájecího okruhu nouzová svítidla. V případě, že odběr poklesne o hodnotu větší než je přednastavená mez, signalizuje systém poruchu svítidla na okruhu. Tato metoda však neumožňuje lokalizaci konkrétního svítidla v poruše. Značně však monitoring decentralizuje signalizaci poruchy konkrétního okruhu NO.
- Nákladnější ale pokrokovější je metoda adresného monitoringu založená na moderním protokolovém systému umožňujícím adresaci jednotlivých svítidel. Každému svítidlu je přidělena unikátní adresa, na základě níž je možné vyhodnocovat jeho stav.



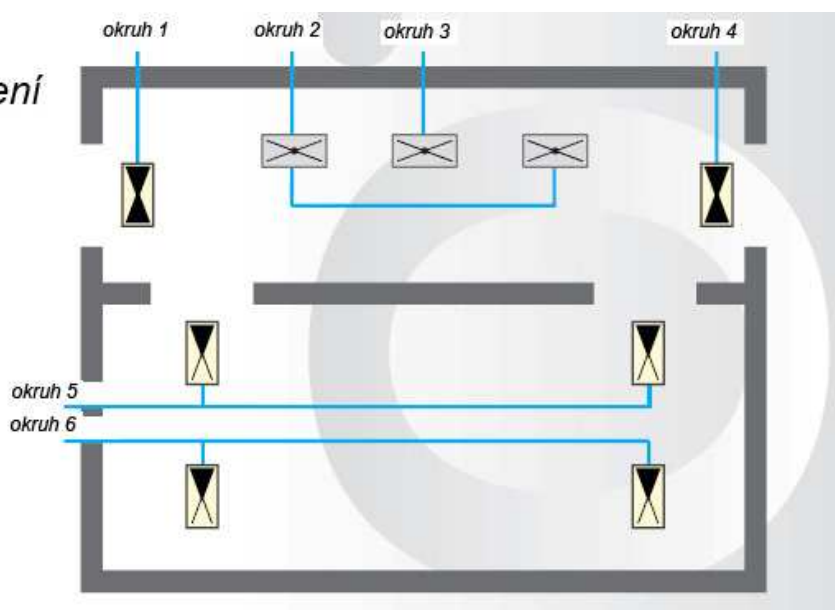
➤ Obrázek 18: Schéma zapojení centrální baterie

## Centrální systémy CPS

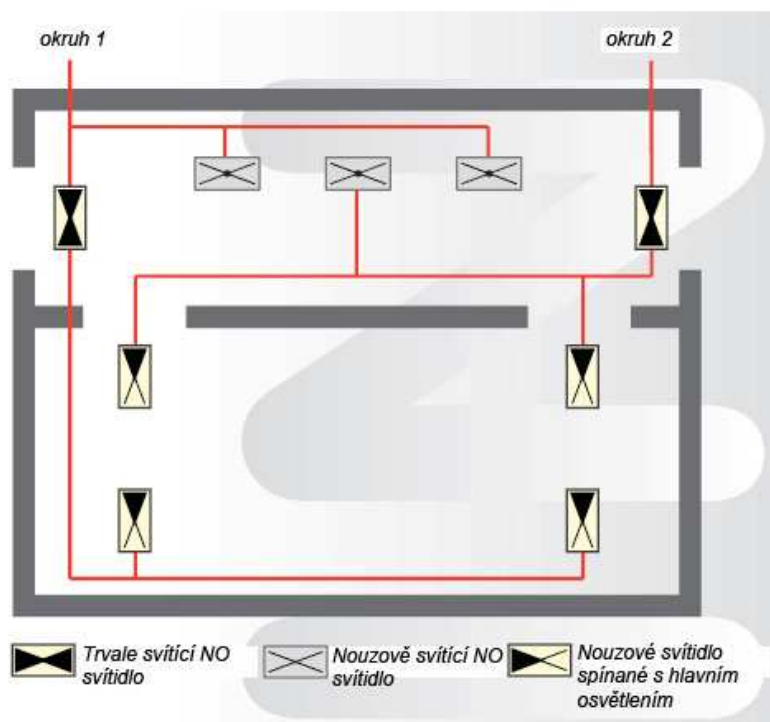
Mezi nejpokročilejší centrální systémy NO patří řada CPS od německé firmy INOTEC. Tato systémová řada je charakterizována plně automatickým monitoringem zahrnující adresný monitoring a detekci poruchy každého jednotlivého svítidla bez použití přídavné datové linky. Technologicky je tento postup zajištěn modulováním datového signálu na nosnou frekvenci napájecího napětí. Řada systému INOTEC je vybavena inovovaným systémem pracujícím na oddělených sběrnicích vnitřního a vnějšího datového okruhu, zálohováním svítidel která jsou spínána i jako součást hlavního osvětlení, záznamovou funkcí pro zálohu sledovaných dat, zapojením do systému ethernet pro sledování po LAN síti a řadou dalších výhod.

Centrální systém nouzového osvětlení je řízen lokální řídicí jednotkou ve skříní stroje. Řízení a správa však může být zajištěna i na dálku prostřednictvím protokolu ethernet nebo http a specializovaného software. Jednotlivé okruhy nouzového osvětlení mohou být monitorovány, řízeny a nastavovány. Mohou být nastaveny jako trvale svítící nebo svítící pouze v případě výpadku hlavního napájení. Celý systém umožňuje inteligentní začlenění nouzových svítidel do hlavní osvětlovací soustavy a řízení jejich spínání v závislosti na hlavním osvětlení se zachováním všech požadavků pro automatické sepnutí do nouzového provozu.

*Klasické zapojení jednotlivých okruhů*



*Zjednodušené zapojení okruhů prostřednictvím JOKER technologie*

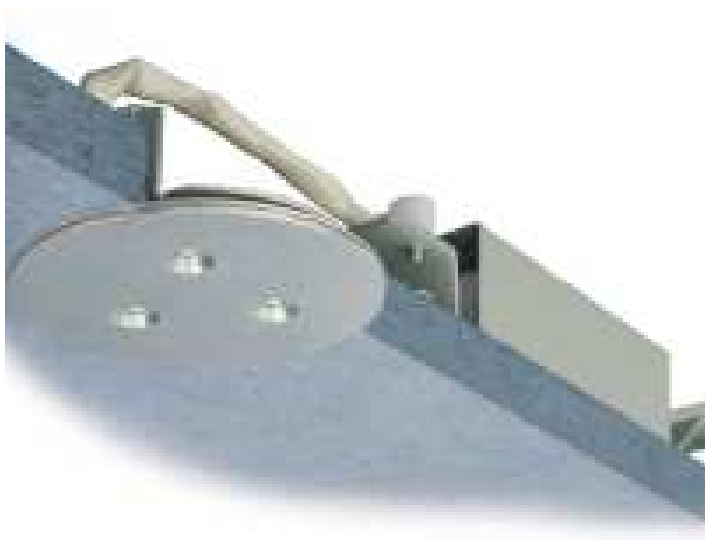




Modifikovanou verzí adresného monitoringu je technologie JOKER, pomocí níž lze návrh okruhů NO osvětlení značně zjednodušit. Všechna svítidla nouzového systému totiž mohou být řazena na stejné okruhy bez ohledu na to, zda-li jsou trvale svítící tedy při výpadku napájení i při běžném provozu, nebo pokud jsou pouze nouzově svítící v případě výpadku ale i v případě, že jsou svítící nouzově a spínána společně s hlavním osvětlením. Tento fakt samozřejmě vede i k úsporám na kabeláži vedené k nouzovým svídlům.

### Využití technologie LED

Hlavním požadavkem centrálních systémů NO je splnit všechny požadované parametry nouzového osvětlení dané normativními předpisy. Zároveň je potřeba minimalizovat odběr proudu z centrálního zdroje. Za tímto účelem je vhodné volit pro nouzové osvětlení svítidla s nízkoodběrovým zdrojem. Zcela neefektivnějším se pak jeví využití technologie LED, která umožňuje splnit požadované hodnoty osvětlenosti při minimálním odběru zdroje.



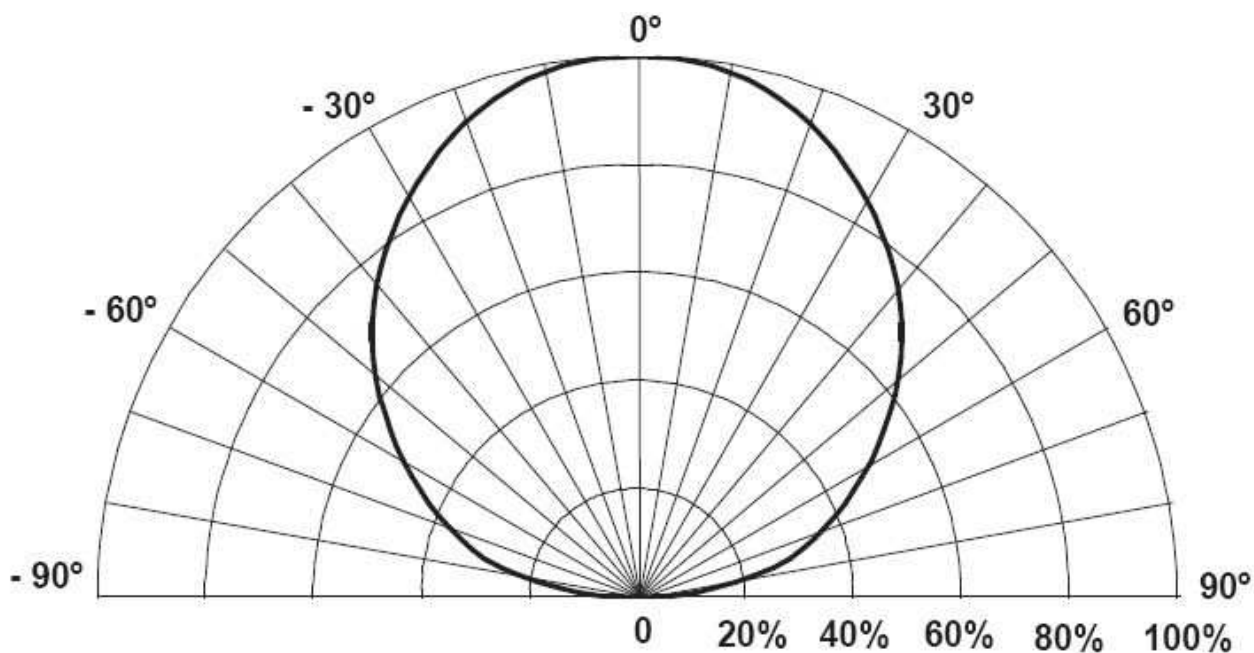
➤ Obrázek 2: Prototyp LED svítidla

Výhodou LED zdrojů je nejenom nízká energetická spotřeba, ale také celá řada možných vyzařovacích charakteristik. Snadno tak lze použít vhodný typ vyzařování LED pro různé speciální požadavky jednotlivých aplikací. Zatímco pro osvětlení únikové cesty je pokud možno potřeba zejména osvětlit osu úniku na min 1lux, při osvětlení protipanického je požadavek na co nejširší vyzařovací charakteristiku pro dosažení co nejrovnoměrnějšího osvětlení prostoru na min 0,5lux.

V nově vyvinutém prototypu LED nouzového svítidla jsou použity zdroje LED Luxeon Rebel. Vlastní LED má velikost 1 mm<sup>2</sup> a je umístěna na destičce o rozměru 3 x 4,5 mm. Čip je uložen na keramické podložce a je pod silikonovou čočkou ve tvaru polokoule. Rebel má provozní proud mezi 350 až 1000 mA v bílé barvě neutrální (3500-4500K). Maximální dosažená účinnost je zhruba 72 lm/W. Životnost, tj. svítivost větší než 70% originální hodnoty, je udávána na 50.000 hodin. Předpokládá se použití na 700 mA a teplota LED do 135 stupňů Celsia, při vyšších proudech či teplotě bude životnost samozřejmě nižší.



➤ Obrázek 3: Použitá LED



➤ Obrázek 4: Vyzařovací charakteristika pro bílou LED Luxeon

## Závěr

S ohledem na nesporné výhody centrálních systémů NO se dá předpokládat, že s výjimkou malých aplikací do cca 20 nouzových svítidel, je jejich použití ideální jak z hlediska snadné údržby, tak z hlediska úspory provozních nákladů. Pro dosažení co nejlepšího poměru mezi cenou a výkonem je nutné zvážit typ monitoringu při současném splnění všech požadovaných parametrů. Nespornou výhodou je i možnost použití LED zdrojů, které značně šetří potřebné kapacity baterií a zároveň mají dlouhou životnost.

## Literatura a odkazy

- [1] Penn, I., Problematika nouzového osvětlení a využití technologie led, SLOVALUX 2007, Nové Zámky, ISBN 978-80-969403-6-3 (CD-ROM)
- [2] Jager, H., Internal technical materilas of INOTEC technologies
- [3] PHILIPS LED Luxeon technical book

# Energetické rušenie výbojových svetelných zdrojov a ich predradníkov

Ing. Marek Pípa

STU-FEI-KEE Bratislava, marek.pipa@stuba.sk

## Anotácia

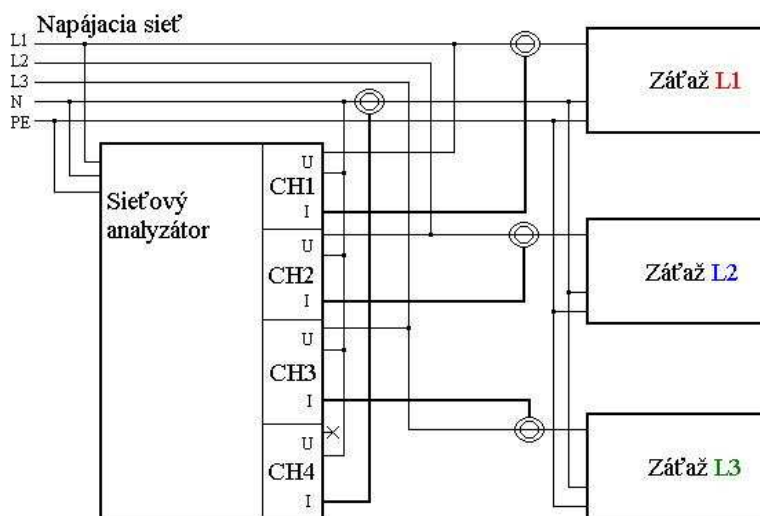
V rámci grantovej úlohy zameranej na problematiku energetického rušenia sme vykonali merania rôznych typov a zapojení spotrebičov. Medzi iným i výbojových svetelných zdrojov. V príspevku uvádzame výsledky meraní výbojových svetelných zdrojov v trojfázovom symetrickom zapojení. Konkrétne halogenidových výbojok v rôznych typických zapojeniach a kompaktných žiaroviek. Tieto výsledky by mali slúžiť ako typická charakteristika konkrétneho typu záťaže pre simulácie prevádzkových stavov v distribučnej sústave, no môžu byť zaujímavými i z pohľadu bežného elektroprojektanta.

## 1. Úvod

V tomto príspevku sa zaoberáme skúmaním vytypovaných symetrických trojfázových záťaží z pohľadu ich ovplyvňovania napájacej siete. Obsah vyšších harmonických v prúde odoberanom nelineárnou záťažou spôsobuje skreslenie napäťovej vlny sieťového striedavého napájacieho rozvodu. Je to zapríčinené vlastnosťami napájacej siete, ktorú z pohľadu spotrebiteľa môžeme brať ako napäťový striedavý zdroj (do istej miery neharmonickým a v určitom intervale premenlivým priebehom napätia blízkym sínusovému) s internou impedanciou, ktorá je tiež do istej miery nelineárna. Na tejto impedancii vzniknutý úbytok napätia, ktorého priebeh okamžitej hodnoty sa podľa druhého Kirchhoffovho zákona prejaví ako deformácia napájacieho napätia nami pripojenej záťaže. Samozrejme vnútorná impedancia nášho fiktívneho sieťového zdroja je v skutočnosti extrémne zložitým systémom, kde prúd odoberaný našou záťažou je tiež príčinou zmeny priebehu napätia zdroja iného odberateľa (rozvodnú sieť si treba predstaviť ako sústavu vzájomne previazaných napríklad T a  $\Pi$  článkov, na ktorých po zjednodušení siete pre iného odberateľa sa nami odoberaný neharmonický prúd prejaví aditívne ako „úbytok“ napätia konkrétnych harmonických na jeho výslednom článku medzi ním a ideálnym zdrojom). Takto vznikajúce energetické rušenie je generované aj výbojovými svetelnými zdrojmi ktoré sú samotné nelineárnou záťažou – priamo sa prejavujú v zapojení s konvenčným (induktívnym) predradníkom (KVG). Taktiež elektronické predradníky (EVG) najmä bez PFC (Power Factor Corrector) obvodu (najmä vo veľkej miere rozmáhajúce sa kompaktné žiarivky) sú často zdrojmi takéhoto rušenia.

## 2. Meranie

Všetky elektrické merania (ktorých výsledky sú uvedené v tomto článku) boli uskutočnené v zapojení, ako ho vidíme na obr.1

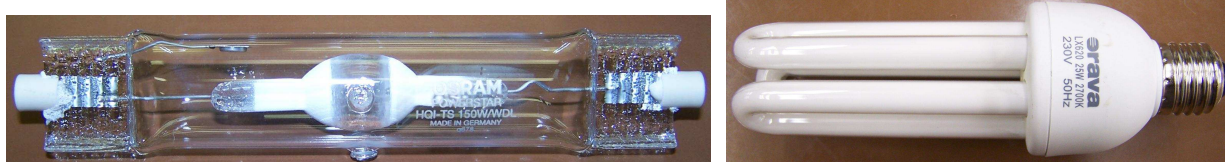


Obr.1: Zapojenie pre merania a analýzu trojfázovej záťaže

Ako merané vzorky (zátáže z obr.1) boli použité vždy tri rovnaké svetelné zdroje s rovnakým predradným prístrojom. V tomto príspevku si uvedieme štyri konfigurácie ktoré sú nasledovné:

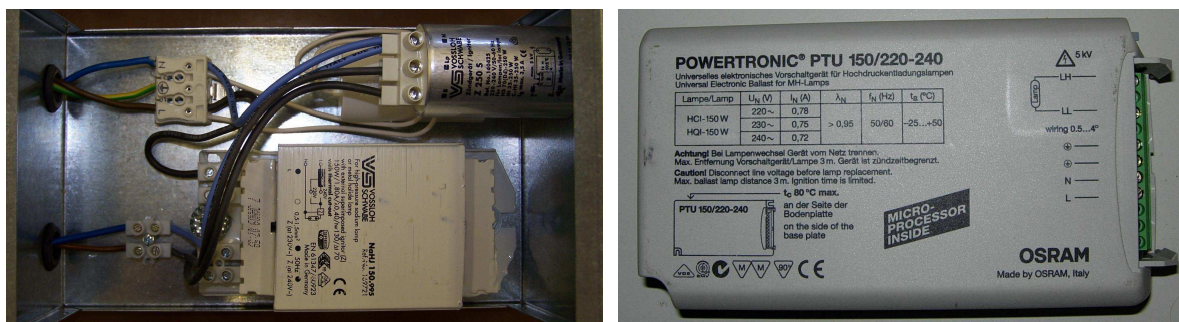
- 3x halogenidová výbojka HQI-TS 150W TS s indukčným predradníkom – tlmička VOSSLOH SCHWABE NaHJ 150W/1,80A/ $\lambda$ 0,40/tw130/ $\Delta$ t70, zapaľovač VOSSLOH SCHWABE Z250S – bez kompenzačného kondenzátora
- 3x halogenidová výbojka HQI-TS 150W TS s indukčným predradníkom – tlmička VOSSLOH SCHWABE NaHJ 150W/1,80A/ $\lambda$ 0,40/tw130/ $\Delta$ t70, zapaľovač VOSSLOH SCHWABE Z250S – s kompenzačným kondenzátorom (MECO 20 $\mu$ F/250V)
- 3x halogenidová výbojka HQI-TS 150W TS s elektronickým predradníkom (OSRAM POWERTRONIC PTU 150/220-240 150W (s PFC obvodom)
- 3x kompaktná žiarivka ORAVA LX620 25W 2700K 230V 50Hz zo zabudovaným elektronickým predradníkom (bez PFC obvodu)

Použitie svetelné zdroje môžeme vidieť na obr.2.



➤ Obr.2: Použitie svetelné zdroje (halogenidová výbojka OSRAM – vľavo, kompaktná žiarivka ORAVA – vpravo)

Indukčný a elektronický predradný prístroj použitý pre halogenidovú výbojku je na obr.3.



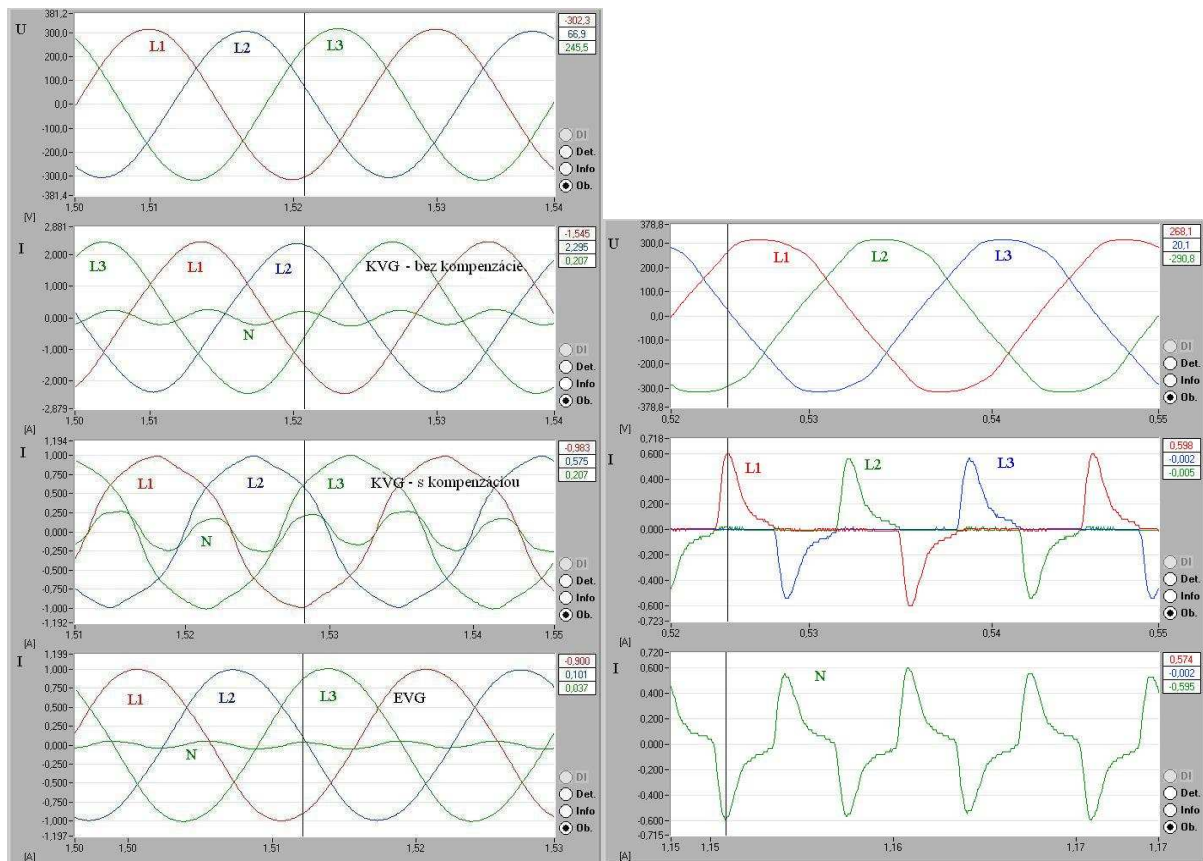
➤ Obr.3: Indukčný (KVG - vľavo) a elektronický (EVG – vpravo) predradný prístroj pre výbojku

Napájanie bolo realizované zo sieťového rozvodu pri sledovaní obsahu vyšších harmonických napätí a celkového harmonického skreslenia napäťovej vlny. Vlastné meranie bolo zabezpečené sieťovým analyzátorom – BK ELCOM 550.

### 3. Výsledky meraní

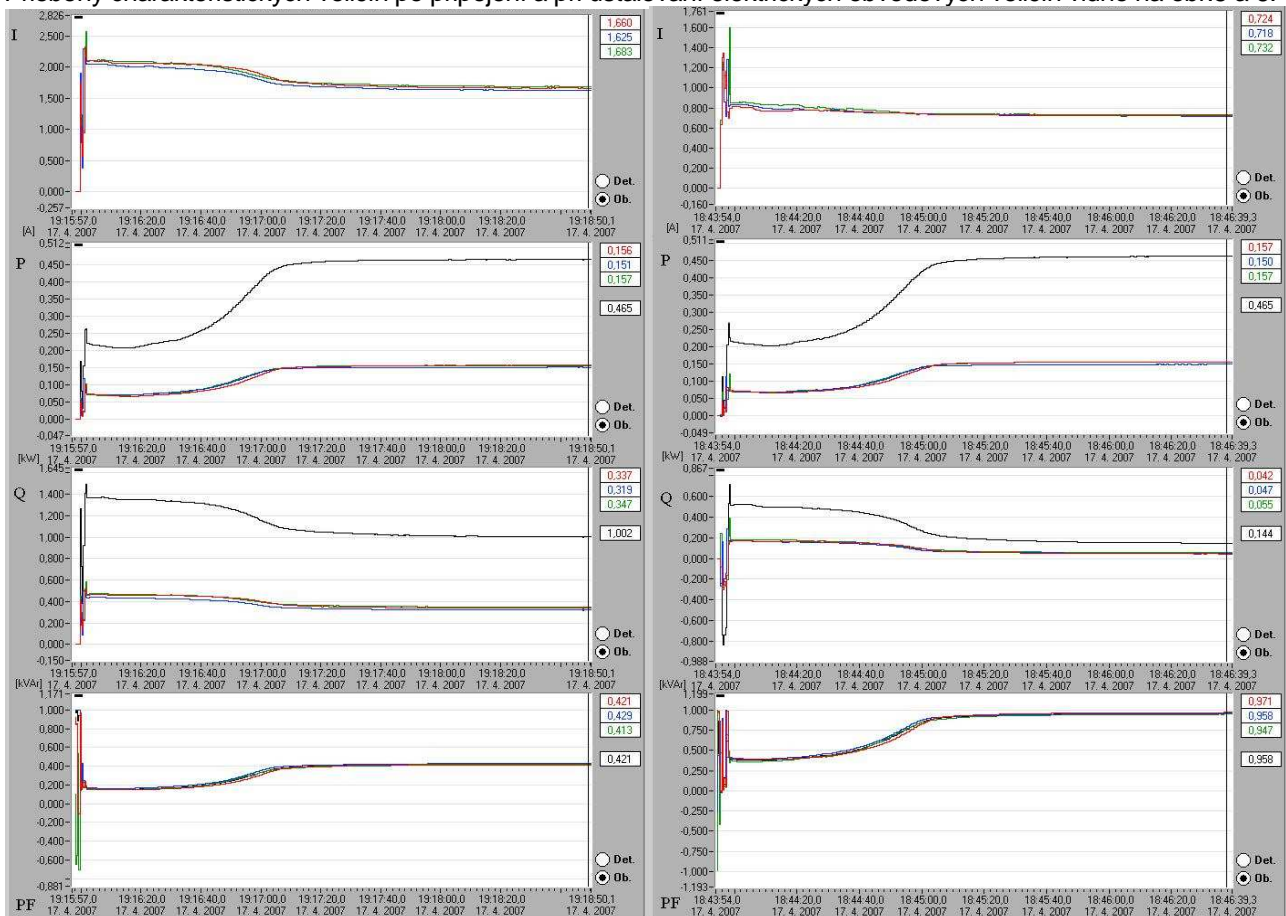
Z pohľadu napájacích rozvodov je dôležité sledovať veľkosť prúdu, ale i jeho priebeh a to nielen fázovým ale aj neutrálnym vodičom, čo sa dosť často najmä v bežných elektroinštaláciách opomína. Je potrebné si uvedomiť, že pri nelineárnych i úplne symetrických zátaziach (samozrejme zapojených do hviezdy – zvyčajne zariadenia pre pripojenie na fázové napätie) prúd nulovým vodičom s veľkou pravdepodobnosťou nebude nulový. Všimnime si najmä fakt, že prúd nulovým vodičom pri bežných kompaktných žiarivkách je približne trojnásobkom fázového prúdu - najlepšie to vidíme na priebehu okamžitých hodnôt prúdov tečúcich jednotlivými fázami v porovnaní s prúdom v neutrálnom vodiči (obr.4). Je to dané významným obsahom najmä tretej harmonickej prúdu, respektíve tým, že takéto zariadenia spravidla neobsahujú PFC obvod. Treba si uvedomiť, že používanie kompaktných žiariviek najmä z dôvodu racionalizácie spotreby elektrickej energie v osvetľovaní ako náhrada za žiarovky je relatívne masovým javom a teda treba rátať i v modeloch sústavy s ich vplyvom. Samozrejme s týmto javom je nutné rátať i pri návrhoch elektroinštalácií a to najmä z pohľadu dimenzovania vedení.

Z priebehov uvedených na obr.4 jasne vyplýva, že elektronický predradník (EVG) pre halogenidovú výbojku obsahuje PFC obvod, nakoľko jeho prúdový odber je takmer sínusový.

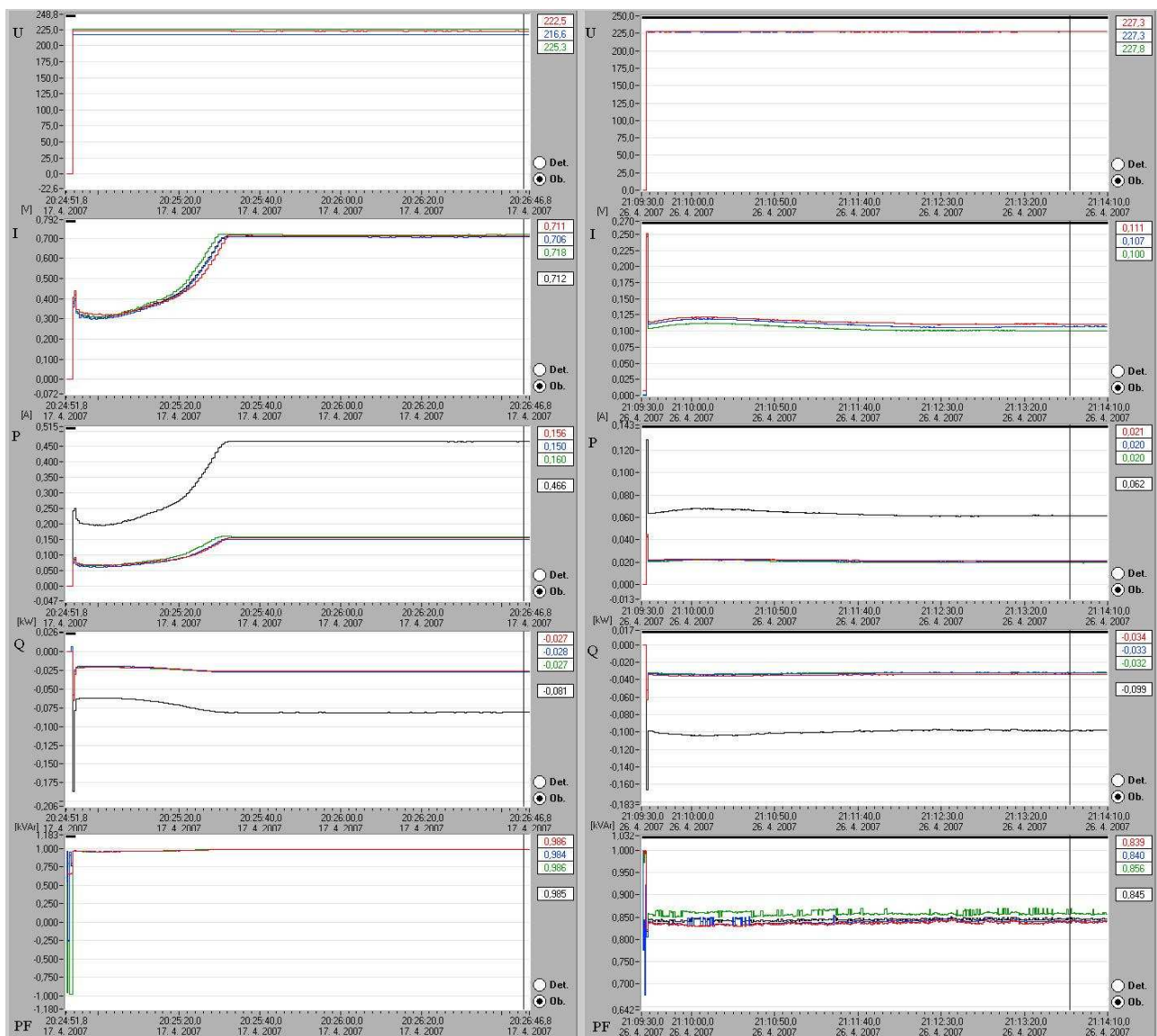


➤ Obr.4: Priebehy okamžitých hodnôt napätí a prúdov (halogenid. výbojky vľavo, komp. žiar.vpravo)

Priebehy charakteristických veličín po pripojení a pri ustávaní elektrických obvodových veličín vidno na obr.5 a 6.

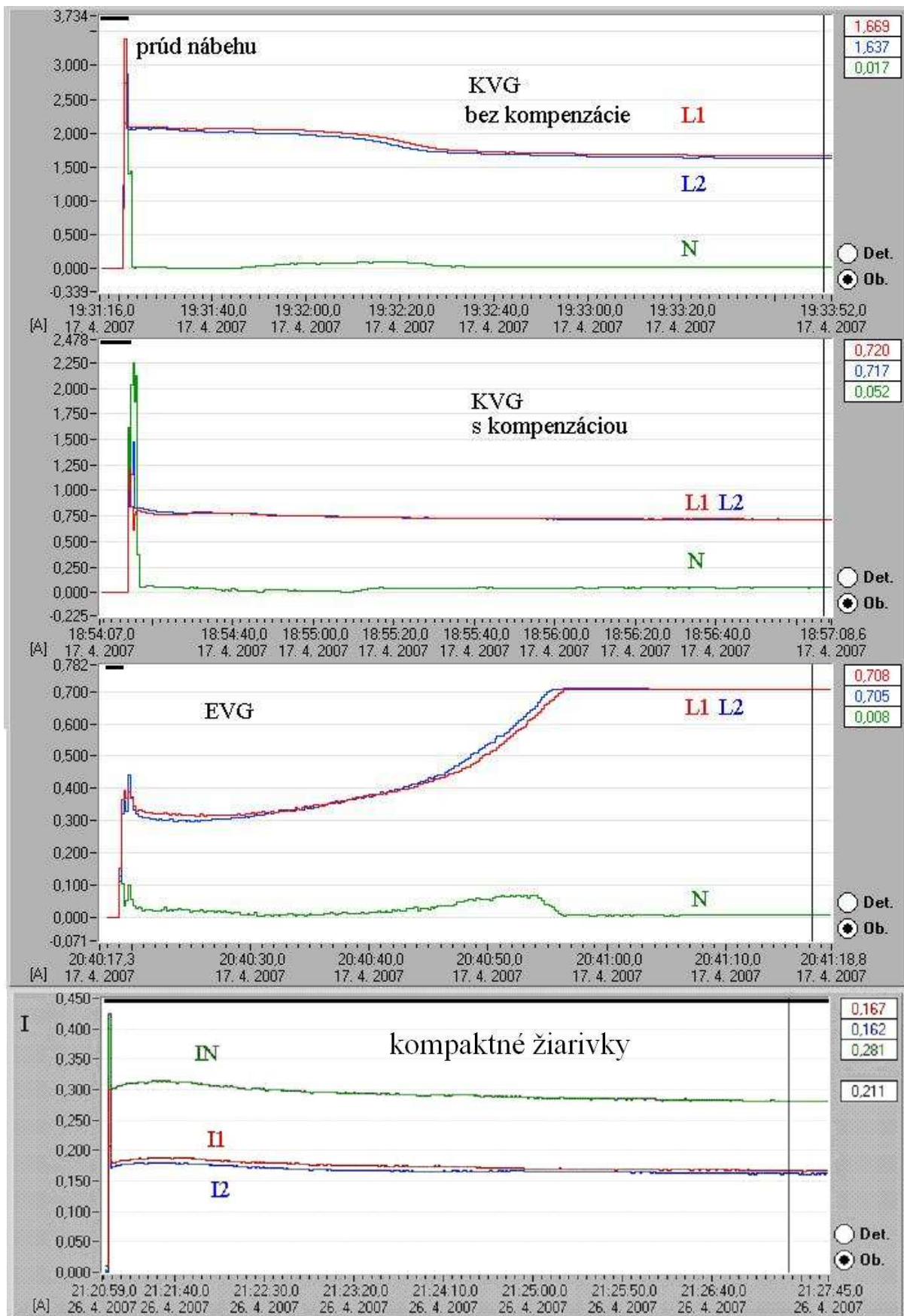


➤ Obr.5: Priebehy charakteristických veličín – KVG bez kompenzácie (vľavo), KVG s komp.



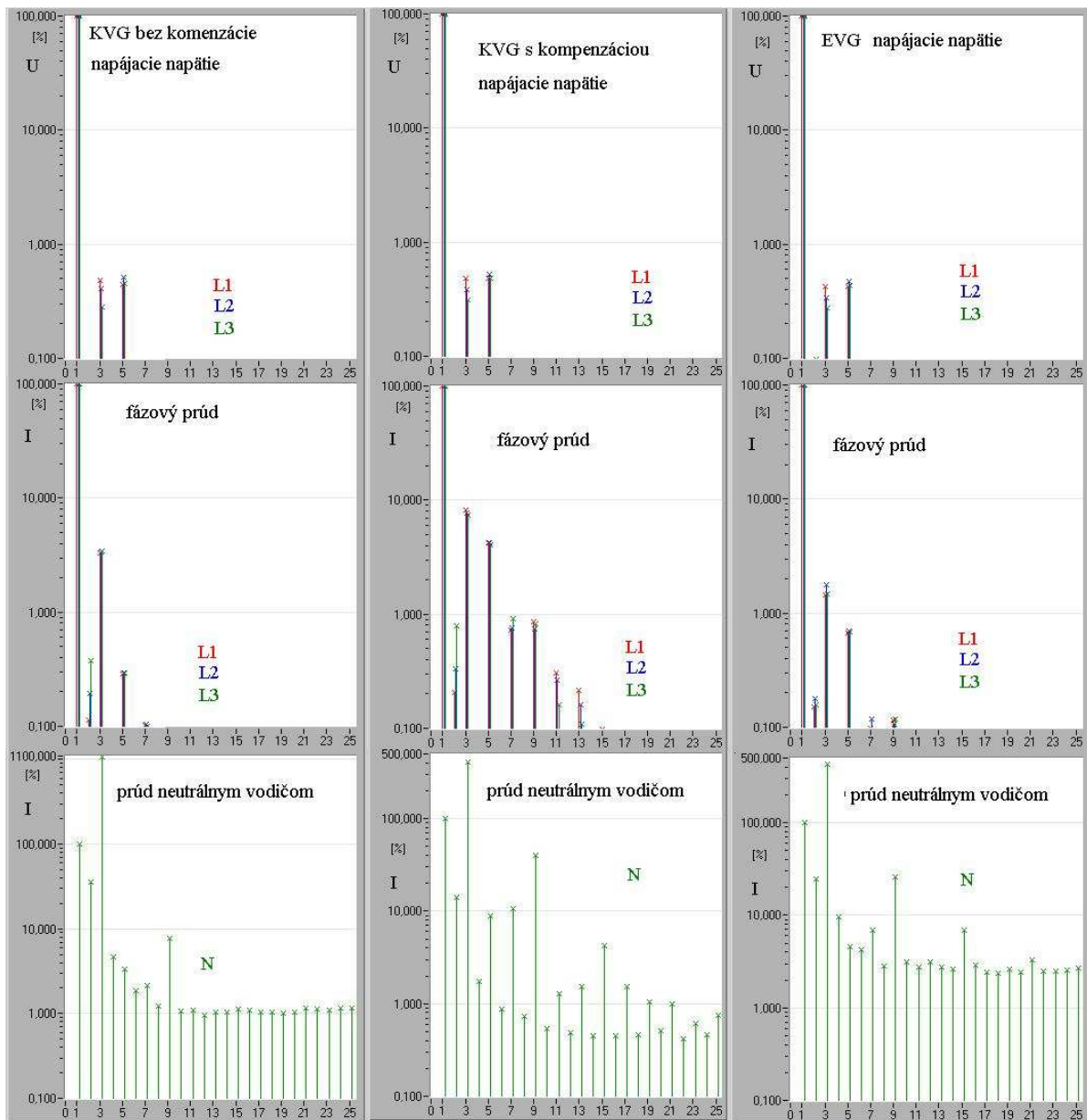
➤ Obr.6: Priebehy charakteristických veličín pri nábehu – EVG + výbojky (vľavo), kompaktné žiarivky

Na obrázkoch 5 a 6 vidíme typické priebehy ustáľovania charakteristických elektrických obvodových veličín z pohľadu napájania rôznych druhov svetelných zdrojov s konkrétnymi typmi predradníkov po ich pripojení na sieť. Tu si môžeme všimnúť napríklad výhodu elektronických predradníkov pre výbojky – odoberaný prúd počas nábehu neprekročí hodnotu nominálneho ustáleného prúdu, čo s výhodou môžeme využiť pri dimenzovaní rozvodov a istiacich prvkov. Nemusí to však platiť rovnako u každého výrobcu elektronických predradníkov – ako to vidíme v prípade prúdu kompaktné žiarivky (ktorá má zabudovaný EVG). Pre lepšiu názornosť porovnania vidíme priebehy iba prúdov na obr.7.

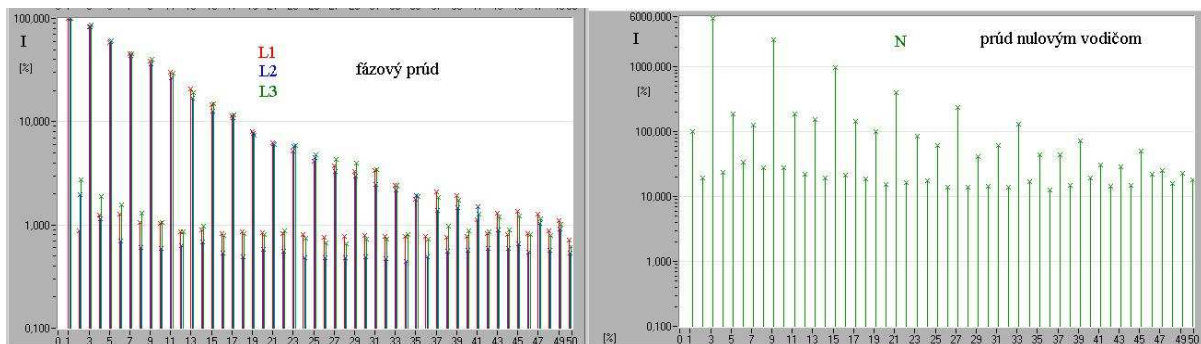


➤ Obr.7: Porovnanie prúdov fázovými vodičmi a nulovým vodičom pri rôznych typoch záťaže (zhora: halogenidová výbojka s KVG bez kompenzácie, s KVG s kompenzáciou, s EVG, kompaktné žiarivky)

Obsah vyšších harmonických napätí a prúdov vidíme na obr.8 a 9.



➤ Obr.8: Obsah vyšších harmonických napätí a prúdov pri halogenidových výbojkách KVG bez kompenzácie (zľava) , KVG s kompenzáciou, EVG



➤ Obr.9: Obsah vyšších harmonických prúdov pri kompaktných žiarivkách

Vyššie harmonické napätia sú v priebehu napájacieho napätia z dôvodu využívania bežného sieťového rozvodu pri meraní, ktorý je nimi „znečistený“ inými spotrebiteľmi a vlastnosťami samotnej prenosovej a distribučnej siete ako bolo naznačené v úvode. Optimálne by bolo použiť trojfázový laboratórny zdroj čistého sínusového napätia, no takéto sme nemali k dispozícii. Počas merania bolo sledované celkové harmonické skreslenie napätia, ktoré neprekročilo 3% základnej harmonickej. Na obr.8 a 9 je vidno vyššie harmonické prúdy tečúce fázovými vodičmi a neutrálnym vodičom. Pri prúde neutrálnym vodičom vidno všeobecne výrazné zastúpenie 3, 9 a 15-tej



harmonickej. Pri kompaktnej žiarivke vidíme široké spektrum výrazných harmonických, pričom neutrálnym vodičom tečú výraznejšie prúdy vyšších harmonických.

#### 4. Záver

Zmerané priebehy môžu byť použité ako charakteristiky typových zástupcov parciálnej záťaže, vyskytujúcej sa v elektrizačnej sústave. Tieto typy záťaží sa snažíme i takýmto spôsobom parametrizovať, aby bolo možné v modelových riešeniach využívať čo najvýstižnejšie charakteristiky pre čo najlepšie výsledky. Tieto výsledky však môžu poslúžiť i bežným elektro-projektantom, aby vedeli lepšie zväžiť možnosti a potreby jednotlivých typov tu uvedených záťaží.

Tento príspevok vznikol s podporou agentúry pre podporu vedy a techniky na základe zmluvy číslo APVT-20-002004

#### Literatúra

- [1] Janíček, F., eleschová, Ž., BELÁŇ, A.: Monitoring of electric power quality in administrative building. Zeszyty Naukowe Nr 315/2006 – Elektryka z. 56. Wydzial
- [2] GAŠPAROVSKÝ, D., KRASŇAN, F., PÍPA, M.: Measurements of Lighting and Electrical Parameters of Compact Fluorescent Lamps. In: Lux Junior 2005. Tagungsberichte. Ilmenau : Technische Universität, 2005. CD-Rom. Konferencia: 7. Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs Lux Junior 2005. Dörfeld bei Ilmenau, Germany, 23.-25.9.2005.
- [3] GAŠPAROVSKÝ, D., KRASŇAN, F., PÍPA, M.: Analyses of Properties of Electronic Ballasts for High Pressure Sodium Lamps and Energy Saving Options by Applications of Electronics Ballasts to Streetlighting. In: Lux Junior 2005. Tagungsberichte. Ilmenau : Technische Universität, 2005. CD-Rom. Konferencia: 7. Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs Lux Junior 2005. Dörfeld bei Ilmenau, Germany, 23.-25.9.2005.
- [4] PÍPA, M., KRASŇAN, F., GAŠPAROVSKÝ, D.: Vplyv hromadného nasadenia kompaktných žiariviek na kvalitu siete. In: Zborník zo 16. medzinárodnej konferencie SVETLO 2005. Bratislava : TYPHOON, 2005. s. 117-121. Jasná – Nízke Tatry, (SR), 19.-21.10.2005. ISBN 80-969403-0-9
- [5] Beláň, A., Eleschová, Ž., Gašparovský, D., Krasňan, F., Pípa, M.: Monitoring of electric power quality in lighting installation. Proceeding of the conference LUMEN V4, 2006, Balatonfured, Hungary 2006.
- [6] Gašparovský, D., Beláň, A., Eleschová, Ž.: Monitoring of Electric Power Quality in Electrical Installations of Buildings. Proceeding of the 12th International Conference EI 2006, Šibenik, Croatia 2006,

# Metodika hodnocení osvětlení tunelů

Doc.Ing. Jiří Pích, CSc.,  
Světelná technika Brno

## Úvod

Již od prvopočátků naší novodobé historie jsme se setkávali s pojmem „tunel“, obdivovali jsme je v zahraničí a konečně došlo i u nás k praktickým realizacím, které ve většině případů zpříjemňují jízdu motoristům.

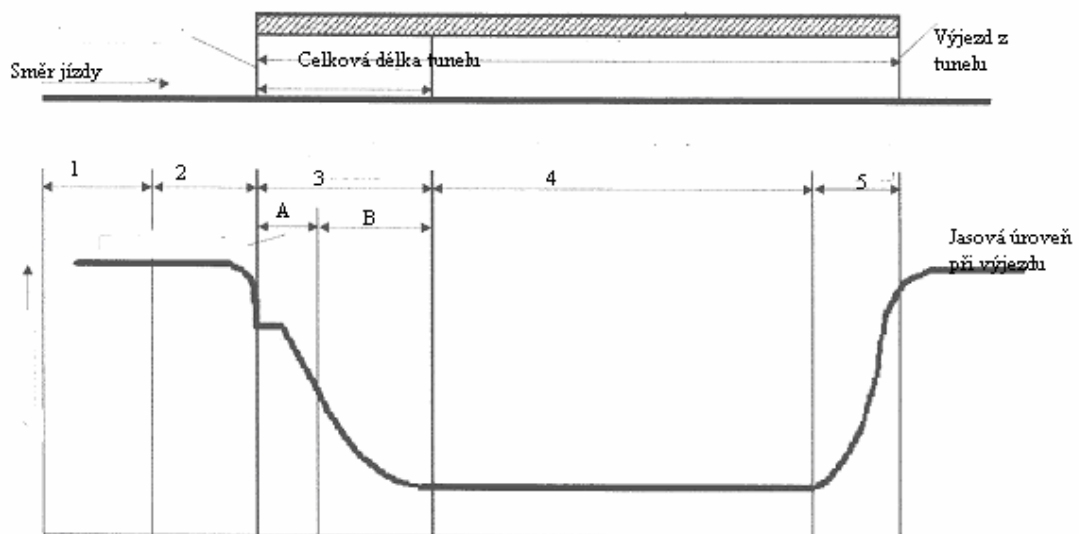
Každé takové dílo ovšem musí projít kolaudačním řízením u kterého je vyžadován protokol, deklarující, že hodnoty vypočítané, vyprojektované osvětlení, je zcela v souladu se závaznými hodnotami příslušných technických předpisů..

Realizace hodnocení a posuzování takových měření jsou popisována v celé řadě publikací, předpisů a norem. Ne všechny návody jsou, podle podrobných analýz, pro hodnocení jasových poměrů, vhodné. Na tyto skutečnosti má poukázat i tento příspěvek.

Ve svém důsledku má vést k tomu, aby se prokázalo, že bude nutné a potřebné realizovat řadu změn jak v návrhových postupech, tak hlavně v hodnocení a posuzování osvětlovacích soustav tunelů na straně jedné, ale na straně druhé bude žádoucí prokázat, že právě tato osvětlovací soustava bude pro provozovatele tím nejoptimálnějším řešením z pohledu provozních nákladů.

## Základní schéma posuzování osvětlovací soustavy tunelů

Na následujícím obrázku je naznačen podélný průběh čáry jasu, který musí být splněn pro návrhovou rychlost vozidel v tunelu.



Obr.1 – Průběh čáry jasu před tunelem, v tunelu a při výjezdu z tunelu

Pro vlastní posouzení potom přicházejí v úvahu části tři, označené číslicemi 3, 4 a 5.

Jasové úrovně jsou potom stanoveny pro návrhovou rychlost v závislosti na denní jasové úrovni, obdobě potom při naplnění prostoru tmou. Při návrhu je definované výpočtové pole se sítí ve kterých se stanoví úroveň osvětlení, případně jasu.

## Požadavky na měření jasů

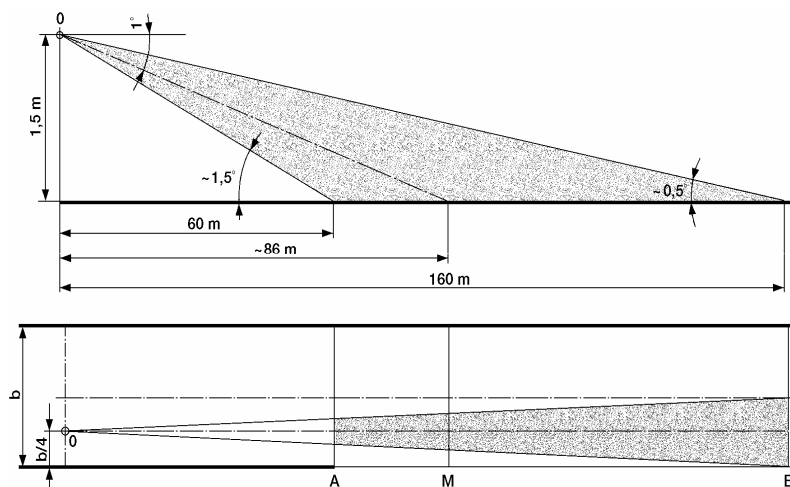
Předpokládejme aplikaci měřicího přístroje – časoměru, pro který je předepsán :

- měřicí úhel v úhlových minutách
  - vertikální rovina do 2 minut,
  - horizontální do 20 minut
- úhlové nastavení v rovině vertikální ( $89^\circ \pm 0,5^\circ$ )  
pro výšku nastavení 1,5 m,
- základní postavení 60 m před měřicím polem.

Tyto požadavky jsou v podstatě odvozeny od zorného pole řidiče, které ukazuje, že výchozí hodnoty postavení měřicího přístroje a jeho úhlové nastavení jsou od něho odvozeny.

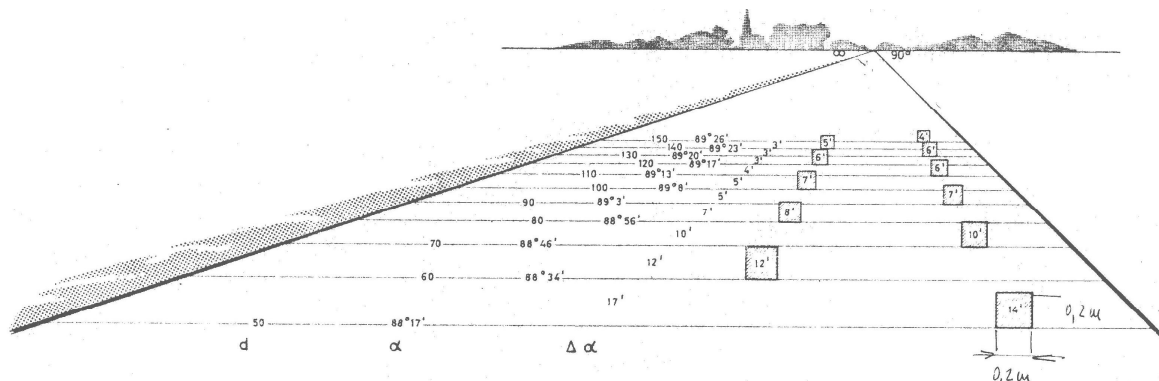
V podstatě jde o foveální vidění řidiče s rozsahy uváděnými na obrázku 3.

V bodě 0 – stacionárně pojmáno jde o kužel, je ve vzdálenosti 60 m před řidičem má na vozovce základnu o šířce 0,520m (bod A). Ve vzdálenosti 86 (bod M) (někdy se uvádí 100)m je to potom 1,0 m a ve vzdálenosti 160 m před řidičem (bod E) jde o základnu o šířce 1,39m.



Obr. 3 – Zorné pole řidiče

Vydeme-li ze skutečnosti, že celkové zorné pole je daleko větší jsou při jízdě daleko zajímavější z hlediska dopadů na hodnocení a posuzování poměry, uváděné na obrázku 4.



Obr. 4 – Perspektivní pohled s vyznačenými základními úhlovými hodnotami

Z těchto úhlových poměrů potom vychází, že nastavení měřicího přístroje s hodnotou  $89^\circ \pm 0,5^\circ$  se blíží vodorovnému postavení, které je někde na vzdálenosti 160 m a více, což lze v této fázi považovat za irelevantní skutečností vyplývající ze zrakového vnímání. Ten úhel postavení by měl být v souladu s bodem nastavení M (86-100 m).

Kdybychom pro tento případ aplikovali jasoměr např. Minolta s měřicím úhlem  $1^\circ$  Pro výše uvedené nastavení, potom by měřicí plocha snímaná byla tvořena elipsou (řez kuželem) kde poloosa **a** v podélném směru by měla rozměr 11,46 m, poloosa **b** v příčném směru 3,76 m. Celková měřená plocha, při uvedeném nastavení, by potom byla  $135 \text{ m}^2$  !! Z tohoto důvodu je potom požadováno, aby měření jasů na pozemních komunikacích bylo realizováno jasoměrem, který omezuje celkový úhel měřicího kužele na 2 obloukové minuty ve svislé rovině (120 " úhlových sekund), a ve vodorovné rovině 20 obloukových minut (1 200 " úhlových sekund).

Ani v tomto případě nejde o žádné malé plochy, jak ukazují podrobné výpočty. To je další problém k řešení."

Požadavky na časoměry jsou obecně vztaženy k jednotlivým třídám přesnosti, tak jak je známe.

Přesnost	Typ měření	Celková přípustná chyba v %		Třída
		Luxmetry	Jasoměry	
L	Laboratorní	± 3	± 5	1
A	Přesné	± 5	± 7,5	2
B	Provozní	± 10	± 10	3
C	Orientační	± 20	± 20	4

TAB.I. - Přípustné chyby luxmetrů a jasoměrů pro jednotlivé třídy

### Moderní měřicí technika

Za základ pro měření a hodnocení jasových poměrů tunelů se musí stát moderní měřicí technika, která bude založena na jasovém analyzátoru např. LMK 2000 – Vario firmy TECHNO TEAM – Německo, jehož základní technické údaje jsou uvedeny níže.

a) Technická data optického systému

Technická data objektivu	
Typ	D-Vario-Apogon
Ohnisková vzdálenost	Zoom, 10 – 30 mm
Obrazový úhel záběru	2u = 82° * 69° (f = 10mm) 2u = 32° * 26° (f = 30mm)
Vzdálenost	Autofokus – od 0.6 m – ∞ Manuálně od 7 cm – ∞ pro (f = 10mm) od 2 cm – ∞ pro (f = 30mm)
Clona	K = 2,8 ; 4,0 ; 5,6 ; 8,0 ; 11,0

b) Parametry a přesnost realizovaných měření :

Parametry měření	
Měřicí rozsah jasů	3 ÷ 200 000 cd/m <sup>2</sup> ÷
Měřicí rozsah	Podle nastavení clony a expozice
Odchylka přizpůsobení V <sub>(λ)</sub>	Teplotní zdroje a D 65 <5% Zářivky, MHN-T <10 %
Jasová nejistota	F <sub>2,u</sub> <1,5 %
Kalibrační jistota	< 3,0 %

c) Technické možnosti vyhodnocování jasových analýz

Možnosti vyhodnocování		
Měřicí rozsah jasů	3 ÷ 200 000 cd/m <sup>2</sup> ÷	
Velikost čipu	X = 10,2 mm	Y = 8,2 mm
Aktivní pixely	X = 1 360	Y = 1 024
Rozměr pixelu	6,45 x 6,45 μm	
Zorné pole	X	Y
F = 10	54°	45°
	155 "/pixel	167 "/pixel
F = 30	19°	16°
	51 "/pixel	56 "/pixel

TAB.II. – Souhrn základních technických parametrů jasového analyzátoru LMK 2000

Ani v tomto případě, kdy jsou dosahovány hodnoty 51 "/pixel/56 "/pixel, při dnes stanovených výchozích podmínkách, v žádném případě nemůže jít o „body“, jak se uvádí v technickém předpise a obecně platí - jas bodu je nesmysl.

## Vlivy ovlivňující měření a posuzování

Vlivy ovlivňující vlastní měření jasů jsou potom tyto :

- a) Povrch vozovky je nový, nestabilizovaný a skutečných odrazných vlastností nabývá povrch až po roce provozu.
- b) Čistota povrchu vozovky tubusu. Povrch částečně znečištěný má potom proměnné vlastnosti.
- c) Ovládání a signalizace stavů osvětlení tunelů

## Ostatní měřicí přístroje

Měření sklonu vozovky v tunelu a nastavování měřicího přístroje musí také odpovídat všem platným zásadám a proto lze jen doporučit digitální úhломěr firmy Paget Trading Ltd., London, Great Britain, typ Z16666 s přesností úhlového nastavení  $\Delta = \pm 0.03^\circ$

## Závěr

Ve zkráceném příspěvku lze mít za prokázané, že podle stávajícího technického předpisu, kde je definované výpočtové pole a měřicí síť pro stanovení jasů je naprosto nedokonalý z ohledem na skutečnosti, že žádný přístroj na světě není schopen měřit jas bodu.

Jestliže se má obecně vycházet při deklarování jasových hodnot v jednotlivých částech tunelu v souladu s požadavkem technického předpisu, který je navíc závazný, potom musí být vycházet z ploch, které jsou vymezeny foveálním viděním. Při rychlosti 80 km/hod (odpovídá 22,25 m/s) při posuzování v síti bodů např po 4,5 m, je čas průjezdu 0,202s a nemá prakticky žádnou relevantní odezvu, kdež při základní vzdálenosti posuzování 40 m, je odezva plně v souladu s možnostmi a tato jasová hodnota se musí stát základem celého posuzování.

Této úproblematace je nutné vsnovat v blízké budoucnosti vtěšit pozornost, chaotické přejímání některých ustanovení nepovede nikdy k dobrému cíli.

## Literatura a související předpisy

- [1] Pich, J.: Zrakové vnímání řidiče  
Sylaby přednášek kurzu  
Ustav soudního inženýrství VUT v Brně, 2006
- [2] Pich, J. : Světelná technika v praxi,  
IN EL Praha, 1999, stran 210  
ISBN80-86230-09-0
- [3] Pich, J.: Zrakové vnímání řidiče  
Mezinárodní konference SVĚTLO 2000  
Ostrava 2000, strana 350-360 ""  
ISBN 80-7078-789-9
- [4] Pich .J.: Markytán, A.: Aplikace jasového analyzátoru  
Mezinárodní konference s výstavou SVĚTLO 2000  
Ostrava 2000, strana 257-263  
ISBN 80-7078-789-
- [5] Pich, J., Mudroň, M.: Vyhodnocení osvětlení dálničního tunelu Valík  
Brno 2006, stran 16 + 6 protokolů
- [6] Sokanský, K., Pich, J., Žwak, Zd.: Vyhodnocení osvětlení dálničního tunelu Sitina  
Ostrava 2007, celkem 44 stran
- [7] České technické podmínky - TP 98  
Ministerstvo dopravy - Odbor pozemních komunikací  
Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací
- [8] **DIN 67524-1**, Ausgabe:1987-05  
Beleuchtung von Straßentunnels und Unterführungen; Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte Norm-Entwurf)
- [9] **DIN 67524-1**, Ausgabe:2006-07  
Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen - Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte

- [10] **DIN 67524-2**, Ausgabe:1992-08  
Beleuchtung von Straßentunnels und Unterführungen; Berechnung und Messung
- [11] Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunnels  
Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen  
Verlag RABT Köln, 1985
- [12] **DIN 5032 - Teil 6**. Kenngrößen in verschiedene Güteklassen ein.
- [13] **DIN 5032 Teil 7** ordnet Leuchtdichtemeßgeräte anhand von Grenzen
- [14] CEN/CR 14380:2003 Lighting applications – Tunnel Lighting
- [15] Směrnice CIE 88.2/2004 „Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses“

# Osvětlování ve zdravotnictví

Doc.Ing. Jiří Plch, CSc., Světelná technika Brno

## Několik slov úvodem

Problematika techniky osvětlování v nemocnicích je značně rozsáhlá a byla jí věnována nemalá pozornost. Za zmínku stojí i skutečnost, že u nás již v dřívějších dobách byla vydána technická norma na osvětlování v oblasti zdravotnictví - ČSN 360082 (Umělé osvětlování ve zdravotnických zařízeních).

Výčet všech osvětlovaných prostorů ve zdravotnických zařízeních by byl značně rozsáhlý a proto zaměříme pozornost jen na osvětlování těch nejdůležitějších, mezi které patří :

- operační sály,
- zázemí operačních sálů,
- jednotky intenzivní péče, prostorů příslušejících do skupiny čistých prostorů,
- případně nemocničních pokojů.

## Operační sály, zázemí operačních sálů

Jestliže o osvětlení obecně již dlouhou dobu platí, že má být:

- na správném místě,
- ve správnou dobu,
- na správné úrovni

pak toto rčení pro osvětlování operačních sálů platí dvojnásob, posuzováno z hlediska zrakového výkonu chirurga, dalších členů operačního týmu. Ve všech těchto případech jde o činnosti, které můžeme označit za zcela výjimečné, neboť patří k těm lidským činnostem, které jsou spojeny se zachováním těch nejcennějších hodnot - hodnot lidského zdraví a života. Tomu by pak měly odpovídat i světelné podmínky.

I když tomuto problému byla již v minulosti věnována nemalá pozornost, některé nové pohledy, technologie, postupy, pokroky ve výrobě svítidel, vytvořily prostor, aby se této problematice opětovně věnovala alespoň minimální pozornost, či byla vyslovena některá doporučení, případně naznačeny nové koncepce a zásady pro osvětlování těchto prostorů.

Se zcela takovou charakteristikou neuvažujeme v prostorech, vytvářející odpovídající zázemí operačních sálů, jsou však jejich neodmyslitelnou součástí, protože zde tráví určitou dobu pacienti před a i po operačním výkonu, připravující se prostředky, případně technika pro operační zákrok, ale i zde odpočívá operační tým. Také zde má světlo svoje opodstatnění.

## Funkce denního osvětlení

V tomto směru zřejmě již nikdo nepochybuje o tom, že denní osvětlení má svoji přesně definovanou úlohu. Není však složkou, na kterou se lze plně spolehnout. Není k dispozici podle našich představ a požadavků a nebudeme ji podrobněji rozebírat.

## Umělé osvětlení operačních sálů

Umělé osvětlení operačních sálů lze podle funkce rozdělit do tří základních skupin:

1. skupinu tvoří osvětlení prostoru, zajišťující základní hladinu osvětlení prostoru, pevně zabudovanou do stropu,
2. skupinu tvoří osvětlení definované plochy na operačním stole – operační pole (operační dutina), zajišťovanou speciálními svítidly, pevně spojenými s konstrukcí stropu,
3. skupinu, speciální osvětlení osobní (individuální) je součástí vybraných osob operačního týmu.

Základní osvětlení prostoru má zajistit řadu zrakových činností personálu před i po vlastní operaci. Za odpovídající úroveň tohoto základního osvětlení je nutné chápat takovou úroveň, která zajistí spolehlivý výkon všech činností.

Poněkud jiná situace nastává už při vlastní operaci. Zde je těžiště v práci a zrakové činnosti chirurga a operačního týmu, na definované ploše operačního stolu – operačním poli a je zajišťováno jinou skupinou svítidel.

Nicméně i v průběhu operace se musí vzít v úvahu, že základní osvětlení musí být plně funkční pro

- rozdílnost ve směru pohledu v prostoru,
- sledování činnosti a průběhu operace na obrazovkách monitorů a jiných zobrazovacích
- jednotkách,
- analýza rentgenových snímků na prohlížečích ,
- identifikace hodnot na různých stupnicích a funkce dalších přístrojů.

Podle druhu a charakteru operace nesmíme opomenout některé specifické odlišnosti, ty taktéž vyplývají z toho, že operace může probíhat jen s určitou úrovní hlavního osvětlení (60 - 30 %). Případy existují, nejsou však pro ně přesná pravidla, jsou předurčena zvyklostmi vedoucího operačního týmu.

Zcela nové pohledy na techniku osvětlování vyžadují operační sály, kde se aplikuje nejmodernější technologie s využitím lékařských robotů. V těchto případech je vyžadován zcela jiné osvětlení v některých zónách a toho nelze dosáhnout stávajícím rozčleněním zabudovaných svítidel do podhledů, symetricky uspořádaných podél operačního stolu.

### Umělé osvětlení operačních sálů a barevnost prostoru

V těchto úrovních se řešení prostoru se velmi často zapomíná na skutečnost, že osvětlení operačního sálu je nutné skloubit i s celkovým barevným řešením tohoto prostoru. Tato otázka je o to významnější v těch případech, kde jde o víceúčelové operační sály. Jsou to prakticky sály, kde se uskutečňují operace všeho druhu a jsou charakteristické pro menší zdravotnická zařízení, která si nemohou dovolit specializované operační sály podle specializací.

V podstatě jde jenom o působení barev na psychiku operačního týmu. Jak barvy působí je zřejmé z následující tabulky.

➤ TAB. I Působení barev v prostoru

<span style="color: yellow;">■</span> žlutá	povzbudivě, teple, vesele, stimuluje nervovou soustavu
<span style="color: lightgreen;">■</span> žlutozelená	přívětivě, podporuje schopnost regenerace
<span style="color: green;">■</span> zelená	uklidňuje, snižuje napětí
<span style="color: blue;">■</span> modrá	optimisticky, chladně, utišujícím dojmem, klidní emoce
<span style="color: orange;">■</span> oranžovočervená	agresivně, aktivuje myšlení, povzbuzuje nervovou soustavu
<span style="color: magenta;">■</span> červenofialová	tajemně, vzrušivě, posiluje citové vnímání
<span style="color: black;">■</span> černá	věcně, stroze, odmítavě
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> bílá	jasně, lehce, nevinně

Taková rovnovážná skladba jasových poměrů, odvozená od neutrálních, nepestrých barevných podnětů je také jedním z řešení a je naznačena na obrázku 2.



Obr 2 – Barevnost operačního sálu s vyváženou jasnou skladbou

### Místní osvětlení - osvětlení operačního pole

V těchto případech jde povětšinou o přesně definovanou plochu - operačního pole a okolí operačního pole.

I když úroveň osvětlení leží okolo 100 000 lx, musí být použito svítidel, klasifikovaných jako svítidla operační s definovaným rozložením energie optického záření. Povětšinou jsou složeny ze sady dílčích reflektorů se žárovkou o příkonu 50 W, 24 V. Vzdálenost od operačního pole je asi 2 m. Snížení, potlačení složky IR záření je odvozeno od aplikovaných filtrů. Tu kritickou část tvoří právě vlnové délky již od 700 - 1000 nm.

Při méně náročných operacích se stupňovitě řídí osvětlení operačního pole, přičemž lze za minimální hladinu považovat 20 000 lx, podle amerických parametrů 27 000 lx a velikosti pole 200 x 200 mm. Ve vývoji operačních



technik se mění i některé způsoby osvětlení operačního pole, např. v oblasti "mikro" chirurgie se dnes hladina osvětlení zvýšila až na 160 000 lx, avšak o velikosti operačního pole jen 5 x 5 cm! Takov integrované svítidlo je naznačeno na následujícím obrázku.



Obr. 1 Integrované operační svítidlo

Samostatnou kapitolou je osvětlení operačního pole vlastním individuálním svítidlem umístěným na hlavě chirurga či je součástí očních brýlí. Jde o speciální svítidlo s optikou a zdrojem s menším výkonem, poskytující výraznou světelnou stopu v operačním poli. Mnozí operatři argumentují tím, že při výkonu svých činností nepotřebují směřovat operační svítidlo pomocí ostatních členů operačního týmu a že se "nezdržují" při operaci jinou činností a mají osvětlení podle svých představ a požadavků.

Pro úplnost jenom, souhrn těch obecně zavedených požadavků na operační pole

- hladina osvětlení  $20 \cdot 10^3$  -  $100 \cdot 10^3$  lx,
- plocha operačního pole 10 % hodnota v kruhu o průměru 0,2 m,
- 50 % hodnoty osvětlení v ploše kruhu o průměru 0,1 m,
- teplota chromatičnosti Tc 4000 - 5000 K,
- index barevného podání Ra 90 - 100 (1 A).

### **Zázemí operačních sálů**

Osvětlení zázemí operačních sálů má navazovat na osvětlení vlastních sálů, či být v souladu s tímto osvětlením..Všechny vedlejší místnosti jsou pomyslně svázány s operačními sály a jsou jejich neodmyslitelnou součástí. Proto úroveň osvětlení v těchto prostorách, z hlediska adaptace, by mělo být na úrovni kolem 500 lx. Svítidla stejných či podobných vlastností, stejné teploty chromatičnosti a indexu barevného podání.

Pokud jde o místnosti, označované za "předsály" operačních sálů, zcela se osvědčilo stupňovité řízení úrovně osvětlení. Osvětlení minimální kolem 100 lx se doporučuje v těch případech, kdy pacienti se probírají z narkózy, naopak vyšší je lepší pro ty pacienty, kteří teprve čekají na operační zákrok.

### **Osvětlení jednotek intenzivní péče**

U jednotek intenzivní péče se osvětlení střetává hned s několika protikladnými požadavky, vyžadující ve své podstatě i různé druhy osvětlení v jedné místnosti či lokalitě.. Osvětlení těchto prostorů by mělo umožňovat výkon následujících činností jak dozorujícího personálu tak i při zásahu ošetřujícího lékaře. Jde o

- celkové osvětlení prostoru (lokality)
- osvětlení u lůžka (pro pacienta)
- osvětlení pro vyšetření a nutné zákroky
- osvětlení umožňující kontrolu přístrojů, zobrazovacích jednotek a podobně
- noční orientační osvětlení
- nouzové osvětlení.

V těchto případech se ukazuje jako nejschůdnější provádět srovnávání s některými aplikacemi, případně získávat reference uveřejňované v odborných časopisech. Vyžaduje velmi odpovědný přístup.

## **Osvětlení nemocničních pokojů**

V případě nemocničních pokojů neexistuje tolik protikladných požadavků na různé druhy osvětlení v jedné místnosti jako v předcházejícím případě. Osvětlení pokoje slouží jednak jako základní pracovní osvětlení pro zdravotnický personál, mělo by vytvářet příjemné nestresující podmínky pro pacienta tak, aby pozitivně ovlivnilo léčebný proces.

Pro pacienty je nutné zajistit místní osvětlení, nerušící ostatní pacienty na pokoji. Tyto prostory nespádají do skupiny tzv. „čistých prostorů“, jako tomu bylo ve všech předcházejících případech.

## **Výchozí normy a předpisy**

Evropský technický předpis pro osvětlování pracovních prostorů je u nás veden pod označením ČSN EN 12 464-1 (Osvětlení vnitřních pracovních prostorů) vytváří právní podobu problematiky osvětlování i operačních sálů. Jeho příprava prakticky trvala od roku 1989 a byl by velmi dlouhý výčet všech odborníků, kteří se na jeho přípravě podíleli.

Tento předpis má zcela jinou podobu, než na jakou jsme byli zvyklí u zavedených ČSN. Tento předpis vychází z této základní filozofie:

- žádný předpis nesmí omezovat tvůrčí schopnosti lidí,
- osvětlení musí být přísně adresné,
- souhrnné působení osvětlení v prostoru má mít motivující účinek,
- osvětlením bude ekonomické.

To ovšem může způsobit u nás přechodné problémy. Byli jsme zvyklí na to, že máme k dispozici ve všech oborech Dobromilu Retigovou, proto jsme si jako jediní v EU vydali technický překladáč. Dotýká se i problematiky osvětlování zdravotnických zařízení a konkrétně těchto prostorů:

- 7.1 Společné prostory (Místnosti pro všeobecné použití)
- 7.2 Místnosti pro personál
- 7.3 Lůžkové pokoje, (Pokoje pacientů)
- 7.4 Vyšetřovny (všeobecně, celkově)
- 7.5 Oční vyšetřovny
- 7.6 Ušní vyšetřovny
- 7.7 Místnosti zobrazovacích metod (zobrazovací diagnostiky)
- 7.8 Porodní sály
- 7.9 Ošetrovací (léčebné) místnosti (všeobecně, celkově)
- 7.10 Operační prostory
- 7.11 Jednotky intenzivní péče
- 7.12 Zubní ordinace
- 7.13 Laboratoře a lékárny
- 7.14 Dezinfekční prostory
- 7.15 Pitevny a márnice

Základní odlišnosti od předcházejících technických norem lze vidět v těchto úrovních:

- hladina osvětlení pro adresnou lidskou činnost v konkrétním prostoru,
- rozložení jasů v systému UGR,
- barva světla (barevné podání),
- směrování světla
- ostatní požadavky (bezpečnost, hospodárnost aj).

## Souhrn požadavků na osvětlení operačních sálů

V praktické podobě souhrn základních požadavků podle nové ČSN EN, pro některé vybrané prostory, vypadá takto:

Položka č.	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	$\bar{E}_m$	UGR	Ra	Poznámky
7.10	Operační prostory	(lx)	-	-	
7.10.1	předoperační a pooperační místnosti	500	19	90	
7.10.2	operační sál	1 000	19	90	
7.10.3	operační pole (dutina)				$\bar{E}_m = 10\,000$ až $100\,000$ lx

Tab. I. – Základní požadavky na osvětlení

Kromě výše uvedených požadavků na osvětlení operačních sálů je nutné vzít v úvahu ještě další aspekty a to:

- vysokou zrakovou náročnost,
- požadavek absolutního rozlišení,
- psychické zátěže (stresové stavy).
- 

### Mezní stavy

Tak jako u každé lidské činnosti, potom i v operačních sálech je nutné posoudit, jakým způsobem může být narušeno zrakové vnímání jako přímý důsledek oslnění.

V prvním případě jde o oslnění od svítidel základní osvětlovací soustavy. Tato svítidla jsou ovšem posuzována metodou, kterou odvodil Söllner (metoda mezních čar). Má všeobecnou platnost v případech, kdy jde o sedícího pozorovatele. Pro případy, kdy budeme tuto metodu aplikovat i na operační sály, je nutno vycházet z toho, že většina operací se realizuje ve stoje s jiným sklonem hlavy. Lze říci, že stále ještě poskytuje dostatek věrohodných informací o jasových poměrech.

Za klíčové lze označit činnost chirurga, poněvadž jiné poměry pozorování jsou pro ostatní členy operačního týmu klasifikovány jako podružné. Tím se vytváří jiné poměry pozorování a musí se analyzovat jiným systémem či postupy. Jenom 50 % pozorovatelů je totiž při určité úrovni spokojena s úrovní jasů, kdy neoslňují.

Jiná je situace podle nových předpisů, kde je předepsána hodnota UGR. Tento nově koncipovaný systém analýzy jasových poměrů UGR (Unified Glare Ratio) v prostoru má některé nové principy hodnocení a posuzování jasových poměrů, nicméně konečné závěry pro tyto prostory, jakým jsou operační sály, bude nutné poněkud přesněji a věrohodněji definovat, aby přece jenom nedocházelo k psychologickému oslnění. Tento systém se totiž určuje výpočtem pro stojící osobu v dané výšce a neexistuje metodika měření či jiného posuzování v reálném prostředí.

Nelze se proto divit, že každý chirurg přistupuje k omezení oslnění svým vlastním způsobem.

### Realizace osvětlení operačních sálů

Koncepce takového osvětlení vychází ze stavebního řešení a je samozřejmostí, že se aplikují svítidla pro čisté prostory s odpovídajícím krytím.

Esteticky jsou nezdářejší varianty se zapuštěnými svítily s rozmístěním, vycházejícím ze střední linie osvětlovaného prostoru (šířka  $a/2$  - délka  $b/2$ ). Toto řešení vytvoří takové hladiny a jasové poměry akceptovatelné pro tyto prostory. Lze akceptovat hladinu osvětlení časově minimální od hlavního osvětlení  $1000$  lx ve střední části (alespoň  $1$  m od každé strany).

Zvláštní pozornost je dnes věnována osvětlení středové části operačního sálu, které je součástí filtračního modulu. Je tvořeno speciálními světelnými lištami, umístěnými po obvodu zaústění filtračního modulu.

Tím, že je použito filtrační tkaniny předepsaných vlastností, má i ze světelně technického hlediska rozptylující vlastnosti.

Světlo tak vstupuje do operačního sálu difúzně rozptýlené, ovšem s nižší hladinou, než bylo u stanoveného hlavního osvětlení. I takové řešení je vcelku velmi žádané a funkčně vyhovující, nesmí se ovšem zapomenout na skutečnost, že světelné zdroje s vyšší hodnotou měrného výkonu vyžadují, aby teplota okolí byla  $35\text{ °C}$ , v opačném případě potom hodnota měrného výkonu silně poklesne a nedosahuje se požadovaných úrovní.

## Požadavky na odraznosti povrchů

Ve stručnosti lze požadavky na odraznost povrchů charakterizovat takto :

- operačního sálu
  - strop 0,7 a více
  - stěny 0,5
  - podlaha 0,3
  
- plochy v operačním poli
  - operační roušky
  - sterilní přikrývky
  - obleky operačního. týmu
  - boty } pod 0,3
  
- ostatní povrchy v blízkém okolí operačního pole
  - matová povrchová úprava (chirurgické nástroje) pro snížení hodnoty odrazu, zvláště monochromatického přísně koherentního záření (lasery).
  - regulace osvětlení operačních sálů.
  -

## Požadavky na svítidla

Pro celkové osvětlení operačních sálů požadujeme, aby svítidla byla

- prachotěsná (krytí IP44, IP43 a vyšší)
- s vysokou provozní účinností
- bez nežádoucích vlivů na elektrické přístroje zdravotnické (EMC)
- odolná proti působení běžných dezinfekčních prostředků
- s možností regulace (nejen stupňovitou).

Postihnout všechny druhy činností, v tak náročném osvětlovaném prostoru, je dnes bez regulace již zcela nemyslitelné. Nejužívanější způsob regulace (v našich podmínkách) je vypínání části osvětlovací soustavy, nebo počet zdrojů ve svítidlech. To předpokládá vyšší pořizovací cenu svítidel (svítidla dvou a více zdrojová), ale hlavní nevýhodou je, že dochází k nevýhodným změnám v rovnoměrnosti osvětlení a tím ke zhoršení podmínek pro zrakovou činnost. To je nežádoucí.

## Důvody regulace osvětlení v ve zdravotnických zařízeních

Každé pro má své proti, ale regulace osvětlovacích soustav za daných možností lze vidět jen v pozitivních úrovních a to:

- přizpůsobení osvětlení individuálním požadavkům chirurga a dalších pracovníků
- dosažení požadovaného osvětlení v závislosti na úrovni denního osvětlení,
- nastavení požadovaného osvětlení i v závislosti na technickém stavu zařízení,
- redukce příkonu osvětlovací soustavy operačních sálů v přímé provázanosti na provádění hlavní činnosti, s různou zrakovou náročností.

Výsledkem regulace osvětlení v operačních sálech je potom profit - snížení nákladů na elektrickou energii, spokojenost lékařů a zdravotních pracovníků při výkonu jejich činností.

## Možnosti regulace světelných zdrojů

Jak je z předcházejícího rozboru zřejmé, lze v operačních sálech a ostatních prostorech řídit úroveň osvětlení mnoha způsoby. Volba by měla být orientována na takový způsob, který by smyslu-plně podpořil pracovníky, jejich zrakový výkon, při tak náročných činnostech.

### a) Žárovky a halogenové žárovky

Tato skupina světelných zdrojů se reguluje (stmívá) nejsnadněji, mění se teplota žhavené wolframové spirály.

### b) Zářivky (lineární)

Při běžném zapojení s tlumivkami je nejjednodušší skoková změna, vyvolaná jen změnou počtu zářivek. Plynulá regulace u těchto světelných zdrojů je taktéž bezproblémová, je však nutné aplikovat modernější systémy řízení.

### c) Kompaktní zářivky

Do první skupiny patří ty, které mají integrovaný elektronický předřadník. Ač jsou někdy označovány jako „stmívatelné předřadníky“ je ověřeno, že při použití amplitudových regulátorů (pracují na principu změny napájecího napětí), lze měnit velikost světelného toku jen v rozmezí od 100 % do 30 %.

### **Několik slov závěrem**

Světlo hrálo a bude hrát klíčovou roli ve zdravotnických zařízeních a je nutné, jak bylo v předcházejících částech naznačeno, věnovat vlastnímu návrhu, provozu, zvýšenou pozornost tak, aby při výkonu činností, spojených s jeho opětovným získáváním zdraví pacientů, bylo světlo tím správným, motivujícím prvkem, tou energií, která zabezpečí pro všechny personál od chirurga a operačního týmu počínaje, optimální podmínky pro vizuální zrakovou činnost.

### **Literatura a odkazy**

Shober, H.: Licht und Beleuchtung, in: Baader, W.: Lehmann, G. (Hrsg.): Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Band I, Arbeitsphysiologie, Berlin, München, Wien, 1961, S. 446

Přich. J.: Hodnocení jasových poměrů v místě pracovní činnosti,

Mezinárodní konference Světlo '98 VŠB-TU Ostrava, 1998, 328 stran

Přich. J.: Světelná a osvětlovací technika

Sborník prací

ZČE a. s. - ENERGO Brno, 2000, stran 17

Přich. J.: Sokanský, K.: Expertní systémy osvětlovacích soustav

Mezinárodní konference s výstavou SVĚTLO 2000

Ostrava 2000, strana 414-415

Přich. J.: Sokanský, K.: Expertní systémy osvětlovacích soustav

Mezinárodní konference s výstavou SVĚTLO 2000

Ostrava 2000, strana 414-415

ISBN 80-7078-789-9

Přich. J.: Člověk a světlo, Stavba, č.7, 1999, příloha 2a3 ISSN 1210-9568 Přich. J., Přich. J.: Vývojové tendence v technice osvětlování, XXIV. Mezinárodní konference KART a VII. Mezinárodní konference CART, Brno, Praha, 1999, str. 73-76, ISBN-80-7060-482-1

Přich. J.: Energie pro lidstvo na počátku XXI. století, VII. Mezinárodní konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 52-54

Přich. J.: Světelná technika v praxi, IN-EL Praha, 1999, 210 stran, ISBN 80-86230-09-0

Přich. J.: Člověk a světlo - Stavba, č.7, 1999, příloha 2a, ISSN 1210-9568

Přich. J.: Mohelníková, J., Suchánek, P.: Osvětlení neosvětlitelných prostorů - ERA, 2004, 130 stran

ISBN 80-86517-82-9

Přich. J.: Světelná technika na počátku milénia - ÚEEN FEI VUT v Brně

Sborník prací odborné konference, Brno 2000, strana 69-72. ISBN 80-214-1725-0

ČSN EN 12 464-1 (2004)

Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1 : Vnitřní pracovní prostory

ČSN EN 12 665 (2003)

Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení

# Trendy v osvětlování

Doc.Ing. Jiří Plch, CSc.,  
Česká společnost pro osvětlování

## Několik slov úvodem

Poslední období provází světelně technickou praxí relativně vysoký počet změn, týkajících se nejen vlastních osvětlovacích soustav, ale zahrnující nové světelné zdroje, svítidla vyšších provozních účinností atp.

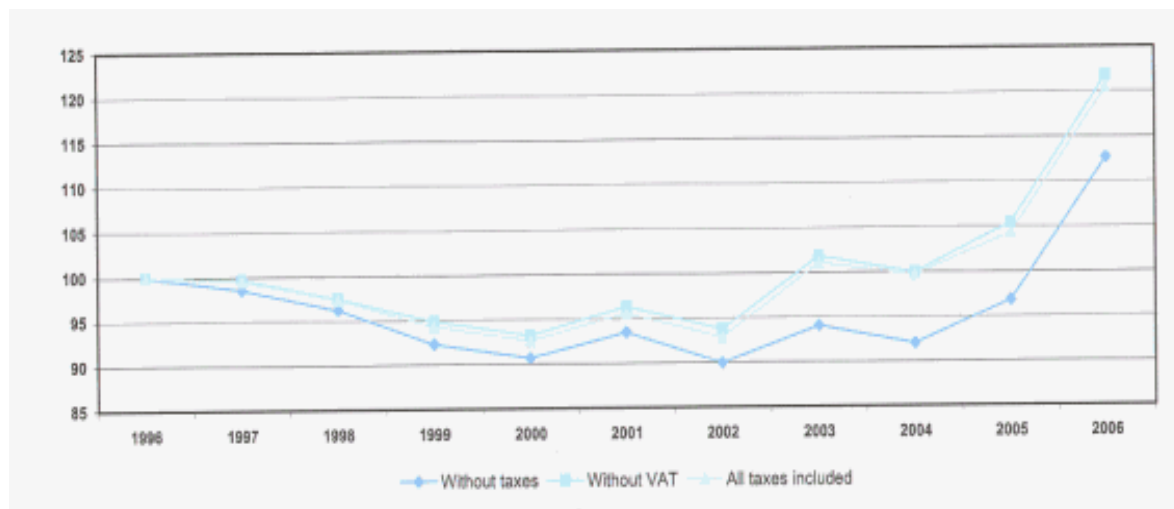
V aplikační sféře pak vidíme a zaznamenáváme nárůst zrakových výkonů, provázených v řadě případu negativními dopady na lidské zdraví a na straně druhé, i když zatím nepříliš dramatické, narůstání cen za elektrickou energii.

To ve svém důsledku povede k tomu, že bude nutné a potřebné realizovat řadu změn jak v návrhových postupech, hodnocení a posuzování osvětlovacích soustav, tak daleko podrobnější analýzu osvětlení lokálních pracovišť, kterým se předpovídá slibná budoucnost..

## Výchozí podmínky

Výchozí podmínky jsou, z provozního hlediska, svázány s energií a i u osvětlování tomu není jinak. Elektrická energie je potom tím určujícím, primárním faktorem.

Energetické prognózy v Evropě již delší dobu přinášejí některé varovné signály, jak nakonec prokazuje i růst cen elektrické energie. Tato skutečnost je dobře patrná z obrázku, který ukazuje vývoj cen v podnikatelské sféře do roku 2006. Od počátku roku 2007 je pak průběh ještě strmější.



Obr. 1 – Vývoj cen elektrické energie v Evropě za poslední období

Pracovní skupina expertů tuto skutečnost předvíдалa a reagovala tak, že již na přelomu tisíciletí připravila souhrnný podklad pro Evropskou komisi pro energetiku s návrhem na přijetí nové evropské směrnice, mající za jediný cíl – smysluplným způsobem využívat elektrickou energii. Ta byla nakonec přijata jako směrnice Evropského parlamentu a Rady pod číslem č. 2002/91/ES.

Na tuto skutečnost reagovali naši legislativci s odstupem doby a nový zákon č. 177/2006 Sb. (změna zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií) zavádí do českého právního řádu tuto směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2002/91/ES, o energetické náročnosti budov. Jeho účinnost platí od 1. července 2006, přesně stanovené výjimky od 1. ledna 2007 a průkazy energetické náročnosti budov vyžaduje od 1. ledna 2009.

Ve spolkové republice Německo byla již vydána technická norma (18) DIN V – 18 599, Teil 4 Beleuchtung) bei Neubau, Altbau und Sanierung, která ukazuje na řešení osvětlení v novostavbách, stávající zástavbě případně u rekonstruovaných budov.

Cílem nového zákona o hospodaření energií je prokazatelně snížit energetickou náročnost nových i existujících budov, zejména při jejich vytápění (největší spotřeba energie), ale i při jejich chlazení, přípravě teplé vody a osvětlení.

Jde tedy o **novou povinnost**, která **musí být dodržena** při realizaci nových budov nebo při větších rekonstrukcích existujících budov. Prokázat energetickou náročnost je povinné i u existujících budov při změně vlastníka nebo nájemce.

Budovy potřebují letní chlazení, které bývá více než dvojnásobně energeticky náročné oproti vytápění. Koncepčně nevhodné osvětlení jak denní tak umělé pak ještě více zvyšuje spotřebu energie.

Spolu s tím je třeba zajistit vyšší účinnost technických systémů zařízení budov, které lépe využijí dostupné zdroje energie, osvětlovací systémy a soustavy nevyjímaje. Dodávka energie musí být cílená - je třeba dodávat pro každé místo a lidskou činnost právě jen potřebné množství energie, měnící se v průběhu času.

## **Charakteristika vývoje ve světelné technice**

Jistě si již všichni uvědomují, že právě světlo je tím klíčovým faktorem, který napomáhá navodit v prostorech, s definovanou lidskou činností, ty správné motivační programy, nutné nejen pro jejich výkon, ale stojí za regeneraci fyzických a psychických sil.

Charakteristiku vývoje ve světelné technice, pro nejbližší období, je dále nutné orientovat do let zhruba 2010 až 2025 a to i s ohledem na skutečnost, že v blízké budoucnosti lze oprávněně očekávat v technice osvětlování řadu změn, které už dnes mají pevně stanovený základ v závazném technickém předpise EU 2002/91/EG – Energetická efektivita budov a příslušným národním zákonem.

Z těchto úhlů dopadů je prognózovaný vývoj charakterizován takto :

- Nárůst potřeby kvalitního osvětlení
- Větší využití designu, uplatnění esteticky pojímaných svítidel s optimální skladbou rozložení světelného toku,
- Volba zdrojů a svítidel – světelně technický management
- Posílení významu údržby s uplatněním jednoduchosti svítidel,
- Vzestup významu celkových úspor elektrické energie

Přitom musí být splněna jedna z doposud opomíjených skutečností, že řešení bude vycházet z nízkoenergetická architektury.

## **Nárůst potřeby kvalitního osvětlení**

Přechod do 21. století je charakterizován jako období s výraznějším výskytem duševních nemocí u lidí, v mnoha směrech deklarovaných i ze světelné nedostatečnosti. Trh, tržní hospodářství je zdrojem nového fenoménu, který se jmenuje stres. Jde o jednu z nejhorších civilizačních chorob moderních společností, nás nevyjímaje. A zde se takovým přirozeným prostředkem, který je schopen motivovat, vést k regeneraci duševních, a psychických sil stává právě světlo.

V tomto směru má světelná technika ještě nedefinované možnosti a je proto namístě se s nimi zabývat, poněvadž jsou určující pro strategii v oblasti osvětlování na další léta.

Ke stále narůstajícím zdravotním potížím lidí se nejen Světová zdravotnická organizace, ale celá řada odborných studií staví za to, že je nutné posílit onu důležitou roli, kterou má světlo v životě člověka.

Jde o hledání cest k vytvoření optimálního vztahu "člověk-světlo-zdraví".

## **Vyšší stupeň designu a uplatnění estetických svítidel**

Celá řada výrobců svítidel vykazuje trvalou spolupráci s předními výtvarníky a designery. Výsledkem jsou svítidla, u kterých můžeme najít vyváženou stránku výtvarného pojetí a světelně technického řešení svítidla.

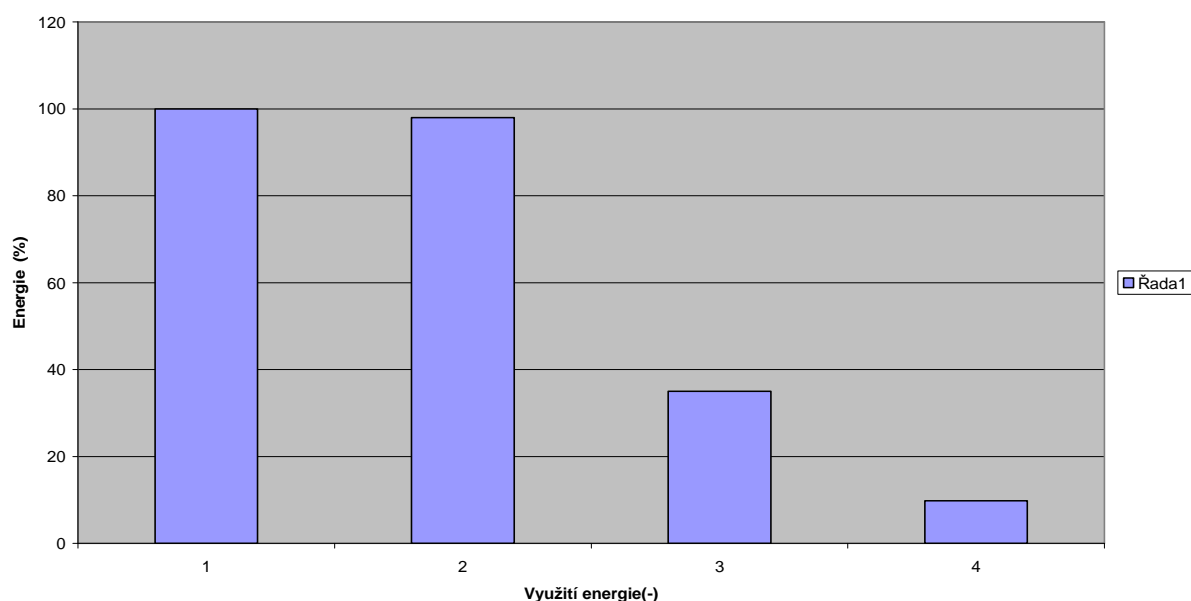
To lze považovat za hlavní směr ve vývoji svítidel a lze tuto činnost posuzovat jako plně smysluplnou.

Praktické poznatky však ukazují, že z celé řady návrhů, které byly již realizovány či se k realizaci připravují nelze pojímat jen jako samostatně pojímanou činnost architektů, výtvarníků a designerů. Bez účasti kvalifikovaných světelných techniků či konstruktérů svítidel, často končí jako návrhy nerealizovatelné.

Světlo máme zpravidla tak kde nemá být, v nejlepším případě svítidla mají velmi nízkou provozní účinnost.

Jeden takový příklad esteticky pojímaného svítidla z pohledu architekta, ukázka za všechny, je uvedena na následujícím obrázku.

Grafické vyjádření využití energie u svítidel typu "J"  
1 - přivedená energie, 2 - energie zdroje, 3 - energie svítidla, 4 - energie na pracovní ploše



Obr. 2 – Využití elektrické energie pro osvětlení u architektonicky pojímaného svítidla

Neoddělitelnou součástí každého osvětlovaného provozu je i barevné řešení. Barevnost s esteticky pojímanými svítidly vytváří základní podmínky spokojených uživatelů. V tomto směru je stávající architektonický pohled spíše orientován opačným směrem. Za vrchol architektury jsou v přítomné době považovány na příklad zdi prostorů budov z litého betonu a nemají tak nic společného s tím základním požadavkem na nízkoenergetickou architekturu. Cenu za elektrickou energii totiž zaplatí někdo jiný.

## Volba zdrojů a svítidel – světelně technický management

### Světelné zdroje

Tato problematika byla již podrobně rozvedena v předcházejícím příspěvku. Je však zcela evidentní, že každé světelně technické řešení bude vycházet z klíčové skutečnosti a tou by se měl stát právě světelný zdroj.

Využití lineárních zářivek tříd T5 a T8 od renomovaných výrobců zdrojů je dnes možné považovat za splnění prvního, výchozího kritéria, tj. splnění požadavků na index barevného podání, měrných výkonů a technického života. Obdobně tomu bude už i u halogenidových výbojek moderních koncepcí.

U chaotických náhrad žárovek za kompaktní zářivky platí jednoduché pořekadlo - než vyšroubuješ, počítej!

Ve světelně technickém řešení osvětlení prostorů, kde se bude také odvíjet určitá lidská činnost a není odpovídající denní osvětlení je na místě, aby bylo uvažováno s aplikací světelných zdrojů s vyšším podílem cirkadiánně účinné energie. Tak i tyto prostory budou mít výrazný motivační efekt s podporou biologických funkcí.

### Svítidla a jejich klasifikace

Výchozí kritéria z technické normy pro osvětlení pracovních prostorů nejsou ovšem zárukou toho, že ve svém výsledku půjde o kvalitní osvětlovací soustavy. Striktní dodržování jenom výchozích kritérií samo o sobě nevede ještě ke splnění všech provozně technických požadavků. Mělo by být přihlédnuto k dalším důležitým okolnostem mezi které patří ::

- Rovnoměrnost osvětlení v místě pracovního úkonu a jeho okolí
- Jasová skladba pracovního prostoru v souladu s náročností vykonávaných činností,
- Zamezení oslnění přímému a nepřímému (odrazem),
- Barevného řešení prostoru,

Mezi další, doplňující požadavky patří :

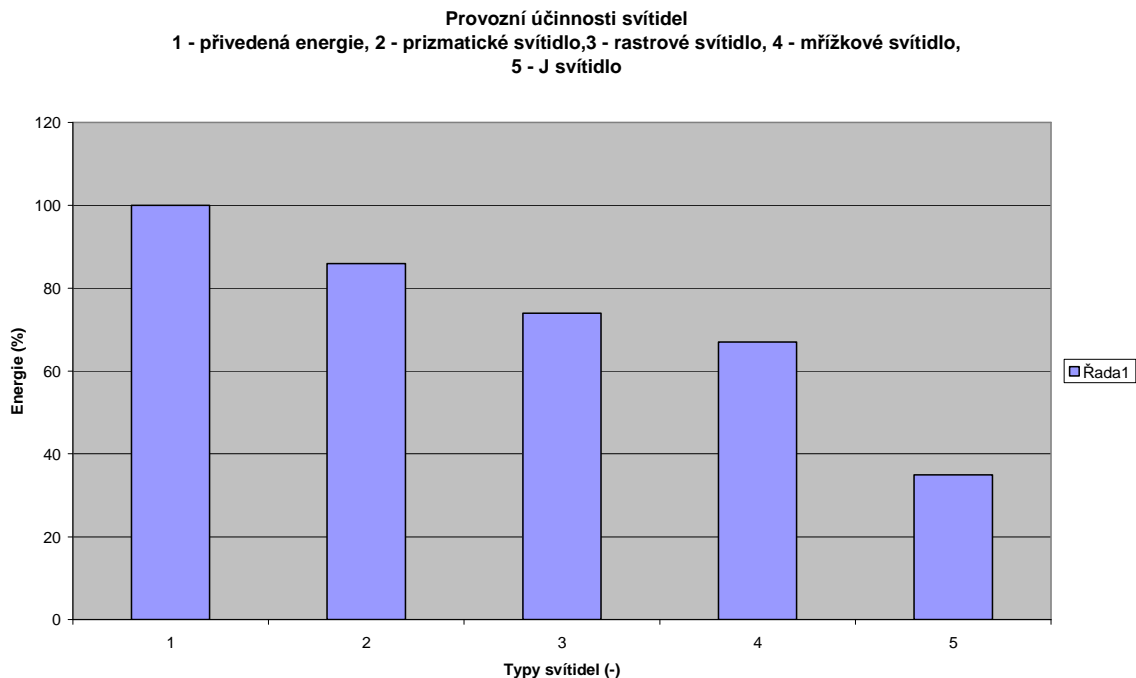
- Směrování světla na pracovní plochu,
- Podání tvarů v pracovním prostoru,



- Variantnímu řešení či flexibilitě osvětlení
- Elektromagnetické kompatibility OS.

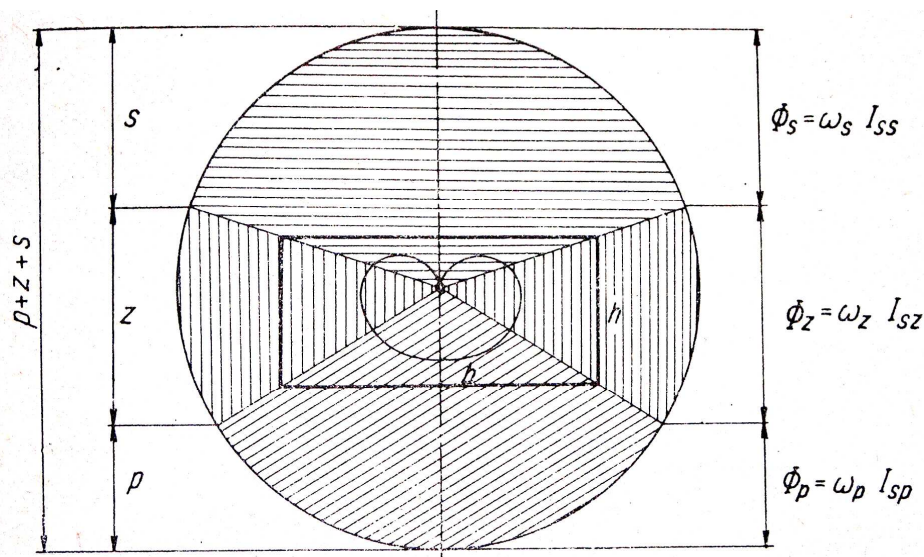
V souhrnu jsou potom určující pro výběr či volbu svítidla. Těch je na našem trhu skutečně nepřeberné množství, a je jen otázkou, či volba bude šťastná.

Provozní účinnosti jsou velmi různé a závisí na celé řadě faktorů a pro přehlednost je zde uvedena pro některé charakteristické typy svítidel.



Obr. 3 – Provozní účinnosti svítidel základních typů

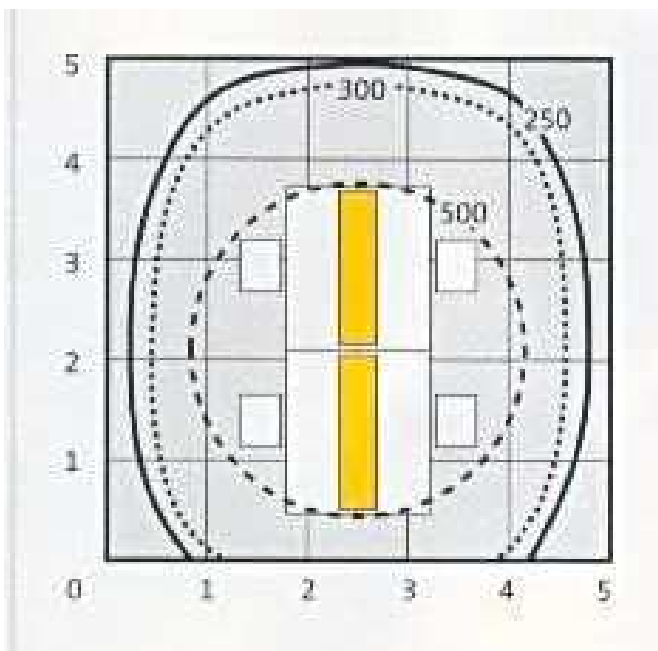
Za klíčový požadavek u svítidel, lze vidět v požadavku optimální distribuce světelného toku. V tomto směru stále platí distribuční diagram, jak jej před x léty publikoval jeden z nestorů naší světelné techniky O. Šula a pro úplnost je uveden.



Obr. 4 – Odvození optimální distribuce světelného toku svítidlem

Z tohoto diagramu lze jednoduchým způsobem stanoven požadovaný či distribuovaný tok svítidlem.

V návaznosti na obrázek 3 a 4 je možné deklarovat, jak takové optimální rozložení světelného toku moderního typu svítidla, vytvoří na osvětlované ploše hladiny osvětlení 500 lx, jak je zřejmé z následujícího obrázku. V tomto případě jde o celkovou plochu 25 m<sup>2</sup> ( 5 x 5 m) s izolujícími průběhy jak je naznačeno.



Obr. 5 – Aplikace nejmodernějších typů svítidel pro osvětlování lokálního pracoviště

Obdobně bychom potom mohli postupovat při hodnocení a posuzování většiny navržených svítidel a posuzovat jejich skutečnou užitnou hodnotu v osvětlovacích soustavách. U svítidel lze dosáhnout zvýšení provozní účinnosti a tím i úspor elektrické energie těmito cestami :

- ❑ Optimalizace světelně aktivních částí svítidel s využitím moderních výpočetních programů
- ❑ Aplikace kvalitního materiálu a využití moderních technologií
- ❑ Použití světelných zdrojů s vyššími hodnotami měrných výkonů
- ❑ Řízení osvětlovacích soustav podle úrovně denního osvětlení digitálními předřadníky, tedy kontinuální regulací a skokovou, podle druhu vykonávaných činností,
- ❑ Aplikace centrálních řídicích systémů.

Výraznější postavení v blízké budoucnosti budou mít svítidla se svítícími diodami, které jsou z hlediska provozu snad nejjednodušší a prokazují relativně vysokou provozní spolehlivost..

### **Posílení významu údržby s uplatněním jednoduchosti svítidel**

Údržba svítidel osvětlovacích soustav nebyla nikdy brána příliš vážně a odpovědně. Každé svítidlo v provozu se stává místem, kam se dostává prach a jiné nečistoty. Ty potom vedou ke snížení provozní účinnosti svítidel, narůstá však spotřeba elektrické energie. Z toho důvodu je oprávněný požadavek , aby se posílil pevnil význam údržby osvětlovacích soustav či svítidel se všemi výhodami pro uživatele.

Vývoj u nás ukazuje, že vzhledem k požadavkům na snížení provozních nákladů na provoz osvětlovacích soustav , je snižování nákladů na údržbu, oprávněným požadavkem. Přitom nelze opomenout skutečnost, že cena odborné lidské práce stále stoupá a stoupat bude.

Proto nabývá na významu nejen větší důraz na aplikaci svítidel s vyšším stupněm krytí, ale hlavně je na místě požadavek na snadnou a jednoduchou montáž včetně snadného čištění bez použití nákladných technologií, jak je tomu u některých typů současně vyráběných svítidel.

Z dlouhodobého a praktického pohledu je zřejmé, že některé povrchové úpravy a použité materiály bude nutné nahradit jinými již jen z toho důvodu, že sumační účinek teplotního namáhání a části UV záření snižují celkovou hodnotu odraznosti povrchů a jde o nevratnou změnu. Budou tedy převažovat plochy s vysokou hodnotou odraznosti s vysokou stálostí..

## Vzestup významu úspor elektrické energie

Jak bylo v předcházejících částech naznačeno jde o souhrn dílčích a výchozích podmínek nutných k tomu, abychom získali kvalitní osvětlení s vysokými užitnými vlastnostmi. Výtvarným pojetím potom lze vyvolat nejen u všech uživatelů, pracovníků a návštěvníků příznivý motivační proces k činnostem, ale vyvolá i přirozený obdiv k dílu.

Již od nepaměti se ne nadarmo říká, že i světlo prodává.

## Cesty ke snižování energetické náročnosti

Celkovou spotřebu elektrické energie na provoz osvětlovacích soustav a snížení celkových nákladů lze dosáhnout:

- důsledným využíváním denního osvětlení,
- kvalitním návrhem osvětlovací soustavy,
- využíváním světelných zdrojů s vysokou hodnotou měrného výkonu,
- použitím moderních a kvalitních svítidel (vysoká užitná hodnota),
- regulací osvětlení.

Řízení provozu osvětlovacích soustav

Problematika regulace osvětlení je poměrně rozsáhlá, bylo této problematice věnována nemalá pozornost. I v technice osvětlování Národní technické knihovny lze vidět aplikační sféry využití tohoto moderního systému řízení.

Aby bylo využito všech výhod, které dává regulace, musí však být splněny základní podmínky a ty lze formulovat takto:

1. přizpůsobení osvětlení individuálním požadavkům uživatele
2. dosažení požadovaného osvětlení v závislosti na hodnotě denního osvětlení vytvořením možnosti plynulého přizpůsobení podílu umělého osvětlení
3. dosažení požadovaného osvětlení v závislosti na technickém stavu osvětlovací soustavy vyrovnáním rozdílů mezi časově počátečním a konečným stavem soustavy
4. snížením příkonu soustavy podle povoleného maximálního odběru využitím možnosti okamžitého snížení spotřeby bez úplného vypnutí osvětlení.

Provozní náklady budou již v nejbližším období strmě narůstat, jak bylo již v předcházejících

částech naznačeno, a naznačené cesty ukazují, že již na úrovni projektu osvětlovacích soustav lze koncepčně navrhnout řešení, které při provozu budou ekonomicky nízkonákladové s oproti klasickým systémům a pojetí budou představovat významné úspory. Jestliže se bude uvažovat s dobou provozování 15 roků, odpovídá dnes standardně pojímanému technickému životu předmětného zařízení, zjistíme o jak velké sumy půjde.

Cesty ke stanovení výhodného řešení a jak optimalizovat náklady na výstavbu či provoz osvětlovacích soustav lze získat jen z profesně realizované studie proveditelnosti.

## Závěr

Je tak spolehlivě prokázáno, že řešení osvětlovacích soustav, které budou poskytovat

uživateli kvalitní osvětlení při jeho činnostech a navíc budou vysoce efektivně a hospodárně využívat elektrickou energii během provozního dne, při plném zajištění odpovídající kvality prostředí, bude v nadcházejícím období vyžadovat daleko vyšší profesionalitu návrhu řešení, než tomu bylo doposud. Je evidentní, že nastínit vzorovou osvětlovací soustavu při tak rozmanitých lidských činnostech je téměř nemožné, je však zcela možné plně využívat všech moderních technických prvků a zařízení světelné a osvětlovací techniky, aby toho záměru bylo dosaženo.

Zvýšenou poptávku po kvalitním osvětlení lze tak splnit tím, že budou důsledně naplněny všechny výchozí aspekty osvětlení včetně adekvátní barevnosti prostoru, při zajištění zvýšené jasové rovnoměrnosti pracovní plochy s průmětnými okolními plochami. Lze pak očekávat, že takové kvalitní osvětlení povede i k podpoře motivačních procesů vyšších úrovní a přitom mohou být splněny i základní požadavky nízkooenergetické architektury.

## Literatura

- [1] Plich, J.: Světelná technika v praxi. In-El, Praha 1999
- [2] Rybár, P. a kol.: Denní osvětlení a oslunění budov. Era group, Brno 2002
- [3] ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky (1999)
- [4] ČSN EN 12 665 (ČSN 36 0001): 2003 Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení
- [5] ČSN EN 12646-1 (ČSN 36 0001): 2003 Světlo a osvětlení – Osvětlení vnitřních pracovních prostorů
- [5] Ing. Aleše Markytána Untersuchungen zur flächenbezogenen Beleuchtung in Büroräumen“  
Dissertation an der Technische Universität Illmenau, 2007. S
- [6] Shober, H.: Licht und Beleuchtung, in: Baader, W.: Lehmann, G. (Hrsg.): Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Band I, Arbeitsphysiologie, Berlin, München, Wien, 1961, S. 446
- [7] Plich, J.: Hodnocení jasových poměrů v místě pracovní činnosti,  
Mezinárodní konference Světlo '98 VŠB-TU Ostrava, 1998, 328 stran
- [8] Plich, J.: Světelná a osvětlovací technika  
Sborník prací ZČE a. s. - ENERGA Brno, 2000, stran 17
- [9] Plich, J.: Sokanský, K.: Expertní systémy osvětlovacích soustav  
Mezinárodní konference s výstavou SVĚTLO 2000  
Ostrava 2000, strana 414-415
- [10] Plich, J.: Člověk a světlo, Stavba, č.7, 1999, příloha 2a3 ISSN 1210-9568
- [11] Plich, J., : Vývojové tendence v technice osvětlování, XXIV. Mezinárodní konference KART a VII. Mezinárodní konference CART, Brno, Praha, 1999, str. 73-76, ISBN-80-7060-482-1
- [12] Plich, J.: Energie pro lidstvo na počátku XXI. století, VII. Mezinárodní konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 52-54
- [13] Plich, J.: Světelná technika v praxi, IN-EL Praha, 1999, 210 stran, ISBN 80-86230-09-0
- [14] Plich, J.: Člověk a světlo - Stavba, č.7, 1999, příloha 2a, SSN 1210-9568
- [15] Plich, J.: Mohelníková, J., Suchánek, P.: Osvětlení neosvětlitelných prostorů - ERA, 2004, 130 stran ISBN 80-86517-82-9
- [16] Plich, J.: Světelná technika na počátku milénia - ÚEEN FEI VUT v Brně  
Sborník prací odborné konference, Brno 2000, strana 69-72. ISBN 80-214-1725-0
- [17] ČSN EN 12 464-1 (2004)  
Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1 : Vnitřní pracovní prostory
- [18] ČSN EN 12 665 (2003)  
Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení
- [19] DIN V – 18 599, Teil 4  
Beleuchtung) bei Neibau, Altbau und Sanierung

# Model světlovodu pro osvětlení schodiště

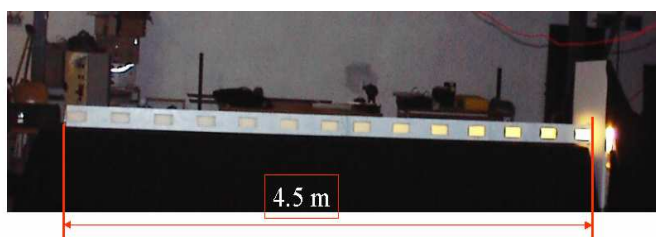
Jiří, Plch, Doc. Ing., CSc.<sup>1</sup>, Jitka Mohelníková, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Česká společnost pro osvětlování, [jiri\\_plch@volny.cz](mailto:jiri_plch@volny.cz), <sup>2</sup>Fakulta stavební VUT v Brně, mohelnikova.j@fce.vutbr.cz

Světlovody umožňují dopravu denního světla do vnitřních prostor v budovách. Běžné světlovody sestávají z nástřešní hlavice, světlovodného tubusu a stropního difuzeru. Existují také světlovody štěrbinové, u nichž se světlo dostává do místností štěrbinami v plášti světlovodného tubusu. Tohoto principu bylo využito při návrhu speciálního světlovodného systému. Tento světlovod byl navržen v projektu obytného domu v Praze pro osvětlení schodišťového prostoru o výšce čtrnácti podlaží. V čelní stěně světlovodu jsou navržena okna pro osvětlení schodišťové podesty v každém podlaží.

## Model atypického světlovodu

Pro posouzení osvětlenosti schodišťového prostoru navrhovaným světlovodem byl sestaven model. Model byl zhotoven z nerezového plechu v měřítku 1:10. Na čelní straně modelu byly vyřezány okénka v měřítku a umístění navrhovaných oken ve světlovodu. Tyto výřezy byly překryty transparentním papírem. Vnitřek světlovodu byl vyložen speciální fólií s vysokou světelnou odrazivostí, která se lepí na vnitřní povrchy tubusových světlovodů. Světlovod byl umístěn do tmavé komory za účelem světelně technických posouzení. Byl použit světelný zdroj, který prosvětlouval světlovodu - viz obrázek 1. Pomocí jasové kamery LMK byly měřeny jasy v místech oken. Z průměrných hodnot těchto jasů byla počítána osvětlenost ve zvolené pracovní rovině ve schodišťovém prostoru.



Model světlovodu



Vstup světla do světlovodu



Light source  
HF generator Philips  
OL 55W S/03  
 $U_n = 230V$ ,  $I_n = 0.26A$



Zdroj osvětlení

➤ Obrázek 1 Posuzovaný model světlovodu

## Osvětlenost schodišťového prostoru

Osvětlenost na srovnávací rovině ve schodišťovém prostoru se určí podle následujícího vztahu.

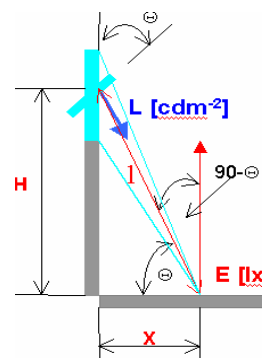
$$E = Ld\Omega \cos(90 - \Theta) \quad (16)$$

kde  $L$  ... jas [ $\text{cdm}^{-2}$ ]

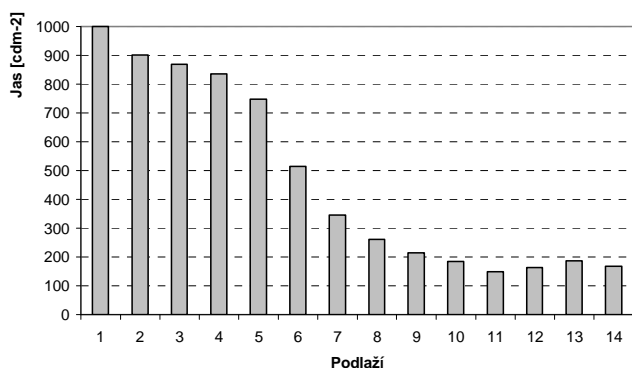
$90 - \Theta$  ... úhel, který svírá spojnice  $I$  těžiště posuzovaného okna s normálou k ploše, na které se posuzuje osvětlenost,  $\text{tg } \Theta = H/X$ , kde  $H$ ...převýšení těžiště okna vůči rovině, na které se posuzuje osvětlenost,  $X$ ...vodorovná vzdálenost okno - posuzovaný bod

$$d\Omega = \frac{b \cdot h}{l^2} \cos(\Theta) \quad \dots \text{prostorový úhel} \quad (2)$$

kde  $b$  ( $h$ ) ... šířka (výška) okna světlovodu [ $m$ ],  $\Theta$  ... úhel, který svírá průmět okna kolmý ke spojnici těžiště okna posuzovaný bod na podestě či na schodišti, ve kterém se počítá osvětlenost  $E$ [ $lx$ ].



• Obrázek 2  
Osvětlenost  $E$  [ $lx$ ] na pracovní rovině a jas  $L$  [ $\text{cdm}^{-2}$ ] osvětlovacího otvoru



➤ Obrázek 3 Průměrný jas oken světlovodu v jednotlivých podlažích

Vyhodnocení průměrných jasů oken světlovodu na úrovni jednotlivých podlaží je uvedeno na obrázku 3. Zvýšené hodnoty jasu u oken ve 12.-14. podlaží jsou způsobené vlivem spodního krytu světlovodu s vysoce reflexní vnitřní povrchovou úpravou.

Na základě uvedených hodnot jasů byly počítány osvětlenosti v zadaných místech schodištvého prostoru. Výpočty byly provedeny pro 4 varianty (obr. 4). Ve všech variantách bylo uvažována výška parapetu okna světlovodu nad schodištvou podestou 1,4 m, výška okna světlovodu 1,2 m.

Výpočtové varianty použité pro posouzení prostoru schodě:

Varanta I - uprostřed podesty v úrovni podlahy,  $H=2\text{m}$ ,  $X=0,55\text{m}$

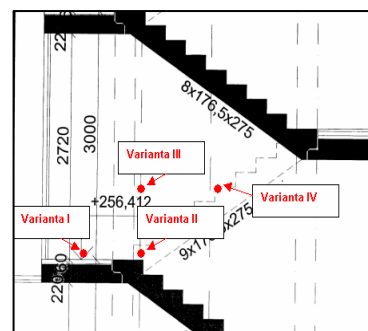
Varianta II - okraj podesty v úrovni podlahy,  $H=2\text{m}$ ,  $X=1,1\text{m}$

Varianta III - okraj podesty v úrovni 1 m nad podlahou,  $H=1\text{m}$ ,  $X=1,1\text{m}$

Varianta IV - uprostřed schodištvého prostoru mezi schodištvými rameny,  $H=1\text{m}$ ,  $X=3,3\text{m}$

Pozn. Výchozí údaje pro výpočet osvětlenosti - hodnota  $H$ ,  $X$  – viz obrázek 2.

Nadzemní podlaží NP	Osvětlenost E [lx]			
	Varianta I	Varianta II	Varianta III	Varianta IV
14 NP	42,75	58,35	162,2	48,3
13 NP	38,51	52,57	146,13	43,52
12 NP	37,16	50,72	140,98	41,98
11 NP	35,72	48,75	135,52	40,36
10 NP	31,96	43,63	121,27	36,11
9 NP	21,97	29,99	83,37	24,83
8 NP	14,78	20,18	56,09	16,70
7 NP	11,19	15,27	42,45	12,64
6 NP	9,19	12,54	34,87	10,38
5 NP	7,91	10,80	30,01	8,94
4 NP	6,39	8,73	24,25	7,22
3 NP	7,03	9,60	26,68	7,94
2 NP	7,99	10,91	30,32	9,03
1 NP	7,19	9,82	27,29	8,13



• Obrázek 4 Vyznačení bodů ve schodištvém prostoru s posuzovanou osvětleností ve variantách I až IV

• Tabulka 1 Předpokládaná osvětlenost ve schodištvém prostoru se světlovodem

Uvedené hodnoty osvětlenosti vypočítané z hodnot jasů oken jsou modelem pro odhad funkce navrhovaného světlovodu v provozních podmínkách. Je zřejmé, že hodnoty osvětlenosti v nižších podlažích budou velmi nízké, i tak lze však navrhovaný světlovod považovat za přínos. Vybavení světlovodu lze doplnit elektrickým osvětlovacím zdrojem, který bude v době zamračené oblohy prostor schodiště přisvětlovat. Navrhovaný světlovodný systém přináší možnost denního osvětlení v obtížně dostupných částech budovy a tím i nesporné výhody pro tvorbu příznivého vnitřního prostředí a energeticky úspornější provoz.

## Poděkování

Príspevek byl zpracován za podpory projektu MŠMT CZ-102 SK-CZ 11006 "Výzkum reálných celoročních podmínek osvětlenosti pro efektivní využití světlovodů v klimatických podmínkách ČR a SR".

Autoři děkují prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc. za umožnění světelně technických měření na modelu světlovodu v laboratoři Vysoké školy Báňské TU Ostrava. Realizaci modelu připravila firma Lightway, spol. s r.o., která je výrobcem posuzovaného atypického světlovodu.

## Literatura a odkazy

[1] Plch, J., Sokanský, K. Moderní světelné zdroje. SME Ostrava 1994

[2] Plch, J. Světelná technika v praxi, IN-EL Praha 1999

[3] Plch, J., Mohelníková, J., Suchánek, P. Osvětlení neosvětlitelných prostor. Era, Brno 2004

# Energetická optimalizace osvětlovacích systémů s halogenidovými výbojkami

Jaroslav Polínek, Ing.

AKTÉ spol. s r.o., www.akte.cz, zlin@akte.cz

## Úvod

Osvětlovací soustavy s halogenidovými výbojkami v posledních 10 letech postupně vytlačily do té doby hojně používané soustavy s vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Hlavním důvodem bylo zvýšení kvality světelného prostředí. Ale jak to bývá obvyklé, zvýšíme-li kvalitu stojí nás to peníze. Tak tomu bylo i v tomto případě.

Výbojka	Měrný výkon (lm/W)	Cena výbojky (Kč/ks)	Doba života (hod.)	Pokles toku (%)	Index podání barev Ra
HPS 400W	120 - 140	500,-	16.000	25-35%	20-40
HQI 400W	70 - 90	1.000,-	8.000	30-40%	70-90

• Tabulka 1: srovnání typických základních parametrů vysokotlaké sodíkové a halogenidové výbojky

		HPS 400W	HQI 400W	ÚSPORA
Doba provozu	hod/rok	4000	4000	
Počet svítidel 1x400W	ks	100	130	
Osvětlenost Eav dle EN 12464	lx	500	500	
<b>Celkový instalovaný výkon</b>	<b>kW</b>	<b>44,0</b>	<b>52,0</b>	<b>-8,00</b>
Roční spotřeba elektrické energie	kWh/rok	176 000,00	208 000,00	-32 000,00
Platby za spotřebovanou el. energii (2,00 Kč/kWh)	Kč/rok	352 000,00	416 000,00	-64 000,00
Roční náklady na údržbu (výměna zdrojů apod.)	Kč/rok	20 000,00	84 500,00	-64 500,00
<b>CELKOVÉ ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY</b>	<b>Kč/rok</b>	<b>372 000,00</b>	<b>500 500,00</b>	<b>-128 500,00</b>

• Tabulka 2 : Příklad srovnání provozních nákladů – hala s osvětleností 500lx, svítidla s výbojkou á 400W, dvousměnný provoz

Z tabulky 2 je zřejmé, že se provozní náklady osvětlovací soustavy s halogenidovými výbojkami zvýšily asi o 30%. Na této skutečnosti se podílí jak vyšší spotřeba elektrické energie tak zejména výrazné zvýšení nákladů na údržbu – výměnu světelných zdrojů.

## Cesty k energetické a provozní optimalizaci

Z výše uvedených tabulek vyplývá fakt, že pokud chceme udržet kvalitu světla a přitom snížit spotřebu elektrické energie a náklady na údržbu, musíme mít světelný zdroj s vysokým měrným výkonem, nízkou cenou, dlouhou dobou života a nízkým poklesem světelného toku. Lze konstatovat, že jediným konkurenčním světelným zdrojem splňujícím uvedené požadavky je lineární zářivka. Je zde však ještě svítidlo a jeho provozní a optická účinnost.

I zde můžeme konstatovat, že starý mýtus projektantů: *ve výškách nad 6m je třeba používat výbojky*, již začíná být minulostí a to zejména díky nabídce zářivkových svítidel s velmi účinnými optickými systémy – Al reflektory, které umožňují účinné použití těchto typů svítidel i ve výškách kolem 10m.

Současná nabídka lineárních zářivek je následující:

- Zářivka T8/ 58W, s KP, třípásmová
- Zářivka T8/ 58W, s EP, třípásmová
- Zářivka T5/ 54W, s EP, High Output, třípásmová
- Zářivka T5/ 54W, s EP, HO Constant, třípásmová

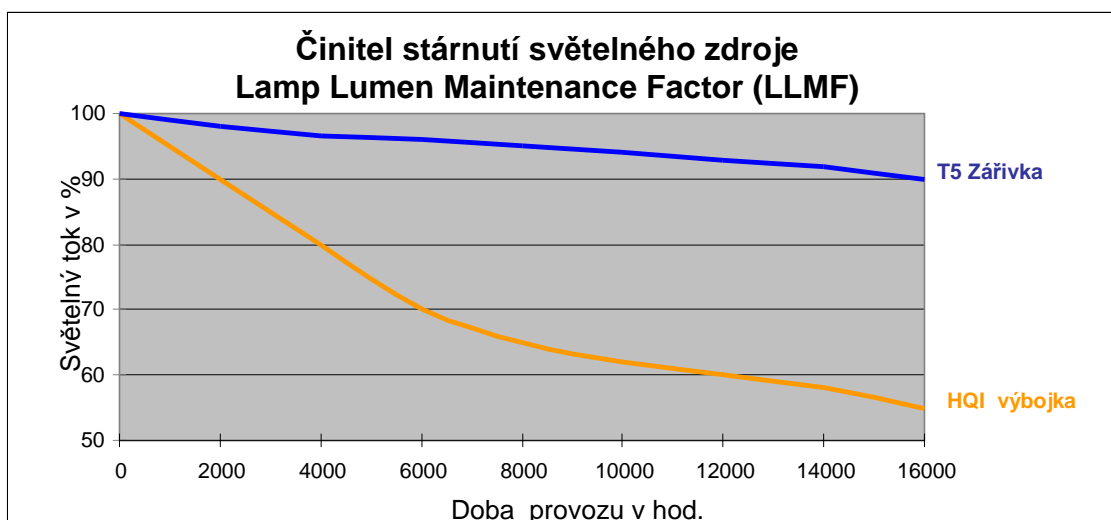
Zářivka	Měrný výkon (lm/W)	Cena zářivky (Kč/ks)	Doba života (hod.)	Pokles toku (%)	Index podání barev Ra
T8/58W, KP	70 - 80	50,-	12.000	10-15%	80-90
T8/58W, EP	80 - 90	50,-	20.000	10-15%	80-90
T5/54W, EP HO	80 - 90	100,-	20.000	5-10%	80-90
T5/54W, EP HO Constant	80 - 90	150,-	20.000	5-10%	80-90

• Tabulka 3: srovnání typických základních parametrů třípásmových lineárních zářivek T8 a T5

Udržovací činitel MF (Maintenance Factor) se stanoví součinem čtyř určených hodnot dílčích činitelů změn osvětlení ovlivnitelných údržbou (dle CIE-TC310, Report87):

$$MF = LSF \cdot LLMF \cdot LMF \cdot RSMF \quad (17)$$

- Kde
- LSF – Lamp Survival Factor  
Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů (užívá se jen při skupinové výměně světelných zdrojů), vztahuje se k době života světelného zdroje
  - LLMF - Lamp Lumen Maintenance Factor  
Činitel stárnutí světelných zdrojů (vyjadřuje pokles světelného toku s dobou provozu)
  - LMF - Luminaire Maintenance Factor  
Činitel znečištění svítidel
  - RSMF -Room Surface Maintenance Factor  
Činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru



• Graf 1: srovnání LLMF lineární zářivky T5 a halogenidové výbojky HQI



Za předpokladu, že činitel znečištění svítidel (LMF) a činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru (RSMF) pro srovnávanou osvětlovací soustavu je shodný, pak poměr

$$\frac{MF(HQI)}{MF(FLT5)} = \frac{LSF(HQI).LLMF(HQI).LMF.RSMF}{LSF(FLT5).LLMF(FLT5).LMF.RSMF} = \frac{LSF(HQI).LLMF(HQI)}{LSF(FLT5).LLMF(FLT5)} \quad (2)$$

Např., při zvolené době provozu – intervalu údržby 8 000 hodin, dosažením hodnot z tabulky podle CIE-TC310, Report87, obdržíme

$$\frac{MF(HQI)}{MF(FLT5)} = \frac{LSF(HQI).LLMF(HQI)}{LSF(FLT5).LLMF(FLT5)} = \frac{0,79.0,65}{0,95.0,95} = 0,61 \quad (3)$$

Z výsledku rovnice (3) vyplývá, že za předpokladu stejných provozních účinností svítidel s HQI a FLT5, při zvoleném intervalu údržby, musí být počáteční světelný tok osvětlovací soustavy s halogenidovými výbojkami o 39% vyšší než počáteční světelný tok osvětlovací soustavy s lineárními zářivkami T5. Protože měrný výkon HQI a FLT5 je srovnatelný, pak z výše uvedeného konstatování plyne, že i elektrický příkon osvětlovací soustavy s halogenidovými výbojkami musí být podstatně vyšší než u osvětlovací soustavy s lineárními zářivkami T5.

Této skutečnosti využívá svítidlo HiBay osazené 3 trubicemi á 54W FLT5, které je tak schopno nahradit svítidlo s halogenidovou výbojkou HQI 250W. Systémové příkony obou svítidel jsou

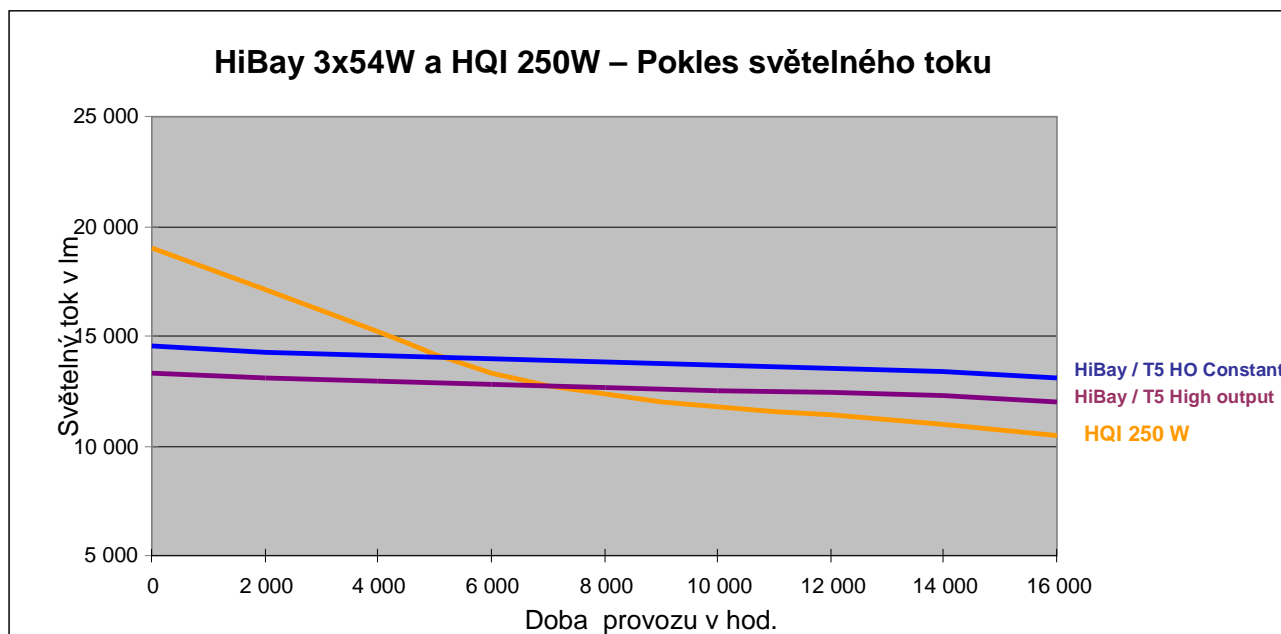
SP FLT5 (3x54W) = cca 160 W

SP HQI (250W) = 275 W

Úspora příkonu na jednom svítidle je tedy 115 W, tj. 42%.



• Obr. 1: svítidlo HiBay



• Graf 2: srovnání poklesu světelného toku svítidla HiBay s FLT5 3x54W a svítidla s HQI 250W

		HQI 250W	FLT5 3x54W	ÚSPORA
Doba provozu	hod/rok	4000	4000	
Počet svítidel 1x250W resp. 3x54W	ks	200	200	
Osvětlenost Eav dle EN 12464	lx	500	500	
<b>Celkový instalovaný výkon</b>	<b>kW</b>	<b>55,0</b>	<b>32,0</b>	<b>23,00</b>
Roční spotřeba elektrické energie	kWh/rok	220 000,00	128 000,00	92 000,00
Platby za spotřebovanou el. energii (2,00 Kč/kWh)	Kč/rok	440 000,00	256 000,00	184 000,00
Roční náklady na údržbu (výměna zdrojů apod.)	Kč/rok	120 000,00	20 000,00	100 000,00
<b>CELKOVÉ ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY</b>	<b>Kč/rok</b>	<b>560 000,00</b>	<b>276 000,00</b>	<b>284 000,00</b>

• Tabulka 4 : Příklad srovnání provozních nákladů – hala s osvětleností 500lx, svítidla s výbojkou HQI 250W, nebo svítidla HiBay s lineárními zářivkami T5 3x54W, dvousměnný provoz

Z tabulky 4 je zřejmé, že se provozní náklady osvětlovací soustavy se svítidly HiBay 3x54W jsou přibližně o 50% nižší než osvětlovací soustavy s halogenidovými výbojkami 1x250W. Na této skutečnosti se podílí jak nižší spotřeba elektrické energie tak snížení nákladů na údržbu – výměnu světelných zdrojů.

## Závěr

Podrobná analýza udržovacích činitelů různých typů osvětlovacích soustav a objektivní kvantifikace jejich provozních nákladů umožňuje výběr energeticky a provozně optimální varianty.

## Literatura a odkazy

- [1] Firemní katalog OSRAM, 2007
- [2] Šesták, F., ČKAIT, Provoz a údržba osvětlení, DOST, soubor 3:č.25, 2000
- [3] Firemní katalog WESTLUX, Švýcarsko, 2007
- [4] CIE – TC 310 Report 87 Maintenance of indoor electric lighting systems
- [5] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů, Část 1: Vnitřní pracovní prostory

# Měření osvětlení - chyby v protokolech a v hodnocení osvětlení

Ing. Jiří Slezák  
Zdravotní ústav se sídlem v Pardubicích  
Východní pobočka  
[jiri.slezak@uo.zupu.cz](mailto:jiri.slezak@uo.zupu.cz)

Pro měření osvětlení ve vnitřních prostorách platí normy ČSN 36 0011 - 1 až 3. V nich jsou uvedeny stručně požadavky na obsah protokolů z měření. Pro osvětlení venkovních pracovišť žádná norma zatím není. Pro měření osvětlení komunikací platí norma ČSN EN 132 01 - 4, kde je příklad formuláře protokolu.

Podrobnější požadavky na obsah protokolu jsou uvedeny v normě ČSN EN 17025 a v Autorizačním návodu SZÚ č. AN 02 / 03.

Hlavní obecnou zásadou zhotovení protokolů z měření osvětlení je stručnost, přehlednost a co největší informační kvalita s ohledem na rozsah zadání. Protokol musí mít takový rozsah, aby bylo možné zopakovat měření ve stejných místech a umožnit zjištění závad v osvětlování i jejich odstranění. Měl by obsahovat pouze potřebné údaje pro posouzení osvětlení podle požadovaného zadání. Z hygienického hlediska se posuzují zejména pracoviště s trvalým pobytem a případně krátkodobá pracoviště s náročnějšími zrakovými podmínkami.

Nejčastější chyby, které se v protokolech vyskytují:

- nepřehlednost protokolů (nelogické uspořádání odstavců, zdůraznění méně důležitých věcí atd.)
- neúplné definování zákazníka
- neúplné definování měřeného provozu (místa)
- nedostatečná specifikace použitých měřidel a jejich ověření
- špatně uvedené předpisy, podle kterých bylo měření provedeno. Pro odhad nejistoty měření musí být zpracován vlastní postup (SOP), ve kterém jsou zohledněny používané přístroje a vlastní postup měření.
- nedostatečný popis měřeného prostoru a osvětlovacích soustav. Pro popis svítidel, kde není možné určit typ, je vhodné použít fotografií. U denního osvětlení má vliv i velikost i druh zasklení osvětlovacích otvorů a jejich vnitřní i venkovní stínění (vč. krycích fólií, žaluzií, záclon). Proto to také nesmí chybět v protokolech.
- není uveden a zdůvodněn postup měření (druh osvětlení, výběr pracovních míst, volba srovnávací roviny a kontrolních bodů)
- špatně zvolená místa měření a špatná výška srovnávací (vztažné) roviny
- u denního osvětlení nebývají dodrženy podmínky rovnoměrně zatažené oblohy a nebo nejsou doloženy hodnoty venkovní horizontální osvětlenosti a příp. výsledky kontrolního měření jasu oblohy.
- u umělého osvětlení se opomíjí sledování důležité veličiny - napětí na světelných zdrojích.
- názvy veličin neodpovídají názvosloví podle ČSN EN 12665

- neuvádí se naměřené hodnoty. Myslím, že zákazník má právo znát zjištěné hodnoty. Navíc většinou nestačí udat pouze výslednou hodnotu, protože je rozhodující rozložení parametrů osvětlení.
- nepřehledné uspořádání výsledků. Někde chybí i údaje o provedených korekcích.
- k dokumentaci měřeného prostoru se málo používá fotografií a nákresů
- málo je využíváno zobrazování rozložení parametrů osvětlování pomocí izočar

Hodnocení měření osvětlení může být součástí protokolu při dodržení akreditačních nebo autorizačních podmínek a nebo může být v samostatném elaborátu. Hodnocení zase musí být přehledné, stručné a musí být zřejmé, z jakých podkladů vychází (legislativa a normy). Je nutné upozornit na zásadní rozdíl mezi akreditací a autorizací k měření MZd. ČR. Akreditace se týká měření a základního hodnocení. Autorizace zahrnuje kromě měření i posouzení celé problematiky osvětlení a zrakových podmínek podle zákona o ochraně veřejného zdraví a podle prováděcích předpisů (NV ČR, vyhlášky MZd. ČR).

Nejčastější chyby, které se v hodnocení vyskytují:

- hodnocení na základě nevhodné legislativy a norem
- nepřehlednost hodnocení
- není bráno v úvahu, zda šlo o měření stávajícího stavu nebo o kolaudační měření
- není brána v úvahu nejistota měření
- hodnocení by se mělo týkat osvětlení jako celku (tzn. denního, umělého a příp. sdruženého). Posouzení pouze umělého osvětlení je v dosti případech nedostatečné, protože se zde může jednat také o sdružené osvětlení. Legislativa požaduje posouzení celého osvětlení.
- názvy veličin neodpovídají názvosloví podle ČSN EN 12665

Při zhotovení protokolu měření osvětlení i dále pak při jeho hodnocení je vhodné přistupovat k této činnosti z pozice osoby, která měření požaduje a která jej potřebuje pro své rozhodnutí o stavu osvětlení. Takto se potom snadno přijde na věci nepodstatné, které jenom přispějí k nepřehlednosti protokolu i hodnocení.

# Legislativa v oblasti veřejného osvětlení

## Nový stavební zákon

Ing. Petr Slivka

PTD Muchová, s.r.o., Ostrava, slivka@ptdov.cz

V příspěvku jsem se zaměřil na nový stavební zákon, se kterým se setkávám při výkonu inženýrské činnosti do získání stavebního povolení a při výkonu inženýrské činnosti do získání kolaudačního souhlasu.

Prvního ledna letošního roku vešel v účinnost nový stavební zákon – Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu.

### 1. Územní řízení

Stavby lze umístit jen na základě územního rozhodnutí. Územním rozhodnutím je rozhodnutí o umístění stavby. Územní rozhodnutí vydává příslušný stavební úřad na základě územního řízení.

Účastníky územního řízení jsou žadatel, obec a dále ten kdo má vlastnické nebo jiné věcné právo k pozemkům nebo stavbám, na kterých má být záměr uskutečněn, osoby, jejichž vlastnické nebo jiné věcné právo k sousedním stavbám anebo sousedním pozemkům nebo stavbám na nich může být územním rozhodnutím přímo dotčeno.

Územní řízení se zahajuje na základě žádosti o vydání územního rozhodnutí. Náležitosti žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby jsou dány § 3 vyhlášky č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření. Žádost o vydání rozhodnutí o umístění stavby se podává na formuláři, jehož obsahové náležitosti jsou stanoveny v příloze č. 3 k této vyhlášce. První část formuláře obsahuje údaje o žadateli a jeho zástupci, o pozemcích k umístění stavby, o účastnících řízení, kteří mají vlastnická nebo jiná věcná práva k těmto pozemkům, o současném stavu využívání pozemků a stavbách na nich, základní údaje o stavbě, o posouzení vlivu stavby na životní prostředí podle zvláštního právního předpisu (Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, § 45h a 45i Zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů) a o dalších účastnících řízení. V části B formuláře jsou specifikovány přílohy k žádosti. K přílohám patří: doklad prokazující vlastnické právo žadatele nebo doklad o právu k pozemkům založeném smlouvou provést stavbu nelze-li tato práva ověřit v katastru nemovitostí, souhlas vlastníka pozemku / stavby v případě, že je odlišný od žadatele, plná moc v případě zastupování, dokumentace stavby, závazná stanoviska dotčených orgánů, stanoviska vlastníků veřejné dopravní infrastruktury k možnosti a způsobu napojení stavby, vyjádření účastníků řízení, pokud byla získána před zahájením řízení. Dokumentace stavby se přikládá ve dvojitě vyhotovení.

Stavební úřad oznámí zahájení územního řízení a k projednání žádosti nařídí veřejné ústní jednání, jehož konání oznámí účastníkům řízení nejméně 15 dní předem. Žadatel zajistí, aby informace o jeho záměru a o tom, že podal žádost o vydání územního rozhodnutí, byla po nařízení veřejného ústního jednání vyvěšena na místě určeném stavebním úřadem nebo na vhodném veřejně přístupném místě do doby konání veřejného ústního jednání. Je-li v území vydán územní nebo regulační plán, je doporučeno oznámit zahájení řízení žadateli, obci a dotčeným orgánům jednotlivě, ostatním účastníkům řízení veřejnou vyhláškou.

Pokud má žádost nedostatky, může stavební úřad řízení usnesením přerušit současně s výzvou k odstranění nedostatků žádosti. Stavební úřad pokračuje v řízení, jakmile odpadne překážka, pro niž bylo řízení přerušeno. V opačném případě může stavební úřad po uplynutí termínu řízení zastavit.

Po posouzení záměru vydá stavební úřad územní rozhodnutí. Územním rozhodnutím schvaluje stavební úřad navržený záměr a stanoví podmínky pro využití a ochranu území, podmínky pro další přípravu a realizaci záměru. Územní rozhodnutí je účastníkům doručováno osobně nebo veřejnou vyhláškou. Proti územnímu rozhodnutí se lze odvolat do 15 dnů ode dne jeho oznámení. Pokud se žádný z účastníků neodvolá, nabude územní rozhodnutí právní moci. Územní rozhodnutí má platnost dva roky od nabytí jeho právní moci, nestanoví-li stavební úřad v odůvodněných případech lhůtu delší.

## 2. Stavby a udržovací práce

Stavby a udržovací práce na stavbách lze provádět jen podle stavebního povolení nebo na základě ohlášení stavebnímu úřadu.

### 2.1. Ohlášení stavebnímu úřadu

Udržovací práce, jejichž provedení nemůže negativně ovlivnit zdraví osob, požární bezpečnost, stabilitu a vzhled stavby, životní prostředí a bezpečnost při užívání a nejde o udržovací práce na stavbě, která je kulturní památkou stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu nevyžadují.

Ohlášení stavebnímu úřadu vyžadují udržovací práce neuvedené v předchozím odstavci. Ohlášení obsahuje údaje o stavebníkovi, o pozemku, ohlášené stavbě, jejím rozsahu a účelu, o způsobu a době provádění stavby a její jednoduchý technický popis. K ohlášení se připojují: doklad prokazující vlastnické právo nebo právo založené smlouvou provést stavbu nebo opatření anebo právo odpovídající věcnému břemenu k pozemku či stavbě, pokud stavební úřad nemůže existenci takového práva ověřit v katastru nemovitostí.

Ohlášenou stavbu může stavebník provést na základě písemného souhlasu stavebního úřadu. Není-li stavebníkovi souhlas doručen do 40 dnů ode dne, kdy ohlášení došlo stavebnímu úřadu, a ani mu v této lhůtě není doručen zákaz, platí, že stavební úřad souhlas udělil. Souhlas platí po dobu dvanácti měsíců, nepozbývá však platnost, pokud bylo v této době s ohlášenou stavbou započato. Pokud by ohlášená stavba byla v rozporu s obecnými požadavky na výstavbu, s regulačním plánem, územním rozhodnutím nebo územním souhlasem anebo se závazným stanoviskem dotčeného orgánu, stavební úřad rozhodnutím její provedení zakáže. Toto rozhodnutí musí být vydáno do 30 dnů ode dne ohlášení stavby.

### 2.2. Stavební řízení

Stavby, u nichž nestačí ohlášení stavebnímu úřadu, je možno provádět na základě stavebního povolení. Účastníky stavebního řízení je stavebník; vlastník pozemku, na kterém má být stavba prováděna, není-li stavebníkem; vlastník stavby na pozemku, na kterém má být stavba prováděna a ten, kdo má k tomuto pozemku nebo stavbě právo odpovídající věcnému břemenu, mohou-li být jejich práva navrhovanou stavbou přímo dotčena; vlastník sousedního pozemku nebo stavby na něm a ten, kdo má k tomuto pozemku nebo stavbě právo odpovídající věcnému břemenu, může-li být jeho právo navrhovanou stavbou přímo dotčeno.

Stavební řízení se zahajuje na základě žádosti o stavební povolení. Žádost o stavební povolení podává stavebník na předepsaném formuláři, jehož obsahové náležitosti jsou stanoveny v příloze č. 2 vyhlášky č. 526/2006 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení stavebního zákona ve věcech stavebního řádu. První část formuláře obsahuje údaje o stavebníkovi a jeho zástupci, údaje o stavbě a její stručný popis, místo stavby a pozemky nebo stavby dotčené záměrem, sousední pozemky a stavby na nich, napojení na veřejnou dopravní a technickou infrastrukturu, rozsah a vybavení staveniště, zpracovatele projektové dokumentace, název a sídlo stavebního podnikatele, který bude stavbu provádět (pokud je znám), doklad, že je navrhovaná stavba v souladu s obecnými požadavky na výstavbu a je v souladu se závaznými stanovisky dotčených orgánů, předpokládaný termín zahájení a dokončení stavby, orientační náklad na provedení stavby, seznam a adresy známých účastníků stavebního řízení, sousední pozemky potřebné k provedení stavby. V části B formuláře jsou specifikovány přílohy k žádosti. K přílohám patří: doklad prokazující vlastnické právo k pozemku nebo stavbě anebo právo založené smlouvou provést stavbu anebo právo odpovídající věcnému břemenu k pozemku nebo stavbě, pokud nemůže stavební úřad existenci takového práva ověřit v katastru nemovitostí; plná moc v případě zastupování stavebníka; projektová dokumentace stavby; plán kontrolních prohlídek stavby; údaje o splnění požadavků dotčených orgánů; doklady o jednáních s účastníky řízení (byla-li předem vedena); územní rozhodnutí (pokud jej vydal jiný správní orgán); závazná stanoviska dotčených orgánů vyžadovaná zvláštním právním předpisem; stanoviska vlastníků veřejné dopravní a technické infrastruktury, na kterou se bude stavba napojovat. Projektová dokumentace se předkládá ve dvojím vyhotovení. Obsah projektové dokumentace pro stavební řízení je stanoven v příloze č. 1 vyhlášky č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.

Stavební úřad oznámí účastníkům řízení, kteří jsou mu známi, a dotčeným orgánům zahájení stavebního řízení nejméně 10 dnů před ústním jednáním, které spojí s ohledáním na místě, je-li to účelné. Od ústního jednání a ohledání na místě může stavební úřad upustit, jsou-li mu dobře známy poměry staveniště a žádost poskytuje dostatečný podklad pro posouzení navrhované stavby a stanovení podmínek k jejímu provádění. Upustí-li od ústního jednání, určí lhůtu minimálně 10 dnů, do kdy mohou dotčené orgány uplatnit závazná stanoviska a účastníci řízení své námítky. Doručuje-li se účastníkům řízení oznámení o zahájení řízení veřejnou vyhláškou, stavebníkovi se oznámení doručuje do vlastních rukou.

Po posouzení vydá stavební úřad stavební povolení, ve kterém stanoví podmínky pro provedení stavby a rozhodne o námítkách účastníků řízení. Podle potřeby stanoví stavební úřad fáze výstavby, které mu stavebník oznámí za účelem provedení kontrolních prohlídek stavby, může též stanovit, že stavbu lze užívat jen na základě kolaudačního souhlasu.

Po dni nabytí právní moci stavebního povolení stavební úřad zašle stavebníkovi jedno vyhotovení ověřené projektové dokumentace spolu se štítkem obsahujícím identifikační údaje o povolené stavbě. Stavební povolení má platnost 2 roky ode dne, kdy nabylo právní moci. Dobu platnosti stavebního povolení může stavební úřad na odůvodněnou žádost stavebníka podanou před uplynutím lhůty prodloužit. Účastníkům, kteří byli o zahájení stavebního řízení uvědoměni veřejnou vyhláškou, se stavební povolení oznamuje doručením veřejnou vyhláškou. Stavebníkovi se stavební povolení doručuje do vlastních rukou.

### **3. Územní řízení spojené se stavebním řízením**

Podle § 78 stavebního zákona může stavební úřad podle správního řádu spojit územní a stavební řízení, jsou-li podmínky v území jednoznačné, zejména je-li pro území schválen územní plán nebo regulační plán.

Podle § 4 stavebního zákona, mají orgány územního plánování a stavební úřady přednostně využívat zjednodušující postupy a postupovat tak, aby dotčené osoby byly co nejméně zatěžovány.

### **4. Změna stavby před jejím dokončením**

V průběhu stavby mohou nastat skutečnosti, pro které je nutno provést změnu stavby oproti stavebnímu povolení a ověřené projektové dokumentaci. Stavební úřad může na odůvodněnou žádost stavebníka povolit změnu stavby před jejím dokončením. Žádost obsahuje kromě obvyklých náležitostí popis změn a jejich porovnání se stavebním povolením a s projektovou dokumentací ověřenou stavebním úřadem. K žádosti připojí projektovou dokumentaci změn stavby, nebo kopie ověřené dokumentace s vyznačením navrhovaných změn.

Žádost o změnu stavby před dokončením projedná stavební úřad s účastníky řízení a dotčenými orgány v rozsahu, v jakém se změna dotýká práv účastníků stavebního, případně územního rozhodnutí, zájmů chráněných zvláštními právními předpisy a rozhodne o ní.

Změnu stavby, která se nedotýká práv účastníků stavebního řízení, podmínek územního rozhodnutí, veřejných zájmů chráněných zvláštními právními předpisy, schválí stavební úřad při kontrolní prohlídce zápisem do stavebního deníku. Podle okolností vyznačí změnu v ověřené projektové dokumentaci.

### **5. Užívání staveb**

Dokončenou stavbu, pokud vyžadovala stavební povolení nebo ohlášení stavebnímu úřadu, lze užívat na základě oznámení stavebnímu úřadu nebo kolaudačního souhlasu.

V případě, že byla stavba provedena na základě ohlášení, je stavebník povinen oznámit stavebnímu úřadu záměr započít s užíváním stavby nejméně 30 dnů předem. S užíváním stavby může být započato, pokud do 30 dnů od oznámení stavební úřad rozhodnutím užívání stavby nezakáže.

Stavby prováděné na základě stavebního povolení mohou být užívány na základě kolaudačního souhlasu. Souhlas vydává na základě žádosti stavebníka příslušný stavební úřad.

Žádost o vydání kolaudačního souhlasu podává žadatel na formuláři, jehož obsahové náležitosti jsou stanoveny v příloze č. 5 vyhlášky č. 526/2007 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení stavebního zákona ve věcech stavebního řádu. Formulář obsahuje údaje o žadateli, jeho zástupci, základní údaje o dokončené stavbě, datum a číslo vydaného územního rozhodnutí a stavebního povolení, popřípadě povolení změny stavby před jejím dokončením, předpokládaný termín dokončení stavby, termín úplného vyklizení staveniště a úpravy okolí, údaj o zkušebním provozu, informace o stanoviscích dotčených orgánů a jak bylo jejich požadavkům vyhověno.

Stavební úřad do 15 dnů ode dne doručení žádosti stavebníka stanoví termín provedení závěrečné kontrolní prohlídky a stanoví, které doklady při ní stavebník doloží. Při závěrečné prohlídce stavební úřad zejména zkoumá, zda byla stavba provedena podle vydaného stavebního povolení a ověřené projektové dokumentace. Jestliže stavební úřad nezjistí závady bránící bezpečnému užívání stavby nebo rozpor se závaznými stanovisky, vydá do 15 dnů ode dne provedení závěrečné kontrolní prohlídky kolaudační souhlas, který je dokladem o povoleném účelu užívání stavby.

Jsou-li při závěrečné kontrolní prohlídce stavby zjištěny závady, stavební úřad kolaudační souhlas nevydá a rozhodnutím užívání stavby zakáže. Stavebník oznámí písemně odstranění nedostatků stavebnímu úřadu, který po ověření, že oznámení odpovídá skutečnosti, vydá kolaudační souhlas do 15 dnů ode dne, kdy mu došlo oznámení stavebníka.



# Energetická certifikácia budov a osvetlenie

Alfonz Smola  
Katedra elektroenergetiky  
FEI STU v Bratislave  
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava  
e-mail: [alfonz.smola@stuba.sk](mailto:alfonz.smola@stuba.sk)

## Úvod

*Svetelná technika je významné odvetvie hospodárstva väčšiny vyspelých krajín. Trendy vývoja v svetelnej technike sú ovplyvňované zásadnými problémami súčasného sveta. Ide najmä o úsporu elektrickej energie vo všetkých oblastiach aplikácie osvetľovacích zariadení. Snahou projektantov a realizátorov je zvyšovanie kvality parametrov osvetlenia, cieľom je tiež úspora materiálov, úspora času a ochrana životného prostredia. Svetelná technika je jednou z oblastí, ktorá je hodnotená pri energetickej certifikácii budov.*

## Normy a predpisy pre energetickú efektívnosť osvetlenia.

Zvyšovať ukazovatele energetickej hospodárnosti budov možno v podstatnej miere aj používaním moderných a hospodárnych svetelných zdrojov, svietidiel a osvetľovacích zariadení. Pamätá na to aj Smernica č. 2002/91/ES o energetickej hospodárnosti budov. U nás bola Smernica implementovaná v zmysle Zákona a Vyhlášky (3, 4). Na smernicu sa viaže príprava nových európskych technických noriem, ktoré budú prevzaté do sústavy slovenských technických noriem ako STN EN. Normy pripravované na základe mandátu udeleného Európskou komisiou CEN sú v súčasnosti v štádiu prípravy a pripomienkovania prednoríem (prEN).

Výpočtovým postupom v oblasti osvetlenia sa venuje návrh európskej normy prEN 15193 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Norma, ktorá je v súčasnosti vo fáze prekladu do slovenčiny a pripravená na vydanie, bola pôvodne pripravovaná v dvoch častiach. V záverečnej podobe sa predkladá ako jediná norma. Text vyhlášky č. 625/2006 však cituje ešte pôvodnú prvú časť pripravovanej normy.

STN EN 15 193 bola navrhnutá za účelom vytvorenia pravidiel a postupov na odhad energetických požiadaviek osvetlenia v budovách a za účelom poskytnutia metodiky na výpočet číselného ukazovateľa energetickej efektívnosti budov. Táto norma tiež poskytuje návod na zostavenie teoretických limitov spotreby energie odvodených z referenčných osvetľovacích sústav.

Pravidlá a postupy hodnotenia uvedené v norme STN EN 15 193 predpokladajú, že navrhnutá a realizovaná osvetľovacia sústava je v súlade s dobrou svetelnotechnickou praxou. Pre nové sústavy sa vyžaduje, aby boli v súlade s STN EN 12464-1.

STN EN 15 193 uvádza výpočtovú metodiku na hodnotenie množstva energie na vnútorné osvetlenie vnútri budovy a poskytuje číselný ukazovateľ požiadaviek na spotrebu energie na určité účely. Táto európska norma sa dá použiť pre existujúce budovy a pre návrh nových alebo rekonštruovaných budov. Norma tiež poskytuje referenčné schémy na stanovenie cieľovej spotreby energie na osvetlenie. Táto európska norma tiež poskytuje metodiku na výpočet okamžitej spotreby energie na osvetlenie za účelom odhadu celkovej energetickej efektívnosti budovy.

## Aktivity vedúce k implementácii Smernice č. 2002/91/ES o energetickej hospodárnosti budov v oblasti osvetlenia

Od začiatku roka 2007 sa problematika energetickej hospodárnosti budov dotýka už aj projektantov. Nové projekty musia byť spracované v súlade s ustanoveniami príslušnej legislatívy a noriem, pričom súčasťou projektu bude musieť byť výpočet energie na osvetlenie. Zákon vyžaduje špeciálnu autorizáciu projektantov na túto problematiku. Školenia projektantov v súčasnosti pripravuje Slovenská komora stavebných inžinierov (SKSI), ktorá je tiež poverená autorizáciou. Autorizovaní projektanti budú po splnení príslušných podmienok zapísaní v zozname, ktorý má za úlohu viesť SKSI. Približne od polovice roka 2007 sa ďalej predpokladá príprava osôb, ktoré budú autorizovaní na energetickú certifikáciu. Všetkému však musí predchádzať vydanie príslušných technických noriem a spracovanie národnej metodiky.

V súčasnosti je v štádiu vývoja národná metodika na hodnotenie osvetlenia pre účely certifikácie budov. Na metodike spolupracujú významní odborníci z univerzitného prostredia SAV a praxe. Predpokladá sa jej dopracovanie v jesenných mesiacoch 2007. Bude tiež k dispozícii výpočtový program uľahčujúci stanovenie

svetelnotechnických parametrov budovy a jej zatriedenie do príslušnej energetickej triedy v zmysle platných energetických škál. (pozri tab. 1)

Súčasťou hodnotenia energetickej hospodárnosti budov je aj posudzovanie energetickej náročnosti osvetlenia v závislosti od druhu budovy, času využívania, dostupnosti denného svetla.

Podľa normy STN EN 15 193 si pre stanovenie ukazovateľov energetickej hospodárnosti osvetlenia si možno zvoliť jednu z týchto metód:

- **Rýchla metóda:** Dá sa použiť na hrubý odhad spotreby energie s výpočtom pre budovu ako celok. Pri výpočte sa uvažuje so štandardnými (normatívnymi) údajmi. Metóda je použiteľná na účely rýchlych odhadov.
- **Komplexná metóda:** Použiteľná na presnejší odhad spotreby energie s výpočtom po jednotlivých miestnostiach, a to na ročnom, mesačnom alebo hodinovom základe. Pri výpočte sa aplikujú reálne údaje získané z projektových podkladov alebo v procese zberu údajov v teréne. Metóda je použiteľná na projektové alebo bilančné hodnotenie budovy.
- **Meranie spotreby:** V tomto prípade ide o presné určenie spotreby energie v budove príp. jej jednotlivých častiach v rámci ľubovoľného časového úseku. Pre validnosť údajov sa však požaduje monitorovanie počas jedného roka, metóda je preto časovo náročná. Táto metóda sa samozrejme nedá aplikovať na projektované budovy.

SKSI pripravila pre prípravu projektantov a ďalších odborníkov, ktorí uvažujú, že sa budú zaoberať energetickou certifikáciou vzdelávací seminár. Časť obsahu seminára je venovaná aj problematike hodnotenia osvetľovacích sústav v budovách pod názvom Moderné elektroinštalácie a zabudované osvetlenie budov. V tomto zmysle boli pripravené a realizujú sa prednášky v rozsahu 8 hodín. Prednášateľmi sú významní odborníci v oblasti Svetelnej techniky z STU Bratislava, TU Košice, SAV a praxe. Seminár je odporúčaný pre všetkých uchádzačov, ktorí chcú vykonať skúšky odbornej spôsobilosti v zmysle zákona č. 555/2005 Z. z. V prednáškach sú zdôrazňované nasledovné témy:

### 1. Normy pre osvetlenie budov

1. Prehľad noriem a predpisov pre osvetlenie budov
2. Nariadenie vlády SR z 19.4.2006 o podrobnostiach o požiadavkách na osvetlenie pri práci
3. prEN 15 193-1: Výpočtové postupy energetickej hospodárnosti budov z hľadiska osvetlenia
4. STN EN 12 665 Svetlo a osvetlenie. Základné termíny a kritériá na stanovenie požiadaviek na osvetlenie
5. STN EN 12 454-1 Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovných miest. Časť 1: Vnútorne pracovné miesta
6. Prehľad noriem pre elektrické inštalácie (rad STN 33 2000)

### 2. Výpočtové postupy hodnotenia hospodárnosti osvetlenia (prEN 15 193)

1. Výpočet energie na osvetlenie rýchlou metódou
2. Meranie spotreby energie na osvetlenie – požiadavky a postupy
3. Všeobecný postup výpočtu energie na osvetlenie komplexnou metódou
4. Vstupné údaje – ich prehľad a spôsob získania
5. Procedurálny postup pre stanovenie času využitia denného svetla
6. Procedurálny postup pre stanovenie času využitia bez denného svetla
7. Určenie činiteľa využitia denného svetla  $F_D$
8. Určenie činiteľa obsadenosti budovy  $F_O$
9. Určenie činiteľa konštantnej osvetlenosti  $F_C$
10. Súhrnné ukazovatele ( $W_{\text{svetlo}}$ , LENI,  $\eta_E$ )

### 3. Svetelné zdroje. Moderné svietidlá a návrh osvetľovacích sústav

1. Druhy svetelných zdrojov
2. Teplotné svetelné zdroje.
3. Výbojky
4. Luminiscenčné svetelné zdroje
5. Trendy vo vývoji svetelných zdrojov
6. Požiadavky na svietidlá
7. Trendy vo vývoji svietidiel
8. Kvantitatívne a kvalitatívne parametre osvetlenia
9. Postup pri návrhu osvetľovacej sústavy

### 4. Elektrické inštalácie a riadiace systémy osvetlenia

1. Všeobecný prehľad a klasifikácia riadiacich systémov osvetlenia
2. Možnosti regulácie jednotlivých druhov svetelných zdrojov
3. Spôsoby riadenia osvetlenia podľa prEN 15193
4. Všeobecný prehľad a parametre snímačov a ovládačov pre riadenie osvetlenia

5. Riadenie osvetlenia v jednotlivých miestnostiach – princípy, systémy, požiadavky
6. Riadenie osvetlenia vo výškových budovách – princípy, systémy, požiadavky
7. Štandardy pre riadenie osvetlenia – DALI, EIB/KNX atď.

Súčasťou aktivít odborníkov prepravujúcich odbornú verejnosť na energetickú certifikáciu je aj príprava príručiek a odborných kníh zameraných na túto oblasť. Predpokladáme, že práve tieto pomôžu vychovať odborne zdatných pracovníkov pre energetickú certifikáciu.

	A	B	C	D	E	F	G
rodinné domy							
bytové domy							
administratívne budovy	menej ako 12	12 až 20	20 až 22	22 až 25	25 až 31	31 až 37	viac ako 37
budovy škôl a školských zariadení	menej ako 11	11 až 13	13 až 17	17 až 22	22 až 27	27 až 33	viac ako 33
budovy nemocníc	menej ako 17	17 až 24	24 až 29	29 až 35	35 až 43	43 až 52	viac ako 52
budovy hotelov a reštaurácií	menej ako 16	16 až 22	22 až 27	27 až 32	32 až 40	40 až 48	viac ako 48
športové haly a iné budovy určené na šport	menej ako 11	11 až 16	16 až 19	19 až 22	22 až 27	27 až 33	viac ako 33
budovy pre veľkoobchodné a maloobchodné služby	menej ako 15	15 až 17	17 až 23	23 až 30	30 až 37	37 až 45	viac ako 45
ostatné nevýrobné budovy	menej ako 14	14 až 18	18 až 23	23 až 28	28 až 35	35 až 42	viac ako 42

Tab. 1 Škály energetickej efektívnosti rôznych typov budov

### Technické prostriedky zabezpečenia energetickej efektívnosti osvetlenia.

Zabezpečenie dostatočného denného osvetlenia je najjednoduchším spôsobom zvyšovania energetickej hospodárnosti budov úsporami energie na umelé osvetlenie. Okno orientované na slnečnú stranu s trojitým zasklením a prídavnou okenicou je tepelne aktívne, to znamená, že má aktívnu energetickú bilanciu aj bez uvažovania ziskov z úspor elektrickej energie potrebnej pre umelé osvetlenie.

Zvyšovať ukazovatele energetickej hospodárnosti budov možno však v podstatnej miere aj používaním moderných a hospodárnych svetelných zdrojov, svietidiel a osvetľovacích zariadení.

Svetelný zdroj je jadrom osvetľovacej sústavy. Najmä od jeho správneho výberu závisí efektívnosť celej osvetľovacej sústavy. Rozhodujúcimi parametrami svetelných zdrojov z hľadiska hospodárnosti je merný výkon a životnosť.

Svietidlo je centrálnym prvkom v reťazci svetelný zdroj – svietidlo – osvetľovacia sústava. Z hľadiska hospodárnosti je najdôležitejším parametrom svietidla jeho účinnosť. Táto obyčajne dosahuje hodnoty 0,5 až 0,9.

V oblasti osvetľovacích sústav ide najmä o ich oblasť regulácie. Osvetľovacia sústava klasická, neregulovaná, v súčasnosti ešte dominuje v návrhoch osvetlenia a pracuje tak väčšina osvetľovacích sústav. Čoraz častejšie sa však začínajú využívať osvetľovacie sústavy regulované, kde je zabezpečená regulácia intenzity osvetlenia podľa zadaných podmienok (denné osvetlenie, prítomnosť osôb, želanie ľudí a pod.) To prináša energetické úspory.

Čoraz väčší význam však budú nadobúdať systémy, kde je aplikovaná osvetľovacia sústava viacdimenzionálne regulovaná, pričom sa zabezpečí regulácia intenzity osvetlenia, regulácia smerovania svetla a regulácia farby svetla podľa zadaných podmienok. Súčasné obdobie je charakteristické trendom elektronizácie osvetľovacích zariadení. V čoraz širšej miere sa využívajú elektronické predradníky v svietidlách, v osvetľovacích sústavách riadiace systémy osvetlenia, spojené aj s reguláciou iných parametrov pracovného prostredia a systémami ochrany objektov.

Táto práca bola podporená Vedeckou agentúrou VEGA prostredníctvom finančnej podpory projektu č. 1/3114/06.

#### Literatúra:

1. STN EN 12464-1 „Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovných miest. Časť 1: Vnútorne pracovné miesta“
2. prSTN EN EN 15193 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie.
3. Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov
4. Vyhláška MVRR SR č. 625/2006 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov

# Iluminácia Hlavného námestia v Bratislave

Alfonz Smola  
Katedra elektroenergetiky  
FEI STU v Bratislave  
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava  
e-mail: [alfonz.smola@stuba.sk](mailto:alfonz.smola@stuba.sk)

Úlohou svetelnej architektonickej tvorby riadenej určitým koncepčným zámerom je okrem iného vyzdvihnúť spoločenskú dôležitosť určitých centrálnych objektov, vytvoriť orientačné body vo večernom a nočnom pohľade a najmä vytvoriť esteticky pôsobivé svetelné obrazy viazané k reálnym objektom. Svetlom možno vytvoriť večerný obraz objektu, zvýrazniť či potlačiť niektoré detaily fasád, vytvoriť pôsobivé jasové či farebné efekty zosúladené s tvarom objektu, štruktúrou povrchu reliéfov či druhu materiálu osvetľovaných plôch.

Osvetľovanie exteriérov budov je jeden z mnohých druhov využitia umelého svetla a uplatňuje sa stále vo väčšej miere v celom svete. V minulosti sa vonkajšie osvetlenie architektur obvykle inštalovalo iba pri významných príležitostiach - sviatkoch a oslavách. Názov „slávnostné osvetlenie“ sa preto používa dodnes. Dnes je už veľa objektov osvetľovaných trvalo. Príčinou je nielen napredujúci technický vývoj svetelných zdrojov a svietidiel, ale aj užitočnosť architektonického osvetlenia pre spoločnosť a prostredie, v ktorom žijeme. Osvetlenie sa stále viac uplatňuje nielen ako dôležitý účelový prvok, ale aj ako prostriedok architektonickej tvorby večerného prostredia mesta a krajiny.

Architektonický návrh objektu by mal obsahovať aj jeho večernú formu, dávať do súladu vzhľad objektu pri dennom a večernom osvetlení, rešpektujúc aj niekedy protirečivé reflexné vlastnosti fasádnych materiálov vo dne a v noci.

Zásady iluminácie objektov spočívajú vo vytvorení osvetľovacích sústav odrážajúcich architektonickú myšlienku, pričom je dôležité i estetické zakomponovať osvetľované zariadenie aj do denného exteriéru. V modernej architektonickej tvorbe prevládajú konštrukcie s kovovými prvkami, s veľkými zasklenými fasádami plochami. Odrazové vlastnosti týchto materiálov majú výrazné smerové vlastnosti a pri iluminácii by mohli mať nepriaznivý vplyv nielen na estetický vzhľad, ale i vytvárať nepríjemné oslnivé stavy pre okolitých používateľov. Pre tieto objekty sa s úspechom využíva vnútorne presvetlenie okien, ktoré svojimi jasnými značne ovplyvňujú celkové proporcie objektu, a tým i celkový nočný efekt budovy, pričom v noci aktívne plochy môžu byť vo dne tmavé a nezaujímavé. Na interiérové presvetlenia sa pritom môžu využiť osvetľovacie sústavy jednotlivých miestností, či už v plnom rozsahu alebo len ich časti. Možno však inštalovať i špeciálne svietidlá, presvetľujúce okenné otvory s možnosťou realizácie určitého tvorivého zámeru. Pôsobivými sa javia i kombinácie interiérového presvetlenia s miestnymi vonkajšími ilumináciami.

Pri budovách používaných vo večerných a nočných hodinách treba rešpektovať individuálneho používateľa, nezasahovať rušivo do interiéru. Iluminačné možnosti sú tu preto veľmi obmedzené. Pri citlivom postupe sú však možné určité formy osvetlenia miestneho charakteru.

Význam iluminácie budov spočíva okrem zlepšenia (zatraktívnenia) vzhľadu i v príspevku k osvetlenosti okolia, k orientácii obyvateľa či návštevníka sídliska a v neposlednom rade k zabezpečeniu budovy pred násilnou trestnou činnosťou či i v rýchlom spozorovaní požiaru.

Zásady osvetlenia umeleckých plastík, malých architektur a zelene by mali vychádzať z výberu jednotlivých objektov podľa konceptu celku, podriaďiť sa požiadavkám dotvorenia celkovej kompozície večerného obrazu danej oblasti. Prvkov, zasluhujúcich si svetelné zvýraznenie, je široká škála. Sú to napr. umelecké plastiky, okrasné múriky, zátišia s lavičkami, fontánky, umelé jazierka, trávnaté plochy, krovité porasty, stromy či kvetinové záhony. Formy vytvárania osvetľovacích sústav sú rôznorodé, výsledkom by však mal byť dobrý estetický vzhľad odpočinkových priestorov sídliska so slávnostným charakterom, ukazujúc krásu umeleckého diela a prírody v jej najpôsobivejšej prirodzenosti.

Do iluminačných sústav architektúry patria aj svetelné reklamy, špecifické dynamikou a farebnosťou svetla. Svojím charakterom sú im podobné sústavy svetelných informácií a prostriedkov agitačnej činnosti, či príležitostnej slávnostnej výzdoby sídliska.

Myšlienka rekonštrukcie osvetlenia hlavného námestia v Bratislave vznikla v spojitosti s celkovou rekonštrukciou tohto námestia, jedného z najkrajších a najvýznamnejších v hlavnom meste Slovenskej republiky. Dala tak možnosť vypracovania novej štúdie, ktorá by zohľadnila nové požiadavky na účel a využitie námestia.. Bolo tým umožnené vytvoriť moderné osvetlenie, ktoré povýšilo veľmi lukratívny priestor z hľadiska osvetlenia na vyššiu kvalitatívnu úroveň.

Štúdia osvetlenia bola spracovaná v spolupráci firmy Uni Light s oddelením svetelnej techniky FEI STU. Na spracovaní štúdie sa podieľali Ing. Urban, Ing. Krasňan, prof. Smola a študenti študijného zamerania Svetelná technika Lesňák, Löffner, Zaťko a Lomen. Bol spracovaný ideový návrh rozmiestnia svietidiel s dôrazom pre zvýraznenie niektorých architektonických a historických prvkov nachádzajúcich sa na Hlavnom námestí a dotvárajúcich pôvodnú architektúru. Štúdia bola konzultovaná s architektonickým ateliérom Grosman – Šimek, tvorcom zmeny architektúry Hlavného námestia. Realizáciu projektu vykonali firmy Siemens a Belux.

Osvetlenie a rozmiestnenie svietidiel vychádzalo z možností, ktoré poskytuje priestor námestia a dovoľuje realizovať aj z hľadiska pamiatkovej starostlivosti. Osvetlenie niektorých budov bolo už realizované a ponechané v existujúcom riešení. V niektorých prípadoch však došlo aj tu k výmene svetelných zdrojov a svietidiel existujúcej iluminácie s cieľom zosúladiť toto osvetlenie s celkovou koncepciou iluminácie Hlavného námestia.

Celé námestie bolo modelované v prostredí programu Dialux. Pred samotným modelovaním boli vykonané svetelnotechnické merania orientované na zistenie hodnôt existujúcich jasov na budovách, ako aj určenie činiteľov odrazu a farieb jednotlivých povrchov. Z fotografií a z počítačovej simulácie boli vytvorené textúry objektov. Takto boli objekty pripravené na tvorbu osvetľovacej sústavy.

Z dôvodu špecifikácie príkonu, smerovania a farby svetla svetelných zdrojov a svietidiel boli vykonané iluminačné skúšky, ktoré potvrdili zámer štúdie.

Z priestorových dôvodov tohto príspevku nie je možné uviesť ideový zámer a spôsoby osvetlenia jednotlivých objektov na Hlavnom námestí. Výsledok možno vidieť na priložených obrázkoch.

Dominantným objektom osvetlenia je veža radnice a stena múzea. Osobitne sú osvetlené aj domy na námestí. Veľký dôraz sme pri návrhu kládli na fontánu. Všetky svetelné zdroje a efektové svietidlá sú napájané z inteligentného svetelného rozvádzača. Ovládanie osvetlenia je scénické – pre každú udalosť odohrávajúcu sa v priestoroch hlavného námestia je možné vytvoriť inú svetelnú scénu. Mimo týchto neštandardných dní je systém automaticky spínaný v režime bez potreby zásahu pri zmene zimného a letného času.

*Táto práca bola podporená Vedeckou agentúrou VEGA prostredníctvom finančnej podpory projektu č.*

*1/3114/06.*

#### **Literatúra:**

1. Ganslandt, R., Hofman, H.: Handbuch der Lichtplanung. Darmstadt, Vieweg 2005
2. Speiser, R.: Handbuch für Beleuchtung. Essen, Girardet 2005
3. Lesňák, P., Löffner, K., Zaťko, J., Lomen, M.: Osvetlenie Hlavného námestia v Bratislave. Tímový projekt. FEI STU 2004

**Alfonz Smola, prof. Ing. PhD., - FEI STU v Bratislave**

Fotografie:

Autor: Milan Nemeč





# Slávnostná iluminácia vybraných objektov v Trenčíne

Alfonz Smola  
Katedra elektroenergetiky  
FEI STU v Bratislave  
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava  
e-mail: [alfonz.smola@stuba.sk](mailto:alfonz.smola@stuba.sk)

## Úvod

Trenčín patrí spolu s Nitrou a Bratislavou k trom najstarším mestám na Slovensku, ktoré kroniky spomínajú už v 11. storočí. Jeho strategicky kľúčová poloha v blízkosti troch karpatských priesmykov na križovatke obchodných ciest z neho vždy robila významný oporný bod a správne centrum celého stredného Považia.

Trenčín je prirodzeným geografickým centrom stredného Považia. Z hľadiska administratívneho členenia Slovenskej republiky je správnym centrom Trenčianskeho kraja.

Vďaka svojej strategicky výhodnej polohe je Trenčín významným centrom obchodu, hospodárstva, kultúry a športu. Svoje sídla a pobočky tu majú mnohé inštitúcie a spoločnosti. Dlhoročnú tradíciu v meste majú výstavy a veľtrhy, mesto je známe i ako mesto módy. V súčasnosti v ňom žije takmer 60 000 obyvateľov.

Nočnú tvár mesta dotvára verejné osvetlenie, ktoré slúži predovšetkým na zabezpečenie podmienok videnia na uličných komunikáciách vo večerných a nočných hodinách. Neoddeliteľnou časťou osvetlenia mesta je aj jeho slávnostná iluminácia. Jej stav by mal odrážať význam mesta.

Úlohou návrhu bolo spracovať projekt iluminácie vybraných piatich objektov v historickom centre Trenčína.

Ide o nasledovných 5 objektov:

1. Farský kostol
2. Galéria M. A. Bazovského
3. Piaristický kostol **sv. F. Xaverského**
4. Morový stĺp
5. Synagóga

**Návrhy osvetlenia pre jednotlivé objekty boli spracované na základe nasledovného globálneho zámeru:**

1. Farský kostol – je viditeľný aj z diaľkových pohľadov. Úloha iluminácie - prezentovať kostol ako hmotu s jeho detailmi. Vytvoriť ďalšiu dominantu vo večernom obraze mesta. Zosúladiť jasy kostola s dosiahnutými jasmi hradu. (Jasy kostola sú volené o cca 5 cd/m<sup>2</sup> nižšie v porovnaní s hradom.) Zvolený typ osvetľovacej sústavy – osvetlenie zo zeme a svietidlami na objekte.
2. Galéria M. A. Bazovského – je viditeľný len z blízkych pohľadov. Úlohou iluminácie je prezentovať objekt ako pamiatku. Zvolený typ osvetľovacej sústavy – osvetlenie zo zeme a svietidlami na objekte.
3. Piaristický kostol **sv. F. Xaverského** – je viditeľný z blízkych a stredne vzdialených pohľadov. Zadná časť veží je viditeľná aj z diaľkových pohľadov. Úloha osvetlenia – prezentovať kostol ako hmotu so zachovaním tieňov. Vytvoriť dominantu večerného obrazu mesta v súlade s okolitými budovami. Zvolený typ osvetľovacej sústavy – protismerová.
4. Morový stĺp - je viditeľný z blízkych a stredne vzdialených pohľadov. Úloha iluminácie – prezentovať objekt ako kultúrnu pamiatku. Osvetliť objekt z 3 strán aby sa zachovala aj vo večernom obraze trojrozmernosť objektu. Zvolený typ osvetľovacej sústavy – osvetlenie zo zeme.
5. Synagóga – je viditeľná z blízkych a stredných vzdialeností. Úloha iluminácie – prezentovať synagógu ako významný objekt. Nasvetliť hmotu synagógy. Zvolený typ osvetľovacej sústavy – protismerová.



### Rímsko-katolícky farský kostol Narodenia Panny Márie

Postavili ho v roku 1324, pravdepodobne na základoch ešte staršej stavby z polovice 13. storočia, ako bazilikálne trojlodie s jednoduchým pravouhlým presbytériom a predsunutou vežou na západnej strane. Okolo polovice 15. storočia bol zmenený na sieňové trojlodie s polygonálnym záverom. V roku 1528 za Katzianerovho obliehania hradu bol vypálený spolu s neďalekým *Karnerom sv. Michala*. Náprava škôd začala až po roku 1553 s povolením samého kráľa. Viedol ju taliansky staviteľ Tobias Sebastiano, ktorý v rokoch 1553-1560 postavil nové múry lode a zaklenul ich valenou klenbou s lunetami na toskánskych stĺpoch a zasklepil sanktuárium. Práce dokončil Mikuláš Bussi. Kostol bol viackrát poškodený ohňom. Po požiari v roku 1886 bol začiatkom 20. storočia upravený do dnešnej podoby postavením novej kopule veže, prefasádovaním a zasadením farebných vitráží do okien a výmenou pôvodnej tehlovej dlažby za dlaždice. V stene predsiene kostola je vsadená gotická náhrobná tabuľa zástavníka Martina Zimu z roku 1498. V chrámovom poklade sa nachádza i pozlátená gotická monštrancia, ktorú v roku 1364 daroval kráľovi Ľudovítovi Veľkému cisár Karol IV. pri príležitosti úspešných mierových rokovaní konaných na Trenčianskom hrade.

V ľavej bočnej lodi chrámu sa nachádza pohrebná kaplnka llešháziocov, s portrétnym epitaфом Gašpara llešháziho. Kaplnku z roku 1648, na podnet Jozefa llešháziho prestaval a vyzdobil Ludwig Gode, žiak slávneho Rafaela Donnera. Je autorom sochárskej skupiny Ukrižovania a portrétnej epitafnej dosky donátora.

K areálu kostola patrí aj budova fary a karner, ktorý vyrastá priamo z hradieb. Pôvodne dvojpodlažný karner z lomového kameňa mal priestor zaklenutý na dve polia gotickej rebrovej klenby. Neskorogotické kružbové okná neskôr zamurovali. Svoju pôvodnú funkciu stratil karner po roku 1560. V 17. storočí v ňom bola zbrojnica, po požiari v roku 1790 slúžil ako sýpka a dnes je rekonštruovaný na muzeálne účely.

### Piaristický kostol sv. Františka Xaverského

Založili ho v roku 1649 jezuiti a základný kameň stavby bol položený v roku 1653. Jezuitský, neskôr *Piaristický kostol sv. Františka Xaverského* postavili v rokoch 1653 –1657 v ranobarokovom slohu ako jednopriestorovú stavbu s postrannými kaplnkami nad ktorými sa otvárajú empirové oratóriá. Stavebné práce viedol známy taliansky staviteľ Pietro Spazzo, spolu so svojím bratom Berhardom. Stavba nadväzuje na stredoeurópsky typ dvojvežových jezuitských chrámov podľa kostola Sv. Františka vo Viedni. Maliarsky program kostola čerpajúci z legiend o sv. Františkovi Xaverskom stvárnil v duchu vrcholného baroka po ničivom požiari v roku 1708 Krištof Tausch, žiak slávneho jezuitského umelca Andreu dell Pozzo, v rokoch 1711-1713. Iluzívna maľba kopule nad chrámovou loďou patrí k vrcholom barokového umenia na Slovensku. Tauschovým dielom je i maľba chóru a presbytéria a tiež oltárny obraz svätca. Monumentálny hlavný oltár pochádza z roku 1767. Sochársku výzdoby bočných oltárov vyhotovil B. Baumgartner v rokoch 1723 –1735.



obr. 1 Osvetlenie kostola a slnečných hodín

Morový stíp

Bol postavený v strede námestia v roku 1712 na pamäť morovej rany, ktorá postihla Trenčín v roku 1710. Na popud trenčianskeho a liptovského dedičného župana grófa Mikuláša Ilešháziho ho vytvorili v barokovom duchu viedenský kamenárski majstri, ktorí po roku 1708 pracovali na obnove kostola Piaristov.



**obr. 2 Osvetlenie Morového stípu**

### **Synagóga**

Trenčianska synagóga patrí k najkrajším a najzaujímavejším dielam svojho druhu na Slovensku. Bola postavená v blízkosti starej synagógy. Postavila ju v roku 1913 podľa projektu berlínskeho architekta Dr. Richarda Scheibnera trenčianska stavebná firma Fuchs a Niegreis. Historizujúca stavba s byzantskými a maursko - orientálnymi prvkami stojí v severnom rohu Námestia Ľudovíta Štúra. Synagóga sa používala na teologické účely do 2. svetovej vojny, počas ktorej bola znesvätená a inventár rozkradnutý. Obnova pamiatky prebehla v rokoch 1974 - 1984. Po obnove centrálny priestor objektu pod kupolou slúži ako príležitostná výstavná sieň. Malá modlitebňa v zadnej časti objektu bola obnovená v roku 1990.



**obr. 3 Osvetlenie synagógy v Trenčíne**

#### Návrh iluminácie

Aby sme mohli objektívne určiť jasy častí osvetľovaného objektu a vykonať správny svetelnotechnický návrh, musíme určiť materiállové činitele jednotlivých častí objektov. Z tohto dôvodu bolo vykonané meranie jasov a osvetleností jednotlivých iluminovaných objektov. Hodnotený bol činiteľ odrazu materiálov vyskytujúcich sa na objektoch.

Návrh osvetlenia bol spracovaný v spolupráci firmy Bellatrix s oddelením svetelnej techniky FEI STU. Na spracovaní štúdie sa podieľali Ing. Lesňák a prof. Smola. Realizáciu projektu vykonali firmy Siemens a Belux. Na realizáciu boli použité výlučne svietidlá zn. iGuzzini.

Osvetlenie a rozmiestnenie svietidiel vychádzalo z možností, ktoré poskytujú jednotlivé objekty a okolo nich aj z hľadiska pamiatkovej starostlivosti.

Návrh bol modelovaný v prostredí programu Dialux. Pred samotným modelovaním boli vykonané svetelnotechnické merania orientované na zistenie hodnôt existujúcich jasov na budovách, ako aj určenie činiteľov odrazu a farieb jednotlivých povrchov. Z fotografií a z počítačovej simulácie boli vytvorené textúry objektov. Takto boli objekty pripravené na tvorbu osvetľovacej sústavy.

Z dôvodu špecifikácie príkonu, smerovania a farby svetla svetelných zdrojov a svietidiel boli vykonané iluminačné skúšky, ktoré potvrdili zámer štúdie.

*Jas iluminovaných objektov volíme v rozmedzí v rozmedzí 3 až 10 cd/m<sup>2</sup>.*

**tab. 3 Prehľad projektovaných jasov, teploty chromatickosti svetelných zdrojov a odporúčaných typov osvetlenia pre jednotlivé objekty**

objekt	stredný jas (cd/m <sup>2</sup> )	farba svetla	charakter osv. sústavy
Farský kostol	10	teplobiela+ neutrálnabiela	zo zeme, na objekte
Morový stĺp	5	teplobiela	zo zeme
Piaristický kostol	5	teplobiela	zo zeme, z okolitých budov
Galéria M.A.Bazovského	5	teplobiela	zo zeme, na objekte, zo stožiarov
Synagóga	5	neutrálnabiela	zo stožiarov, z okolitých budov

Iluminácia Farského kostola bude zrealizovaná až po úplnej rekonštrukcii nádvorja kostola.

Realizácie iluminácii týchto kultúrnych pamiatok môžete nájsť aj na oficiálnej stránke mesta Trenčín [www.trencin.sk](http://www.trencin.sk)

Literatúra:

4. Ganslandt, R., Hofman, H.: Handbuch der Lichtplanung. Darmstadt, Vieweg 1994
5. Speiser, R.: Handbuch für Beleuchtung. Essen, Girardet 1993
6. [www.trencin.sk](http://www.trencin.sk), [www.slovakia.org/tourism/trencin.htm](http://www.slovakia.org/tourism/trencin.htm), <http://mesto.sk/trencin/>

# Nové způsoby zvýšení bezpečnosti silničního provozu na přechodech

Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., VŠB-TU Ostrava

Ing. Tomáš Novák, PhD., VŠB-TU Ostrava

Ing. Zdislav Žwak, VŠB-TU Ostrava

Zajištění bezpečného silničního provozu patří mezi hlavní cíle každé vyspělé společnosti. Zahrnuje v sobě mimo jiné systematické odstraňování míst, ve kterých dochází často k dopravním nehodám. Mezi tato místa samozřejmě také patří **přechody pro chodce**.

## Normalizace v oblasti přechodů pro chodce

Přechod pro chodce je dle zákona č.361/2000 Sb. definován jako místo na pozemní komunikaci, určené pro přecházení chodců, vyznačené příslušnou dopravní značkou. Snížení nehodovosti na přechodech lze kromě jiného, také dosáhnout upozorněním řidiče na to, že se k přechodu blíží.

Dle ČSN 736110 se provádí osvětlení přechodů se zvýšenou intenzitou, včetně odlišného zabarvení světla. Světelný zdroj se má umísťovat nad nebo před přechodem a má zajistit viditelnost chodců z obou směrů i na čekacích plochách a také viditelnost vodorovného značení. Zde je dobré si povšimnout, že norma se věnuje především osvětlení chodců a pouze velice okrajově zmiňuje zvýraznění přechodů.

ČSN EN 13201-2 je v informativní příloze B již konkrétnější, nicméně je zde opět popsáno zvýraznění chodce a nikoli přechodu jako takového. Příloha uvádí, že přechody pro chodce mohou vyžadovat zvláštní pozornost, a že v některých státech mají dokonce národní standardy. Pokud místní situace umožňuje, aby v místě přechodu byla zajištěna dostatečně vysoká úroveň jasů standardní soustavou osvětlení komunikace, lze dobrého negativního kontrastu dosáhnout vhodným umístěním běžných uličních svítidel tak, aby chodec byl viditelný jako tmavá silueta na světlém pozadí. Použití místního osvětlení přidavnými svítilny se zvažuje v případě záměru přímo osvětlit chodce na přechodu a stojícího u přechodu a upozornit řidiče motorových vozidel na přítomnost přechodu. Typ přidavných svítidel a jejich umístění a orientaci vůči oblasti přechodu pro chodce je nutno volit tak, aby se dosáhlo pozitivního kontrastu, ale aby se přitom nezpůsobilo nadměrné oslnění řidičů. Jedním z možných řešení je umístit svítilna blízko před přechodem ve směru příjíždějících motorových vozidel a jejich světlo nasměrovat tak, aby dopadalo na tu stranu chodce, která je přivrácena k příjíždějícím vozidlům. V případě komunikace s obousměrným provozem je nutno svítilna umístit před přechodem v každém z obou směrů jízdy, a to vždy na té straně vozovky, po níž vozidla příjíždějí. Vhodná jsou svítilna s asymetrickým rozložením vyzařování světelného toku, protože způsobují menší oslnění řidičů. Místní osvětlení lze uspořádat tak, aby v kterémkoli místě přechodu, na straně přivrácené k příjíždějícím vozidlům, zaručovalo dostatečnou osvětlenost chodců. Svislá osvětlenost chodců musí být výrazně vyšší než vodorovná osvětlenost přilehlé vozovky zajištěná běžným osvětlením komunikace. V oblastech na obou koncích přechodu, kde chodci čekají před vstupem do vozovky, je také nutno zajistit dostatečnou osvětlenost. Osvětlení omezené na oblast přechodu pro chodce a na úzký pás kolem něj vyvolává divadelní efekt, který pomáhá upoutat pozornost.

## Filozofie doplňkového osvětlení přechodů pro chodce

Filozofií doplňkového osvětlení umístěného přímo ve vozovce v oblasti přechodu pro chodce je však upozornit především na blížící se přechod a nikoliv na chodce. Toto upozornění předpokládá, že řidiči budou mít dostatek času k tomu, aby přizpůsobili rychlost jízdy blížícímu se přechodu a připravili se na možnost, že do vozovky vstoupí i chodec. Další výhodou doplňkového osvětlení je, že díky vhodné volbě světelných zdrojů s velmi dlouhou dobou života a nízkým příkonem lze toto osvětlení provozovat „non – stop“, tedy i za dne, kdy by osvětlení halogenidovými výbojkami nemělo smysl.

Svítilna osazená oranžovými LED diodami dávají na vědomí blížícím se řidičům svou barvou a blikáním jasně najevo – POZOR (viz oranžová barva na semaforech). Svým přerušovaným svícením proti směru příjíždějících vozidel upozorní řidiče na přechod.

Předpoklady pro dosažení cílů výše zmíněné filozofie optického upozornění na blížící se přechod pro chodce:

- světlo vyzařující ze svítidel musí být řidiči viditelné ve dne, za šera i v noci – tzn. že během dne musí být dosaženo takového kontrastu jasů svítidel vůči okolí, aby blikání bylo bez

problémů pozorovatelné, zatímco v noci nesmí být kontrast jasů tak vysoký, aby řidiče oslňoval a snižoval tak možnost vnímání chodce na přechodu

- křivka svítivosti svítidel by měla být nastavena tak, aby řidiči byli schopni rozeznávat přechod už ze vzdáleností okolo 120 m. Maximum jasů by mělo být nastaveno v takovém úhlu, který odpovídá vzdálenosti pozorovatele 60 m před přechodem. Ve vzdálenostech kratších než 60 m by jas svítidel mohl již opět mírně klesat
- pro umocnění zrakového vjemu je nutné brát v úvahu i fakt, že lidský zrak je nejcitlivější na blikání v oblasti frekvencí 8 Hz – 12 Hz. Těto frekvenci by tedy bylo vhodné přiblížit blikání osvětlovací soustavy.

### **Specifikace doplňkového osvětlení a měřicí aparatury na přechodu v Litvli**

Měřená Instalace svítidel umístěných do přechodů byla provedena na ulici Žerotínova, která je křížena ulicemi Vítězná a Gemerská v Litvli. Posuzovaný přechod byl z jedné strany doplněn o osvětlení, které de-facto odpovídá požadavkům výše zmíněné normy. Asymetrické svítidlo osazené halogenidovou výbojkou způsobuje jak pozitivní kontrast chodce (viz. Obr. 3), tak zvýšený jas vozovky v oblasti přechodu (vodorovné značení – zebra). Nicméně toto zvýraznění funguje pouze při sepnutém VO a především zvýrazňuje chodce jako takového a nikoliv přechod. Pro doplňkové osvětlení byla použita zapuštěná LED svítidla typu SR-45C osazená osazená mezi jednotlivými pruhy zebry přechodu ve vozovce.

Měření bylo provedeno za účelem posouzení viditelnosti svítidel, která upozorňují blížící se řidiče na přechod. Měření bylo provedeno dne 27.2.2007 v čase 16:35 h – 21:15 h. Během měření byla komunikace vlivem přeháněk mokrá a teplota se pohybovala od pěti do dvou stupňů celsia. Měření bylo provedeno pomocí jasové kamery LMK mobile advanced, kterou se zachycovala a vyhodnocovala jasová situace přechodu z pohledu řidiče 1,5 m nad úrovní vozovky a ze vzdálenosti 60 m. Nastavení měření bylo provedeno dle normy ČSN EN 13201 – 4.

### **Vyhodnocení měření doplňkového osvětlení**

Na obr. 1 se nachází vyhodnocení jasové situace na přechodu za dne. Z obrázku vyplývá, že naměřený jas svítidel se pohybuje v oblasti okolo  $1700 \text{ cd/m}^2$ , zatímco průměrný jas pozadí je  $1000 \text{ cd/m}^2$ . Poměr jasů je tedy větší než 1:1,7, což znamená, že osvětlovací soustava upozorňující na přechod je z měřené vzdálenosti 60 m dobře rozpoznatelná.



Obr. 1 – jasová mapa měřeného přechodu za dne (osvětlenost komunikace cca 2 klx) při rozsvícených LED svítidlech, modrá barva – malé jasy, zelená barva – střední jasy, červená barva – vysoké jasy



Obr. 2 – jasová mapa nočního měření při rozsvícených LED svítidlech a rozsvíceném VO (osvětlenost přechodu cca 160 lx), modrá barva – malé jasy, zelená barva – střední jasy, červená barva – vysoké jasy, bílá barva – jasy světelných zdrojů

Na obr. 2 se nachází záznam téže situace v noci. Poměr jasů se zvýšil na hodnotu 1:41. Svítidla jsou velmi dobře rozpoznatelná, a jelikož je poměr jasů menší než 1:100 tak projíždějící řidiče neoslňují. To, že osvětlovací soustava na přechodu neoslňuje lze rovněž potvrdit subjektivním hodnocením účastníků měření. Reálná situace v noci, která je zachycena na obr. 3 ukazuje, jak zvýraznění přechodu samotného, tak i chodce, který je osvětlen asymetrickým svítidlem osazeným halogenidovou výbojkou. Z této situace zachycené na fotografii (obr.3) je také velmi dobře znatelný rozdíl mezi jasem svislé značky „přechod pro chodce“, která kromě nízkého jasů zaniká ve zmeti ostatního dopravního značení, jasem vodorovné zebry (který je zvýšený přisvětlením halogenidovým osvětlením přechodu) a vlastním jasem LED svítidel umístěných ve vozovce mezi vodorovnou zebrou.



Obr. 3 – reálné foto v noci při rozsvícených LED svítidlech a rozsvíceném VO (osvětlenost přechodu cca 160 lx)

## **Závěr**

Závěrem lze konstatovat, že tento nový způsob upozornění řidičů na blížící se přechod může rozhodně přispět ke snížení nehodovosti na komunikacích. Jeho výhodou ve srovnání s osvětlováním přechodů je to, že může fungovat i ve dne. Dalším vylepšením může být i to, že svítidla na přechodu začnou blikat až teprve při přiblížení se chodce k přechodu. Doporučuje se kombinovat přisvětlování přechodů s asymetrickými svítidly osazenými halogenidovými výbojkami a blikáním LED svítidel zabudovaných přímo do komunikace v oblasti přechodu samotného.

## **Literatura a odkazy**

- [1] zákon č.361/2000 sb. o provozu na pozemních komunikacích
- [2] norma ČSN 736110 – Projektování místních komunikací
- [3] norma ČSN EN 13201-2 – Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Výkonnostní požadavky
- [4] norma ČSN EN 13201-4 – Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření výkonnostních parametrů
- [5] Sokanský, K., a kol: RACIONALIZACE V OSVĚTLOVÁNÍ VENKOVNÍCH PROSTORŮ, ČEA, 2004, Ostrava
- [6] <http://www.protraffic.cz>



# Rušivé světlo v ČR

Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., VŠB-TU Ostrava

Ing. Tomáš Maixner, Siteco

Ing. Tomáš Novák, PhD., VŠB-TU Ostrava

## Úvod

V rámci CIE se v celosvětovém měřítku zabývá rušivým světlem tématická skupina TC 4.21. (Vliv osvětlení na astronomická pozorování). V současné době skupina TC 4.21 provádí závěrečné vyhodnocení této problematiky, které by mělo být zveřejněno v příštím roce. Jako člen skupiny získávám nejnovější informace, pomocí kterých byl koordinován i výzkumný úkol MMR - MR 4515011 - Výzkum emisí světelného rušení vyvolaného veřejným osvětlením za účelem jeho omezení v dopravě měst a obcí [2].

Nejnovější publikované informace o rušivém světle jsou v současné době k dispozici v publikaci CELMA o rušivém světle z června roku 2007 [1].

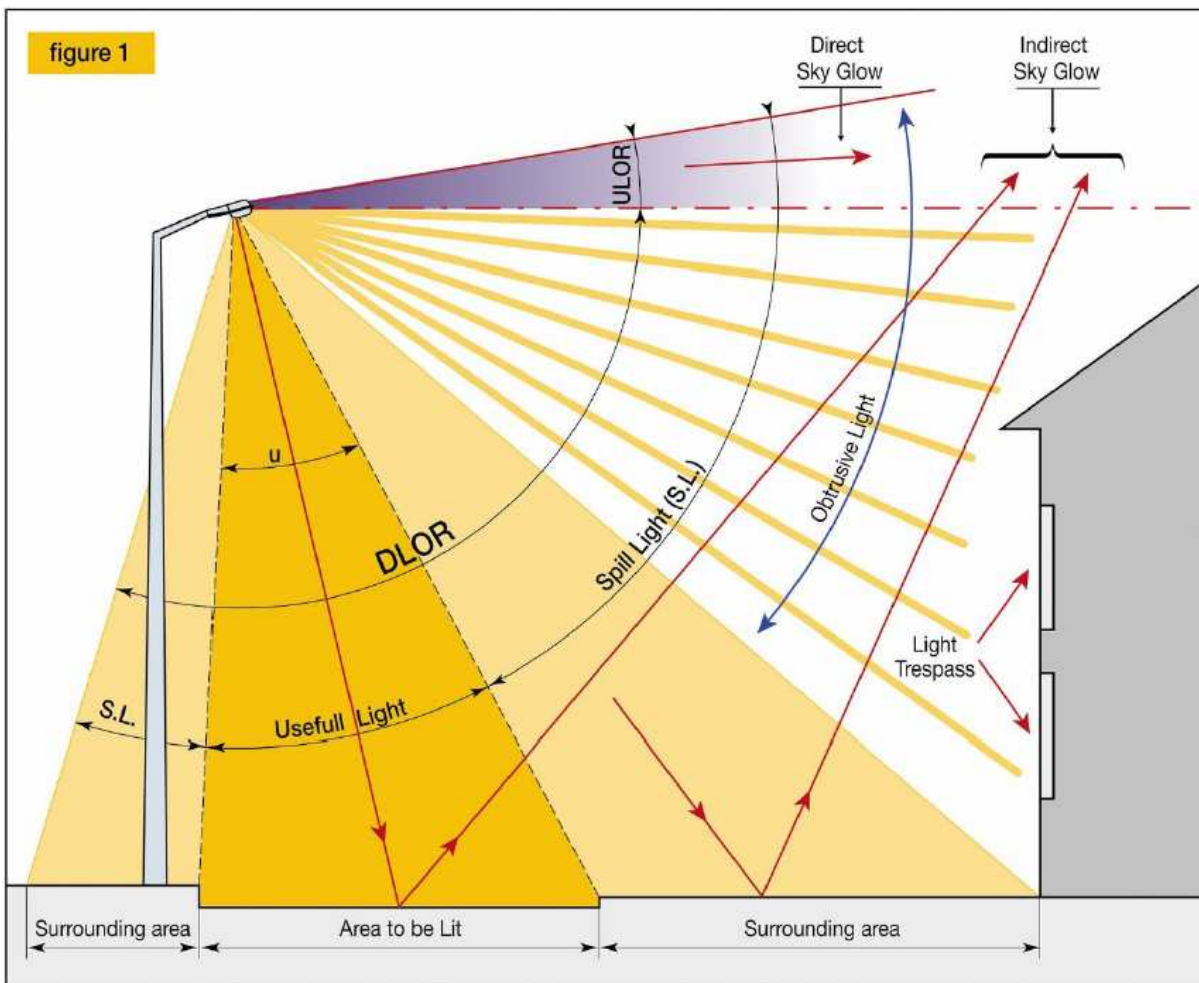
## Připomenutí definic rušivého světla

Rušivé světlo je rozptýlené (nadměrné, parazitní) elektromagnetické záření ve viditelné oblasti produkované umělými světelnými zdroji šířící se ve venkovním prostoru v důsledku množství, směru, nebo spektrálního složení a v daném kontextu způsobuje rušení, nepohodu, nebo omezení viditelnosti a rozpoznání základních zrakových informací.

Rozptýlené (nadměrné, parazitní) světlo je takové, které dopadá mimo hranice osvětlované oblasti, a které způsobuje převážně nežádoucí jevy jako jsou:

- zvýšený jas oblohy zhoršující viditelnost kosmických těles a jevů ve vesmíru,
- různé formy oslnivého světla,
- světelný přesah - přesahující světlo osvětlující plochy mimo relevantní oblast narušující přirozený stav nočního prostředí.

Rozptýlené světlo není účelně směřováno a vyznačuje se negativními sekundárními jevy v podobě ztrát, tzn. zvýšená spotřeba elektrické energie, nerostných surovin atd. Světelný tok, který je neúčelně distribuován ve venkovním prostoru nám pak kvantifikuje míru nevyužitého světelného záření viz. obr.1.



Obr.1 – distribuce světelného toku – převzato z publikace CELMA [1]

### Řešení problematiky rušivého světla

Problematiku rušivého světla řešil kolektiv autorů v rámci grantu MMR - MR 4515011 - Výzkum emisí světelného rušení vyvolaného veřejným osvětlením za účelem jeho omezení v dopravě měst a obcí. Jedním z výsledků těchto aktivit je také návrh metodické příručky se zásadami ekologicky šetrného osvětlování. Následující část příspěvku se proto bude tímto návrhem zabývat.

V současné době existují silné snahy o regulaci osvětlení. Žel, iniciátory nejsou pouze odborníci a provozovatelé osvětlovacích soustav, ale také lidé, kteří nemají vzdělání v oboru osvětlování, takže jejich požadavky často odporují zásadám správného osvětlování a v některých případech mohou v konečném důsledku vést až k ohrožení na zdraví, životě či majetku. V následujících řádcích je stručný návod jak lze postupovat při návrhu osvětlovací soustavy se snahou o co nejmenší narušení přírodního stavu nočního prostředí při splnění požadavků na bezpečnost, atd..

**Snižit světelné emise k obloze** lze v případě venkovního osvětlení komunikací a veřejných prostranství dle výše uvedených postupů následovně:

1. použitím vodorovně nainstalovaných svítidel uzavřených plochým sklem na místech, kde jsou svítidla použita jednotlivě nebo v několika kusech a je pevně dána jejich poloha, tedy například:
  - vjezdy do objektů
  - přechody pro chodce
  - zastávky autobusů, tramvajů apod.
  - malá nádvoří a malé osvětlované plochy, osvětlené nejvýš čtyřmi svítidly.
2. použitím regulace osvětlení. Tím je míněna regulace stupňovitá nebo plynulá. V žádném případě nelze regulovat příkon osvětlovací soustavy tak, že se bude zapínat „ob stožár“ – takové osvětlení

podstatně zhorší podmínky pro vidění a to může být paradoxně příčinou dopravní nehody. Pokud bude soustava provozována po polovinu noci s polovičním světelným výkonem, tak se sníží zatížení nočního prostředí o čtvrtinu. To je významně víc než třeba záměnou „klasických“ svítidel pro veřejné osvětlení svítidly s plochým sklem (tato záměna může mít dokonce opačný efekt).

3. náhradou svítidel, která vyzařují světlo v enormních hodnotách do horního poloprostoru. Do této skupiny nepatří běžná svítidla pro osvětlování komunikací, která jsou uzavřena vydutou mísou. Typickým představitelem však jsou tzv. koule. Pokud se však taková svítidla nenachází v citlivé lokalitě (přírodní rezervace nebo astronomická observatoř) tak je žádoucí posoudit i estetické působení takovýchto svítidel. Dokonce i v materiálech odpůrců veřejného osvětlení se lze dočíst, že je ještě přípustné svítidlo, které vyzáří do horního poloprostoru až 2250 lm, pokud jsou taková svítidla umístěna tak, že v prostoru o poloměru dvou metrů se vyskytuje pouze jedno takovéto svítidlo (tomuto požadavku vyhoví svítidlo osazené např. vysokotlakou halogenidovou výbojkou 35 W nebo kompaktní zářivkou až 55 W).
4. rekonstrukcí osvětlení - typ svítidel musí určit kvalifikovaný světelný technik. Je třeba porovnat míru rušivých účinků jednotlivých typů svítidel, protože mohou nastat případy, kdy množství světla vyzářeného k obloze je vyšší u cloněných svítidel než u svítidel s obvyklými vydutými mísami.

**Snížit emise při osvětlování památek, architektury, reklam nebo informativních tabulí lze:**

5. ve všech uvedených příkladech preferováním svícení směrem k zemi. To samozřejmě v některých případech nelze (např. kostelní věž). Pakliže tato situace nastane, je nutné zajistit, aby jen minimum světelného toku bylo vyzářeno mimo osvětlovaný objekt. Toho lze docílit případným doplněním svítidel vhodnými clonami. Návrh způsobu osvětlení by měl provést kvalifikovaný odborník.

**Pro snižování emisí při osvětlování je nepřijatelné:**

6. provádět prostou záměnu svítidel s vydutými mísami za svítidla s plochým sklem některým z těchto způsobů:
  - postupnou záměnou – to znamená vyměnit jedno svítidlo v řadě. To je jeden z laických (a častých) návodů jak s minimálními náklady vyměnit svítidla – vyměnit svítidlo v okamžiku kdy je nepoužitelné.
  - Vyměnit celou řadu (soustavu) bez odborného posouzení. Pokud totiž byla původní soustava dobře navržena, pak záměna svítidel a jejich ponechání na původních místech nemusí zajistit splnění kvalitativních a kvantitativních požadavků na osvětlení. Soustava nezajistí dobré vidění a nekvalitní osvětlení může být v důsledku příčinou ztráty na zdraví, životě nebo majetku. Přípustný je pouze způsob popsáný v bodě 4.
7. odstranění vydutých mís ze svítidel bez náhrady, nebo jejich náhrada plochými skly vyrobenými svépomocí. Obojí je zásah do konstrukce svítidla, čímž se poruší jeho vlastnosti. Tím ztrácí svítidlo homologaci a **nesmí** být provozováno. A i kdyby - změnil se jeho optické vlastnosti, takže může dojít k tomu, že nebude komunikace dostatečně osvětlena a následkem toho dojde k úrazu nebo dopravní nehodě. Navíc ztratí svítidlo své krytí a vlivem okolního prostředí pak dojde rychleji k jeho znehodnocení.
8. doplnit svítidlo svépomocně vyrobenými clonami nebo nátěry omezujícími vyzařování světla například pro zamezení dopadu světla do přilehlých oken. Takové úpravy lze provádět pouze pomocí prvků pro dané svítidlo homologovaných. Důvody jsou uvedeny v předešlém bodě.
9. vypínání poloviny svítidel – tzv. „svícení ob stožár“. Dojde k střídání osvětlených a tmavých míst a oko pak se musí neustále adaptovat na změny jasu v zorném poli. Důsledkem je značné zhoršení vnímání s významně zvýšeným rizikem vzniku nehody. Než takové svícení, tak je bezpečnější osvětlení zcela vypnout.
10. svícení pouze na kritických místech, to znamená například tak, že se osvětlení v celé obci vypne a svítí pouze svítidla na křižovatkách nebo přechodech. Řidič se ze tmy musí rychle adaptovat na vysoký jas a následně na naprostou tmou. Zejména při přechodu ze světla do tmy se nestačí oko adaptovat, takže není sto zaregistrovat tmavší překážky. Možné důsledky jsou zřejmé.

## Vlastnosti svítidel

Laiky bývá často prosazováno, že „všelékem“ jsou vodorovně nainstalovaná svítidla uzavřená plochým sklem. Svítidla označovaná jako plně cloněná. V dalším textu budou uvedeny na pravou míru vlastnosti takových svítidel. Ukáže se, že je nelze bez podrobnější analýzy nahrazovat současně používanými typy svítidel s vypouklými mísy.

## Účinnost a úhel vyzařování svítidel

Obecně lze účinnost svítidla popsat jako podíl světelného toku ze svítidla vycházejícího ku světelnému toku v něm nainstalovaném (světelný tok zdroje nebo zdrojů). Světlo ze svítidla vystupuje otvorem (difuzorem) jednak přímo, jednak po odrazu od reflektoru (každým odrazem se samozřejmě sníží množství světla, protože se z části pohltí). Provedou-li se určitá zjednodušení, pak lze prohlásit, že účinnost svítidla je tím větší, čím větší je otvor, kterým světlo opouští svítidlo.

Zvětšit clonění lze změnou polohy světelného zdroje – jeho hlubším zapuštěním do svítidla, nebo zmenšením výstupního otvoru. První příklad není obvyklý. Pokud některý výrobce nabízí svítidla s klasickým difuzorem i plochým sklem, pak se v drtivé většině případů jedná o shodná svítidla. Změny se dosáhne pouze záměnou krytu. Světelný zdroj se pak více zacloní vlivem nosné konstrukce plochého skla (rámeček) a jeho činnost klesne.

Ke snížení účinnosti svítidla při použití plochého skla dojde také z toho důvodu, že nastanou vyšší ztráty při průchodu a zpětném odrazu světla sklem. Tak, jak se zvyšuje velikost úhlu vystupujícího paprsku od svislice, tak se také zvyšuje úhel mezi paprskem a sklem a stává se ostřejším. Čím je ostřejší úhel mezi dopadajícím paprskem a rovinou skla, tím více se paprsek odráží zpět do svítidla, tím je delší jeho dráha skleněnou vrstvou. Každý odraz znamená ztrátu, každý milimetr trasy sklem znamená ztrátu pohlcením. Následkem je opět snížení účinnosti svítidla.

Důsledkem snížení účinnosti svítidla je to, že se musí zvýšit světelný tok světelného zdroje ve svítidle tak aby se dosáhlo stejného osvětlení komunikace (nebo jiného venkovního prostranství) jako při použití „klasických“ svítidel s vypouklým difuzorem.

Případný rámeček odcloní také světelné paprsky, které u klasického difuzoru vystupují ze svítidla pod úhly blížícími se vodorovnému směru. Zdánlivě to je dobře, protože se sníží svítivost směrem k oku pozorovatele a tedy se sníží i oslnění. Reálný svět je opět trochu složitější. O tom, tedy o oslnění, později.

Praktický důsledek je takový, pokud chceme zachovat určitou rovnoměrnost osvětlení, více cloněná svítidla musíme umísťovat s menšími roztečemi než svítidla méně cloněná. Více cloněná svítidla mají menší úhel vyzařování, dosvítí tedy do menší vzdálenosti.

**Závěr:** Je-li soustava svítidel s určitým cloněním (například běžná svítidla s vypouklým difuzorem) optimálně navržena (ideální rozteče svítidel a jejich výšky), pak je jisté, že zajistit rovnocenné osvětlení svítidly více cloněnými (např. svítidla s plochým sklem) znamená:

Buď osadit svítidla s menšími roztečemi (a v menších výškách), nebo více cloněná svítidla umístit na vyšší stožáry a osadit je výkonnějšími světelnými zdroji.

**Nelze provést přechod od soustavy se svítidly s klasickými vypouklými difuzory na soustavu s plochými skly prostou výměnou jednoho typu svítidla za druhý.** Alespoň ne v případě, kdy byla původní soustava správně navržena.

## Optické vedení řidiče

Další nepříznivou vlastností svítidel s plochým sklem je to, že jsou méně zřetelná při dálkových pohledech. Opět na prvý pohled dobrá vlastnost. Opak je pravdou, protože svítidla jsou méně vhodná pro tzv. optické vedení řidiče. V místech se zástavbou, vyšším porostem či okolními nerovnostmi není vidět vozovka. Přesto svítidla „ukazují“ jaký tvar má komunikace. Řidič je s předstihem informován o směru další cesty. Pokud svítidlo nemá vypouklý difuzor, pak je daleko méně patrné než pokud ho má.

Jak již bylo řečeno, soustava s rostoucím cloněním se musí realizovat světelnými body s menšími roztečemi stožárů. Pokud se rozteče nezmenší, pak se musí naopak zvýšit stožáry a samozřejmě zvýšit i příkon

světelných zdrojů. Pro svítidla s plochým sklem je nárůst instalovaného světelného toku (nebo počtu svítidel) vyšší o 5÷35 % proti „klasické“ soustavě. To se mění podle typu komunikace a geometrických poměrů na ní.

## Oslnění

Tvrzení, že svítidla s plochým sklem neoslňují (nebo jen velmi málo) je jedním z nejoblíbenějších neodborných argumentů. Soustavy s takovými svítidly neoslňují o nic méně než soustavy „klasické“. Dokonce mohou nastat případy, kdy oslňují více. A to není myšlen případ, kdy se pozorovatel zahledí do svítidla přímo a je oslněn přímo světelným zdrojem.

Pokud se budou posuzovat jednotlivá svítidla izolovaně, pak obvykle s rostoucím cloněním bude klesat oslnění. Jiná situace nastane v případě, že je v zorném poli více svítidel, což je charakteristické pro komunikace. S rostoucím cloněním se zmenšují rozestupy a v zorném poli pozorovatele je více oslňujících zdrojů a jsou v méně příznivé poloze (obvykle totiž jsou u více cloněných svítidel nutné nižší stožáry). Z toho plyne vyšší pravděpodobnost, že bude pozorovatel oslňován. V případě, že bude rozteč svítidel i jejich výška nad pozorovatelem shodná bez ohledu na clonění, pak s rostoucím cloněním bude nutné použít výkonnější světelné zdroje. Svítidla jsou jasnější a opět je reálné nebezpečí vyššího oslnění.

To, zda bude soustava oslňovat nebo ne, záleží na mnoha parametrech, které nelze jednoznačně generalizovat. Proto rozhodnutí o tom, zda soustava bude oslňovat nebo ne je možné podat až po podrobné odborné analýze. Nelze prohlásit, že cloněná svítidla méně oslňují. Není to obecně platná pravda.

## Světlo vyzážené na oblohu

Dostáváme se k poslední, nejzávažnější otázce – zda více cloněná svítidla jsou šetrnější k nočnímu světu. Světlo je ze svítidla vyzážené na oblohu jednak přímo, jednak se k obloze odráží světlo dopadající na terén a jiné plochy obklopující svítidlo. Množství odraženého světla je závislé na množství světla dopadajícího na tyto plochy a na jejich odrazných vlastnostech.

Není vzácný případ (viz. příloha WB-23-05-14-2006), kdy množství světla odraženého k obloze je pro soustavu s více cloněnými svítidly vyšší, než množství světla, které na oblohu vyzáží „klasická“ osvětlovací soustava. „Klasická“ soustava sice vyzáží určité procento světelného toku na oblohu přímo, ale vzhledem k tomu, že má lepší činitel využití, tak světla odraženého od terénu vyprodukuje méně. Součet přímé a nepřímé složky může být pro „klasickou“ soustavu menší než pouze odražená složka soustavy s plně cloněnými svítidly s plochými skly.

## Vlastnosti „plně“ cloněných svítidel

Svítidla s clonou tvořenou plochým sklem mají ve srovnání s „klasickými“ svítidly téže kvalitativní kategorie. Pozitivní vlastnosti:

- Méně oslňují. Pouze zdánlivě, někdy ano, jindy ne.

Negativní vlastnosti:

- Nižší účinnost;
- Menší vyzářovací úhel;
- Horší schopnost optického vedení řidiče.

Neutrální vlastnosti:

- Produkují méně rušivého světla vyzáženého na oblohu. Opět zdánlivě, někdy ano, jindy ne.

## Volba osvětlovacích soustav

Z předešlého lze učinit jediný závěr. Nelze automaticky prohlašovat, že svítidla s plochým sklem jsou šetrná k noční přírodě. Rozhodnout lze zásadně pouze po provedení porovnání kvalifikovaným výpočtem. Návrh osvětlení by měl obsahovat výpočty dvou (alespoň dvou) osvětlovacích soustav. Soustavy s vypouklým difuzorem, tedy „klasické“, a soustavy plně cloněné s plochým sklem. Porovnávané soustavy musí samozřejmě zajišťovat splnění všech kvalitativních i kvantitativních ukazatelů pro daný účel (osvětlení komunikace, pěší zóny, pracovní plochy...). Obě soustavy musí být tvořeny svítidly stejné kvalitativní (cenové) třídy; nejlépe od téhož výrobce, téže typové řady.

Porovnání soustav ukáže jaké řešení je nejšetrnější. Nejšetrnější ekologicky. Ekologicky šetrná soustava však nemusí být šetrná ke kapse investora ani provozovatele. V případě, že se ukáže, že je ekologická soustava s více cloněnými svítidly, pak to ve velké většině případů znamená, že svítidel bude větší počet než u soustavy klasické. To znamená, že bude investičně i provozně náročnější. Pak je na místě rozhodnout, zda ekologický přínos vyváží tyto vyšší náklady. Jsou místa kde však nelze nadřazovat ekonomická hlediska hlediskům ekologickým. Patrně tak tomu bude v blízkosti přírodních rezervací nebo významných astronomických observatoří.

Existují případy, kdy není zapotřebí provádět výše uvedený rozbor. To je tam, kde se používají jednotlivá svítidla. Mohou to být například vjezdy do továrních nebo skladových dvorů, které osvětluje jedno svítidlo. Pak by mělo být samozřejmě plně cloněné, protože osamělé svítidlo skutečně vyprodukuje méně rušivého světla.

Jiným příkladem mohou být přechody pro chodce. Zde jsou vždy dvě svítidla (případně u širokých komunikací s dělicím pruhem čtyři). Neprojevuje se zde „efekt“ nárůstu počtu svítidel s rostoucím cloněním. Dokonce lze téměř s jistotou prohlásit, že svítidla s plochým sklem budou i méně oslňovat. Zde je ovšem třeba překonat mylný „mýt“, že tzv. zebra je nutná pro rozlišení přechodu (optické vedení řidiče). Není tomu tak. V nočních hodinách je přechod odlišen použitím jiné barvy světla. Řidič, který by se podíval přímo do svítidla by v řadě případů ani nezjistil, že se jedná o „zebru“, protože by byl omezen ve vidění, pravděpodobně i oslněn. Mnohem vhodnější a zřetelnější je doplnit značení přechodu dostatečně zřetelnou dopravní značkou, případně blikajícím návěstím. To dostatečně zvýrazní přechod nejen v nočních hodinách, ale i za dne.

## Záměna svítidel

Jak bylo ukázáno, není svítidlo s plochým sklem zárukou minimalizace rušivého světla. Přesto se lze s tímto požadavkem velice často setkat. A dokonce s tvrzením, že lze záměnu provádět postupně. Tedy v okamžiku, kdy doslouží svítidlo s vypouklou mísou, tak je nahradit svítidlem s plochým sklem. Jsou případy, kdy se to obejde bez následků. Ovšem v případech, kdy byla původní soustava navržena správně, tak tato záměna přinese zhoršení podmínek pro vidění. **Snaha o zlepšení nočního prostředí tedy může vést k jeho zhoršení, a to dokonce při zvýšení nákladů na energie!** Samozřejmě to platí pouze pro konkrétní případy. Jindy nemusí k takovému navýšení dojít a soustava může zajistit podmínky pro normou požadované vidění. Opět nezbyvá než zopakovat: **Jakékoliv úpravy je možné provést pouze za spolupráce s kvalifikovaným světelným technikem.**

## Závěr

Z výše uvedené zprávy lze vyvodit několik závěrů:

- podrobným zkoumáním problematiky rušivého světla jsme dospěli k názoru, že tato oblast je značně široká a spojuje v sobě mnoho leckdy protichůdných záměrů a požadavků. Vzhledem k těmto důvodům se bude nutné i nadále této problematice podrobně věnovat a postupovat tak v poznávání vlivů, které způsobují rušivé světlo, zkoumání vlivů malých jasů a osvětleností v nočních hodinách na lidský organizmus, faunu i flóru, ale také vývoji dalších měřících a výpočetních metod pro posuzování rušivého světla.
- Výstupem pro posuzování stávajícího stavu rušivého osvětlení je několik metod (ať už na bázi astronomických či světelně-technických veličin), kterými lze zjišťovat (měřit) míru rušivého světla. Jedním z velmi hodnotných doporučení, které bylo provedeno na základě dlouhodobého měření osvětleností je i doporučení o určování stavu rušivého světla na základě meteorologické předpovědi o stavu oblačnosti. Pro měření byly vyvinuty nové aparatury, které byly vhodně kombinovány s již známými měřícími postupy. To znamená že posuzovat stav oblohy lze od jednoduchého měření osvětleností, či magnitud po náročné vyhodnocování jasů oblohy a astronomická měření. Velmi přínosné jsou i meze osvětleností a jasů, které byly naměřeny při různých limitních podmínkách.
- Dalším výstupem jsou výpočetní programy, které jsou schopny na bázi matematicko fyzikálních modelů, kvantifikovat jednotlivé zdroje rušivého světla a následně zjistit jeho vliv na základě výpočtů chování oblohy při různých meteorologických podmínkách. Také byly řešeny současné možnosti výpočtů rušivého světla v oblasti obytných prostor pomocí současných výpočetních programů a doporučeních CIE
- Pro samosprávu zajišťující provoz veřejného osvětlení byla stanovena doporučení při správě, obnově a nových realizacích venkovních osvětlovacích soustav. Tato příručka je postavena na jednoduchých logických příkladech a přirovnáních, tak aby byla použitelná v široké oblasti správy veřejného osvětlení.

- Kolektiv autorů hodlá v měřeních a úkolech, které nebylo možné stihnout v rámci stanoveného termínu pro tento výzkumný úkol dále pokračovat. Zejména statistické vyhodnocování dat z noční oblohy snímané minimálně po dobu jednoho kalendářního roku každou noc by mohlo být v tomto oboru do budoucna velkým přínosem.

### **Literatura a odkazy**

- [1] CELMA GUIDE ON OBTRUSIVE LIGHT – CELMA, June 2007,
- [2] Sokanský, K., a kol: Zpráva o řešení projektu „Výzkum emisí světelného rušení vyvolaného veřejným osvětlením za účelem jeho omezení v dopravě měst a obcí“, MR4515011, MMR, 2006, Ostrava

# Prezentace výpočtů osvětlení

Pavel, Staněk, Ing.

ASTRA 92 a.s., [www.astra92.cz](http://www.astra92.cz), [pavel.stanek@astra92.cz](mailto:pavel.stanek@astra92.cz)

V souvislosti s probíhajícím přechodem České republiky na evropské normy, s vydáváním národních příloh k těmto normám a také s pokračujícím vývojem výpočetní techniky zejména v grafice se mění požadavky na dokumentaci návrhu osvětlení. Tento příspěvek se zaměřuje zejména na osvětlování vnitřních prostorů.

V této oblasti existují dva trendy požadavků na dokumentaci. Prvním trendem je poskytnutí nutných technických údajů o výpočtu tak, aby orgány státního dozoru mohly provést korektní posouzení návrhu. Seznam takových požadavků je uveden ve změně 1 normy ČSN EN 12464-1 – národní příloze, čl. NA.23 (dále jen národní příloha). Druhým trendem pak je faktor obchodní, dokumentace návrhu osvětlení předkládaná zákazníkovi musí být technicky jednoduchá, a zároveň musí být graficky co nejlepší. Taková dokumentace musí být schopna zákazníka – laika v oblasti osvětlování – oslovit bez uvedení detailních parametrů výpočtu.

Porovnáním požadavků na oba druhy dokumentace se zdá, že lze jen stěží vyhovět oběma trendům najednou. Technicky jednoduchý a graficky perfektní návrh nebude pravděpodobně použitelný pro potřeby hodnocení orgány státního dozoru. A naopak zákazníka neoslovíte a zakázku nezískáte s technicky perfektní ale složitou a rozsáhlou dokumentací. Řešením se tedy jeví nutnost vypracovávat dva druhy dokumentace, tedy dokumentaci technickou a obchodní.

V dalším textu se bude článek zabývat spíše technickou dokumentací, tedy tou, kterou je navrhovatel schopen obhájit svůj návrh před orgány státního dozoru. Taková dokumentace může být provedena různými způsoby. Základním požadavkem je, aby tato dokumentace pro prostory s trvalým pobytem obsahovala údaje obsažené ve výše zmíněném čl. NA.23 národní přílohy. Pro úplnost zde uvádíme všech 16 požadavků na dokumentaci:

1. název a popis prostoru a činnosti;
2. rozměry prostoru včetně případných stínících překážek;
3. referenční číslo podle této normy; je třeba uvést v případech, kdy je proveden výběr prostoru s podobnými vlastnostmi;
4. míru znečištění prostoru;
5. popis a rozmístění uvažovaných míst zrakových úkolů;
6. vlastnosti denního osvětlení podle ČSN 73 0580 a ČSN 36 0020;
7. činitele odrazu ploch prostoru;
8. osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení míst zrakového úkolu (jsou-li definovány);
9. osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení bezprostředního okolí úkolu (jsou-li definovány);
10. osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení prostoru;
11. činitel oslnění *UGR* v předpokládaných místech výskytu a směrech pohledu;
12. způsob provádění a intervaly údržby;
13. typ svítidel a světelných zdrojů;
14. rozmístění svítidel;
15. udržovací činitel;
16. další potřebné údaje (např. teplota, je-li neobvyklá)

Je zřejmé, že naplnit tyto požadavky je možno různými způsoby. Základním způsobem je uvést všechna požadovaná data v příloze technické zprávy. Takou přílohu lze nejčastěji snadno získat jako tiskový protokol výpočetního programu. Nevýhodou tohoto řešení je zejména v případě většího počtu místností poměrně velký rozsah a tedy nepřehlednost a pak zejména neúspornost při tisku často opakujících se údajů.

Úspornějšího a přehlednějšího výsledku pravděpodobně dosáhneme, když údaje, u kterých to je možné, zobrazíme graficky – nejčastěji formou izofot či značek. Z našeho seznamu požadavků se jedná zejména o 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14. Zbýlé údaje lze prakticky rozdělit do dvou skupin. V první skupině (1, 3, 13, 15) jsou individuální údaje, které se liší místností od místnosti. Tyto údaje lze umístit do přehledné tabulky místností a doplnit je o souhrnné výsledky graficky zobrazených výsledků. Ve druhé skupině pak jsou údaje, které jsou většinou pro jednotlivé prostory nebo pro skupiny prostorů stejné (4, 7, 12, 16). Tyto údaje lze popsat souhrnně v úvodu zprávy.



Grafická forma zobrazení pak může mít různé podoby, prakticky se může opět jednat o dva principy. Ten první, klasický je výpis z výpočetního programu. Aby byl pokryt kompletní seznam požadavků, bude třeba doložit obrázků více. Druhý způsob, který bychom rádi uvedli, je forma stavebního výkresu, zpracovaného a vykresleného nejčastěji vhodným grafickým editorem. Takový výkres může mít jednotlivé požadované údaje uloženy v různých hladinách souboru – výkresu. Tento výkres může být doložen buď několika tisky, nebo lépe jeho fyzickou podobou, například na CD.

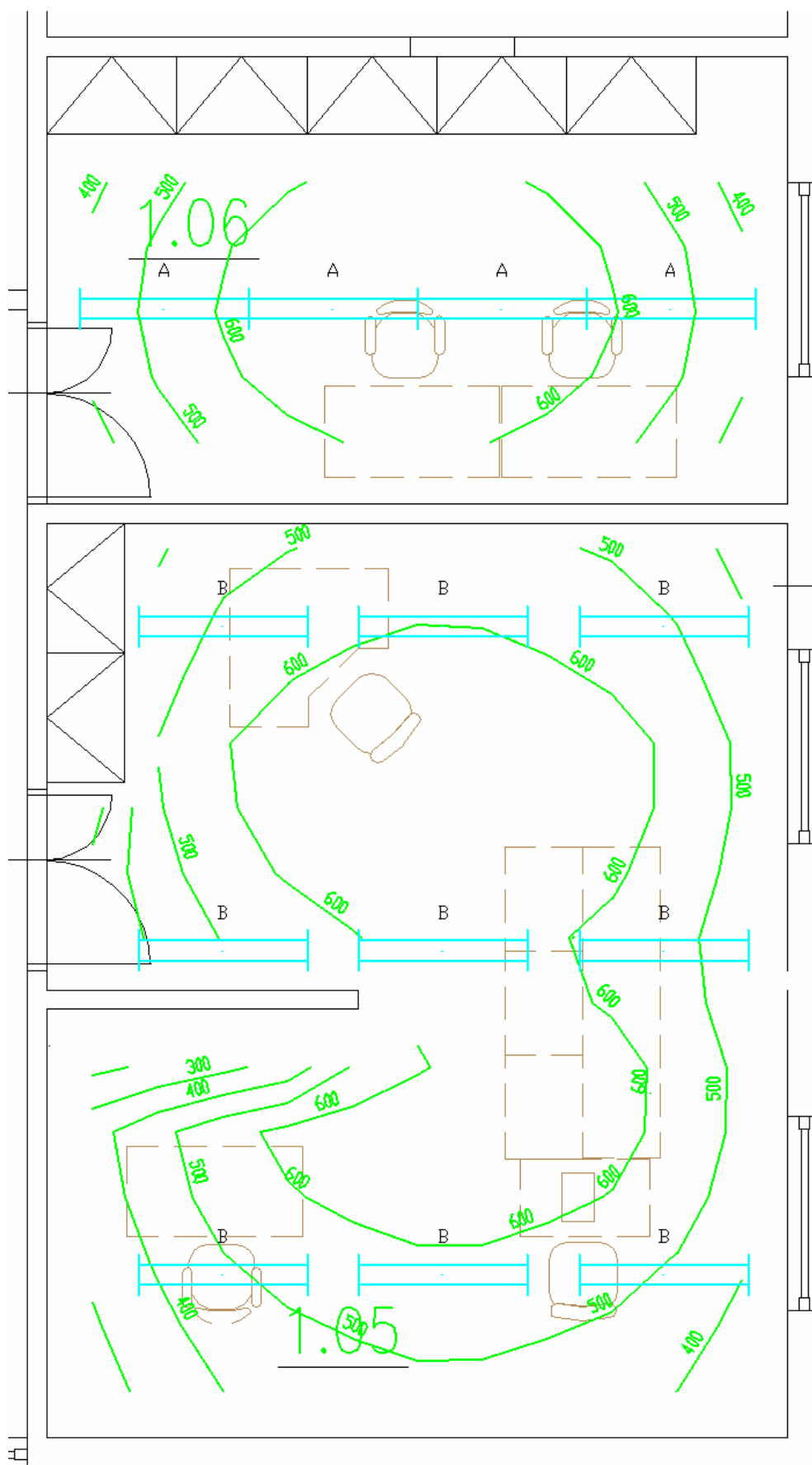
Takový, posledně uvedený způsob prezentace, bychom rádi zde v dalším textu uvedli a předložili k odborné diskusi. Na prvním obrázku jsou výsledky výpočtu osvětlenosti. Druhý obrázek pak zobrazuje výsledky výpočtu činitele oslnění UGR formou značek oslnění. Na třetím obrázku jsou pro ilustraci znázorněny výsledky výpočtu denního osvětlení. Závěrečný čtvrtý obrázek obsahuje dvě tabulky – legendu místností a legendu svítidel, které doplňují některé chybějící informace.

Domníváme se, že níže uvedené obrázky poskytují většinu údajů požadovaných národní přílohou. Chybějící důležité údaje (4, 7, 12) mohou být uvedeny v textu technické zprávy a to i souhrnnou formou, například:

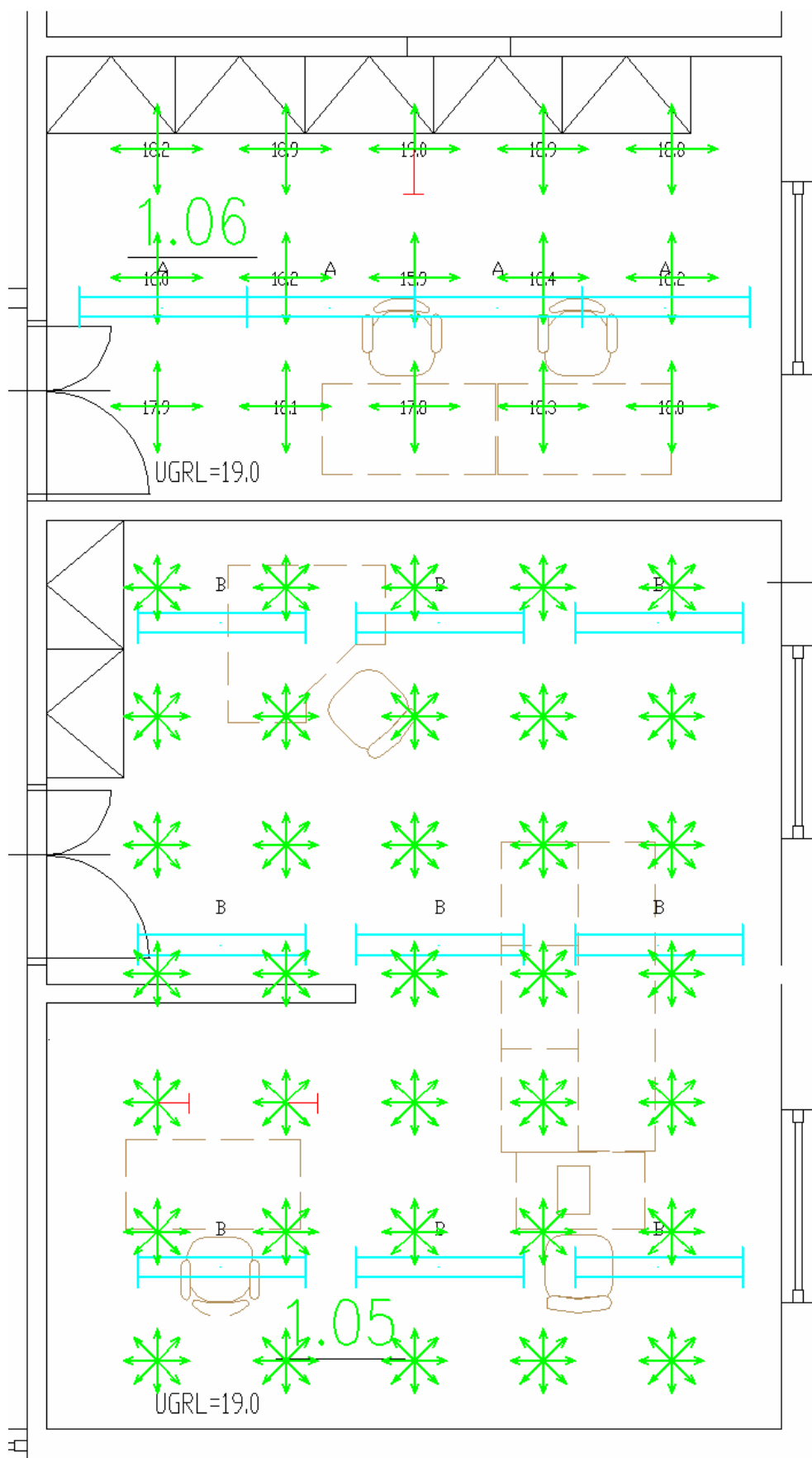
- čištění svítidel se bude provádět 2x ročně
- obnova povrchů (malování) bude prováděna v intervalu 3 roky
- režim výměny světelných zdrojů se navrhuje jako individuální
- čistota prostředí k výpočtu udržovacího činitele se předpokládá:
  - v kancelářských prostorech velmi čisté
  - na chodbách a dalších komunikacích čisté
  - ve výrobních prostorech průměrné
  - ve skladovacích prostorech průměrné
- odraznosti povrchů se při výpočtu uvažují:
  - strop 0.7, ve výrobní hale 0.6
  - stěny 0.5, ve výrobní hale 0.4
  - podlaha 0.3, ve výrobní hale 0.2

Závěrem bychom rádi vyzvali odbornou veřejnost k vyslovení názoru na uvedenou problematiku. Zájemcům můžeme zaslat předmětný grafický soubor ke zkoumání

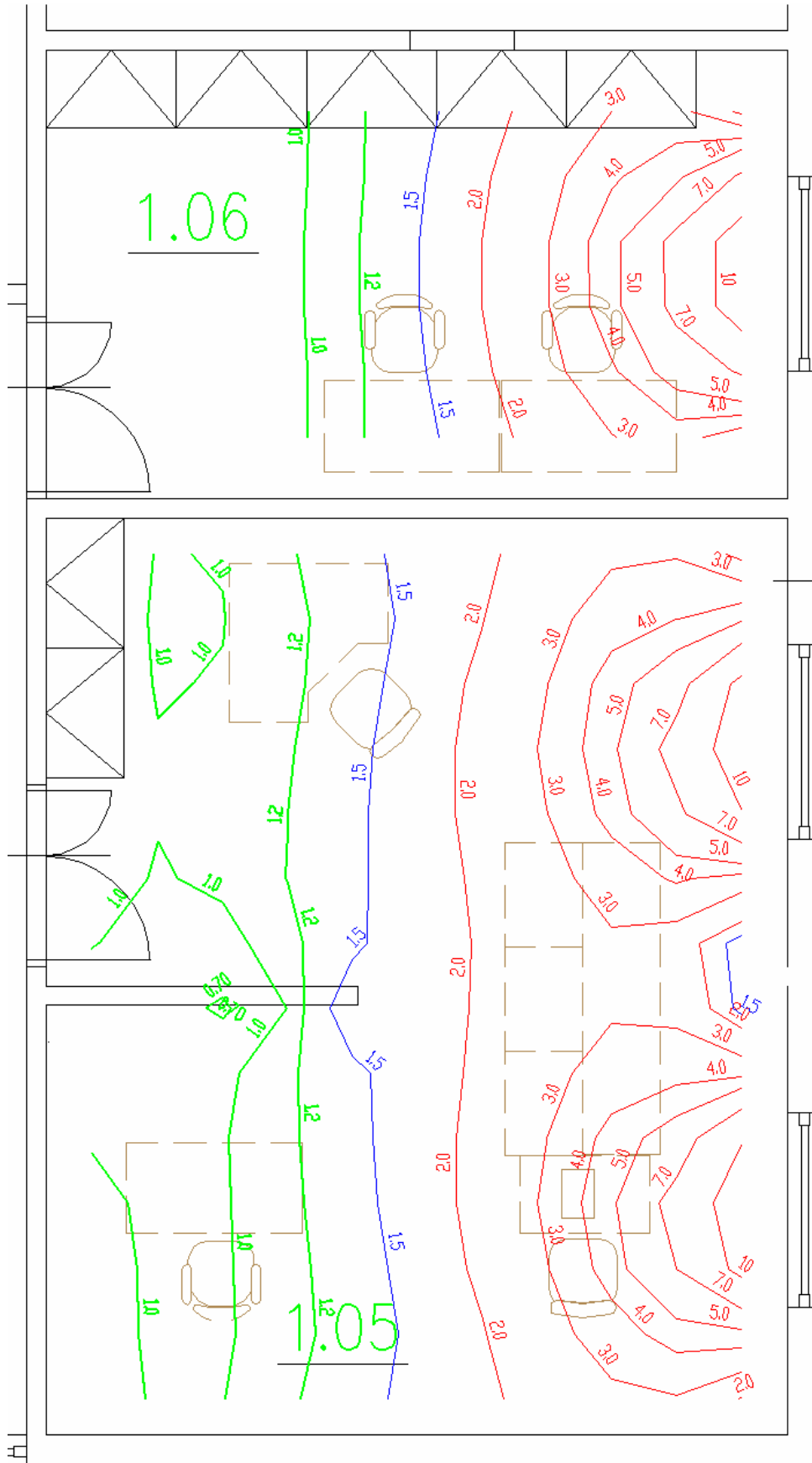
Obrázek 1 – výsledky výpočtu osvětlenosti



Obrázek 2 – výpočet činitele oslnění UGR



Obrázek 3 – výsledky výpočtu denního osvětlení



Obrázek 4 – legenda místností a svítidel

M.č.	Norma	Název	Em [lx]	Rovnoměrnost	Z	UGR/GR
1.0.5	5.2.10.1	Výroba				
		Prostor	518	0.33	0.65	
		Pracoviště 1	571	0.86	0.65	
		Pracoviště 2	523	0.76	0.66	
		Pracoviště 3	607	0.89	0.66	
		Pracoviště 3 – okolí	589	0.82	0.66	
		UGR				19.9
1.0.6	5.3.2	Kancelář				
		Prostor	553	0.49	0.66	
		Stůl 1	608	0.93	0.66	
		Stůl 2	537	0.82	0.66	
		UGR				19.0

Označení	Typ	Název	Výrobce	Krytí	Zdroj	Počet svítidel
A	03-013	03-013/236/EB	Beghelli –Elplast Brno	IP20	L 36 W/840 G13,LUMILUX T8 Cool White 26 mm,36W,3350lm,10000hod,Ra 80	4
B	FALCON-236-ST	2x36W, přisazené, zkosené, lesklá, podélně parabolická mřížka	Vyrtych Břežno	IP20	L 36 W/840 G13,LUMILUX T8 Cool White 26 mm,36W,3350lm,10000hod,Ra 80	9

# Sdružené osvětlení v praxi

Pavel Stupka, Ing.

ZÚ se sídlem v Plzni, Centrum fyzikálních faktorů, [www.zuplzen.cz](http://www.zuplzen.cz), [pavel.stupka@zuplzen.cz](mailto:pavel.stupka@zuplzen.cz)

## Co je to sdružené osvětlení

Sdružené osvětlení, tedy **záměrné současné osvětlení denním a doplňujícím umělým osvětlením** řeší norma [2], jež nedávno nahradila normu [1].

Osvětlení vnitřního prostoru je zajištěno vzájemně působícími složkami světla - denním a současně doplňujícím umělým osvětlením. Nutnost použití sdruženého osvětlení nastává, jsou-li hodnoty činitele denní osvětlenosti v prostoru, nebo jeho funkčně vymezené části nižší, než požaduje tabulka 1 normy [3], ale zároveň vyhovují požadavkům uvedeným v tabulce 1 normy [2].

## Kde se se sdruženým osvětlením můžeme setkat

Nebývá příliš časté, aby celý prostor splňoval podmínky pro sdružené osvětlení. S touto variantou se setkáváme spíše u větších hal s horním denním osvětlením, kde spořivý investor nedovolil instalaci dostatečně dimenzovaných světlíků a přesvědčil příslušnou hygienickou stanici o nezbytnosti tohoto „úsporného“ řešení.

Ve vnitřních prostorech s bočním denním osvětlením mohou, v závislosti na velikosti osvětlovacích otvorů (oken) a hloubce prostoru, být až tři pásma:

- **S vyhovujícím denním osvětlením** - v této části prostoru by přednostně měla být umístěna pracoviště s trvalým pobytem.
- **Se sdruženým osvětlením** - část prostoru dále od oken, za určitých podmínek zde lze tolerovat dlouhodobý pobyt.
- **S osvětlením pouze umělým - prakticky prostor téměř, či zcela bez denního světla** - část prostoru podél stěny naproti oknům. Zde by měla být vnitřní komunikace či rozmístěn nábytek.

V rámci posterové prezentace na konferenci budou na konkrétních příkladech ukázány ilustrační půdorysy rozličných pracovních prostorů s vyobrazením vypočtených isofot a rozdělením na výše uvedená pásma.

## Požadavky na doplňující umělé osvětlení

Předpokládá se, že vyhovuje-li v prostoru denní osvětlení, tzn. jsou splněny požadavky normy [3], bude se soustava umělého osvětlení navržena v souladu s normou [5] zapínat až po setmění. V průběhu dne není třeba umělé osvětlení používat, pro příslušnou zrakovou činnost postačí denní osvětlení přiváděné do prostoru skrze patřičně dimenzované osvětlovací otvory (okna, světlíky).

Ve vnitřních prostorech, nebo v jejich funkčně vymezených částech se sdruženým osvětlením musí být dle nově platné normy [2] hodnoty udržované osvětlenosti způsobené doplňujícím celkovým, nebo doplňujícím odstupňovaným umělým osvětlením nejméně takové, jaké stanoví norma [5]. U udržovaných osvětleností 200 lx až 500 lx včetně se však navýší o jeden stupeň řady osvětleností podle článku 4.1 normy ČSN [6]. Jinými slovy - tam, kde v případě vyhovujícího denního osvětlení je dle normy [5] požadována udržovaná osvětlenost 200 lx, navýšuje se na 300 lx. Analogicky pak 300 lx -> 500 lx a 500 lx -> 750 lx.

Uvedená navýšení jsou asi nejzávažnější změnou v normě [2] oproti zrušené normě [1], která před lety vznikala na základě výsledků rozsáhlých vědeckých zkoumání vlivů osvětlení všeho druhu na člověka a byla navázána na již zrušenou normu [4]. Toto velkorysé navýšení, jež například znamená dimenzování osvětlovací soustavy většiny běžných kanceláří na 750 lx bylo v Technické normalizační komisi TNK 76 dlouze diskutováno a bylo o něm opakovaně hlasováno.

## **Závěr**

V rámci posterové prezentace na konferenci budou předvedeny nejdůležitější změny nové normy [2] oproti zrušené normě [1] a ukázány naše dosavadní zkušenosti s uplatňováním nové normy [2] v praxi.

## **Literatura a odkazy**

- [1] ČSN 36 0020-1 - Sdružené osvětlení - Část 1: Základní požadavky (srpen 1994, již zrušena)
- [2] ČSN 36 0020 - Sdružené osvětlení (únor 2007)
- [3] ČSN 73 0580-1 - Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky (červen 2007)
- [4] ČSN 36 0450 - Umělé osvětlení vnitřních prostorů (leden 1986, již zrušena)
- [5] ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory (březen 2004)
- [6] ČSN EN 12665:2003 - Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení

# Sakrálné pamiatkové objekty z hľadiska osvetlenia a elektroinštalácie

Ing. Jaroslav Španko, CSc., - SYSTEM PROJEKT, Bratislava,  
mobil: +421 905 982 448, e-mail: jaroslav.spanko@orangemail.sk

## Špecifická pamiatkových budov a elektrotechnika

V porovnaní s nepamiatkovými stavbami sa pri záchrane a obnove historických objektov stretávame so širším uplatnením elektrotechniky. V súčasnosti sa už bežne využívajú elektrofyzikálne metódy, ktoré napomáhajú pri počiatočnom archeologickom prieskume, vysušaní muriva, analýze akustiky a pod.

Pretože vzácnosť pamiatkových budov ich predurčuje na reprezentatívne a výnimočné využitie, v prvom rade sa kladie dôraz na zabezpečenie statiky stavby; u kostolov sa navyše posudzujú veže z hľadiska dynamických účinkov zvonov.

Stavebnofyzikálne vlastnosti obvodových múrov, stropov a podlahy a cieľ využívania priestorov, determinuje spôsob temperovania resp. vykurovania.

V priestorových zónach, kde sú vzácne, na prostredie citlivé umelécké diela, sa vyžaduje prísnejšia kontrola fyzikálnych vlastností prostredia.

Umelé osvetlenie má byť „nekonfliktné“ ku architektonickému slohu. Kontrast vyhotovení High-tech však môže napomôcť lepšej čitateľnosti architektúry pamiatky. Zdarilé štylizované svietidlá sú zvyčajne výsledkom kolektívu odborníkov. Cesta „jedného autora“ pri tvorbe svietidiel a ich zostáv je veľmi riziková. Slávnosť resp. reprezentatívnosť spoločenského využitia si vyžaduje viacej svetelných scén.

Vzácnosť pamiatky treba chrániť hlásením stavov, ktoré sú z hľadiska bezpečnosti budovy a funkčnosti zariadení dôležité.

V súvislosti s nárastom požiadaviek na riadenie a monitorovaním stavov, sa začínajú vo väčšej miere uplatňovať digitálne elektroinštalácie.

## Náčrt elektro metód súvisiacich so záchranou a obnovou pamiatkových objektov, ich elektrotechnické vybavenie

- aplikácie poznatkov teoretickej fyziky pri počiatočnom archeologickom výskume,
- detekovanie zmien pod povrchom terénu,
- monitorovanie statických a dynamických porúch stavby,
- elektroosmotické vysušovanie muriva,
- temperovanie muriva vodičmi položenými v odvlhčovacích kanáloch,
- temperovanie vnútorného priestoru kostola počas v čase prítomnosti osôb,
- vzduchotechnické zariadenie,
- umelé osvetlenie (ďalej len osvetlenie), pri návrhu umelého osvetlenia treba vždy vychádzať z podmienok denného osvetlenia, a z daného slohového výrazu objektu
- núdzové osvetlenie,
- vonkajšie osvetlenie,
- pohony zvonov,
- dúchadlo organu,
- zobrazovač čísiel liturgických piesní a textov,
- poplachový systém narušenia, elektrická požiarňa signalizácia, hlásenie stavov technických zariadení,
- diaľková signalizácia a ovládanie vybraných zariadení,
- ozvučenie,
- prístupový systém pre sprievodcov turistov,
- bleskozvod.

V ďalšom uviedeme niekoľko príkladov ukončených a rozpracovaných obnov kostolov, (v prednáške sprevádzaných fotografiami):

## Archeologický areál

Prednosťou elektrotechnika je, že rozumie prírodným javom, ktoré súvisia s elektromagnetizmom. Poznáme napr. princíp „prútikárstva“. Spravidla ho však nevyužívame, i keď s virgulou sa dajú s vysokou pravdepodobnosťou vymedziť pod terénom alebo podlahou tvary, upozorňujúce na možné základové murivo, dutiny a pod. (Tieto činnosti musia byť samozrejme v súlade so Zákonom o ochrane pamiatkového



fondy 49/2002 Zz SR, par.39<sup>1</sup>.) Každému z nás, kto pripravuje vonkajšie rozvody odporúčam, aby si pred začiatkom spracovávania dokumentácie „prebehol virgulou“ záujmové územie. Nachádzanie pravdepodobných podzemných sietí je s virgulou rýchle a zo všetkých iných metód aj technicky najjednoduchšie. (Iste, vyvstáva otázka identifikácie nálezov, ako aj presnosti lokalizácie. A) Archeologický areál býva preskúmaný sieťou líniových sond, ktoré sa po skončení výskumu zasypú. Niektoré z nich by mohli byť po konzultácii so spracovateľom výskumu využité pre polozenie silových rozvodov, pokiaľ by projekt obnovy priamo časovo nadväzoval na výskum. V prípade, že v budúcnosti bude treba znovu polohovo identifikovať nájdené archeologické torzá, môžu sa pre tento účel položiť do výkopov lokalizačné vodiče.

## **Bratislava**

Gotická kaplnka z počiatku 13.stor., obnovovaná v r. 2006-07.

V rámci prípravy obnovy boli použité viaceré „archeologicko-elektrické“ metódy.

Slohová čistota a nevelké rozmery kaplnky si vyžadovali esteticky i vzhľadovo premyslené riešenie, pri dodržaní primeraných nákladov.

Svietidlá za príporami klenbových rebier sú nerušivé a systém ich montáže na koľajniciach už dnes potvrdzuje túto výhodu. Zavesený kríž nad oltárom, s ktorým sa pôvodne neuvažovalo, predstavuje „prvú“ dodatočnú požiadavku na akcentné osvetlenie. Takých sa počas budúcej prevádzky môže vyskytnúť viac.

Silové elektrorozvody sú urobené s predpokladom elektrického temperovania.

Rozvodnica má ovládacie prístroje rozmiestnené v siluete pôdorysu totožne ako v reáli. Napomáha to rýchlej orientácii celebranta pri zapínaní zariadení pred sv. omšou.

Pretože kaplnka je turisticky atraktívna, pri vchode je pripravený slaboproudový vodič pre prístupový systém náhodných sprievodcov.

## **Žehra**

Dvojloďový gotický kostol z 13. stor. so vzácnymi freskami z počiatku 14.stor.

Dôležitou úlohou obnovy (r.2005 – 06) bolo zníženie vlhkosti muriva.

Vytvorením odvlhčovacích kanálikov po vnútornom obvode muriva sa výrazne napomohlo zlepšeniu vnútornej klímy. Už pri vkročení do kostolíka znalý návštevník zistí, že sa stratila pôvodná zatuchnutosť a vzduch je obdivuhodne svieži. Pre zamedzenie kondenzácie vlhkosti sú v odvlhčovacích kanáloch položené temperovacie vodiče, ktoré sú spínané v závislosti od vnútornej teploty a súčasne je riadený prívod a odvod vzduchu cez existujúce stavebné otvory.

Zostava subtilných svietidiel je zavesená na centrálnom 8-strannom nosiči uprostred dvojloďa. Strany nosiča sú odsadené od jediného 8-stranného stĺpa vo vzdialenosti 55cm. Časť súboru svietidiel slúži pre prezentáciu fresiek, preto sú tiež spínané diaľkovým ovládačom, ktorý používa sprievodca pri výklade. Len pre prezentáciu umelecko-historickej hodnoty objektu je vytvorených 10 svetelných scén, pre liturgické účely sú ďalšie scény.

Pretože morálne stárnutie svetelnej techniky je rýchlejšie ako elektrorozvodov, súčasťou 8-stranného nosiča svietidiel je elektrokoľajnička profilu 18x18mm, na ktorej je možné svietidlá kedykoľvek bez nástroja vymeniť. Pre osvetlenie presbytéria sú v rohoch víťazného oblúka stojany s elektrokoľajnicami profilu 30x30mm. Na týchto stojanoch je tiež zavesená štíhla skrinka prijímačov diaľkového ovládania, núdzové svietidlo, zásuvky a reproduktorová skrinka. Núdzové svietidlo na stojane je svetelne výkonné. Sprievodca ho môže prenášať a tým v prípade náhodného výpadku el. energie, viacej prisvetliť trasu odchodu návštevníkov z kostola.

V sakristii je zavesený tvarovo štylizovaný 5-ramenný luster, ktorý v zaklenutom priestore vhodne pripomína historické svietidlo.

Rozvody sú prevažne pod novou tehlovou dlažbou. Napojenie a spínanie svietidiel na centrálnom nosiči je z malej rozvodnice umiestnenej pri prechode z veže na emporu. Hlavná rozvodnica je v sakristii.

## **Žďár nad Sázavou**

Spolu s pútnym kostolom na Zelenej hore patrí tento objekt medzi najcennejšie sakrálné pamiatky v Českej republike. Umeleckým majstrovstvom G.B. Santini včlenil do vysokej gotickej architektúry vzletný barok a vytvoril tým obdivuhodnú symbiózu dvoch slohov. O to náročnejšie je vkladanie nových, myslíme aj technických, tvarovo nekonfliktných súdobých prvkov, ktorými zlepšujeme vybavenostný štandard kostola. Obmedzovanie vzliňania vlhkosti v murive je zabezpečované elektroosmotickým zariadením.

V hlavnej lodi boli pôvodné priemyselné výbojkové svietidlá vo vrchole klenieb zrušené. Pre rekonštrukciu bola pamiatkovým ústavom odsúhlasená nová osvetľovacia sústava tvorená päťicou svietidiel osadených na parapete horných okien. Toto montážne miesto umožňuje dobre jasovo modelovať klenby, vytvárať

<sup>1</sup> Par. 39, zák. 49/2002: odsek 6): Nepovolené výskumy a výkopy na kultúrnych pamiatkach, pamiatkových územiach a územiach s archeologickými nálezmi, ako aj nepovolený zber a premiestňovanie huteľných nálezov alebo ich vyhľadávanie pomocou detekčných zariadení sa zakazujú.-

dostatočnú osvetlenosť na laviciach a súčasne je zabezpečený aj dobrý prístup ku sviatlám – cez von otvárateľné okná, ku ktorým sa možno dostať po miernych pultových strechách bočných lodí. Sviatidlá sú osadené do elektrokoľajníc, s možnosťou ich pohotovej výmeny. Vzhľadom na veľký počet svetelných scén a tiež nadväznosť príľahlého, pôvodne cisterciátskeho kláštorného komplexu, uvažujeme s riadením pomocou digitálnej technológie LonWorks. Hlavným prínosom tejto technológie je minimalizácia silových káblových rozvodov a tým i minimalizácia sekania drážok do muriva.

Toho času je ukončená obnova bočných lodí, transeptu a prvých štyroch travé hlavnej lode. Ďalej sa pokračuje na obnove presbytéria a bočných kaplniek. Pre úspešnú obnovu, ako ukázali aj iné príklady, je dôležité zosúladienie prípravných projektových etáp rôznych profesií a ich plynulá nadväznosť pri realizácii.

### **Hronský Beňadik**

Pre Slovensko veľmi významná gotická architektúra s príľahlým kláštorným komplexom.

Predmetom obnovy je hlavne elektroinštalácia. V súčasnosti sú z časti stále v prevádzke pôvodné elektrorozvody v mosadzných rúrkach s vonkajším priemerom 9mm (z 30-tych rokov). Svojou patinou sa pohľadovo strácajú a bežne sú nepostrehnuteľné.

V hlavnej lodi predpokladáme zavesené zostavy sviatidiel, rozmerove minimálne a tvarovo vychádzajúce z charakteristických gotických línii. (Rozmerovu minimalizáciu dosahujeme umiestnením predradných zariadení do podkrovia.) Prednosťou zavesených zostáv sviatidiel je možnosť ich spustenia do výšky prístupnej z podlahy a vedenie rozvodov v podkroví.

Pre pamiatkový výklad bude mať sprievodca (rovnako ako v Žehre) príručný diaľkový ovládač osvetlenia.

Rozvody sú uvažované v rohoch pri podlahe v žľaboch s povrchovou úpravou patinovanej mosadze.

Pretože navrhujeme temperovanie panelmi umiestnenými v laviciach, rozvody od stien ku stĺpom uložíme do podlahovej škáry medzi dlažobnými štvorcami. Ukončené budú v malých skrinkách pri päte stĺpov.

Elektroinštalácia systémom LonWorks.

Ochranu pred atmosférickou elektrinou predpokladáme aktívnym bleskozvodom so zberačmi na južnej veži kostola a južnej bašte kláštora. Týmto by sa mal chrániť s kostolom aj celý kláštorný areál. Pre vykonávanie pravidelných revízií je však dôležité zabezpečenie prístupu ku zberaču na veži.

### **Bratislava-Lamač**

Významné dielo architekta Harminca - funkcionalistická architektúra s prvkami historizmu - má dominantný žel.-bet. strop tvorený kazetami v tvare zapustených ihlanov.

Predmetom novej elektroinštalácie bolo predovšetkým osvetlenie. Priklonili sme sa k pôvodnému dobovému riešeniu z 50-tych rokov – zaveseným sviatlám v blízkosti bočných stien hlavnej lode, s pozdĺžnym krokom totožným s rozmiestnením okien. Veľmi dôležité je nové osvetlenie stropu, dvojicami sviatidiel umiestnených na parapete okien.

Je na škodu, že montáž elektrorozvodov nie je urobená podľa pôvodne odsúhlasenej dokumentácie. Nerealizovalo sa riešenie s LonWorks, ale zopakovala sa stará elektroinštalácia s neoptimálnou topológiou a tým i väčšími výmermi káblov a pracnosťou.

### **Poráč**

Barokový kostol východného obradu.

Cieľom investora bolo ešte pred komplexnou obnovou interiéru urobiť nové osvetlenie, ktoré by bolo esteticky prijateľné a súčasne by si vyžadovalo minimálne zásahy do muriva. Boli preto využité odvetrávacie otvory v klenbách, cez ktoré je v popredí ikonostasu horizontálne zavesený 6-stranný nosič zostavený z elektrokoľajníc. V prestole, pred emporou a na empore sú sviatidlá zavesené na krátkych vertikálnych koľajniciach.

Do budúcnosti vyvstáva otázka účelného a ikonostas šetriaceho temperovania. Spravidla sa kostoly v praxi temperujú do 12 °C. Ak sa bude požadovať teplota lode na úrovni vykurovania, zrejme bude potrebné pôvodný ikonostas premiestniť do iného nevykurovaného kostola. V prípade jeho ponechania, treba systémom riadenia udržiavať klímu v stanovených medziach (vetrať, sledovať teplotu a vlhkosť (minimálne manuálnym spôsobom), čo môže byť investične značne náročné. Je tiež na zváženie, vymeniť ikonostas za materiálovo odolný požadovanej klíme?

### **Záver**

Predmetom príspevku je načrtnutie riešení elektroinštalácii v pamiatkových objektoch, s cieľom inšpirovať účastníkov plánovania a realizácie obnovy kostolov k riešeniam, ktoré sú atypické vo svojej architektonickej charakteristike avšak technicky príbuzné.

Samostatnou kategóriou sú drevené kostoly. Pred započatím obnovy dreveného kostola odporúčame navštíviť po požari znovuobnovený drevený kostol v Ostrave – Hrabovej, ktorý je v mnohom príkladný.

**Literatúra:**

Španko, J.: Electrical Solutions in Wooden Religious Buildings. Rescuing the Hidden European Wooden Churches Heritage.

**Fotografické prílohy:**

Kaplnka sv. Kataríny, Bratislava,



1a. umiestnenie svietidiel „za“ gotickými rebrami

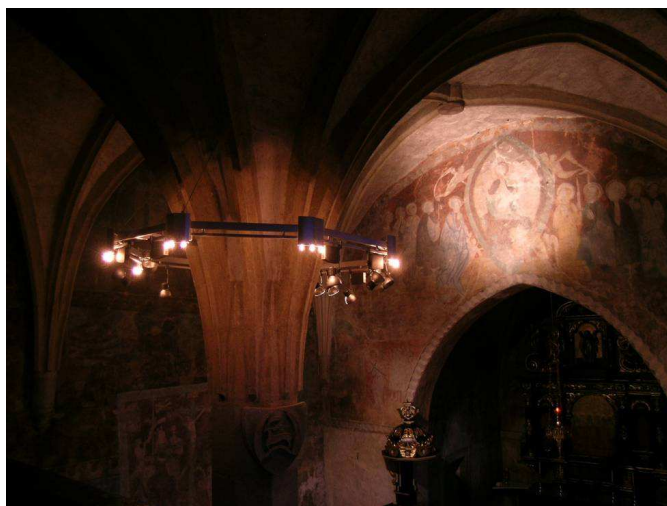


1b. osvetlenie gotickej klenby

Kostol sv. Ducha, Žehra,



2. osemstranný nosič svietidiel (zatiaľ bez nárožníkov),



3. osemstranný nosič svietidiel s rozsvietenými nárožníkmi,



4. priehľad na klenby

Kostol sv. Margity, Bratislava-Lamač,

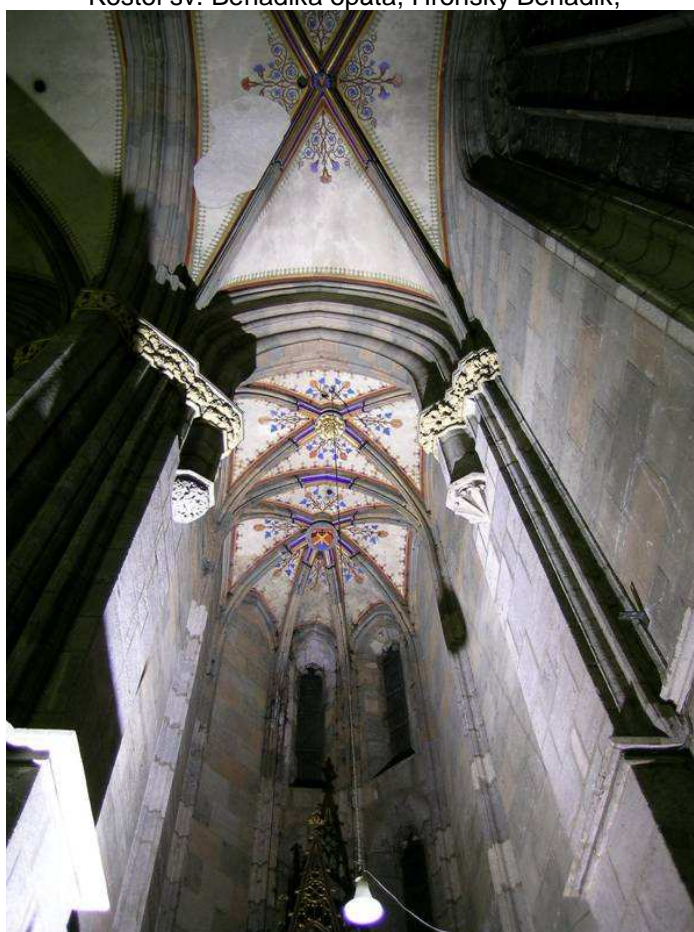


5a. stav pred obnovou



5b. stav po obnove

Kostol sv. Beňadika opáta, Hronský Beňadik,



6. skúšobné nasvietenie klenby (kresba vo vrchole klenby je bez umelého osvetlenia ťažko viditeľná).

# LED a ich životnosť

Sandra Tabišová, M.Sc.

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra Elektroenergetiky, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

tel.: +421-2-602 91 165

e-mail: sandra.tabisova@stuba.sk

V príspevku sa zaoberám meraním životnosti LED počas ich svietenia v prostredí s teplotou okolia do 25 °C, ako aj s meraním poklesu svetelného toku v extrémnych podmienkach, keďže výrobcovia uvádzajú za teplotu bezproblémovej prevádzky LED diód teplotu v rozmedzí -30 °C to +80 °C. Na meranie bolo použitých 30 kusov rôznofarebných diód. Vo výsledkoch merania bude uvedený aj rôzny percentuálny pokles svetelného toku medzi diódami toho istého výrobcu.

## 1. Úvod

V svetelnej technike sa v dnešnej dobe čoraz viac začínajú využívať LED- elektroluminiscenčné diódy, ktoré sa už viac ako tridsať rokov uplatňovali v signálnej technike. Dôvodom ich úzkeho poľa pôsobnosti bol ich nízky merný výkon a ich iba farebné prevedenie. V posledných rokoch sa tento svetelný zdroj vyznačuje zlepšovaním svetelno-technických parametrov, ako je merný výkon (v budúcnosti sa predpokladá s dvojnásobným až trojnásobným merným výkonom), vyšší jas a nízka spotreba.

## 2. Vlastnosti LED

Popri vzniku svetla teplotným žiarením (žiarovky) alebo výbojom (žiarivka, vysokotlakové výbojky) poskytujú polovodivé materiály ďalšiu možnosť vzniku svetla. Vznik svetla v tomto prípade nie je založený na ohreve vlákna, ako je to u teplotných svetelných zdrojov, svetlo nevzniká ani v horáku naplnenom plynom s prímiesami.

V dnešnej dobe sa vyrábajú LED s rôznou konštrukciou, avšak majú tieto spoločné vlastnosti:

-veľmi malé rozmery

-extrémne dlhá životnosť (u laboratórnych diód až 100 000 hodín, pričom ako koniec životnosti sa u LED považuje, ak nastane pokles počiatočného svetelného toku na 50% jeho hodnoty)

-nízka spotreba elektrickej energie

-nízka tvorba tepla

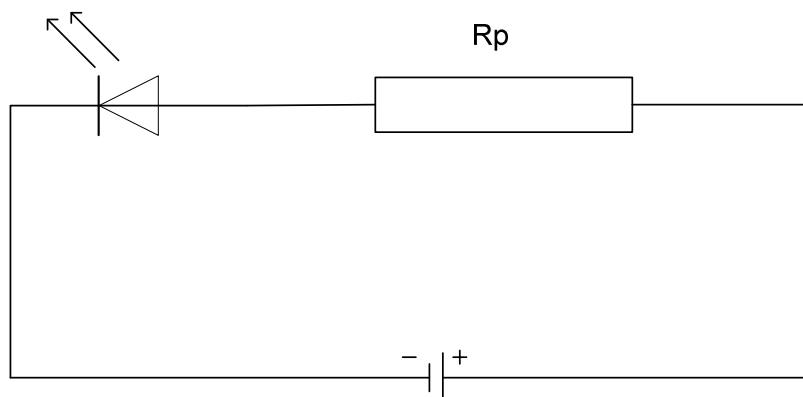
-odolnosť voči otrasom

-rôzne farby

Niektoré elektrotechnické vlastnosti LED možno zhrnúť nasledovne:

-napätie v priepustnom smere  $U_F$ : 2 V ~ 4 V

-elektrický prúd v priepustnom smere  $I_F$ : 10 mA ~ 70 mA (pri LED podobne ako u žiaroviek alebo vysokotlakových výbojkách je potrebný pre prevádzku odpor obmedzujúci prúd v spínacom obvode (Obr.1))



• obrázok 19: Spínací obvod LED s predradným odporom  $R_p$

### 3. Faktory ovplyvňujúce životnosť LED

K faktorom, ktoré ovplyvňujú spoľahlivosť a teda aj životnosť LED patrí najmä teplota. Prevádzková teplota je najdôležitejšia podmienka, čo sa týka okolitého prostredia. Keďže polovodiče majú kryštalovú štruktúru, do ktorej sú vstavané cudzie atómy -dotácia, ktorá nie je neohraničene teplotne ustálená. Počas prevádzky LED sa tvorí i stratový výkon, ktorý dodatočne prispieva k zohriatiu čipu a preto musí byť braný do úvahy. Najviac kritickou je teplota p-n prechodu  $T_J$ , ako bolo už skôr spomenuté, ak je príliš vysoká, dochádza tu k parciálnemu zničeniu kryštalovej štruktúry mriežky, ktorá vplyva na správnu funkciu LED. V priebehu života diódy sa zvyšuje prirodzený prírastok chýb v kryštalovej mriežke, čo má za účinkov graduálny pokles svetelného toku. Rýchlosť, pri ktorej tieto defekty vznikajú silno závisí od výšky pretekajúceho elektrického prúdu. Ak chceme dosiahnuť dlhú životnosť LED, nie je vhodné ich prevádzkovať pri maximálnom prúdovom zaťažení. Ostatné vplyvy na životnosť LED sú napríklad mechanické vplyvy ako tlak alebo ťažná sila, ktoré zvyšujú mechanické napätia v dióde emitujúcej svetlo. Tieto vplyvy, ako aj vplyv vibrácií alebo otrasy môžu viesť k totálnemu výpadku diódy. V Tab. 1 sú uvedené rôzne príklady dĺžky životností v závislosti od prevádzkových podmienok LED. [1]

Prevádzkové podmienky	Životnosť (hod.)
Prevádzka pri teplotnom maxime okolia s maximálne prípustným el. prúdom v prípustnom smere	3000
Prevádzka v automobiloch	7000
Prevádzka pri normálnej teplote okolia s 80% max. prípustného el. prúdu v prípustnom	10 000
Prevádzka pri normálnej teplote okolia s 50% max. prípustného el. prúdu v prípustnom	100 000

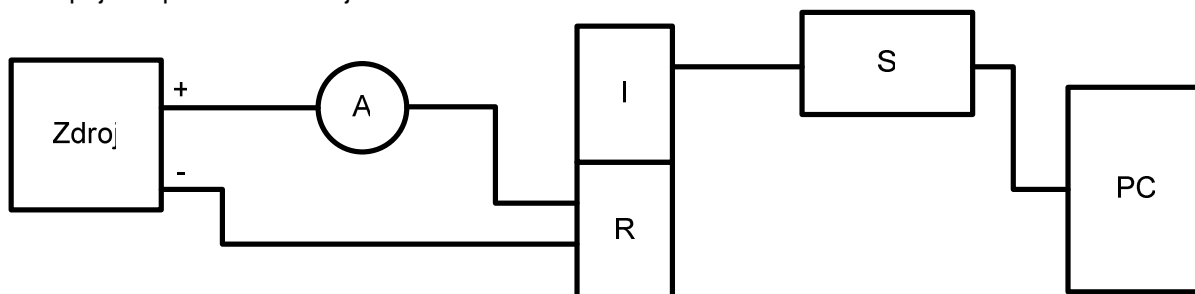
• Tabuľka 1: Príklady životnosti LED [1]

### 4. Meranie

Na meranie životnosti LED sme použili 30 kusov LED. Tieto LED boli rôznej farby, a to červenej a modrej farby ako aj biele LED. Z každej farby diód bolo použitých 10 kusov. Každá dióda bola zapojená do obvodu s odporom. Použité LED diódy majú tieto vlastnosti, udávané výrobcom:

- operačný teplotný rozsah od  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- materiál LED čipu u červených AlGaInP, u modrých a bielych InGaN
- svietivosť u červených a modrých LED: 3000-4000 mcd, u bielych 11 500-16 500 mcd,
- výkon 100 mW u bielych, pri modrých a červených 10 mW

Obvod zložený z 30 diód a 30 odporov bol pripojený na stabilizovaný zdroj. Takto zapojené LED svietili neustále. Ich svietenie bolo prerušené iba počas merania, ktoré trvalo približne jednu hodinu. Meranie bolo vykonané v rôznych časových úsekoch prostredníctvom spektrofotometra USB 2000, notebooku a multimetra. LED bola počas merania umiestnená v meracom zariadení, ktoré bolo pripojené na spektrofotometer. Počas merania bola zaznačovaná aj teplota okolia, ktorá sa pohybovala v rozmedzí  $21,5\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zapojenie počas merania je uvedené na Obr. 2.



• obrázok 2: Zapojenie počas merania

Na obrázku číslo dva je zapojenie obvodu počas merania. Zo schémy zapojenia vidíme, že S je spektrofotometer, A je multimeter, I je integrátor, kam sa vkladala LED dióda pri meraní hodnôt a R je sériovo zaradený rezistor ( $R=300\ \Omega$ ), značka PC označuje notebook.

Namerané hodnoty a percentuálny pokles svetelného toku sú uvedené v tabuľke číslo dva, tri a štyri. V tabuľkách pod pojmom pokles(%), je myslený percentuálny pokles východzieho svetelného toku, ktorý bol nameraný na LED na začiatku všetkých meraní. Bolo vykonaných 10 meraní na každej LED dióde, čo spolu tvorilo 300 meraní. Prvé merania boli vykonané po relatívne krátkej dobe, keďže bolo potrebné určiť ako rýchlo dochádza k poklesu svetelného toku. Z tabuliek môžeme určiť, že pokles svetelného toku je viditeľný u každej z LED. Žiadna LED nemala konštantný svetelný tok. Najväčší pokles je nameraný na bielych LED. Svetelný tok pri týchto diódach klesol pod hodnotu 60%, dokonca pri LED s označením B7 bol tento pokles blízky 80-tim percentám, čo niektorí výrobcovia označujú za ukončenie životnosti svetelného zdroja. U polovice skúmaných bielych LED bol pokles väčší ako 70%.

Čas merania (h)	Svetelný tok bielych LED $\Phi \cdot 10^{-5}$ (lm)									
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
0,00	2,30	2,47	2,35	2,33	2,47	1,76	2,24	1,99	2,37	2,34
Pokles(%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,00	2,14	2,37	2,29	2,03	2,38	1,57	1,92	1,91	2,37	2,42
Pokles(%)	7,05	3,89	2,56	12,76	3,57	10,72	14,18	3,82	0,13	-3,55
178,00	2,09	2,25	1,99	1,82	2,06	1,57	1,76	1,75	2,20	2,29
Pokles(%)	8,84	8,84	15,04	21,74	16,41	11,12	21,48	12,26	7,09	2,18
343,50	1,90	2,00	1,72	1,63	1,73	1,45	1,49	1,46	1,86	2,08
Pokles(%)	17,28	18,82	26,54	30,08	29,98	17,75	33,47	26,83	21,76	10,99
510,05	1,60	1,53	1,48	1,34	1,34	1,22	1,14	1,14	1,43	1,17
Pokles(%)	30,30	37,77	36,98	42,24	45,91	30,63	48,90	42,76	39,87	49,86
676,75	1,36	1,26	1,23	1,18	1,12	1,11	0,95	0,93	1,24	1,45
Pokles(%)	40,97	48,84	47,55	49,33	54,78	37,27	57,71	53,34	47,79	37,94
820,05	1,22	1,11	1,14	1,08	1,03	1,06	0,84	0,87	1,05	1,33
Pokles(%)	46,89	54,97	51,60	53,80	58,47	40,16	62,32	56,50	55,59	43,33
1000,8	1,00	0,82	0,89	0,90	0,80	0,89	0,66	0,68	0,83	1,03
Pokles(%)	56,27	66,68	61,88	61,45	67,39	49,68	70,51	65,92	64,98	55,82
1168,80	0,87	0,72	0,85	0,84	0,74	0,86	0,61	0,65	0,67	0,97
Pokles(%)	62,05	70,94	63,70	63,79	70,17	50,96	72,59	67,59	71,75	58,68
1336,80	0,76	0,62	0,76	0,73	0,66	0,82	0,52	0,55	0,65	0,86
Pokles(%)	67,00	75,05	67,66	68,50	73,30	53,77	76,55	72,46	72,59	63,30

• Tabuľka 2: Namerané hodnoty svetelného toku bielych LED



Čas merania (h)	Svetelný tok červených LED $\Phi \cdot 10^{-6}$ (lm)									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
0,00	7,15	6,81	6,90	7,31	6,10	6,38	6,42	7,05	6,54	7,28
Pokles(%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,00	7,08	6,53	6,58	6,94	5,92	5,74	6,21	6,60	5,60	6,48
Pokles(%)	0,91	4,13	4,60	4,94	2,89	10,09	3,29	6,40	14,37	10,98
178,00	6,85	6,61	6,58	7,04	5,91	6,06	6,28	6,77	5,52	6,39
Pokles(%)	4,13	2,94	4,60	3,60	3,03	5,03	2,21	3,99	15,59	12,21
343,50	6,78	6,35	6,53	6,82	5,90	5,82	6,05	6,49	5,85	6,33
Pokles(%)	5,16	6,83	5,32	6,58	3,22	8,83	5,79	8,00	10,50	12,99
510,05	6,42	6,33	5,83	6,20	5,80	5,47	5,82	6,35	5,17	5,90
Pokles(%)	10,22	7,05	15,44	15,15	4,84	14,30	9,34	10,01	20,94	18,94
676,75	6,17	6,19	5,98	6,50	5,51	5,22	5,88	6,12	5,07	6,13
Pokles(%)	13,72	9,07	13,31	10,97	9,61	18,28	8,39	13,27	22,46	15,77
820,05	6,33	6,28	6,19	6,38	5,33	5,72	6,07	6,52	5,50	6,25
Pokles(%)	11,39	7,78	10,34	12,65	12,63	10,46	5,40	7,52	15,90	14,12
1000,8	5,93	5,71	5,75	6,15	5,24	5,16	5,29	5,83	4,87	5,54
Pokles(%)	16,98	16,15	16,63	15,85	14,11	19,24	17,60	17,36	25,62	23,87
1168,80	6,63	5,97	5,91	6,30	5,56	5,28	5,65	5,92	5,17	5,99
Pokles(%)	7,26	12,29	14,32	13,74	8,86	17,23	12,05	16,10	21,02	17,69
1336,80	6,26	5,88	5,86	6,25	5,44	5,25	5,62	6,05	5,08	5,47
Pokles(%)	12,41	13,67	14,99	14,43	10,73	17,72	12,46	14,18	22,38	24,86

• Tabuľka 3: Namerané hodnoty svetelného toku červených LED

Z tabuľky číslo tri vieme určiť, že najväčší pokles u červených LED, bol pri LED s označením C10, 25% voči východzie mu svetelnému toku. Takisto relatívne nízky pokles svetelného toku ako u červených, bol aj pri modrých diódach, kde najväčší pokles bol 38%. Z tabuľky číslo štyri je znateľné, že jedna LED dióda označená ako M5 pri poslednom meraní ukončila svoju životnosť. Z tabuliek 3 a 4 vidíme, že percentuálny pokles svetelného toku modrých a červených LED nebol až taký vysoký ako to bolo pri bielych LED.

Čas merania (h)	Svetelný tok modrých LED $\Phi \cdot 10^{-6}$ (lm)									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
0,00	1,43	1,73	2,44	1,86	1,79	1,78	1,86	1,67	2,08	1,55
Pokles(%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,00	1,70	1,49	2,16	1,73	1,53	1,28	1,69	1,35	1,65	1,28
Pokles(%)	-18,9	13,61	11,39	7,10	14,63	28,20	9,04	18,86	20,71	17,67
178,00	1,79	1,50	1,95	1,68	1,55	1,27	1,69	1,33	1,64	1,22
Pokles(%)	-25,0	12,91	19,95	9,84	13,34	28,64	9,36	20,42	20,86	21,47
343,50	1,52	1,36	1,90	1,64	1,47	1,16	1,65	1,28	1,62	1,16
Pokles(%)	-6,42	21,13	22,37	12,04	17,76	34,87	11,40	23,36	21,92	25,08
510,05	1,48	1,37	1,77	1,62	1,40	1,16	1,58	1,21	1,53	1,32
Pokles(%)	-3,28	20,56	27,32	12,69	22,06	34,92	14,95	27,33	26,25	14,70
676,75	1,45	1,31	1,70	1,61	1,37	1,11	1,49	1,17	1,49	1,24
Pokles(%)	-1,54	24,15	30,56	13,33	23,46	37,78	19,63	29,61	28,13	20,37
820,05	1,82	1,61	1,96	1,88	1,63	1,40	1,72	1,38	1,66	1,44
Pokles(%)	-26,7	6,60	19,83	-0,97	9,04	21,80	7,37	17,00	20,13	7,48
1000,8	1,46	1,20	1,53	1,42	1,25	1,02	1,38	1,12	1,38	1,14
Pokles(%)	-2,03	30,52	37,24	23,82	30,27	42,60	25,61	32,49	33,56	26,43
1168,80	1,35	1,21	1,59	1,51	1,37	1,16	1,55	1,23	1,53	1,29
Pokles(%)	6,08	30,11	35,03	18,60	23,51	35,03	16,68	26,43	26,25	17,02
1336,80	1,31	1,17	1,44	1,48	-	1,10	1,47	1,19	1,43	1,18
Pokles(%)	8,45	32,19	41,05	20,22	0,00	38,62	20,82	28,29	31,07	23,66

• Tabuľka 4: Namerané hodnoty svetelného toku modrých LED

Okrem merania životnosti LED bolo vykonané aj meranie vlastností LED v klimatizovanej komore, prostredníctvom luxmetra. Na meranie sme použili tri použité LED (z merania životnosti LED) ako aj tri nové, nepoužité LED, ktoré boli prvý krát rozsvietené až pri samotnom meraní. Meraná bola zmena intenzity osvetlenia E (lx) pri postupnom zvyšovaní okolitej teploty. Teplota sa zvyšovala automaticky po nastavení maximálnej požadovanej teploty. Meranie bolo uskutočnené pri teplotnom rozsahu: 25°C až 80°C. Namerané hodnoty diód sú uvedené v tabuľke 5. Ako je z Tab. 5 vidieť, najväčší pokles intenzity osvetlenia spomedzi červených, modrých a bielych diód, bol pri červených LED, ako pri použitých tak aj pri nových LED. Najkvalitnejšie z hľadiska najnižšieho poklesu intenzity boli modré LED.

LED dióda	Pokles intenzity osvetlenia E(%) v klimatizovanej komore	Pokles svetelného toku $\Phi$ (%) počas merania životnosti	Materiál	Cena (SKK/kus)
červená nová	48,85	-	AlGaInP	6
červená použitá	42,48	9,36		
biela nová	6,66	-	InGaN	13,50
biela použitá	18,48	72,55		
modrá nová	7,04	-	InGaN	11
modrá použitá	3,55	13,06		

• Tabuľka 5: Zhrnutie nameraných hodnôt intenzity osvetlenia a svetelného toku LED

Zaujímavý je fakt, že biele a modré LED sú vyrobené z rovnakého materiálu, avšak biele LED boli voči modrým menej stabilné, čo sa týka poklesu intenzity osvetlenia ako aj životnosti. Z meraní môžeme tvrdiť, že nielen zo svetelnotechnického hľadiska, ale aj z hľadiska pomeru kvalita/cena je najlepším riešením modrá LED. Keďže priemerný pokles svetelného toku počas merania životnosti u všetkých desiatich modrých LED bol 24% a pokles intenzity osvetlenia meranej v klimatizovanej komore 3,55%.

Keďže biele LED boli najdrahšie z meraných LED, pred začatím merania sme očakávali najlepšie vlastnosti z meraných diód, avšak cena nezodpovedá v danom prípade kvalite svetelného zdroja. Vhodné by bolo takéto LED nepoužívať vo svietidlách, prípadne tieto svietidlá aplikovať na miestach, kde je potrebný konštantný svetelný tok počas doby použitia takýchto svetelných zdrojov, keďže priemerný pokles svetelného toku počas merania životnosti u všetkých desiatich bielych LED bol 69% a v klimatizovanej komore pri zvyšovaní teploty sme zaznamenali nie veľmi veľký pokles intenzity osvetlenia.

Pri AlGaInP- červených diódach zisťujeme priemerný pokles svetelného toku 15,78% počas merania životnosti, ako aj najvyšší pokles intenzity osvetlenia 42,48% pri meraní v klimatizovanej komore. Skúmané červené LED by bolo vhodné aplikovať z hľadiska ich ceny tam, kde je potrebná dlhá životnosť takéhoto zdroja. Ak by sa mali používať pri vyšších teplotách okolia, je tu potrebné zabezpečiť chladenie.

## 5. Záver

Z nameraných hodnôt sme zistili, že pri bielych LED pokles svetelného toku bol priemerne na 69% ich začiatočného svetelného toku. Pri podobných, ako meraných LED diódach uvádzajú výrobcovia životnosť okolo 8000-10 000 hodín. Je otázne, či na predaj ponúkané diódy naozaj spĺňajú požiadavku maximálneho poklesu svetelného toku o 20% počas ich životnosti, ako uvádzajú mnohí výrobcovia svetelných zdrojov, keďže z meraní už po 1336 hodinách svietenia je pokles svetelného toku väčšiny LED vyšší ako 20% a dokonca sa ukázalo, že jeden svetelný zdroj by nebol v praxi ďalej použiteľný. Koniec životnosti by mohol byť aj nebezpečný z hľadiska bezpečnosti a zdravia, ak by takáto LED bola použitá napríklad v prednom svietidle bicykla.

Z nameraných hodnôt intenzity osvetlenia v klimatizovanej komore môžeme po vykonaní doterajších meraní konštatovať, že ak chceme využiť LED svetelný zdroj pri okolitých teplotách vyšších ako 25°C je vhodné si najprv pred zakúpením takýchto zdrojov overiť ich svetelnotechnické vlastnosti meraním na vzorke. Merania i naďalej pokračujú. Zaujímavé budú určite výsledky meraní, ktoré sa uskutočnia v klimatizovanej komore pri teplotách nižších ako 0°C.

## 6. Literatúra a odkazy

- [1] GEMMER, W.: *Light emitting diodes*. In: Handbuch für Beleuchtung. Horst Lange, 5. Auflage, 2005. I - 6.13.1 – I – 6.13.8. ISBN 3-609-75390-0.
- [2] HEJDUK, V.: *LED-nová generace v osvětlování*. In: Kurz osvětlovací techniky XXIV. Osvětlování v prostředí nově zaváděných norem a předpisů : Kouty nad Desnou. Česká Republika, 2004.s.71-75. ISBN 80-248-0935-4.
- [3] HLADKÝ, L.: *Principy vyžarování světla z LED zářičů P*. In: Kurz osvětlovací techniky XXIV. Osvětlování v prostředí nově zaváděných norem a předpisů : Kouty nad Desnou. Česká Republika, 2004.s.192-195. ISBN 80-248-0935-4.

# Změny ostravské části D47 v roce předání do provozu

Jiří Voráček

správa veřejného osvětlení, Ostravské komunikace, a.s., [voracek@okas.cz](mailto:voracek@okas.cz)

Dálnice je velká stavba. V dopravě velmi sledovaná, netrpělivě očekávaná. Zasahuje podstatně do krajiny, do osudů lidí, potřebuje pozemky, které třeba státu nepatří, ale její linie musí být plynulá, nemůže něco pravouhle obejít. Proto vyžaduje kvalitní přípravu a dostatečný čas na projekční práce.

Měl jsem to štěstí, díky působení ve firmě Ing. Aleny Muchové PTD – dnes PTD spol. s r.o. - být u oslovení Dopravoprojektem Brno - generálním projektantem 8. stavby tj. úseku dálnice D 47 přes Ostravu od Klimkovic po hranice města Ostravy směrem na Bohumín. Jednalo se o vypracování dalších stupňů PD v návaznosti na již vyhotovenou dokumentaci pro územní rozhodnutí pro stavební objekty veřejného osvětlení v budoucí správě města Ostravy, vyvolané stavbou dálnice a v návaznosti na VO vlastního tělesa dálnice. Bylo totiž rozhodnuto, že průtah kolem Ostravy bude v celém úseku osvětlen (dáno četností mimoúrovňových křížení /MÚK/ a ostatních dopravních připojení – taková obdoba D1 u Brna).

Byla to velká výzva, psal se rok 1996 a bylo to první setkání s požadavky na vypracování digitální projektové dokumentace (dnes naprosto běžné – to je také důkaz obrovského zrychlení technického vývoje). Setkali jsme se s dosud nepoznanými požadavky na kvalitu vypracované dokumentace, na velké množství souběžně pracujících projekčních složek, na složitosti průběžné koordinace různých objektů a profesí a zejména na neúprosné požadavky a tvrdé připomínkování ze strany specialistů elektro ŘSD.

Bylo to nesmírně zajímavé a inspirující. Podíleli jsme se na přípravě tak velké stavby. Od začátku bylo vše přesně dané a vymezené, takže jsme hned na začátku přesně znali hranice rozdělení VO podle budoucích majetkových správců, mezi městem a státem. Bylo stanoveno, že u VO tělesa D47 včetně připojovacích ramp k MÚK (Rudná a prodloužená Místecká) nebo křížující komunikaci (Severní spoj) bude v budoucnu majetkovým správcem ŘSD ČR. VO na MÚK včetně připojovacích ramp na ostatní komunikace bude ve správě města.

Na jaře 1997 jsme předali dokumentace pro stavební povolení. Tomu předcházelo složité koordinování všech profesí, zdůvodňování zvýšených nákladů vzhledem k podceněným finančním odhadům přeložek VO nebo VO MÚK v DUR, specialisty elektro ŘSD bylo hlídáno dodržování § 36, odst. 7 zákona č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích, aby nedošlo na konto stavby k modernizaci nebo nadbytečnému technickému zhodnocení zařízení VO ve správě jiného majetkového správce než je ŘSD – viz citace ze zákona:

*§ 36 Styk dálnice, silnice a místní komunikace s vedeními a s okolím(7) Při výstavbě nové dálnice, silnice nebo místní komunikace nebo při jejich rekonstrukci je objednatel této stavby povinen uhradit jen vyvolané nezbytné úpravy přímo dotčeného úseku vedení, a to na úrovni stávajícího technického řešení. Úpravy související s modernizací nebo se zvýšením výkonnosti vedení je povinen uhradit jejich vlastník.*

Bylo to přísné, ale chápali jsme nekompromisní postoj ochránců výdajů z peněz daňových poplatníků, vždyť jde o velkou stavbu, kterou si musí stát dobře pohlídat, aby se na ní ostatní zúčastnění nějak nepříživovali.

Od roku 1997 s různými prodlevami, náhlými urychleními (podle aktuální politické situace a potřeb parlamentních stran zviditelnit se v předvolebním období) se projektovaly další stupně – projekty pro zadání stavby a realizační dokumentace stavby. Specialisté ŘSD vždy ostřížím okem dohlíželi na to, aby byla zachována návaznost na předcházející stupeň, každá odchylka nebo vyvolaná změna musela být věrohodně zdůvodněna, zase probíhaly těžké boje u položek, které s rychle se měnící dobou a novými materiály ve svém důsledku vyžadovaly zvýšení ceny stavby. Pochopitelné, pořád šlo o hlídání peněz daňových poplatníků.

Když se po izraelské anabázi a volbách 2002 stavba naplno a bez omezení rozběhla, dolehl i na nás tlak na dokončení všech objektů ve stupni RDS. Na podzim 2006 – tedy 10 let po DUR – byl projekční úkol 8. stavby D 47 (stavba 4708.2 Rudná – Hrušov) splněn. Byl i vrcholovým politikům dán slib – na podzim 2007 bude hotovo.

Na jaře 2007 – tedy půl roku před stříháním pásky a po deseti letech projektování – bylo náhle všechno jinak. Po roztržce mezi ŘSD ČR a ŘSD, Správa Ostrava o budoucím správcovství nasvětlení velkoplošného dopravního značení na MÚK a přivaděčích, které město odmítlo provozovat na náklady VO města, byl

„objeven“ letitý paragraf č. 10, odst. 2 zákona č. 13/1997 Sb., který přesně stanoví, komu náleží správcovství v případech MÚK – viz zákon:

*§ 10 Připojování pozemních komunikací (2) Větvě mimoúrovňových křižovatek a kruhové křižovatky jsou přiřazeny k pozemní komunikaci vyšší kategorie nebo třídy, větve úrovňových křižovatek jsou přiřazeny k pozemní komunikaci nižší kategorie nebo třídy.*

Celý MÚK náleží komunikaci vyšší kategorie – tedy dálnici – tedy ŘSD ČR. Takže pojďme po více než deseti letech přípravných prací stavby, v průběhu finišující realizace půl roku před uvedením do provozu postupovat přesně podle zákona. Tak jako komunikace MÚK tak i VO bude náležet D47. Co na tom, že je již na MÚK Rudná postavena polovina rondelu včetně VO, co na tom, že jsou odlišnosti v požadavcích na materiály (např. povrchové úpravy stožárů) k předání městu a k předání ŘSD, je třeba to mít podle zákona a ne podle nějaké domluvy z devadesátých let.

V ten okamžik byly zkontrolovány a odsouhlasené RDS stavby jen částečně platné. Bylo třeba „jen“ zajistit změnu rozvodů VO tak, aby bylo VO napájeno z technologických domků dálnice, dále nějak udělat, aby materiály stavby VO projektované v duchu požadavků města a přísně korigované ŘSD (aby nedošlo na úkor státu k nadhodnocování zařízení města nad úroveň obvyklou) nyní vyhovovaly TKP 15 a ZTKP stavby, které např. kromě žárového zinku ponorem ještě požadují speciální nátěry.

Rázem nevadilo, že jsou k ničemu všechny hlídané koordinace v ukládání kabelových tras do společných výkopů, že nyní bude nutné znovu rozkopávat již dokončené úseky a pokládat nové kabely VO pro napájení z hlavní trasy D47, že kvůli chybějícím chráničkám v mostech se musejí hledat kostrbatější řešení nové situace. Jediné co stále platilo a platí, je to, že všichni zúčastnění budou koncem října 2007 nastoupit k slavnostnímu předání stavby.

V ten okamžik padly všechny metodické pokyny a postupy o odsouhlasování dokumentace stavby, tatam byla oblíbená mnohatýdenní odsouhlasovací kolečka. Změny se projektovaly přímo do rukou konečného zhotovitele, který je okamžitě prováděl. Vše probíhalo v přímém kontaktu projektant - stavba. První tisky šly okamžitě na stavbu. Pracovní tisky k odsouhlasení pro dozory stavby a specialisty ŘSD se nedělaly, protože případné připomínky by stejně nemohly být akceptovány, protože už mezitím byly práce provedeny. Následně se dokončovaly dokumentace podle předpisu ŘSD ve 12 vyhotoveních čistopisu víceméně již jen pro založení.

Velkým problémem se ukázalo, do kterého objektu umístit všechny položky vyvolaných prací a dodávek, když původní objekty již byly cenově uzavřené. Tak se stalo, že se ve vybraném a jediném možném SO sešly položky úplně jiných objektů. Tak trochu obdoba toho, když zákonodárci lepí k právě projednávaným zákonům aktuálně potřebné paragrafy z úplně jiných oblastí.

Dlouhodobě připravovaná stavba, jejíž projektová příprava je řízena nepřeborným množstvím závazných dokumentů, metodických pokynů a všech TKP tak nějak končí chaosem. Jeho úspěšné zvládnutí je závislé na operativní činnosti těch nejspodnějších mravenečků v hierarchii řízení a provádění stavby – projektanta RDS a konečného zhotovitele stavebního objektu. Ti to prostě musí zvládnout, musí se domluvit.

Dálnice je velká stavba. Vyžaduje kvalitní přípravu a dostatečný čas na projekční práce. Ještě by moc potřebovala, aby po celou dobu přípravy a realizace platila původní rozhodnutí. Aby ti, co chodí jen na úvodní poklepávání kladívky a závěrečné střihání pásky, neměnili po deseti letech názor. To potom opravdu kvalitě stavby nesvědčí.

# LED – vlastnosti, technologie

Jakub Wittlich, Ing

Philips ČR spol. s r.o., jakub.wittlich@philips.com

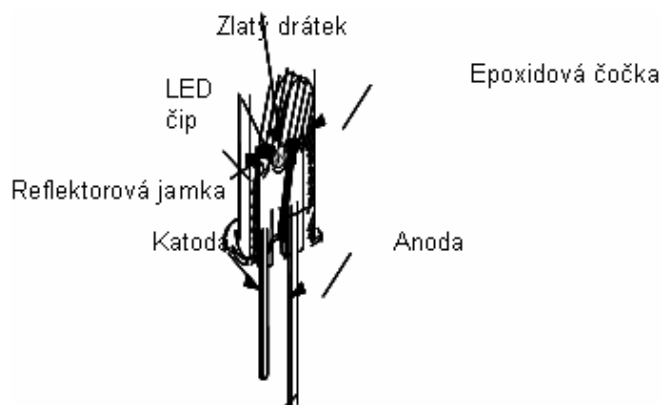
Díky setrvalému bouřlivému zlepšování jejich parametrů se staly LED diody nepřehlédnutým fenoménem vývoje celé oblasti světelné techniky. Od původního užití pro převážně indikační účely, přes efektové a orientační osvětlení se již dostávají tyto zdroje světla do stavu, který umožňuje uvažovat o nich v brzké budoucnosti jako o zdrojích pro celkové osvětlení v interiérech. V souvislosti s tím se také výrazně rozšiřuje nabídka příslušných svítidel a polotovarů. Ne již tak rázně ovšem roste informovanost o vlastnostech a technologickém pozadí diod. Ptoto se pokusím v tomto příspěvku nastínit základní typologii LED diod a okomentovat některé jejich vlastnosti, případně opravit několik všeobecně rozšířených omylů.

## Typy LED diod

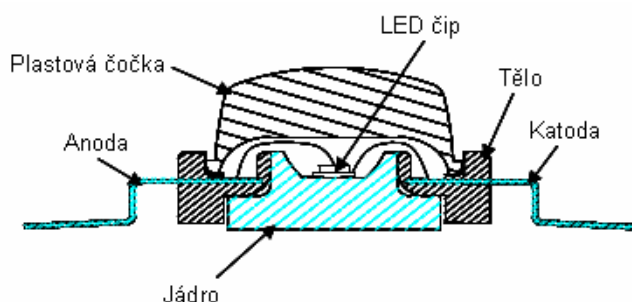
Klasické LED diody (obr 1).....pájí se přímo na desky tištěných spojů; slouží k signalizaci a jako třetí brzdová světla. Vyrábí se v průměrech 3,4 a 5 mm.

SMD LED diody...tyto diody umožňují průmyslovou automatickou montáž na desky. Užívají se pro prosvětlení displejů mobilních telefonů, automobilových přístrojů či pro různé indikace.

Výkonové LED diody (obr.2)...jejich světelný tok umožňuje aplikace v osvětlování ať již efektovém tak i pro nasvětlování fasád, interiérů nebo užití v oblasti dopravní signalizace.



obrázek 1



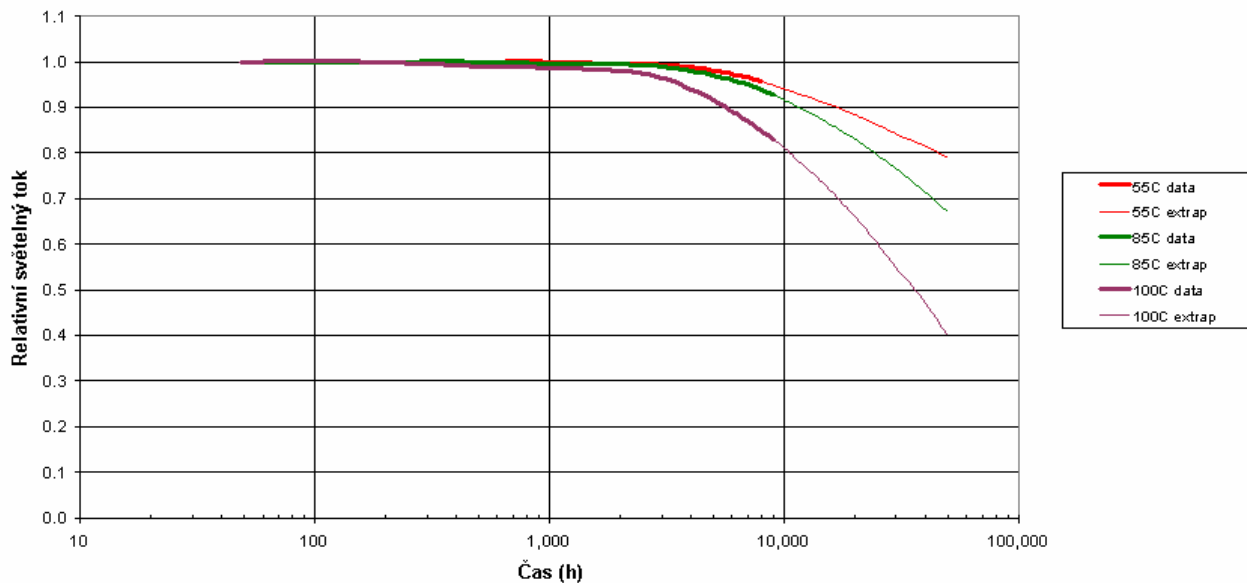
obrázek 2

	LED 5mm	SMD LED	Výkonové LED
<b>Příkon</b>	0,3W	0,5W	1 až 5W
<b>Světelný tok (bílá)</b>	1 až 3lm	0,1 až 12lm	45 až 140lm
<b>Materiál čočky</b>	Epoxid	epoxid	plastik/silkon
<b>Teplota přechodu</b>	max. 120°C	max. 120°C	max. 165°C
<b>Život (bílá 70%)</b>	5000h		20tis až 50tis h

tabulka 1

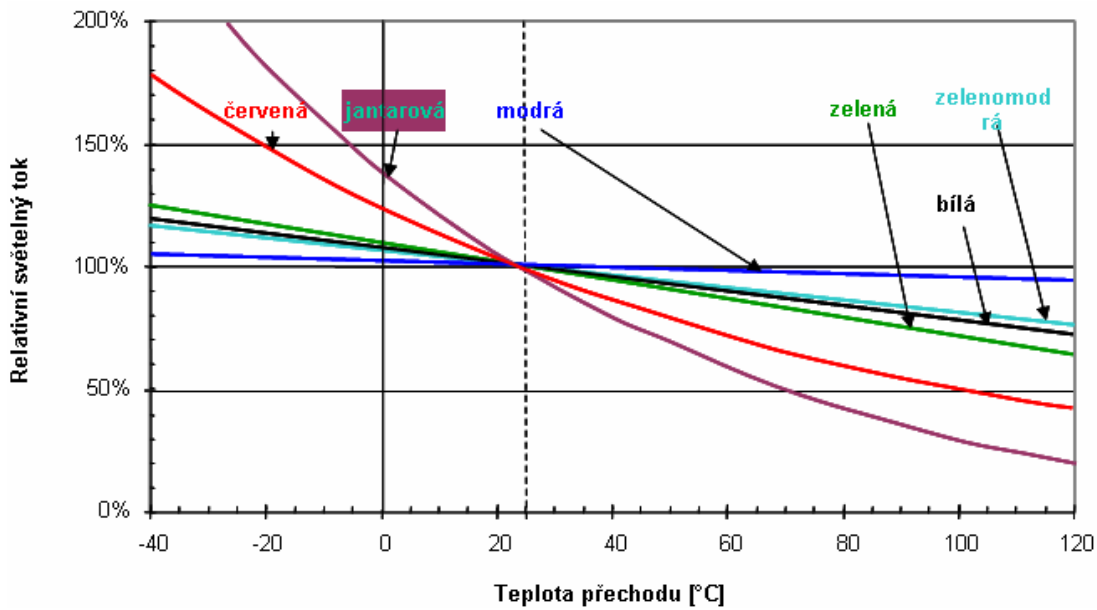
### Některé obecně rozšířené mýty.

LED diody mají život 100 000 hodin. S tímto prohlášením se můžeme setkat v mnoha katalozích. Tato hodnota skutečně platí pro některé typy diod ovšem jedná se o maximální fyzický život. Pro světelného technika i uživatele je mnohem zajímavější údaj o ekonomické životnosti zdroje čili o době, po které poklesne světelný tok na 70% nominální hodnoty. Tato doba se pohybuje v závislosti na barvě světla a výrobci v širokém rozmezí 6000 až 50000 hodin. V této souvislosti je nutno připomenout silnou závislost života diody na teplotě jádra a tím i přechodu. Závislost průběhu poklesu světelného toku v čase pro bílou, modrou či zelenou diodu Luxeon provozovanou s proudem 350 mA pro různé teploty jádra je znázorněna na obr. 3. U červených a jantarových diod je tato závislost díky jinému materiálovému složení větší.



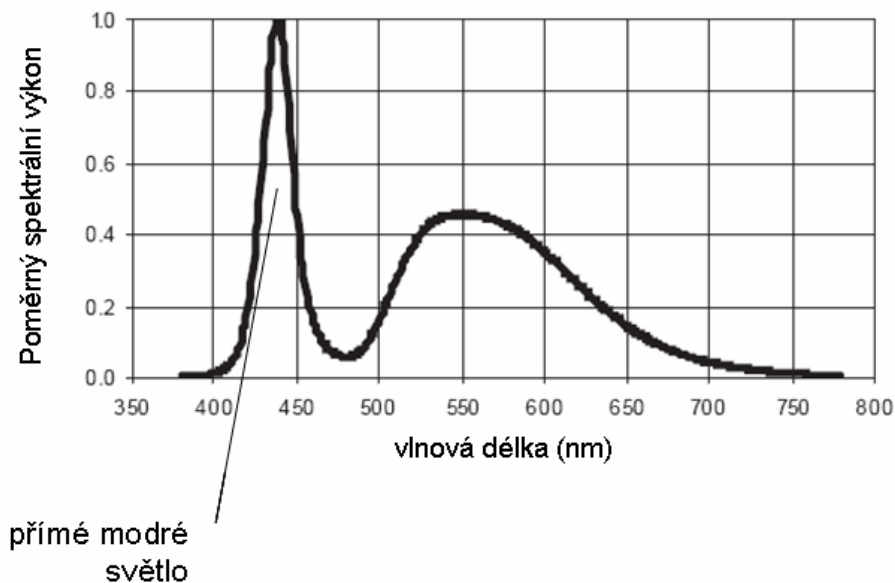
obrázek 3

Led diody jsou studené, nevytvářejí teplo. Pro pochopení, že jde o omyl stačí uchopit jakékoli svítidlo s LED, které je již chvíli zapnuté. Správným výrokem je, že světlo LED diod nevyzařuje žádné teplo (ani UV záření), samotná diody teplo vyvíjí a právě problematika odvedení tohoto tepla z diody je zásadním faktorem ve vývoji ještě výkonějších diod. Kromě již zmíněné závislosti stárnutí zdroje na teplotě je zde ještě i významná závislost světelného toku (obr. 4)



obrázek 4

Další řada nepřesností se odehrává okolo barvných vlastností diod, tedy teploty chromatičnosti a indexu barevného podání bílých diod. Pro vytvoření LED diody s výsledným bílým světlem dnes existují tři prakticky používané metody. První z nich používá čip s modrým světlem a čočkou se žlutým luminoforem. Mícháním těchto dvou barev je vytvářena studená bílá barva světla s typickou teplotou chromatičnosti okolo 5500 K a Ra max. 70 (obr 5).



obrázek 5

Druhý způsob využívá opět modré světlo a luminofor ovšem v tomto případě dva – červený a zelený. Výsledkem je světlo teple bílá barva světla s typickou teplotou chromatičnosti okolo 3300 K a Ra přes 90.



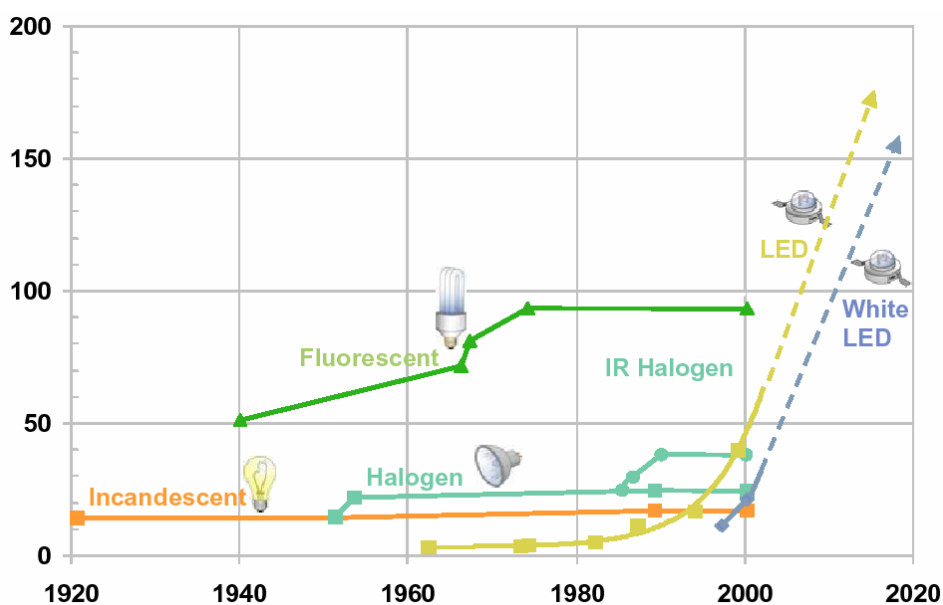
Nejpružnějším způsobem je míchání světla červené, zelené a modré diody (systém RGB) případně ještě diody se světlem jantarovým (systém RGBA). Míchání těchto barev v různých poměrech umožňuje vytvářet bílé světlo s teplotou chromatičnosti v širokém rozmezí od studené po teple bílou, Ra systému RGBA může dosahovat hodnot 80 až 90. Tento způsob vytváření bílé je velmi náročný na řídicí elektroniku. Rovněž stabilita zvolené bílé barvy je poněkud problematická, zejména pokud se jedná o vliv změn teploty prostředí na světelný tok diod různých barev.

Jako velmi účinná metoda vytváření bílého světla s velmi vysokým indexem barevného podání je použití čipu vyzařujícího v oblasti UV a transformování tohoto záření na záření viditelné pomocí v podstatě třípásmového luminoforu. Tato metoda je ovšem zatím nová a tyto diody vykazují relativně nízký měrný výkon.

S barvou LED diod souvisí též anglický pojem binning. Během výroby diod dochází k rozptylu barvy, toku i propustného napětí. Tyto parametry jsou měřena a hotové výrobky jsou tříděny do jednotlivých podtříd (bins). Tento výběr umožňuje pak výrobcům svítidel nakupovat případně pouze výběr z produkce pro zachování přijatelných rozdílů parametrů diod různých kusů svítidel jednoho typu. Takový to výběr je samozřejmě dražší což se promítne i do ceny svítidel.

*LED diody jsou energeticky mnohem účinnější než ostatní světelné zdroje. Toto tvrzení platí pro porovnání se žárovkami a většinou halogenových žárovek. Energetickou účinnost světelného zdroje jsme zvyklí vyjadřovat měrným výkonem. Vzhledem k výrazné závislosti světelného toku LED diod na teplotě dostaneme se tímto způsobem jenom k velmi hrubému přehledu (tab 2).*

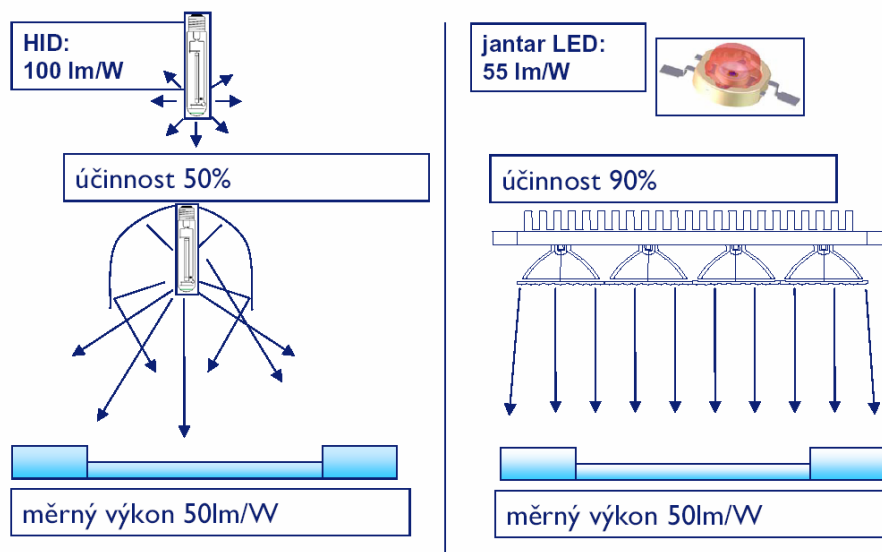
Světelný zdroj	Měrný výkon (lm/W)
Žárovky	10 – 18
Halogenové žárovky	15 – 20
Kompaktní zářivky	35 – 60
Lineární zářivky	50 – 100
Vysokotlaké halogenidové výbojky	50 – 90
LED 5000K	45 – 59
LED 3300K	22 – 37



obrázek 6

Graf na obrázku 6 ukazuje odhadovaný vývoj měrného výkonu LED diod do roku 2020.

Pro diskuzi o energetické účinnosti je vhodné hovořit o účinnosti svítidla. LED diody pro osvětlování jsou totiž vždy v případě profesionálních svítidel vybaveny sekundární optikou, které je schopna velmi účinně využít malých rozměrů zdroje. Zkusme si porovnat měrné výkony kompaktní vysokotlaké výbojky a LED diody se započtením účinnosti optického systému (obr. 7).



## Literatura a odkazy

- [1] Firemní literatura Philips
- [2] [www.lumileds.com](http://www.lumileds.com)
- [3] [www.philips.cz](http://www.philips.cz)

# Nové přístupy k návrhu osvětlovacích soustav

Petr Žák, Ing., ETNA s.r.o.

[www.etna.cz](http://www.etna.cz)

## 1. Úvod

Na otázku co je to kvalitní osvětlení, resp. osvětlovací soustava lze v závislosti na profesi dotazované osoby s velkou pravděpodobností získat řadu velmi odlišných odpovědí, které souvisí s různým pohledem na tuto problematiku i s různými osobními zkušenostmi. Postižení těchto odlišných pohledů bylo naznačeno v přednášce „Nový přístup k návrhu osvětlení“ na konferenci Světlo 2006. Na základě analýzy rozdílných pohledů na uvedenou otázku, byl definován určitý koncept návrhu osvětlení, který slučoval tyto pohledy do kategorií (hledisek), které by byly aplikovatelné při reálném návrhu osvětlení. V následujícím příspěvku je popsána ukázka konkrétního návrhu osvětlení, který vychází z takto chápaného konceptu. Jako příklad byl použit návrh nového osvětlení Langweilova modelu Prahy.

## 2. Langweilův model

Langweilův model Prahy je součástí sbírek Muzea hlavního města Prahy (MHMP). Patří k nejpodrobnějším urbanistickým modelům města na světě. Model tvoří přes dva tisíce budova a zachycuje podobu Prahy z první poloviny 19. století. Je na něm zachyceno Staré Město s židovským ghettem, Malá Strana bez petřínských svahů, Pražský hrad, Hradčany bez Pohořelce a část Nového Světa. Model je v současné době vystaven v hlavní budově MHMP na Florenci. V loňském roce se vedení muzea rozhodlo provést digitalizaci modelu. Digitální podoba modelu má jednak rozšířit možnosti jeho prezentace návštěvníkům a zároveň sloužit jako odborný podklad pro posuzování rekonstrukcí historických objektů v centru Prahy. Vzhledem k tomu, že ze strany návštěvníků byly časté připomínky k viditelnosti a čitelnosti objektu vystaveného modelu rozhodlo se vedení muzea současně s plánovanou digitalizací provést i výměnu osvětlení.



Obr. 1 Celkový pohled na Langweilův model Prahy

### 3. Návrh osvětlení

S vědomím složitosti a citlivosti řešeného problému byla snaha pojmout návrh nového osvětlení co nejkomplexněji, přičemž hlavní ideou procházející celou koncepcí návrhu bylo zásadní zlepšení viditelnosti a čitelnosti modelu subjektivně oceňované návštěvníkem. Pro řešení návrhu osvětlení byl sestaven řešitelský tým, jehož členy byl architekt, kurátor, konzervátor, světelný technik, konstruktér vitríny, programátor a grafik. Proto, aby bylo možné systematicky pojmenovat všechny dílčí oblasti řešeného úkolu, byla v první fázi provedena analýza současného stavu. V další fázi byl projekt řešen z pohledu čtyř souběžně sledovaných hledisek:

- hledisko architektonické;
- hledisko světelně technické;
- hledisko provozně technické;
- hledisko vedlejších vlivů.

Výstupy z těchto jednotlivých oblastí se pak promítaly do výsledného řešení.

### 4. Analýza prostoru

Vitrína se nachází v centrálním výstavním prostoru ve 2.NP budovy MHMP na Florenci s půdorysnými rozměry 6 x 7 m a s výškou 8 m. Místnost má jednu okenní stěnu s výraznou plochou okenních otvorů, které jsou osazeny žaluziemi pro zamezení přístupu denního světla. Hlavní vstupní dveře jsou umístěny ve stěně proti oknům. Nad vchodovými dveřmi je ochoz, kterým do místnosti proniká denní světlo z hlavního schodiště. Napravo i nalevo od vchodových dveří navazují další výstavní prostory. Uvnitř výstavní místnosti byly vedle vitríny s modelem ještě umístěny dvě doprovodné vitríny a nástěnné obrazy, osvětlené směrovými svítidly z proudové lišty, upevněné na stěně ve výšce cca 5 m. Vstup do výstavní místnosti je z podesty centrálního schodiště, které je prosvětlené denním světlem. Hodnoty vertikálních osvětleností v prostoru schodiště dosahují v průběhu dne hodnot až 3000 lx.

### 5. Analýza vitríny

Langweilův model o půdorysné ploše 11,5 m<sup>2</sup> byl umístěn v prachotěsné vitríně (20 m<sup>2</sup>) na kovovém roštu ve výšce 80 cm. Boky vitríny tvoří samonosné prosklené stěny bez dalších kovových konstrukcí. Strop ve výšce 2,0 m tvořil rošt z hliníkových profilů s roztečí 1 x 1 m, na který byly ze spodní části uchyceny stropní desky z černého plastu. Původní osvětlení modelu mělo dvě úrovně. První úroveň bylo celkové, trvale svítící osvětlení, které rovnoměrně osvětlovalo celý model. Druhou úroveň bylo akcentové osvětlení vybraných objektů (celkem 7), které se ovládalo tlačítky na panelu, umístěném na noze před vitrínou. Osvětlovací soustavu tvořil systém optických kabelů (PMMA), které byly zakončeny a upevněny ve stropních deskách pomocí podhledových koncovek. Pro celkové osvětlení bylo použito 6 projektorů pro 150 W halogenidové výbojky a optické kabely byly zakončeny v pevných koncovkách. Pro akcentové osvětlení bylo použito 7 projektorů pro halogenové žárovky 50 W a optické kabely byly zakončeny ve směrovatelných koncovkách s možností změny úhlu poloviční svítivosti. Projektory byly umístěny na stropě vitríny. Celkový instalovaný příkon osvětlovací soustavy byl 1,4 kW a instalovaný světelný tok 90 klm. Před vyjmutím modelu z vitríny bylo provedeno měření osvětlenosti přímo na modelu. Při celkovém osvětlení a se vodorovná osvětlenost pohybovala v rozsahu  $E_{hc} = 20-30$  lx, vertikální osvětlenost v rozsahu  $E_{vc} = 5-10$  lx. Při akcentovém osvětlení se horizontální osvětlenosti pohybovaly v rozsahu  $E_{ha} = 150-300$  lx a vertikální osvětlenosti v rozsahu  $E_{va} = 30-50$  lx. Součástí vitríny byl monitorovací systém mikroklimatu s jedním kombinovaným čidlem pro měření vlhkosti a teploty a s jedním čidlem pro měření osvětlenosti.

### 6. Hledisko architektonické

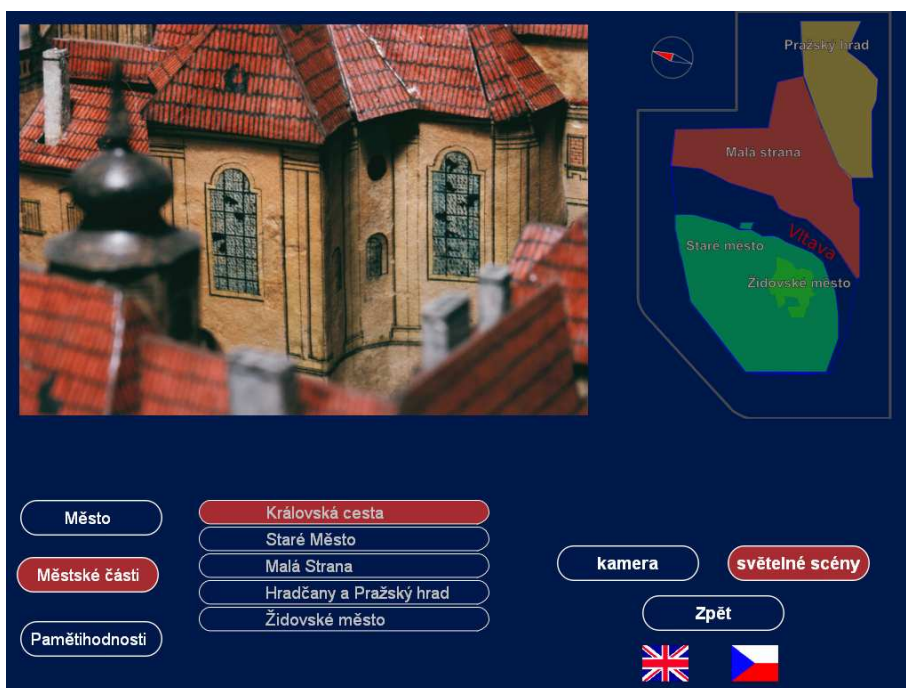
Jednou ze základních otázek, která je důležitá pro sledování a vnímání exponátu je otázka adaptace lidského zraku. Vzhledem k tomu, že maximální povolené hodnoty osvětleností (50 lx) jsou velmi nízké, je třeba zajistit, aby byl zrak návštěvníků adaptován na nízkou úroveň jasu. Pro vytvoření vhodných adaptačních podmínek bylo třeba zajistit, aby hlavní plochy výstavního prostoru s modelem měly nízký jas a zároveň, aby návštěvník nevstupoval do výstavní místnosti z prostoru s příliš vysokými hladinami osvětlení. Tento problém byl, vzhledem k samotnému umístění exponátu v prostorách muzea, poměrně složitě řešitelný. Přesto byly navrženy některé následující úpravy,

kteře přispěly ke zlepšení adaptačních i pozorovacích podmínek návštěvníků a k odstranění některých dalších rušivých jevů:

- zatemnění okenních otvorů nad vstupními dveřmi;
- odinstalování doprovodných vitrín, nástěnných exponátů a jejich osvětlení;
- změna směru návštěvnícké trasy z hlavního schodiště;
- snížení výšky kovového roštu s modelem na 600 mm;
- výměna lesklých stropních desek, vytvářející rušivé odlesky a odrazy za stropní desky s matnou povrchovou úpravou;
- návrh osvětlovací soustavy bez ventilátorů pro chlazení projektorů (eliminace hluku).

Významnou hlediskem při hledání způsobu osvětlení byla otázka, zda má být model chápán jako exponát či umělecký předmět nebo zda s ním lze pracovat jako s modelem města, tedy jako s určitým navigačním nástrojem, který v sobě obsahuje určité další orientační a informační vrstvy. Diskutováním této otázky se došlo k závěru, že tyto dva různé pohledy nelze úplně oddělit a že při návrhu osvětlení bude upřednostňováno vnímání modelu jako uměleckého předmětu.

Úvahy o způsobu nového osvětlení modelu navazovaly na předchozí řešení a snažily se jej doplnit a rozšířit. Výsledné řešení, vycházející z počítačových simulací i reálných světelných zkoušek, tvoří tři základní úrovně. První úroveň (Město) obsahuje světlené scény při různé denní době a tvoří ji tři statické scény (Úsvit, Poledne a Soumrak) a jedna dynamická scéna (Proměna), která simuluje změnu denního osvětlení v průběhu dne. Druhá úroveň (Městské části) obsahuje světlené scény, při kterých jsou osvětleny jednotlivé části modelu a tvoří ji celkem pět světelných scén (Staré Město, Židovské Město, Malá Strana, Hradčany a Pražský hrad). Třetí úroveň je akcentové osvětlení, do kterého je zahrnuto sedm objektů (Staroměstské náměstí, Ovocný trh, Klementinum, Karlův most, Malostranské náměstí, Újezdské kasárny a Pražský hrad).

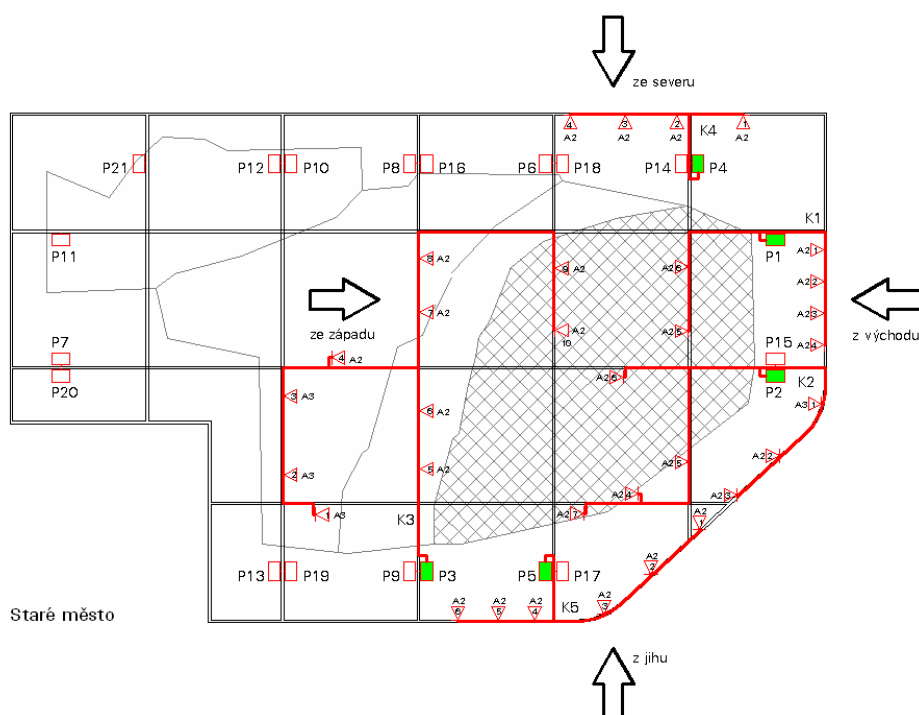


Obr. 2 Ovládací panel

Čitelnost jednotlivých částí a objektů modelu je ovlivněna nejen osvětlením, ale také jejich polohou v rámci modelu. Se zvětšující se pozorovací vzdáleností objektů od kraje směrem do středu modelu přirozeně klesá schopnost rozlišovat malé detaily. Tato skutečnost vedla k návrhu zabudovat do stropní konstrukce vitríny kamery, prostřednictvím které by návštěvníci mohli sledovat detaily vzdálenějších částí modelu. Proto, aby bylo možné skloubit ovládání jednotlivých scén osvětlovací soustavy i kamery zabudované do stropní konstrukce, byl pro ovládání celého systému použit dotykový monitor. Součástí architektonické části byl též návrh stojanu pro ovládací monitor a dále uspořádání a grafická úprava obrazové části ovládacího programu.

## 7. Hledisko světelně technické

Jednou z podstatných skutečností, která se objevila při analýze původního osvětlení, bylo zjištění, že převažující směr světelného toku osvětlující model je kolmo dolů. Při tomto způsobu osvětlení byly osvětleny hlavně horizontální roviny. Pro sledování a vnímání modelu jsou ale daleko důležitější fasády jednotlivých objektů, tedy vertikální plochy, jejichž osvětlení bylo u původního řešení nedostatečné. Proto bylo v novém návrhu hledáno takové řešení, které by umožnilo výrazně zvýšit osvětlenosti vertikálních ploch. Proto, aby bylo možné dosáhnout vyšších hodnot vertikálních osvětleností bylo třeba, aby byla část osvětlovací soustavy umístěna co nejbližší k okrajům vitríny. Vzhledem k různorodosti modelu, bylo také třeba navrhnout osvětlovací soustavu, která by nebyla vázaná na pevnou polohu jako v původním řešení, ale aby měla určitou prostorovou flexibilitu, která umožní přesné nastavení a doladění parametrů osvětlení u jednotlivých částí modelu. Vzhledem k citlivosti exponátu i jeho historické hodnotě byl pro osvětlení použit systém optických kabelů. Ve spolupráci s konstruktérem vitríny byl navržen nosný systém pro koncovky optických kabelů, který tvoří hliníkové profily, kopírující rastr stropní konstrukce. Hliníkové profily současně slouží k upevnění stropních desek. Použití směrovatelných koncovek, upevněných v hliníkovém profilu, zajišťuje požadovanou flexibilitu osvětlovací soustavy. Při návrhu nové stropní konstrukce vitríny byl zohledněn požadavek, aby konstrukce stropu byla pochozí. Tento požadavek byl důležitý zejména pro závěrečné směřování a nastavení osvětlovací soustavy. Pro pohledové zakrytí stropní konstrukce a části osvětlovací soustavy byl v horní části vitríny vytvořen krycí límec.



Obr. 3 Návrh rozmístění a směřování koncovek optických kabelů pro Staré Město

Další fází návrhu bylo určení potřebného počtu optických kabelů a projektorů, které umožní vytvořit požadovaný charakter osvětlení i navržené světelné scény. Pro první úroveň osvětlení (Město) bylo třeba přizpůsobit rozmístění a směřování osvětlovací soustavy světovým stranám, aby bylo možné vytvořit světelné situace simulující podmínky denního osvětlení. Pro druhou úroveň (Městské části) bylo třeba osvětlovací soustavu rozdělit a přesně směřovat tak, aby bylo možné vytvořit světelné scény, ve kterých jsou osvětlovány pouze dílčí části modelu, odpovídající definovaným světelným scénám. Pro první dvě uvedené úrovně byla, s ohledem na ochranu exponátu, stanovena limitní hodnota maximální osvětlenosti 50 lx. Při počítačových simulacích i reálných testech byly u navržené osvětlovací soustavy při maximálních hodnotách horizontální osvětlenosti  $E_h = 50$  lx dosaženy vertikální osvětlenosti v úrovni  $E_v = 30$  lx. U třetí úrovně osvětlení (Pamětihodnosti) bylo zvoleno sedm objektů, které jsou samostatně akcentově osvětlené. Vzhledem ke krátkodobému působení tohoto osvětlení byla zvolena vyšší úroveň limitních hodnot maximálních osvětleností a to  $E_h = 150$  lx,  $E_v = 50$  lx.

Při směřování osvětlovací soustavy bylo třeba zajistit jednak to, aby nedocházelo k oslnění návštěvníků na protější straně vitríny a jednak, aby v modelu nevznikaly rušivé stíny. Z uvedených důvodů byla část koncovek optických kabelů osazena clonami pro omezení oslnění a část koncovek optickými čočkami umožňující přesné nastavení úhlu poloviční svítivosti ( $10^\circ - 24^\circ$ ) a omezení parazitního světla. Proto, aby bylo možné dosáhnout a současně nepřekročit uvedené limitní hodnoty osvětlenosti je osvětlovací soustava připojena přes řídicí systém, který umožňuje přesné nastavení hladiny osvětlenosti. Nově navrženou osvětlovací soustavu tvoří celkem 380 m skleněných optických kabelů, 16 projektorů pro 50 W halogenové žárovky, 5 projektorů pro 20 W halogenové žárovky a 141 flexibilních koncovek pro optické kabely. Celkový instalovaný příkon nové osvětlovací soustavy je 1,0 kW.



Obr. 4 Akcentové osvětlení Karlova mostu

## 8. Provozně technické

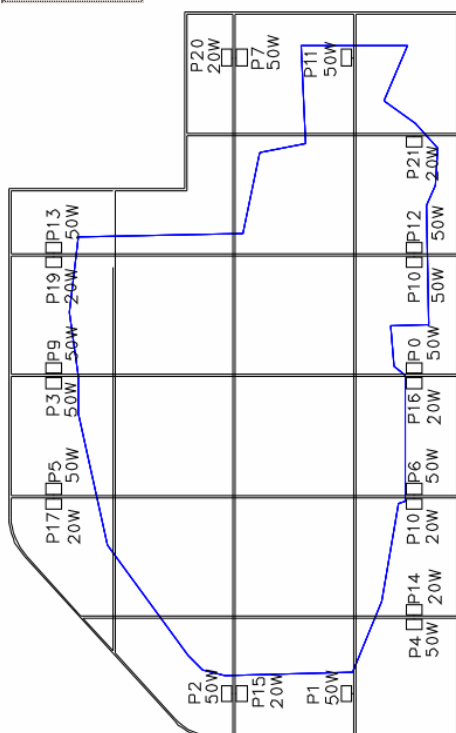
Jedním z důležitých faktů z pohledu provozu osvětlovací soustavy, který byl zmíněn při vstupních jednáních, bylo poměrně neorganizované rozmístění projektorů po celé ploše stropu vitríny. Vzhledem k tomu, že původní stropní konstrukce vitríny nebyla pochozí, komplikovalo toto umístění projektorů údržbu osvětlovací soustavy i výměnu světelných zdrojů. Další připomínkou byla skutečnost, že elektrické připojení projektorů spolu se svazky optických kabelů vytvářely poměrně nepřehlednou situaci. Z uvedených důvodů jsou projektory u nově navržené osvětlovací soustavy rozmístěny po obvodu vitríny v přímém dosahu. Přehlednost elektroinstalace je zajištěna tím, že kabely napájecího i řídicího okruhu jsou vedeny po vnějším obvodu vitríny. Použité ploché vodiče jsou upevněné na vnitřní straně krycího límce a umožňují připojení projektorů v libovolném místě pomocí nožového konektoru. Konektorové připojení zajišťuje snadnou výměnu komponentů při jejich poruše. Projektory jsou napájeny z elektronických stmívatelných transformátorů, napojených na řídicí systém s protokolem DALI. Pro zvýšení doby života halogenových žárovek je ve všech světelných scénách nastavena maximální úroveň napájecího napětí elektronických transformátorů na 90%.

Nový systém osvětlení se ovládá přes dotykový monitor, umístěný na stejném místě jako původní ovládací panel. Dotykový monitor má dva základní režimy. Prvním režimem jsou světelné scény, které jsou rozděleny do třech úrovní (Město, Městské části, Pamětihodnosti). Jednotlivé světelné scény se spouštějí přes tlačítkové menu nebo grafickou část obrazovky, kterou tvoří mapa modelu. Druhým režimem je režim kamery, který má dvě úrovně (Pamětihodnosti, Procházka). V úrovni „Pamětihodnosti“ si návštěvník volí v tlačítkovém menu jednotlivé objekty, na které se kamera zaměří a přiblíží je. V úrovni „Procházka“ může návštěvník prostřednictvím kamery procházet modelem a zvětšovat jeho detaily. Obraz z kamery se zobrazuje jednak přímo na dotykovém monitoru a dále na obrazovce, která je upevněna na vitríně. Dodatečná obrazovka slouží pro sledování obrazu z kamery při větší skupině návštěvníků.

Pro správu osvětlovací soustavy byly pro pracovníky muzea vytvořeny servisní stránky. První část těchto stránek slouží ke sledování technického stavu osvětlovací soustavy a v případě poruch detekují jejich příčiny a poskytnutí základních informací o vadných prvcích systému. Další servisní stránky slouží k monitorování expozice exponátu.

## PROVOZNÍ STAV OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Umístění transformátorů



Transformátor			Halogenová žárovka		
Označení	Typ	Stav	Označení	Typ	Stav
T1	T	OK	Z1	Za	OK
T2	T	OK	Z2	Za	OK
T3	T	CHYBA	Z3	Za	N/A
T4	T	CHYBA	Z4	Za	N/A
T5	T	CHYBA	Z5	Za	N/A
T6	T	CHYBA	Z6	Za	N/A
T7	T	CHYBA	Z7	Za	N/A
T8	T	CHYBA	Z8	Za	N/A
T9	T	CHYBA	Z9	Za	N/A
T10	T	CHYBA	Z10	Za	N/A
T11	T	CHYBA	Z11	Za	N/A
T12	T	CHYBA	Z12	Za	N/A
T13	T	CHYBA	Z13	Za	N/A
T14	T	CHYBA	Z14	Zb	N/A
T15	T	CHYBA	Z15	Zb	N/A
T16	T	CHYBA	Z16	Za	N/A
T17	T	CHYBA	Z17	Zb	N/A
T18	T	CHYBA	Z18	Za	N/A
T19	T	CHYBA	Z19	Zb	N/A
T20	T	CHYBA	Z20	Zb	N/A
T21	T	CHYBA	Z21	Za	N/A

T - Transformátor Tridonic 20-105W, typ  
 Za - Halogenová žárovka 50W, Osram, typ  
 Zb - Halogenová žárovka 20W, Osram, typ

Zavřít

Obr. 4 Ukázka servisní stránky ovládacího panelu

## 9. Hledisko sekundárních vlivů

Velmi významnou a důležitou součástí návrhu byla minimalizace možných poškozujících účinků světelného záření osvětlující exponát. Vysoká citlivost Langweilova modelu souvisí jednak s materiály, použitých při výrobě modelu (papírová lepenka na dřevěné konstrukci) a dále se stářím modelu. Ze strany konzervátorů bylo základní požadavkem, aby trvalá hladina osvětlenosti na modelu nepřekročila úroveň 50 lx. Vzhledem k technologickému vývoji a novým technickým možnostem v oblasti monitorování mikroklimatu byl v rámci návrhu vytyčen úkol, jehož cílem bylo snížit namáhání exponátu světelným zářením na minimum. Navržené opatření muselo být takové, aby neovlivnilo vnímání exponátu z pohledu návštěvníků. Součástí uvedeného úkolu bylo také nalezení způsobu, jak informovat pracovníky muzea při výrazném překročení povolené úrovně sledovaných parametrů mikroklimatu a jak ukládat světelnou historii exponátů.

Řešení první části tohoto úkolu vycházelo z faktu, že pokud nejsou u modelu návštěvníci, není třeba, aby byla osvětlovací soustava zapnuta na úroveň, která je běžná pro prohlídku, ale že může být snížena. Pro realizaci tohoto řešení byly světelné scény doplněny o dva klidové režimy (1 a 2). V klidovém režimu 1 je model osvětlen na průměrnou hodnotu horizontální osvětlenosti  $E_h=10$  lx a v klidovém režimu 2 na  $E_h=30$  lx. Pokud v místnosti s modelem nejsou návštěvníci, osvětlovací soustava přejde do režimu klidového režimu 1. Přítomnost osob detekují čtyři pohybová čidla, která jsou instalována v límci vitríny. Při příchodu návštěvníka přejde osvětlovací soustava do klidového režim 2. Návštěvník si pak dle výběru může spustit světelnou scénu z nabídky zobrazené na dotykovém monitoru. Každá scéna má nastavenou dobu trvání na 5 minut. Pokud se v místnosti pohybují lidé, čas trvání scény se automaticky prodlužuje. Změna světelné scény se provádí přes dotykový monitor volbou jiné scény. Navržené řešení umožňuje nejen minimalizovat namáhání exponátu světelným zářením, ale také snížit spotřebu elektrické energie a prodloužit dobu života světelných zdrojů.

Pro druhou část úkolu, jenž je zaměřená na monitorování mikroklimatu uvnitř vitríny, byl navržen dvoustupňový monitorovací systém. První stupeň tvoří dvě kombinovaná čidla pro měření vlhkosti a teploty a dvě kombinovaná čidla pro měření osvětlenosti a hladiny UV záření. Tato čidla jsou napojena na počítačovou síť muzea a měřená data jsou přenášena (on-line) na vybraná pracoviště. V případě překročení přednastavených hodnot program vizuálně a akusticky upozorní uživatele, že došlo k překročení limitu, některé ze sledovaných veličin. Současně se



všechny naměřené údaje ukládají. Tento způsob monitorování je dostatečný v případě teploty a vlhkosti, kde pro popsání stavu stačí údaje z referenčních bodů. V případě osvětlení je ale situace výrazně složitější. Model není díky řadě světelných scén osvětlen rovnoměrně, a proto nelze jednou nebo dvěma hodnotami v referenčních bodech stanovit s dostatečnou přesností skutečnou expozici modelu. Z tohoto důvodu byl pro osvětlení navržen druhý monitorovací stupeň. Pro jeho účely byl model rozdělen na síť 20 kontrolních bodů, ve kterých byly změřeny příspěvky osvětlenosti od jednotlivých projektorů, při jejich provozu na 100%. V řídicím počítači pak byl vytvořen program, který v nastaveném časovém intervalu ukládá údaje o zapnutých světelných scénách a době jejich trvání. Z těchto údajů jsou pak v jednotlivých kontrolních bodech dopočítávány skutečné hodnoty expozice (Ixh). Z těchto hodnot je následně vytvářena světelná historie exponátu.

## 10. Závěr

Uvedený příklad návrhu osvětlení se snaží ukázat, že koncepční přístup k návrhu osvětlení umožňuje odkrývat řadu vrstev a oblastí. To vede k řešení, které umožňuje respektovat kvalitu osvětlení z různých pohledů, jak bylo uvedeno v úvodu. Je třeba poznamenat, že podstatnou roli při uvedeném způsobu práce hraje týmová práce. Na závěr je uvedeno celkové porovnání, z kterého je možné vyčíst, že výsledná účinnost řešení není primárně podmíněna použitím neúčinnějších technických zařízení, ale jejich vhodnou aplikací.

Z energetické hlediska má nová osvětlovací soustava v porovnání s původní nižší instalovaný příkon i spotřebu elektrické energie. Celkové osvětlení u původní osvětlovací soustavy zajišťovaly projektory osazené halogenidovými výbojkami (1,0kW), které nelze stmívat ani je nelze často zapínat a vypínat. Z tohoto důvodu musela být tato část osvětlovací soustavy trvale zapnutá. U nového řešení umožňuje použití halogenovým žárovek a řídicího systému využít popsaných klidových režimů, které umožňují výrazně snížit spotřebu elektrické energie v době, kdy nejsou ve výstavním sále návštěvníci.

Parametr	Původní osvětlení	Nové osvětlení
Instalovaný příkon	1,4 kW	1,0 kW
Instalovaný světelný tok	90 klm	17 klm
Průměrná horizontální osvětlenost	30 lx	50 lx
Průměrná vertikální osvětlenost	10 lx	30 lx
Účinnost osvětlovací soustavy pro celkové osvětlení*)	0,4%	3,8%

Tab.1 Porovnání parametrů původní a nově navržené osvětlovací soustavy

\*) horizontální osvětlenost\*plocha / světelný tok světelný zdrojů

# Okno a jeho psychologická úloha při osvětlování

Zdeňka Židková, PhDr.

Zdravotní ústav se sídlem v Brně, [www.zubarno.cz](http://www.zubarno.cz), [zdenka.zidkova@zubarno.cz](mailto:zdenka.zidkova@zubarno.cz)

„Význam okna je po staletí dán, okno nepřivádí pouze světlo do interiéru, ale je symbolem komunikace – okno nám dává možnost kontaktu s reálným světem venku“

Uvažujeme-li o pracovním prostoru, ztělesňuje okno jako prvek interiéru tři oblasti, důležité pro pohodu pracovníka – přísun denního světla, způsoby stínění před slunečním svitem a možnost manipulace s oknem z hlediska větrání. Výhled z okna je poslední, ne však nejméně důležitý faktor psychosociální pohody.

## Denní světlo a okno

Přísun denního světla je dán normami a spadá do oblasti techniky osvětlování. Proč se tedy tak často i při splněných parametrech dobrého osvětlení objevují stížnosti pracovníků? Je nutno konstatovat, že i noční práce, kterou umožnil rozmach moderních a ekonomických způsobů osvětlování, neznamena dnes práci v nekvalitním osvětlení a zůstává i možnost výhledu z okna jako psychologického prvku pohody. Dnešní realitou je spíše přesvětlenost vnějšího prostoru, takže při vyhlédnutí z okna je možno sledovat vnější svět velmi dobře i v noci. Nikdo však nepředpokládal, že denní světlo bude v současné společnosti vnímáno mnohdy jako nepříjemné, protože při určitých druzích prací se obvykle snoubí s oslněním. Vzhledem k obrovskému nárůstu prací vykonávaných u obrazovek se ideální stávají pracoviště, kam nezasvitne slunce. Možnosti, jak to zajistit, jsou dvě – úplně odstranit otvory, kterými vniká světlo nebo umožnit kvalitní stínění. První trend je se jeví jako levnější, ale z hlediska pracovní pohody je krokem zpět. Výzkumná data ukazují jednoznačně, že nejproblémovější jsou pracoviště, kde je pracovníkům vzata možnost vytvářet si svůj pracovní prostor a aktivně s ním manipulovat, bezokenní prostory tuto možnost výrazně omezují..

## Stínění

Záclony, závěsy, rolety, žaluzie, mají dnes význam spíše praktický než dekorační. Zatímco v dřívějších stoletích dotvářely dekorativní prvky na oknech „teplo“ domova či pracovního prostoru, případně chránily před pohledem zvenku, dnes je jejich výběr striktně podmíněn co nejefektivnějšími možnostmi regulace denního světla.

Existují dvě možnosti zábran – zastiňování a zatemňování. Představitelem vnitřního stínění jsou záclony, závěsy a žaluzie, představitelem vnějšího stínění jsou výsuvné markýzy a exteriérové rolety.

U interiérových systémů se dnes velmi rychle vyvíjejí způsoby ovládání, které zvyšují komfort při manipulaci. Existují již systémy v podobě programovatelných spínacích hodin nebo bezdrátového rádiového ovládání s možností ovládání vysílače kdekoli v interiéru. Moderním prvkem stínění, který se v interiérech může uplatnit, jsou také japonské stěny, přenosné či závěsné plochy, se kterými se dá v interiéru variabilně pracovat .

U exteriérových rolet je dnes již možno využít systém slunečních clon, které regulují proudění světla a tepla. Exteriérové markýzy lze ovládat automaticky, reagují na sluneční proudění vzduchu, automatické systémy řídí stahování a vytažování markýz v závislosti na síle větru či intenzitě slunečního záření.

Stínění se tak stává rychle se vyvíjející disciplínou, kde využití znalostí o technických možnostech může významně přispět k zrakové pohodě. Ze zákona platí že v oslněných prostorách je povinná ochrana před oslněním, žádný zákon však nešetřuje její kvalitu. Přitom kvalitní stínění je prioritou pro obrovský počet profesí, které pracují s obrazovkami a na zaměstnavateli závisí, jak se s touto oblastí vypořádá.

## Manipulace s oknem

Lidem, pobývajícím v přirozeně větraném prostředí je dána vyšší schopnost adaptace na dané prostředí, funguje zde princip přizpůsobování se proměnlivým podmínkám. Naopak u lidí pobývajících v klimatizovaných interiérech se může projevit snížená schopnost adaptace. Je to ovlivněno individuální senzitivitou na umělé prostředí, která se projevuje potížemi shrnutými pod pojmem syndrom nemocných budov (SBS - Sick Building Syndrom). Senzitivita se však vyskytuje pouze u nepatrného procenta osob, z psychologického hlediska je nutno zohlednit hlavně motivační a postojovou složku k interiéru s klimatizací. Proto je prvořadým úkolem zaměstnavatele poskytnout lidem dostatečné informace o klimatizačním systému a zabránit iracionálním strachům z vlivu klimatizace na zdraví a také upozornit na možnosti regulace tepelné pohody variabilní skladbou oblečení (častou chybou zaměstnanců je příliš teplé, nebo naopak příliš lehké oblečení s následnými stížnostmi na tepelnou nepohodu způsobenou klimatizací). Negativní postoj k prostorům bez možnosti přímého větrání je nejčastější ve vyšších věkových skupinách – velmi těžko se ovlivňuje rigidita lidí, kteří celý život prožili v prostředí, kde bylo okno, které se dalo otvírat. Nemožnost ovlivnění mikroklimatu je jednou z prioritních oblastí stížností zaměstnanců, z psychologického hlediska se pak často nespokojenost s tímto faktorem přenesla i na nespokojenost

s osvětlením. Otevíratelnost okna je tedy faktor, který mnohdy hraje roli ve vnímání kvality denního světla na pracovišti [4].

### **Okno a otevřené kanceláře**

Současná realita, otevřené kanceláře (nebo také velkokapacitní, open-space, open plan offices) jsou z hlediska využití okna velmi zajímavé. Charakterizuje je slogan „zbourejme zdi“ (break the walls) a otázka, kterou si dnes klademe, již není zda otevřené kanceláře ano či ne, ale jak v nich vyřešit otevřený prostor tak, aby vyhovoval kritériím pohody pracovníků. Jedním z nejčastějších důvodů proti otevřeným kancelářím je ztráta soukromí, a ta zahrnuje také ztrátu vizuálního soukromí. První otázkou, kterou je nutno řešit při zavádění velkokapacitních kanceláří tedy je, jaký typ prací se v nich bude vykonávat. Nabízejí se možnosti:



Obr.1. Kóje s vysokými panely



Obr. 2. Kóje s nízkými panely



obr.3. Volně rozmístěná pracoviště v prostoru

Teprve účel, ke kterému pracoviště bude sloužit, by měl rozhodnout o typu otevřené kanceláře. Řešit tuto otázku předem se zaměstnavateli vyplatí. Vhodně zvolený typ zlepšuje náladu, zvyšuje intelektový potenciál, tvořivost a umožňuje větší spolupráci při případných mezilidských problémech. Uvádí se, že výška kóji by měla být vyšší než a 1 m 40 cm, pokud pracovník potřebuje na práci soukromí [4]. Jednou z možností, které lze využít, je sloučení několika pracovišť dohromady a jejich oddělení panely vzhledem k tomu, že doširoka otevřený prostor bez uzavření může vytvářet sterilně nepříjemný pocit, zatímco určitý stupeň ohraničení vytváří pocit ochrany a bezpečnosti.

Při rozhodování, jaký typ práce se hodí do různých typů otevřených kanceláří lze využít následujícího návodu:

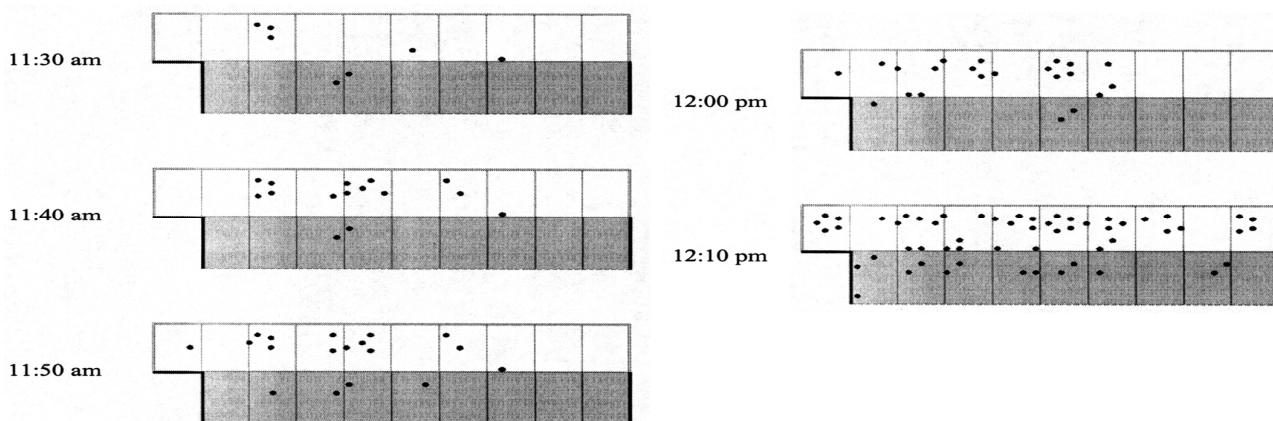
	Kóje (cubicle)	Otevřený prostor (open space)
Klade práce nároky zvýšené na psychiku?	ano	
Je pro práci nutná schopnost se soustředit?	ano	
Je na v týmu více než 10 pracovníků?	ano	
Potřebuje zaměstnanec na práci soukromí?	ano	
Je pro práci potřeba tvůrčí přístup?		ano
Je při práci nutná rychlá spolupráce a komunikace mezi pracovníky?		ano
Jsou pro týmovou práci vhodnější extroverti než introvertii?		ano

Problémem otevřených kanceláří bývá nevyrovnanost osvětlení - příliš světla v prostoru u oken a nedostatek světla v koridorech či v temnějších prostorách dále od okna. Dnes je již možné řešení pomocí naprogramovaných systémů regulace osvětlení. Výrazně psychologickou otázkou však zůstává zajistit pracovníkům přístup k oknu. Nejlépe vystihuje problém karikatura Scotta Adamse, který se v osobě postavíčky inženýra Dilberta zaměřuje na kritiku otevřených kanceláří, které nazývá „králíkárny“ (pasteboard waffle holes). Gilbert v karikatuře říká: „Právě jsem odeslal e-mail někomu, kdo sedí u okna, abych se zeptal, jestli prší.“ [4]. Zde je ve zkratce vystiženo, že při obrovských rozměrech kanceláří jedinci sedící daleko od okna zažívají psychologicky stejné pocity jako pracovníci v bezokenných prostorách.

### Výhled z okna jako psychologická preference

Cílem projektu, který byl proveden na Univerzitě v Michiganu [4] bylo pokusit se specifikovat výhled z okna jako psychologickou hodnotu, která je měřena preferencí osob při možnosti volby situovat své sezení v blízkosti okna. Do studie byla vybrána dvě zařízení, která splňovala požadavky většího množství míst k sezení, jedno zařízení bylo společenského rázu, druhé pracovního. Byl vybrán samoobslužný bufet (50 stolů se 196 místy) a studovna univerzitní knihovny (48 stolů s 200 místy). Prostory obou zařízení byly rozděleny na oblast s výhledem z okna a oblast bez výhledu a výzkumníci sledovali četnost obsazování míst u okna (s výhledem) versus míst vzdálených od okna (bez výhledu). Data byla sbírána ve slunný den a v zamračený den. Vyškolené osoby prováděly záznam obsazování míst v průběhu sledování. Výsledky ukázaly, že jak v kavárně, tak v knihovně byl jasný trend k častějšímu obsazování míst v oblasti s výhledem z okna, jinak řečeno místa u okna byla obsazována přednostně. V knihovně byl tento trend méně výrazný než v kavárně, zvláště ráno to bylo studujícím relativně jedno. Jako možné vysvětlení se nabízelo že osoby, které přicházejí do knihovny studovat mohou jednat věnovat otázce, kam usednou, menší pozornost nebo dokonce mohou preferovat místa bez výhledu, aby se lépe koncentrovaly. V celém výzkumu však jednoznačně převažovala tendence obsazovat nejdříve místa s výhledem (obr.4). Zaznamenávána byla také teplota, vlhkost a osvětlení prostoru. Teplota a vlhkost místností byla konstantní, více světla však bylo v oblasti u okna. To může znamenat, že větší přístup k světlu mohl ovlivnit lidi ve výběru míst u okna.

Výzkum ukazuje, že výhled z okna je psychologickou hodnotou, je také možné, že výhodou sezení u okna tak jak ji lidé vnímají, je přístup k přirozenému světlu, která pro mnohé znamená energizaci a zlepšení nálady.



Obr.4. Obsazování míst v bufetu v průběhu studie (čas 11.30 hod. – 12.10 hod., světlá část = u okna s výhledem, tmavá část = uvnitř, bez výhledu)

### Výhled z okna a jeho ekonomická hodnota

Nelze nesoúhlasit s tvrzením, že místnost s okny bude oblíbenější než bezokenní prostor. Pohled z okna má jednoznačně psychologickou hodnotu, tam kde chybí výhled ven, působí prostor depresivně a klaustrofobicky. Lze však výhled z okna vyjádřit i jako ekonomickou hodnotu? Druhou částí stejného výzkumu byl pokus o ekonomickou kvantifikaci výhledu z budovy. Výzkumná otázka zněla: má budova s lepším výhledem vyšší ekonomickou hodnotu? Sledovány byly hotely, obytné komplexy a kanceláře, studie potvrdila vztah mezi výhledem do prostoru

a vyšší cenou. Zajímavé je, že nejmenší vliv na cenu měl výhled u hotelů, autoři to vysvětlují tím, že jde o dočasný pobyt, takže uživatelé na tento parametr bydlení nekladou takový důraz jako při dlouhodobém užívání prostorů.

### Okno versus bezokenní prostor – jak je lidé vnímají?

A nakonec několik údajů z ankety o významu okna, která byla provedena na Zdravotním ústavu se sídlem v Brně. Anketa proběhla anonymně, zúčastnilo se 40 osob, nebyl sledován vliv věku ani pohlaví. Volné odpovědi byly kategorizovány ( bylo možno uvést více odpovědí), výsledky jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 2. Jaká pozitiva přináší okno?

Pozitivní vliv okna na psychiku	Procento respondentů
Možnost větrání, přísun vzduchu	32
Kontakt s vnějším prostředím, přehled co se děje venku	22
Přísun denního světla	15
Pocit volnosti, barevnosti prostředí, jas, svoboda pohybu	5

Tab. 3. Jaká negativa přináší bezokenní prostor?

Negativní vliv bezokenního okna na psychiku	Procento respondentů
Nepříjemné pocity při umělém klimatu, špatná hygiena vzduchu	26
Nepříjemný vliv umělého světla na oči	22
Pocit stísněnosti, zavřenosti	8
Chybí pojem o čase, o teplotě venku, horší orientace v prostoru	5
Nemožnost zdobit parapety (květiny apod.)	2,5

### Literatura

- [4] Drs.Jong-Jin Kim and Jean Wineman: Are Windows and Views Really Better? A Quantitative Analysis of the Economic and. Psychological Value of Views, The University of Michigan, 2005
- [4] Veitch, J. A. et all.: Workstation Design for the Open-Plan Office. Construction Technology Update, No.61, Oct.,2004
- [4] [www.dilbert.com](http://www.dilbert.com)
- [4] Židková Z.: Stanovení psychické zátěže a kategorizace prací, řešení u bezokenních pracovišť. In Sb. Kurz osvětlovací techniky XIV, 10 – 12. října 2005

# Měření jasů na komunikacích

Zdislav, Žwak, Ing.

Katedra elektroenergetiky, <http://fei1.vsb.cz/kat451/>, [zdislav.zwak.fe1@vsb.cz](mailto:zdislav.zwak.fe1@vsb.cz)

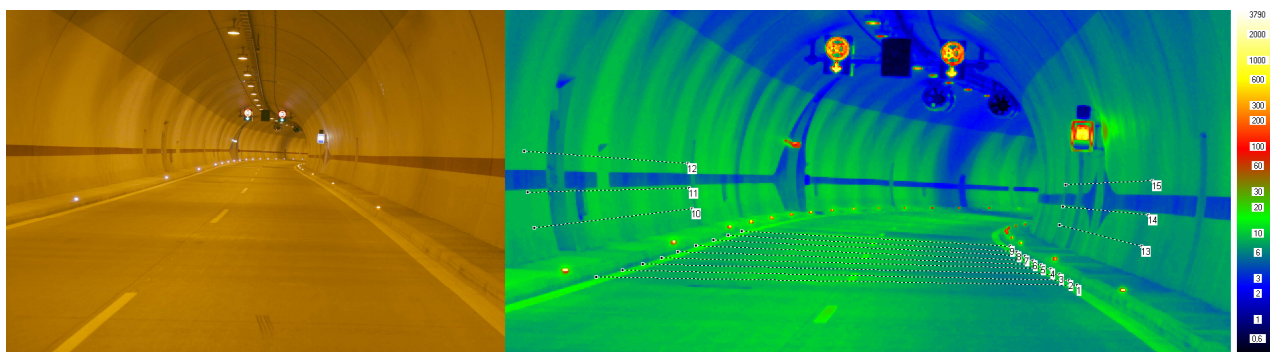
## Úvod

Tento článek se zabývá měřením jasů tunelu Sitina, umístěném v Bratislavě. Měřené hodnoty jsou srovnány s navrhovanými hodnotami, které jsou v samostatných protokolech. Výpočty a měření vycházejí z dokumentu CR 14380:2003.

Tunel je tvořen dvěma troubami, které jsou označeny jako západní a východní trouba. Délka západní trouby je 1440 metrů a délka východní trouby je 1415 metrů. Obě trouby jsou v běžném režimu navrženy jako jednosměrné. Osvětlovací soustava se skládá ze tří přepínatelných skupin, každé třetí svítidlo má redukci výkonu na 50% světelného toku. Při měření bylo vyhodnocováno adaptační, vnitřní a výjezdové pásmo. Ve výjimečných situacích nebo při údržbě je využíván režim protisměru, který byl také měřen. Tento článek se zabývá dvěma vybranými režimy.

## LMK mobile advanced

Pro měření byl využit speciální jasový analyzátor LMK mobile advanced. Toto zařízení využívá digitální zrcadlovku, jejíž záznam je vyhodnocen ve speciálním software, který vytvoří jasové pole.



➤ Obr. 1. Měřená scéna (vlevo). Vypočítané jasové pole (nahore).

Měřená pásma (prahové, přechodné, vnitřní a výjezdové) byla rozdělena na oblasti o délce 35 metrů a výchozí bod měření byl 60 metrů před začátkem měřicího pole v ose jízdního pruhu, ve výšce 1,5 metru nad povrchem vozovky. Měřené pole vozovky obsahuje síť měřících bodů s podélnou roztečí  $y=(0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35)$  m a s příčnou roztečí  $x=(1,63; 2,88; 4,13; 5,38; 6,63; 7,88)$  metrů. Měřené pole na stěnách obsahuje síť měřících bodů s výškovou roztečí  $z=(0,5; 1,1; 1,7)$  metrů. Podélná rozteč je stejná, jako u vozovky. Síť bodů je stejná jak pro levou, tak pro pravou stěnu.

## Měřené situace

K vyhodnocení jasových parametrů byly měřeny následující režimy:

- a) denní režim (západní + východní trouba)
  - adaptační pásmo 16,67; 50 a 100 %
  - vnitřní pásmo 100%
  - výjezdové pásmo
  - režim protisměru

- b) noční režim (západní + východní trouba)
  - vnitřní pásmo 50%

## Parametry tunelu Sitina

Tunnel Length: 1440.00 [m]  
 Tunnel Width L: 9.50 [m]  
 Tunnel White Wall H<sub>p</sub>: 2.00 [m]  
 Left Sidewalk Width L<sub>m</sub>: 1.00 [m]  
 Left Sidewalk Height H<sub>m</sub>: 0.20 [m]  
 Right Sidewalk Width L<sub>m</sub>: 1.00 [m]  
 Right Sidewalk Height H<sub>m</sub>: 0.20 [m]  
 Carriageway Width L<sub>c</sub>: 7.50 [m]  
 Number of Lanes n<sub>c</sub>: 2  
 Traffic Flow : One-way  
 Number of Lane for traffic flow n<sub>c</sub>: 2  
 Lane width : 3.75 [m]

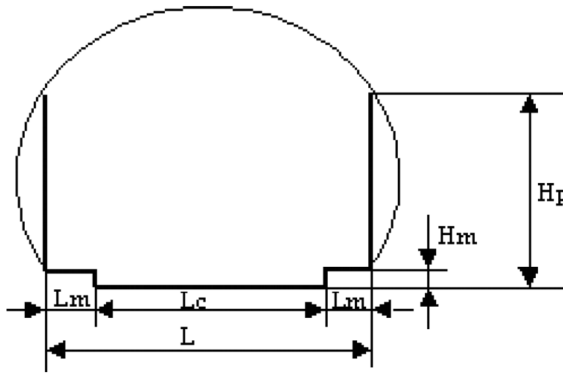
### Surface Reflection Properties:

#### Road:

Surface type: R3  
 Reflection factor: 0.2513/q<sub>o</sub>=8%

#### Wall:

Surface type: Lambertiana (RAL 7047)  
 Reflection factor: 0.5847  
 Initial Threshold Luminance (L<sub>th0</sub>): 210 [cd/m<sup>2</sup>]  
 Interior Luminance (L<sub>in</sub>): 7.00 [cd/m<sup>2</sup>]  
 Overall uniformity: 0.40  
 Longitudinal uniformity: 0.60



Project speed (v): 80.0 [km/h]  
 Stopping Distance (SD): 120 [m]  
 Luminaire lines number: 1  
 Z Coordinate Z<sub>i</sub>: 6.500 [m]  
 X Coordinate X<sub>i</sub>: 5.450 [m]  
 Rotation along Z axes: 0.000 [deg]  
 Rotation along X axes: 0.000 [deg]  
 Rotation along Y axes: -3.000 [deg]

➤ Obr. 2. Fyzické rozměry tunelu a souřadnice svítidel [2]

## CR 14380:2003 – Tunnel lighting

Záměrem osvětlování tunelů je zajistit, že se uživatelé mohou jak během dne, tak i v noci, k tunelu přiblížit, projet jej a opustit, aniž by museli měnit směr nebo rychlost, odpovídající návrhu. [1]

Základní parametry, požadované ke kvalifikování kvality osvětlení tunelu jsou:

- úroveň jasu a osvětlenosti povrchu vozovky;
- úroveň jasu na zdech do výšky 2m od povrchu vozovky
- rovnoměrnost rozložení jasu na vozovce a zdech
- oslnění
- eliminace flickru

Adaptační zóna se skládá z prahového a přechodného pásma. Konstantní úroveň jasu prahového pásma L<sub>th</sub> musí být zajištěna během dne od počátku prahového pásma až do poloviny brzdné dráhy (stopping distance SD). Od poloviny SD ke konci prahového pásma by úroveň jasu měla lineárně klesat až na hodnotu 0,4 L<sub>th</sub>. V přechodném pásmu je jas definován vztahem:

$$L_{tr} = L_{th}(1,9+t)^{-1,4} \text{ (cd/m}^2\text{)}, \text{ where } t = \text{time in sec.} \quad (1)$$

Na konci přechodného pásma dosahuje úroveň jasu hodnotu jasu ve vnitřním pásmu.

Celková rovnoměrnost je vypočtena ze všech jasových hodnot ve výpočtovém poli dle vztahu:

$$U_o = L_{\min U_o} / L_{\text{mean} U_o} \text{ (-)} \quad (2)$$

Podélná rovnoměrnost je vypočtena ze všech jasových hodnot, ležících v ose jízdního pruhu, ve výpočtovém poli, dle vztahu:

$$U_l = L_{\min} / L_{\max} \text{ (-)} \quad (3)$$

## Vyhodnocení vybraného režimu (adaptační zóna 100%)

Adaptační zóna obsahuje prahové a přechodné pásmo. Na obrázku 3 jsou průběhy navrhovaných a změřených hodnot jasu. Průběhy jasu zahrnují udržovací činitel 0,7. „Udržované hodnoty P“ (pravý jízdní pruh) a „Udržované hodnoty L“ (levý jízdní pruh) představují průměrné naměřené hodnoty jasu, v ose daného jízdního pruhu. Průběh v levém jízdním pruhu byl měřen v ose levého jízdního pruhu. Pro pravý jízdní pruh platí stejná zásada. „Vypočítané hodnoty“ znázorňují průběh jasu, vypočítané pomocí software SiTunnel. Křivka „14380“ představuje minimální požadované hodnoty jasu dle dokumentu 14380:2003. Naměřené hodnoty by se neměly nacházet pod touto křivkou.



Hodnoty jasů na stěnách jsou vyneseny jako průměrné hodnoty jasů. LL (levý jízdní pruh, levá stěna), analogicky LP, PL, PP.

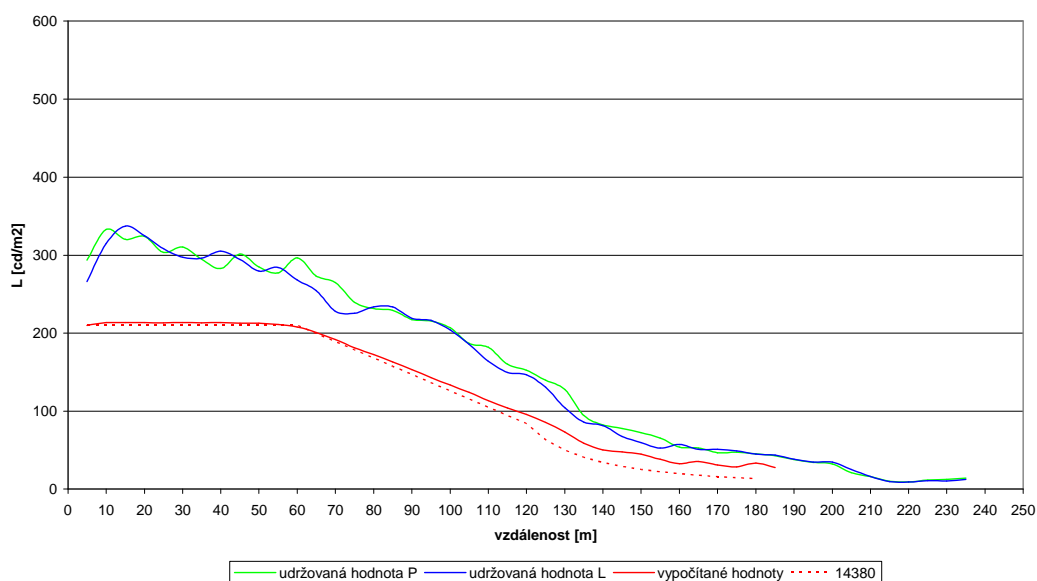
V tabulce 1 jsou vypočítané hodnoty celkové a podélné rovnoměrnosti adaptační zóny. Minimální požadované hodnoty celkové rovnoměrnosti jsou  $\geq 0,4$  a podélné rovnoměrnosti  $\geq 0,6$ .

Celková a podélná rovnoměrnost levého jízdního pruhu						
Vzdálenost [m]	$L_{\min U_0}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	$L_{\min}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	$L_{\max}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	$L_{\text{mean}U_0}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	Celková rovnoměrnost $U_0$ [-]	Podélná rovnoměrnost $U_1$ [-]
1-20	301,4	460,9	587,3	519,2	0,58	0,78
21-40	356,9	478,5	511,1	490,2	0,73	0,94
41-60	329,3	428,9	522,5	459,6	0,72	0,82
61-80	193,4	374,6	419,6	374,4	0,52	0,89
81-100	244,9	339,9	395,0	351,9	0,70	0,86
101-120	183,4	244,0	309,3	263,6	0,70	0,79
121-140	94,5	140,5	214,0	161,9	0,58	0,66
141-160	66,4	94,4	109,3	95,7	0,69	0,86
161-180	53,4	78,9	90,0	81,5	0,66	0,88

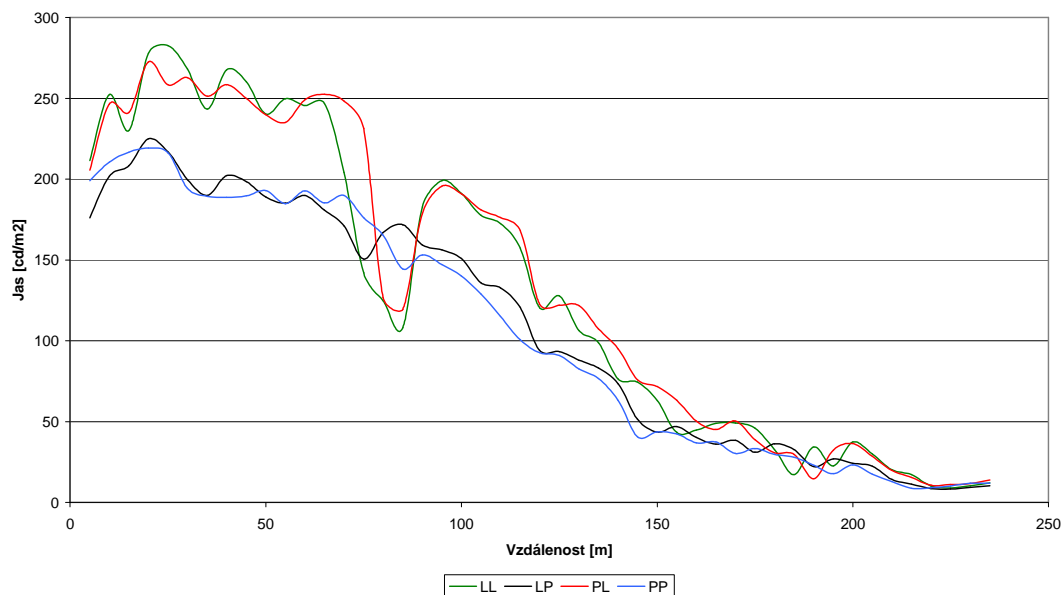
Celková a podélná rovnoměrnost pravého jízdního pruhu						
Vzdálenost [m]	$L_{\min U_0}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	$L_{\min}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	$L_{\max}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	$L_{\text{mean}U_0}$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]	Celková rovnoměrnost $U_0$ [-]	Podélná rovnoměrnost $U_1$ [-]
1-20	250,4	281,2	378,5	383,5	0,65	0,74
21-40	288,9	348,6	369,4	386,0	0,75	0,94
41-60	274,4	329,3	355,9	371,2	0,74	0,93
61-80	235,7	294,5	332,5	338,2	0,70	0,89
81-100	199,6	237,7	290,6	286,6	0,70	0,82
101-120	132,8	181,5	225,3	221,0	0,60	0,81
121-140	74,9	99,0	168,3	142,8	0,52	0,59
141-160	53,8	63,6	93,4	87,2	0,62	0,68
161-180	44,4	55,5	64,6	63,6	0,70	0,86

➤ Tab. 1. Celková a podélná rovnoměrnost vypočtená z naměřených hodnot.

Západní trouba, průběh průměrného jasů pro měření v osách jízdních pruhů



Západní trouba, průběh průměrného jasu na stěnách pro měření v osách jízdních pruhů



➤ Obr. 3. Průběh jasu v adaptační zóně.

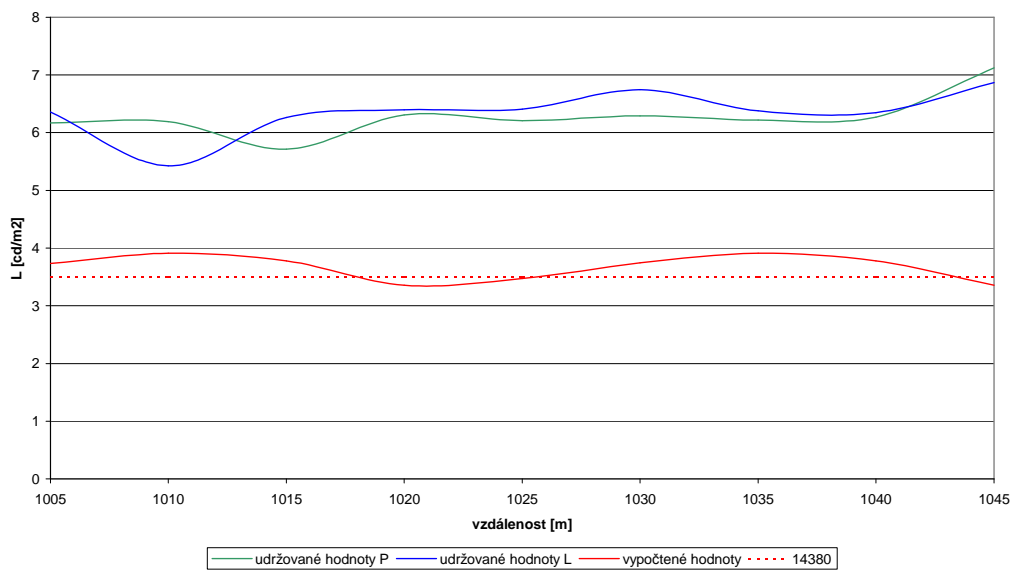
Prudký pokles jasu na levé zdi (obr. 3) je způsoben ventilátorem, umístěným ve stropní části trouby, jenž je vidět na obr. 1.

### Vyhodnocení vybraného režimu (vnitřní pásmo 50%)

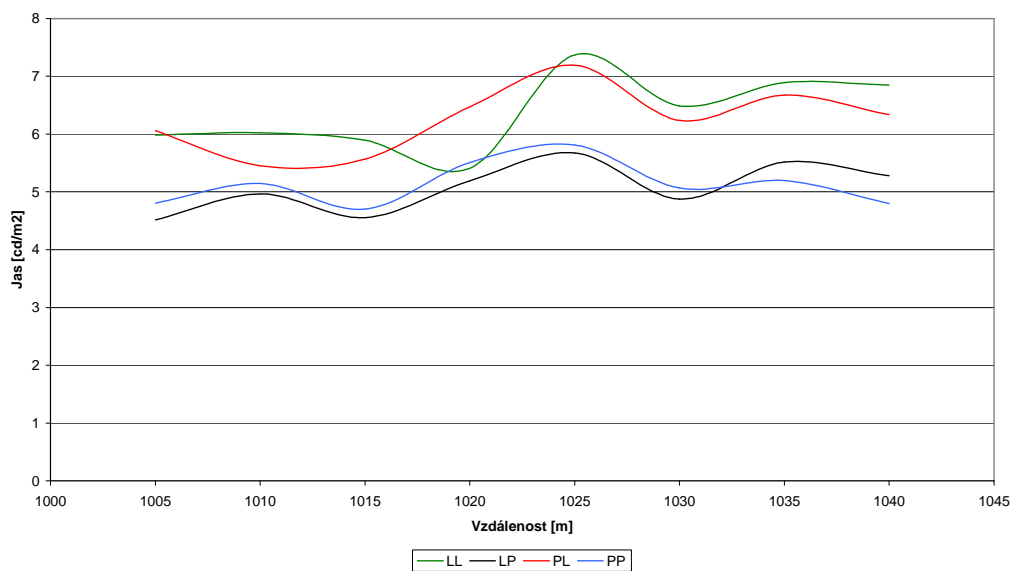
Vnitřní zóna má téměř rovnoměrné rozložení jasu a tudíž měření a vyhodnocení jasu není tak komplikované, jako v adaptační zóně.

	Vypočítáno z naměřených hodnot	hodnoty uvedené v protokolech
Celková rovnoměrnost $L_{min}U_0/L_{mean}U_0$ :		
- levý jízdní pruh	0,79	0,59
- pravý jízdní pruh	0,78	0,59
Podélná rovnoměrnost $L_{min}/L_{max}$ :		
- levý jízdní pruh	0,73	0,87
- pravý jízdní pruh	0,83	0,83
Hodnoty jasu z dokumentace:		
Průměrný jas pro pozorovatele v ose pravého jízdního pruhu:		3,66 cd/m <sup>2</sup>
Průměrný jas levé zdi:		5,9 cd/m <sup>2</sup>
Průměrný jas pravé zdi:		6,12 cd/m <sup>2</sup>
Hodnoty jasu vypočítané z měření:		
Průměrný jas pro pozorovatele v ose pravého jízdního pruhu:		8,1 cd/m <sup>2</sup>
Průměrný jas levé zdi:		9 cd/m <sup>2</sup>
Průměrný jas pravé zdi:		7,3 cd/m <sup>2</sup>

Západní trouba, průběh průměrného jasu pro měření v osách jízdních pruhů



Západní trouba, průběh průměrného jasu na stěnách pro měření v osách jízdních pruhů



➤ Obr. 4. Průběhy jasu ve vnitřním pásmu.

## Závěr

Naměřené průběhy jasu jsou nad vypočtenými hodnotami jasu v programu SiTunnel. Průměrná hodnota jasu stěn by měla dosáhnout alespoň 50% hodnoty jasu na vozovce. Tento požadavek je splněn. Rovnoměrnost je nad požadovanou hodnotou. Osvětlení tunelu splňuje požadavky dokumentu CR 14380:2003.

## Literatura a odkazy

- [1] European Committee for Standardization: CEN Report, Brussels (2003) 14380:2003E
- [2] Dokumentace k výpočtům.

Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	Katedra elektroenergetiky
Název:	Národní konference s mezinárodní účastí Výstava světelné techniky
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2007, 1. vydání
Počet stran:	348
Vydala:	VŠB – Technická univerzita Ostrava
Tisk:	Ediční středisko VŠB – TUO
Náklad:	300 ks

NEPRODEJNÉ

**ISBN 978-80-248-1579-4**