Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Česká společnost pro osvětlování
Regionální skupina Ostrava

Kurz osvětlovací techniky XXXIII

2. října – 4. října 2017

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ
Loučná nad Desnou

ISBN 978-80-248-4104-5

Sborník recenzovaných příspěvků Kurz osvětlovací techniky XXXIII

Partneři akce

Slovenská svetelnotechnická spoločnosť

SRVO

PTD Muchová, s.r.o.

časopis „SVĚTLO“, FCC Public

časopis „Elektro a trh“

Děkujeme za dotace, sponzorské dary a pomoc při organizování konference



"Tato akce byla realizována s dotací ze státního rozpočtu v rámci Státního programu na podporu úspor energie na období 2017-2021 - Program EFEKT 2 na rok 2017"

OSMONT, s.r.o
Hybrálec 129, Hybrálec, 586 01, www.osmont.cz

OSTRAVSKÉ KOMUNIKACE, a.s.
Novoveská 25/1266, Ostrava - Mar. Hory, 709 00, www.okas.cz

OBO BETTERMANN PRAHA, s.r.o.
Modletice 81, Říčany u Prahy, 251 01, www.obo-bettermann.com

INGE Opava, spol. s r.o.
Stará silnice 3, Opava, 746 01, www.inge.cz

ZUMTOBEL LIGHTING s.r.o.
Jankovcova 2, Praha 7, 170 00, www.zumtobel.com

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ, s.r.o.
Rejhotice 72, Loučná nad Desnou, 788 11, www.hotelds.cz

Konference Kurz osvětlovací techniky XXXIII, jak je již z názvu patrno, je 33. setkáním všech, kteří se světelnou technikou pracují, mají k ní co říct a mají ji také rádi.

Česká společnost pro osvětlování regionální skupina Ostrava se touto akcí snaží přispět k pravidelné výměně informací a řešení problémů, které se v oblasti osvětlování během roku vyskytnou.

Zaměření konference je tradiční, nicméně jsme se snažili vyzvednout následující, dle našeho názoru, nejaktuálnější témata:

Vnitřní osvětlení

- změny kvalitativních a kvantitativních parametrů LED během jejich provozu
- přenos dat a normalizované řídící protokoly
- problematika navrhování osvětlovacích soustav s LED svítidly

Venkovní osvětlení

- dynamické osvětlovací soustavy pro architektonické osvětlení
- optimalizace provozu osvětlovacích soustav pro venkovní pracovní prostory
- venkovní osvětlení jako potenciální zdroj rušivého světla

Veřejné osvětlení

- inteligentní osvětlovací soustavy VO
- kamerové systémy a VO
- svícení versus přenos signálu u VO
- zvyšování bezpečnosti v kritických oblastech na komunikacích

Denní osvětlení a hygiena

- nové pohledy na výpočty denního osvětlení
- problematika stárnutí osvětlovacích soustav (stanovení udržovacího činitele)
- vliv řízení osvětlovacích soustav na dodržení normativních požadavků

Elektro

- kvalita napájecích sítí v kontextu přenosu dat
- smart metering
- jištění osvětlovacích soustav

Workshop:

- Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci

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

Předseda ČSO Ostrava
prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

Obsah

Autor		Strana
Baleja Richard	Vliv náhradní teploty chromatičnosti na vnímání světelných parametrů v oblasti	**1**
Bálský Marek	Vliv teploty chromatičnosti LED na biodynamické osvětlení	**10**
Bíl Michal	Dopravní nehody v noci, za svítání a za soumraku v České republice prostorová analýza	**15**
Burdová Sabina	Bezpečný dopravní prostor	**21**
Černoch Jakub	Náhradní teplota chromatičnosti svítidel	**25**
Černoch Jakub	Pájené spoje a jejich spolehlivost v konstrukci svítidel - opomíjený detail svítidel s velkým vlivem na jejich spolehlivost	**32**
Darula Stanislav	Najnovsi vyvoj pri tvorbe europskej normy pre denne osvetlenie	**39**
Demel Martin	Prezentace výsledků porovnávácího měření umělého osvětlení 2017	**45**
Dubnička Roman	Meranie fotometrických parametrov lietadlových signalizačných svietidiel	**49**
Dvořáček Vladimír	Několik poznámek k terminologii nových světelných zdrojů	**59**
Gašparovský Dionýz	Vplyv zonácie hlavných povrchov miestností na návrh osvetlenia	**63**
Janiga Peter	Jalový výkon v sieťach verejného osvetlenia	**74**
Kaňka Jan	Denní osvětlení v občanském zákoníku	**78**
Kómar Ladislav	Monitorovanie svetelného znečistenia celo-oblohovým skenerom	**81**
Kunc Josef	Systém KNX se stal nejrozšířenějším systémem elektrických instalací	**86**
Kvarčák Miloš	Osvětlení versus bezpečnost	**95**
Lepší Jana	Co se již nevejde do NV č. 361/2007 Sb.	**99**
Lipnický Lukáš	Konštrukcia optických častí interiérových LED svietidiel s ohľadom na hodnotenie miery oslnenia osvetľovacích sústav	**108**
Maixner Tomáš	O světloměrech	**114**
Maixner Tomáš	Oslunění, proslunění a 25°	**122**
Mokráň Marek	Vplyv prevadzkovej teploty na foto metrické parametre LED	**127**

	modulov	
Motyčka Martin	Porovnání nejistot měření vybraných spektroradiometrů z hlediska spektrální přesnosti	**133**
Muchová Alena	Veřejné osvětlení v Bělském lese, Ostrava	**140**
Nekvapil Jan	Experimentální měření dutých světlovodů v laboratoři	**144**
Nieseg Petr	Kam kráčíš světelná techniko	**154**
Novák Daniel	Human Centrc Lighting	**159**
Nováková Petra	Technické normy v oblasti veřejného osvětlení jako součást právního řádu ČR	**162**
Petržala Jaromír	Korelácia zenitového jasu a SQM dát pre zamračenú nočnú oblohu v okolí mesta	**169**
Polák Eduard	SMART svítidlo pro akvaponii	**174**
Skotnicová Iveta	Pasivní osvětlovací systémy pro obtížně osvětlitelné prostory	**191**
Novák Tomáš	Aplikace Smart technologií do měst a obcí využitím prvků veřejného osvětlení	**199**
Staněk Pavel	Možnosti softwarového goniofotometru	**204**
Stupka Pavel	Ochrana zdraví před neionizujícím zářením	**206**
Škoda Jan	Optimální křivky svítivosti svítidel pro osvětlování komunikací	**210**
Štěpánek Jaroslav	Porovnání světelných zdrojů pro veřejné osvětlení z hlediska jejich vlivu na cirkadiánní rytmy	**217**
Tesař Jiří	Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci	**224**
Tesař Jiří	Příčiny nočních dopravních nehod	**233**
Tyrpa Miroslav	Nové možnosti řízení osvětlovacích soustav a jejich využití ve funkci cirkadiánních svítidel	**237**
Tyrpa Miroslav	Parametry nových světelných zdrojů LED a jejich konstrukce	**241**
Valíček Pavel	Ověření chování osvětlovací soustavy vnitřního osvětlení řízené na konstantní hladinu osvětlenosti	**245**
Žák Petr	Rušivé účinky umělého osvětlení	**253**
Žák Petr	LED světelné zdroje a přístroje	**263**
Žák Petr	Volba tříd osvětlení ve veřejném osvětlení	**269**

Gašparovský Dionýz	Zásadné tézy novej normy pre energetickú hospodárnosť osvetlenia v budovách	**276**
Gašparovský Dionýz	Návrh aktualizácie metodiky na určenie udržiavacieho činiteľa pre vnútorné aj vonkajšie osvetľovacie sústavy	**287**
Dubnička Roman	Smart city technológie vo verejnom osvetlení	**298**
Šmíd Marek	Výsledky evropské kooperace Národních metrologických institutů v rámci projektu „Metrology for Efficient and Safe Innovative Lighting“ programu EMRP	**304**
Dubnička Roman	Meranie fotometrických parametrov lietadlových signalizačných svietidiel	**305**
Vik Michal	Metriky podání barev COLOR FIDELITY INDEX	**315**
Helštýnová Barbara	Jasové přizpůsobení prostoru s více místy zrakových úkolů	**322**

Vliv náhradní teploty chromatičnosti na vnímání světelných parametrů v oblastimezopického vidění

Richard Baleja, Ing.,Peter Bos, Ing., Tomáš Novák, Ing., Ph.D., Karel Sokanský, prof., Ing., CSc.,

VŠB TU Ostrava, bal0034@vsb.cz, www.vsb.fei.cz

Abstrakt: Osvětlení komunikací je specifický případ světelných soustav, kdy se pozorovatel nachází v oblasti s poměrně nízkými adaptačními jasy. To znamená, že lidské oko nezhodnocuje světelné parametry osvětlení komunikace dle fotopické křivky citlivosti lidského oka, jako je tomu u denního vidění, ale pro její zhodnocení používá křivky citlivosti, které leží v oblasti mezopické citlivosti lidského oka. Maximální citlivost této křivky přitom závisí na velikosti adaptačního jasu, ve které se pozorovatel nachází. Pro porovnání rozdílů mezi fotopickými a mezopickými hodnotami světelných parametrů bylo zrealizováno několik měření osvětlení na komunikacích. Pro měření byly zvoleny komunikace s různými úrovněmi osvětlení a adaptačními jasy pozadí a různými světelnými zdroji s odlišnou náhradní teplotou chromatičnosti. Světelné parametry měřených komunikací byly vyhodnoceny z pohledu jasu pozadí vyhodnoceného pro mesopickou citlivost.

V rámci zkoumání změn citlivosti zrakového orgánu při přechodu z fotopického vidění do mezopického vidění, je nutno upozornit na fakt, že se jedná o periferní oblast zrakového orgánu. Centrální oblast oka (fovea) musí být ze zkoumání těchto změn vyloučena, protože v této oblasti se nacházejí pouze fotoreceptory fotopického vidění (čípky).

Článek poukazuje na fakt, že osvětlovací soustavy realizované LED mají výrazně nižší příkon ve srovnání s osvětlovacími soustavami osazenými vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Vzhledem k tomu, že vznikají tlaky na další snižování jasů (příkonů) osvětlovacích soustav veřejného osvětlení na základě využití mezopických jednotek, je nutné upozornit na fakt, že mezopická oblast zvýhodňuje LED osvětlení vůči vysokotlakým sodíkovým výbojkám pouze v periferní oblasti. Nelze tudíž realizovat veřejné osvětlení s LED na nižší, než normativní požadavky.

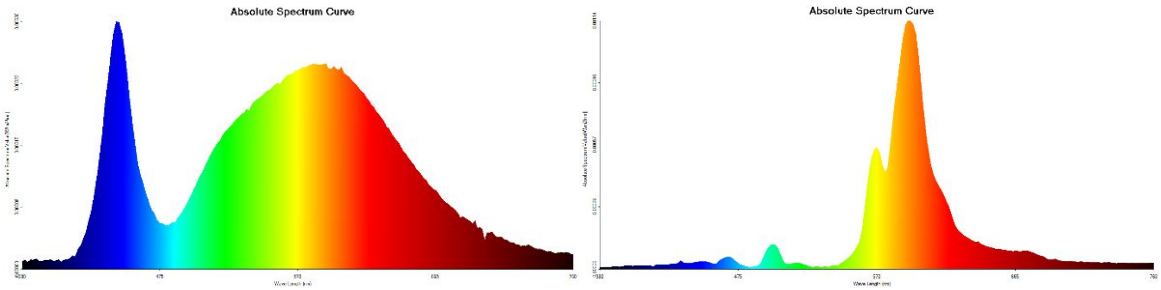
1 Úvod

Návrh osvětlení veřejných komunikací je poměrně složitý proces, při kterém je nutné respektovat několik předpisů a norem. V poslední době, došlo k změnám dvou norem pro návrh veřejných komunikací. V Září 2016 začala platit upravená norma ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací, část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení pro komunikace. Tato norma změnila postup při výběru třídy osvětlení pro danou komunikaci oproti předcházející normě. Zatřízení se po novém provádí pomocí bodového hodnocení dané komunikace. Druhá změna se týká normy ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací, část 2: Požadavky, která začala platit v Červnu 2016. V této normě došlo ke změnám některých požadovaných parametrů pro jednotlivé třídy osvětlení komunikací.

Samozřejmě, při návrhu osvětlovacích soustav veřejných komunikací musí být dodržené příslušné normy, ale častokrát je vhodné respektovat i různé vědecké studie a články, které se také zabývají problematikou veřejného osvětlení. Je důležité, aby navržená osvětlovací soustava poskytovala požadované normové hodnoty pro danou třídu komunikace, ale také je nutné vhodně zvolit typ světelného zdroje. V současné době je na trhu dostupných několik typu různých světelných zdrojů. Zejména se jedná o různé výbojkové světelné zdroje a LED

světelné zdroje. Tyto světelné zdroje se samozřejmě liší mezi sebou různými technickými parametry, ale pro tenhle článek bude dostatečné, když naši pozornost budeme věnovat jenom světelnému spektru a náhradní teplotě chromatičnosti.

Většinou jsou osvětlovací soustavy realizované pomocí výbojkových světelných zdrojů (vysokotlaké sodíkové výbojky, rtuťové výbojky). Tento způsob osvětlení se však v poslední době jeví jako dost nehospodárný a čím dál tím víc se tyto staré osvětlovací soustavy rekonstruují a dochází k jejich nahrazení LED světelnými zdroji. Při rekonstrukci staré osvětlovací soustavy ale i při návrhu nové soustavy je vždy nutné správně zvolit barvu světla světelného zdroje (náhradní teplotu chromatičnosti). S náhradní teplotou chromatičnosti úzce souvisí také spektrum světelného zdroje, kterého průběh nám určuje, které vlnové délky jsou pro daný světelný zdroj dominantní a které ne. V poslední době, se často krát rozebírá problematika modrého světla LED zdrojů, které může nepříznivě ovlivňovat cirkadiánní rytmy člověka, a proto je doporučeno, aby se do zastavěných oblastí používaly výhradně světelné zdroje s teplou barvou světla. Studenější odstíny je možno použít do méně zastavěných a průmyslových oblastí, popřípadě lze s těmito zdroji světla realizovat osvětlení motorizovaných komunikací s hustým provozem. S problematikou náhradní teploty chromatičnosti a vyzařovaného spektra souvisí také problematika mezopického vidění, kterou se tenhle příspěvek zabývá. V příspěvku jsou uvedeny příklady z měření světelných parametrů různých komunikací a jejich následné vyhodnocení, z kterého je patrný rozdíl těchto parametrů. Pro porovnání byly změřené a vyhodnocené komunikace, které byly osvětleny pomocí vysokotlakých sodíkových výbojek a pomocí LED světelných zdrojů. Pro lepší představu rozdílu ve spektrech těchto dvou světelných zdrojů, jsou spektra těchto světelných zdrojů znázorněny na obrázku 1.



Obr.1 Vyzařované spektrum LED zdroje vpravo a vysokotlaké sodíkové výbojky vlevo

2 Citlivost lidského zraku

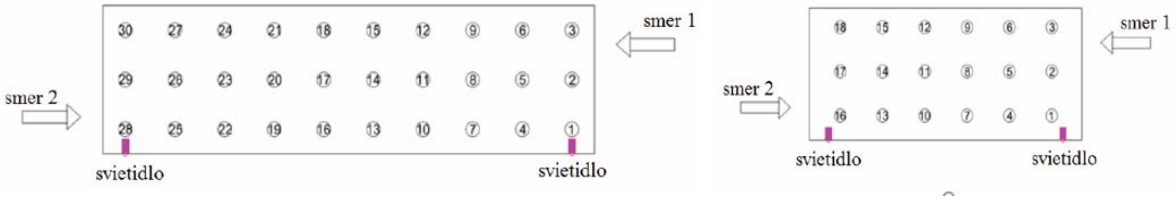
Lidské oko není stejně citlivé na záření různých vlnových délek. Průběh této závislosti i hranice viditelnosti jsou také různé u odlišných osob. Největší citlivost oka při dobrém osvětlení je určená citlivostí čípků a pohybuje se při fotopické vidění okolo 555 nm. Citlivost lidského zraku také závisí na tom, v jakém prostředí se pozorovatel nachází. Je rozdíl, když se pozorovatel nachází v prostředí, kde je dostatek světla, jako když se nachází v prostředí tmavém. Rozlišují se tři druhy vidění lidského zraku: fotopické vidění, skotopické vidění a mesopické vidění.

Citlivost při vysokých jasech (fotopické - denní vidění) se řídí dle fotopické křivky citlivosti lidského oka. Dle této křivky citlivosti je kalibrována většina zařízení, které měří fotometrické veličiny. Také světelné parametry, jako například světelný tok zdroje nebo svítidla je vždy udáván pro fotopickou citlivost lidského zraku. Problém však nastane, když se pozorovatel přesune z prostředí světlejšího do prostředí tmavšího. Křivka citlivosti lidského oka se pak začne posouvat z oblasti fotopické citlivosti (denní vidění), přes oblast mezopickou, až do oblasti skotopické citlivosti (noční vidění), pro kterou odpovídají velmi nízké jasy (méně než 0,005 cd/m^2). Skotopická křivka citlivosti lidského zraku je pro posouzení světelných

parametrů prakticky nepoužitelná, protože se jedná o oblasti s velmi nízkými jasy, ve kterých je viditelnost prakticky nulová. Z funkčního hlediska je ale pro nás zajímavá mezopická oblast, která se nachází mezi fotopickou a skotopickou křivkou citlivosti. Mezopickou oblast, na rozdíl od fotopické a skotopické oblasti, které jsou charakterizovány jenom jednou křivkou citlivost, tvoří soubor křivek citlivosti. Pro každou jednu hodnotu jasu existuje jedna křivka mezopické citlivosti, což znamená, že počet těchto křivek je nekonečný. Dle literatury, se rozsah mezopického vidění pohybuje v rozmezí jasu od 0,005 cd/m^2 do 3 cd/m^2. Zabývat se problematikou mezopickým viděním se má smysl jenom v případech, kdy se pozorovatel nachází v prostředí s jasem okolí ve zmíněném rozmezí. Hlavně se tedy jedná o oblast nouzového osvětlení a oblast osvětlování komunikací. V případě, že se pozorovatel nachází ve zmiňované oblasti a začne se uplatňovat citlivost dle některé mezopické křivky citlivosti, bude vnímání světelného toku zdroje jiné, než v případě vnímaní dle fotopické křivky citlivosti. Pro představu, vnímaná osvětlenost například na vozovce, bude buď větší nebo menší v mezopické oblasti v závislosti od typu světelného zdroje. Samozřejmě v praxi je nutné použít takové světelné zdrojů, aby vnímané množství světla v mezopické oblasti bylo větší jako v oblasti fotopické. Pokud bychom porovnávali dle vybrané mezopické křivky dva různé světelné zdroje se stejným světelným tokem (dle fotopické křivky), světelné toky zdrojů, zhodnocené přes mezopickou křivku budou různé, v závislosti na průběhu zářivého spektra jednotlivých světelných zdrojů. Pro ověření, zda je tento rozdíl světelných toků výrazný, bylo provedeno měření, které tuto problematiku mělo ověřit. Samozřejmě větší výsledný světelný tok má za následek vyšší osvětlenost vyhodnocenou v mezopické oblasti.

3 Měření osvětlenosti komunikací

Pro ověření zmíněné problematiky bylo nutné změřit vytipované úseky komunikací. Výběr vhodných lokalit byl náročný, protože bylo nutné najít místa, kde je hladina fotopické osvětlení přibližně stejná a osvětlení je realizováno pomocí různých světelných zdrojů. Po pečlivém zvážení byla pro posouzení zvolena část komunikace na ulici Technologická v části Ostrava - Poruba, na které je osvětlení realizováno pomocí vysokotlakých sodíkových výbojek s výkonem 70 W a náhradní teplotou chromatičnosti 2000K. Tato komunikace pokračuje až na ulici K Myslivně, kde je osvětlovací soustava realizována pomocí LED svítidel s výkonem 62 W a náhradní teplotou chromatičnosti 4000 K. Pro porovnání stejných LED zdrojů, ale s různou náhradní teplotou chromatičnosti, byla ještě změřena část komunikace u obchodního centra AVION v Ostravě, kde je osvětlení realizováno pomocí LED svítidel s výkonem 75 W a náhradní teplotou chromatičnosti 5000K. Osvětlenost na komunikacích nebylo nutné měřit dle ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací - Část 4 Metody měření, protože naší úlohou nebylo zjistit, zda je daná komunikace nasvětlená správně, ale jakých rozdílů v osvětlenosti jednotlivých bodů získáme. Rozložení měřících bodů na daných komunikacích je patrné z obrázku 2. Pozice měřených bodů byly zaznamenávaný z důvodu ověření přesnosti použitého měřícího přístroje, který pro měření osvětlenosti a vyzařovaného spektra nepoužíval jedno fotocitlivé čidlo, ale čidla dvě.



Obr.2 Pozice měřících bodů na komunikaci

Osvětlenost byla měřena pomocí spektrofotometru SPIC-200 firmy Everfine. Tenhle přístroj dokáže měřit osvětlenost a vyzařované spektrum a mnoho dalších světelných veličin zároveň. Jak už bylo zmíněno, tenhle přístroj používá pro měření dvě čidla. Jedno čidlo slouží pro měření osvětlenosti a druhé čidlo pro měření vyzařovaného spektra světelného zdroje. Z toho důvodu, bylo nutné tato dvě čidla porovnat, zda bude u obou čidel hodnota osvětlenosti stejná. Výstup z prvního čidla je osvětlenost v luxech, výstup z druhého čidla je vyzařované spektrum, které je zapsáno v tabelizované formě. Pro následné vyhodnocení a výpočty byly použité hodnoty z měření pomocí druhého čidla a proto bylo nutné osvětlenost v jednotlivých měřených bodech dopočíst dle vztahu:

$$E_P = \sum(V_\gamma \cdot \theta_\gamma) \cdot 683 \ [lx] \qquad (1)$$

kde: E_P - je fotopická hodnota osvětlenosti (lx),

V_λ - je fotopická citlivost lidského oka,

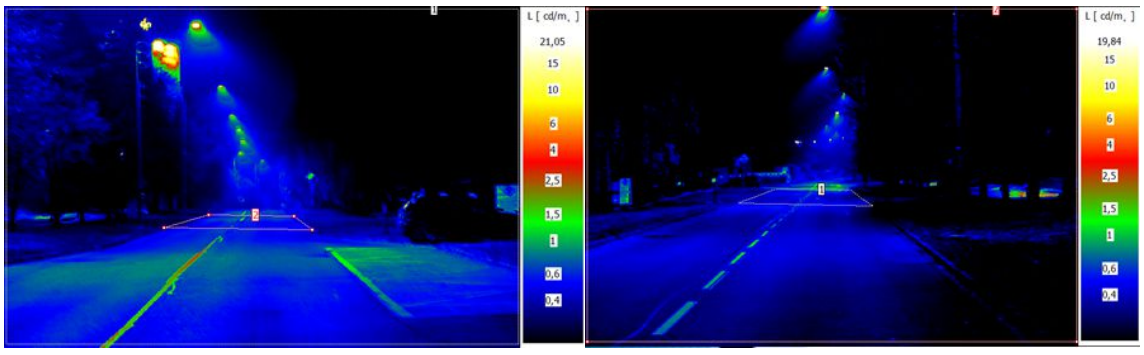
ϕ_λ - je vyzařovaný výkon světelného zdroje na příslušné vlnové délce (W/m^2/nm),

683 - světelná konstanta pro fotopické vidění, (lm/W) - charakterizuje maximální množství světelného toku, které jsme schopni získat z jednoho wattu.

Pomocí tohoto vztahu lze ověřit, zda se naměřená hodnota z prvního čidla shoduje s vypočtenou hodnotou druhého čidla. Lze konstatovat, že tyto hodnoty se mezi sebou lišili jenom minimálně.

4 Měření jasu okolí na vybraných komunikacích

Pro správné přiřazení odpovídající mezopické křivky citlivosti bylo nutné provést jasovou analýzu okolí, ve kterém se měřená komunikace nachází. Jasová analýza se musela provést v obou směrech, protože se jednalo o obousměrnou komunikaci a s dvěma různými směry přijíždějících řidičů. Jasový analyzátor byl umístěn ve výšce 1,5 m nad vozovkou v příslušném jízdním pruhu ve vzdálenosti 60 metrů od začátku měřeného pole komunikace. Celkově bylo zhotoveno šest jasových analýz pozadí, pro každou komunikaci se vyhodnocovali dva směry. Jasová analýza pozadí neboli okolí byla pořízena pomocí jasového analyzátoru CANON D450 od firmy LMK. Naměřené výsledky byly následně zpracovány v programu LMK LabSoft, ve kterém lze jednoduše určit plochy, které je nutné vyhodnotit. U každé jasové mapy byl hodnocen jas pozadí a jas povrchu komunikace. Příklad jasové analýzy, konkrétně pro soustavu s LED svítidly s náhradní teplotou chromatičnosti 4000K je zobrazen na obrázku 3.



Obr.3 Jasová analýza komunikace osvětlená LED svítidly, směr 1. vpravo, směr 2. vlevo

Při jasové analýze byly vždy vypočtené a zaznamenané tři hodnoty jasu: maximální, minimální a průměrný. Na obrázku 3. je viditelně znázorněná oblast měřené části komunikace. Jedná se o úsek o šířce komunikace a délce rovnající se rozteči mezi dvěma světelnými body.

Jasová analýza pozadí (okolí) nahrazující adaptační jas byl vyhodnocen pro celou plochu snímanou jasovým analyzátorem. Naměřené a vypočtené hodnoty pro jednotlivé směry se nacházejí v tabulce 1. a 2. Stejný postup analýzy jasových parametrů byl použitý i při ostatních dvou typech komunikací.

Jas cd/m^2	Minimální	Maximální	Průměr
Pozadí	0,068	21,05	0,422
Komunikace	0,264	1,80	0,565

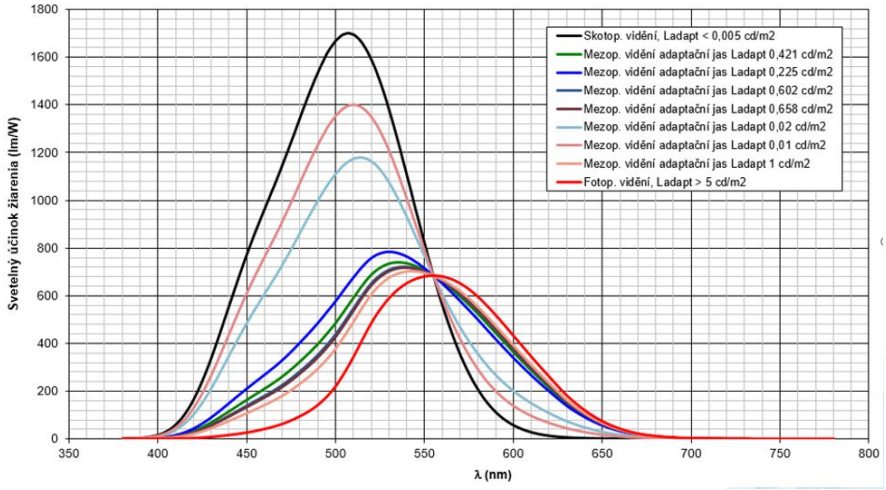
Tab.1 Hodnoty jasové analýzy pro směr 1.

Jas cd/m^2	Minimální	Maximální	Průměr
Pozadí	0,031	19,84	0,225
Komunikace	0,192	1,24	0,571

Tab.2 Hodnoty jasu pro směr 2.

5 Vyhodnocování osvětlení komunikací v mezopické oblasti

Pro každou hodnotu jasu pozadí existuje jedna křivka mezopické citlivosti. Tabelizované hodnoty pro fotopické a skotopické křivky citlivosti je možné získat z dostupné literatury, ale získat mezopickou křivku citlivosti pro daný jas je o něco složitější. Mezopické křivky citlivosti pro změřené jasy pozadí byly dopočteny pomocí předem definovaných mezopických křivek citlivosti pro dané adaptační jasy, které jsou vyhodnocené ve fotopické oblasti.



Obr.4 Průběhy fotopické, skotopické a mezopických citlivostí lidského oka

Vizualizace křivek citlivostí je znázorněná na obrázku 4. Je zde zakreslena i křivka pro fotopické vidění (červená křivka) a křivka pro skotopické vidění (křivka černá). Křivky, které se nacházejí mezi těmito dvěma křivkami jsou mezopické křivky citlivosti. Čím je adaptační jas nižší, tím se daná křivka posouvá blíže ke křivce skotopické a naopak. Pro každý adaptační jas mezopického vidění musí být kromě křivky citlivosti určena i konstanta, která definuje jaké maximální množství světelného toku jsme schopni získat při dané křivce citlivosti. Tato konstanta představuje hodnotu 683 lm/W pro fotopické vidění a pro skotopické vidění je tato konstanta mnohem větší 1700 lm/W. Hodnoty pro mezopické křivky citlivosti se pohybují v rozmezí mezi těmito dvěma hodnotami, v závislosti na velikosti adaptačního jasu.

Vysokotlaká sodíková výbojka 2000K						
	zmeraná		*spočítaná*			
	E(lx)	S/P	E(lx) fotopická	E(lx) skotopická	E(lx) mezopická	E(lx) mezopická
1	21,81	0,53	21,82	11,55	20,27	20,35
2	21,81	0,53	21,82	11,55	20,27	20,35
3	21,81	0,53	21,82	11,55	20,27	20,35
4	17,84	0,49	17,85	8,79	16,48	16,55
5	19,65	0,48	19,65	9,41	18,10	18,18
6	20,86	0,46	20,87	9,58	19,16	19,25
7	11,37	0,39	11,48	4,51	10,43	10,48
8	14,11	0,4	14,22	5,66	12,93	13,00
9	18,12	0,41	18,22	7,43	16,59	16,68
10	8,44	0,34	8,83	2,97	7,95	7,99
11	11,22	0,35	11,60	4,07	10,47	10,52
12	16,22	0,37	16,56	6,12	14,98	15,06
13	9,51	0,32	10,20	3,30	9,16	9,21
14	12,08	0,34	12,72	4,28	11,44	11,51
15	17,26	0,35	17,86	6,27	16,11	16,20
16	8,58	0,3	9,81	2,92	8,77	8,82
17	12,11	0,32	13,08	4,17	11,74	11,81
18	18,3	0,34	19,11	6,57	17,22	17,31
19	10,99	0,3	12,30	3,74	11,01	11,07
20	14,36	0,32	15,46	5,00	13,88	13,96
21	20,71	0,34	21,59	7,39	19,44	19,55
22	13,18	0,31	14,52	4,50	13,01	13,08
23	16,61	0,33	17,76	5,81	15,95	16,05
24	22,61	0,,34	23,59	8,08	21,25	21,37
25	16,17	0,32	17,49	5,58	15,69	15,79
26	20,69	0,34	21,77	7,38	19,60	19,71
27	20,69	0,34	21,77	7,38	19,60	19,71
28	19,5	0,33	20,75	6,83	18,65	18,76
29	22,16	0,34	23,38	7,86	21,03	21,15
30	22,92	0,34	23,38	7,86	21,03	21,15
Em(lx)	16,72	0,37	17,38	6,60	15,75	15,83

Obr.5 Naměřené a vypočtené hodnoty osvětleností na komunikaci osvětlené vysokotlakými sodíkovými výbojkami

LED 5000K						
	zmeraná		*spočítaná*			
	E(lx)	S/P	E(lx) fotopická	E(lx) skotopická	E(lx) mezopická	E(lx) mezopická
1	22,31	1,86	22,33	41,61	28,36	26,27
2	21,33	1,87	21,34	39,89	27,15	25,13
3	20,07	1,85	20,09	37,17	25,43	23,58
4	18,18	1,82	18,19	33,04	22,84	21,23
5	19,78	1,83	19,79	36,19	24,93	23,15
6	18,71	1,81	18,73	33,91	23,48	21,83
7	15,07	1,72	15,09	25,95	18,49	17,31
8	15,82	1,74	15,84	27,48	19,48	18,22
9	14,31	1,72	14,34	24,62	17,56	16,44
10	13,00	1,67	13,06	21,79	15,79	14,84
11	14,00	1,67	14,05	23,39	16,97	15,96
12	13,72	1,66	13,77	22,88	16,62	15,63
13	14,06	1,66	14,14	23,48	17,06	16,05
14	13,63	1,67	13,71	22,90	16,59	15,59
15	12,47	1,65	12,58	20,79	15,15	14,26
16	13,23	1,65	13,34	22,02	16,06	15,11
17	14,67	1,67	14,76	24,64	17,85	16,78
18	15,60	1,67	15,67	26,13	18,94	17,81
Em(lx)	16,1	1,73	16,15	28,22	20,0	18,62

Obr.6 Naměřené a vypočtené hodnoty osvětleností na komunikaci osvětlené LED svítidly s Tc = 5000K

LED 4000K						
	zmeraná		*spočítaná*			
	E(lx)	S/P	E(lx) fotopická	E(lx) skotopická	E(lx) mezopická	E(lx) mezopická
1	14,61	1,65	14,61	24,03	16,34	16,93
2	16,63	1,65	16,23	26,74	18,16	18,82
3	15,85	1,64	15,86	26,04	17,72	18,37
4	11,89	1,58	11,90	18,75	13,15	13,59
5	14,19	1,62	14,19	22,93	15,79	16,35
6	14,67	1,63	14,68	23,88	16,37	16,95
7	8,03	1,49	8,03	11,99	8,76	9,01
8	9,38	1,48	9,36	13,86	10,19	10,47
9	9,0	1,46	9,01	13,17	9,77	10,04
10	5,06	1,15	5,11	5,85	5,24	5,29
11	6,63	1,19	6,66	7,96	6,90	6,98
12	7,19	1,24	7,24	8,96	7,55	7,66
13	5,14	1,03	8,03	11,99	8,76	9,01
14	6,17	1,09	5,37	5,51	5,39	5,40
15	7,59	1,09	7,86	8,56	7,99	8,03
16	5,64	1,03	5,96	6,15	5,99	6,00
17	7,01	1,1	7,18	7,91	7,31	7,36
18	8,66	1,12	8,80	9,86	8,99	9,06
19	8,64	1,18	8,80	9,86	8,99	9,06
20	9,56	1,23	9,70	11,97	10,12	10,26
21	11,74	1,23	11,82	14,52	12,32	12,49
22	11,53	1,21	11,63	14,11	12,08	12,24
23	13,39	1,31	13,46	17,64	14,23	14,49
24	15,29	1,33	15,35	20,44	16,28	16,60
25	14,82	1,36	14,88	20,18	15,85	16,19
26	17,23	1,41	17,28	24,31	18,56	19,01
27	18,11	1,4	18,14	25,39	19,47	19,93
28	15,77	1,32	15,83	20,90	16,76	17,08
29	18,22	1,41	18,26	25,65	19,61	20,08
30	18,05	1,41	18,09	25,44	19,43	19,90
Em(lx)	11,52	1,33	11,64	16,15	12,47	12,75

Obr.7 Naměřené a vypočtené hodnoty osvětleností na komunikaci osvětlené LED svítidly s Tc = 4000K

Výsledky z měření osvětleností na komunikacích jsou zobrazeny na obrázku 5 až 7. První sloupec označuje pořadí měřícího bodu dle náčrtu na obrázku 2. Díky tomu jsme schopni určit jaký je rozdíl mezi měřenou a vypočtenou hodnotou osvětlenosti v tomto bodě. V dalším sloupci (v zeleném) je zobrazena hodnota osvětlenosti, která byla změřená spektrofotometrem SPIC-200 (čidlem pro měření osvětlenosti). Modrý sloupec zobrazuje S/P ratio. S/P ratio je definované jako podíl zářivého toku vyhodnoceného přes fotopickou a skotopickou křivkou citlivosti. Změny S/P ratio jsou dány změnami spektrálního vyzařování zdrojů pod různými úhly a eventuelními příspěvky od jiných světelných zdrojů. V dalších sloupcích jsou zobrazené hodnoty osvětleností, které byly dopočteny na základě změřených spekter měřících bodů. Jsou zde zobrazeny hodnoty osvětleností zhodnocené přes křivku fotopické citlivosti (denní vidění) dle vztahu (1). Dále hodnoty osvětleností zhodnocené přes křivku skotopické citlivosti (noční vidění) dle vztahu (2) a hodnoty osvětleností, které jsou zhodnoceny přes vypočtené křivky mezopické citlivosti dle vztahu (3). Pro mezopickou oblast vidění jsou zde zobrazeny dvě hodnoty osvětleností. A to z toho důvodu, jak již bylo zmíněno, protože adaptační jas byl při každém měření zaznamenám v každém směru z pohledu řidiče. Proto ve finálním zhodnocení musíme osvětlenost počítat pro každou mezopickou křivku samostatně. Pro jednoduší porovnání jsou vždy ve spodním řádku (oranžový) vypočtené průměrné hodnoty.

$$E_S = \sum\left(V'_\gamma \cdot \theta_\gamma\right) \cdot 1700 \ [lx] \qquad (2)$$

Kde: E_S - je hodnota skotopické osvětlenosti (lx),

V'_λ - je skotopická citlivost lidského oka,

ϕ_λ - je vyzařované spektru světelného zdroje (W/m2),

1700 - světelná konstanta pro skotopické vidění (lm/W) - charakterizuje maximální množství lumenů, které jsme schopní získat z jednoho wattu.

$$E_M = \sum (V'_\gamma \cdot \theta_\gamma) \cdot X \ [lx] \qquad (3)$$

Kde: *EM - je hodnota mezopické osvětlenosti (lx),*

V"λ - je mozopická citlivost lidského oka,

ϕλ - je vyzařované spektru světelného zdroje (W/m2),

X - světelná konstanta pro mezopické vidění (lm/W) - charakterizuje maximální množství lumenů, které jsme schopní získat z jednoho wattu. Tato konstanta se mění v závislosti od velikosti adaptačního jasu pozadí. Může nabývat hodnot od 683 lm/W do 1700 lm/W.

6 Závěr

Na základě porovnání naměřených a vypočtených hodnot zobrazených na obr. 7 až 9 lze konstatovat, že typ světelného zdroje ovlivňuje vnímaní osvětlenosti v jednotlivých oblastech vidění. Vysokotlaké sodíkové výbojky mají S/P ratio ve srovnání s LED svítidly (obou barev) velmi nízké. Je to způsobeno charakteristikou vyzařovaného spektra, (obr. 2) které dominantě vyzařuje záření mimo oblast spektrální citlivosti skotopického vidění. Z toho důvodu je i výsledná skotopická osvětlenost výrazně menší než fotopická. Co se týče hodnot osvětlení v mezopických oblastech vidění jsou tyto hodnoty u LED větší než ve fotopických oblastech osvětlení. V případě vysokotlakých sodíkových výbojek je situace opačná. Mezopické vidění se uplatňuje zejména v oblasti LED zdrojů. A platí, že čím je náhradní teplota chromatičnosti vyšší nebo je nižší adaptační jas pozadí, tím je přírůstek osvětlení v mesopické oblasti vyšší. Z naměřených rozdílů mezi fotopickým a mezopickým hodnocením osvětlenosti vyplývají následující důležité poznatky.

- Při použití LED s vyšší teplotou chromatičnosti dochází ke zvýšení citlivosti lidského oka v oblasti periferního vnímání. Tato vlastnost se může pozitivně projevit lepším vnímáním okrajových oblastí okolo komunikací a tedy lepší viditelností například chodců, kteří se pohybují (vyskytují) mimo komunikaci a mohli by do komunikace vstoupit.

- Velmi důležitý je i poznatek, že vnímání v mezopické oblasti může být velmi rozdílné z různých druhů pohledu. Pokud řidič přijíždí do oblasti z vysokým jasem, vliv změny barvy světla se výrazným způsobem snižuje, ve srovnání se situací při které řidič přijíždí do oblasti s malým jasem pozadí.

Tenhle článek poukazuje na možnost ovření hodnot osvětlení na komunikacích v mesopické oblasti. Při návrh osvětlovacích soustav veřejných komunikací je však důležité brát ohled na další důležité fakty, které souvisí s problematikou mesopického vidění.

Poznámka 1: Vzhledem k tomu, že výše uvedené poznatky fungují pouze v periferní oblasti, tak nelze při použití LED snižovat normativní požadavky na osvětlování komunikací.

Poznámka 2: Výrazné zvyšování náhradní teploty chromatičnosti u LED může vést k negativnímu vnímání barvy světla u obyvatel. Jedná se o psychologické působení barvy světla na cyrkadiánní rytmy lidského těla. Pro instalace veřejného osvětlení v obydlených oblastech se proto doporučuje maximální teplota chromatičnosti 4000 K.

Literatura a odkazy

[1] J. L. Barbur, A. Stockman, “Photopic, mesopic and scotopic Vision and Changes in Visual Performace“ Dostupné z: ttp://www.academia.edu/4491812/Photopic_Mesopic_and_Scotopic_Vision_and_Changes_in_Visual_Performance

[2] H. Hertenstein, M. Bach, N.J. Gross, F. Beisse, “Marked dissociation of photopic and mesopic contrast sensitivity even in normal observers,“ Graefe's Archive for Clinical ad Experimental Ophthalmology, 2016, vol. 254, pp. 373–384. ISSN 0721832X.

[3] Ing. Richard Baleja, Ing. Petr Bos, Doc. Ing. Tomás Novák, Ph.D., prof. Ing. Karel Sokanský, The evaluation of light parameters in the public lighting in the sphere of mesopic vision, Electric Power Engineering EPE, May 2016

[4] Ing. Richard Baleja, Ing. Petr Bos, Doc. Ing. Tomás Novák, Ph.D., prof. Ing. Karel Sokanský, Mesopic Vision Utilization During Public Illumination Realisation by Means of LED, The 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, Stará Lesná 2017

Vliv teploty chromatičnosti LED na biodynamické osvětlení

Ing. Marek Bálský, Ph.D., Ing. Rudolf Bayer, Ph.D., Ing. Zuzana Panská, Ing. Jan Zálešák, ČVUT v Praze, FEL, balskmar@fel.cvut.cz, http://light.feld.cvut.cz

Abstrakt: Příspěvek se zabývá biodynamickým osvětlením, tedy umělým osvětlením, které by mělo co nejlépe kopírovat spektrální složení a denní průběh přirozeného denního světla. Biodynamického osvětlení lze docílit řízením svítidel s několika různými zdroji světla s různou teplotou chromatičnosti, tedy v současnosti zejména s využitím LED. Příspěvek se proto zabývá analýzou spektrálního složení a dalších fotometrických parametrů světla průmyslově využívaných vzorků LED a jejich vlivy na biodynamické osvětlení.

1 Úvod

Člověk se po tisíciletí vyvíjel v přírodních podmínkách, trávil tedy většinu svého aktivního času za denního světla. Denní světlo se stalo pro lidské tělo hlavním zdrojem informací o čase a lidský organismus podle průběhu a spektrálního složení denního světla řídí většinu životně důležitých biorytmů (např. krevní tlak, tep, tělesnou teplotu, produkci hormonů, příp. fázi aktivity a odpočinku organismu). V posledních desetiletích stále častější a déle trvající přítomnost člověka v interiérech je příčinou nedostatku denního světla jako signálu pro tzv. cirkadiánní čidla, tedy receptory, které řídí chod zmíněných biorytmů (cirkadiánních rytmů)[1].

Biodynamické umělé osvětlení by mělo napodobovat cirkadiánní rytmy člověka tak, aby byly podporovány přirozené biologické procesy, které spouští v lidském organismu fázi odpočinku a fázi aktivity. Z toho vyplívá stále častější požadavek na biodynamické řízení moderních osvětlovacích soustav, které umožní co nejlépe napodobit spektrální složení umělého osvětlení podle spektrálního složení přirozeného světla v průběhu dne.

Aktivaci biologických rytmů umělým osvětlením lze dosáhnout světlem s vysokým obsahem modrého spektra s vlnovou délkou okolo cca 480 nm v součinnosti s vysokou hladinou osvětlení (tedy podmínek, které za denního světla nastávají v pro člověka nejaktivnější části dne – v poledne)[2]. Regulace modré složky světla může být docílena použitím řízení alespoň dvou typů LED zdrojů s různou teplotou chromatičnosti (tedy s různým podílem modré složky) ve svítidle.

2 Hodnocení účinků biodynamického osvětlení

Při hodnocení účinků biodynamického osvětlení na cirkadiánní rytmy člověka jsou obvykle užívány veličiny analogické základním fotometrickým veličinám, tedy např. světelnému toku.

2.1 Světelný tok

Světelný tok ϕ je zářivý tok ϕ_e zhodnocený zrakem podle spektrální citlivosti oka *V(λ)*. Světelný tok ϕ složeného záření se vypočte dle vztahu (1).

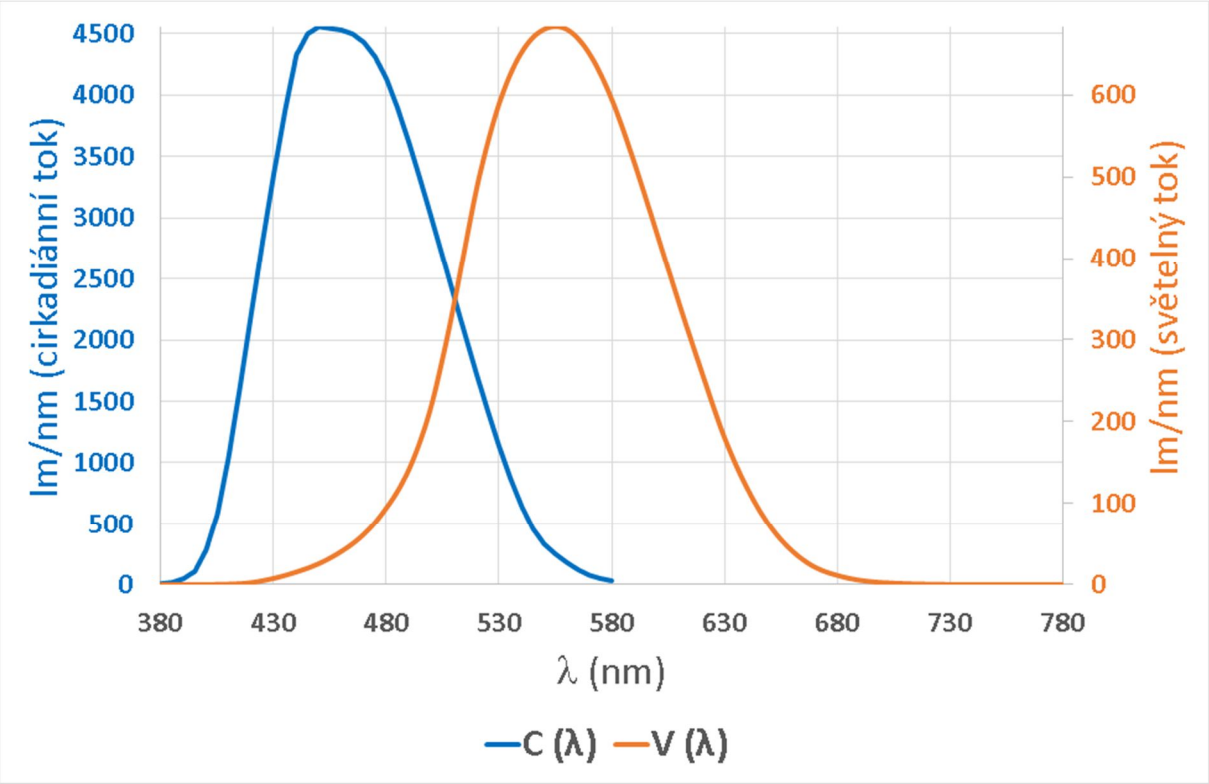
$$\Phi = \int_{380\,nm}^{780\,nm} \mathrm{V}(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda)\, d\lambda \qquad [\mathrm{lm};\mathrm{lm}\cdot\mathrm{W}^{-1},\ \mathrm{W}] \qquad (1)$$

Kde *V(λ)* [lm·W^{-1}] je světelný účinek záření o vlnové délce *λ* při denním (fotopickém) vidění [1].

2.2 Cirkadiánní tok

Jak již bylo zmíněno v úvodu, aktivace biologických rytmů souvisí s hladinou osvětlení a jeho účinkem na cirkadiánní čidla. Stejně, jako je účinek světla na fotoreceptory denního vidění definován spektrální citlivostí zraku při denním (fotopickém) vidění *V(λ)*, je i účinek světla na cirkadiánní čidla popsán spektrální citlivostí cirkadiánních čidel *C (λ)* [2]. Průběhy obou veličin jsou na Obr.1. Analogicky k světelnému toku tak lze definovat i tzv. cirkadiánní tok ϕ_c dle vztahu (2).

$$\Phi_c = \int_{380\ nm}^{580\ nm} \mathrm{C}(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda)\, d\lambda \qquad [\mathrm{lm};\mathrm{lm}\cdot\mathrm{W}^{-1},\ \mathrm{W}] \qquad (2)$$



Obr.1 Průběh spektrální citlivosti zraku při denním vidění *V(λ)* a citlivosti *C (λ)* cirkadiánních čidel

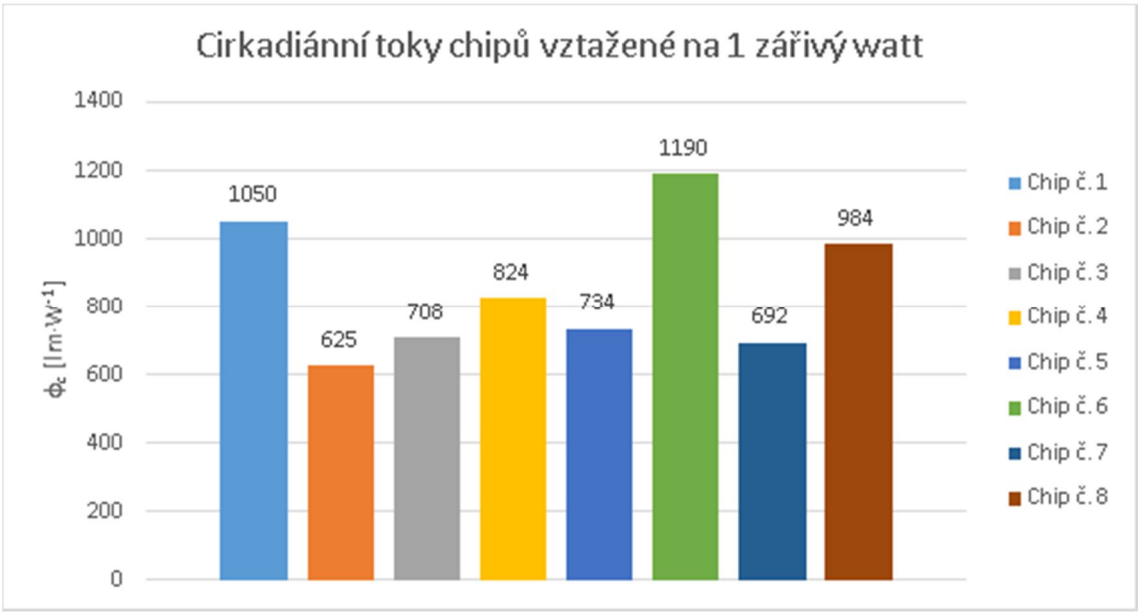
Pro stanovení světelného a cirkadiánního toku světelných zdrojů je dle uvedených definičních vztahů fotometrických veličin třeba spektrometr. Cílem tohoto článku bylo využít jinou snadno zjistitelnou fotometrickou veličinu, která by umožnila alespoň přibližně zhodnotit účinky biodynamického osvětlení bez nutnosti využití pokročilejšího přístrojového vybavení. Vzhledem k tomu, že citlivost cirkadiánních čidel je nejvyšší v oblasti modré, může být využita fotometrická veličina, která zohledňuje zastoupení modré složky ve světle světelných zdrojů, tedy např. teplota chromatičnosti. Vyšší hodnoty teploty chromatičnosti teplotních zdrojů světla znamenají vyšší podíl modré složky ve spektru těchto zdrojů (Wienův posunovací zákon [3]).

3 Analýza parametrů vybraných vzorků LED

Na základě kapitoly 2 byla provedena níže vyhodnocená analýza spektra, náhradní teploty chromatičnosti a dalších fotometrických parametrů vybraných vzorků LED čipů a LED pásků používaných v průmyslové výrobě svítidel firmy Halla, a.s.

Chip č.	Produktový kód Citizen Electronics	Katalogová teplota chromatičnosti	Naměřená teplota chromatičnosti	Vypočtený cirkadiánní tok	Vypočtený zářivý tok
		T_C [K]	T_C [K]	ϕ_c [lm]	ϕ_e [W]
1	CLU036-1208C1-403H5G3	4000	4010	11070	10,50
2	CLU038-1206C4-273H5K2	2700	2780	5380	8,60
3	CCL032-1212A5-273M1A2	2700	2750	6200	8,77
4	CLU034-1205B8-303M1A2	3000	3040	5310	6,45
5	CLU038-1206C4-303H5K2	3000	3070	6420	8,75
6	CLL032-1205A5-403M1A2	4000	4070	5080	4,28
7	CLU028-1204C4-303H7K4	3000	3050	3770	5,45
8	CLU028-1204C4-403H7K4	4000	3940	5230	5,32

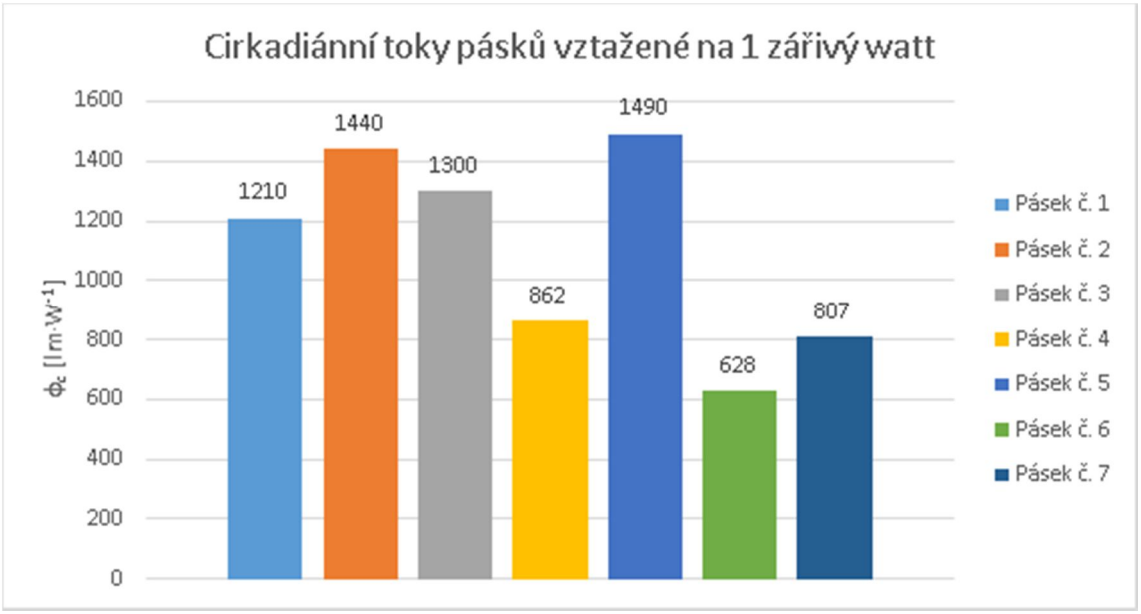
Tab.1 Katalogové a naměřené parametry vybraných vzorků LED čipů Citizen Electronics [4]



Obr.2 Cirkadiánní toky vybraných LED čipů vztažené na 1 zářivý watt [4]

LED pásek č.	Produktový kód (S = Samsung Electronics, C = Citizen Electronics)	Katalogová teplota chromatičnosti	Naměřená teplota chromatičnosti	Vypočtený cirkadiánní tok	Vypočtený zářivý tok
		T_C [K]	T_C [K]	ϕ_c [lm]	ϕ_e [W]
1	SPMWHT 541MD5WATM S3	4000	4070	6970	5,77
2	SPMWH T541MD5WARM S3	5000	4910	8490	5,92
3	CLL130-0101B2-403M1C5	4000	4550	6720	5,18
4	CLL130-0101B2-303M1C5	3000	3210	4400	5,11
5	SPMWHT 541MD5WAPM	6500	6160	6310	4,24
6	SPMWHT 541MD5WATM	2700	2750	2360	3,75
7	SPMWHT 541MD5WAVM S3	3000	3020	4510	5,59

Tab.1 Katalogové a naměřené parametry vybraných vzorků LED pásků Citizen Electronics a Samsung Electronics [4]



Obr.3 Cirkadiánní toky vybraných LED pásků vztažené na 1 zářivý watt [4]

4 Závěr

Analýza cirkadiánních toků a teploty chromatičnosti vybraných vzorků LED čipů a LED pásků využívaných v průmyslové výrobě uvedená v kapitole 3 ukazuje přímou úměru mezi změřenou náhradní teplotou chromatičnosti a velikostí vypočtených cirkadiánních toků přepočtených na 1 W zářivého toku. Vzhledem k principu vzniku bílého světla použitých LED zdrojů vykazují i vzorky LED s nižšími teplotami chromatičnosti poměrně vysoký cirkadiánní tok. Spektrum všech vybraných LED čipů a pásků je tvořeno světlem modré LED (v oblasti vysoké spektrální citlivosti cirkadiánních čidel) a spektrem světla vzniklého s využitím luminoforů nanesených na čipu modré LED. Cílem další analýzy může tedy být porovnání cirkadiánních toků konvenčních teplotních zdrojů světla se zdroji světla LED se shodnou teplotou chromatičnosti (např. 2700 K).

Literatura

[1] Habel, Jiří: Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3

[2] licht.wissen 19: Impact of Light on Human Beings [online]. Germany: Fördergemeinschaft Gutes Licht – eine Brancheninitiative des ZVEI, 2014. ISBN PDF edition 978-3-926193-99-5.

[3] Wien, Willy: Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie. Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Verl. d. Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin: 1893, Erster Halbband 1893, S. 55

[4] Klenovec, Jan: Analýza spektra světelných diod a jejich vhodnost pro umělé osvětlení. Praha: ČVUT, FEL, katedra elektroenergetiky, 2017, diplomová práce

[5] DIN SPEC 67600: Biologically effective illumination - Design guidelines. English translation of DIN SPEC 67600:2013-04. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung, 2013

Dopravní nehody v noci, za svítání a za soumraku v České republice: prostorová analýza

Michal Bíl, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., michal.bil@cdv.cz
Jiří Sedoník, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., jiri.sedonik@cdv.cz
Richard Andrášik, Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., richard.andrasik@cdv.cz

Abstrakt: V příspěvku byl zhodnocen výskyt a prostorové rozmístění dopravních nehod, které se udály v období 2014 – 2016 na silniční síti ČR v noci, za svítání a za soumraku. Použita byla databáze dopravních Police ČR. Po odfiltrování všech nehod vzniklých ve dne, zůstalo k analýze 60 644 záznamů. Za účelem následné sanace jsme vymezili nebezpečná místa, což jsou lokality s významně vysokým počtem dopravních nehod. Pro identifikaci těchto míst jsme použili metody shlukové analýzy KDE+. Tato metoda rozšiřuje standardní metodu jádrového odhadu hustoty o statistický test významnosti a určení pořadí výsledných shluků podle jejich nebezpečnosti. Získané výsledky byly vizualizovány ve webové mapové aplikaci avison.cdvinfo.cz.

1 Úvod

Dopravní nehody jsou jedním z nejzávažnějších negativních projevů mobility obyvatel. Policie ČR se ročně zabývá okolo 90 000 dopravními nehodami, z nichž se přibližně čtvrtina stane v noci, za svítání nebo za soumraku. Cílem naší analýzy je zhodnotit výskyt a prostorové uspořádání dopravních nehod v noci, za svítání a za soumraku, které se udály na silniční síti ČR v období 2014 – 2016. Dále jsme se zaměřili na určení, kde se případné nebezpečné lokality nacházejí, a sestavení seznamu nejvíce nebezpečných lokalit. Za tímto účelem byla použita metoda KDE+ [1].

V následující kapitole se věnujeme použité datové sadě a jejímu základnímu popisu. Následuje stručné vysvětlení základních principů použitých postupů. Čtvrtá kapitola je pak věnována získaným výsledkům statistických analýz. V celém textu pracujeme pouze s dopravními nehodami v noci, za svítání a za soumraku v České republice v období 2014 – 2016, přičemž dopravní nehody se zvěří nebyly v analýzách uvažovány. Kvůli jednoduchosti budeme tuto datovou sadu dopravních nehod označovat zkráceně DN.

2 Data

Hlavním zdrojem dat pro analýzu DN je databáze dopravních nehod, kterou spravuje služba dopravní policie ČR a jež je poskytována v měsíčních intervalech Centru dopravního výzkumu. Každá dopravní nehoda je lokalizována pomocí GPS a obsahuje atributy, které popisují okolnosti vlastní nehody, zúčastněná vozidla a následky pro posádky nebo chodce.

V analýze jsme se zaměřili na celou silniční síť ČR a období 2014 – 2016. V tomto období se událo 277 790 dopravních nehod. Mezi atributy je obsažena informace o tom, zdali šlo o dopravní nehodu ve dne, v noci, za soumraku či za svítání. Tento atribut vyplňuje policista přímo na místě a s ohledem na ohlášený čas nehody. Navíc je rovněž k dispozici informace o tom, zda šlo o dopravní nehodu se zvěří či nikoliv. Dopravní nehody se zvěří nás v této analýze nezajímaly, a tudíž jsme je odfiltrovali.

Po výběru pouze těch nehod, které se staly v noci, nebo za svítání či soumraku a nejednalo se o dopravní nehodu se zvěří, zbylo 60 644 záznamů. Základní přehled analyzovaného souboru dat je uveden v Tab. 1.

Rok	Počet DN na mezikřižovatkových úsecích	Počet DN v křižovatkách
2014	14 418	4 203
2015	15 771	4 503
2016	17 166	4 583
Celkem	47 355	13 289

Tab.1 Základní přehled analyzovaného souboru dat o DN.

3 Metody

Statistické hodnocení dopravních nehod se provádí mnoha způsoby. V této práci budeme prezentovat základní popisnou statistiku a výsledky prostorové analýzy DN. Prostorová analýza si klade za cíl vymezit v silniční síti taková místa (shluky, hotspoty), ve kterých dochází ke koncentraci DN. Vymezení je důležité zejména s ohledem na následnou sanaci těchto lokalit. Dopravní nehody mimo „hotspoty“ se totiž vyskytují, s ohledem na daný úsek komunikace, prostorově náhodně. Naopak v místech shluků je přítomen jeden nebo více lokálních příčin způsobujících koncentraci nehod právě v daném místě.

3.1 KDE+

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. vyvinulo metodu KDE+, jež slouží k identifikaci shluků dopravních nehod na pozemních komunikacích a je primárně určena pro mezikřižovatkové úseky. Základní myšlenkou této metody je použití jádrového odhadu hustoty na data o dopravních nehodách a následné určení statisticky významných shluků. Detailně je celý postup popsán v [1, 2]. Hlavním přínosem metody KDE+ je objektivní stanovení hladiny významnosti pomocí metody Monte Carlo a ohodnocení významných shluků podle jejich nebezpečnosti (tzv. síla shluku a kolektivní riziko), což umožňuje vytvoření pořadí významných shluků.

Ve významných shlucích má smysl studovat (místní) příčiny koncentrací dopravních nehod. Za tímto účelem lze využít jednak atributy dopravních nehod nacházejících se v daném významném shluku, a také informace získané inspekcí dané lokality.

3.2 Problematika křižovatek

Aplikace metody KDE+ není z principu možná na křižovatky, neboť se z pohledu prostorové analýzy jedná o bod, a nelze tudíž hovořit o prostorové analýze. Musíme tedy použít jiného postupu. Jako vhodný postup pro určení nebezpečných křižovatek se nabízí empirická Bayesova metoda [3]. Výhodou této metody je využívá jak empirických dat o dopravních nehodách, tak i apriorní informaci o nebezpečnosti dané křižovatky. Nevýhodou je její časová náročnost sběru dat. Nejdříve je totiž potřeba sestavit regresní model (zpravidla se používá negativní binomická regrese), do kterého vstupují atributy křižovatky, ne pouze záznamy o dopravních nehodách.

Vzhledem k tomu, že jsme v této fázi projektu neměli k dispozici atributy křižovatek, pokusili jsme se posoudit jejich nebezpečnost pouze na základě počtu DN a odhadu střední hodnoty DN za rok. Použili jsme aritmetický průměr a medián.

4 Výsledky

4.1 Mezikřižovatkové úseky

Bylo identifikováno 3 349 shluků s celkovou délkou 392,7 km a obsahujících 9 117 DN. Tedy 19,3 % analyzovaných DN (mimo křižovatky) se nachází na 0,3 % komunikací ČR. Pokud vezmeme v potaz jen ty nejdůležitější shluky (vybrané podle tzv. globální síly shluku), dostaneme setříděný seznam 960 shluků pokrývajících 133,5 km silnic ČR. V průměru se v těchto shlucích nachází 3,6 DN na 100 m. Následující tabulka obsahuje informace ohledně pěti shluků, jež mají pro následnou inspekci a sanaci nejvyšší prioritu.

Pořadí	Počet DN ve shluku	Počet DN na celém úseku	Délka shluku [m]	Síla shluku	Kolektivní riziko
1	38	43	468	0,8747	57,6
2	21	71	203	0,4694	50,1
3	8	8	53	0,1890	43,1
4	4	4	15	0,0636	43,0
5	5	5	24	0,0924	39,1

Tab.2 Seznam pěti nejnebezpečnějších shluků seřazených podle kolektivního rizika, což je míra používaná v případě, kdy je cílem sanovat místa s největším potenciálním snížením počtu nehod. Všechny uvedené, ale i ostatní shluky, je možné detailně prozkoumat ve webové mapové aplikaci, viz dále v textu.

4.2 Křižovatky

Na křižovatkách v ČR se v průměru stalo 0,4 DN za rok, přičemž na 65,7 % křižovatek se nestala žádná DN. Nejprve jsme se zaměřili na zjištění, zda existuje závislost mezi počty DN v jednotlivých letech. K tomuto účelu jsme vypočítali Pearsonův (lineární závislost) a Spearmanův (monotonie) korelační koeficient. Na základě těchto korelačních koeficientů jsme došli k závěru, že jsou počty DN v jednotlivých letech 2014 – 2016 nekorelované.

Ve druhém kroku jsme ke každé křižovatce vypočítali aritmetický průměr a medián počtu DN. Informace k prvním pěti křižovatkám seřazených model aritmetického průměru počtu DN jsou uvedeny v Tab. 3.

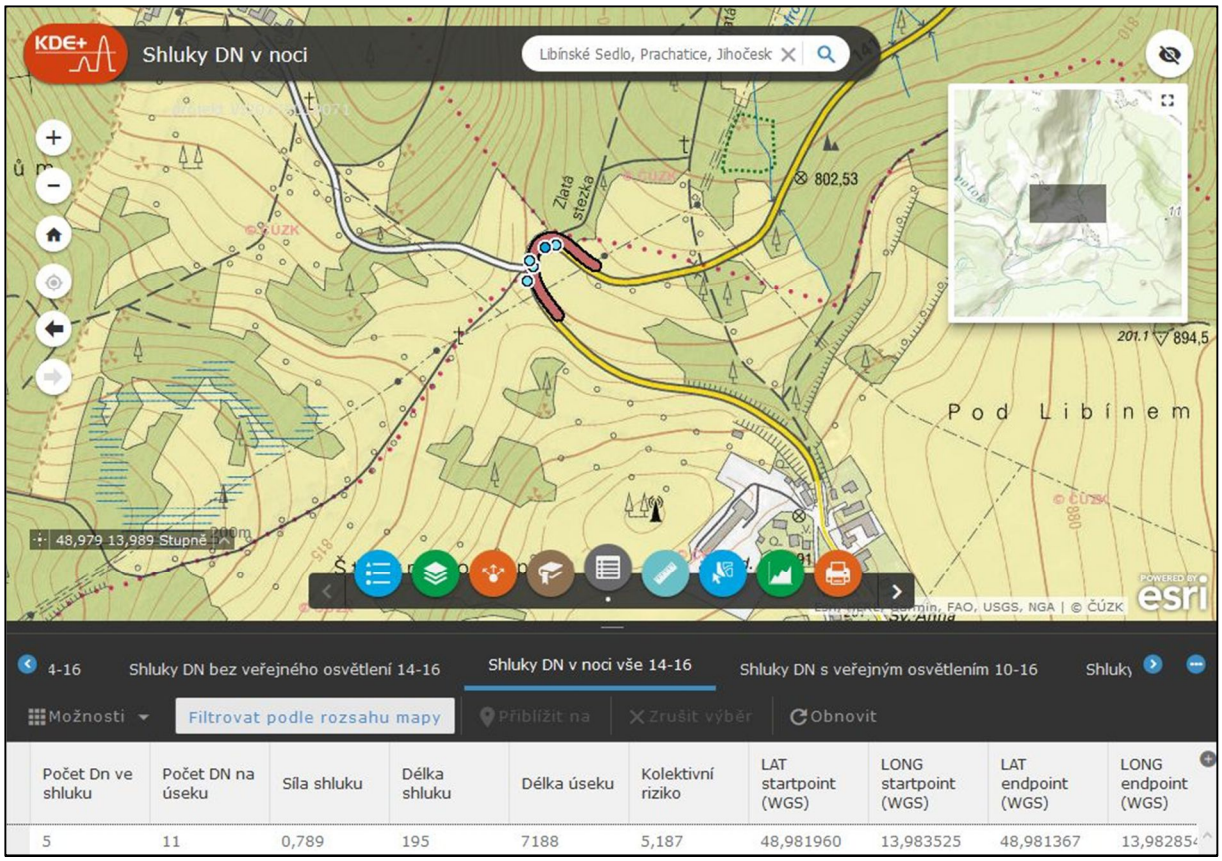
Pořadí	Aritmetický průměr počtu DN	Medián počtu DN
1	6,3	7
2	5,7	5
3	5,3	5
4	4,0	3
5	3,7	4

Tab.3 Seznam pěti nejnebezpečnějších křižovatek seřazených podle aritmetického průměru počtu DN za rok.

4.3 Webová mapová aplikace

Prezentace výsledků prostorových analýz je optimální nad mapovým podkladem. V poslední době se spíše než papírové mapy uplatňují webové mapové aplikace, které umožňují volbu mapového podkladu a také nabízejí mnoho nástrojů pro lepší pochopení zobrazované skutečnosti.

CDV využilo nástroje Web AppBuilder for ArcGIS nad platformou ArcGIS server firmy ESRI (citace), který umožňuje vytvářet webové mapové aplikace a sdílet je v určitém okruhu uživtelů nebo veřejně na internetu. Pro zobrazení výsledků jsme připravili responzivní aplikaci, která je dostupná na adrese avison.cdvinfo.cz (Obr. 1).



Obr.1 Ukázka webové mapové aplikace. V horní části je mapové pole s přehledovou mapou a ovládacími prvky. Ve spodní části je atributová tabulka.

Základním obsahem celé aplikace je webová mapa, sestavená z vlastních tematických dat: DN, KDE+ shluky dopravních nehod a podkladová data (Základní mapa ČR, Ortofoto ČR). DN jsou symbolizovány podle toho, jestli nastaly v křižovatce či mimo ni a barevně rozlišeny podle atributu „Viditelnost“ z policejního formuláře:

- za svítání nebo soumraku
- s veřejným osvětlením, nezhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek
- s veřejným osvětlením, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek
- bez veřejného osvětlení, nezhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek
- bez veřejného osvětlení, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek

Pro nehody v křižovatkách byla zvolena forma vizualizace prostřednictvím tzv. heat-mapy, která představuje relativní hustotu bodových geografických prvků (DN) v mapě. Využívá se při zobrazení překrývajících se nebo velmi blízkých bodových geodat v malých měřítcích, ve kterých je lépe vykresluje prostřednictvím pomocí spojité vrstvy měnící odstíny barvy od chladných (nízká hustota DN) až po teplé (vysoká hustota DN v prostoru). Po přiblížení se na konkrétní lokalitu křižovatky (ve větším měřítku) se v mapě zobrazí již samotné bodové téma DN.

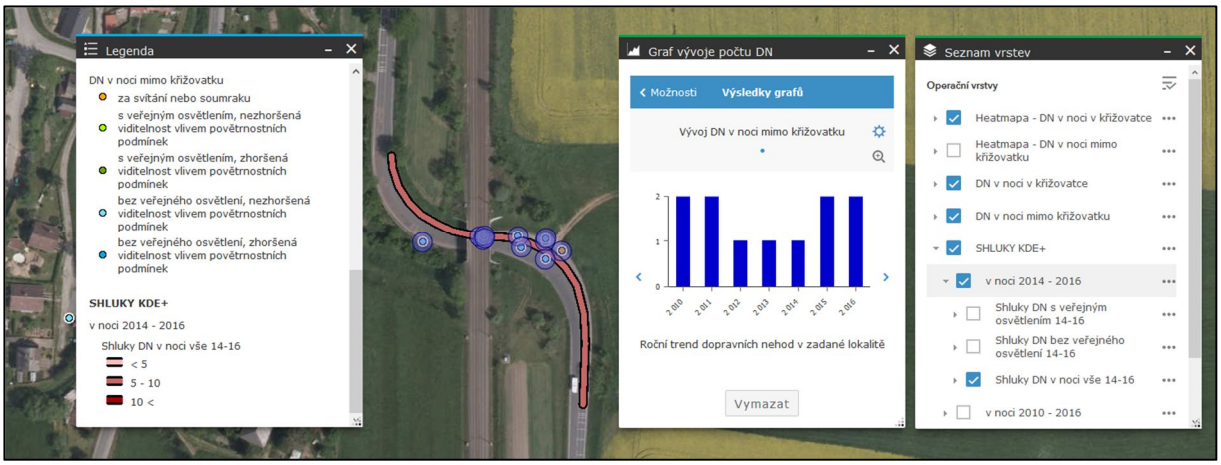
Fungují zde standartní uživatelské funkce pro práci s webovou mapou – zoom, posun mapy, změna výřezu, vyhledávání místních názvů, zobrazení přehledové mapy apod. Po kliknutí na objekt v mapě se otevře vyskakovací okno s popisnými atributy o daném prvku (DN, shluk)

Ve spodní liště jsou ukotveny pokročilé funkce a nástroje mapové aplikace – zobrazení legendy, přepínání mapových vrstev, vytváření prostorových záložek, měření délek a ploch v mapě, tisk mapy, sdílení formou odkazu či sociálních sítí a zobrazení dat v atributové tabulce. Ta umožňuje seřadit data podle libovolného sloupce, provádět výběry a filtrování objektů.

Pomocí nástroje „Dotaz“ lze podle atributů z policejního formuláře a pomocí zvoleného časového intervalu vyfiltrovat hledané DN (v křižovatce nebo mimo ni). Nástrojem Vybrat lze provést prostorový výběr zobrazených aktivních objektů v mapě, které jsou následně vybrány v atributové tabulce pro další práci s nimi.

Další užitečnou možností je zkoumat trend vývoje počtu DN v dané lokalitě. Po zoomu nebo ručním výběru lokality se vypočítá roční suma DN a zobrazí se sloupcový graf s hodnotami od roku 2010 (Obr. 2).

CDV využilo nástroje ArcGIS server, který umožňuje vytvářet webové mapové aplikace. Pro zobrazení výsledků jsme připravili mapovou aplikaci, která je dostupná na adrese avison.cdvinfo.cz.



Obr.2 Ukázka shluku s dopravními nehodami, legendy (nalevo), grafu vývoje počtu nehod a seznamu vrstev.

5 Závěr

Prezentované výsledky zobrazují místa, ve kterých se v období 2014 – 2016 koncentrovaly DN. Jedná se o shluky dopravních nehod na mezikřižovatkových úsecích a také o vybrané nebezpečné křižovatky. Výsledky závisejí na kvalitě podkladových dat, kterými jsou dopravní nehody a silniční síť. Hodnocení křižovatek podle počtu DN by mělo být pouze orientační. V navazující práci je potřeba vzít v potaz atributy křižovatek a sestavit například empirický Bayesův model.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za laskavé podpory projektu VI20172019071 „Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“, poskytnutého v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky.

Literatura

[1] Michal Bíl, Richard Andrášik, Zbyněk Janoška, Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation, Accident Analysis and Prevention 55, 265 – 273, 2013

[2] Michal Bíl, Richard Andrášik, Tomáš Svoboda, Jiří Sedoník, The KDE+ software: a tool for effective identification and ranking of animal-vehicle collision hotspots along networks, Landscape Ecology 31(2), 231 – 237, 2016.

[3] Rune Elvik, The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety, Accident Analysis and Prevention 40, 1964 – 1969, 2008.

Bezpečný dopravní prostor

Sabina Burdová, JUDr., pplk.

Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky

www.policie.cz/clanek/reditelstvi-sluzby-dopravni-policie-o-nas-reditelstvi-sluzby-dopravni-policie.aspx,
pp.rsdp@pcr.cz

Bezpečný dopravní prostor je takový dopravní prostor, který dokáže velmi účinně eliminovat vznik dopravních nehod, a pokud k nim i přesto dojde, snížit závažnost jejich následků. Vytvářením bezpečného dopravního prostoru pak rozumíme systematické odstraňování míst častých dopravních nehod, bezpečnostní audit pozemních komunikací, prohlídky pozemních komunikací, realizaci nízkonákladových dopravně inženýrských opatřenía postupnou výstavbu či přestavbu stávajících nevyhovujících stavebních a dopravně technických parametrů pozemních komunikací na principech odpouštějící a samovysvětlující komunikace.

Na vznik dopravní nehody samozřejmě nemá vliv pouze stav pozemní komunikace, ale také chování řidiče a technický stav vozidla. Dopravní nehoda je tak zpravidla výsledkem interakce těchto faktorů mezi sebou navzájem.

1 Jak může dopravní prostor ovlivnit řidiče před vznikem dopravní nehody

Příklady faktorů usnadňujících vznik a zhoršujících následky nehod:

- psychologická přednost (úpravy v dělicím pásu proti psychologické přednosti, potlačení psychologické přednosti pomocí vodorovného dopravního značení, atd.);
- nevhodné šířkové uspořádání (úpravy spočívající v zúžení jízdních pruhů, zřizování pruhů pro cyklisty, parkovacích pásů, zelených pásů, dělících ostrůvků, atd.), počet jízdních pruhů má odpovídat dopravním nárokům;
- jízdní pruhy musí být zbaveny překážek (stojící vozidla, kontejnery, popelnice, sloupy veřejného osvětlení);
- odstranit (nebo řádně vyznačit) náhlé změny vedení jízdních pruhů za vypuklými výškovými oblouky, či jinými překážkami rozhledu;
- u křižovatek je třeba vyloučit změnu počtu nebo polohy jízdních pruhů před a za křižovatkou;
- velké kolizní plochy křižovatek (úpravy velkých ploch křižovatek zřízením okružních křižovatek, úpravy křižovatek pečlivě zpracovaným vodorovným dopravním značením atd.);
- nevhodné uspořádání křižovatek (úpravy v radiálním připojení, v jednoduchých úpravách při zalomené přednosti, atd.);
- nevhodné směrové či výškové vedení trasy (v oblasti směrových prvků je třeba se soustředit na nehomogenitu trasy - malý poloměr směrového oblouku po delší přímé

trase, nutnost lokálního snížení jízdní rychlosti, směrový oblouk „utahující", tj. zmenšování poloměru, je třeba odstranit atd.);

- náhlé změny povrchu vozovky nebo jejího šířkového uspořádání;
- překážky v rozhledu (odstraňování nebo ochrana překážek, pečlivé umisťování svislého dopravního značení atd.);
- pevné překážky (odstraňování nebo ochrana pevných překážek, používání nových, méně agresivních technologií podpěrných konstrukcí, např. u velkoplošných svislých dopravních značek atd.);

2 Potřebu bezpečného dopravního prostoru vnímali už naši předci

Naši předci měli v mnoha ohledech revoluční myšlenky, když např. na začátku 20. století, kdy byl vývoj automobilismu ještě „v plenkách", uzákonili povinnost parkovat auta pouze v garážích. Podívejme se, jak vypadají naše ulice ve městech dnes. Jsou přeplněné zaparkovanými auty tak, že hasiči v případě potřeby ulicí neprojedou, zpoza zaparkovaného auta může do vozovky vběhnout malé dítě, zaparkované auto tvoří obecně překážku atd. Také Tereziánský patent byl ve své době velmi nadčasový, když např. určoval stavbu oplocení až za vnější hranu příkopu; pole sousedící se silnicí, které nebyly ohrazeny ploty, musely být orány napříč, aby voda a bláto nevytékaly na silnici, nebo že střechy domů nesměly zasahovat do průjezdného profilu silnice atd.

Vznik novodobých silnic na našem území spadá do doby panování císaře Josefa I., který si v roce 1709 vyžádal zpracování návrhu na zlepšení hlavních silnic v Rakousku – Uhersku. V roce 1725 byla ustavena silniční komise, která o sedm let později předložila císaři ke schválení návrh výstavby šesti hlavních silnic ve směru starých zemských cest z Prahy do Vídně, Lipska, Vratislavi, Norimberka, Lince a Žitavy. Už v roce 1738 a 1739 byla zahájena stavba Vídeňské a Lipské silnice.

První, tzv. tereziánská erární silnice, z Prahy do Vídně, však byla dokončena až v roce 1774 za vlády Marie Terezie. Výstavba silnic se řídila zákony a nařízeními, kterým byl pro erární silnice Tereziánský patent z r. 1788. Roku 1886 byly zavedeny také periodické prohlídky mostů.

Dekrety dvorní kanceláře z let 1803 a 1843 stanovily šířku koruny státní silnice 9.48 m (méně důležité silnice 8,85 m), vozovky 6,32 m a krajnic 1,58 m. V horách mohla být šířka silnic zmenšena na 8,22 m, u méně důležitých silnic až na 6,95 m. Podélný sklon vozovky nesměl být vyšší než 4,1 až 4,7% a v kratších úsecích délky 200 – 300 m, 5,5%, výjimečně i 7 – 8,3%. V takových úsecích silnic ale musely být vozy taženy přípřežím i několika párů koní. Vozovka silnic se skládala ze dvou vrstev – štětové a štěrkové a její tloušťka byla stanovena na 47,5 cm na silnicích s provozem těžkých povozů a 39 cm na silnicích s provozem lehčích povozů.

Pro správu a údržbu silnic platily velmi přísné pokyny a o přímý dozor na silnicích se starali cestmistři, kterým byli podřízeni cestáři. Ti měli hodně povinností a velmi těžkou službu, o čemž se můžeme přesvědčit, přečteme-li si „Naučení pro cestáře na privátních silnicích v Čechách", vydané v roce 1857 místodržitelstvím v Praze. Základní povinností cestáře v polovině 19. století bylo, denně po celý rok mimo neděli a svátků, „nacházet se s nářadím na

silnici tolik hodin, kolik bylo předepsáno“. Přitom pracovní doba byla stanovena diferencovaně: od poloviny října do poloviny února od 8 do 12 hodin a od 13 do 17 hodin, od poloviny února do konce dubna od 7 do 12 hodin a od 13 do 18 hodin, od 1. května do konce srpna od 6 do 12 hodin a od 13 do 19 hodin. Konečně od 1. září do poloviny října měli cestáři dobu dopoledne od 7 do 12 hodin a odpoledne od 13 do 18 hodin. Cestář musel pracovat samozřejmě i v sobotu a jeho týdenní pracovní doba v ročním průměru činila plných 60 hodin! I přesto „pakli by ale nenadálá a nevyhnutelná potřeba toho žádala, je cestář povinen, i mimo těchto ustanovených hodin na silnici pracovat“. Přitom se pracovní doba musela plně využívat, neboť „nesmí cestář s pocestnými dlouho rozprávěti, alebrž tak dlouho, co na silnici vytrvati povinen jest, pilně pracovati“. Jestliže cestář onemocněl, musel na své náklady poslat za sebe do práce na silnici schopného dělníka. Kromě polední přestávky nesměl cestář opustit své pracoviště, které muselo být označeno plechovým číslem na násadě zapíchnuté do krajnice v místě pracoviště. Každý den musel projít celý svěřený úsek a odstranit naléhavé závady, shrabovat prach a bláto na hromádky a tyto odvážet, sekat trávu a odstraňovat z vozovky volný štěrk, v zimě odklízet sníh, vysekávat led a plnit mnoho dalších úkolů, potřebných pro udržení dobrého stavu silnice.

Když se v roce 1923 konal ve španělské Seville IV. mezinárodní silniční kongres, silniční odborníci se shodli na zásadách o parametrech, konstrukci, vybavení i provozních podmínkách silnic. Některé z nich ani dodnes neztratily platnost, jako např. že dopravní značky mají být jednotné ve všech zemích, rozhledová vzdálenost na křižovatkách silnic a v obloucích nemá být menší než 100 m, šířka vozovky má být větší než 5 m a že směr jízdy po silnici musí být v celé zemi jednotný – doporučuje se jízda vpravo jako výhodnější.

Podle statistických záznamů tehdejšího zemského správního výboru bylo na našem území koncem roku 1923 okresních silnic 28.755,518 km a podle počtu kilometrů připadajících na 1 km², byli jsme na 4. místě v Evropě. Podle počtu kilometrů připadajících na 1000 obyvatel na 6. místě, přičemž v obou případech bylo např. Německo až za námi. Každý ze 6.670.582 obyvatel Čech se podílel na silničním hospodářství průměrně 40 Kč ročně.

3 Závěr

Pozemní komunikace, ať už se jedná o cesty, stezky, místní komunikace, silnice či dálnice, jsou stále velmi důležitými spojeními mezi obcemi, městy, státy, po kterých migrují lidé za prací, za obchodem či za lepším životem. Vývoj v silničním stavitelství jde neustále dopředu, vyvíjí se stále novější technologie a postupy. Jsou činěny kroky, které vedou k větší bezpečnosti všech účastníků silničního provozu, ať už se jedná o technické novinky v oblasti vybavení vozidel, zavádění nových bezpečnostních prvků na pozemních komunikacích v rámci zklidňování dopravy či eliminace silničního motorového provozu z historických center měst. Také dnes se vybírají stejně jako ve středověku mýta za používání určitých silnic, přitom však ani dnes se nepoužívají výnosy z mýta pouze k účelu, ke kterému měly sloužit a to jest k údržbě těchto silnic a jejich dobudování.

V rámci Evropské unie (EU) patří Česká republika (ČR) na poslední místa stupnice úrovně bezpečnosti silničního provozu, neboť v porovnání s ostatními členy EU klesají v ČR počty nejzávažnějších následků dopravních nehod pomalejším tempem. Nejvýraznější je tento trend u nejzranitelnějších účastníků silničního provozu, jako jsou cyklisté a chodci.

Nabízí se otázka: *„Kdo je odpovědný za utváření bezpečného dopravního prostoru?“*. Odpověď na tuto otázku není tak jednoduchá, jak by se mohlo na první pohled zdát. Platná legislativa sice uvádí, že vlastník dálnice, silnice, místní komunikace nebo chodníku odpovídá za škody vzniklé uživatelům těchto pozemních komunikací, jejichž příčinou byla závada ve sjízdnosti, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit. Dále, že odpovídá rovněž za škody, jejichž příčinou byla závada ve schůdnosti chodníku, místní komunikace nebo průjezdního úseku silnice, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit. Vlastník takové pozemní komunikace odpovídá současně i za škody, které vznikly uživatelům pozemních komunikací v důsledku stavebního stavu nebo dopravně technického stavu těchto komunikací.

Z toho však vyplývá, že zákon tak v podstatě řeší až následek nevyhovujícího či nebezpečného stavu pozemní komunikace, nikoliv samotnou povinnost bezpečný dopravní prostor utvářet a tím i škodám preventivně předcházet. Částečně tuto problematiku řeší novelizovaný zákon o pozemních komunikacích, v němž je uložena povinnost provádět bezpečnostní audit pro stavbu pozemní komunikace, která je zařazena do transevropské silniční sítě (tzv. TEN-T) a prohlídku pozemní komunikace, jejíž úsek je zařazen do Centrální evidence pozemních komunikací, přičemž tato prohlídka je zaměřena na posouzení dopadů zejména stavebních, technických a provozních vlastností pozemní komunikace na bezpečnost pozemní komunikace. Takto bychom ovšem měli posuzovat i ostatní pozemní komunikace, neboť i na nich se uskutečňuje silniční provoz a dochází k dopravním nehodám se závažnými následky.

Národní strategie bezpečnosti silničního provozu si klade dlouhodobý cíl - tzv. Vizi 0, což znamená, že je nepřípustné, aby byl někdo usmrcen či vážně zraněn v souvislosti se silniční dopravou. Tato vize vychází ze skutečnosti, že každá dopravní nehoda představuje systémové selhání celé společnosti, nikoli jen chybu jednotlivce. Vývoj bezpečnosti silničního provozu však nelze hodnotit jen prostřednictvím nehodovosti. Každý z nás, kdo se provozu na pozemních komunikacích účastníme, bychom měli přijmout zásadu Národní strategie bezpečnosti silničního provozu, která zní: *„**Bezpečně na silnicích - právo a zodpovědnost každého z nás**“.*

Literatura

[1] MUSIL, Jiří F. Po stezkách k dálnicím

[2] Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích

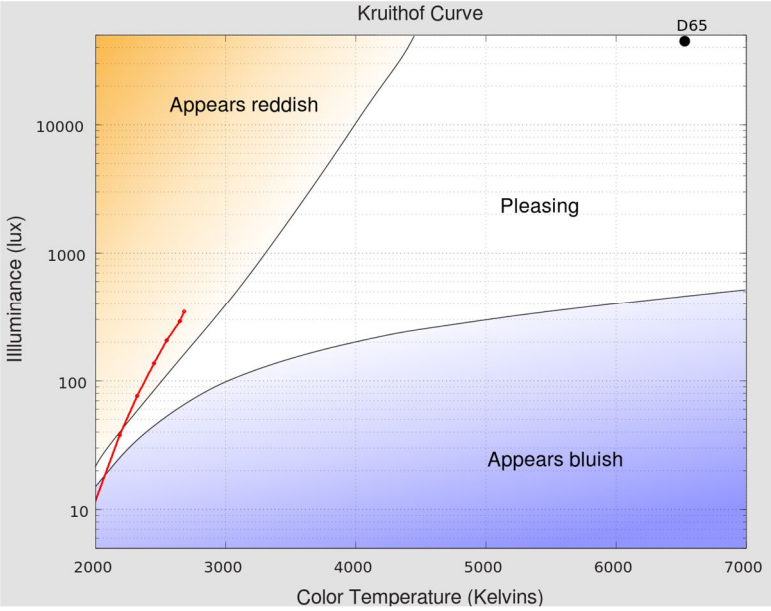
Náhradní teplota chromatičnosti svítidel

Jakub Černoch, Ing., Osvětlení Černoch s.r.o., jakub@cernoch.cz, www.cernoch.cz, www.led-lights.cz, www.machinery-lighting.cz

Abstrakt: Příspěvek má za cíl otevřít diskusi na téma volby teploty chromatičnosti svítidel pro veřejné osvětlení.

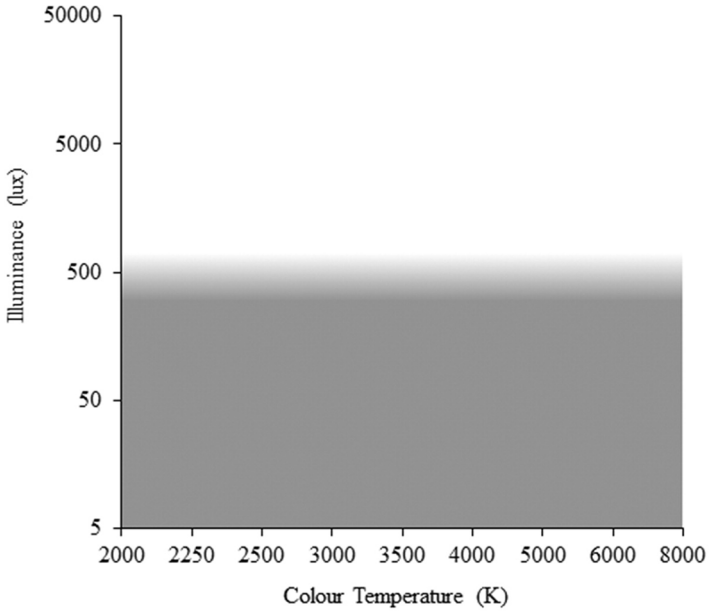
1 Úvod

V současnosti je poměrně rozšířené doporučení k volbě teploty chromatičnosti svítidel veřejného osvětlení v rozsahu 2500 až 3000 K pro oblasti s převážným pohybem pěších uživatelů, pro oblasti se smíšeným provozem pak je doporučována teplota chromatičnosti svítidel 3000-4000K a pouze pro oblasti s vysokou intenzitou dopravy je doporučena teplota chromatičnosti 4000-5000K [1], [2]. Protože jako uživatel osobně preferuji u veřejného osvětlení spíše vyšší teploty chromatičnosti a jako konstruktér svítidel vím, jak obtížné je uspořit každé procento spotřeby, začal jsem se touto otázkou blíže zaobírat a hledat důvody tohoto doporučení. Původně jsem byl přesvědčen, že hlavním důvodem byl Kruithofův diagram. Teorie považující světlo s nižší teplotou chromatičnosti za příjemnější při nižší osvětlenosti pochází od holandského fyzika Arie Andriese Kruithofa, který se touto otázkou zabýval v období druhé světové války. Výsledkem jeho práce je velmi známý diagram:



Obr.1 Kruithofův diagram

Tento diagram je obsažena v mnoha učebnicích a byl léta východiskem k návrhu umělého osvětlení, především s důrazem na volbu světelných zdrojů s nižší teplotou chromatičnosti pro nižší hladiny osvětlení. Postupně se řada autorů pokusila Kruithofovy experimenty a tento diagram ověřit, bohužel se ukázalo, že tato závislost prakticky neexistuje. Výsledkem asi nejdetailnějšího ověření Kruithofových prací a kompilací cca 25 prací věnujících se této problematice [3] je varianta původního diagramu, vypadajícího takto:



Obr.2 Revidovaný Kruithofův diagram

Z tohoto diagramu vyplývá, že pod osvětleností 300-500 luxů se jeví jako nekomfortní světlo bez ohledu na jeho náhradní teplotu chromatičnosti. Z práce [3] je zjevné, že velmi důležitá je pro posuzování příjemnosti světla dostatečně dlouhá doba k adaptaci. Revidovaná Kruithofova křivka nám ale s volbou teploty chromatičnosti nepomůže.

2 Funkce veřejného osvětlení

Pro další pátrání po vhodné teplotě chromatičnosti veřejného osvětlení se vraťme k definici jeho funkce např. dle [4]:

- Zajistit zrakové podmínky pro řidiče motorových a nemotorových vozidel
- Zajistit zrakové podmínky pro bezpečný pohyb chodců, zajistit jejich orientaci a vytvořit pocit bezpečí
- Vytvořit vhodnou noční atmosféru.

Tyto úkoly by mělo veřejné osvětlení zajistit samozřejmě s co nejmenšími náklady. Optimální řešení veřejného osvětlení je průsečíkem řady požadavků, z nichž některé jsou v přímém protikladu. V takových případech je obvyklé, že se jednotlivým požadavkům přidělují určité koeficienty, vyjadřující míru jejich závažnosti, a výsledek je dán součtem těchto koeficientů. Považoval bych za vhodné na toto téma otevřít diskusi na nějakém fóru a případně umožnit i hlasovat o váze jednotlivých požadavků.

Zde se pokusím shrnout jednotlivé argumenty k použití LED s vyšší teplotou chromatičnosti ve veřejném osvětlení. Pro přehlednost jsem je rozdělil na argumenty pro a proti.

3 Argumenty pro vyšší teploty chromatičnosti ve VO

3.1 Vyšší měrný výkon

Při návrhu svítidel konstruktéři bojují s fyzikálními zákony o každé procento účinnosti svítidla. U svítidel pro veřejné osvětlení je tato snaha ještě markantnější, protože tato svítidla jsou

obvykle nasazena ve velkém počtu a i malý nárůst jejich účinnosti tak přináší velké úspory elektrické energie. Pro srovnání jsem vzal LED jednoho z renomovaných výrobců, firmy Cree, a srovnal dosažitelné měrné výkony COB (Chip on Board) typu CXB2540 pro jednotlivé teploty chromatičnosti a CRI 80:

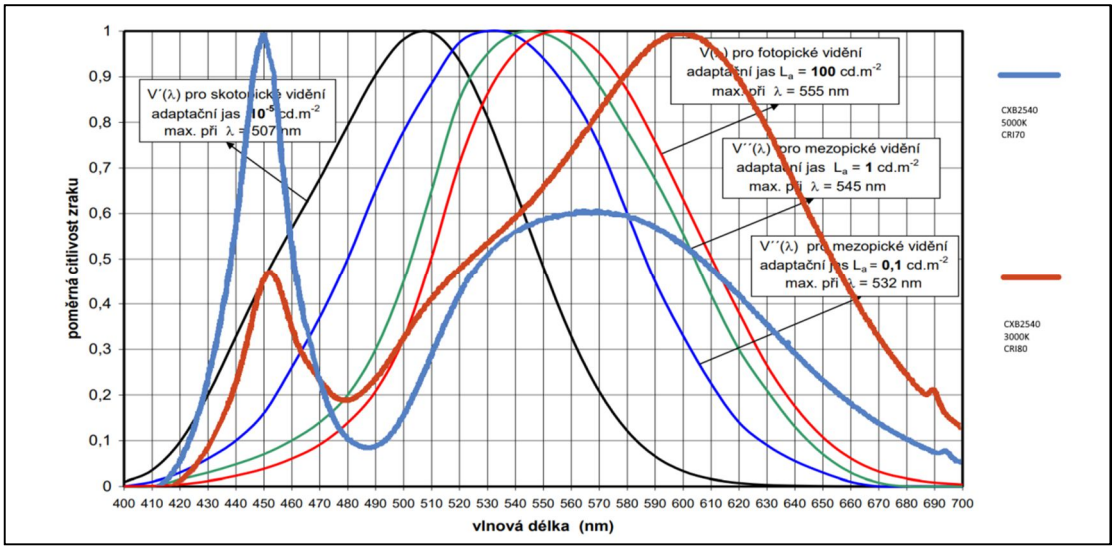
Teplota chromatičnosti	Tok [lm]	Měrný výkon [lm/W]	Srovnání [%]
6500K	6010	156,9	100
5000K	6010	156,9	100
4000K	5590	146,0	93,0
3000K	5225	136,4	86,9
2700K	5225	136,4	86,9

Tab.1 Srovnání měrného výkonu pro jednotlivé teploty chromatičnosti CXB2540

Z tabulky je zjevné, že volba LED s náhradní teplotou chromatičnosti 5000K a výše přináší úsporu ve spotřebě ve výši 13% ve srovnání s obvykle doporučovanými teplotami chromatičnosti okolo 3000K.

3.2 Vyšší podíl modré složky

Světlo s vyšší teplotou chromatičnosti má vyšší podíl modré složky. Jas je v případě veřejného osvětlení vnímán nejčastěji mezopicky, tedy kombinací fotopického a skotopického vidění. Skotopické vidění je mnohem citlivější a jeho maximum citlivosti je na vlnové délce 507 nm, což je blízko maxima modrého spektra LED (okolo 460nm). Pro popis vlastností světelného zdroje z hlediska poměru fotopického a skotopického vidění se používá poměr S/P, což je podíl zářivého toku zhodnoceného přes skotopickou a fotopickou křivku Ukazuje se [5], [6] a [7], že při uvažování citlivosti lidského oka je pro stejný mezopický vnímaný jas u LED s vyšší teplotou chromatičnosti potřeba o 15 až 30% nižší světelný tok oproti návrhu uvažujícím jen s fotopickým jasem. Snížení potřebného světelného toku je výraznější především u komunikací s nižším jasem.



Obr.3 Poměrná spektrální citlivost lidského oka a spektrum LED

3.3 Vyšší postřeh a soustředění

Naše cirkadiální rytmy jsou řízeny především modrou složkou denní světla, případně modrou složkou umělého osvětlení. Modré světlo blokuje produkci melatoninu, probouzí organizmus a stimuluje jeho aktivitu. Naopak absence modrého světla spouští produkci melatoninu, tělo se dostává do útlumu a připravuje se na spánek. Tento důvod jednoznačně hovoří pro svítidla VO s vyšší teplotou chromatičnosti, protože vyšší postřeh a soustředění jsou při provozu na komunikacích rozhodně žádoucí.

4 Neutrální argumenty k volbě teploty chromatičnosti ve VO

4.1 Přijetí uživateli

V literatuře je poměrně velké množství prací, které se zabývají průzkumy spokojenosti s LED osvětlením i v závislosti na jeho teplotě chromatičnosti. Řada průzkumů tvrdí, že lidé akceptují raději světlo s nižší teplotou chromatičnosti, na druhou stranu existuje i řada průzkumů, které ukazují na spokojenost s osvětlením s vysokou teplotou chromatičnosti. Zásadním problémem většiny průzkumů je chybná metodika provedení pokusů, díky níž jsou získané výsledky neprůkazné. Nejčastěji se setkáme s těmito nedostatky:

-Tázané osoby nejsou dobře seznámeny se smyslem průzkumu

-Tázané osoby nejsou seznámeny se souvislostmi, které na volbu teploty chromatičnosti navazují

-Nedostatečný počet tázaných osob

-Nedostatečná adaptační doba

-Absence kontrolních testů

-Nesprávně položené otázky, jen výjimečně zveřejněná metodika hodnocení

-Literatura, na kterou se články odkazují, neobsahuje téma volby teploty chromatičnosti VO vůbec, případně jen okrajově a rozhodně nepodporuje stanovisko autora článku

-V souvislosti s revizí Kruithofova diagramu je přinejmenším s podivem, že se na původní diagram stále odvolává řada autorů současných publikací

- Je poněkud úsměvné, když Američané poučují zbytek světa o správném osvětlení chodníků – těch je v USA asi nejméně z celého světa

5 Argumenty pro nižší teploty chromatičnosti ve VO

5.1 Zvyk

Veřejné osvětlení je řadu let zajišťováno především sodíkovými výbojkami s velmi nízkou teplotou chromatičnosti. Je nepochybné, že veřejnost si na tento druh světla zvykla a považuje jej za „normální“, byť je to osvětlení poměrně nekvalitní. Bílé světlo LED je zásadní změnou a lidé jak známo mají tendenci se změnám bránit. V [4] se uvádí jako argument ve prospěch svítidel VO s nižší teplotou chromatičnosti tvrzení, že většina domácností je

osvětlena zdroji s teplotou chromatičnosti okolo 2700K a tato teplota chromatičnosti se stává ve večerních hodinách určitým standardem. Při vší úctě k autorům tohoto tvrzení nerozumím, jakou to má souvislost s teplotou chromatičnosti VO. Správně navržené VO nesmí svítit do oken obydlí. A mimo to je dnes nezanedbatelná část našich domácností vybavena LED světelnými zdroji s teplotou chromatičnosti podstatně vyšší. Dále jsem se setkal v literatuře s argumentem, že je nutné používat svítidla s nízkou teplotou chromatičnosti kvůli jejich sousedství se sodíkovými svítidly. Při užití tohoto způsobu uvažování bychom ještě dnes běhali před auty s červeným praporkem a v povinné výbavě by byl košík na koblížky.

5.2 Pocit

V diskusích o teplotě chromatičnosti jsem často zaslechl argument, že nižší teplota chromatičnosti vytváří příjemnější atmosféru. Jak ukazuje analýza Kruithofova diagramu, je při pečlivém zkoumání tento argument obtížně obhajitelný. S pocity kohokoliv je velice těžké polemizovat a i já klidně přiznám, že v některých situacích mi nižší teplota chromatičnosti VO přijde vhodnější – například v historických centrech. Primárním úkolem osvětlení je ale zajistit bezpečnost a orientaci pokud možno za nejnižší cenu, nikoliv podmínky pro večerní společenský život na ulicích. Navíc Česká republika není státem, kde by se veřejný život běžně odehrával na ulici kromě nejužších center měst – tam klidně udělejme výjimku. Navíc je nutné zdůraznit, že celkový pocit z osvětlení je dán souhrnem řady a parametrů (oslnění, estetika, umístění).

5.3 Astronomie

Je nesporné, že pro astronomy přináší světlo s vyšším podílem modré složky problémy. Světlo kratších vlnových délek se více rozptyluje v atmosféře. Oblast vlnové délky 450 nm je oblastí s malou vlastní září atmosféry a zároveň v blízkosti důležitých emisních a absorpčních spektroskopických čar. Na rozdíl od světla sodíkových výbojek astronomové nejsou schopni modré světlo snadno odfiltrovat, a proto se snaží snížit podíl modré složky ve VO na minimum. Přihlédneme-li ke zvýšeným nákladům na provoz veřejného osvětlení při použití LED s nižší teplotou chromatičnosti (odhadem 20-30%), je otázkou, zda jsou tyto vícenáklady ospravedlnitelné a zda by nebylo vhodnější umístit observatoře do méně osídlených oblastí. Přiznám se, že mě při studiu literatury zarazilo, jak velké množství článků na téma volby nízké teploty chromatičnosti u VO astronomická komunita vyprodukovala.

5.4 Blue Hazard

Po několik let byl Blue Hazard neboli modré nebezpečí oblíbeným strašákem mnoha odpůrců LED. Jak se ale postupně ukázalo, modré světlo je pro správné fungování cirkadiálních rytmů nezbytné a úrovně produkované současnými bílými LED nejsou lidskému oku nebezpečné [8]. Úrovně modrého světla u bílých LED nemají vyšší podíl modré složky ve srovnání s ostatními zdroji světla s podobnou teplotou chromatičnosti. I AMA (The American Medical Association's) přiznala [5], že jimi uváděné nebezpečí modrého světla bylo přehnané. Přesto se v literatuře stále tvrdošíjně opakuje tvrzení, že modré světlo produkované bílými LED s vyšší teplotou chromatičnosti poškozuje sítnici. Příkladem chybně provedeného pokusu je práce z roku 2014 [9], publikovaná v časopisu Nature. Bílé laboratorní myši byly vystaveny světlu bílých LED s výraznou modrou složkou ze vzdálenosti pouhých 20 cm s osvětleností 750 lx 12 hodin denně po dobu 28 dnů. Tato expozice je mnohonásobně vyšší, než je běžná expozice u těchto zvířat a není proto divu, že u nich po ukončení pokusu bylo nalezeno poškození sítnice. Lze důvodně předpokládat, že při podobné expozici slunečním světlem by bylo nalezeno obdobné poškození sítnice. Tvrdit na

základě tohoto pokusu, že modré světlo je nebezpečné, je popřením řady zásad vědeckého zkoumání.

Zatím jediným prokázaným nebezpečím, plynoucím z modré složky světla, je jeho vliv na produkci melatoninu. Proto bychom se měli vyhýbat svítidlům s výraznou modrou složkou světla před a během spánku, to ale není problém veřejného osvětlení. Naopak pro dobrý spánek je vysoce žádoucí vysoká expozice modrého světla během dne. A pokud nežijeme na rovníku, je zjevné, že v zimním období je z hlediska zdraví naopak výhodné, když část dne strávíme v prostředí s umělým osvětlením, které produkuje dostatek modrého světla.

5.5 Zvěř a ptactvo

Předmětem rozsáhlých diskusí je vliv LED svítidel s vyšší teplotou chromatičnosti na ptactvo a zvěř. Domnívám se ale, že je tento problém poněkud zveličován. Rozsah kontaktu zvěře a ptactva s pouličním osvětlením je poměrně omezený a přirozené instinkty jim velí se ke spánku ukrýt do temných míst. Větším problémem může být dezorientace díky citlivosti na zcela odlišné vlnové délky světla ve srovnání s lidským okem. Přes četné zmínky o problémech způsobených u zvěře a ptactva modrým nebezpečím se mi nepodařilo najít jedinou relevantní studii na toto téma.

6 Závěr

Pro použití LED s vyšší teplotou chromatičnosti ve VO hovoří především možnost snížení spotřeby elektrické energie o 20 - 30 %. V situaci, kdy je výdaj za veřejné osvětlení nezanedbatelnou položkou rozpočtu většiny obcí, mi tato úspora přijde poměrně podstatná. Proti použití LED s vyšší teplotou chromatičnosti hovoří kromě problému astronomů jen několik velmi neprůkazných argumentů, často navíc operujících s okrajovými podmínkami. Domnívám se proto, že by na toto téma měla být otevřená širší diskuse a odborné orgány by měly být ve svých kategorických doporučeních prozatím zdrženlivější.

Pokud se najdou zájemci o spolupráci, velmi rád se zúčastním studie na toto téma, uspořádané podle zásad vědecké práce.

Literatura a odkazy

[1] Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení, Doporučené teploty chromatičnosti veřejného osvětlení ve vztahu k druhu osvětlované komunikace.

[2] Metodický pokyn MPO

[3] A Revised Kruithof Graph Based on Empirical Data, Steve Fotios, LEUKOS – The Journal of the Illuminating Engineering Society, Volume 13, 2017

[4] Světlo a osvětlování, J. Habel, K. Dvořáček, V. Dvořáček, P. Žák, FCC Public 2013

[5] National Lighting Bureau: AMA Lighting Recommendations are Based on Wrong Metric, LED-Professionals.com

[6] The IES Lighting Handbook, Tenth Edition

[7] Osvětlování komunikací v podmínkách mezopického vidění, David Tomáš, Diplomová práce FEL ČVUT 2015

[8] Optical Safety of LEDs sheet, DOE 2013

[9] White Light–Emitting Diodes (LEDs) at Domestic Lighting Levels and Retinal Injury in a Rat Model, Environ Health Perspect, March 2014, Volume 122, Issue 3

Pájené spoje a jejich spolehlivost v konstrukci svítidel - opomíjený detail svítidel s velkým vlivem na jejich spolehlivost.

Jakub Černoch, Ing., Osvětlení Černoch s.r.o., jakub@cernoch.cz, www.cernoch.cz

Abstrakt: V dokumentu je probrána problematika bezolovnatého pájení v konstrukci svítidel, příčiny poruch takto pájených spojů a možnosti jak tyto poruchy omezit.

1 Úvod

Současná svítidla jsou bez elektronických obvodů k jejich napájení a řízení nemyslitelná. Elektroniku dnes obsahuje většina předmětů, které nás obklopují, a považujeme ji za samozřejmost, která nám zjednodušuje spoustu činností. Do jisté míry se tak stáváme na elektronice závislými, aniž bychom se zabývali dostatečně nebezpečím jejího selhání. Metoda bezolovnatého pájení je trochu opomíjenou příčinou nespolehlivosti a poruchovosti elektroniky, přitom stojí za většinou „neopravitelných“ poruch, vedoucích až k městským legendám o vestavěných „kurvítkách“. Které jsme si tam odhlasovali prostřednictvím našich europoslanců.…

2 Bezolovnaté pájení

2.1 Trocha historie

Dnem 1.7 2006 vešla v platnost směrnice Evropské unie RoHS, která zakázala použití pájek s příměsí olova. Přijetí této směrnice je dokonalou ukázkou známého výroku “Mysleli jsme to dobře, ale dopadlo to jako obvykle“. Je tragédií, když politici rozhodují o technických problémech, kterým vůbec nerozumí, a nechají se dostrkat lobbisty k rozhodnutím, která mají ve výsledku zcela opačné výsledky, než bylo deklarováno. Pro další příklady nemusíme chodit daleko – podpora bionafty, která spotřebuje více nafty, než nahradí, podpora solárních a větrných elektráren bez odpovídající infrastruktury, nesmyslně přísné předpisy na spalovací motory…. Směrnice byla prezentována jako investice do nových technologií výměnou za menší kontaminaci přírody olovem. Zásadním negativním rysem nové technologie je její menší životnost a spolehlivost. To znamená vyšší spotřebu materiálu, energií a tím i vyšší zátěž pro životní prostředí. Renomovaní odborníci jsou přesvědčeni, že nižší kontaminace životního prostředí olovem bylo možné dosáhnout s podstatně nižšími náklady cestou výkupu a recyklace elektroniky. Naprostou ironií je skutečnost, že olověné automobilové baterie jsou z této směrnice vyňaty. V elektronice se přitom před platností směrnice spotřebovalo cca 0,5% světové spotřeby olova, na výrobu automobilových baterií to bylo v témže roce 80% celkové spotřeby. [1]

Dokladem nedomyšlenosti této směrnic je i udělená výjimka pro výrobky leteckého, vojenského a lékařského (do r. 2014) průmyslu. Tyto výjimky byly uděleny proto, že nebyla známa rovnocenná náhrada za olovnatou pájku. Ta představovala technologickou špičku díky svým mechanických vlastnostem i nízké teplotě tání. Dodnes se hledají vhodné bezolovnaté pájky, které by se jejím vlastnostem vyrovnaly. Běžná olověná pájka Sn63Pb37 má teplotu tání 183°C, nové slitiny jako například Sn96Ag4 mají teplotu tání o 40°C vyšší a pro dosažení kvalitních výsledků vyžadují použití ochranné atmosféry dusíku. To znamenalo

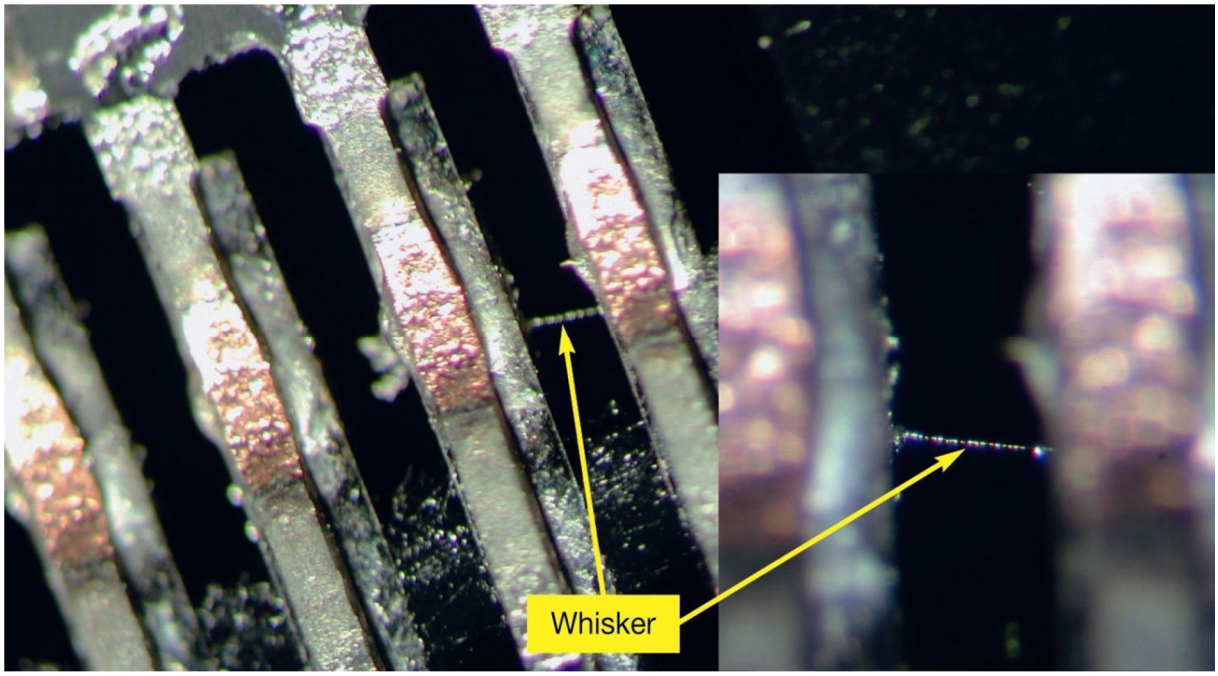
obrovské investice do nových pájecích linek a zánik mnoha menších firem bez náhrady. Situace tak nahrála především velkým a připraveným firmám, které na tom ve výsledku profitovaly díky odstranění konkurence. Investice do výroby se jim poměrně rychle vrátily i díky zkrácené době života výrobků. Teprve průnik elektroniky do automobilů přinesl v této oblasti zvrat a díky výzkumu firem navázaných na automobilový průmysl víme o degradaci bezolovnatých pájek více.

2.2 Poruchy plošných spojů vzniklé zákazem olova

Zákaz použití olova v pájkách vedl ke vzniku tří typů poruch.

2.2.1 Cínové vousy

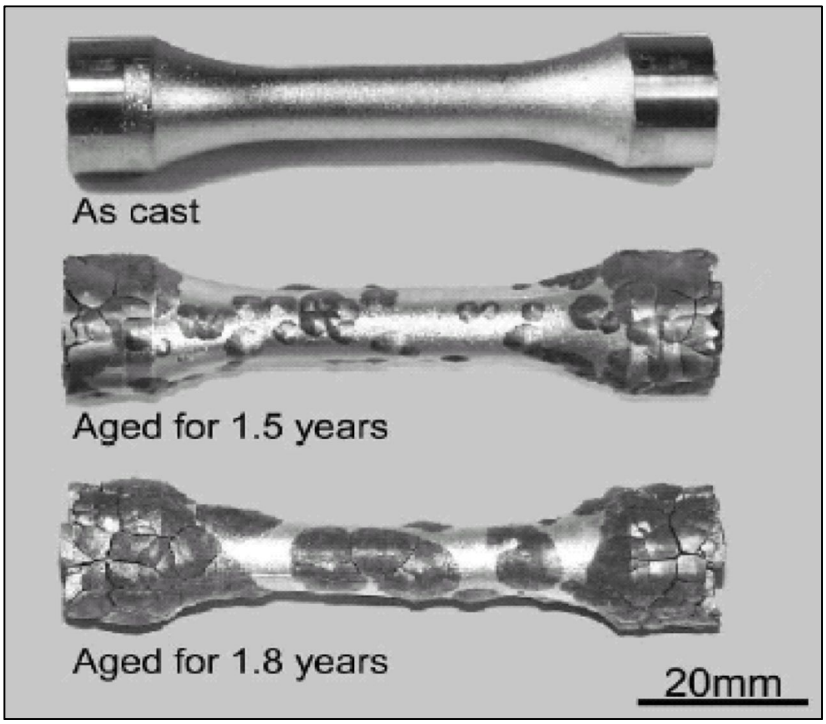
K tvorbě takzvaných cínových vousů (Tin Whiskers) (obr. 1) dochází u povrchů ošetřených např. galvanicky cínovými slitinami bez přítomnosti olova. Z nich spontánně rostou vlákna cínu, která dosahují značné délky a jsou například schopna zkratovat sousední vývody integrovaného obvodu. Vývody součástek se musí ošetřit slitinami s cínem kvůli snadné pájitelnosti a zatím jediný známý způsob, jak zabránit růstu těchto vláken, je příměs 3% olova ve slitině. Intenzivně se hledají nové postupy ochrany vývodů součástek se srovnatelnou pájitelnosti.



Obr.1 Tin Whiskers [1]

2.2.2 Cínový mor

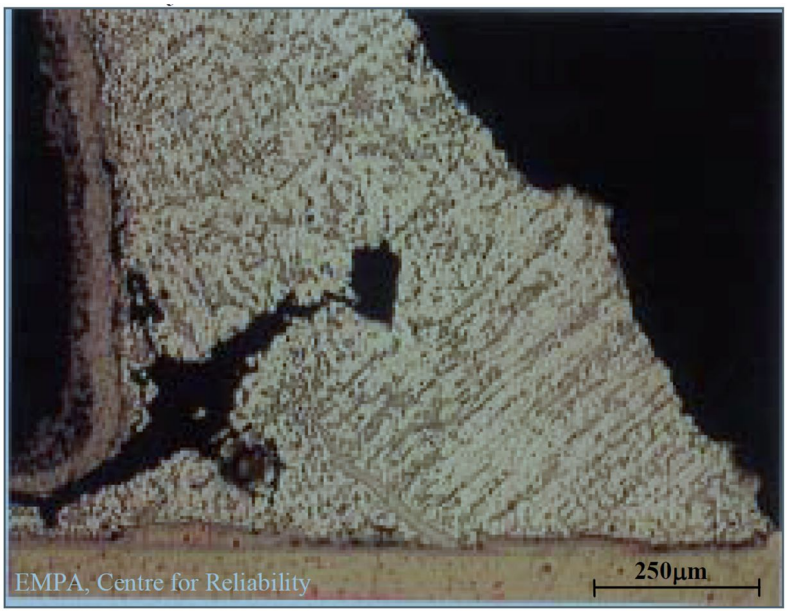
Nízkoteplotní degradace pájek, která vede při teplotách pod -13,2 °C k vytváření velkých zrn alfa cínu (práškovitý a s větším objemem) a následnému přerušení spoje (obr. 2). Nejrychleji tento proces probíhá okolo -30°C a jedinou obranou je přísada olova nebo vizmutu. Proces je znám také pod názvem cínový mor a má na svědomí zničení velkého množství historického cínového nádobí.



Obr.2 Cínový mor [1]

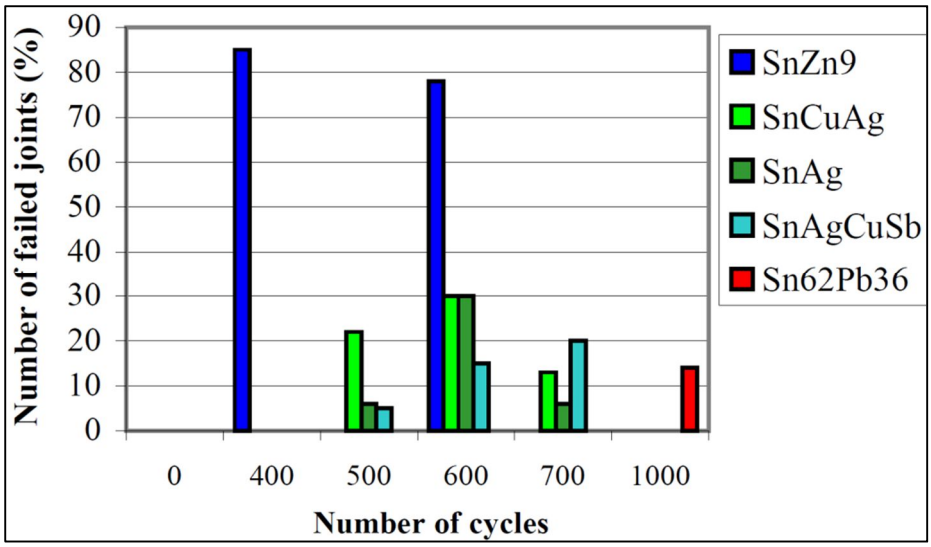
2.2.3 Granulace cínu

Olovo v pájce zaručovalo její pružnost a plastičnost. Nové pájky bez olova tvoří křehké spoje a nesnášejí vibrace. Zvláště při pájení těžších součástek časem dojde ke vzniku „studeného spoje“ až k vydrolení a upadnutí spoje. Starší součástky, které nejsou Pb-free, zůstávají nepoužitelné, neboť při kontaminaci bezolovnaté pájky olovem vzniká mechanicky nespolehlivý spoj. Díky vyšší teplotě při pájení dochází i k vyššímu namáhání součástek. Tepelné a mechanické namáhání pájeného spoje způsobuje pomalé tečení pájky (creep) a vytváření zrn pájky, oddělených poruchami. Tyto poruchu se postupně shlukují, až způsobí přerušení pájeného spoje (obr. 3).



Obr.3 Pájený spoj s poruchou po 600 cyklech [2]

Experimentální ověřování doby života spojů pájených bezolovnatou technologií se provádí dle normy JESP22-A104C. Deska je podrobena teplotním cyklům dlouhým 15 minut, během kterých se teplota desky mění v rozsahu -40°C až +150°C. Jsou to podmínky tvrdší, než je v praxi obvyklé, ale výsledky těchto testů jsou alarmující.

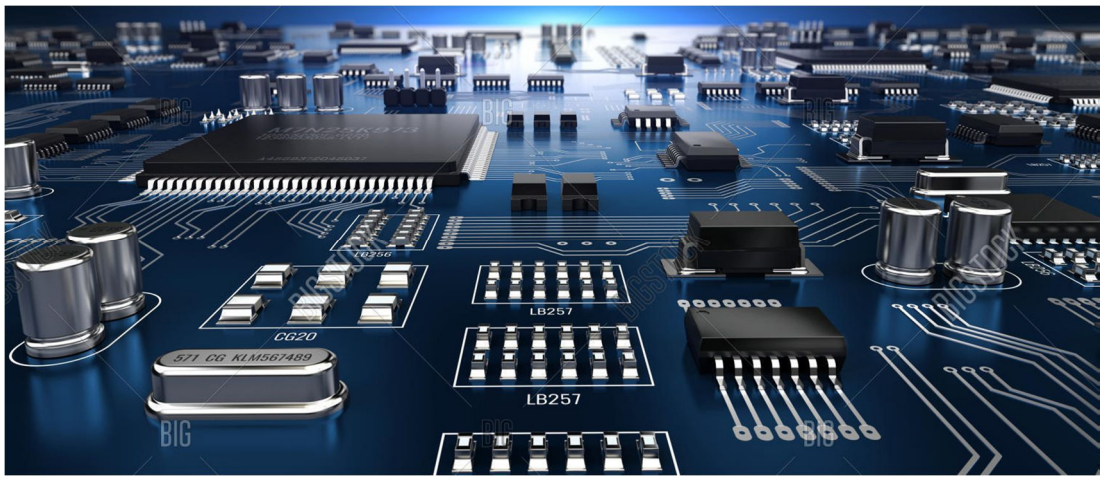


Obr.4 Na svislé ose počet porouchaných spojů a na vodorovné ose počet cyklů. [2]

Z výsledků testů je dobře vidět výrazně vyšší odolnost pájky s obsahem olova.

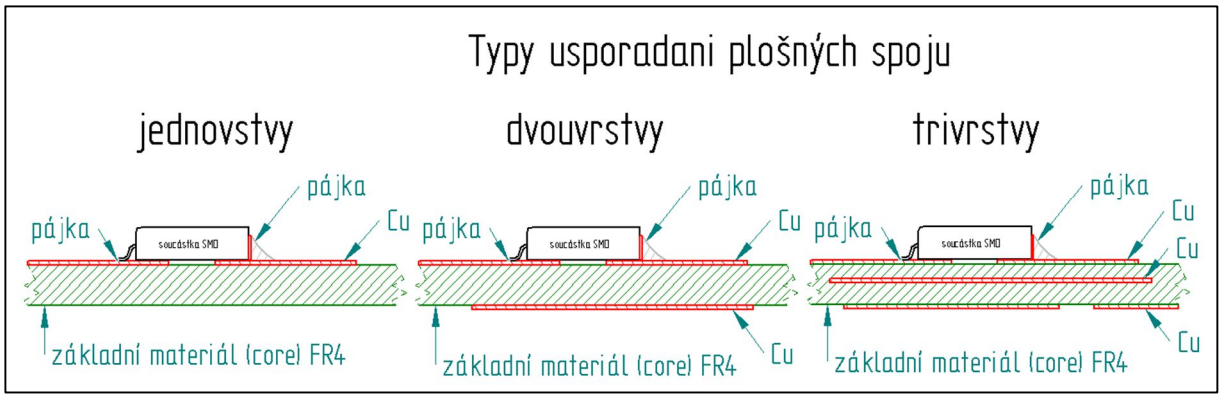
2.3 Mechanické namáhání součástek na plošných spojích

Dnes je naprostá většina elektroniky vyráběna metodou osazování desek s plošnými spoji a u LED svítidel se tento postup používá i k montáži sestav LED. Plošné spoje se nejdříve osazovaly součástkami s drátovými vývody (Through-hole – TH), dnes se až na výjimky osazují součástkami pro plošnou montáž (Surface Mount Devices – SMD) (obr. 1). SMD montáž je z hlediska tepelného i mechanického namáhání plošného spoje i součástek podstatně kritičtější, protože odvod tepla probíhá především plochou desky.



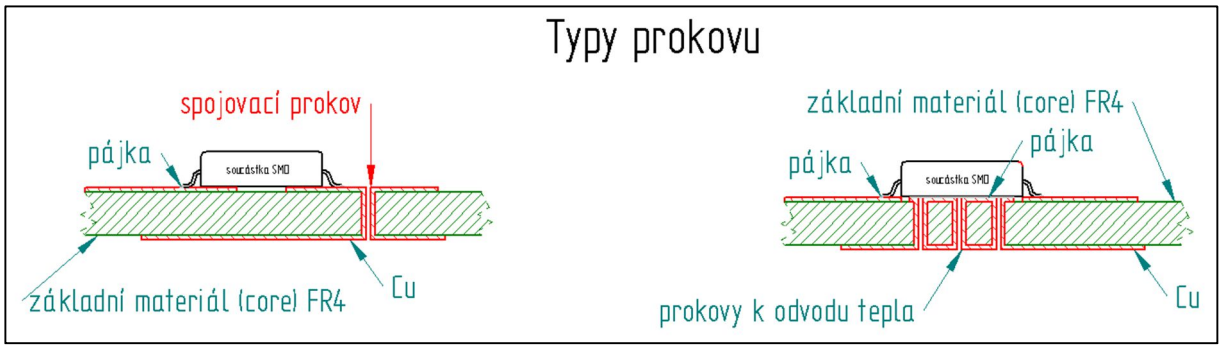
Obr.5 Plošný spoj se součástkami SMD i TH

Plošný spoj je tvořen jedním nebo více nosnými jádry a jednou či více vzájemně oddělenými vodivými vrstvami (viz obr. 2).



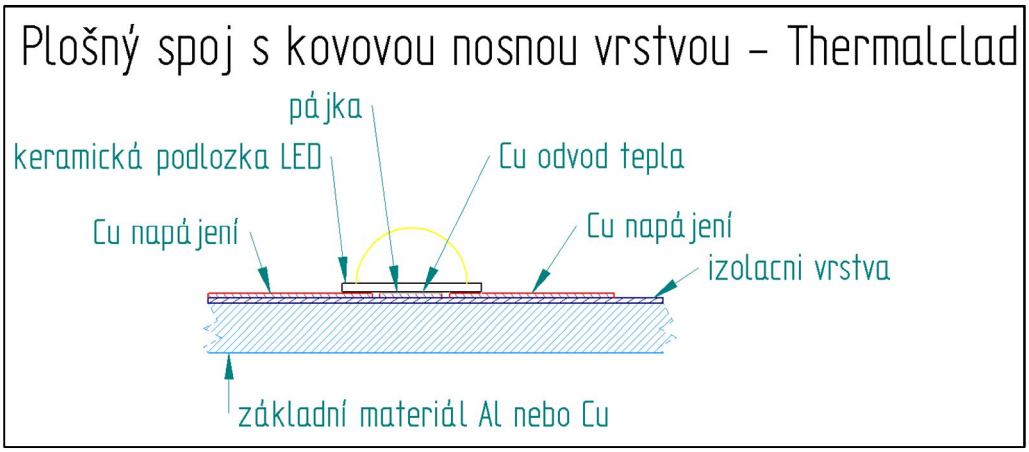
Obr.6 Typy uspořádání plošných spojů

U vícevrstvých plošných spojů se jednotlivé vrstvy propojují tzv. prokovy, které mohou propojit libovolné vrstvy dohromady. Pokud je nutné použít součástku s vyšším ztrátovým výkonem, používá se větší množství prokovů v její těsné blízkosti, spojených s protilehlou vnější vrstvou, která funguje jako chladič (obr. 3)



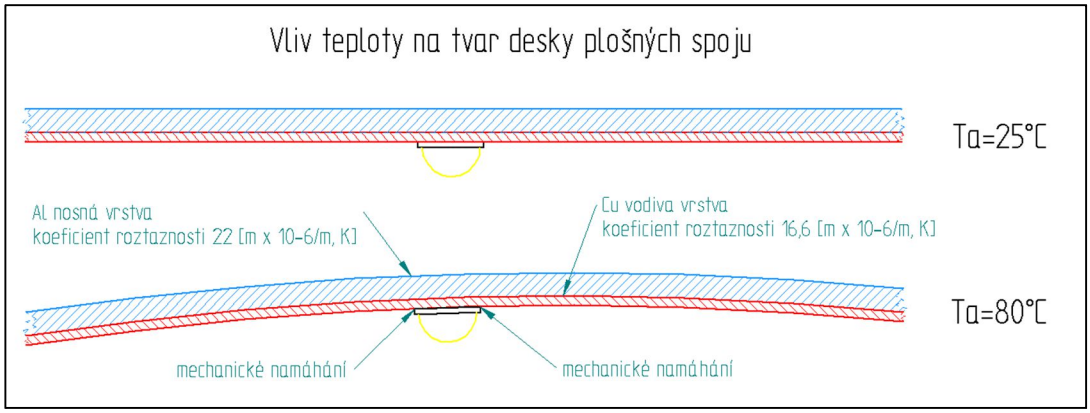
Obr.7 Typy prokovů

Pro součástky s velkým ztrátovým výkonem byl vyvinut plošný spoj s nosičem z mědi nebo hliníku, tzv. Thermalclad. (viz obr. 4).



Obr.8 Plošný spoj s kovovou nosnou vrstvou

Všechny uvedené varianty plošných spojů mají jedno společné – jsou složeny z materiálů s odlišnou tepelnou roztažností a při ohřívání či ochlazování dochází díky tomu k ohybu desky (obr. 5).



Obr.9 Vliv teploty na deformaci desky plošných spojů

Tyto ohybové momenty způsobují v pájených spojích i součástkách poměrně vysoké hodnoty mechanického napětí. Toto mechanické napětí se navíc cyklicky mění, což spolu s tepelným namáháním vede k postupné degradaci pájeného spoje.

3 Prevence

3.1 Technologie

Vývoj pájek a povlaků bez olova probíhá neustále a v literatuře je možné najít v tomto oboru stovky patentů. Vlastnosti bezolovnatých pájek se postupně zlepšují, ale je to za cenu vyšší spotřeby stříbra a dalších méně dostupných kovů. Nicméně spolehlivosti srovnatelné s olovnatými pájkami dosaženo nebylo. Je trochu s podivem, že navrhujeme svítidla s předpokládanou dobou života deset až dvacet let, ale pájené spoje v těchto svítidlech mohou při nevhodně zvolené pájce nebo nedodržené technologii pájení vydržet jen zlomek této doby. Pro výrobu svítidel s tepelně namáhanými spoji je nutné volit jiné typy pájek než pro výrobu spotřební elektroniky.

3.2 Konstrukce

Z výsledků experimentů i z fyzikální podstaty pájeného spoje je zřejmé, že čím bude menší rozsah teplot zařízení, tím bude doba života pájených spojů vyšší. Lze proto jen doporučit snahu o minimalizaci výkonových ztrát napájecí elektroniky a co nejlepší odvod tepla do okolí. Pro výkonové LED je proto výhodné řešení plošných spojů s přímým odvodem tepla do nosné kovové vrstvy (Sink-pad).

Z hlediska spolehlivosti pájených spojů se jeví jako velice problematické sestavy velkého množství LED na společné desce plošných spojů. Pravděpodobnost poruchy pájeného spoje na takové desce se násobí, stejně jako pravděpodobnost poruchy LED. Velká deska mimo to podléhá větším deformacím, což spolehlivost ještě zhoršuje.

Z hlediska omezení mechanického namáhání je vhodné co nejlepší mechanické spojení desky plošných spojů s chladičem. Ten musí být dostatečně pevný, aby zachytil namáhání

od deformace desky plošných spojů. Lze jen doporučit oddělení jednotlivých LED dilatační drážkou.

3.3 Návrh svítidla, volba světelného zdroje

Pájený spoj v blízkosti LED je obvykle nejvíce tepelně a mechanicky namáhaným spojem v celém svítidle. Pokud je to možné, je výhodně místo jedné či více LED použít COB, což je sestava LED na destičce z teplovodivé keramiky, připojená obvykle mechanickými kontakty. Toto řešení je díky vyloučení nejnamáhanějších pájených spojů výrazně spolehlivější.

4 Závěr

Příspěvek poukázal na rizika, spojená s bezolovnatým pájení v konstrukci svítidel. Lze konstatovat, že při dodržení několika pravidel lze tato rizika omezit na přijatelnou míru. Dosažení spolehlivosti olovnatých pájek je stále mimořádně obtížné.

Literatura a odkazy

[1] Lead-free Electronics Reliability -An Update Andrew D. Kostic, Ph. D., The Aerospace Corporation GEOINT DEVELOPMENT OFFICE August 2011

[2] Results of Comparative Reliability Tests on Lead-free Solder Alloys, Günter Grossmann, Giovanni Nicoletti, Ursin Solèr, Swiss Federal Institute for Materials Testing and Research EMPA

[3] Reliability of Lead-Free Solder Joints, John H. Lau, ASME Fellow, Agilent Technologies, Inc.

[4] Reliability of SnAgCu Solder Joints under Thermo-Mechanical Stresses, Sam Nurmi, Tampere university of technology

[5] Assessment of Long-term Reliability in Lead-free Assemblies, Sanka Ganesan, Ji Wu, and Michael Pecht, CALCE Electronic Products & Systems Center, University of Maryland

Vývoj v normalizácii denného osvetlenia v budovách

doc. Ing. Stanislav Darula, CSc. – Ing. Marta Malíková

Ústav stavebníctva a architektúry, Slovenská akadémia vied, Bratislava

usarsdar@savba.sk, malikova.marta@savba.sk

Abstrakt: V priebehu posledných rokov je v rámci aktivít CEN TC169/WG11 je riešená úloha tvorby európskej normy pre denné osvetlenie. Norma s názvom Daylight of Buildings má už pridelené číslo prEN 17037. Text jej jednotlivých paragrafov a aj príloh prechádzal viacerými zmenami v rámci pripomienkového konania a diskusií v CEN TC169/WG11. Príspevok poskytuje najnovšie informácie o prácach, hlavných kritériách a požiadavkách, ktoré obsahuje posledné znenie textu normy zaslané na CEN pre zabezpečenie Formal Voting.

1 Úvod

Jednou z hlavných úloh v oblasti svetelnej techniky je zabezpečiť dostatočné denné osvetlenie interiérov počas celého roka pri efektívnom využívaní elektrickej energie na osvetlenie [1°-4]. To sa v teórii dosahuje štúdiom dostupnosti dennej osvetlenosti a v praxi architektonickým návrhom. Jedným z kľúčových dokumentov v tomto procese sú technické normy.

V súčasnosti proces tvorby novej európskej normy pre denné osvetlenie [5] e v štádiu ukončenia vedecko-technických riešení a diskusií v pracovnej skupine CEN TC 169/WG11. Text paragrafového znenia dokumentu spolu s odpoveďami na pripomienky, ktoré prišli v rámci Public Inqiury (verejné pripomienkovanie všetkými členskými krajinami CEN), boli zaslané na sekretariát CEN TC169 pre zabezpečenie Formal Voting (formálne hlasovanie). Predpokladá sa, že toto hlasovanie sa uskutoční v priebehu septembra 2017. Práce pri tvorbe normy počas rokov 2016 a 2017 prebiehali nasledovne:

V decembri 2016 sa uskutočnilo na DS v Kodani zasadnutie CEN TC 169/WG11 za účelom posúdenia prEN 17037 pripomienok [6] ktoré boli zaslané v rámci statusu Public Enquire.

V marci 2017 na DS v Kodani sa posudzovali a vyhodnocovali pripomienky k norme, pripravil sa návrh riešení a zmien textov a prijímali sa rozhodnutia na zapracovanie pripomienok.

V máji na DIN v Berlíne sa posudzovali prílohy prEN 17037 a dokončovali sa ich technické návrhy.

V júni sa zrealizoval WEBEX meeting za účelom uzatvorenia riešenia pripomienok a definícii, ktoré sú obsahom normy.

Sekretariát WG11 zaslal návrh prEN 17037 predsedovi a na sekretariát CEN TC169 v auguste 2017.

2 Popis normy

Norma prEN 17037 obsahuje normatívnu a informatívnu časť. Normatívna časť je venovaná kritériám a požiadavkám na denné osvetlenie vnútorných priestorov s trvalým pobytom

užívateľov, výhľadu z interiérov, preslneniu bytov, herní predškolských zariadení a lôžkových pavilónov nemocníc a tiež oslneniu od zdrojov denného svetla. Informatívna časť je členená na prílohy, z ktorých prvá, Príloha A, obsahuje špecifikáciu požiadaviek, a ostatné zodpovedajú uvedeným štyrom okruhom hodnotenia denného osvetlenia, t.j. Príloha B Denné osvetlenie, Príloha C Výhľad, Príloha D Preslnenie a Príloha E Oslnenie.

3 Normatívne kritéria

Štyri oblasti hodnotenia denného svetla v budovách sú predmetom normatívnej časti prEN 17037, t.j. denné osvetlenie, výhľad, preslnenie a oslnenie.

3.1 Denné osvetlenie

Priestor je považovaný za dostatočne osvetlený denným svetlom, keď cieľová osvetlenosť je dosiahnutá na časti referenčnej roviny pre najmenej polovicu denných hodín.

Minimálna osvetlenosť sa má tiež dosiahnuť na referenčnej rovine v priestoroch s vertikálnymi alebo sklonenými oknami.

V normatívnej časti sa tiež odporúčajú metódy pre výpočet dennej osvetlenosti a jej verifikáciu.

3.2 Výhľad

Pri hodnotení výhľadu z interiéru sa rozlišujú tri kategórie pohľadu:

- na oblohu,
- na okolitú krajinu,
- na terén.

Rozhodujúcimi parametrami hodnotenia výhľadu je kategória pohľadu, plocha v miestnosti, kde sa môže výhľad uplatniť, horizontálny uhol otvorov, ktorými sa realizuje výhľad, a vzdialenosť scény pred otvormi.

Materiály, ktoré sa použijú v otvoroch, majú byť farebne neutrálne a poskytovať neskreslený obraz.

Verifikácia návrhu výhľadu je riešená podľa Prílohy C.

3.3 Preslnenie

V normatívnej časti sa slovne požaduje, aby priestory boli dostatočne preslnené viac ako je preddefinovaný čas v hodinách. Metódy pre hodnotenie a verifikáciu preslnenia obsahuje Príloha D.

4 Informatívne prílohy

Podobne ako je členená normatívna časť prEN 17037, sú radené aj informatívne prílohy normy.

4.1 Príloha A Odporúčania

V tejto prílohe sú špecifikované hodnoty kritérií pre denné osvetlenie, výhľad, preslnenie a oslnenie.

Cieľové osvetlenosti 300 lx, 500 lx a 750 lx a minimálna cieľová osvetlenosť 100 lx sú uvedené v Tabuľke A.1 Prílohy A. V Príhohe A sa uvádzajú nové termíny: medián vonkajšej difúznej osvetlenosti, cieľový činiteľ dennej osvetlenosti a minimálny cieľový činiteľ dennej osvetlenosti. Ich hodnoty platné pre hlavné mestá členských krajín CEN sú uvedené v Tabuľke A.2 pre vertikálne otvory a v Tabuľke A.3 pre svetlíky s difúznym zasklením na vnútornej strane. Pri stanovení cieľových činiteľov dennej osvetlenosti sa použili mediány dennej osvetlenosti, ktoré boli vypočítané na základe údajov z databáz Satellite a EnergyPlus [7]

V Tabuľke A.5 možno nájsť hodnoty parametrov pre hodnotenie výhľadu z danej pozície v miestnosti. Rozlišujú sa tri kvalitatívne úrovne výhľadu: minimálna úroveň, stredná úroveň a vysoká s najlepšími podmienkami.

V časti A.4 tejto prílohy sa odporúča preslnenie miestnosti počas vybraného referenčného dňa medzi 1. februárom a 21. marcom a doba preslnenia je rozdelená do troch kategórií, t.j. 1,5 hod – minimálne preslnenie, 3 hod - stredné a 4 hod - vysoké.

Podobne ako v častiach výhľad a preslnenie, sú aj požiadavky na oslnenie kategorizované v troch úrovniach: minimálne, stredné a vysoké.

4.2 Príloha B Denné osvetlenie

Popri popisu určenia siete výpočtových bodov v miestnosti sa v prílohe odporúčajú dve metódy pre výpočet denného osvetlenia. Prvá metóda využíva koncept činiteľa denného osvetlenia a pracuje s cieľovým činiteľom dennej osvetlenosti D_T (1) a minimálnym cieľovým činiteľom dennej osvetlenosti D_{TM} (2).

$$D_T = 100\frac{E_i}{E_{med}} = 100\frac{300}{E_{med}} \qquad [\,\%\,] \tag{1}$$

kde E_i – horizontálna osvetlenosť v interiéri, lx

E_{med} – medián exteriérovej horizontálnej osvetlenosti

$$D_{TM} = 100\frac{E_{\min}}{E_{med}} = 100\frac{100}{E_{med}} \qquad [\,\%\,] \tag{2}$$

kde E_{min} – minimálna horizontálna osvetlenosť v interiéri, lx

Pri výpočtoch D_T a D_{TM} sa pripúšťa požívať metódy zohľadňujúce podmienky normy ISO 15469:2004 (Typ oblohy 1 alebo 16). [8]

Druhá metóda pracuje s úrovňami osvetlenosti, vyžaduje databázu celoročných údajov, pričom sa vyhodnocuje kritérium cieľovej osvetlenosti 300 lx na ploche 50% referenčnej roviny a minimálnej cieľovej osvetlenosti 100 lx na pracovnej rovine pre dobu 2190 hodin.

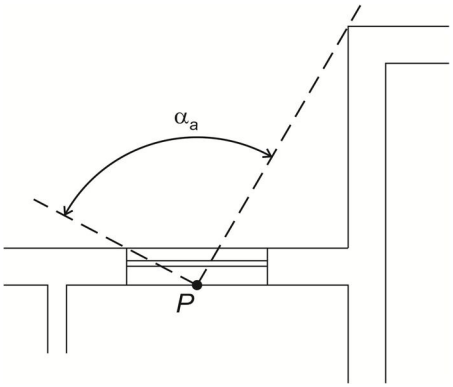
4.3 Príloha C Výhľad

V prílohe sa popisuje kvalita výhľadu a stanovenie šírky osvetľovacích otvorov zabezpečujúcich výhľad. Členenie výhľadu na tri kategórie je dokumentované na obrázku C.6.

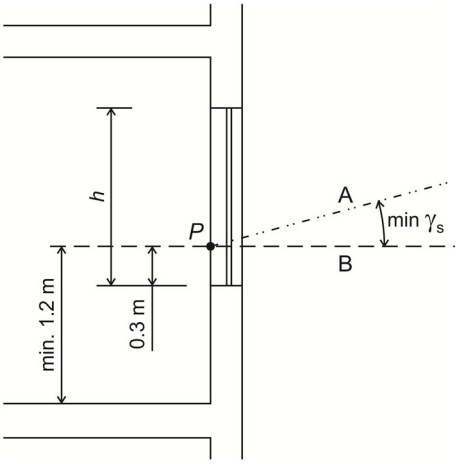
4.4 Príloha D Preslnenie

Na začiatku prílohy sú uvedené pravidlá pre umiestnenie referenčného bodu pre preslnenie miestnosti v textovej aj obrazovej forme. Tento bod sa umiestňuje na vnútorný povrch obvodovej steny, v strede šírky osvetľovacieho otvoru. Pri hodnotení preslnenia miestnosti sa zohľadňuje tieniaci vplyv okolitých prekážok.

Príklad situácie s tienením vlastnou konštrukciou je zobrazený na Obr. 1 a na Obr. 2 je v reze zobrazená situácia, keď miestnosť je preslnená oknom s parapetom.



Umiestnenie referenčného bodu, pôdorys



Umiestnenie referenčného bodu, rez

Preslnenie miestnosti možno hodnotiť výpočtovými metódami alebo graficky. Pre porovnateľnosť výpočtových výsledkov sa v samostatnom paragrafe uvádzajú vzorce pre výpočet výšky a azimutu slnka. Dôležitou súčasťou prílohy je Tabuľka D.1, v ktorej sú odporúčané minimálne výšky slnka, od ktorých sa započítava preslnenie. Táto výška bola stanovená pre minimálnu dobu preslnenia 1,5 hodiny pre Prahu v úrovni 13° a pre Bratislavu v úrovni 14°.

4.5 Príloha E Oslnenie

Podobne ako v predchádzajúcich prílohách, na začiatku sa popisuje oslnenie od zdrojov denného svetla a hodnotiaci parameter *DGP* (3). Empirický vzťah pre *DGP* bol stanovený experimentálne.

Metódy hodnotenia a verifikácie oslnenia sú súčasťou tejto prílohy.

$$DGP = 5.87 \cdot 10^{-5} \cdot E_v + 9.18 \cdot 10^{-2} \cdot \log(1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \cdot \omega_{s,i}}{E_v^{1.87} \cdot P_i^2}) + 0.16 \quad (3)$$

kde E_v - vertikálna osvetlenosť na očiach, lx; P - pozičný index, - ; L_s - jas zdroja, cd.m^{-2}; w_s - priestorový uhol zdroja jasu, -; i – číslo zdroja jasu.

5 Záver

V Českej republike a Slovenskej republike sú zavedené predpisy a normy podľa ktorých sa dlhodobo hodnotí denné osvetlenie v budovách. Príchodom novej Európskej normy sa zvyšuje dôležitosť a vážnosť denného osvetlenia v budovách v Európskych krajinách a prichádza predpis pre jeho hodnotenie. V krajinách, v ktorých neexistovali normy pre hodnotenie denného osvetlenia v budovách, je nová norma veľkým prínosom. V krajinách, medzi ktoré patrí aj Slovenská republika a Česká republika, nová norma prinesie zmeny, ktoré môžu skomplikovať zaužívané postupy hodnotenia. I v našich krajinách môže byť prínosom pri odolávaniu tlaku na zrušenie našich predpisov zo strany zahraničných developerov. V súčasnosti treba počkať na výsledky hlasovania v úrovni Formal Voting a na základe rozhodnutí CENu postupovať v zmysle predpisov pre štandardizáciu v Európe.

Poďakovanie

Príspevok vznikol za podpory projektu APVV-0118-12 a VEGA 2/0042/17.

Literatura a odkazy

[1] Darula, S. – Gašparovský, D. Denné osvetlenie v budovách: posúdenie podľa STN 73 0580 a STN EN 15193. Projekt – Stavba, 2008, 3, 1–2, p. 27-29.

[2] Šumpich, J. - Novák, T., Carbol, Z., Sokanský, K. Software calculation tool for light savings in the buildings compared with real measured data. Proc. of the 14th Int. Scientific Conf. Ellectric Power engineering. 2013, s. 677-680.

[3] Darula, S. Denné osvetlenie budov v návrhu Europských noriem. SLOVALUX 2015: zborník zo seminára. Bratislava : Slovenská svetelnotechnická spoločnosť, 2015, s. 78-84.

[4] Darula, S. - Malíková, M. New European standard criteria for daylight assessment. LIGHTING ENGINEERING 2015: proceedings. Maribor: Slovensko društvo za razsvetljavo, p. 69-74, 2015.

[5] prEN 17037 Daylight of buildings. CEN TC169/WG11 N0154 TC 169 WI 00169068, 2017-08-25.

[6] CEN TC169/WG11 N0155 comments to prEN 17037 enquiry, 2017-09-12.

[7] Mardaljevic, J., Christoffersen, J. 'Climate connectivity' in the daylight factor basis of building standards. Building and Environment, vol 113, 2017, p. 200-209.

[8] ISO 15469:2004(E)/CIE S 011/E:2003. Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky. ISO, Geneva, CIE, Vienna, 2004.

Prezentace výsledků porovnávacího měření umělého osvětlení 2017

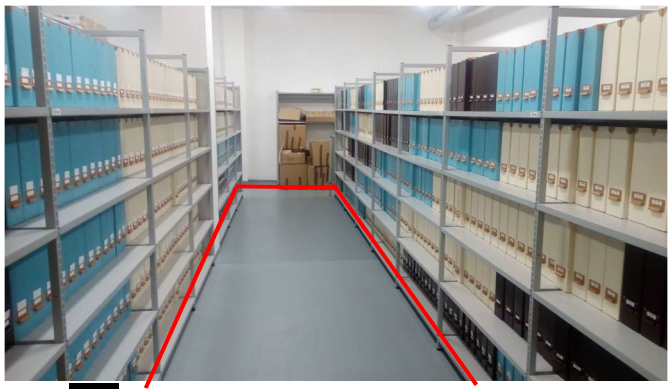
Ing. Martin Demel

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

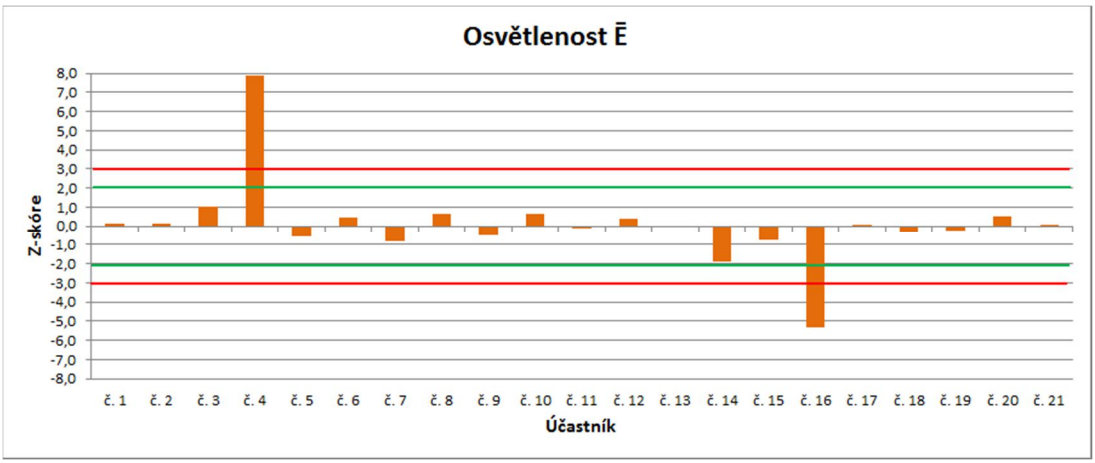
Letošní ročník porovnávacího měření umělého osvětlení se konal 28 a 29. 3. 2017 a kde jinde, než na půdě Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Nejtěžší na organizaci této akce není zvládnout samotný průběh měření, ale vymyslet, co se bude měřit tak, aby se nám prostory neopakovaly. Díky rozloze areálu VŠB-TU a značnému množství nově postavených budov se nám to vcelku daří. Již potřetí jsme využili potenciál nové budovy Fakulty elektrotechniky a informatiky. V roce 2015 jsme měřili kancelář prof. Sokanského, v roce 2016 laboratoř elektrotechniky a letos jsme se uchýlili do podzemí – bezokenního prostoru spisovny. Celkem se porovnávacího měření zúčastnilo 21 měřících skupin. Každá skupina měla na splnění předem daných úkolů 60 minut. Osvědčení o účasti obdržel pouze ten účastník, který dosáhl v daném úkole hodnot z-skóre |z| ≤ 2,0. Zadání a výsledky byly následující:

1 Úkol A

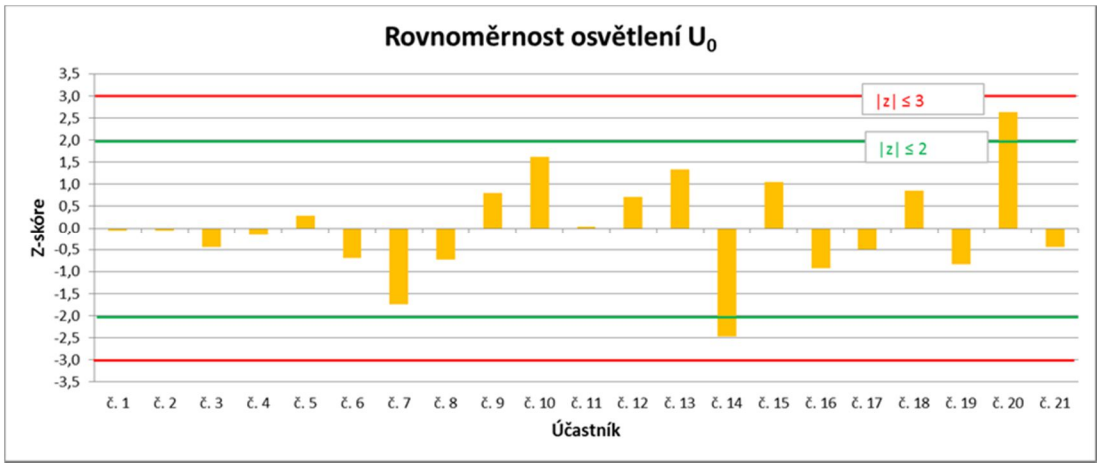
Změřit horizontální osvětlenost a vypočítat rovnoměrnost osvětlení vymezeného prostoru uličky spisovny EA 003. Vycházejte z tabulky 5.5 normy ČSN EN 12464-1.



Měřená ulička – horizontální osvětlenost



Kritérium vyhovující výkonnosti (|z| ≤ 2) nesplnili účastníci **č. 4 a 16.**



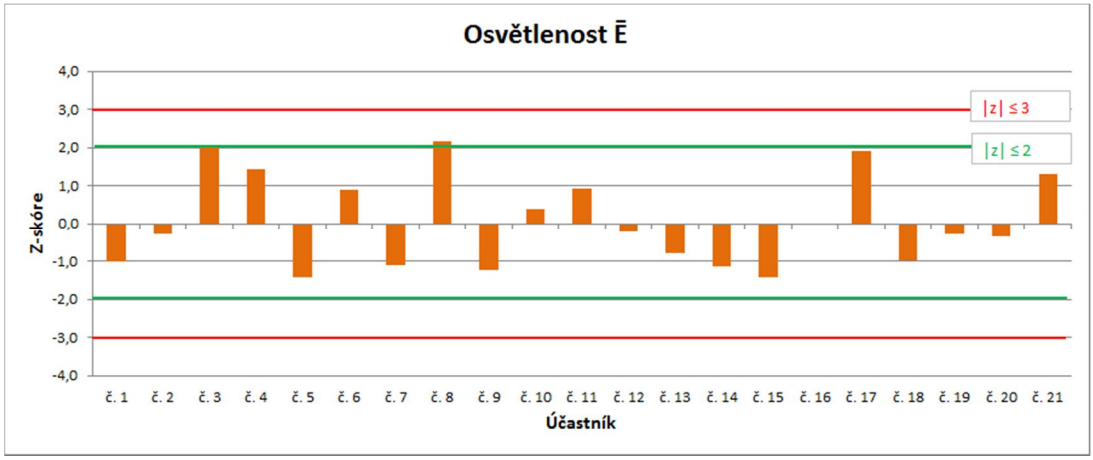
Kritérium vyhovující výkonnosti (|z| ≤ 2) nesplnili účastníci **č. 14 a 20**.

2 Úkol B

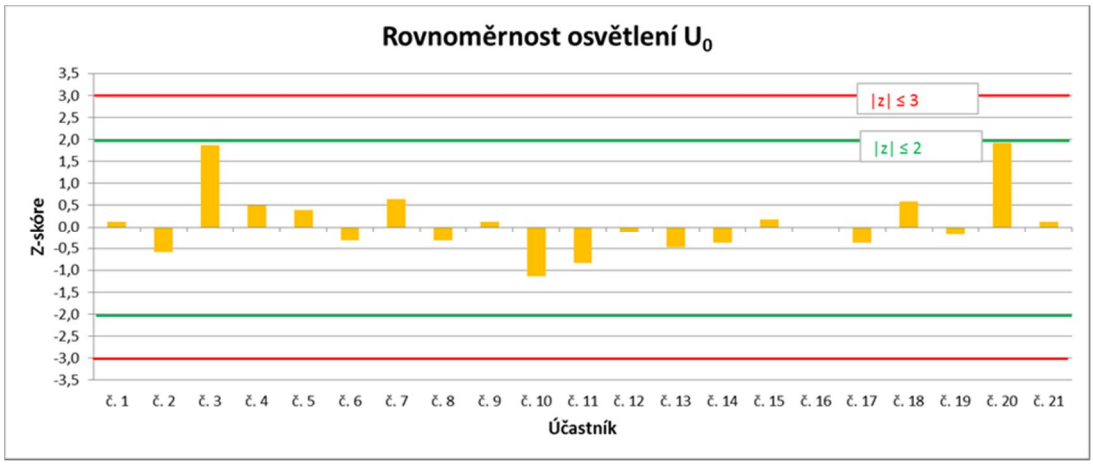
Změřit vertikální osvětlenost a vypočítat rovnoměrnost osvětlení označeného dílu regálu. Vycházejte z tabulky 5.5 normy ČSN EN 12464-1.



[redacted]Měřený regál – vertikální osvětlenost



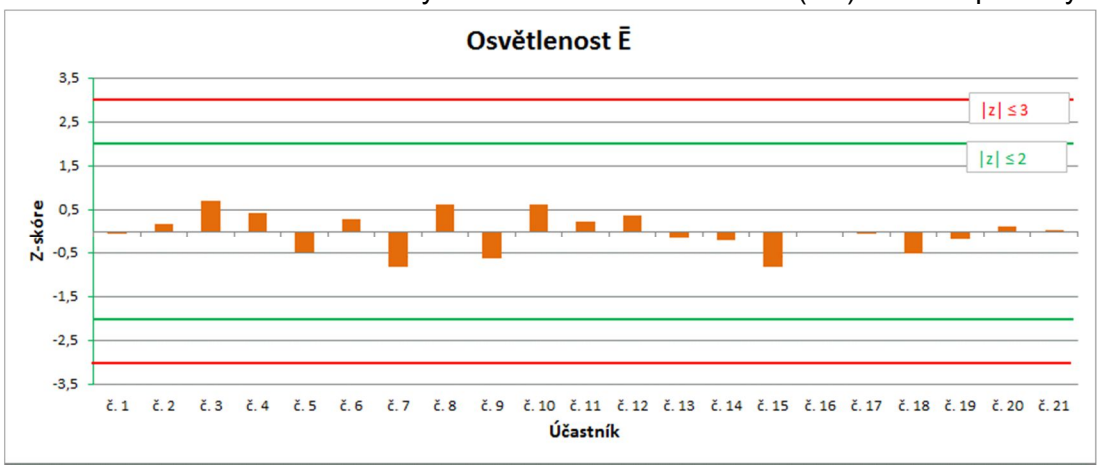
Kritérium vyhovující výkonnosti (|z| ≤ 2) nesplnili účastníci **č. 3 a 8**.



Kritérium vyhovující výkonnosti (|z| ≤ 2) splnili všichni účastníci.

3 Úkol C

Změřit: Horizontální osvětlenost na vyznačeném kontrolním bodě (KB) v úrovni podlahy.



Kritérium vyhovující výkonnosti (|z| ≤ 2) splnili všichni účastníci.

4 Úkol D

Vypočítat: Udržovací činitel MF (pozn. osvětlovací soustava - přisazená prachotěsná zářivková svítidla s el. předřadníkem, 3 roky stará, nasvíceno 200 hodin)

Účastník (kód)	MF [-]
1	0,68
2	0,72
3	0,84
4	0,88
5	0,84
6	0,90
7	0,84

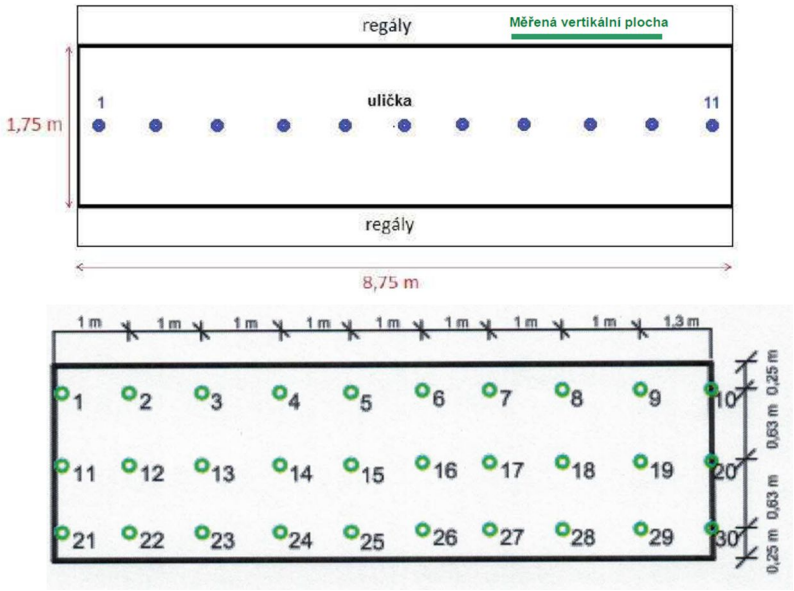
Účastník (kód)	MF [-]
8	0,90
9	0,84
10	0,90
11	0,85
12	0,85
13	0,73
14	0,91

Účastník (kód)	MF [-]
15	0,73
16	0,67
17	0,89
18	0,71
19	0,75
20	0,89
21	0,91

Správná vypočítaná hodnota udržovacího činitele je **0,90**.

5 Závěr

Díky porovnávacímu měření přišel účastník č. 16 na to, že má porouchaný měřící přístroj. Našli se účastníci, kteří při měření horizontální osvětlenosti uličky použili stativ ve výšce srovnávací roviny 0,85 m, ačkoliv byl v zadání úkolu odkaz na normu ČSN EN 12646-1 (tabulku 5.5), která stanoví srovnávací rovinu na úrovni podlahy. Rozmístění měřících bodů by mělo odpovídat každodenní praxi. Bohužel u porovnávacího měření se mnozí snaží o maximálně přesné výsledky, které ale mohou být v konečném obrátit proti nim. Vztažná hodnota se totiž bere z průměru výsledků všech měřících skupin. Dobře patrné to je při rozmístění měřících bodů v uličce na obrázcích viz níže. Jak je známo, u uličky do 2 m postačí jedna řada bodů (v našem případě 11 měřících bodů). Našly se i aktivní skupiny, které potřebovaly 30 měřících bodů. Z-score účastníka s 11 měřícími body bylo nižší než Z-score účastníka, který měl 30 měřících bodů. Méně je někdy více!



Pro nás už známou Achylovou patou mnoha měřících skupin je výpočet udržovacího činitele, která není úplně nová a ani není úplně stará (období mezi tím). Tabulky úkolu D je toho zdárným příkladem. Součástí porovnávacího měření je i vzdělání. Proto jsme se na tento problém zaměřili a zařadili jako součást porovnávacího měření i pravidelnou přednášku s návodem, jak správně v tomto „mezi“ období vypočítat udržovací činitel.

Meranie fotometrických parametrov lietadlových signalizačných svietidiel

Roman Dubnička, Mgr., - Lukáš Lipnický, Ing. – Marek Mokráň, Ing.

STU, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky,
roman.dubnicka@stuba.sk

Abstrakt: Lietadlo ako každý iný dopravný prostriedok musí spĺňať náležitosti osvetlenia pre viditeľnosť a orientáciu ostatných účastníkov leteckej dopravy či už vo vzduchu alebo na zemi. K tomuto účelu slúžia lietadlové signalizačné svietidlá, ktoré sú umiestnené na konci krídel lietadiel s rôznou farbou. Tento článok sa zaoberá určením fotometrických parametrov lietadlových signalizačných svietidiel v laboratórnych podmienkach.

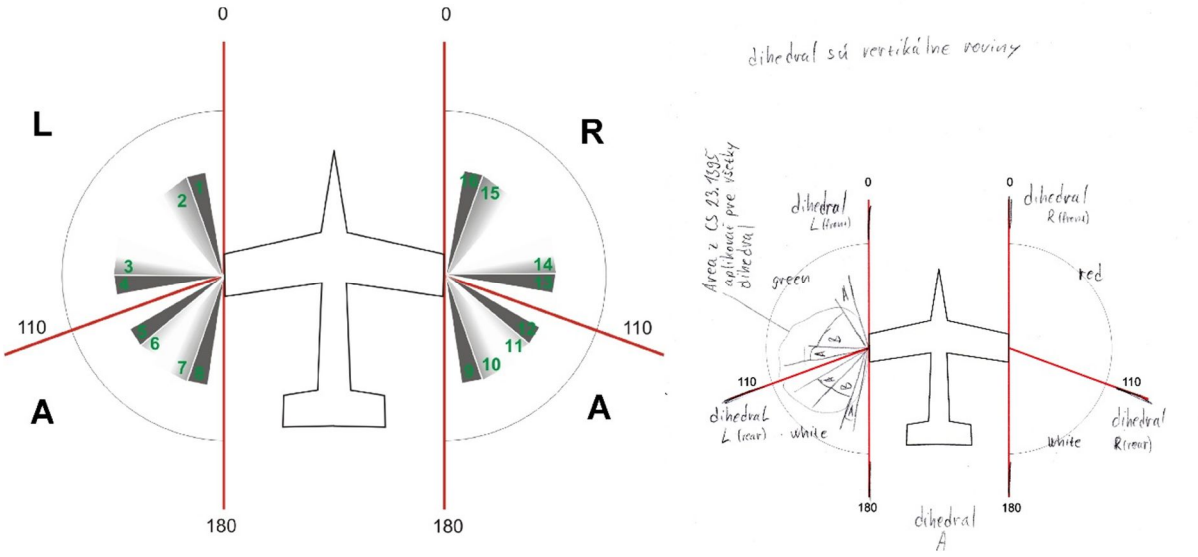
1 Úvod

Letecká doprava patrí stále medzi najbezpečnejšie formy cestovania. Takisto dopravné prostriedky, ktoré sa pohybujú vo vzduchu alebo na zemi a slúžia k preprave osôb alebo materiálu musia byť vhodne byť osvetlené pre ich viditeľnosť za znížených podmienok viditeľnosti (najmä v noci, v hmle a pod.). Preto lietadlá musia byť opatrené signalizačnými svietidlami, farebne rozdielnymi tak, aby bolo možné určiť polohu lietadla a pre identifikáciu pohybu tak vo vzduchu ako aj pohybujúcich sa lietadiel na letisku. Signalizačné lietadlové svietidlá musia spĺňať takisto náležitosti, aby bezpečnosť v leteckej doprave bola zaručená. Tieto podmienky určuje organizácia pre leteckú dopravu EASA (Európska agentúra pre pre bezpečnosť letectva), ktorá je zriadená európskou úniou a v súlade s nariadením európskej komisie pod ňu spadajú aj národné letecké úrady, ktoré tieto predpisy musia byť v súlade s týmto nariadením harmonizované aj v podmienkach jednotlivých členských štátov. Na území SR je týmto úradom Letecký úrad SR, ktorý vydáva povolenie pre užívanie takýchto zariadení v leteckej doprave v súlade s harmonizovanými predpismi EASA. Predpis, ktorý pojednáva o signalizačných lietadlových svietidlách má označenie CS-23 Amdt 4, kde sú popísané požiadavky pre takýto typ svietidiel zahŕňajúc aj fotometrické parametre. V tomto článku sú popísané požiadavky ako aj výsledky merania konkrétnych lietadlových signalizačných svietidiel skúšaných v laboratórnych podmienkach akreditovaného skúšobného laboratória svetelnotechnických zariadení v rámci Skúšobne FEI STU.

2 Požiadavky pre signalizačné svietidlá podľa predpisu CS-23 Amdt 4

Lietadlové signalizačné svietidlá pre osvetlenie lietadiel prešli historicky vývojom za použitia od tradičných žiarovkových svetelných zdrojov ku použitiu moderných LED svietidiel spĺňajúc požiadavky predpisu EASA CS-23 Amdt 4 pre jednotlivé články CS 23.1389, CS 23.1391, CS 23.1393, CS 23.1395, CS 23.1397 a CS 23.1401, ktoré pojednávajú o svetelnotechnických požiadavkách signalizačných lietadlových svietidiel.. Lietadlo musí byť osvetlené týmito svietidlami na umiestnenými na jeho jednotlivé časti tak, aby boli zaručené podmienky dobrej viditeľnosti tohto dopravného prostriedku. Signalizačné svietidlá sú umiestnené na koncoch krídel ako aj v prednej a zadnej časti lietadla, ohraničujúc jeho rozmery. Farebným rozlíšením svietidiel podľa konvencie v leteckej doprave je takisto zabezpečená aj orientácia polohy ako aj pohybu pre ostatných účastníkov v leteckej doprave s ohľadom na osvetlené lietadlo. Na pravom krídle je namontované svietidlo so zelenou farbou a na ľavom krídle svietidlo so zelenou farbou. Okrem týchto farebných rozlíšení je

nutné aby bolo možno prevádzkovať tieto svietidlá aj v režime s bielou farbou, dôležitou pre proti kolíznym situáciám, čo možno konštrukčne dosiahnuť rozdelením svetelnočinných častí svietidiel s rôznou farbou. V tomto predpise sú popísané tak priestorové charakteristiky definované rovinami (Obr. 1), v ktorých sú popísané základné požiadavky pre vyžarovacie charakteristiky dané smerovou fotometrickou veličinou svietivosti v jednotlivých smeroch určených uhlami tak v horizontálnej ako aj vertikálnej rovine rešpektujúc pracovnú polohu svietidiel.



Obr.1 Priestor vyžarovania signalizačného lietadlového svietidla podľa predpisu CS-23

Okrem priestorových charakteristík vyžarovania signalizačných svietidiel musia spĺňať požiadavky pre farbu svetla jednotlivých svetelnočinných častí svietidiel definovaných za pomoci ohraničenia farebného priestoru farebnými súradníc priestoru CIE 1931 (x,y) pre jednotlivé farby (Obr. 2).

(a) *Aviation red* –

"y" is not greater than 0·335; and

"z" is not greater than 0·002.

(b) *Aviation green* –

"x" is not greater than 0·440–0·320*y*;

"x" is not greater than y–0·170; and

"y" is not less than 0·390-0·170x.

(c) *Aviation white* –

"x" is not less than 0·300 and not greater than 0·540;

"y" is not less than "x–0·040" or "y°–0·010", whichever is the smaller; and

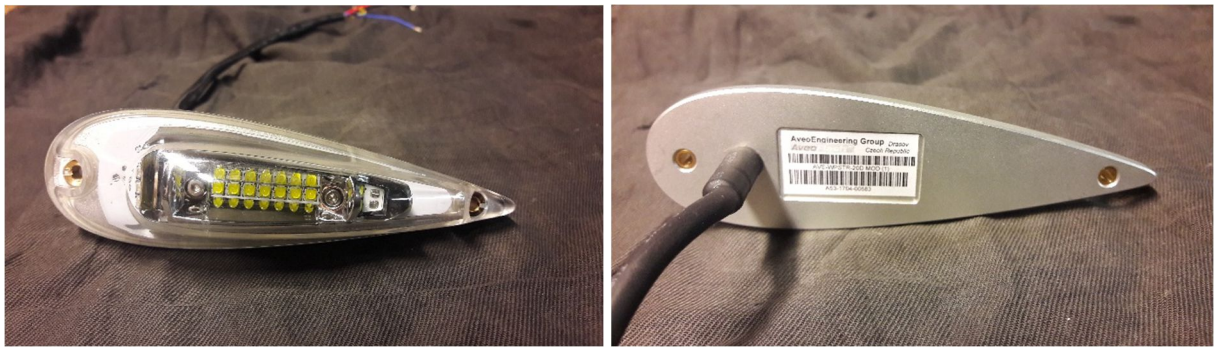
"y" is not greater than "x+0·020" nor "0·636–0·400x";

Where "y°" is the "y" co-ordinate of the Planckian radiator for the value of "x" considered.

Obr.2 Tabuľka dovolených hodnôt farebných súradníc x,y pre jednolitvé farby podľa CS-23

3 Meranie svetelnotechnických parametrov signalizačných svietidiel

V rámci svetelnotechnického merania svietivosti a farby svetla boli zmerané 2ks signalizačných lietadlových svietidiel osadených LED svetelnými zdrojmi a rozdelenými svetelnočinnými časťami s rôzym farebným rozlíšením. Vzorky, ktoré boli predmetom merania sú vyobrazené na obrázku Obr.3.



Obr.3 Fotodokumentácia vzorky signalizačného lietadlového svietidla

Meraniebolo vykonané v súlade s normou STN EN 13032-4 pričom vyhodnotenie bolo vykonané podľa predpisu EASA s označením CS-23 Amdt 4 pre svietidlá, ktorým sa ustanovujú podrobnosti a požiadavky pre signalizačné lietadlové svietidlá v podmienkach leteckej dopravy. Svietidlo bolo dodané zadávateľom na skúšku so všetkými súčasťami svietidla pripraveného pred inštaláciou na krídlo lietadla tak, aby bolo možné vykonať skúšku svietidla pri skutočnom stave prevádzky lietadlového signalizačného svietidla. Svietidlo je určené podľa vyjadrenia zadávateľa a špecifikácie výrobcu svietidla ako signalizačné lietadlové svietidlo, ktoré možno prevádzkovať ako trojkombináciu navigačného, pozičného a blikajúceho stretávacieho (proti kolízneho) signalizačného svietidla pre ultraľahké a športové lietadlá.

Pri meraní bol stanovený nasledovný postup:

1. Meranie svietivosti svietidla v definovaných uhloch pre horizontálnu rovinu a vertikálne roviny v súlade s predpisom CS-23 pre zelenú a bielu farbu.

2. Meranie farebných súradníc svietidla x,y farebného priestoru CIE 1931(x,y) pre zelenú a bielu farbu

3. Meranie efektívnej svietivosti v uhloch vyžarovania pod a nad horizontálnou rovinou vyhodnotené podľa vzťahu

$$I_e = \frac{\int_{t1}^{t2} I(t)\mathrm{d}t}{0{,}2 + (t2 - t1)}$$

kde

I_e – efektívna hodnota svietivosti v cd

$I(t)$ – hodnota svietivosti v čase v cd

$(t2 - t1)$ – hodnota časového intervalu záblesku v s

Svietidlo bolo napájané stabilizovaným zdrojom napätia pri úrovni jednosmerného napätia 12V. Vo svietidle boli nainštalované LED svetelné zdroje so červenou, zelenou a bielou studenou farbou s príslušnou optickou časťou pre usmernenie svetelného toku do priestoru zo svetelných zdrojov tak, aby boli splnené požiadavky predpisu CS-23 Amdt 4. Svietivosť svietidla v uhloch definovaného priestoru bola meraná pomocou goniofotometra pre roviny B, na ktorom bolo svietidlo upevnené a boli zmerané svietivosti v jednotlivých uhloch pre predné pozičné svietidlo červenej farby, pozičné zadné svietidlo bielej farby a takisto bola zmeraná efektívna svietivosť v prevádzke blikajúceho stretávacieho svietidla bielej farby, kde priestor vyžarovania svietidla pre roviny L a A (Obr. 1).

Farba	**Červená**	**Farba**	**Červená**	**Farba**	**Zelená**	**Farba**	**Zelená**
Horizontálne roviny L a A				**Horizontálne roviny R a A**			
Uhly	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**
0°	43,9	**95°**	29,6	**0°**	118,4	**95°**	46,8
5°	44,2	**100°**	30,0	**5°**	145,0	**100°**	24,0
10°	48,3	**110°**	15,6	**10°**	142,9	**110°**	6,5
15°	43,3	**120°**	9,0	**15°**	160,9	**120°**	4,5
20°	42,3	**125°**	6,4	**20°**	182,3	**125°**	3,7
25°	40,2	**130°**	4,7	**25°**	139,8	**130°**	3,0
30°	39,5	**135°**	3,8	**30°**	134,1	**135°**	2,1
40°	39,1	**140°**	2,9	**40°**	79,8	**140°**	1,5
50°	37,7	**150°**	1,3	**50°**	84,4	**150°**	1,4
60°	42,1	**160°**	0,6	**60°**	94,5	**160°**	1,1
70°	38,9	**165°**	0,5	**70°**	107,0	**165°**	1,1
75°	39,9	**170°**	0,4	**75°**	110,8	**170°**	0,9
80°	33,0	**175°**	0,1	**80°**	153,3	**175°**	0,0
85°	31,7	**180°**	0,0	**85°**	131,6	**180°**	0,0
90°	33,8			**90°**	87,1		

Tab.1 Namerané hodnoty svietivosti zelená farba v uhloch priestoru R,A pre horizontálne roviny, požiadavka CS 23.1391

Fotometrická vzdialenosť fotometrickej hlavice luxmetra od referenčného stredu každej svietiacej časti svietidla bola 1,509 m, teda do dostatočnej vzdialenosti kde bolo možné uvažovať inverzný štvorcový zákon. Nakoniec boli zmerané kolorimetrické parametre t.j. farba svetla, ktoré vyžarovalo svietidlo za pomoci spektrorádiometra USB2000 farebné

súradnice x,y farebného priestoru CIE 1931 (x,y), ktoré boli porovnané s dovolenými hranicami podľa predpisu CS-23, Amdt 4 (Obr.2). Meranie bolo vykonané po stabilizácií od zapnutia približne 30 minút, kde za pomoci luxmetra bolo možné sledovať stabilitu svetelného toku vyžarujúceho svietidlom.

Farba	**Biela**	**Farba**	**Biela**
Horizontálne roviny R a A			
Uhly	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**
0°	0,3	**95°**	2,9
5°	0,3	**100°**	5,7
10°	0,3	**110°**	29,1
15°	0,3	**120°**	30,8
20°	0,3	**125°**	29,4
25°	0,4	**130°**	27,7
30°	0,4	**135°**	26,5
40°	0,5	**140°**	25,4
50°	0,8	**150°**	33,0
60°	1,1	**160°**	57,9
70°	1,5	**165°**	61,2
75°	1,7	**170°**	56,6
80°	1,9	**175°**	47,1
85°	2,2	**180°**	28,6
90°	2,5		

Tab.2 Namerané hodnoty svietivosti biela farba v uhloch priestoru A pre horizontálne roviny, požiadavka CS 23.1391

Farba	Zelená					
Uhly horizontálne roviny	0°	30°	60°	90°	110°	150°
Uhly vertikálne roviny	Násobky svietivosti I normované pri 0°					
-90°	0,06	0,06	0,06	0,06	1,05	1,12
-80°	0,06	0,08	0,11	0,11	1,52	12,72
-70°	0,15	0,22	0,40	0,41	5,20	11,95
-60°	0,33	0,43	0,50	0,68	4,89	9,04
-50°	0,52	0,57	0,81	0,68	4,18	3,01
-40°	0,67	0,66	0,81	0,76	3,42	2,87
-35°	0,70	0,78	0,90	0,84	3,13	2,42
-30°	0,82	0,91	0,93	0,95	2,64	1,87
-25°	0,88	0,96	0,98	0,77	1,80	1,39
-20°	0,92	0,93	0,97	1,03	1,14	1,32
-15°	0,93	0,95	0,97	0,94	0,97	1,11
-10°	0,95	1,01	0,98	0,72	0,97	1,11
-5°	0,97	1,00	0,99	0,91	0,97	0,87
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	1,04	1,01	1,01	1,01	1,01	0,86
10°	0,98	0,98	1,01	0,77	1,05	1,04
15°	0,97	0,92	0,98	0,91	1,06	1,00
20°	0,93	0,88	0,97	1,05	1,44	1,13
25°	0,88	0,91	0,96	0,83	2,07	1,37
30°	0,82	0,88	0,95	0,97	2,89	1,54
35°	0,86	0,80	0,94	0,88	3,37	1,92
40°	0,80	0,68	0,90	0,79	3,77	2,32
50°	0,59	0,50	0,76	0,75	4,47	5,07
60°	0,38	0,40	0,61	0,84	6,43	10,97
70°	0,18	0,23	0,45	0,43	5,35	14,87
80°	0,08	0,09	0,14	0,13	2,00	15,74
90°	0,06	0,06	0,07	0,07	1,20	9,66

Tab.3 Namerané hodnoty svietivosti pre vertikálne roviny zelená farba podľa požiadavky CS 23.1393

Farba	Červená					
Uhly horizontálne roviny	0°	30°	60°	90°	110°	150°
Uhly vertikálne roviny	Násobky svietivosti / normované pri 0°					
-90°	0,06	0,06	0,18	0,06	0,54	4,51
-80°	0,08	0,08	0,08	0,15	2,22	11,77
-70°	0,11	0,26	0,36	0,63	7,15	14,26
-60°	0,28	0,56	0,58	0,81	6,77	11,77
-50°	0,52	0,72	0,71	0,98	5,46	4,23
-40°	0,76	0,84	0,83	1,04	4,74	2,14
-35°	0,82	0,86	0,85	1,29	4,08	1,97
-30°	0,84	0,90	0,88	1,07	3,10	1,83
-25°	0,92	0,97	0,92	1,17	1,95	1,46
-20°	0,95	0,97	0,94	1,34	1,37	1,29
-15°	1,01	0,98	0,98	0,98	1,07	9,71
-10°	1,05	1,01	0,99	1,10	1,03	1,29
-5°	1,08	1,04	0,99	1,20	1,01	0,89
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	1,03	1,00	1,00	1,17	1,01	0,97
10°	1,07	1,01	1,00	1,09	1,01	0,80
15°	1,11	0,99	0,99	1,01	1,02	0,89
20°	1,11	0,93	0,98	1,33	1,26	1,20
25°	1,03	0,93	0,96	1,22	2,42	1,34
30°	0,97	0,91	0,92	1,04	3,26	1,46
35°	0,86	0,87	0,91	1,27	4,16	1,83
40°	0,80	0,82	0,86	1,10	4,74	1,91
50°	0,58	0,74	0,80	1,02	5,72	2,91
60°	0,41	0,57	0,65	0,84	6,96	11,71
70°	0,15	0,33	0,40	0,70	7,75	14,09
80°	0,09	0,13	0,13	0,19	2,88	10,40
90°	0,06	0,06	0,06	0,06	0,68	4,20

Tab.4 Namerané hodnoty svietivosti pre vertikálne roviny červená farba podľa požiadavky CS 23.1393

Farba	Biela			
Uhly horizontálne roviny	110°	150°	170°	
Uhly vertikálne roviny	Násobky svietivosti / normované pri 0°			
-90°	0,18	0,14	0,09	
-80°	0,23	0,21	0,12	
-70°	0,44	0,34	0,25	
-60°	0,67	0,47	0,43	
-50°	0,84	0,60	0,68	
-40°	1,04	0,78	0,97	
-35°	1,34	0,66	1,11	
-30°	0,94	0,98	1,30	
-25°	0,75	1,06	1,28	
-20°	0,93	0,88	1,41	
-15°	1,01	0,82	1,28	
-10°	1,00	0,95	1,02	
-5°	1,00	0,99	1,12	
0°	1,00	1,00	1,00	
5°	1,00	0,95	1,00	
10°	0,95	0,92	1,11	
15°	0,96	0,88	1,06	
20°	0,98	0,73	1,31	
25°	0,84	0,88	1,11	
30°	0,67	1,03	1,09	
35°	0,99	0,69	0,99	
40°	1,37	0,51	0,80	
50°	0,60	0,58	0,53	
60°	0,67	0,47	0,40	
70°	0,49	0,34	0,24	
80°	0,26	0,23	0,13	
90°	0,19	0,17	0,11	

Tab.5 Namerané hodnoty svietivosti pre vertikálne roviny biela farba podľa požiadavky CS 23.1393

Farba	Biela	Farba	Biela
Uhly nad a pod horizontálnou rovinou			
Uhly	Svietivosť I_e (cd)	Uhly	Svietivosť I_e (cd)
90	1,6	**-10**	435,5
80	4,1	**-20**	261,1
75	23,2	**-30**	211,7
60	34,9	**-40**	168,7
50	43,0	**-50**	53,5
40	122,5	**-60**	40,6
30	220,6	**-75**	22,8
20	236,0	**-80**	3,5
10	423,3	**-90**	1,6
0	486,6		

Tab.6 Namerané hodnoty efektívnej svietivosti biela farba nad a pod horizontálnou rovinou, požiadavka CS 23.1401

Farebná súradnica / Zelená	Nameraná hodnota	Výsledok
x	0,1809	*Vyhovuje*
y	0,7121	*Vyhovuje*

Farebná súradnica / Červená	Nameraná hodnota	Výsledok
y	0,2987	*Vyhovuje*
z	0,0020	*Vyhovuje*

Farebná súradnica / Biela	Nameraná hodnota	Výsledok
x	0,3403	*Vyhovuje*
y	0,3540	*Vyhovuje*

Tab.7 Namerané farebné súradnice x,y svietidla pre zelenú, červenú a bielu farbu, požiadavka CS 23.1397

4 Záver

V článku bolo popísané fotometrické meranie signalizačných lietadlových svietidiel pre leteckú dopravu spolu s výsledkami merania za pomoci goniofotometra pre priestorové charakteristiky svietidiel a spektrorádiometra pre meranie farebných súradníc podľa požiadaviek predpisu EASA CS-23 Amdt 4 pre jednotlivé články. Merané signalizačné svietidlá, ktoré boli predmetom merania vyhovovali požiadavkám daného predpisu pre všetky články predpisu, ktoré pojednávajú o svetelnotechnických požiadavkách signalizačných lietadlových svietidiel. Neistota merania svietivosti bola ocenená relatívnou rozšírenou neistotou 7,0 % s koeficientom rozšírenia $k = 2$ za predpokladu normálného rozdelenia čo predstavuje interval pokrytia približne 95%. Neistota bola stanovená v súlade s dokumentami EA-04/02 a MSA-L/11. Neistota merania farebných súradníc x,y bola ocenená rozšírenou neistotou 0,003 s koeficientom rozšírenia $k = 2$ za predpokladu normálného rozdelenia čo predstavuje interval pokrytia približne 95%. Neistota bola stanovená v súlade s dokumentami EA-04/02 a MSA-L/11. Na záver je nutné spomenúť, že merania pre jednotlivé farby musia byť korigované na chybu prispôsobenia filtra V(λ) použitého luxmetra, pričom pri nekorigovaní hodnôt na toto prispôsobenie môže vyplynúť veľká nepresnosť merania. Táto korekcia si pri meraní výrazne prejavila pri meraní červeného svietidla, kde korekcia bola na úrovni desiatok percent z nameranej hodnoty.

5 Poďakovanie

Táto publikácia vznikla za podpory Skúšobného laboratória svetelnotechnických zariadení v rámci Skúšobne FEI STU.

Literatura a odkazy

[1] Predpis EASA, CS-23 Amdt 4, EASA Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes, Júl, 2015

[2] CIE 1996. CIE 121:1996. The Photometry and Goniophotometry of Luminaires. Vienna: CIE

[3] CEN 2016, STN EN 13032-4. Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 4: Zdroje LED, moduly a svietidlá

Několik poznámek k terminologii nových světelných zdrojů

Vladimír Dvořáček, Ing., ČNK CIE

Přednáška obsahuje příklady některých nových termínů v oblasti světelných zdrojů na bázi světelných diod a uvádí i řadu příkladů nesprávných termínů u veličin nebo výrobků, pro něž již dlouhodobě existují zavedené a schválené termíny používané např. v českých normách nebo v odborné literatuře. Jejím cílem je podnítit další diskusi na uvedené téma.

Současný převratný rozvoj světelných zdrojů v největší míře probíhá v oblasti světelných diod, nárůst jejichž měrného výkonu překonal tento parametr u všech existujících klasických světelných zdrojů (dále s.z.). Jestliže měrný výkon s.z použitelných pro účely všeobecného osvětlení dosahuje max. 110 lm/W bez předřadníku a bez ztrát ve svítidle, směřuje obdobný parametr u LED světelných zdrojů resp. LED svítidel u špičkových výrobců reálně k 200 lm/W s možnou perspektivou dalšího zvýšení, protože základní stavební jednotka LED s.z. - LED čip, byť v laboratorních podmínkách, dosáhla již hodnoty převyšující 300 lm/W. Při jejich zabudování do finálních LED výrobků, kterých je již ohromné množství, dojde sice ke snížení této hodnoty v důsledku různých ztrát, avšak již teď je zřejmé, že v oblasti s.z. pro všeobecné osvětlení žádný klasický s.z. umístěný do příslušného svítidla s příslušným předřadným zařízením a dalším nezbytným příslušenstvím jim nemůže konkurovat.

S tímto rozvojem úzce souvisí i potřeba zavést vhodnou a jednotnou terminologii, a to jak pro konstrukční prvky světelných diod, tak pro světelnětechnické výrobky, jichž jsou světelné diody základní součástí (řečeno starým poetickým názvem pro vlákno žárovky - jejím srdcem).

V současné době jsou výchozími podklady pro terminologii anglické termíny, což logicky vyplývá ze skutečnosti, že převážná většina výrobků a tedy i názvů vznikla v anglicky mluvících zemích a do českého prostředí se dostávají buď překladem norem vypracovaných v rámci CENELEC, IEC, CIE aj. anebo překladem článků a různé obchodně-technické dokumentace, která se k nám dostává prostřednictvím obchodních organizací, jejichž personál zajišťuje jejich překlad různými, ne vždy kvalifikovanými cestami, s použitím nejednotných a často hodně hovorových termínů nebo otrockých překladů. Takto připravené materiály, mnohdy připravované ve spěchu a již později neopravované, musí být v odborných textech předávaných ke zveřejnění v odborném tisku (např. v časopisu Světlo) pracně opravovány, někdy i proti vůli autorů. Zcela samostatnou oblastí „odborné“ terminologie je denní tisk, kde ta odbornou korekcí neprochází vůbec.

Skutečnost, že se v ČR s.z. již téměř nevyrábějí, vede k tomu, že zde ani nevzniká originální česká terminologie, jako tomu bylo v minulosti, kdy výrobní program tuzemského výrobce zahrnoval v podstatě všechny základní skupiny s.z., pro které se souběžně s jejich vývojem vytvářela i příslušná vývojová, výrobní a technicko-obchodní dokumentace používající českou, popř. slovenskou terminologii. Z této doby pocházejí jak hezké názvy finálních výrobků jako žárovky obyčejné nebo halogenové, zářivky lineární nebo kompaktní, výbojky rtuťové, sodíkové, halogenidové nebo např. doutnavky, ale i vesměs velmi libozvučné názvy jejich jednotlivých součástí, (např. baňka, čočka, nožka, talířek, tyčinka, trubička, čerpačka, sukýnka, punčoška, patice, stisk aj.), které se používaly v technologické dokumentaci výrobní firmy. Některé z těchto zavedených termínů našly podle možností uplatnění i u

výrobků na bázi LED, avšak s ohledem na odlišný princip vzniku světla, jejich úplně odlišnou konstrukci a na jejich nesmírně široký sortiment vznikla potřeba vypracovat i zcela nové jednotné termíny, které již vesměs vycházejí z anglické popř. německé terminologie, podle země vzniku daného výrobku.

V souvislosti se zavedenou praxí ÚNMZ přejímat základní evropské technické normy do české technické praxe hlavně v anglickém originále s jeho doplněním kapitolou věnovanou základní terminologií v češtině vznikají s větším či menším úspěchem soubory nových českých termínů, o jejichž vhodnosti se občas diskutuje např. na stránkách časopisu Světlo. Zde se totiž setkávají příspěvky jak z oblasti norem (byť poměrně zřídka), tak zejména z komerční oblasti, kde používaná terminologie často nerespektuje buď z neznalosti nebo ze setrvačnosti a pohodlnosti již zavedené termíny.

Dále bych rád zdůraznil, že české technické názvosloví všeobecně má velmi dobrou tradici a úroveň; asi si ještě všichni vybavují z prvních hodin chemie přesné rozlišení oxidů nejen podle chemických vzorců, ale i podle českých názvů, z nichž se dá jednoznačně stanovit o jakou sloučeninu jde. Stejně tak v oboru světelné techniky existuje velmi obsáhlá norma ČSN IEC 50(845), Mezinárodní elektrotechnický slovník z roku 1996, kde kapitola 845 Osvětlení má více než 700 hesel, z nichž lze mnoho aplikovat i na nové výrobky, zejména ohledně popisu jejich světelnětechnických, fotometrických, kolorimetrických nebo geometrických parametrů. Důsledné využívání již dávno zavedené hezké české terminologie považuji v případech, kde je to možné, za velmi žádoucí. Pohříchu nutno konstatovat, že ne vždy se tak děje. O několika takových termínech používaných i pro LED s.z. se opakovaně zmíním. Například namísto „***teplota chromatičnost***i“ se používá „barevná teplota“, namísto „***index podání barev***“ nesprávně „index barevného podání“ a velmi často se objevuje zcela nesprávné použití termínu „technologie“. Třeba při „použití LED technologie v uličním osvětlení“ by nás v minulosti určitě nenapadlo zvolit analogický výraz „použití žárovkové, zářivkové nebo výbojkové technologie v uličním osvětlení“. Nesvítíme přece technologiemi, ale výrobky, konkrétně žárovkami, výbojkami nebo světelnými diodami aj. V daných případech je termín „technologie“ - jako otrocký překlad anglického termínu „technology“- naprosto nevhodný. LED technologii totiž používá jen několik málo světových firem, které umějí vyrobit LED čip. Všichni ostatní výrobci pouze montují z LED čipů nakoupených u těchto výrobců své LED výrobky. Jiným příkladem je překlad termínu „thermal management“ jako „teplotní management“ nebo dokonce „teplotní hospodářství“ se zcela neurčitým významem, přičemž jde o ***řízení*** nebo ***stabilizaci teplotního režimu*** pro zajištění takových teplotních podmínek, při nichž je dosaženo optimálních světelnětechnických parametrů, např. u zářivek nebo světelných diod. Lze se setkat s nesprávným překladem termínu „phosphor“ pouze jeho počeštěnou formou „fosfor“, přičemž jde o dva zcela odlišné termíny. Anglický „phosphor“ je český „***luminofor***“, používaný k transformaci UV záření výboje např. v zářivkách nebo modrého světla ve světelných diodách na světlo v červené oblasti spektra. Pro pořádek uvádím, že český název prvku ***fosfor*** zní v angličtině „phosphorus“. Obdobně krkolomný a zcela nesprávný český výraz pro stejný termín je „fosforový transformátor“. Značně nemístné je používání pro ***halogenidové výbojky*** (tento termín se v ČSR používá již více než 50 let, kdy byla v Tesle zahájena sériová výroba tohoto sortimentu) názvu „kovohalogenidová“ nebo „metalhalogenidová“ nebo dokonce „metalhalogenová“ výbojka - zase doslovný překlad anglického termínu „metal halide lamp“. Určité problémy při překladu norem způsobují dva ve své podstatě významově příbuzné termíny (v anglickém originále „half-peak divergence“ a „beam angle“), kdy v české definici obou se vyskytuje úhel

poloviční svítivosti, ale v jednom případě se jedná o svítivost osovou a ve druhém případě o svítivost maximální, přičemž se oba termíny mnohdy - bez dalšího doplnění - překládaly pouze jako úhly poloviční svítivosti. Řešením je zavést již v názvu daného parametru doplňující termín, upřesňující o jakou svítivost jde. Takže termín „half peak divergence“ by v češtině zněl jako „***úhel poloviční maximální svítivosti***“ a termín „beam angle“ jako „***úhel poloviční osové svítivosti***“. Často se v originálních normách na svítidla vyskytuje termín „light output“, který se překládá zbytečně jako „světelný výkon“, přestože nejde o nic jiného než o ***světelný tok***.

Již se ustálily – v normách i odborných článcích - termíny ***LED čip***, ***LED součástka***, ***LED modul, LED sestava, LED svítidlo, LED přístroj nebo LED modul s integrovaným, částečně integrovaným nebo samostatným předřadníkem,*** a to jak v odborných článcích v časopisu Světlo, díky systematické péči o jazykovou čistotu jeho redakce, tak i v normách vydávaných ÚNMZ. S malým pochopením odborníků by však měly být vnímány obdobně vytvořené termíny pro světelné zdroje na bázi LED, které jsou svým tvarem uzpůsobeny klasickým světelným zdrojům (obyčejným, reflektorovým, svíčkovým nebo halogenovým žárovkám anebo zářivkám). Termíny LED žárovka nebo LED zářivka, byť jsou při styku běžného zákazníka s prodejcem docela pohodlné a připouštím, že i výstižné, jsou ve své podstatě zcela nesprávné, protože jak žárovka tak zářivka má svou přesnou definici vyplývající z principu generování světla a nikoliv z jejich obrysových rozměrů. V [1] byly navrženy termíny ***kompaktní LED zdroj, trubicový LED zdroj, reflektorový LED zdroj,*** které lze považovat za akceptovatelné, zejména v odborných textech. Uvedené zdroje jsou ve svém celku rovněž nazývané v anglických nebo německých textech jako retrofit LED lamp. Tento termín se objevil již i v některých ČSN. Zde se nabízí hezký český termín „***záměnný světelný zdroj*** – v případě světelných diod - ***záměnný LED zdroj*** “, protože vhodně charakterizuje cíl, s jakým byl konstruován, tj. stát se přímou náhradou teplotních nebo výbojových zdrojů bez nutnosti vnitřních úprav svítidla při zachování jeho světelnětechnických parametrů a tedy i podmínek vidění. Za nevhodné je třeba považovat spojení LED dioda, protože slovo dioda je již obsaženo ve zkratce LED. Rovněž termín „filamentové žárovky“, který jsem již zaregistroval v komerční mluvě, je zcela neorganický termín pro ***svíčkové LED (světelné) zdroje***, jejichž svíticí těleso je tvořeno řadou světelných diod uspořádaných do několika segmentů v podobě wolframového vlákna, které jsou vhodné do svítidel pro svíčkové a dekorační žárovky. Nesprávné jsou i termíny „úsporná žárovka“, protože žárovka jako nejméně efektivní spotřebič elektrické energie nemůže být nikdy úsporná, ledaže by byla trvale vypnutá. Stejně tak není správný termín „úsporná zářivka“, který se ujal v denním tisku nebo i v prospektech některých prodejců pro kompaktní zářivky. Zářivka je sice je v porovnání se žárovkou určitě účinnější, a tedy i úspornější, ale „úsporná zářivka“ jako technický termín vhodný není. A hovorový termín „úsporka“ je v odborných textech již zcela neakceptovatelný. V cizojazyčných textech se vyskytují velmi často vedle sebe dva základní termíny a sice „light source, Lichtquelle“ a „lamp, Lampe“. Díky jednoslovným českým názvům základních skupin s.z. se oba termíny překládají jako „světelný zdroj“ a velmi podobně znějící český termín „lampa“ se používá pouze u několika historických světelných zdrojů (petrolejová lampa, plynová lampa). Široká řada LED zdrojů různě složité konstrukce však vyžaduje i v češtině tyto dva termíny rozlišovat. V takových případech se předkládá řešení používat termín ***„světelný zdroj“*** pro „light source“ a ***„světelný zdroj s paticí (paticemi)“*** pro termín „lamp“.

Velkým technickým rozvojem prošlo příslušenství světelných zdrojů, které může být buď přímou součástí světelného zdroje, nebo vyměnitelnou popř. nevyměnitelnou součástí svítidla anebo může být umístěno zcela mimo svítidlo. Jedná se o ***předřadné zařízení*** nebo předřadník. Jeho funkce se významně rozšiřovala. Zpočátku šlo pouze o jednoduchou elektronickou součástku (čistě ohmickou) zapojenou do série s určitým spotřebičem, např. reostat, později jím byla tlumivka v obvodech se rtuťovými výbojkami, následně tlumivku doplnil startér v obvodech se zářivkami a zapalovací zařízení pro vysokotlaké sodíkové a halogenidové výbojky. Postupně do obvodů s.z přibývaly další součástky s novými funkcemi - transformátory pro žhavení elektrod zářivek, kondenzátory na kompenzaci jalového proudu, potlačení rádiových poruch, stmívání, indikace pohybu osob pomocí čidel pohybu aj. Byly slučovány jednotlivé funkce do jednoho společného celku. V souvislosti s tím se měnila i terminologie, takže namísto původního anglického termínu „ballast“ se v rámci revizí starších mezinárodních norem – právě zejména pro oblast LED výrobků - zavedl termín „***control gear***“, který se již před mnoha lety ustálil i ve všech českých normách jako „***ovládací zařízení***“, které v sobě shrnulo všechny již uvedené funkce. V [3] je vedle tohoto termínu zavedeného v normách doplněn ještě jako rovnocenný termín “***LED předřadný přístroj”.***

Termín	
český	anglický
LED světelný zdroj	LED light source
LED zdroj s paticí	LED lamp
LED přístroj	LED device
záměnný LED zdroj s paticí	retrofit LED lamp
záměnný světelný zdroj	retrofit light source
laditelný LED přístroj	tuneable LED device
kompaktní LED zdroj	LED light bulb
trubicový LED zdroj	LED tube
reflektorový LED zdroj	LED spot
LED ovládací zařízení LED předřadný přístroj	control gear
úhel poloviční osové svítivosti	beam angle
úhel poloviční maximální svítivosti	half-peak divergence
luminofor	phosphor

Tab.1 Přehled vybraných termínů, který doplňuje tab. 1 v [2].

Literatura

[1] Jiří Novotný, Petr Žák: O terminologii ve světelné technice. Světlo, 2011, č. 2, s. 52

[2] Petr Žák, Jiří Habel: Terminologie LED světelných zdrojů. Světlo, 2017, č. 3, s. 25 [1]ČSN

[3] EN 13032 -4: Světlo a osvětlení – Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů s svítidel - Část 4: LED zdroje s paticí, moduly a svítidla

Vplyv zonácie hlavných povrchov miestností na návrh osvetlenia

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD. – Mgr. Roman Dubnička

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská republika, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Príspevok sa zaoberá odrazivosťou hlavných povrchov miestností a ich vplyvom na parametre osvetlenia. Kým strop má zvyčajne rovnomernú odrazivosť a vplyv podlahy môžeme považovať za zanedbateľný, príspevok sa zameriava sa rozloženie odrazivosti na stenách. V miestnostiach administratívnych, výchovno-vzdelávacích a podobných budov bývajú steny nezakryté alebo čiastočne či plne zakryté nábytkom alebo inými predmetmi. Praktické skúsenosti s návrhom osvetľovacích sústav ukázali, že je výhodné horizontálne členiť steny na tri zóny s rôznymi odrazivosťami. Návrh a výpočet osvetlenia bude stále dostatočne jednoduchý, zlepší sa však presnosť určenia výsledných parametrov osvetlenia a v určitých prípadoch môžeme získať vyššiu úroveň osvetlenia (alebo nižší inštalovaný príkon). V tomto príspevku sa uvádzajú výsledky modelových výpočtov pri rôznych okrajových podmienkach. Navhruje sa horizontálna zonácia stien a uvádzajú sa benefity z tejto zonácie.

1 Úvod a motivácia

Pri návrhu osvetľovacích sústav sa uplatňujú určité zjednodušujúce predpoklady. K vstupným údajom pre výpočet parametrov osvetlenia v miestnosti patria údaje o geometrii miestnosti, údaje o priestorovom rozložení svetelného toku zo svietidiel (krivky svietivosti), usporiadanie svietidiel v priestore ako aj odrazivosti stropu, stien a podlahy. V závislosti od geometrie miestnosti môžu mať odrazivosti hlavných povrchov (strop, steny, podlaha) významný vplyv na výsledné parametre osvetlenia. Lepšie využitie svetelného toku nevedie len k vyššej udržiavanej osvetlenosti, ale aj k vyššej hodnote jasu pozadia vytvoreného veľkými plochami v zornom poli a k lepšej hospodárnosti osvetlenia. Aby bolo osvetlenie energeticky efektívne, je dôležité používať v interiéroch svetlé farby hlavných povrchov a udržiavať tieto povrchy čisté, aby sa zachovala ich vysoká odrazivosť čo najdlhšie. Vplyv podlahy je menej významný, ale nie zanedbateľný.

V procese návrhu osvetľovacej sústavy zvyčajne nepoznáme budúce rozloženie nábytku v interiéri ani jeho odrazivosť. V projektantskej praxi sa svetelnotechnický výpočet bežne vykonáva pre prázdnu miestnosť, kde sa pre steny volí predpokladaná priemerná hodnota odrazivosti s rovnomerným rozložením. Indikatívne hodnoty odrazivosti stien sa odporúčajú aj v medzinárodných normách ako napr. v európskej norme pre osvetlenie vnútorných pracovísk EN 12464-1 [1]. V tejto norme sa pre odrazivosť stien odporúča rozsah 50 % až 80 % a odrazivosť stropu sa odporúča voliť z rozsahu 70 % až 90 %. Nátery používané pre strop a steny sú ale zvyčajne rovnaké. Nižšia odrazivosť stien preto vyjadruje zakrytie stien tmavším nábytkom. Samotná norma požaduje aplikáciu svetlých farieb pre hlavné povrchy, čomu odporúčaný rozsah odrazivosti stien nezodpovedá.

Je zrejmé, že rozloženie odrazivosti stien môže mať značný vplyv na úroveň a rozloženie osvetlenosti na pracovnej rovine. Miera vplyvu závisí od priestorového rozloženia svetelného toku zo svietidiel, ich usporiadania v priestore a koeficienta tvaru miestnosti. Napríklad

svietidlá so širšou krivkou svietivosti umiestnené na strope v menšej vzdialenosti od stien budú smerovať väčšiu časť svetelného toku na hornú časť stien, kde sa zvyčajne nenachádza žiaden nábytok ani iné objekty. Naopak, spodná časť stien s nábytkom bude menej osvetlená. Dá sa predpokladať, že ak by sa steny horizontálne rozdelili na zóny s rôznou odrazivosťou, vyššou pre hornú časť a nižšou pre spodnú časť, spresní sa výpočet parametrov osvetlenia, získame lepšiu energetickú hospodárnosť a výpočet bude stále zjednodušený (napríklad v porovnaní s 3D modelovaním miestnosti).

2 Výskumné ciele

Hlavným cieľom tohto príspevku je preskúmať vplyv rôznych zostáv osvetľovacích sústav na intenzitu osvetlenia pracovnej roviny. Zostavy zahŕňajú výber rôznych koeficientov tvaru miestnosti, kriviek svietivosti svietidiel, usporiadania svietidiel a predovšetkým rôzneho rozloženia odrazivosti stien. Rovnomerná odrazivosť stien (nezakrytých alebo úplne zakrytých nábytkom) je rozšírená o rôzne odrazivosti troch horizontálnych zón na všetkých stenách. Cieľom výskumu je ukázať, že jednoduchá zonácia stien predstavuje dokonalejšiu metódu zjednodušeného výpočtu osvetlenia.

3 Metodika

Modelové miestnosti boli vytvorené vo výpočtovom programe DIALUX. Modelové kombinácie zahŕňajú: rôzne koeficienty tvaru miestnosti, rôzne krivky svietivosti svietidiel a rôzne rozloženia odrazivosti stien vrátane rovnomernej odrazivosti stien. Predmetom výskumu boli aj nezakryté okná, ktoré svetelný tok prepúšťajú von z miestnosti.

Na základe praktických skúseností a výsledkov predchádzajúcich prác sa navrhuje rozdelenie stien na tri horizontálne zóny podľa obr. 1. Hodnoty odrazivosti uvedené na obr. 1 vpravo predstavujú príklad, nie konkrétnu kombináciu pre modelové výpočty. V modelových miestnostiach sa uvažujú len štyri kombinácie zonálnych odrazivostí:

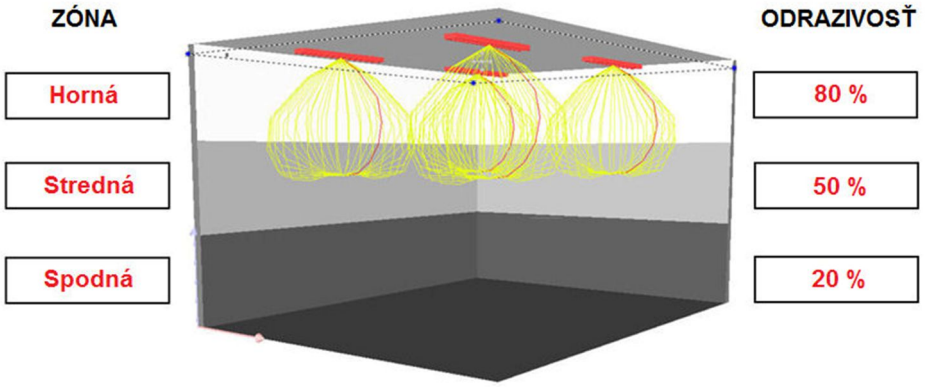
- **Nezakryté steny:** všetky tri zóny majú odrazivosť náteru (maľovky)
- **Vysoký nábytok:** spodná a stredná zóna majú odrazivosť nábytku, horná zóna má odrazivosť náteru (maľovky)
- **Nízky nábytok:** spodná zóna má odrazivosť nábytku, stredná a horná zóna majú odrazivosť náteru (maľovky)
- **Úplne zakryté steny:** všetky tri zóny majú odrazivosť nábytku

Ukážky dvoch kancelárií s vysokým nábytkom sú na obr. 2. Horná zóna je nezakrytá, pričom pred strednou a spodnou zónou je umiestnený nábytok so strednou hodnotou odrazivosti (okolo 50 %).

Zonácia podľa obr. 1 je vhodná pre miestnosti s výškou približne 2,5 až 3,5 m. Výška zóny je potom jednou tretinou výšky miestnosti. V prípade vyšších miestností (viac ako 3,5 m) je použitie uvedenej zonácie obmedzené.

Pre odrazivosť náteru (maľovky) je zvolená konštantná hodnota 80 %, je to bežná odrazivosť používaných náterov, čo bolo potvrdené meraniami celého radu stropov a stien (výsledky týchto meraní sú nad rámec tohto príspevku a budú publikované neskôr). Uvedená hodnota

platí pre odrazivosť stropu a nezakrytých častí stien. Pre odrazivosť podlahy je zvolená konštantná hodnota 20 %. Odrazivosť nábytku resp. nábytkom zakrytých zón stien sa volí z množiny 10 %, 30 %, 50 % and 70 %.



Obr.1 Horizontálna zonácia stien



Obr.2 Príklady kancelárií s vysokým nábytkom zakrývajúcim steny v rozsahu dvoch zón

Pre modelové výpočty boli zvolené štyri typy svietidiel. V tomto príspevku sú uvedené výsledky pre vybrané dva typy v tabuľke 2 – svietidlo s parabolickou mriežkou a svietidlo s difúznou mriežkou. Svietidlá sú určené pre svetelné zdroje s príkonom 2 x 28 W a 2 x 35 W. Zvyšné dva typy zahŕňajú svietidlo s polomatnou mriežkou a prevažne priame svietidlo (20 – 40 % svetelného toku do horného polpriestoru).

Predpokladá sa, že tvar a veľkosť miestnosti má na výsledky značný vplyv. Tvar miestnosti sa dá vyjadriť prostredníctvom koeficienta *k*

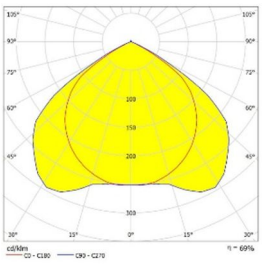
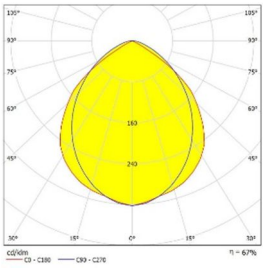
$$k = \frac{L.W}{H(L+W)} \qquad (1)$$

kde

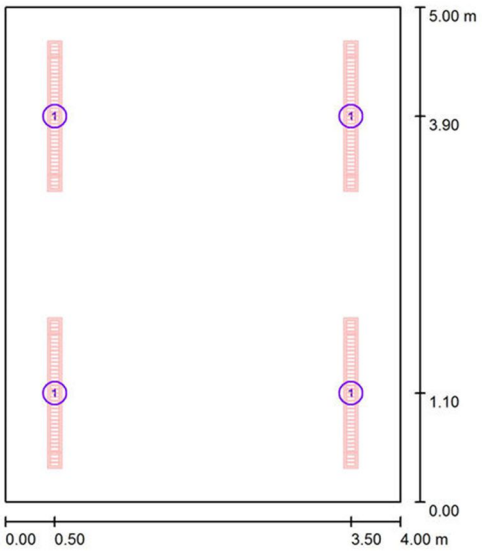
L je dĺžka miestnosti (m);

W je šírka miestnosti (m);

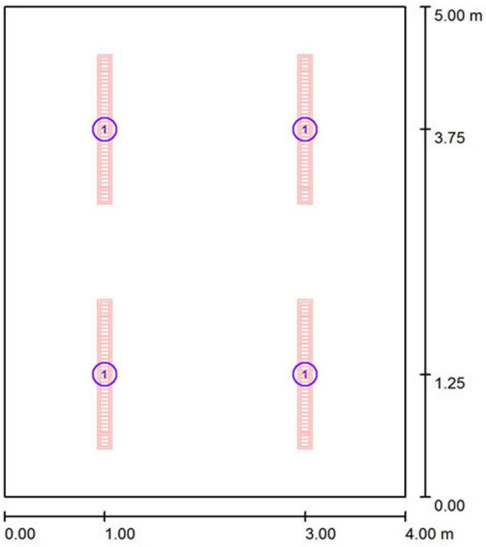
H je závesná výška svietidiel na porovnávacou rovinou (m).

Označenie	Obrázok	Krivka svietivosti	Popis
Svietidlo 1			Vysokoodrazná parabolická mriežka. Pološiroká (motýliková) krivka svietivosti. Optika: C6
Svietidlo 3			Matná mriežka. Kvázilambertovské difúzne rozloženie svetelného toku. Optika: M1

Výber svietidiel pre modelové výpočty



a) Svietidlá umiestnené 0,5 m od steny



b) Svietidlá umiestnené 1,0 m od steny

Obr.3 Usporiadanie svietidiel v modelovej miestnosti s rozmermi 4 m x 5 m

V menších miestnostiach s väčšou plochou stien v porovnaní s plochou porovnávacej roviny bude vplyv odrazivosti stien výraznejší ako v prípade väčších miestností, pričom v rozľahlých miestnostiach bežnej výšky bude vplyv odrazivosti stien až zanedbateľný. Pre modelové výpočty bola zvolená miestnosť strednej veľkosti 4 m x 5 m (zodpovedá bežnej bunkovej kancelárii) a väčšia miestnosť 6 m x 9 m (štandardná školská trieda). V stredne veľkej miestnosti bola zvolená cieľová hodnota intenzity osvetlenia E_T = 500 lx (bežná požiadavka pre kanceláriu), pre väčšiu miestnosť E_T = 500 lx (laboratórium) a E_T = 300 lx (bežná školská trieda). Vo všetkých prípadoch je určená výška miestnosti 3,0 m, výška jednotlivých zón je teda 1,0 m.

Rozloženie svietidiel na strope je rovnomerné. Aby sa zohľadnili výrazné svetelné stopy v hornej časti stien, modelové zostavy zahŕňajú krajné svietidlá umiestnené 0,5 m od stien ako špeciálny prípad, ináč je vzdialenosť krajných svietidiel od stien nastavená na konštantnú

hodnotu 1,0 m. V stredne veľkej miestnosti 4 m x 5 m s návrhovou osvetlenosťou 500 lx sú svietidlá 2 x 35 W usporiadané v matici 2 x 2, vo väčšej miestnosti 6 m x 9 m s návrhovou osvetlenosťou 500 lx sú použité svietidlá 2 x 28 W v usporiadaní 3 x 4 a pri návrhovej osvetlenosti 300 lx sú svietidlá 2 x 35 W v usporiadaní 2 x 3.

Zonálna odrazivosť			Svietidlo 1		Svietidlo 3		Svietidlo 1		Svietidlo 3	
ρ_U	ρ_M	ρ_L	E (lx)	U_o	E (lx)	U_o	Δ_F (%)	Δ_E (%)	Δ_F (%)	Δ_E (%)
80	80	80	654	0,825	660	0,828	REF 80	REF	REF 80	REF
80	80	70	643	0,820	650	0,822	7,35	-1,68	6,91	-1,52
80	70	70	617	0,806	624	0,808	3,01	-5,66	2,63	-5,45
70	70	70	599	0,802	608	0,803	REF 70	-8,41	REF 70	-7,88
80	80	50	625	0,809	633	0,812	19,50	-4,43	17,88	-4,09
80	50	50	560	0,767	569	0,771	7,07	-14,37	5,96	-13,79
50	50	50	523	0,761	537	0,763	REF 50	-20,03	REF 50	-18,64
80	80	30	609	0,802	617	0,805	29,03	-6,88	26,18	-6,52
80	30	30	518	0,737	528	0,739	9,75	-20,80	7,98	-20,00
30	30	30	472	0,723	489	0,727	REF 30	-27,83	REF 30	-25,91
80	80	10	597	0,800	605	0,801	37,24	-8,72	33,55	-8,33
80	10	10	485	0,712	496	0,713	11,49	-25,84	9,49	-24,85
10	10	10	435	0,692	453	0,697	REF 10	-33,49	REF 10	-31,36

Výsledky výpočtu pre modelovú miestnosť 4 m x 5 m bez okien, krajné svietidlá umiestnené 1 m od stien

Zonálna odrazivosť			Svietidlo 1		Svietidlo 3		Svietidlo 1		Svietidlo 3	
ρ_U	ρ_M	ρ_L	E (lx)	U_o	E (lx)	U_o	Δ_F (%)	Δ_E (%)	Δ_F (%)	Δ_E (%)
80	80	80	590	0,907	576	0,922	REF 80	REF	REF 80	REF
80	80	70	581	0,903	567	0,920	9,62	-1,53	9,46	-1,56
80	70	70	559	0,888	544	0,914	5,47	-5,25	5,02	-5,56
70	70	70	530	0,884	518	0,914	REF 70	-10,17	REF 70	-10,07
80	80	50	567	0,896	552	0,917	26,56	-3,90	26,03	-4,17
80	50	50	513	0,862	496	0,902	14,51	-13,05	13,24	-13,89
50	50	50	448	0,851	438	0,888	REF 50	-24,07	REF 50	-23,96
80	80	30	554	0,891	540	0,916	41,33	-6,10	40,63	-6,25
80	30	30	477	0,837	460	0,893	21,68	-19,15	19,79	-20,14
30	30	30	392	0,815	384	0,869	REF 30	-33,56	REF 30	-33,33
80	80	10	544	0,890	530	0,917	54,55	-7,80	53,62	-7,99
80	10	10	450	0,817	431	0,881	27,84	-23,73	24,93	-25,17
10	10	10	352	0,791	345	0,852	REF 10	-40,34	REF 10	-40,10

Výsledky výpočtu pre modelovú miestnosť 4 m x 5 m bez okien, krajné svietidlá umiestnené 0,5 m od stien

Predmetom výpočtu je intenzita osvetlenia E (lx) a rovnomernosť osvetlenia U_o. Výška porovnávacej roviny je 0,75 m a okrajová zóna je stanovená na 0,5 m.

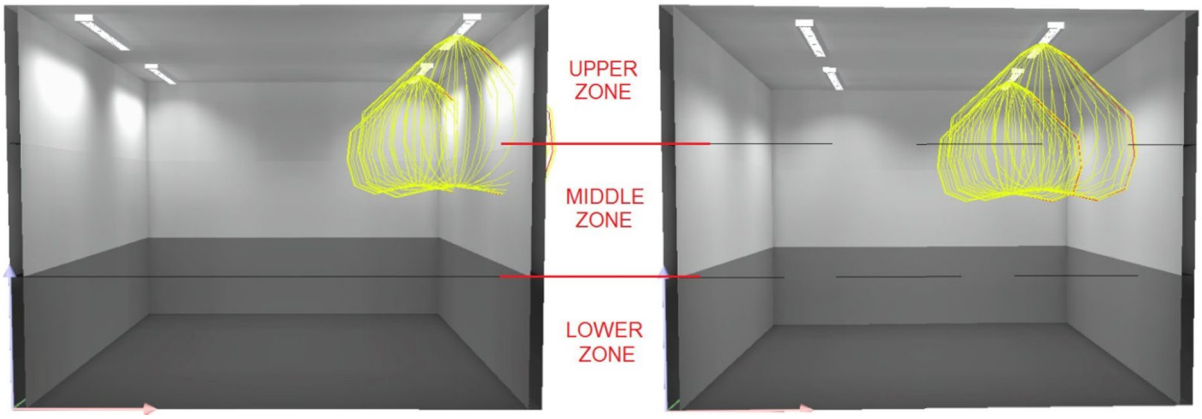
4 Výsledky a diskusia

Výsledky modelových výpočtov sú usporiadané do tabuliek s kombináciou zonálnych odrazivostí v súlade s metodikou popísanou vyššie, kde ρ_H, ρ_S, ρ_D predstavujú odrazivosť hornej, strednej a spodnej (dolnej) zóny. E (lx) je vypočítaná hodnota osvetlenosti na porovnávacej rovine a U_o je rovnomernosť osvetlenia.

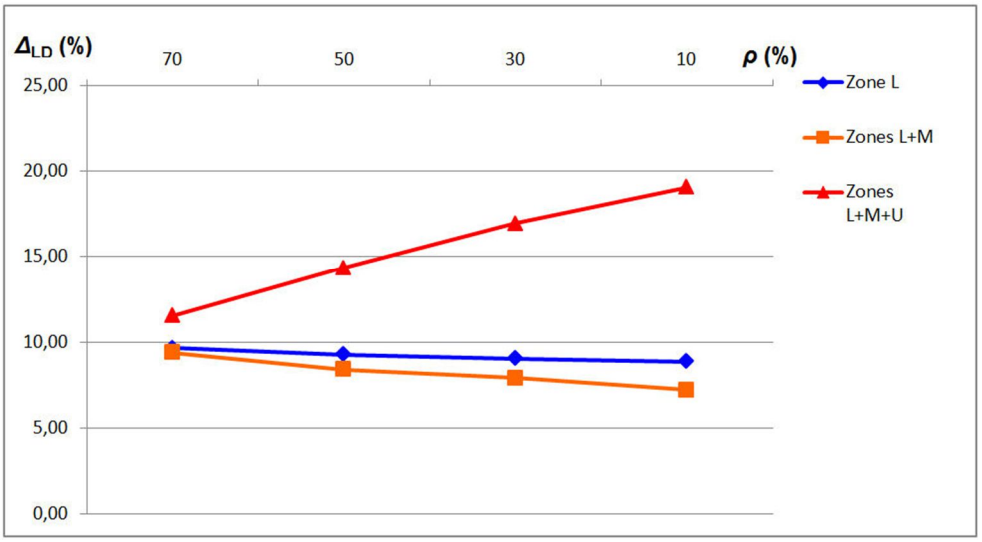
Odchýlky sú vyhodnotené dvomi spôsobmi: Δ_F je rozdiel medzi aktuálnou kombináciou zonálnych odrazivostí a rovnomernou odrazivosťou steny, ktorej hodnota je z množiny 10, 30, 50, 70 %. Tie sa potom považujú za referenčné modely a v tabuľke sú označené ako „REF“. Δ_E je rozdiel medzi aktuálnou kombináciou zonálnych odrazivostí a rovnomernou odrazivosťou nezakrytej steny, t. j. 80 % pre všetky zóny. Δ_F lepšie vyjadruje odchýlku od prípadu, keď sa pre stenu používa iba jedna nižšia hodnota odrazivosti, ako je to bežné v súčasných výpočtových programoch.

Výsledky výpočtu pre modelovú miestnosť s rozmermi 4 m x 5 m (výška 3 m) sú uvedené v tabuľkách 2 až 4. Tabuľka 2 uvádza výsledky pre usporiadanie svietidiel, kde krajné svietidlá (pri stenách) sú štandardne vzdialené od stien 1,0 m. V tabuľke 3 sú podobne výsledky pre usporiadanie svietidiel, kde krajné svietidlá sú umiestnené bližšie k stenám (0,5 m).

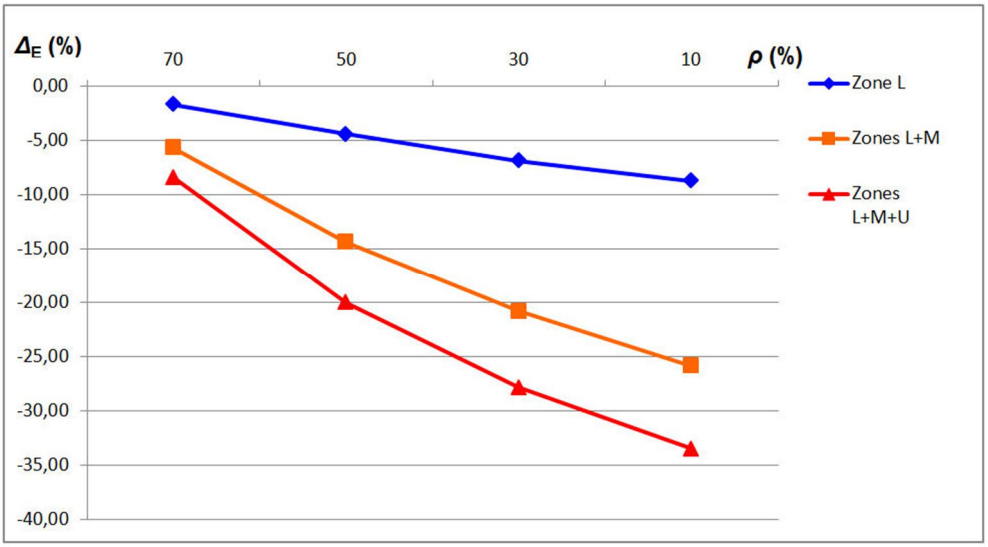
Ako vyplýva z obr. 4, ak sú krajné svietidlá umiestnené blízko stien (vo vzdialenosti 0,5 m), na stene sa v hornej časti vytvárajú výrazné svetelné stopy. Svetelný tok odrazený od steny je preto výrazne ovplyvnený odrazivosťou tejto hornej zóny. Rozdiely sú graficky znázornené na obr. 5 a predstavujú hodnotu približne 10 % bez ohľadu na odrazivosti nižších zón (strednej S a spodnej D).



Obr.4 Svetelné stopy v hornej zóne spôsobené svietidlami typu 1 (podľa tabuľky 1) umiestnené 0,5 m (vľavo) and 1,0 m (vpravo) od stien



Obr.5 Odchýlky v intenzite osvetlenia porovnávacej roviny pre krajné svietidlá vzdialené 0,5 m a 1,0 m od stien podľa obr. 3



Obr.6 Zisk osvetlenosti porovnávacej roviny pri horizontálnej zonácii stien

Zonálna odrazivosť			Svietidlo 1		Svietidlo 3		Svietidlo 1		Svietidlo 3	
ρ_U	ρ_M	ρ_L	E (lx)	U_o	E (lx)	U_o	Δ_F (%)	Δ_E (%)	Δ_F (%)	Δ_E (%)
80	80	80	560	0,730	575	0,737	REF 80	REF	REF 80	REF
80	80	70	554	0,727	568	0,734	3,94	-1,07	3,65	-1,22
80	70	70	541	0,724	556	0,732	1,50	-3,39	1,46	-3,30
70	70	70	533	0,725	548	0,731	REF 70	-4,82	REF 70	-4,70
80	80	50	542	0,716	558	0,724	10,39	-3,21	9,84	-2,96
80	50	50	510	0,710	526	0,717	3,87	-8,93	3,54	-8,52
50	50	50	491	0,710	508	0,717	REF 50	-12,32	REF 50	-11,65
80	80	30	533	0,712	548	0,719	16,38	-4,82	15,13	-4,70
80	30	30	485	0,698	501	0,705	5,90	-13,39	5,25	-12,87
30	30	30	458	0,697	476	0,704	REF 30	-18,21	REF 30	-17,22
80	80	10	524	0,709	540	0,717	21,02	-6,43	19,47	-6,09
80	10	10	464	0,690	480	0,698	7,16	-17,14	6,19	-16,52
10	10	10	433	0,687	452	0,693	REF 10	-22,68	REF 10	-21,39

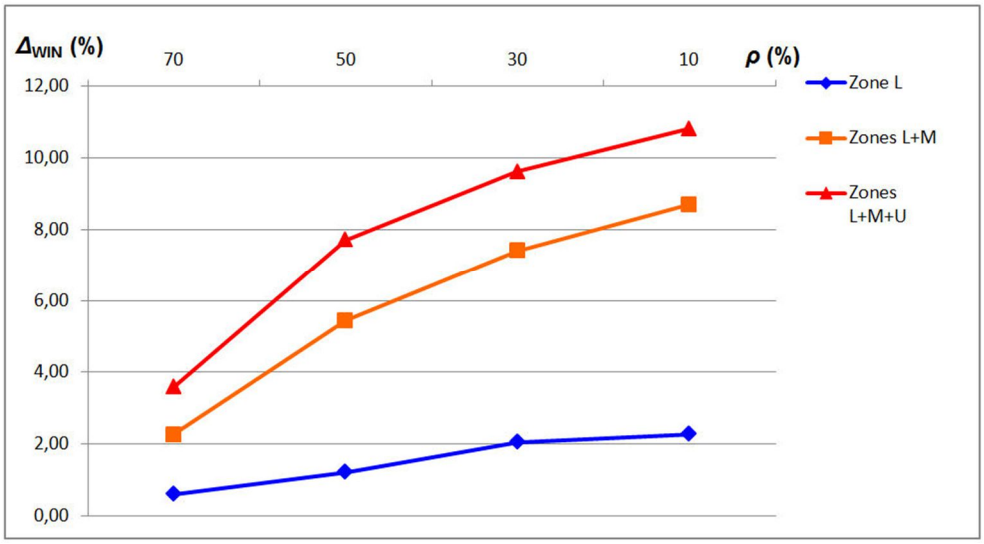
Výsledky výpočtu pre modelovú miestnosť 4 m x 5 m s oknami, krajné svietidlá umiestnené 1 m od stien

Zisk odrazivosti porovnávacej roviny je znázornený na obr. 6, čo predstavuje najdôležitejší výstup modelových výpočtov. Pre rôzne odrazivosti si treba všímať rozdiel medzi modrou alebo oranžovou krivkou a červenou krivkou, ktorá reprezentuje rovnomernú odrazivosť. Napríklad ak vo výpočtovom programe použijeme štandardnú hodnotu odrazivosti stien 50 % (ktorá dáva hodnotu Δ_E = – 20 %) a nábytok zakrýva steny len v spodnej časti (Δ_E = – 5 %), rozdiel predstavuje až 15 %! Pri návrhu osvetľovacej sústavy o toľkoto zbytočne predimenzujeme osvetlenie. Ak nábytok zakrýva steny v spodnej a strednej zóne (D+S), rozdiel je Δ_E = 6 %. Čím nižšia je odrazivosť (t. j. čím tmavší je nábytok), tým väčší je rozdiel. Pre výslovne tmavý nábytok (čierny laminát, tmavý orech, wenge a pod.) odchýlka môže dosiahnuť až 25 %!

Rozdiely medzi svietidlami typu 1 a 3 nie sú významné.

V tabuľke 4 sú uvedené výsledky pre miestnosť s nezakrytými oknami pokrývajúcimi oblasť strednej a hornej zóny pozdĺž jednej z dlhších bočných stien miestnosti. Na obr. 7 sú tieto výsledky porovnané so štandardným prípadom miestnosti bez okien resp. okien zakrytých závesom s odrazivosťou 80 %, príslušné rozdiely vyjadruje hodnota Δ_{WIN}. Prestup svetla oknami predstavuje značné straty svetelného toku. Odrazivosť okien bola v modelových výpočtoch nastavená na 5 %. Z výsledkov vyplýva, že nenávratným prestupom svetla oknami sa stratí 1 až 10 % svetelného toku.

Výsledky pre väčšiu miestnosť 6 m x 9 m (výška 3 m) sú uvedené v tabuľke 5 pre návrhovú osvetlenosť 300 lx a 500 lx. Pre túto miestnosť sa použilo odlišné usporiadanie svietidiel, preto sa výsledky nedajú porovnať priamo. Rozdiely vyhodocovali prostredníctvom Δ_E, čo je dobrý základ pre analýzu výsledkov. Odchýlky od miestnosti strednej veľkosti Δ_{DIM} sú znázornené na obr. 8, odchýlky Δ_{LUX} medzi 300 lx a 500 lx sú na obr. 9. Z výsledkov vyplýva, že vo väčšej miestnosti je vplyv odrazivosti stien menší, v súlade s predpokladmi. Rozdiely medzi výsledkami pre návrhovú osvetlenosť 300 lx a 500 lx sú podobné, môže to byť však dôsledok použitia rôznych typov a usporiadania svietidiel.



Obr.7 Odchýlky v Δ_E vo výsledkoch pre miestnosť s oknami a bez okien

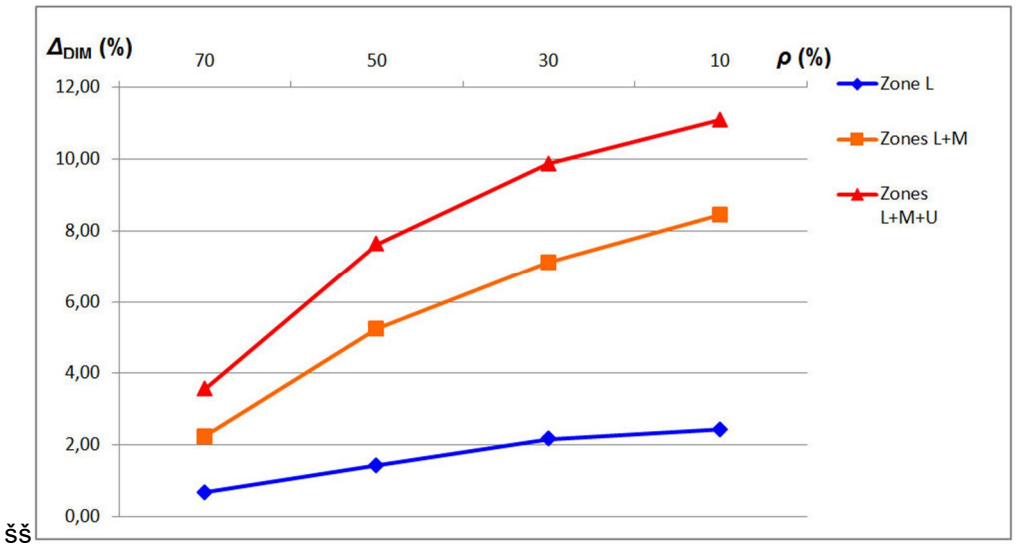
Zonálna odrazivosť			E_T = 500 lx		E_T = 300 lx		E_T = 500 lx		E_T = 300 lx	
ρ_U	ρ_M	ρ_L	E (lx)	U_o	E (lx)	U_o	Δ_F (%)	Δ_E (%)	Δ_F (%)	Δ_E (%)
80	80	80	701	0,719	361	0,841	REF 80	REF	REF 80	REF
80	80	70	694	0,712	357	0,837	4,05	-1,00	5,62	-1,11
80	70	70	677	0,693	346	0,834	1,50	-3,42	2,37	-4,16
70	70	70	667	0,689	338	0,829	REF 70	-4,85	REF 70	-6,37
80	80	50	680	0,701	350	0,835	10,75	-3,00	15,51	-3,05
80	50	50	637	0,652	321	0,820	3,75	-9,13	5,94	-11,08
50	50	50	614	0,638	303	0,816	REF 50	-12,41	REF 50	-16,07
80	80	30	668	0,693	344	0,832	16,17	-4,71	24,64	-4,71
80	30	30	605	0,620	301	0,812	5,22	-13,69	9,06	-16,62
30	30	30	575	0,598	276	0,798	REF 30	-17,97	REF 30	-23,55
80	80	10	657	0,689	338	0,831	20,77	-6,28	32,55	-6,37
80	10	10	579	0,593	283	0,800	6,43	-17,40	10,98	-21,61
10	10	10	544	0,568	255	0,790	REF 10	-22,40	REF 10	-29,36

Výsledky výpočtu pre modelovú miestnosť 6 m x 9 m so svietidlami typu 1

5 Záver

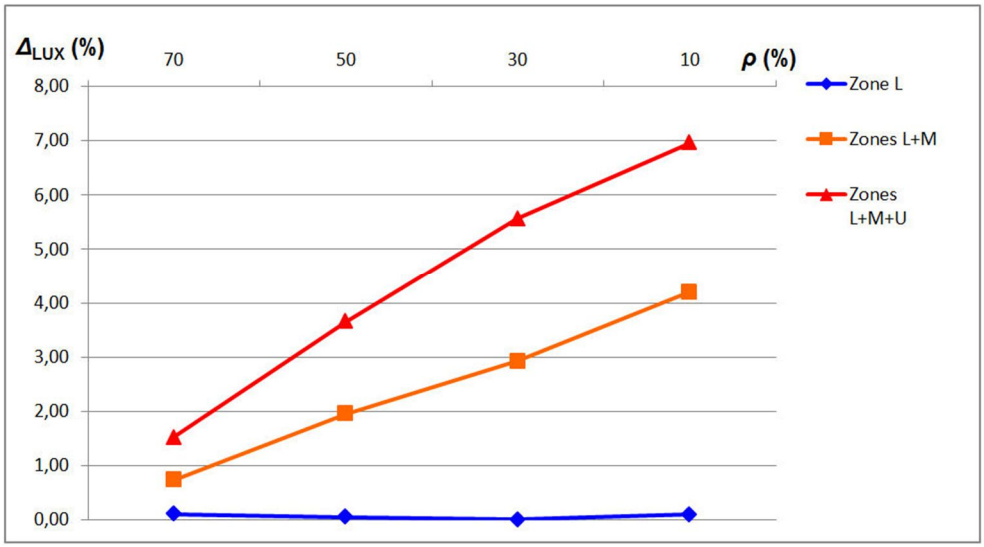
Výsledky modelových výpočtov ukázali, že použitím horizontálneho zónovania stien pri výpočte osvetlenia môžeme získať v priemere až o 10 až 15 % vyššiu osvetlenosť porovnávacej roviny. Pozitívny vplyv zonácie stien je výraznejší v menších miestnostiach, s krajnými svietidlami umiestnenými bližšie k stenám a s tmavším nábytkom zakrývajúcim steny v spodnej časti. Veľké plochy okien je potrebné v čase bez denného svetla zakrývať svetlými závesmi, lebo straty svetelného toku cez zasklenie okien sú značené.

Záverom sa dá konštatovať, že namiesto použitia jednej priemernej hodnoty odrazivosti stien je výhodnejšie steny rozdeliť na tri horizontálne zóny s rovnakou výškou. Vypočítané hodnoty osvetlenosti porovnávacej roviny použitím zjednodušenej výpočtovej metódy sú potom bližšie k skutočným hodnotám.



šš

Obr.8 Odchýlky v Δ_E vo výsledkoch pre miestnosť strednej veľkosti 4 m x 5 m a väčšiu miestnosť 6 m x 9 m



Obr.9 Odchýlky v Δ_E vo výsledkoch pre návrhovú osvetlenosť 300 lx a 500 lx

6 Perspektívy

Výskumné zameranie prezentované v tomto článku má potenciál ďalšieho rozvoja a rozšírenia. Na základe analýzy odrazivosti stien v reálnych miestnostiach sa budú dať vypracovať štandardné schémy rozloženia odrazivosti alebo upraviť navrhovaná horizontálna zonácia stien. Otázkou je, či by bolo vhodné aplikovať aj vertikálnu zonáciu stien, prípadne ako alternatívu k aktuálnemu návrhu horizontálnej zonácie. Odrazivosť stien by sa potom do výpočtového programu vkladala v podobe matice. Rozšíriť sa dajú aj modelové výpočty: miestnosti menšie ako uvádzané v tomto článku sú tiež bežné a v nich sa dá predpokladať ešte väčší vplyv rozloženia odrazivosti. Na druhej strane, miestnosti väčšie ako uvádzané v tomto článku nemajú potenciál priniesť významnejší zisk osvetlenosti. Ďalšie výpočty sa môžu zamerať na použitie svietidiel s polomatnou mriežkou, použitie prevažne priamych

svietidiel, rôzne návrhové osvetlenosti (napr. 100 lx pre chodby) a iné konfigurácie s rôznym usporiadaním svietidiel.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou agentúry VEGA MŠVVaŠ SR pod číslom grantu VEGA 1/0640/17 „Sebestačné inteligentné siete a regióny a ich začlenenie do existujúcej elektrizačnej sústavy“.

Zoznam použitej literatúry

[1] STN EN 12464-1:2012 Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorné pracoviská

Jalový výkon v sieťach verejného osvetlenia

Ing. Peter Janiga, PhD., Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD., Ing. Lukáš Lipnický
Slovenská technická univerzita v Bratislave, FEI, Ilkovičova 3, 812 19

Abstrakt: Inteligentné elektromery otvárajú nové možnosti pri prevádzke sietí verejného osvetlenia. Na Slovensku je však s ich inštalovaním spojený aj fenomén zvýšených nákladov z dôvodu začatia fakturovania nedodržiavania účinníka 0,95. Príspevok opisuje aktuálnu situáciu z pohľadu prevádzkovateľa distribučnej siete a pohľadu prevádzkovateľa siete verejného osvetlenia. Dôraz je kladený na návrh riešení a ich prípadných úskalí.

1 Úvod (styl Nadpis 1)

Siete verejného osvetlenia sú v súčasnosti v každom meste a obci. Prevádzka verejného osvetlenia je výrazná položka v rozpočte miest a obcí. Je preto snaha optimalizovať prevádzku a najmä údržbové zásahy. Ich veľkosť závisí od veku siete ale taktiež od spôsobu prevádzky. V posledných rokoch bolo badať masívne inštalovanie inteligentných elektromerov aj v rozvádzačoch verejného osvetlenia. Tento technologický posun sa však v mnohých prípadoch negatívne odzrkadlil na zvýšení prevádzkových nákladov.

2 Smart metering

Hlavným cieľom smart metering resp. inteligentného merania je prevádzkovanie systému, kde sa informácie o spotrebe odosielajú do centrály a následne sa spracovávajú. Vďaka tomu odpadá nutnosť odčítavania manuálneho odčítavania hodnôt v teréne a taktiež operatívnejší prístup k informáciám o spotrebe. Na Slovensku sa odberatelia s inteligentnými elektromermi rozdeľujú do kategórií podľa poskytovaných funkcionalít

- Základná – ročná spotreba ≥ 4 MWh a max. rezervovaná kapacita <30 kW resp. < 45 A
- Pokročilá – ročná spotreba ≥ 15 MWh a max. rezervovaná kapacita ≥ 30 kW resp. ≥ 45 A
- Špeciálna – odberatelia s výrobou elektriny, nabíjacími stanicami elektromobilov, so zariadeniami s nepriaznivými vplyvmi na sústavu

Na základe tohto rozdelenia musia byť zabezpečené predpísané funkcionality ako napr. obojsmerná komunikácia medzi elektromerom a centrálou, spínanie taríf, registrácia neštandardných a poruchových udalostí, štvorkvadrantné meranie, diaľkové odpojenie odberateľa, výkonové obmedzenia, vyhodnocovanie účinníka a ďalšie.

Hlavná zmena pre prevádzkovateľov sietí verejného osvetlenia nastala v meraní a následne aj fakturovaní jalovej energie. Táto zmena nenastala skokovo a bez upozornenia odberateľa. Po nainštalovaní inteligentného merania bola informácia o nedodržiavaní účinníka niekoľko mesiacov odosielaná na faktúre. Mnohý odberatelia si túto zmenu nevšimli alebo ju ignorovali do okamihu, kedy začala byť spoplatňovaná (sankcionovaná). Len máloktorí odberatelia urobili také organizačné a technické zásahy aby napravili účinník. Často bolo nutné inštalovať kompenzátor jalovej energie, ktorého návratnosť závisela od platených

sankcií. Vždy ale nedodržanie účinníka predstavovalo nárast prevádzkových nákladov v podobe sankcií alebo doplnení kompenzátora.

3 Fakturácia nedodržania účinníka

Na Slovensku sú 3 distribučné spoločnosti. Každá vypočítava sankcie za nedodržanie účinníka iným spôsobom ale rozdiely v konečnej sume a metodike nie sú veľké. Metodika a veľkosť sankcií je schvaľovaná Úradom pre reguláciu sieťových odvetví. Pre príklad je uvedená metodika výpočtu Východoslovenskej distribučnej, a.s.

Rozsah tg φ (kVArh/kWh)	Účinník cos φ	Koeficient k	Rozsah tg φ (kVArh/kWh)	Účinník cos φ	Koeficient k
0,311-0,346	0,95	-	1,008-1,034	0,7	0,4072
0,347-0,379	0,94	0,0121	1,035-1,063	0,69	0,4297
0,380-0,410	0,93	0,0245	1,064-1,092	0,68	0,4528
0,411-0,440	0,92	0,0372	1,093-1,123	0,67	0,4766
0,441-0,470	0,91	0,0502	1,124-1,153	0,66	0,5010
0,471-0,498	0,9	0,0634	1,154-1,185	0,65	0,5263
0,499-0,526	0,89	0,0769	1,186-1,216	0,64	0,5524
0,527-0,553	0,88	0,0907	1,217-1,249	0,63	0,5793
0,554-0,580	0,87	0,1049	1,250-1,281	0,62	0,6070
0,581-0,606	0,86	0,1194	1,282-1,316	0,61	0,6356
0,607-0,632	0,85	0,1341	1,317-1,350	0,6	0,6652
0,633-0,659	0,84	0,1494	1,351-1,386	0,59	0,6958
0,660-0,685	0,83	0,1649	1,387-1,423	0,58	0,7275
0,686-0,710	0,82	0,1808	1,424-1,460	0,57	0,7603
0,711-0,736	0,81	0,1971	1,461-1,494	0,56	0,7942
0,737-0,763	0,8	0,2139	1,495-1,532	0,55	0,8294
0,764-0,789	0,79	0,2310	1,533-1,579	0,54	0,8658
0,790-0,815	0,78	0,2485	1,580-1,620	0,53	0,9037
0,816-0,841	0,77	0,2666	1,621-1,663	0,52	0,9430
0,842-0,868	0,76	0,2851	1,664-1,709	0,51	0,9839
0,869-0,895	0,75	0,3041	1,710-1,755	0,5	1,0264
0,896-0,922	0,74	0,3236			
0,923-0,949	0,73	0,3436	nižší než	0,5	1,0833
0,950-0,977	0,72	0,3643			
0,978-1,007	0,71	0,3855			

Tab.1 Určenie koeficientu k

Tarifa za nedodržanie účinníka 0,95 – 1,00 (induktívny) sa počíta:

Cp = k * (Cd* 0,91845 + Cs)

Cd - platba za použitie distribučnej sústavy vrátané strát

Cs - platba za zvýšené straty v distribučnej sústave

Konkrétny príklad výpočtu tarifnej prirážky za nedodržanie predpísanej úrovne účinníka pre odberateľa Západoslovenskej distribučnej, a.s. s tarifou C2-X3, čo predstavuje odberateľa na hladine nn mimo domácnosti. Účinník sa vyhodnocuje na mesačnej báze a vzorový výpočet vychádza z priemernej mesačnej bázy.

Cp = (66,06 € + (111,67 % x 52,096 €)) x 45,02 % = 55,93087 €

Zložka tarify za výkon (Cena za istič) = 66,06 €

Tarifná prirážka za nedodržanie predpísanej úrovne účinníka = 111,767 %

Distribúcia elektriny, tarifa za distribúciu elektriny bez strát vrátane prenosu elektriny = 52,096 €

Tarifná prirážka v závislosti od účinníka = 45,02 % (cos φ = 0,82)

4 Jalová energia v sieťach verejného osvetlenia

Na účinník v sieťach verejného osvetlenia má v najväčšej miere vplyv účinník svietidiel. Jalová energia káblových alebo vonkajších vedení je na hladine nn zanedbateľná. Zvyčajne je účinník kompenzovaný priamo v svietidle na hodnotu vyššiu ako 0,95. Pri bežnej prevádzke svietidiel sa vekom táto hodnota mení. Je to dôsledok degradácie kompenzačných kondenzátorov resp. ich poškodením. Ďalší výrazný vplyv má veľkosť napätia alebo zmena príkonu svietidla. V niektorých prípadoch môže byť nesprávny účinní aj dôsledkom nevhodného návrhu kompenzačného kondenzátora.

Problém s účinníkom sa objavuje aj pri LED svietidlách. Kvalita kompenzácie účinníka závisí hlavne od príkonu svietidla a od výrobcu.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PF L1	0,600	0,908	0,907	0,706	0,398	0,898	0,999	0,903	0,818	0,954	0,916	0,884	0,929	0,829		0,748	0,948	0,925	0,905	
PF L2	0,912	0,412	0,906		0,934	0,934		0,580	0,842	0,820	0,935	0,947	0,809	0,917		0,273	0,948	0,933	0,095	
PF L3		0,892	0,863		0,430	0,924	0,761	0,004	0,907	0,841	0,912	0,905	0,911		0,833		0,960	0,916	0,905	0,860

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
PF L1	0,955	0,838	0,870	0,831	0,754	0,691	0,771			0,872	0,920	0,956	0,926	0,959	0,539	0,691	0,926	0,774	0,850	0,960
PF L2		0,816	0,592	0,767		0,903	0,988	0,799	0,717	0,758		0,913	0,931	0,743	0,900	0,462	0,947	0,808	0,880	-
PF L3			0,887	0,739	0,770	0,872	0,994	0,940	0,658	0,837		0,854	0,926	0,964	0,942	0,127	0,871	0,315	0,860	0,890

Tab.2 Hodnoty účinníka namerané na vzorke 40 RVO

5 Regulácia

Regulácia verejného osvetlenia je v súčasnosti jeden z efektívnych nástrojov ako znížiť spotrebu. Z hľadiska jalovej energie však regulácia predstavuje komplikáciu. Nie je možné použiť jednoduchú (lacnú) statickú kompenzáciu ale pre správne kompenzovanie musí byť inštalovaný regulátor jaloviny. Účinník svietidiel sa zvyčajne mení v závislosti od príkonu svietidla. Pri svietidlách s LED je rozsah regulácie výraznejší a je nutné použiť regulátor jaloviny s dostatočným rozsahom.

Záver

Fakturovanie jalovej energie na v súvislosti so zavádzaním inteligentného merania spôsobila zvýšenie nákladov či už v podobe tarifných prirážok alebo nutnosti inštalovania regulátora jalovej energie. Zvyčajne je problém riešený inštalovaním kompenzačných kondenzátorov, čo predstavuje lacné a rýchle riešenie.

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky na základe zmluvy

VEGA 1/0640/17 „Sebestačné inteligentné siete a regióny a ich začlenenie do existujúcej elektrizačnej sústavy"

Literatura a odkazy

[1] Škoda, J, Baxant, P. The reduction in electricity consumption through proper lighting, In proc.> EPE – Electric Power Engineering 2009,. Brno University of Technology: Brno

[2] Sokansky, K., Novak, T.: Energy savings in public lighting, Przeglad Elektrotechniczny, 84(8), pp. 72 – 74, 2008arel Sokanský, Kurz osvětlovací techniky, 2016 (styl použitá literatura)

Denní osvětlení v občanském zákoníku

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., Institut pro rozvoj měst a obcí, ooakanka@centrum.cz

Abstrakt: Příspěvek se týká vztahu mezi ustanovením § 1013 Zákona číslo 89/2012 Sb. a požadavky na denní osvětlení a proslunění budov vyjádřenými v českých technických normách.

1 Úvod

Omezování přístupu denního světla a přímého slunečního záření stíněním novými budovami nebo jejich částmi bývá často příčinou sousedských sporů. Už jen proto, aby bylo možno takové spory řešit, je existence legislativy o denním osvětlení a proslunění budov nezbytná nejen u nás, ale všude ve světě. Někteří architekti a stavební podnikatelé technické normy o denním osvětlení a o proslunění budov odmítají. Vnímají je jako socialistický dirigismus státu, který je překážkou ve svobodné tvorbě a v podnikání. Představa, že by současně se zrušením těchto norem zanikly i problémy s prosluněním a denním osvětlením bytů, je ale naivní. Spory o stínění by zůstaly, ale řešily by se podle §1013 Zákona č. 89/2012 Sb. (Občanského zákoníku) [1]. Otázkou je, zda by takové řešení bylo bez přispění technických norem a vyhlášek dostatečně efektivní a spravedlivé.

2 §1013

Problém stínění nejen budovami je obsažen v Občanském zákoníku v §§1012 a 1013. Podstatný je článek (1) §1013:

> *(1) Vlastník se zdrží všeho, co působí, že odpad, voda, kouř, prach, plyn, pach, světlo,* ***stín****, hluk, otřesy a jiné podobné účinky (imise) vnikají na pozemek jiného vlastníka (souseda)* ***v míře nepřiměřené místním poměrům*** *a podstatně omezují obvyklé užívání pozemku; to platí i o vnikání zvířat. Zakazuje se přímo přivádět imise na pozemek jiného vlastníka bez ohledu na míru takových vlivů a na stupeň obtěžování souseda, ledaže se to opírá o zvláštní právní důvod.*

Výkladové slovníky pojem „přiměřený“ vykládají jako: mající vlastnosti odpovídající situaci nebo zvyklostem. Je ale zjevné, že tento pojem není příliš jednoznačný. U soudu o přiměřenosti poměrům rozhoduje soudem jmenovaný nezávislý znalec na základě vlastního šetření, při kterém se může opřít o technické normy, které zároveň mohou omezit jeho případnou zvůli při nedostatku skutečné nezávislosti. Povšechnost formulace odstavce (1) §1013 Občanského zákoníku má ale jednu podstatnou výhodu. To, co je v něm napsáno, je snad to jediné, co je možno lidem bez výjimky nařídit.

3 Technické normy

Technické normy [2], [3] popisují stínění podrobněji. Kvantifikují a limitují ho počtem minut oslunění a hodnotou činitele denní osvětlenosti. Jednoznačnost, o kterou se normy snaží, má ale jinou nevýhodu. Zástavba našich sídel a samotný život v nich jsou natolik rozmanité, že se normy se svou dobře míněnou podrobností někdy dostávají do rozporu s účelem, pro

který byly napsány. V konkrétní situaci mohou působit kontraproduktivně a nespravedlivě. Příkladem může být navrhování „normě nevyhovujících“ nebytových prostor (např. ateliérů), ve kterých lidé nakonec stejně dlouhodobě bydlí. Významné je, že limitní hodnoty norem byly stanoveny na základě poznatků preventivního lékařství a zajišťují tak uživatelům bytů dostatečnou (přiměřenou) pohodu bydlení a přijatelnou míru zdravotního rizika. Existují však i jiná hlediska. Ohled na zdraví uživatel stavby bohužel nemusí vždy při hledání přiměřenosti převážit. Příkladem jsou proluky.

4 Proluky

Právě s ohledem na ustanovení občanského zákoníku byly do norem [2] a [3] zařazeny články o prolukách. Tyto články umožňují zastavění proluky bez ohledu na to, zda se nějakému bytu odejme proslunění nebo sníží denní osvětlení pod úroveň stanovenou limitem v normě. Nejsme tomu rádi, protože tak zřejmě někomu neúměrně zvyšujeme zdravotní riziko, ale nelze s tím nic dělat. Zastavět proluku je přiměřené a kdyby stavební úřad při zástavbě proluky požadoval dodržení normových hodnot a odmítal kvůli tomu vydat stavební povolení, prohrál by následně při u soudu. Příčinou je kolizní pravidlo: lex superior derogat inferiori.

5 Lex superior derogat inferiori

Toto kolizní pravidlo praví, že právní norma obsažená v předpisu vyšší právní síly má přednost před normou obsaženou v předpisu nižší právní síly. Právní řád České republiky je uspořádán tak, že nejvyšší právní sílu má ústava spolu s ústavními zákony, nižší právní sílu mají (obyčejné) zákony a ještě níže z hlediska závaznosti stojí prováděcí předpisy: nařízení a vyhlášky. České technické normy nemají závaznost žádnou, ale může se na ně nebo na jejich části odkazovat prováděcí předpis a tím je na této nejnižší úrovni učinit závaznými. Uvedené kolizní pravidlo je třeba mít na paměti při tvorbě jakékoli technické normy, která má ambici se stát prostřednictvím prováděcího předpisu závaznou. Naše technické normy o denním osvětlení a o proslunění budov z dobrých důvodů tuto ambici stále ještě mají. Proto už od šedesátých let minulého století se velmi dbalo na to, aby ustanovení těchto norem nebylo v rozporu s předpisem vyšší právní účinnosti. Kdyby k takovému rozporu došlo, pak by rozhodnutí učiněná podle normy byla snadno napadnutelná u soudu.

6 Závěr

Ve věci stínění budovami je nejvyšší právní účinností obdařen Občanský zákoník [1]. Povšechnost textu umožňuje uplatňovat jeho ustanovení naprosto bez výjimek. Technické normy [2] a [3] naopak s úsilím o co nejvyšší přesnost a jednoznačnost ztrácejí na univerzálnosti. Jejich používání se proto neobejde bez výjimek. Jestliže mají ambici stát se prostřednictvím vyhlášek závaznými, musejí technické normy paradoxně ze své závaznosti poněkud slevit, aby nebyly v kolizi s ustanovením vyšší právní závaznosti. Rozpor mezi jednoznačností a univerzálností předpisů asi nemá řešení. Proto je věčný. Nejen světelní technici by se měli naučit s ním žít.

Literatura

[1] Zákon 89/2012 Sb.
[2] ČSN 734301 Obytné budovy
[3] ČSN 730580-1, 2, 3, 4 Denní osvětlení budov

Monitorovanie svetelného znečistenia celooblohovým skenerom

Ladislav Kómar - USTARCH, SAV, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava, usarlako@savba.sk

Abstrakt: Žiara nočnej oblohy vznikajúca rozptylom elektromagnetického žiarenia umelých pozemných zdrojov na molekulách vzduchu a čiastočkách aerosolu nazývame svetelné znečistenie Pôsobí negatívne nielen na ekosystém nočných živočíchov, ale aj na karcidiálny rytmus človeka a tiež na pohodlie človeka v nočných hodinách. Modelovanie svetelného znečistenia ako aj je priebežné monitorovanie má praktický význam aj pre navrhovanie efektívnejších a úspornejších osvetľovacích sústav verejného. Určenie žiary nočnej oblohy je možné buď pomocou priebežných pozemných meraní pomocou rôznych prístrojov prispôsobených na detekciu veľmi nízkych jasov. V práci pojednávame o vývoji a testovaní prenosného celooblohového skenera vybaveného spektrometrom a fotonásobičom s optickými filtrami.

1 Úvod

Rastliny a živočíchy vnímajú rôzne časti elektromagnetického spektra a dostupnosť žiarenia daných vlnových dĺžok je preto pre faunu a flóru kľúčová ako cez deň, tak aj v nočných hodinách. Rastliny využívajú predovšetkým žiarenie zo spektrálnej oblasti PAR (photosynthetically active radiation), čo zodpovedá rozsahu 400 – 700 nm. Množstvo dopadajúceho žiarenia s daným rozsahom vlnových dĺžok má preto vplyv na efektivitu premeny oxidu uhličitého pri procese fotosyntézy počas dňa. Rušivé žiarenie na rôznych vlnových dĺžkach počas noci má zas vplyv na vnímanie nočných živočíchov, napr. sov, netopierov a hmyzu. Nočné parazitné svetlo oblohy, tzv. svetelné znečistenie, je spôsobené rozptylom umelého svetla miest a ľudských obydlí na molekulách vzduchu, vodnej pare, ako aj čiastočkách aerosólu, ktoré majú rôzny pôvod (priemyselná činnosť, výfukové exhaláty, piesok z púštnych oblastí, ...). Monitorovanie tohoto svetelného smogu hrá kľúčovú úlohu pri ochrane biodiverzity v ekosystémoch s nočnými živočíchmi (hmyz, nočné dravce, hlodavce, vtáky, ...). V neposlednom rade sú tiež potrebné presné merania pre verifikáciu existujúcich ale aj budúcich fyzikálnych alebo empirických modelov na simuláciu svetelného znečistenia. Celooblohové skenery zaznamenávajúce žiarenie v rôznych oblastiach spektra by preto mohli priniesť nový spôsob vyhodnocovania svetelného znečistenia a tým aj jeho potenciálnu redukciu výmenou súčasných osvetľovacích sústav v mestách za inovatívne svetelné zdroje.

Oblohové skenery sú v súčasnej dobe finančne veľmi nákladné a navyše majú niekoľko nedostatkov, ktoré neboli doposiaľ úplne korigované [1]. Väčšina komerčne predávaných skenerov má pomerne veľké zorné pole (> 11°), čo znižuje ich rozlišovaciu schopnosť a tým redukuje aj množstvo oblohových elementov, ktoré je skener schopný snímať. V získaných dátach preto dochádza ku skresleniu a následné výpočty sú nepresné pre detailné monitorovanie rozptýleného žiarenia oblohy [2]. Preto je potrebné toto zorné pole prispôsobiť požiadavkám daného merania a vyhodnocovania. Zorné pole má tiež vplyv na množstvo zaznamenaného žiarenia, teda pre detekciu veľmi nízkych úrovní žiarenia, ako je tomu pri svetelnom znečistení vo väčších vzdialenostiach od miest. Príspevok sa venuje technickým špecifikáciám vyvíjaného celooblohového skenera, jeho testovaniu, ako aj vyhodnoteniu limitných hodnôt jasu, ktoré je prístroj schopný zachytiť.

2 Technická špecifikácia prístroja

Oblohový skener je zložený z rotačného systému, spektrorádiometra, tubusu, optických filtrov a počítača Rotačný systém využíva dvojicu krokových motorov riadených DMX

signálom, pričom prvý motor je umiestnený v základni skenera a druhý v rotujúcej hlavici. Krokové motory zabezpečujú pohyb po azimutálnych a vertikálnych kružniciach snímajúc 145 oblohových elemntov, avšak počet skenovaných elementov jako aj ich rozloženie je plne nastaviteľné užívateľom. Pozorovací uhol skenera je voliteľný, na výber sú 4 clony so zorným poľom 7, 11, 14 a 17°. Od veľkosti zorného poľa závisí aj počet skenovaných oblohových elementov a tiež aj doba skenovania oblohy. Rozmery samotnej základne prístroja sú 17,5 x 16,6 x 22,7 cm, čo umožňuje ľahkú prenosnosť zariadenia. Žiarenie dopadajúce na snímač je prenášané optickým káblom do spektrorádiometra Ocean Optics USB650 pre denné merania resp, fotonásobičom Hamamatsu H10722-02. Pre ovládanie a synchronizáciu vyčítavania dát s pohybom skenera bolo vyvinuté jednoduché softvérové rozhranie, s nastaviteľnosťou pohybu a výberom snímacieho zariadenia. Celková doba merania je cca 5 minút (pri 145 skenovaných elementoch), čím sa skener stáva vhodným nástrojom v prípadoch pomaly sa meniacich atmosférických podmienok. Obrázok 1 (vľavo) zobrazuje celkový pohľad na zariadenie, obrázky vpravo vyobrazujú snímacie zariadenia (hore – spektrometer, dolu - fotonásobič).

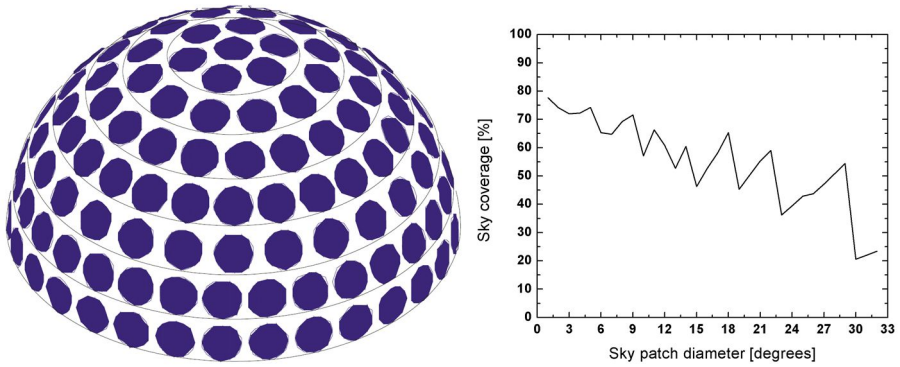


Obr.1 Prenosný oblohový skener a jeho snímacie zariadenia.

3 Denné merania

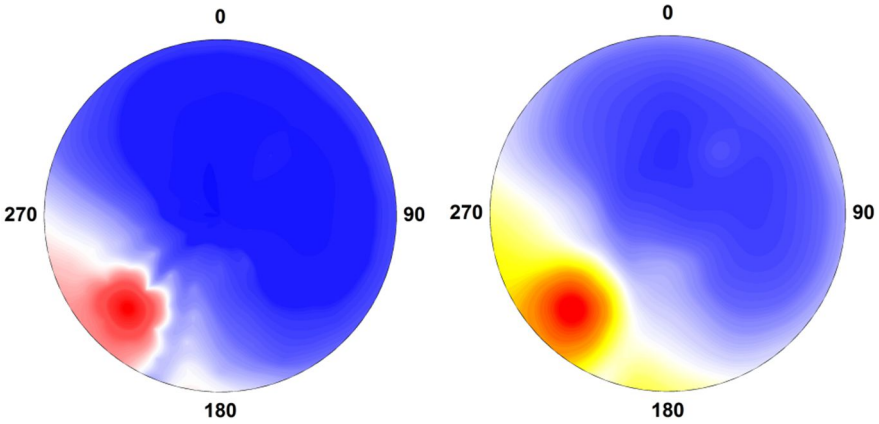
Hlavným cieľom pozemných meraní svetelného znečistenia je okrem priebežného monitorovania aj overenie existujúcich modelov, ktoré pri daných atmosférických podmienkach simulujú rozloženie žiary na nočnej oblohe. Denné merania sa robia za účelom získania parametrov aerosolu (optical depth, asymmetry parameter a single scattering albedo), ktoré vstupujú do modelovania pomocou softwareu Skyglow. Merania oblohovým skenerom následne slúžia na verifikáciu modelu a jeho prípadné vylepšenie. Merania sa uskutočňujú za stabilních atmosférických podmienok, teda za bezoblačného dňa za predpokladu,že tieto podmienky pretrvajú aj počas noci,kedy sa meranie uskutočňuje. Spektrometer zaznamenáva spektrálnu žiaru jednotlivých oblohových elementov na 650

vlnových dĺžkach, čo následne slúži na získanie parametrov aerosolu pomocou matematického riešenia inverznej úlohy.



Obr.2 Skenované oblohové elementy (vľavo) a závislosť celkovej skenovanej plochy oblohy od veľkosti zorného poľa (vpravo).

Obrázok 2 znázorňuje rozloženie skenovaných oblohových elementov na hemisfére podľa odporúčania Tregenza 1987 (vľavo) a závislosť percentuálneho pokrytia oblohy dátami v závislosti na veľkosti zorného poľa (vpravo). Lokálne maximá na grafe boli podkladom pre voľbu zorných polí skenera,aby sa pokryla dátami čo najvňčšia časť oblohy.

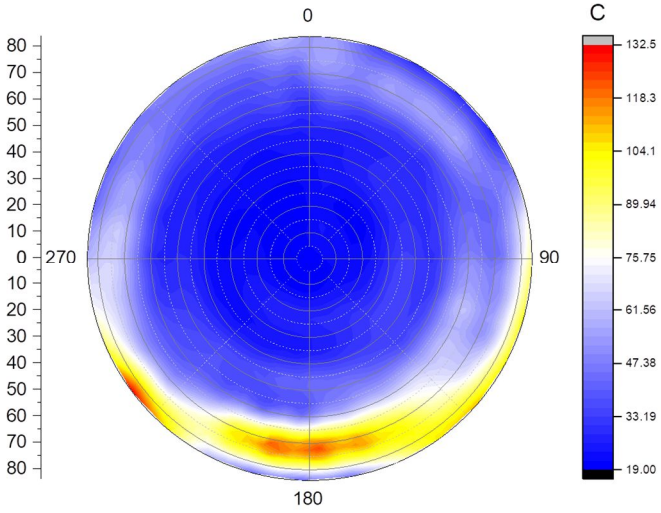


Obr.3 Denné spektrálne meranie jasnej oblohy v dvoch rôznych vlnových dĺžkach (zobrazené vo falošných farbách).

Obrázok 3 znázorňuje jasové mapy získané zo spektrálního merania jasnej dennej oblohy, z ktorej je následne možné riešením inverznej úlohy získať parametre aerosolu potrbné na exaktné modelovania svetelného znečistenia pomocou programu Skyglow.

4 Testovacie nočné merania

Testovacie meranie pre určenie funkčnosti celooblohového skenera sa robilo mimo města, asi 20 km od Bratislavy, 40 km od Viedne a 10 km od Malaciek za bezmesačnej noci. Lokalita merania bola vybraná tak,aby neboli na horizonte priame zdroje svetla, ani vyššie stromy, ktoré by tienili horizont. Počas merania sa vyskytla riedka potrhaná oblačnosť,čo však neovplyvnilo testovanie zariadenia. Vstupné napätie bolo nastavené na 0.7V a nameraný bol výstupný signál 20-120mV. Úroveň temného prúdu sa stabilne držala na úrovni 0.30mV.



Obr.4 Jasová mapa svetelného znečistenia získaná oblohovým skenerom bez optického filtra.

Obrázok 4 zobrazuje jasovú mapu svetelného smogu, pričom výrazné zjasnenie na juhu pochádza od Bratislavy, na azimute cca 210° je vidieť svetlá Viedne a na azimute 10° je slabo vidieť svetlá Malaciek. Lokalita merania, ako aj okolité mestá sú vyobrazené na Obrázku 5.



Obr.5 Mapa lokalizácie meracieho stanovišťa a svetelných zdrojov (okolitých miest) zobrazených na jasovej mape na Obr. 4.

Testovanie preukázalo použiteľnosť oblohového skenera bez použitia optických filtrov, teda v celej škále žiarenia (280-980nm), ktoré je fotonásobiť schopný detekovať.

Limit pre najnižší možný zaznamenateľný jas oblohy boli vypočítané na základe špecifikácie fotonásobiča dodávaného výrobcom. Pri najväčšom zornom poli 17o zodpovedá minimálny

merateľný jas $2{,}9.10^{-5}$ cd.m^{-2}, čo je viac jako o rád nižšia hodnota,aká zodpovedá zamračenej oblohe mimo města (10^{-4} cd.m^{-2}) a via jako o dva rády nižšia, jako je jas bezoblačnej oblohy mimo města (10^{-3} cd.m^{-2}). Z testovacieho merania tiež vyplýva, že při daných meteorologických podmienkach bol NELM (naked eye limited magnitude) na úrovni 4.6 – 5.0. Při odstránení otického vlákna a využití celej plochy detektora fotonásobiča by sme vedeli merať až do úrovne 8.9 – 9.3 NELM, čo ďaleko presahuje hodnoty pre excelentne tmavú oblohu podľa Bortleho škály (7.6 – 8.0 NELM). Z těchto analýz vyplýva,že oblohový skener je plne spôsobilý merať aj najnižšie úrovne jasu bez použitia optických filtrov. Za použitia farebných filtrov,ktoré zoslabujú signál 10-50 násobne je prístroj schopný zaznamenať už aj mierne znečistenú nočnú oblohu a je teda plne spôsobilý na rutinné spektrálne merania aj vo vňčších vzdialenostiach od svetelných zdrojov.

5 Záver

Svetelné znečistenie má za následok mnohé nežiaduce dopady na lokálne biotopy, ako aj na zdravie a komfort človeka počas nočných hodín. V nemalej miere za to môžu nevhodne inštalované svietidlá vyžarujúce čiastočne alebo úplne do horného polpriestoru, čím zákonite dochádza aj k plytvaniu elektrickou energiou. Modelovaním týchto javov a následnými odporúčaniami pre návrhárov svietidiel a dizajnérov urbanistických plánov je možné prispieť k významnej redukcii svetelného smogu. Je preto opodstatnené skvalitňovať modely za použitia pozemných meraní rôznymi prístrojmi pre detekciu veľmi nízkych jasov, napr oblohovým skenerom vybaveným fotonásobičom. Prenosná oblohový skener vyvíjaný na USTARCH SAV a FMFI UK je unikátnym zariadením, ktorý pomocou duálneho režimu denných/nočných meraní dokáže prispieť k presným rutinným meraniam a tiež ku skvalitňovaniu a verifikácii existujúcich modelov. V príspevku bolo predstavené zariadenie, ktoré bolo otestované v lokalite mimo mesta a tiež sa analyzovali možnosti detekcie veľmi nízkych jasov. Za predpokladu ďalších vylepšení a dlhodobejšieho testovania môže významne prispieť ku kvantifikácii svetelného smogu a k účinnejším návrhom na jeho elimináciu.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantového projektu APVV-14-0017.

Literatura a odkazy

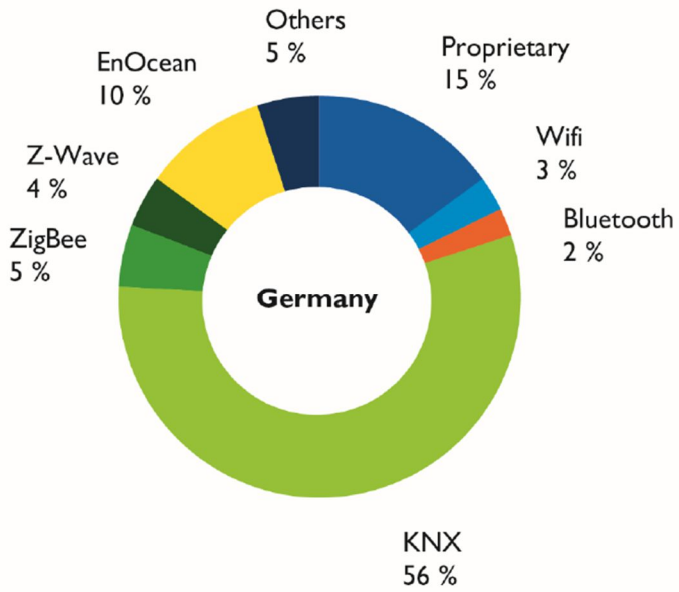
[1] Kobav, M.B., Bizjak, G., Dumortier, D., (2013) Characterization of sky scanner measurements based on CIE and ISO standard CIE S 011/2003. *Lighting Res. Technol*. **45**, p. 504-512.

[2] Kómar L., Rusnák A., Dubnička R., (2014). Interpolation methods for sky luminance map creation from scanner data. Proceedings of Lumen V4 Conference, 8-10th October 2014, Visegrád, Hungary.

Systém KNX se stal nejrozšířenějším systémem elektrických instalací

Josef Kunc, Ing.
KNX národní skupina ČR, z. s., www.knxcz.cz, sektretar@knxcz.cz

Vývoj a neustálé zdokonalování a rozšiřování systému programovatelných instalací KNX probíhá od roku 1987. Systém je jako jediný mezinárodně normalizován [1]. V současné době se na dodávkách elementů pro KNX instalace podílí kolem 420 firem – členů mezinárodní KNX asociace [2] z 41 zemí (z toho 3 členové jsou z České republiky). Systém KNX je využíván stále častěji jak pro řízení funkcí v komerčních a podobných budovách, tak i v rodinných či bytových domech. Postupně se tak stal nejrozšířenějším řídicím elektroinstalačním systémem nejen v evropských zemích, ale i v Číně a v dalších asijských státech. Především v Číně se rozšiřuje stále rychleji, protože je považován za evropský standard [3]. Např. v Německu je více než polovina nových a nově rekonstruovaných elektrických instalací zhotovena s využitím KNX systému (obr. 1).



Obr.1 Podíl různých systémů na nových instalacích v Německu

1 Některé výhody systému KNX

a) Velikou předností systému KNX je koncepce, v jaké byl vytvořen – jedná se o plně decentralizovaný systém, pro svoji činnost tedy nepotřebuje žádnou řídicí jednotku.

b) KNX je stavebnicovým systémem, v každé instalaci jsou použity pouze ty přístroje, které jsou potřebné pro zajištění provozu požadovaných funkcí.

c) Systém umožňuje snadné rozšiřování o nové funkce, při změnách způsobu využívání objektu pak jednoduché změny v uspořádání instalace.

d) Přenos informací mezi jednotlivými KNX přístroji lze zabezpečit po metalickém vedení na bezpečném malém napětí (po sběrnici), po silovém vedení, bezdrátově, případně po IP síti.

e) Systém je vhodný jak pro velmi rozsáhlé instalace, tak i pro ty instalace nejmenší.

f) Řízení mnoha funkcí lze plně automatizovat, je-li to požadováno, potom i s možností manuálních zásahů.

g) Jelikož k dispozici jsou tisíce KNX přístrojů od různých výrobců, realizovat lze prakticky jakoukoli běžnou i zcela ojedinělou funkci.

h) KNX spolupracuje s různými specializovanými řídicími systémy a jinými typy sběrnic.

i) KNX optimalizuje spotřebu – energie je využívána jen tehdy a tam, kde je to právě zapotřebí, a to pouze v nezbytném množství.

j) Všechny funkce lze řídit nejen místně, ale také prostřednictvím vzdálených přístupů.

2 Praktické zkušenosti s používáním a projektováním systému KNX

Přestože se KNX systémové elektrické instalace využívají již více než 25 let, pro mnohé elektroinstalatéry a také projektanty je tento druh elektrických instalací stále ještě velice vzdáleným pojmem, něčím, čeho se obávají a co je pro ně nesmírně náročné.

Samozřejmostí je, že pro pochopení čehokoli nového je nezbytná určitá úroveň seznámení se s danou problematikou. A následně dochází zpravidla ke zjištění, že nic není tak nepochopitelné, abychom se toho mohli jakkoli obávat.

Stejně je tomu i u KNX instalací – ***postačí si uvědomit, že od samého počátku je nutné k řešení zadaného problému přistupovat <u>systematicky</u>*** – tedy vnímat všechny funkce v objektu jako jeden celek přispívající k jednoduché obsluze, k energeticky efektivní činnosti.

Bohužel se stále ještě stává, že k vytváření návrhu projektu KNX instalace se propůjčují projektanti, kteří snad ani nejsou schopni dosáhnout patřičného systémového přístupu k této práci, a navíc mají pouze omezené znalosti o správném vytváření těchto instalací.

Příklad

V jednom nejmenovaném objektu bylo požadováno doplnění stávající, ne příliš rozsáhlé KNX instalace (obsahující kolem 25 KNX přístrojů) o řízení několika okruhů osvětlení a stínění v další, nově rekonstruované části budovy. Přidání požadovaných funkcí si vyžádalo rozšíření vybavení instalace o zhruba deset nových KNX přístrojů.

Po otevření nově doplněného podružného rozvaděče byl okamžitě vidět první nesmysl – vložení samostatného napájecího zdroje pro napájení sběrnice. Vždyť kapacita zdroje ve starší části instalace, s níž je nová část propojena, plně postačuje pro napájení celkově až 64 přístrojů. Stejným nesmyslem bylo i vložení liniové spojky. Celá daná instalace pracuje přece v jednom společném liniovém segmentu. Zbytečným nákupem těchto dvou přístrojů se náklady na instalaci zcela neodůvodněně zvýšily. Prostředky pro nákup těchto dvou zbytečných přístrojů mohly být využity mnohem efektivněji, jak si ukážeme dále.

Další ukázkou neprofesionálního přístupu bylo použití čtyř 16 A relé (tři pro tři spínané okruhy osvětlení, jedno pro spínané silové zásuvky), která jsou spínána prostřednictvím čtyřnásobného spínacího akčního členu se jmenovitým proudem 10 A. Správně měl být použit obdobný spínací akční člen, ovšem se silovými kontakty pro jmenovitý proud 16 A, který by přímo spínal zmíněné silové okruhy. Takto by také byly k dispozici údaje o skutečném stavu spínacích kontaktů, čehož v případě vložených relé nelze dosáhnout.

Za výrazný nedostatek a ukázku absolutně nesystémového přístupu k projektování je potřebné považovat způsob řešení zastínění. Pro tento účel jsou použity vnitřní elektricky ovládané rolety. Okna jsou samozřejmě otevírána dovnitř, bohužel ale nejsou vybavena magnetickými kontakty, jejichž prostřednictvím (přes binární vstupy) by bylo možné činnost rolet zablokovat při otevřených oknech.

Ve srovnání s těmito nedostatky je pouhou maličkostí použití nejjednoduššího KNX/DALI rozhraní umožňujícího pouze ovládání celých řad svítidel, namísto přístroje, v němž každý DALI předřadník je vybaven vlastní adresou. Potom by bylo možné splnit i přídavný požadavek na ovládání jen vybraných svítidel z jednotlivých řad. Investorovi nezbývá než se spokojit s možností stmívání celých řad svítidel namísto vytváření určitých předem definovaných scén.

Snad ani není nutné se zmiňovat o tom, že v rekonstruované části objektu jsou použity na sobě zcela nezávislé a s ničím nespolupracující systémy vytápění a klimatizace (a samozřejmě bez vazby na stavy oken).

Jak je vidět z uvedeného příkladu, i v nepatrné instalaci je možné spáchat celou řadu nesprávných kroků. Projektant totiž neví, co znamená systémový přístup k řešení, neví, jak provázat jednotlivé funkční oblasti, aby bylo možné dosáhnout maximální energetické efektivity. A navíc o tom ani nedokáže diskutovat s uživateli objektu.

3 Chyby v KNX instalacích a jejich odstraňování

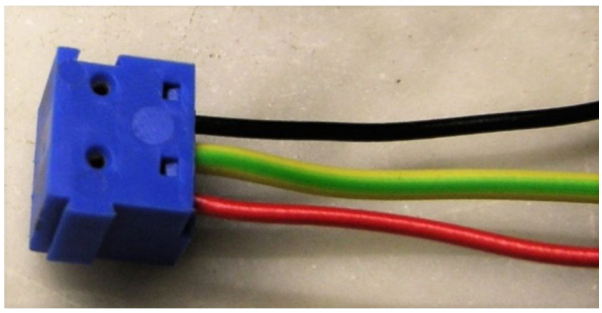
V ideálním případě ani během montáže, ani při zprovozňování KNX systémové instalace nedochází k žádné chybě. Bohužel, ne vždy se to takto podaří. Ze zkušenosti lze říci, že zkušeným projektantům i zkušeným elektroinstalatérům – Partnerům KNX s praxí z řady realizovaných projektů – se různé chyby vyhýbají, i když ani jim se někdy ne všechno podaří zcela perfektně.

Systémoví integrátoři se mnohdy musí potýkat s problémy, které sami nezavinili. Amatérští projektanti totiž připravili nesprávné projektové podklady, podle nichž již montážní firma začala pracovat. A samozřejmě již uložila sběrnicová vedení. Investor potom hrdě prohlásí: Sběrnici již máme připravenou. Po dotazu, jaký typ kabelu byt použit se dočkáte odpovědi: No přece UTP, ten používáme pro všechna sdělovací vedení.

3.1 Nesprávný typ sběrnicového kabelu

V současnosti se již jen v malém procentu případů stává, že namísto správných kabelů YCYM 2x2x0,8, resp. JYSTY 2x2x0,8 (či obdobných stíněných kabelů s dostatečnou izolační schopností pláště kabelu a s průměry vodičů 0,8 mm), zástupce investora oznámí použití některého, zcela nevhodného typu datového kabelu.

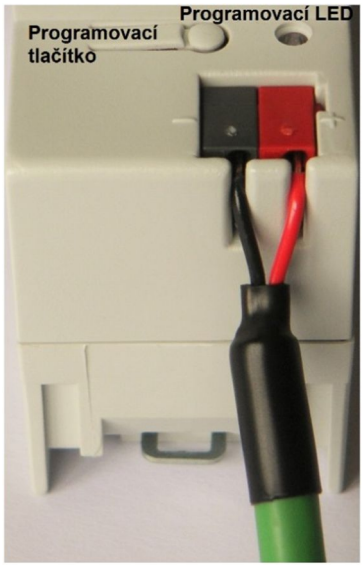
Není-li možná výměna již uložených, nesprávně zvolených kabelů, je nutné se rozhodnout, zda v takto připraveném objektu vůbec použít KNX instalaci. Pokud ano, což je však nesystémový přístup, je následně problematické poskytnutí jakékoli záruky na správnost komunikace i na životnost přístrojů. Nelze totiž vyloučit vznik smyček vytvářených při kladení sdělovacích vedení s prostorovým odstupem od vedení silových. V takovýchto smyčkách, např. při blízkém atmosférickém výboji, se může indukovat nebezpečné přepětí. Určitým protiopatřením by mohlo být častější použití svodičů přepětí na sběrnici (obr. 2). Nezbytným důsledkem by také byla nutnost zkrácení délek sběrnice v jednotlivých segmentech linií, případně i snížení maximálních počtů přístrojů v každém liniovém segmentu. Znamená to tedy určité navýšení nákladů na instalaci ve srovnání s instalací se správnými a správně uloženými sběrnicovými kabely.



Obr.2 Svodič přepětí pro KNX sběrnici

Během připojování KNX přístrojů ke sběrnici se občas chybuje nesprávným propojením jednotlivých úseků sběrnicového kabelu. Při kontrole před nahráváním přístrojů jsou takovéto chyby snadno odhaleny. Po stisku programovacího tlačítka (obr. 3) se při nesprávné polaritě nerozsvítí programovací LED, čímž jsme upozorněni na chybějící sběrnicové napětí.

Ve většině případů se používá pouze pracovní pár sběrnicového kabelu s červeným (+ pól) a černým vodičem (- pól). Rezervní pár (bílá, žlutá) zůstává nevyužit, jen občas se použije pro některou jinou aplikaci s bezpečným malým napětím SELV.



Obr.3 Připojení přístroje KNX ke sběrnici

Sběrnicové kabely jsou stíněné, což některé montéry svádí k tomu, aby tato stínění připojili k ochrannému obvodu, což není správné. Stínění se neuzemňuje, ani se nepropojují stínění jednotlivých úseků sběrnicového vedení. Stínění na sběrnicovém kabelu plní pouze funkci závitu nakrátko, který omezuje indukování vnějších rušivých vlivů na sběrnici.

Ze zkušeností s datovými sítěmi pramení také další chyba, která se občas vyskytuje v menších KNX instalacích: Na jedno místo určené pro uložení několika ovládacích prvků je paralelně vedeno několik sběrnicových kabelů. Praktické řešení je samozřejmě jednoduché – bude použit pouze jeden z těchto kabelů, ostatní zůstanou nevyužity.

Výjimečnou montážní chybou není ani propojení sběrnicových kabelů dvou různých linií. Při kontrole přítomnosti sběrnicového napájení se sice tato chyba nemusí projevit, ale potíže nastanou při následném nahrávání fyzických adres a aplikačních programů do jednotlivých přístrojů. Při operaci nahrávání nahlásí software ETS chybu a odmítne nahrání adresy s odkazem na nesprávné topologické uspořádání. Je proto důležité číst všechna chybová hlášení, která ETS zobrazuje. Jedině takto bude elektromontér nasměrován správným směrem při hledání závady. Teprve po odstranění chyby se obnoví správná funkčnost.

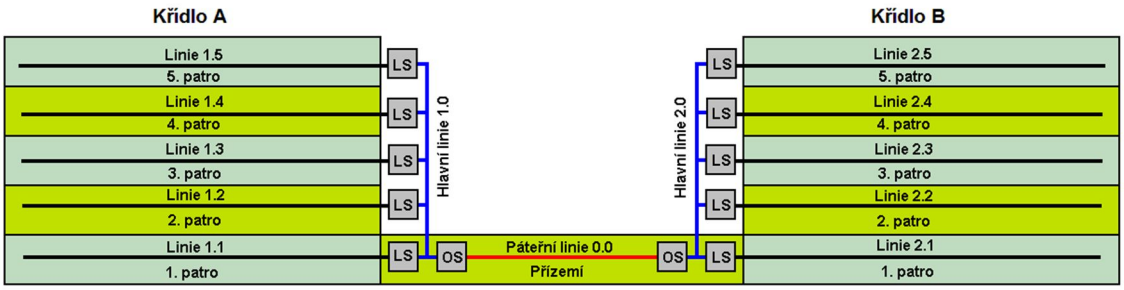
V rozsáhlých objektech se často montují přístroje již předem naprogramované a s popisy obsahujícími alespoň jejich fyzické adresy. Při vysokých počtech sice shodných, avšak fyzickými adresami (a také aplikačními programy) se lišících přístrojů může dojít k namontování některého z přístrojů do jiné linie. Tato chyba se zjistí např. až během prověřování funkčnosti systémové instalace. K nalezení místa nesprávně instalovaného přístroje je potřebné využít diagnostických postupů ETS (práce s fyzickými adresami, informace o přístrojích). Pro předcházení takovýmto chybám je bezpodmínečně nutné perfektní zpracování prováděcí projektové dokumentace, podle níž jsou jednotlivé přístroje viditelně označeny a následně ukládány a montovány na předem určená místa. K tomuto účelu velice dobře poslouží ETS App „Tisk štítků“. Na štítku (obr. 4) se vytiskne nejen fyzická adresa přístroje, ale také prostorová jednotka, v níž se nachází přístroj podle projektu, název přístroje (pokud byl do projektu zapsán) a typ přístroje. Štítek může být navíc opatřen i logem dodavatelské firmy.



Obr.4 : Možný vzhled popisných štítků KNX přístrojů

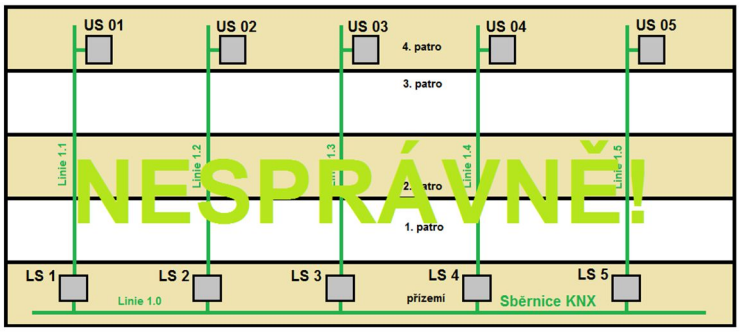
3.2 Nesprávné topologické uspořádání instalace

Hlavní zásadou při tvorbě topologického uspořádání je přiřazení přístrojů, které vzájemně často komunikují, do společného liniového segmentu, do společné linie. Nejčastěji probíhá výměna telegramů mezi ovládacími přístroji (snímači pohybu, tlačítkovými snímači, termostaty apod.) na jedné straně a s nimi spolupracujícími přístroji (akčními členy) na straně druhé. Přitom tyto přístroje jsou zpravidla ve stejné horizontální úrovni (ve společném podlaží). Logicky tedy musí být jednotlivé (podřízené) linie v objektu uspořádány horizontálně. Nadřazené linie (hlavní linie oblastí) mohou mít vertikální uspořádání, jak je naznačeno na obr. 5 pro objekt se dvěma křídly. Pro každé křídlo je vyhrazena jedna topologická oblast. V přízemí je vytvořena páteřní linie propojující obě oblasti.



Obr.5 Příklad správného topologického uspořádání linií v objektu s KNX systémovou instalací

Na první pohled je poznat „práce“ projektanta, který nikdy nezpracovával projekt KNX instalace. Před několika lety se mi do rukou dostal návrh instalace, jehož principiální schéma je na obr. 6. Bude-li např. účastník US 01 na linii 1.1 odesílat telegram adresovaný účastníkovi US 02, zpráva musí projít liniovou spojkou LS 1 na hlavní linii č 1.0, dále přes liniovou spojku LS 2 na linii č. 1.2. To znamená, že telegram, který by při správném topologickém uspořádání procházel pouze po jediné linii, musí procházet celkem třemi liniemi – dochází ke zcela zbytečnému zatěžování dalších dvou linií a následně i k určitému časovému zpoždění při přenosu zpráv přes dvě liniové spojky.

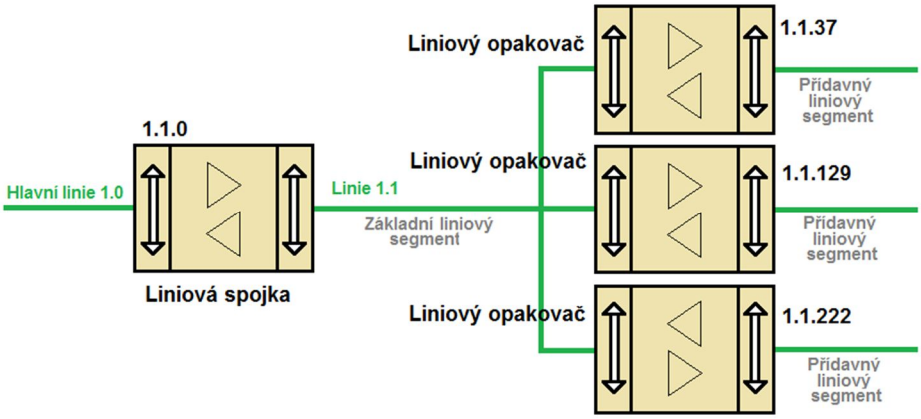


Obr.6 Příklad nesprávného topologického uspořádání linií v objektu

Jiný příklad nesprávného topologického uspořádání. V jednom provozním objektu bylo zapotřebí použité přístroje KNX rozmístit do tří linií. Při správném pojetí projektant vytvoří jednu oblast, v níž jsou tyto tři linie umístěny. I když se nejedná o příliš velký dodatečný zásah do již zpracovaného projektu, přesto jsem byl systémovým integrátorem informován o zcela nesprávném, lépe řečeno žádném topologickém uspořádání. Projektantka si vytvořila linie 3.7, 4.6 a 7.11, tedy linie ze tří oblastí, bez hlavních linií a samozřejmě i bez propojení oblastí páteřní linií. Oprava projektu si vyžadovala jednoduše přepsat čísla linií např. na 3.0, 3.1 a 3.2. Ovšem v případě, že přístroje by již měly předem nahrané fyzické adresy, znamenalo by to relativně značné prodloužení doby potřebné pro zprovoznění instalace nutností přehrávat každou z fyzických adres.

Během realizace KNX systémové instalace, vlivem dodatečných požadavků investora na vytvoření dalších funkcí, je nutné rozšířit přístrojové osazení, přičemž ovšem nedochází k překročení přípustných délek sběrnice. Pokud projektant nepočítal s touto eventualitou již během projektování a neponechal dostatečnou rezervu v počtu přístrojů, mohlo by dojít k použití i více než 64 přístrojů v liniovém segmentu. To je ovšem nepřípustný stav – je vysoká pravděpodobnost, že při běžném provozu bude docházet ke komunikačním problémům. Kromě toho může dojít k přetížení zabudovaného napájecího zdroje pro

napájení sběrnice. Tuto druhou možnost poznáme prakticky ihned – elektronická nadproudová ochrana zdroj odpojí a daná část sběrnicového vedení zůstává bez napájení. Komunikační problémy se však mohou vyskytovat pouze náhodně, dokonce ani nemusí být zřejmými během předávání instalace uživateli. Proto je vhodné nedopustit montáž vyšších počtů přístrojů a při projektování nepočítat s více než 50 přístroji v liniovém segmentu. Pokud je linie plánována jen jako jeden segment, při zvýšení počtů přístrojů je možné její rozdělení na dva nebo až čtyři segmenty vložením liniových opakovačů a doplněním o potřebné napájecí zdroje, jak je naznačeno na obr. 7.



Obr.7 Linie sestávající ze čtyř segmentů může obsahovat až 255 přístrojů

3.3 Chyby projevující se během zprovozňování KNX instalace

Během oživování KNX systémové instalace, vzápětí po nahrání aplikačních programů, je docela běžným úkazem, že některé funkce nepracují přesně podle představ uživatele. Řešení je principiálně sice jednoduché, avšak vyžadující si určitý čas. Je totiž potřebné např. změnit nastavení některých parametrů, někdy i zavést předtím neuvažované logické vazby.

3.4 Některé závady KNX instalace, vyskytující se během jejího řádného provozu

Občas může docházet k různým závadám v silové části KNX systémové instalace, přičemž dané poruchy vůbec nemusí být způsobeny vadou KNX přístrojů. Jenže uživatel má ve svém objektu použitou jemu ne příliš srozumitelnou programovatelnou instalaci a proto usoudí, že závada je přímou chybou KNX systému. Proto ihned volá systémového integrátora, který mu zajišťuje pravidelný servis. Přitom mnohdy neumí zcela správně popsat projevy závady. Anebo poruchový stav ve skutečnosti není vůbec žádnou chybou, ale dokonce zcela správnou činností systémové instalace.

Při předávání dokončené KNX systémové instalace je běžné, že systémový integrátor nejen ústně, ale také písemně (ať již v tištěné formě nebo na vhodném elektronickém nosiči) předá veškeré informace o způsobech činnosti a ovládání instalace. Ovšem při „nesprávné činnosti“ KNX instalace nehledá uživatel v podkladech, co by mohlo být příčinou, ale zajišťuje servisního technika. Takovýto konkrétní skutečný případ z nedávné minulosti: Ve starší provozní budově byla v rámci rekonstrukce zhotovena a řádně předána KNX instalace. Na začátku topné sezóny uživatel vzrušeně vyžadoval okamžitou nápravu, protože „nic nefunguje, všechno je špatně“. Je samozřejmé, že systémový integrátor se ihned dostavil. Po vstupu do objektu zjistil, že osvětlení funguje zcela správně. Avšak poté, co vstoupil do provozních místností a uviděl otevřená okna (osazenstvo bylo zvyklé mít pootevřená okna a

současně místnosti vytápět), bylo vše zcela zřejmé. Rozepnuté okenní kontakty blokovaly vytápění. Následovalo proto opakované poučení: Větrat ano, ale pouze intenzivně a krátce. Protože blokování topení při otevření oken zajišťuje, aby nedocházelo k nadměrně vysoké spotřebě energie.

Jiný případ z menší galerie, v níž KNX systémová instalace je použita pro ovládání světelných scén. Hlášení o závadě: Ve všech místnostech fungují pouze zářivková svítidla pro základní osvětlení, zatímco všechna spínaná a stmívaná halogenová svítidla nefungují. Po příjezdu integrátora bylo zjištěno, že k tomuto stavu došlo po silné bouřce. Následná kontrola provozu na sběrnici ukázala, že veškeré KNX přístroje fungují perfektně (jelikož mimo jiné, byly správně použity potřebné svodiče přepětí). Proto byl zkontrolován stav několika svítidel – použité nekvalitní halogenové světelné zdroje byly vadné. Při správném postupu, měl pracovní stav nejdříve prověřit kterýkoli elektromontér, takže v tomto případě vůbec nemuselo dojít ke zbytečnému výjezdu KNX technika.

Je skutečností, že v ojedinělých případech mohou atmosférická přepětí způsobit výpadek činnosti některého z KNX přístrojů. To však neznamená, že již muselo dojít k jeho nevratnému poškození. Prvním krokem při odstraňování této závady je restart dotyčného přístroje nebo příslušné linie (krátkodobé odpojení od sběrnicového napájení), což ve většině případů postačí k nápravě. Nepomůže-li restart, je možné, že přepětí částečně poškodilo uložený záznam aplikačního programu v paměti přístroje, proto může pomoci jeho nové nahrání. S ohledem na velmi vysokou dobu života KNX přístrojů je totiž málo pravděpodobné, že dojde ke skutečné destrukci některého z nich. Ovšem za předpokladu, že instalace byla zhotovena v souladu s pravidly zajišťujícími maximální ochranu před účinky přepětí. Tedy nejen používání svodičů přepětí, ale také minimalizaci smyček.

Zde opět příklad z jedné starší KNX instalace. Dodavatel se dotázal, jak je možné, že po pouhých pěti letech provozu došlo k poruše činnosti jednoho z akčních členů. První otázkou KNX specialisty bylo, jak je to s ochranou proti přepětí v daném projektu. Jelikož při dodávce byla minimalizována cena, svodiče nebyly použity. Proto také došlo k tak brzkému ukončení činnosti některého z přístrojů. Důsledkem závady byla nejen výměna vadného přístroje, ale i doplnění chybějících svodičů přepětí.

Každá KNX systémová instalace je originálem, který se v jiných stavbách obvykle již neopakuje. Proto také nelze stanovit jednoznačný, konkrétní postup při hledání provozních závad. Jeden postup je však společný. Pokud je instalace vybavena možností vzdálené komunikace (prostřednictvím internetu) umožňující přístup pro kontrolu a nahrávání, může snadno, rychle a levně proběhnout diagnostika instalace. Teprve při nutnosti hardwarového zásahu nezbývá nic než dohodnout osobní návštěvu zástupce smluvní servisní firmy. Samozřejmě za předpokladu, že tato firma má k dispozici projekt dané instalace pro software ETS.

4 Řízení osvětlení ve velkém objektu (příklad)

V dosud dokončených pěti objektech dětské části Fakultní nemocnice Praha-Motol je řízení téměř 7100 svítidel rozděleno do 151 DALI linií, přičemž ovládací prvky (snímače přítomnosti, tlačítkové snímače, ovládací panely), společně s KNX/DALI rozhraními, jsou připojeny k 57 KNX liniím. Všechny linie jsou přes KNX/IP routery připojeny k páteřní síti LAN, na které je také centrální vizualizace. Na ní je možné zobrazovat provozní a poruchové

stavy všech svítidel, ovšem jejich vzdálené ovládání je přípustné jen pro některé prostory. Na chodbách v provozních částech a v částech s ambulantním provozem je možné z vizualizace měnit režim činnosti – např. nižší intenzita osvětlení po zaznamenání pohybu v noční době, namísto plného osvětlení, které je v době denní. Ve vizualizaci je zaznamenávána doba provozu jednotlivých svítidel, poruchové stavy jednotlivých DALI předřadníků apod.

Chodby, které jsou opatřené okny, jsou osvětlovány ve vazbě na přítomnost a současně i na intenzitu přirozeného osvětlení. V lůžkových odděleních jsou nasazeny tlačítkové ovladače i ovládací panely, které jsou na stanovištích sester pro možnost operativního ovládání osvětlení na celém oddělení. V závislosti na provozních požadavcích jsou jednotlivé místnosti (vyšetřovny, lékařské pokoje, sesterny apod.) zpravidla vybaveny možnostmi stmívání, jiné pak jen spínáním na předem určenou hladinu osvětlení. V prostorách souvisejících s operačními sály je nejčastěji použito spínání na plnou intenzitu, ve vazbě na pohyb a přítomnost osob.



Obr.8 Pohled na dva objekty dětské části FN Motol

5 Závěr

Systém KNX umožňuje řízení libovolného počtu funkcí v jakkoli rozsáhlém objektu, přičemž zajistí optimální spotřebu energie. Jak přistupovat ke tvorbě projektů komplexních elektrických instalací, zahrnujících všechny funkce budovy, mohou napomoci členové spolku KNX národní skupina České republiky – kontakty jsou na www.knxcz.cz.

Literatura a odkazy

[1] Soubory norem ČSN EN 50090, ČSN ISO/IEC 14543.

[2] www.knx.org

[3] Zpráva BSRIA (https://www.knx.org/knx-en/press-room/), www.bsria.co.uk

[4] www.knxcz.cz

[5] Archiv autora

Osvětlení versus bezpečnost

Miloš Kvarčák, doc. Dr. ing.

VŠB – TU Ostrava, milos.kvarcak@vsb.cz

1 Úvod

V dnešní době patří k základním potřebám člověka vytvoření optimálních podmínek pro práci i pro jeho další aktivity. K těmto potřebám můžeme zařadit dostatečné a kvalitní osvětlení. I osvětlení prostoru přináší do života různá úskalí a je tedy na místě zabývat v případě osvětlení také problematikou bezpečnosti. Osvětlení úzce souvisí s elektrickým proudem a potřebnými elektrickými rozvody. To může způsobit ohrožení zdraví a života lidí, způsobit požár, případně výbuch.

2 Statistiky

Hasičský záchranný sbor zpracovává každoročně statistické ročenky. Z nich vyplývá, že se za posledních 5 let v České republice eviduje každoročně 16 000 až 20 000 požárů[1]. Hasičský záchranný sbor ve spolupráci s Policií ČR šetří příčiny vzniku požárů a výbuchů. Mezi tyto příčiny patří také horké povrchy svítidel, elektrické jiskry, statická elektřina, blesk a další. Výbuchy hořlavých plynů, par hořlavých kapalin a prachů mohou způsobit elektrické jiskry s velmi nízkou hodnotou iniciační energie. U hořlavého vodíku stačí k iniciaci jiskra s iniciační energii 0,019 mJ, u zkapalněných uhlovodíků jiskra s iniciační energii 0,2 až 0,3 mJ [6].

V letech 2007–2012 došlo v České republice k 883 požárům od zdrojů k osvětlení, kdy přímá škoda byla vyčíslena na 507 991,6 tisíc Kč. Při těchto mimořádných událostech došlo také k 14 úmrtím a 105 zraněním osob. Žárovky způsobily v letech 2007–2012 celkem 239 požárů, při kterých zemřelo 12 osob. Nejčastějším prostorem, kde vznikl požár, bylo prostředí soukromých domácností a to 65 %. Zářivky byly nejčastěji příčinou vzniku požáru v odvětví obchodu a oprav s podílem 20 %. Taktéž ve zpracovatelském průmyslu to byl podíl ve výši 20 %. Celkem bylo způsobeno 341 požárů od zářivek. Výbojky způsobily v odvětví zařazeném jako ostatní veřejné a osobní 118 požárů. Jiné zdroje určené k osvětlení způsobily ve sledovaném období celkem 185 požárů, z toho na domácnosti připadá 36 % [2].

Elektrické svítidlo není pouze zdrojem světla, ale i tepla, které vzniká přeměnou elektrické energie, zejména na žárovce. Vzniklé teplo je u žárovky odváděno do okolí povrchem skleněné baňky, čímž dochází k ochlazování jejího povrchu. Pokud dojde k částečnému nebo úplnému omezení odvodu tepla z horkého povrchu žárovky, může povrchová teplota dále narůstat. Její hodnota může překročit hodnotu teploty vznícení mnoha hořlavých látek. V případě vzájemného kontaktu hrozí zapálení hořlavé látky s následným požárem.

3 Teploty povrchu žárovek uváděné v literatuře

V odborné literatuře [3] jsou uváděny povrchové teploty žárovek v závislosti na příkonu a poloze žárovky. Povrchové teploty klasických žárovek se pohybují od 165 °C do 513 °C [3]. V literatuře [4] jsou uváděny povrchové teploty žárovek s částečným a úplným omezením chlazení povrchu. V případě částečného omezení chlazení baňky u 40 W žárovky byla naměřena maximální hodnota 325 °C, u 60 W žárovky byla dosažena hodnota 337 °C a u

100 W žárovky hodnota 330 °C. V případě úplného omezení chlazení baňky byly naměřeny maximální teploty 320 °C u 40 W žárovky, teplota 321 °C u 60 W žárovky a hodnota 330 °C u 100 W žárovky.

4 Teploty povrchu žárovek naměřené v České republice

V průběhu let 2013–2014 bylo provedeno v Institutu ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč experimentální měření povrchových teplot různých typů žárovek. K tomuto měření bylo přistoupeno s ohledem na chybějící informace o povrchových teplotách žárovek, které se v současné době používají a prodávají na trhu. Cílem měření bylo zjištění průběhu nárůstu povrchových teplot po rozsvícení a následně pokles teploty po jejich zhasnutí. Povrchová teplota byla měřena na žárovkách ve třech polohách (poloha svisle vzhůru, svisle dolů a vodorovně) a dále v poloze svisle vzhůru, kdy žárovka byla zakryta bavlněnou látkou, která simulovala případ náhodného překrytí. Měřeny byly povrchové teploty u žárovek o různém příkonu, velikosti závitů a tvaru baněk. Měření nárůstu teploty bylo prováděno po dobu 50–62 minut od rozsvícení žárovky. Dále byla měřena povrchová teplota od okamžiku zhasnutí žárovky po dobu 10 minut. Teplota povrchu všech žárovek byla snímána termočlánky, a to na různých místech v závislosti na typu žárovky. Současně bylo provedeno měření hodnot povrchu žárovek ručně prostřednictvím termokamery Fluke Ti32. V tabulce 1 jsou uvedeny naměřené hodnoty u vybraných typů žárovek [3].

příkon	výrobce	poloha	povrchová teplota		chlazení	
					po 5 min	po 10 min
			t_{max}	čas	t_5	t_{10}
1 W	OSRAM	vzhůru	31,3	43:45	29,3	28,4
		dolů	29,5	45:15	28,6	27,6
		bok	29,4	40:00	28,6	27,4
		zakrytá	32,9	43:30	30,8	29,1
1,6 W	OSRAM	vzhůru	36,5	42:30	33,2	30,2
		dolů	28,8	36:15	26,0	24,6
		bok	38,4	38:45	34,1	30,6
		zakrytá	42,3	49:00	38,0	33,9
3 W	ACME	vzhůru	63,3	38:15	41,5	33,9
		dolů	58,9	51:30	39,5	33,1
		bok	43,6	31:30	33,0	29,1
		zakrytá	83,4	51:15	55,0	43,3
13 W	BC Lux	vzhůru	97,3	43:15	38,1	31,8
		dolů	99,8	25:45	48,4	36,4
		bok	104,7	49:00	43,8	33,5
		zakrytá	110,4	28:15	48,8	35,2

30 W	Philips	vzhůru	225,2	15:00	38,6	29,2
		dolů	185,6	27:00	43,2	30,0
		bok	172,2	29:45	44,8	31,4
		zakrytá	367,2	22:45	57,0	34,2
40 W	Philips	vzhůru	212,0	26:30	35,6	27,9
		dolů	145,8	22:00	42,2	31,4
		bok	183,1	19:30	36,9	29,4
		zakrytá	321,4	33:15	50,8	33,1
60 W	Sylvania	vzhůru	154,9	42:30	34,3	28,0
		dolů	135,1	31:15	45,7	35,1
		bok	171,8	15:00	38,3	30,5
		zakrytá	217,0	41:00	47,0	36,1
100 W	Philips	vzhůru	210,5	13:30	50,1	31,9
		dolů	132,8	43:00	50,9	36,1
		bok	179,9	13:30	44,1	32,8
		zakrytá	307,7	36:00	74,5	39,8
120 W	Philips	vzhůru	168,4	36:15	88,0	61,8
		dolů	122,8	36:00	70,4	50,9
		bok	209,3	57.30	102,6	70,1
		zakrytá	219,5	50:45	120,4	86,6

Tab.1 Naměřené teploty povrchu žárovek [2,5]

Z naměřených hodnot povrchové teploty žárovek je zřejmé, že u LED žárovek 1 a 1,6 W povrchová teplota dosahovala hodnot srovnatelných s teplotami prostředí v letním období. U LED žárovky 3 W povrchová teplota dosahovala sice vyšších hodnot než u předcházejících typů, ale i tyto hodnoty jsou výrazně nižší než teploty zapalitelnosti drtivé většiny hořlavých hmot. U klasických žárovek povrchová teplota dosahovala hodnot, které mohou nejenom způsobit popálení kůže po dotyku bez potřebné ochrany, ale také vznícení hořlavých hmot s nižší hodnotou teploty vznícení.

5 Dokumentace požární ochrany

Požadavky na osvětlení z hlediska požární bezpečnosti se objevují ve dvou dokumentech. Jedná se o požárně bezpečnostní řešení a dále o posouzení požárního nebezpečí. Požárně bezpečnostní řešení vychází z požadavků stavebního zákona a řeší problematiku stavby. V této dokumentaci se hodnotí požární riziko podle druhu, množství, použití a vlastnosti hořlavých látek. Je zde hodnoceno, zda ve stavbě budou užity látky, které mohou způsobit nejen požár, ale také výbuch. V požárně bezpečnostním řešení je definován požadavek na hodnocení vnějších vlivů a následně také požadavek na provedení možných iniciačních zdrojů, zejména elektrických zařízení a také svítidel. Při návrhu provedení únikových cest je definován požadavek na intenzitu osvětlení a umístění svítidel. Obdobné požadavky jsou stanoveny na osvětlení prostorů, kde se pracuje s nebezpečnými látkami.

Posouzení požárního nebezpečí vychází z požadavků zákona o požární ochraně a řeší problematiku prováděných činnosti. Ty mohou být s vysokým a zvýšeným požárním nebezpečím nebo bez nebezpečí. V posouzení požárního nebezpečí se hodnotí problematika možného vzniku požáru a následně se definují opatření směřující proti jeho vzniku a šíření. Posouzení požárního nebezpečí se také provádí při údržbě, opravách a poruchách zařízení, kde se nacházejí látky snadno zapalitelné nebo látky výbušné. V těchto případech se definují požadavky na zajištění bezpečnosti, a tedy i vliv osvětlení prostorů na tyto práce.

Oba dokumenty mohou zpracovávat osoby s požadovanou kvalifikaci. U požárně bezpečnostního řešení jde o autorizovaného inženýra nebo technika se specializací na požární bezpečnost staveb. Posouzení požárního nebezpečí mohou zpracovávat odborně způsobilé osoby podle zákona o požární ochraně.

Literatura a odkazy

[1] Statistická ročenka 2016 Česká republika, Ministerstvo vnitra-generální ředitelství HZS ČR, Praha 2017

[2] Nejtková, M.: Experimentální měření povrchových teplot v současné době používaných žárovek, Požární ochrana 2014, Sborník přednášek, XXIII. Ročníku mezinárodní konference SPBI Ostrava, str. 250-254, ISBN 978-80-7385-148-4, ISSN 1803-1803.

[3] DeHaan, J.D.; Icove, D.J.: KIRK´S FIRE INVESTIGATION, 7th edition, ISBN 13: 978-0-13-508263-8.

[4] Štefek.: Zjišťování příčin požárů, MV ČSR, SOŠ PO, Frýdek- Místek, 1984.

[5] Nejtková, M.: Závěrečná zpráva z experimentálního měření povrchových teplot běžně dostupných žárovek, MV-GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2014.

[6] BÁRTLOVÁ, Ivana; DAMEC, Jaroslav. Prevence technologických zařízení. Ostrava: SPBI SPEKTRUM, 2002. 243 s. ISBN 80-86111-10-8.

Co se již nevejde do NV č. 361/2007 Sb.

Jana Lepší, Ing., Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, jana.lepsi@zuusti.cz, www.zuusti.cz

Abstrakt: Přednáška má za úkol upozornit na problémy, se kterými se setkávají pracovníci hygienické služby při kontrolách provozů a při schvalování projektové dokumentace a následně i my při měření pro kolaudace či kontroly. Prezentace je doplněna množstvím fotografií.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanovují podmínky ochrany zdraví při práci, v platném znění - osvětlení

V §7 (6) je definována **trvalá práce** jako práce vykonávaná po dobu **4 hodiny za směnu.**

V normě ČSN 73 0580-1 je trvalý pobyt definován jako pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne (za denního světla) déle než 4 hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně.

Podobně je chápán trvalý pobyt a trvalá práce i v jiných předpisech. §7 NV je ale právně nejvýše. Všechny minimální (limitní) požadavky na osvětlení v NV se týkají pouze trvalé práce. Již zde nastává často problém, zda je na pracovišti pracovník 4 hodiny nebo méně. Pro kolaudaci je u problematických prostorů samozřejmě výhodnější tvrdit, že se bude jednat o kratší čas. Hygiena většinou nepožaduje měřit prostory bez trvalého pobytu. Potom se nenavyšují požadavky na osvětlenost u sdruženého osvětlení ani bezokenního prostoru.

Jak je tomu ale ve skutečnosti? Pracovníci v těchto prostorách netráví mnohdy jen 8, ale někdy i 12 hodin. Nejčastěji k tomu dochází u nájemních prostor. Pronajímatel se přeci nemůže zaručit za nájemce. Nájemce často ani neví, za jakých podmínek byl prostor kolaudován, a využívá ho dle svých potřeb. A tak se například stává, že ve skladové hale se najednou provádí středně zrakově náročná montáž.

V § 34 nařízení vlády se řeší podmínky ochrany zdraví při práci se zrakovou zátěží.

Vymezení zrakové zátěže se týká opravdu činností, které již potřebují regulaci času a přestávek.

(1) **Prací se zrakovou zátěží se rozumí trvalá práce**

a) spojená s náročností na **rozlišení detailů**,

b) vykonávaná za **zvláštních světelných podmínek**,

c) spojená s používáním **zvětšovacích přístrojů**, sledováním **monitorů** nebo se zobrazovacími jednotkami,

d) spojená s **neodstranitelným oslňováním**.

(2) Prací spojenou s náročností na rozlišení detailů se rozumí práce, při níž je vidění zaměstnance **ztíženo velikostí či tvarem detailu**, jeho **pohybem** (ČSN EN 12665 Světlo

a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení) nebo jasovým či barevným **kontrastem** v místě zrakového úkolu.

(3) Prací vykonávanou za zvláštních světelných podmínek se rozumí práce vykonávaná při určené barvě světla nebo při **neodstranitelném kolísání jasu** v prostoru zrakového úkolu nebo jeho okolí.

Pracovišť, kde je potřeba rozlišovat malé detaily, není u nás právě málo. Patří sem především výroba elektronických součástek, výroba kabelových svazků a mnohé další. S malým kritickým detailem je spojeno také používání zvětšovacích přístrojů či monitorů.

Na zvláštní světelné podmínky se váže mnohdy i neodstranitelné oslnění. Patří sem různé druhy kontrol, kde dochází k prosvěcování a hledání defektů materiálu. Do zvláštních světelných podmínek nelze ale počítat používání různých barevných nátěrů na stěnách, které zkreslují světlo na místě zrakového úkolu, ani používání žlutého světla ve skladech (zabraňující zkáze potravin), kde se potraviny na rozdíl od pracovníků zdržují minimální čas.

(4) **Prací se zobrazovací jednotkou** se rozumí práce vykonávaná zaměstnancem jako pravidelná součást jeho obvyklé pracovní činnosti na soustavě zařízení, které obsahuje zobrazovací jednotku, klávesnici nebo jiné vstupní zařízení, software nebo další volitelné příslušenství.

Mezi tuto práci patří dnes velmi častá práce na PC, kontrola při monitorování prostoru, práce ve velínech tepláren, rozvoden, elektráren.

Tyto činnosti jsou velmi zrakově náročné, unavující. Zde by se zvláště mělo dbát na možnosti vytvářet co nejlepší podmínky pro tyto činnosti. NV na ochranu zdraví pamatuje a to v

§ 35 Minimální opatření k ochraně zdraví při práci

Práce se zrakovou zátěží musí být v zájmu omezení jejího nepříznivého vlivu na zdraví zaměstnance přerušována **bezpečnostními přestávkami** v trvání 5 až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce nebo musí být zajištěno střídání činností nebo zaměstnanců.

Umožňují však vždy zaměstnavatelé pracovníkům tyto bezpečnostní přestávky nebo se jim zdá, že pracovníci zbytečně promrhají pracovní dobu? V jakých podmínkách se přestávky tráví?

V § 45 jsou definovány hygienické požadavky na osvětlení pracoviště

(1) K osvětlení pracoviště včetně spojovacích cest se užívá denní, umělé nebo sdružené osvětlení. Osvětlení pracoviště a spojovacích cest mezi jednotlivými pracovišti denním, umělým nebo sdruženým osvětlením musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví **v souladu s normovými hodnotami a požadavky.** Normovou hodnotou se rozumí konkrétní hodnota denního, umělého nebo sdruženého osvětlení obsažená v příslušné české technické normě upravující hodnoty denního, sdruženého a umělého osvětlení (ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN 360020

Sdružené osvětlení a ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory).

Normovým požadavkem se rozumí technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě (ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN 360020 Sdružené osvětlení a ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory).

Osvětlení nesmí být příčinou oslňování.

Jak se dnes kontroluje oslnění? Mělo by se kontrolovat v projektu – ve správné výšce očí (sedící / stojící osoby) ve všech směrech možného vodorovného pohledu. Jaká je realita? Ukážeme si na obrázcích.

(2) Pracoviště, které je osvětlováno denním osvětlením, pokud na něm může docházet ke **zvýšené tepelné zátěži nebo oslnění**, **musí mít** osvětlovací otvory vybaveny clonícími zařízeními umožňujícími **regulaci** přímého slunečního záření. U bočního osvětlovacího otvoru na pracovišti umožňujícího pohled ven nesmí jejich výplně tomu bránit.

Často se setkáváme v halách s tím, že sice osvětlovací otvory jsou, ale není vidět ven ať již z důvodu výplně (luxfery, komůrkové polykarbonáty, neprůhledněná skla s barvou či špínou) nebo umístění nad úroveň očí pracovníků. Výhled ven není splněn také v halách, kde jsou jen světlíky. Stejně tak tento požadavek nesplňují světlovody. Je dobré je použít, pokud v nějakém vestavěném prostoru nelze mít okna. Zde však nejde již o boční osvětlení, ale o horní. Proto se na ně také vztahují požadavky vyšší, tj. musí zde být činitel denní osvětlenosti minimálně $\mathbf{D_m = 3\ \%}$.

(3) Na pracovišti, na němž je vykonávána trvalá práce, osvětlovaném **denním osvětlením**, musí být dodrženy tyto **minimální** hodnoty:

a) denní osvětlení vyjádřené činitelem denní osvětlenosti D, minimální $\mathbf{D_{min}}$ **1,5 %,** při horním nebo kombinovaném denním osvětlení i průměrný $\mathbf{D_m = 3\ \%,}$

Pokud se kolauduje (měří) prázdný prostor (např. prodejny – večerky nebo některé řetězce), výlohy (okna) zajistí dostatek denního osvětlení. Potom se tam ale nastěhují regály, které celé výlohy (okna) zastíní. Někdy je ještě navíc zalepí reklamami. Pak nelze dosáhnout minimálního činitele denní osvětlenosti. Prostor má sdružené osvětlení v horším případě je „bezokenní“. Pokud je součástí výlohy větrací otvor, nelze zajistit v některých případech ani dostatečného množství přiváděného vzduchu. Neměl by prostor mít osvětlenost navýšenou? Ano. Opět se ale vrátíme k délce pobytu. Jaká je pracovní doba večerek? (Zvláště pokud se nemá prodavač s kým střídat.) Vyskytuje se obsluha pouze u pokladny? Kdo doplňuje zboží do regálů? Přečte si zákazník maličký text na výrobku při nenavýšené intenzitě osvětlení? Na to je často potřeba lupa.

b) **celkové umělé osvětlení** vyjádřené udržovanou osvětleností $\mathbf{\bar{E}_m = 200\ lx.}$

(4) Na pracovišti, na němž je vykonávána trvalá práce, osvětlovaném **sdruženým osvětlením** musí být dodrženy tyto **minimální** hodnoty:

a) denní složka sdruženého osvětlení vyjádřená činitelem denní osvětlenosti D, minimální **D_{min} 0,5 %** a průměrná **D_m = 1 %** musí být splněna ve všech případech, tedy i při bočním nebo kombinovaném osvětlení

b) **doplňující celkové umělé osvětlení** vyjádřené udržovanou osvětleností **$\bar{E}_m$ = 200 lx.**

(5) Hodnoty celkového umělého osvětlení podle odstavců 3 a 4 se použijí **za předpokladu**, že příslušná česká technická **norma nestanoví** s ohledem na zrakovou náročnost **vyšší hodnotu.**

Požadavky na denní osvětlení nesplní v mnoha případech ani velkoplošné kanceláře. Ty mívají tři zóny – s vyhovujícím denním osvětlením, se sdruženým osvětlením a tzv. bezokenním prostorem, který již nesplňuje požadavky ani na sdružené osvětlení. Tam jsou převážně komunikace, případně je zde umístěn nábytek pro ukládání materiálů. Pro zlepšení soukromí si ale některé firmy dávají mezi stoly někdy i značně vysoké přepážky. Pracovník tak sice má svoji „kóji“, ale denní světlo již nemusí splňovat požadavky.

Vestavěné buňky v halách mají pouze sekundární osvětlení. V mnoha případech tam ale navýšená složka umělého osvětlení není splněna.

Podobně jsou na tom s osvětlením kancelářská pracoviště uvnitř haly. Mnohdy nemají dostatek denního, ale často ani umělého osvětlení. Jsou zde navíc vystaveni nadměrnému hluku pro kancelářské práce a někdy i chemickým látkám a prachu.

Pozor dle ČSN 36 0020 se již při horním osvětlení osvětlenost nenavyšuje!

(6) Pracoviště, na němž je vykonávána trvalá práce a na kterém nemohou být splněny hodnoty pro denní ani pro sdružené osvětlení podle odstavců 3 a 4, se může zřizovat a provozovat jen v případě, že jde o pracoviště

a) pouze s **nočním provozem**,

Noční provoz lze chápat v nočních zábavních podnicích, některých vinárnách.

b) které musí být **z technologických důvodů** umístěno pod úrovní terénu,

Důvodem může být požadavek na UV záření např. v tiskárnách, i nutnost chlazení provozu při zpracování masa. Sem můžeme řadit i některé velíny a práci při ražbě tunelu.

c) jehož účel nebo **konstrukční požadavky neumožňují** zřídit dostačující počet nebo dostatečnou velikost osvětlovacích otvorů,

Konstrukčními požadavky lze chápat vestavek mezi halami. Určitě tak nelze chápat architektonický záměr u obchodních center. Zde je pak většina jednotek bez oken, přinejlepším mají prosklenou pasáž. Co ale kanceláře v supermarketech? Musí skutečně být bez oken? Bez oken jsou nejen přípravny na krájení sýrů a uzenin, ale i lahůdky jako takové. Nemohli by si architekti občas vzpomenout také na zaměstnance? Možná, že si vzpomenou, ale stálo by to peníze navíc, proto raději ne.

Pokud je dostatek zaměstnanců, mohou se střídat, ale pokud je jich málo není to možné. Když je celý prostor bez denního osvětlení, není se s kým vystřídat. Mnohdy nemají

čas si dojít ani na záchod či svačinu, natož na denní světlo. Lépe na tom nejsou ani zaměstnanci u okének na poštách a v bankách.

Ještě horší případ nastane, pokud majitel chce zvýraznit lesk svého zboží použitím černých stěn. V takovém prostoru nelze ani navýšit osvětlenost u pultu, protože kontrast jasů mezi pultem a okolím by ještě více zhoršil zrakové podmínky prodávajících.

V žádném případě tento odstavec nelze chápat tak, že si někdo vyhlídne v objektu nevhodný prostor (např. suterénní prostor pro zubní ordinaci) pro danou činnost (vyjmenovaný v normě na ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení v článku 4.2.2, kde musí být vyhovující denní osvětlení) a řekne si, že konstrukční požadavky neumožňují.

d) na němž zpracovávaný materiál, povaha výrobků nebo činnosti **vyžadují vyloučení denního světla** nebo zvláštní požadavky na osvětlení, například použití technologicky nutných vlnových délek spektrálního složení světla, které nelze docílit denním osvětlením,

e) kde je nutné zajištění **ochrany zdraví** zaměstnance před pronikáním chemické látky, aerosolu nebo prachu z výrobní nebo jiné činnosti, jejichž zdrojem je technologie.

Lze říct, že značná část bezokenních prostorů (nesplňujících ani požadavek na sdružené osvětlení) nemá prvotně důvod v těchto bodech. Důvody jsou různé. Často je to úspora při stavbě – světlíky jsou drahé, dáme jich méně nebo je zmenšíme. Prostor by se zahříval, nebudeme muset tolik chladit. Proč bychom to v Čechách nepostavili bez oken, když v okolních státech (denní světlo neřeší) to tak funguje? Fyziologické potřeby pracovníků jsou až na posledním místě. Donedávna říkali zaměstnavatelé: „ Za vraty máme dost zájemců.“ Doba se však mění. Zájemců o práci ubývá. Ti, kteří hledají si mohou vybrat podle toho, kdo nabídne nejen vyšší plat, ale i lepší pracovní podmínky.

(7) Na pracovišti uvedeném **v odstavci 6**, na němž je vykonávána trvalá práce, musí být dodržena minimální hodnota celkového umělého osvětlení vyjádřeného udržovanou osvětleností $\bar{E}_m$ **= 300 lx;** osvětlovací soustavy se zde zřizují tak, aby hodnoty udržované osvětlenosti byly nejméně takové, jako stanoví příslušná česká technická norma k osvětlování vnitřních pracovních prostorů (ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory). U udržovaných osvětleností 300 až 500 luxů včetně se však navýší osvětlenost o 1 stupeň řady osvětlenosti.

(8) V **místnosti pro odpočinek** podle § 55 odst. 3 denní osvětlení vyjádřené minimálním činitelem denní osvětlenosti musí být D_{min} **= 1,0 %.**

(9) **Osvětlovací otvory, osvětlovací soustavy zajišťující umělé osvětlení** a části vnitřních prostor pracoviště odrážející světlo **musí být pravidelně čištěny** a trvale udržovány v takovém stavu, **aby vlastnosti osvětlení byly zachovány**.

Osvětlovací otvory včetně ochranných prvků musí umožňovat jejich bezpečné používání, údržbu a čištění a nesmí ohrožovat další osoby zdržující se v objektu nebo v jeho okolí během údržby a čištění. Zaměstnanci musí být umožněno manipulovat s okny nebo světlíky, pokud jsou otevíratelné, otevírat, zavírat, nastavovat nebo zajišťovat z podlahy bezpečným způsobem; jsou-li otevřeny, musí být zajištěny v takové poloze, aby se předešlo riziku úrazu.

Je možné, že někde zaměstnancům vyndají z oken kličky, aby nemohli větrat? Opravdu je. Zdůvodní se to technologií, když se například právě neví, proč se v materiálu při lisování tvoří bublinky.

Někdy může být problematické otevření okna (za normálních podmínek s kličkou) například kvůli malému vzrůstu. Tatáž situace nastává i při regulaci denního světla žaluziemi z důvodu krátkých řetízků.

(10) Na pracovišti **bez technologického zdroje** prachu a chemických látek se čištění provádí **minimálně jednou za 2 roky**, na pracovišti **s technologickým zdrojem** prachu a chemických látek jako sekundárních produktů z technologického procesu se čištění provádí zpravidla **dvakrát ročně** a na pracovišti **s technologickým zdrojem** prachu a chemických látek jako nedílné součásti technologického procesu se čištění provádí zpravidla **čtyřikrát ročně.** Lhůty pro čištění se mohou rovněž stanovit podle činitele znečištění upraveného v české technické normě pro denní a umělé osvětlení (ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory, ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory).

(11) Pracoviště včetně spojovacích cest, na kterých je zaměstnanec při výpadku umělého osvětlení vystaven **ve zvýšené míře možnosti úrazu** nebo jiného poškození zdraví, musí být vybaveno vyhovujícím **nouzovým osvětlením** podle příslušné české technické normy upravující nouzové osvětlení (ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení)

Jaké jsou požadované hodnoty **nouzové únikového osvětlení dle ČSN EN 1838**:
(osvětlenosti se měří na podlaze)
≥ 5 lx - východ, dveře, schodiště, změna směru, ! svislá osvětlenost u hasicích přístrojů, první pomoci
≥ 1 lx - únikové cesty
≥ 0,5 lx - veřejné prostory

Již z minulosti je zvykem, že nouzové osvětlení kontrolují hasiči. I když normy jsou stejné, je zvláštní, že se požadavky podle krajů liší. Dle našich zkušeností ho ani neměří. Potkáváme při měřeních umělého osvětlení pravděpodobně nedostatečné nouzové osvětlení, únikové cesty jsou špatně nebo téměř neviditelně značené. Někde není požadováno nouzové osvětlení vůbec.

§ 45a

Osvětlení venkovních pracovišť

Umělé osvětlení venkovních pracovišť a spojovacích cest musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví **v souladu s normovými hodnotami** a požadavky české technické normy na osvětlení venkovních pracovních prostor (ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory, Osvětlování pozemních komunikací - ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení, ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky; ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet a ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření).

Podmínky ochrany zdraví při práci se zobrazovacími jednotkami

§ 50 Bližší hygienické požadavky na zobrazovací jednotky

(1) Na obrazovce zobrazovací jednotky se nesmí vyskytovat kmitání, plavání či poskakování znaků, řádků, **střídání jasů** a podobně. Jas a kontrast mezi znaky a pozadím na obrazovce musí být snadno regulovatelný i vzhledem k okolním podmínkám. Obrazovka musí svou konstrukcí umožňovat posunutí, natáčení a naklánění podle potřeby zaměstnance. **Musí být umístěna tak, aby na ní nevznikaly reflexy ze svítidel či z jiných zdrojů, jako jsou okenní otvory, světlé stěny, nábytek a podobně.**

To je snad nejčastější neplnění požadavků. Stížností na únavu očí od PC je mnoho. Minimálně z 80 % je to právě špatným umístěním vzhledem k osvětlovacím otvorům (pozn. stejně se umisťují i televize), méně často zrcadlením svítidel. Mnohem závažnější je ale případ, jak umístit PC v kanceláři prosklené ze všech stran. To musí architekti nejdříve pochopit, že skleníky jsou vhodné pro pěstování květin a zeleniny (i tam se však některé části zabílí) a ne pro práci na PC. Vznikají zde velké kontrasty jasů ať již od přímého světla či odraženého.

Vzdálenost obrazovky **od očí** pro obvyklou kancelářskou práci nesmí být menší než **400 mm, jas obrazovky** nesmí být menší než 35 cd/m^2.

(2) Klávesnice musí být při trvalé práci oddělena od obrazovky, aby zaměstnanci umožnila zvolit nejvhodnější pracovní polohu. Volná plocha mezi předním okrajem desky stolu a spodní hranou klávesnice musí umožňovat opření rukou i zápěstí. **Povrch klávesnice** musí být **matný**, aby na něm **nevznikaly reflexy**. Písmena, číslice a **symboly** na tlačítkách musí být **dobře čitelné a kontrastní proti pozad**í.

Otázkou je, zda dnes převážně vyráběné černé (u strojů bývají i jiné) klávesnice mají vždy dobrou čitelnost.

(3) Rozměry desky stolu musí být zvoleny tak, aby bylo možné proměnlivé uspořádání obrazovky, klávesnice a dalšího zařízení. **Deska pracovního stolu** a dalšího zařízení musí být **matná,** aby na ní **nevznikaly reflexy**. Držák pro písemnosti musí být umístěn co nejblíže k obrazovce, tak aby pohyby hlavy a očí byly omezeny na minimum. Opěrka pro dolní končetiny musí být poskytnuta každému, kdo ji vyžaduje.

V reálu jsme je potkali bohužel jen párkrát ☹.

§55 (3) Místnost pro odpočinek se zřizuje, pokud to vyžaduje bezpečnost a ochrana zdraví při práci, zejména s ohledem na vykonávanou činnost a v blízkosti pracoviště. Místnost pro odpočinek musí být dostatečně velká, větraná, **osvětlena denním světlem podle § 45 odst. 8** a vytápěna nejméně na 20 °C. Vybavuje se sedacím nábytkem s opěrkami zad a stoly tak, aby jejich počet odpovídal počtu zaměstnanců nejpočetněji zastoupené směny. Pokud má sloužit i pro konzumaci jídla, musí mít v dostatečném množství zajištěnu tekoucí pitnou a teplou vodu a musí být vybavena umývadlem, kuchyňským dřezem a zařízením na ohřívání a uchovávání jídla. Na místnost pro odpočinek, která musí být z technologických důvodů umístěna pod úrovní terénu, se nevztahuje požadavek zajištění denního osvětlení a přirozeného větrání.

Požadavky na malování

§ 55a Úklid

Úklid pracoviště, sanitárních a pomocných zařízení se provádí na pracovišti s technologickým zdrojem prachu, chemických látek nebo směsí, látek uvedených v § 16 nebo jiných zdrojů znečištění jako nedílné součásti technologického procesu a na pracovišti s technologickým zdrojem prachu, chemických látek nebo směsí, látek uvedených v § 16 nebo jiných zdrojů znečištění jako sekundárních produktů z technologického procesu denně. Na pracovišti bez technologického zdroje prachu, chemických látek nebo směsí, látek uvedených v § 16 a jiných zdrojů znečištění **se úklid provádí podle zpracovaného harmonogramu zaměstnavatele.**

V novele č. 68/2010 Sb. v článku **bylo** v §55b podrobně stanoveno jak často se má malovat - **dnes neplatné**

1) pracoviště bez prachu a chem. látek - 1× za 8 let
2) pracoviště s tech. prachem a chem. látkami jako sekundárním produktem - 1× za 6 let
3) pracoviště s tech. prachem a chem. látkami jako součástí technologie - 1× za 2 let
4) lhůty se prodlužují o 2 roky, pokud je pracoviště do 5 zaměstnanců.

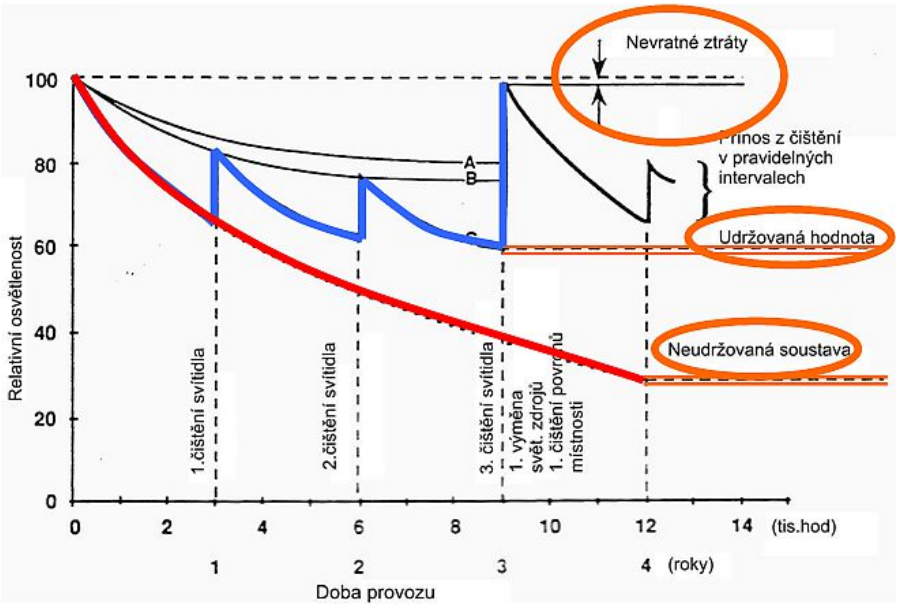
Zaměstnavatele by to příliš zatěžovalo - vypustilo se. Tento paragraf byl nahrazen pouze obecným ustanovením**.** Kam to vede? Malba či obnova povrchů se provádí spíše výjimečně. Kde to funguje jsou školy, protože ty to mají pevně stanoveno vyhláškou. Snižující se osvětlenost v neudržovaném prostoru je jen důsledkem. V rámci úspor se tam dají nové výkonnější LED svítila, nejlépe s teplotou chromatičnosti 6 500 K, někdy i s regulací na konstantní osvětlenost. Proti špinavým povrchům vzniká větší kontrast, někdy při špatném výběru dochází i k oslnění. Poplácají si po rameni: „Jsme dobří - ušetřili jsme za energii, za malování, a ještě navíc jsme zavedli moderní technologii (na kterou mohla být dotace)“. Má to logiku?

§ 55b Malování

(1) Obnova maleb a nátěrů povrchů vymezujících osvětlovaný prostor na pracovišti včetně spojovacích cest se provede podle plánu údržby, zpracovaného s přihlédnutím k udržovacímu činiteli, který byl pro uvedené prostory navržen při uvádění těchto prostor do trvalého užívání.

(2) Odstavec 1 se nevztahuje na pracoviště v podzemí hlubinných dolů.

Důležitost provádění údržby je patrná z grafu uvedeného v **TNI 36 0451 Údržba vnitřních osvětlovacích soustav** (obr. 1)



Obr.1 Příklad průběhu osvětlenosti v závislosti na čase

Literatura a odkazy

[1] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. v platném znění

[2] ČSN EN 12464-1

[3] ČSN 36 0020

[4] ČSN 73 0580-1

[5] ČSN EN 12665

[6] ČSN EN 1838

[7] ČSN CEN/TR 13201-1

[8] ČSN EN 13201-2

[9] ČSN EN 13201-3

[10] ČSN EN 13201-4

Konštrukcia optických častí interiérových LED svietidiel s ohľadom na hodnotenie miery oslnenia osvetľovacích sústav

Lukáš Lipnický, Ing., Roman Dubnička, Mgr., Marek Mokráň, Ing.,
STU, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky,
lukas.lipnicky@stuba.sk

Jedným z faktorov hodnotenia kvalitatívnych parametrov vnútorných osvetľovacích sústav je oslnenie, ktoré je spôsobené svietidlami a zapríčiňujú zrakovú nepohodu pracovníkov. Okrem topológie svietidiel osvetľovacej sústavy vo vzťahu umiestnenia pracovných miest a polohy pracovníkov tento parameter takisto významne ovplyvňuje priestorové rozloženie svetelného toku zo svietiacich častí svietidiel do priestoru reprezentovaný krivkami svietivosti svietidiel. LED svietidlá prešli za poslednú dekádu rokov dynamickým rýchlo rozvíjajúcim procesom a ich konštrukcia prešla zásadnými zmenami. Tento článok sa zaoberá problematikou oslnenia spôsobeného modernými LED svietidlami vo vnútorných pracovných priestorov s ohľadom na ich konštrukčné a fotometrické vlastnosti.

1 Úvod

Svetelnotechnický návrh osvetľovacích sústav okrem kvantitatívnych parametrov musí spĺňať aj kvalitatívne aspekty. Jednou z nich je neodmysliteľne zraková pohoda vo vnútorných pracovných priestoroch, ktorá má byť zabezpečená správnym návrhom osvetľovacej sústavy s ohľadom na zrakový výkon pracovníkov. Zanedbanie istých zásad pri návrhu môže spôsobiť nepriaznivý stav pre pracovníka, čo môže negatívne ovplyvniť jeho výkon ako aj bezpečnosť pri práci. Oslnenie je nepriaznivý pocit, ktorý je vyvolaný príliš jasnými plochami v zornom poli pozorovateľa. Vzniká tak, že pri presvetlenej sietnici sú svetlocitlivé bunky nadmerne vzrušené a rozširujú vzruch aj na susedné bunky, čím sa rozmazáva obraz a strácajú sa detaily. Keďže tento nepriaznivý stav na zrak človeka môže spôsobovať nepríjemné až rušivé stavy a v niektorých prípadoch môže spôsobiť ujmu na zdraví. Preto oslnenie delíme na psychologické a fyziologické. Typ oslnenia, ktorý môže vnímať pozorovateľ sa môže líšiť a to závisí najmä od konkrétnej situácie, preto ho možno rozdeliť ďalej na priame, adaptačné, závojové a pod. V tomto článku je podrobnejšie rozobrané priame oslnenie od svietidiel vo vnútorných osvetľovacích sústavách s LED svetelnými zdrojmi.

1.1 UGR metóda

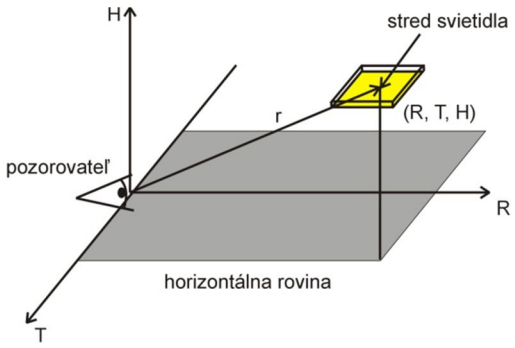
V roku 1995 bol zavedený systém hodnotenia oslnenia vo vnútorných pracovných priestoroch za pomoci jednotnej miery oslnenia UGR (z angl. Unified Glare Rating). Tento jednotný systém hodnotenia oslnenia osvetľovacích sústav je zakotvený aj v normách, ktoré pojednávajú o zásadách správneho návrhu vnútorných osvetľovacích sústav ako STN EN 12464-1 „Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorné pracoviská“ [1] a projektant pri návrhu musí metodiku UGR použiť. Jeho hodnotu vyjadruje vzťah:

$$UGR = 8 \cdot \log\left[\frac{0{,}25}{L_b} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{L_i^2 \cdot \omega_i}{p_i^2}\right] \qquad (2)$$

Kde: L_b jas pozadia (cd.m^{-2})
L jas svietiacich častí každého svietidla v smere očí pozorovateľa (cd.m^{-2})
ω priestorový uhol svietiacej časti každého svietidla vzhľadom k očiam pozorovateľa (sr)
p Guthov činiteľ polohy pre každé jednotlivé svietidlo, ktorý závisí od jeho odklonu od smeru pohľadu

Miera oslnenia je reprezentovaná bezrozmerným číselným vyjadrením. Čím je hodnota UGR vyššia tým väčšia miera oslnenia je spôsobená človeku pre vnútorné osvetľovacie sústavy. Poloha očí pozorovateľa sa berie vo vzťahu ku stredu svietiacej časti svietidla a nie ku jej kraju ako je to pri niektorých iných systémoch, ktoré sa pre hodnotenie oslnenia používajú. Index polohy p (Obr. 2) sa určuje podľa Luckiesha a Gutha. Všetky rozmerové údaje sa vzťahujú na stred svietidla. Z polohy svietidla voči pozorovateľovi sa stanovujú rozmerové pomery T/R a H/R, kde

R vzdialenosť priemetu svietidla v smere pohľadu (m)
T horizontálny posun svietidla od priameho pohľadu (m)
H výška svietidla nad okom pozorovateľa (m)



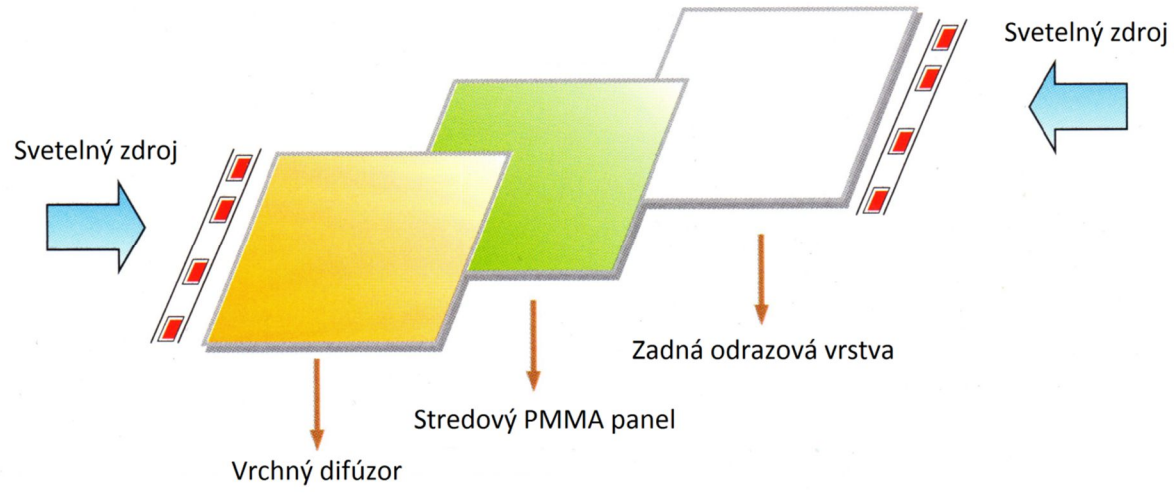
Obr.1 Geometrické priestorové usporiadanie pre určenie indexu polohy pozorovateľa

Hoci metodika UGR bola vytvorená v časoch kedy neboli ešte používané technológie LED v osvetľovacích sústavách, za istých podmienok je možné použiť tento systém aj pre hodnotenie oslnenia vnútorných osvetľovacích sústav aj s LED svietidlami. Hodnotiaci systém UGR pre vnútorné osvetľovacie systémy je podrobnejšie popísaný v odporúčaní medzinárodnej osvetľovacej komisie CIE 117:1995 [2]. V normách sú pre jednotlivé aplikácie stanovené hraničné hodnoty činiteľa oslnenia UGR. Tieto musia byť vyberané z menovitého radu UGR, ktorý je následovný: 10-13-16-19-22-25-28. Tieto hodnoty predstavujú najmenšie pozorovateľné rozdiely v oslnení medzi jednotlivými stupňami v menovitom rade UGR.

2 Oslnenie LED svietidiel

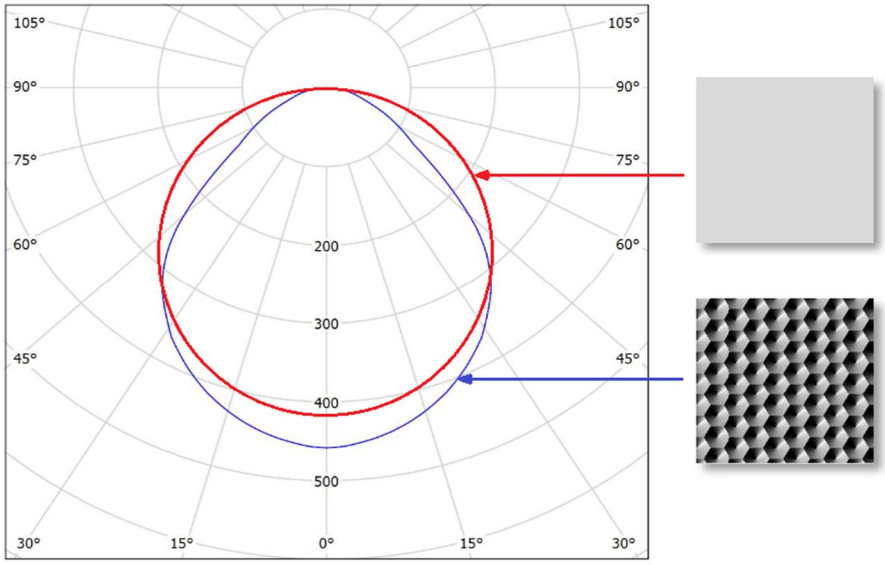
Potenciál LED svietidiel je oproti starším svietidlám s konvenčními svetelnými zdrojmi neporovnatelný z viacerých hľadísk akými sú fotometrické parametre, kolorimetrické parametre, energetická úspora ako aj smerovanie svetelného toku do priestoru. Modernizácia alebo rekonštrukcia starých osvetľovacích sústav sa vykonáva práve s týmito svietidlami. Avšak aj pri tejto technológií je potrebné si dávať pozor pri jej použití

v osvetľovacích sústavách. Najmä pri vnútorných pracovných priestoroch je potrebné brať ohľad na oslnenie, ktoré môžu LED svietidlá spôsobiť. Pri počiatku nasadzovania LED technológie vo svetelnej technike sa s týmto problémom museli vysporiadať aj výrobcovia svietidiel. Pretože LED svetelný zdroj (LED čip) je zdrojom vysokého jasu z veľmi malej plochy čo v celkovom dojme ak bolo vo svietidle viacero týchto svetelných zdrojov bez akéhokoľvek použitia ďalších optických častí spôsobovalo pozorovateľovi neúmerné osvetlenie z dôvodu nerovnomernosti jasu svietiacej plochy takého svietidla. V takomto prípade metodiku UGR nie je možné aplikovať a oslnenie z takýchto svetelných zdrojov je stále predmetom výskumu. Tento problém bol z časti vyriešený tým, že na svietiacu plochu boli použité rôzne optické časti ako napr. difúzory, mikroprizmatické difúzory, šošovky a pod., aby rovnomernosť svietiacej plochy bola čo najväčšia a tým vymizol zo svietiacej plochy svietidla kontrast medzi svetlými bodmi na tmavom pozadí, čo spôsobovalo nepriaznivý stav oslnenia pre pozorovateľa. Pre tieto prípady už možno použiť prístup metódy oslnenia UGR. Avšak ani použitie optických častí na svietiacej časti svietidla v niektorých prípadoch problém oslnenia LED svietidiel nevyrieši. Oslnenie značne závisí od použitia a struktúry optického krytu LED svietidla. Rozsah kritického uhla vyžarovania je pri sediacom človeku v kancelárskom prostredí od 55° až 75°. To sa týka priestorových charakteristík svietidla, konkrétne rozloženia svetelného toku do priestoru reprezentovaných krivkou svietivosti svietidiel ktorá môže byť rôzna v závislosti od použitých optických častí. V súčasnej dobe sa na osvetlenie vnútorných pracovných priestorov vo veľkej miere používajú LED svietidlá s rozmerom 600x600mm s možnosťou montáže do sádrokartonových podhľadov. Príklad konštrukcie daného typu LED svietidla je na obr.2. Svietidlo sa skladá zo zadnej odrazivej fólie, stredového PMMA panelu, vrchného difúzoru a svetelných zdrojov ktoré sú umiestnené po dvoch poprípade štyroch stranách. Všetky tieto komponenty sú umiestnené v ráme sietidla.



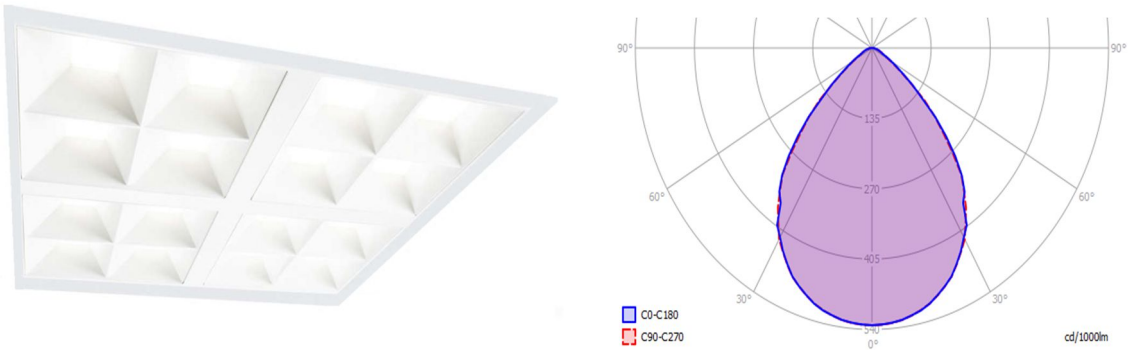
Obr.2 Konštrukcia LED svietidla 600x600

Z hľadiska oslnenia je dôležitá štruktúra vrchného difúzoru. Výrobcovia dodávajú difuzory z rôznych materiálov (PMMA/PC) a typov (opálový, prizmatický, …). Taktiež v snahe minimalizácie oslnenia vyvýjajú rôzne nové štruktúry ktoré obmedzujú rozloženie svetelného toku do kritických uhlov. Príklad zmeny vyžarovacej charakteristiky podhľadového svietidla při použití opálového difúzora a difúzora s hexagonálnou mikroštruktúrov je znázornený na obrázku 3.



Obr.3 Zmena krivky svietivosti v závislosti od použitého difúzoru [3]

Mieru oslnenia LED svietidiel možno zmierniť aj použitím vhodného optického systému. Na obrázku 4 je zobrazené svítidlo kde sú vsadené svietiace časti kombinované s reflektormi ktoré tvarujú krivku svietivosti a zároveň eliminujú kritické uhly vyžarovania svietidla.



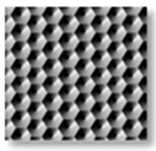
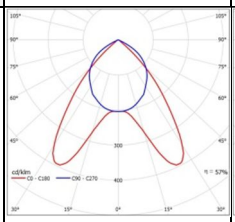
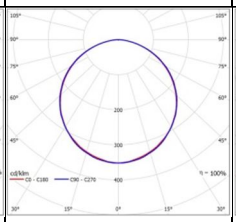
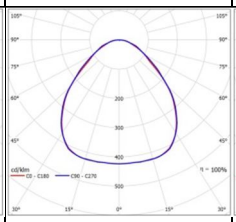
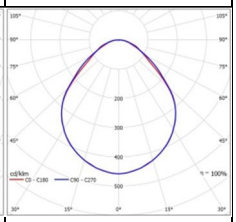
Obr.4 Svietidlo so vsadenými svietiacimi časťami [4]

3 Výpočet UGR

Častým nedostatkom projektov osvetľovacích sústav je absencia určenia alebo výpočtu činitela oslnenia. Zákazníci sú po realizácii novej alebo modernizácii stávajúcej osvetľovacej sústavy nemilo prekvapený nadmerným oslnením vďaka nevhodne zvoleným svietidlám. Názorná zmena činiteľa oslnenia v závislosti od zvoleného typu svietidla vo vnútornom pracovnom priestore je uvedená na nasledujúcom príklade. Výpočet činiteľa oslnenia je realizovaný v kancelárskom priestore s rozmermi (d x š x v) 6,8 x 4,7 x 2,8m s jedným pracoviskom (obr.5). V priestore sa nachádza výpočtový bod UGR v smere obvyklého pohľadu na pracovisku a dve výpočtové plochy UGR pre priečny a pozdĺžny pohľad. Pre porovnanie boli zvolené štyri typy svietidiel: žiarivkové svietidlo s parabolickou mriežkou, LED svietidlo s opálovým difúzorom, LED svietidlo s mikroprizmatickým difúzorom a LED svietidlo s difúzorom s hexagonálnou strukturou.



Obr.5 Pohľad na priestor kancelárie

	Parabolická mriežka	Opálový Difúzor	Prizmatický Difúzor	Difúzor s hexagonálnou štruktúrou
Optický systém				
Krivka svietivosti				
UGR - Pracovisko	<10	21	15	14
UGR (max) – Priečny smer	16	22	15	14
UGR (max) – Pozdĺžny smer	17	23	16	16

Tab.1 Zmena UGR v závislosti od použitého optického systému

V tabuľke 1 sú uvedené vypočítané hodnoty UGR. Z výsledkov možno vidieť že pri svietidle s opálovým difúzorom sú hodnoty od 21 do 23 čo je pre priestor uvažovaný v simulácii nevhodné protože hodnota podľa STN EN 12464-1 pre daný typ priestoru nesmie byť viac ako 19. Zvyšné typy svietidiel spĺňajú požadavky na mieru oslnenia.

4 Záver

V príspevku bola prezentovaná problematika oslnenia LED svietidiel, ktoré sú používané v osvetľovacích sústavách vnútorných pracovných priestorov, Pri voľbe svietidiel pre takéto priestory je potrebné brať ohľad nie len na ich cenu ale aj na priestorové charakteristiky rozloženia svetelného toku. Pri použití vhodných optických časti svietidla možno eliminovať kritické uhly vyžarovania za použitia napr. mikroprizmatických difúzorov alebo difúzorov so špeciálnou strukturou čím možno dosiahnuť vyhovujúce hodnoty UGR a zrakovú pohodu na pracovisku.

Poďakovanie
Tento príspevok vznikol s podporou Skúšobného laboratória svetelnotechnických zariadení SL STZ v rámci Skúšobne FEI STU.

Literatura

[1] STN EN 12464-1. Osvetlenie pracovísk Časť 1: Vnútorné pracoviská.

[2] CIE 117:1995. Discomfort glare of interior lighting

[3] http://www.brightviewtechnologies.com/products/light-management/glare-control-diffusers/page.aspx?id=1132

[4] http://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/recessed/powerbalance-rc600b#p-image-1

O světloměrech

Tomáš Maixner, Ing., maixner.t@gmail.com, www.dql.cz



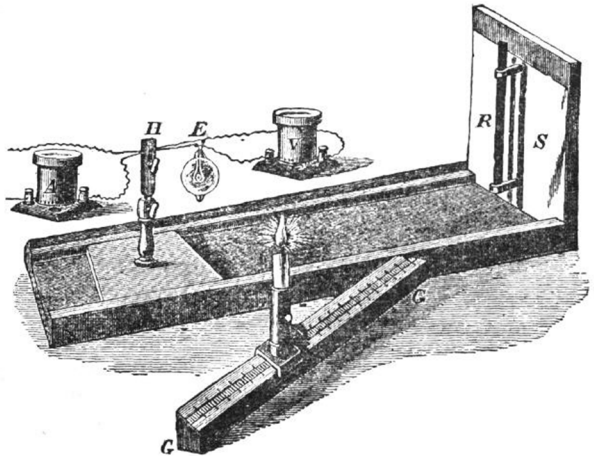
Od svítivého bodu šíří se světlo na všechny strany ve vlnách kulovitých, jichžto povrchu přibývá se čtvercem poloměru, pročež totéž množství světla na prostoře čím dále tím větší se rozkládá, čímž arciť světlosti jeho čtverečně ubývá. List papíru ve vzdálenosti 2 dcm. od plamene svíčky držený jest 2^2 čili 4krát méně osvětlen, nežli list ve vzdálenosti 1 dcm umístěný. Tohoto zákona o šíření světla užívá se ke stanovení světlosti různých pramenů svítivých, což děje se pomocí strojů t. zv. fotometrů č. světloměrů. Přístroje ty nemají dosud přesně vědeckého podkladu, neboť světlost měří se nepřímo, t. stínem, nebo jinakým způsobem, jehož správnost na dokonalosti oka závisí. To pak ovšem není měřítkem nejlepším. Světloměrů známo jest několik (Wheatstonův, Rumfordův, Bunsenův, Zengerův a j,), z nichž nejpohodlnější jest fotometr sestrojený od petrohradského fysika hrab. Rumforda, který každý snadno může si napodobiti…

Bedřich Katzer, profesor báňské akademie [1]

1 Světloměry

Pokusil jsem se vypátrat principy historických světloměrů. A pochopit je. Začnu tím, který profesor Katzer (rodák z Rokycan, profesor báňské akademie v Sarajevě, nikoliv Ostravě ☺) popisuje ve svém příspěvku [1]:

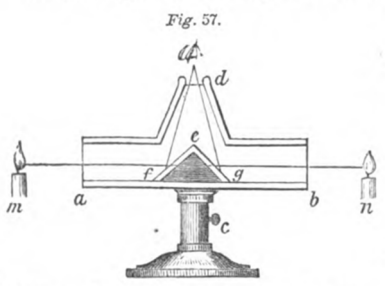
1.1 Rumfordův světloměr



Obr.1 Rumfordův světloměr

„...fotometr sestrojený od petrohradského fysika hrab. Rumforda, který každý snadno může si napodobiti. Před bílý papír postaví se třeba tužka a osvětluje se zároveň na př. svíčkou a lampou. Světlo svíčky považujeme za jednici. Lampa svítí jasněji a dává tmavější stín; má-li na papíře povstati jen tak temný stín tužky jako od svíčky, musí se lampa vzdáliti. Když stejná intenzita stínu dosažena, změříme vzdálenost obou světel od papíru. Svíčka vzdálena budiž stopu, lampa 3 stopy. Protože světla se vzdáleností čtverečně ubývá, jest zřejmo, že svítivost lampy je 3^2 = 9krát větší, než světlost svíčky. Nahradíme-li lampu jinými světlonoši, můžeme světlost všech postupně k světlosti svíčky základní přirovnati a číslicemi ji vyjádřiti.“

1.2 Ritchieův světloměr



Obr.2 Ritchieův světloměr

Hranol potažený bílým papírem je uzavřen v trubce opatřené uvnitř černým povrchem. Protilehlé strany jsou zakončeny otvory, jimiž do trubky proniká světlo ze zdroje *m (*měřený) a ze zdroje *n* (normál - jednice). Pozorovatel otvorem *d* pozoruje hranol. Posuzovaný světelný zdroj se posouvá, až je jas obou stěn hranolu shodný. Ze vzdálenosti obou zdrojů se určí svítivost měřeného zdroje v jednicích.

1.3 Bunsenův světloměr

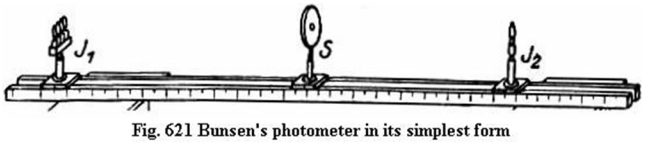


Fig. 621 Bunsen's photometer in its simplest form

Obr.3 Bunsenův světloměr

Mezi porovnávanými světelnými zdroji J_1 a J_2 je posuvná clona *S* tvořená listem papíru s mastnou skvrnou. Clona se posunuje mezi zdroji tak dlouho, až ona skvrna zmizí. V takové poloze jsou obě strany papíru osvětleny shodně a ze vzdáleností lze stanovit kolik jednic má svítivost měřený světelný zdroj.

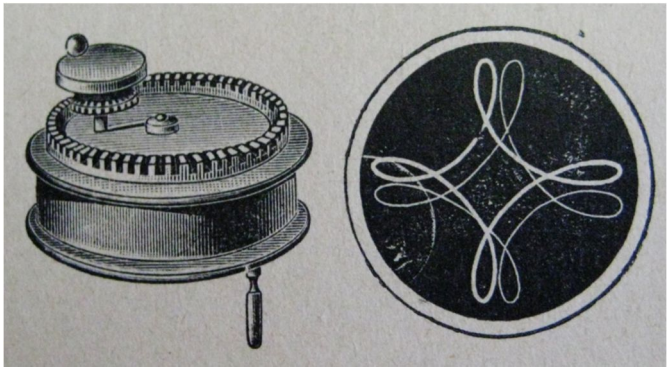
1.4 Wheatstonův světloměr

Nejdříve jsem pátral po tom, zda v době vzniku práce [1] byly k dispozici fotoodpory, protože Wheatstonův můstek k využití jako světloměr přímo vybízí. Proto jsem nepředpokládal, že by světloměr pracoval na jiném principu. Až pak jsem narazil na jeho vyobrazení a popis. S můstkem má společného jen autora. Ovšem z uvedených světloměrů je zdaleka nejpozoruhodnější:



Obr.4 Wheatstonův světloměr

Dokonce až tak, že si zaslouží druhý obrázek:



Obr.5 Wheatstonův světloměr – vlevo přístroj, vpravo vytvářené epicykloidy

Princip je opět založený na subjektivním porovnávání účinků dvou zdrojů, avšak řešení je obdivuhodné: pomocí mechanismu se po epicykloidě pohybuje skleněná nebo leštěná kovová kulička. Dopadá na ni světlo z porovnávaných zdrojů. Tak se, díky setrvačnosti zrakového vjemu, vytváří dvě epicykloidy. Jako u ostatních, doposud popsaných světloměrů, mění se vzdálenost posuzovaného, případně i jednicového, zdroje. V okamžiku, kdy jsou obě epicykloidy stejně jasné, tak je možné stanovit svítivost měřeného světelného zdroje. Zde bych připomněl pojem fotometrická vzdálenost. Jas jednotlivých bodů každé z křivek bude vyšší v pozici bližší ke zdroji než v pozici vzdálenější. Fotometrická vzdálenost bude taková, kdy se jeví každá z epicykloid stejně jasná ve všech svých bodech.

Existují i další světloměry, například již vzpomenutý Zengerův (profesor Václav K. B. Zenger, rodák chomutovský), nebo Botheův. Jejich princip je podobný, založený na subjektivním porovnávání dvou zdrojů, z nichž jeden má víceméně známou svítivost nebo se považuje za jednicový.

2 Luxmetry objektivní

Luxmetry druhé generace… Mám za to, že je nemusím popisovat, zcela jistě je řada povolanějších odborníků. V principu se neliší od těch dnešních. Jen místo digitů disponovali ručičkou a jemnou stupnicí, žel s poměrně hrubým odečtem.



Obr.6 Objektivní luxmetr, dnes označovaný jako analogový

Současné luxmetry si již jako ručkové ani neumíme představit. Elektronika změnila výrazně i náš obor (nemluvě o světelných diodách).

3 Luxmetry mobilní

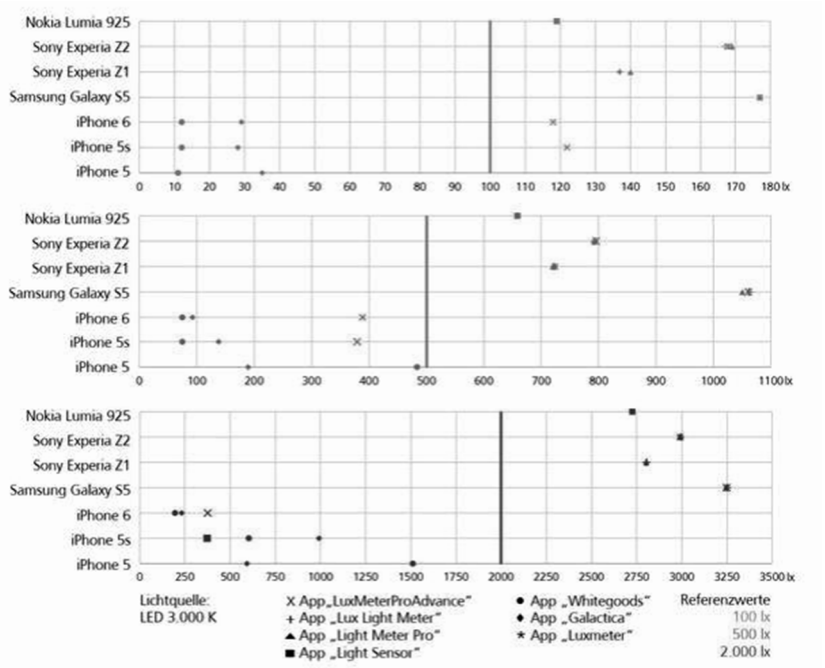
Elektronika… a kde co je „chytré“. A jak by mohla chybět v telefonech aplikace, které z mobilu udělají luxmetr. A to dokonce „chytrý“. Postahoval jsem jich zhruba ke třiceti, pak už jsem ztratil trpělivost. Aplikace jsou nejrůznějších kvalit. Pokud za kvalitu budu vydávat vzhled aplikace, nikoli kvalitu měření. Ta je u všech stejně „kvalitní“. Jen zkuste s různými telefony (mohou to být i stejné modely) změřit osvětlení ve stejném místě a stejnou aplikací. Nebo i stejným mobilem různými aplikacemi.

Luxmetry letěly do virtuálního koše. Poslední kousky jsem však před vyhozením ještě zvěčnil.



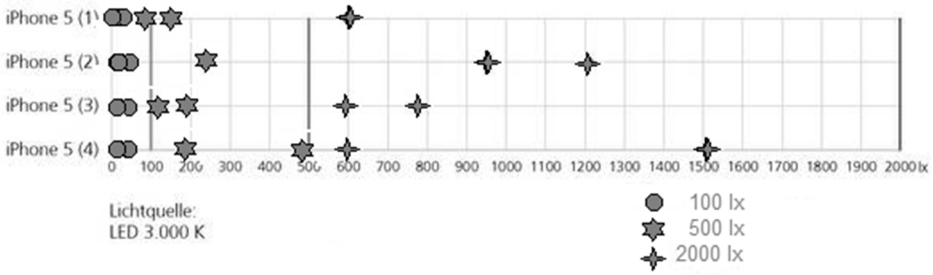
Obr.7 „Chytré“ luxmetry

Byl jsem před časem požádán, abych se ke smárt luxmetrům vyjádřil. Když jsem hledal podklady, tak jsem narazil na práci zveřejněnou na stránkách Dialuxu [2], kde skupina kolegů provedla precizní porovnání. Jistě budou rádi, když budu šířit jejich závěry:



Obr.8 Výsledky pro osvětlenost 100, 500 a 2000 lx (Dialux)

Graf není moc čitelný. Tak například iPhone 6 naměřil místo sta luxů 118, ale také dokonce jen 12 lx, podle aplikace. Galaxy S5 místo pěti set naměřil cca 1050 lx. Místo 2 000 lx naměřil první jmenovaný jen sotva 200, druhý asi 3 250 lx. Chyby i přes 100 %.



Obr.9 Čtyři telefony stejného typu a dvě aplikace

Aplikace pro telefony nelze využít jinak, než jako indikátor světla.

Snad jen poznámka. Je smutné, že mnohé luxmetry nejsou na tom s přesností líp než mobilními telefony. Ovšem proč dávat za luxmetr 10, 30, 70 tisíc, když ho lze koupit za necelých pět stovek? Důležité je třímat v ruce „přesný“ přístroj, zamávat jím před zákazníkem, umístit „luxmetr“ přímo pod svítidlo a ohromit nevědomého sdělením, že jedna LEDlampa 20 W zajistí v kanceláři osvětlení podle normy.

Oč přesněji měřil profesor Katzer.



Obr.10 Indikátory světla za 478 Kč včetně DPH a ještě dostanete dárek zdarma – stylus

4 Luxmetry „vědecké“

„Svíčka má pozoruhodnou vlastnost, že má svítivost zhruba jedné kandely… řečeno postaru jedné svíčky. To když se na ni díváme zboku. Nebývá to polovina (leda u tenkých svíček dortových apod.) nebo dvojnásobek.“

Ne, to není pokračování textu profesora Katzera. Urazil bych ho. Jde o „vědecký“ návod, který je součástí výstupu grantu schváleného (a financovaného) Ministerstvem životního prostředí [3]. Vracíme se do roku 1883.

Dočíst se v oné práci lze i dalších sdělení, které náš obor ukazují v novém světle. Například to, že:

„Obraz svíčky dává setinu lumenu na metr čtvereční, pokud je od nás vzdálený 282 cm, tedy zhruba tři metry.“

„Vědecky“ vyjádřená setina luxu. Při svítivosti jedné kandely je však potřebná vzdálenost 10 m (1 000 cm). Čtvercový zákon platí i pro svíčky. Ať si také užijeme vědy ☺:

$$r = \sqrt{\frac{I}{E}} = \sqrt{\frac{1}{0{,}01}} = 10\ m.$$

Vědecká práce ovšem poukazuje i na další problém svíčkové fotometrie:

„Svíčka má nedostatky v tom, že bývá příliš silná (pokud ji nemůžeme umístit dost daleko od sebe) a že se těžko používá ve větru (i když nezhasne, je pak její svítivost proměnlivá, často hodně zmenšená). První problém lze snadno řešit použitím černého skla, které odráží jen čtyři procenta světla, nebo skla obyčejného, které jej odrazí osm (pokud světlo nedopadá příliš zešikma), např. okna.“

Druhý problém práce neřeší. Tak pracují „vědci“ pro Ministerstvo životního prostředí…

5 Zametání

Ale nechám „vědce“ na pokoji, ať nadále s požehnáním ministerstva rozhodují o tom, jak se bude u nás svítit. Raději zameťme před vlastním prahem. První zametání blíže neupřesním (jen takto [4]), ale připodotknu, že měření bylo pro severočeskou hygienu.

„Kolegové živnostníci, máte nějaký kalibrační protokol od luxmetru? Můj přístroj je nový a přijde mi nelogické ho nyní nechat kalibrovat, když se to má dělat po 3 letech. Takže doložím kalibrační protokol od jiného (jako že zapůjčeného) měřáku, protože fyzicky ho nikdo neuvidí. Takže když mi někdo pošle sken platného protokolu o kalibraci luxmetru, má u mě potlesk.“

Snad nemusím komentovat… dotyčnému přispěchali kolegové na pomoc. Navíc mu jeden živnostník zaslal vzorový protokol měření sdruženého osvětlení prováděného za slunečného dne a vykazující v některých bodech i zápornou velikost umělé složky osvětlenosti.

Další zametání se týká „měření na zakázku“... rozumějte zadány jsou požadované výsledky. Ať už vyhovující, nebo méně často, nevyhovující. Setkal jsem se s měřením (nejedním) certifikovaného měřiče (nejednoho), ověnčeného diplomy z ostravských srovnávacích měření (patrně také nejedním). Plné chyb, zkreslení, podvodů.

Ukázky předvedu ve své prezentaci, již tak je tento příspěvek delší, než si patrně organizátoři představovali… moje velká omluva a dík. Nemohu však pominout ještě jedno zametání.

Jistá firma má na svých stránkách pojednání o tom, jak celý svět chybně měří špatně. Čtenář těchto řádek jistě pochopí, že jí nebudu dělat reklamu (i negativní reklama je reklamou) a neodhalím její identitu. Z téhož důvodu budu její tvrzení interpretovat jen volně.

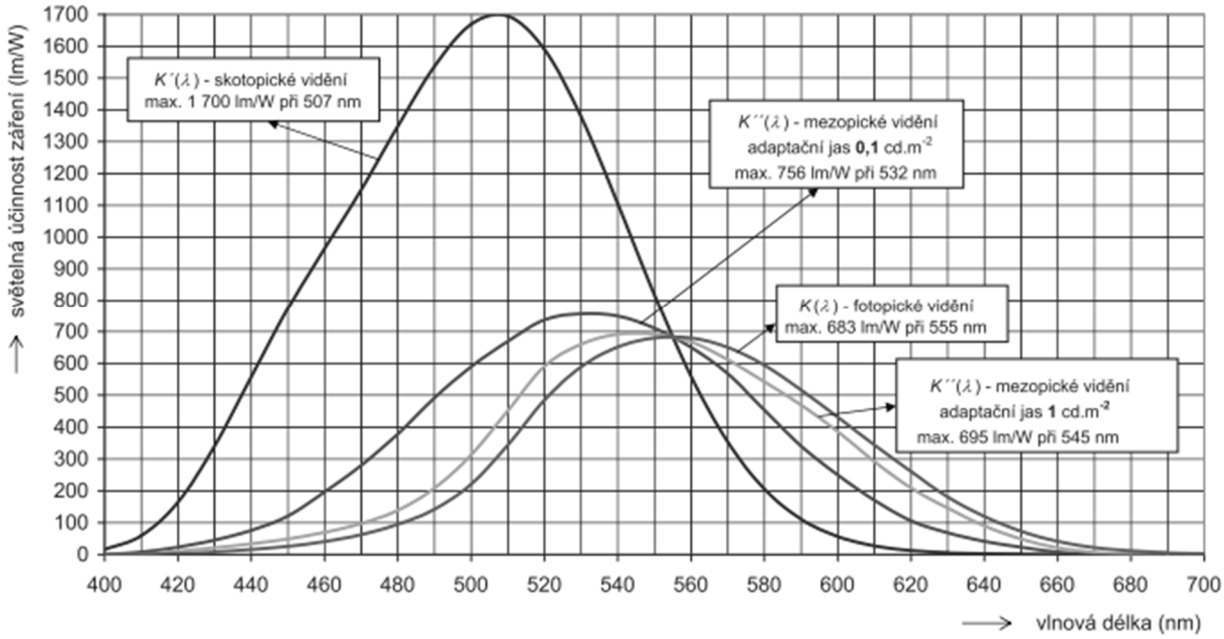
Dotyčná společnost prohlašuje, že luxmetry přizpůsobené fotopické spektrální citlivosti lidského oka měří ve vnitřních prostorech chybně. Zejména tam, kde jsou jako zdroje použity světelné diody. To prý proto, že luxmetr se chová jako by měřil denní světlo a přítomný pozorovatel byl rovněž tak adaptován, tedy na denní světlo. Přitom, dále tvrdí, že tomu tak

není. Že je ve vnitřním prostoru nedostatek denního světla (což může být), takže oko je adaptováno na mezopické vidění (to je v interiérech velmi nepravděpodobné).

Zmíněné tvrzení, že fotopické vidění nastává pouze za přítomnosti denního světla, je trestuhodné. Ve skutečnosti fotopické vidění nastává při adaptačním jasu již okolo 3 cd.m^{-2}. Takového jasu je dosaženo při relativně nízkých osvětlenostech. Za předpokladu běžně barevné scény, kdy je činitel odrazu 0,18, to bude něco nad padesát luxů (52,3 lx). To je hluboko pod hygienickým minimem. I v prostorech nevýznamných z pohledu zrakové práce je osvětlenost dvojnásobná (vnitřní komunikace), hygienické minimum je čtyřnásobek a jakýsi standard pro interiéry je desetinásobek zmíněného minima – pět set luxů. Tomu odpovídá jas kolem 30 cd.m^{-2}. O skotopickém vidění nemůže být řeči. Ani o mezopickém. Vizte známý obrázek 11.

Pokud se tedy měří osvětlovací soustavy přístroji přizpůsobenými skotopickému vidění, tak se samozřejmě „naměří“ vyšší hodnota, než jaká je skutečně vnímaná zrakem. Někdy mnohem vyšší (právě u LED). Korekce „fotopických“ luxmetrů na světlo LED jsou kolem jednoho procenta, alespoň těch kvalitních.

Smutné je, že pracovníci dotyčné firmy jistě o vidění tuchu mají. To co činí, to není neznalost. To je vědomá lumpárna. Ovšem – za peníze v Praze dům.



Obr.11 Světelná účinnost záření pro skotopické, mezopické a fotopické vidění

Poznámka: I při mezopickém vidění je rozdíl v citlivosti oka oproti fotopickému vidění zanedbatelný již při poměrně malých jasech. Na obrázku 11 je čára pro mezopické vidění odpovídající jasu 1 cd.m^{-2} – od fotopické se příliš neliší. Nehledě na to, že se projevuje výhradně pro vidění prostřednictvím tyčinek, tedy pro vidění periferní – je tedy zlořád používat luxmetry přizpůsobené skotopické spektrální citlivosti lidského oka i v případě venkovního osvětlení. Ostatně norma ČSN P 36 0455 nepřipouští takové přístroje používat.

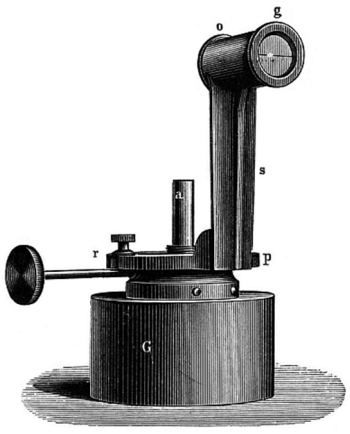
Oč přesněji měřil profesor Katzer.

Raději zakončím, jako jsem začal. Citací ze Světozoru. A to pasáží zabývající se použitelností svíčky (nikoliv však tenké dortové) k vědeckým studiím. Citací z doby nám relativně vzdálené. Ovšem z doby, kdy se přece jen více dbalo na korektnost. Z doby, kdy vědci byli opravdu vědci a odborníky a nikoliv „vědci“ či samozvanými „odborníky“. Dnes se nám jejich pojednání zdají směšná. Neměla by.

„Způsobu toho použiti lze s přibližnou přesností také k fotometrickým pracím vědeckým, při nichž za jednici bere se světlo obyčejné svíčky. Shledalo se ovšem, že měřítko to není spolehlivé, protože všechny svíčky nesvítí stejně, ale dosud jiným nahrazeno není. Neboť ani zvláštní lampa, již ve Francii užívají, ani jiná měřítka (na př. žhavá, roztopená platina) obecně se neujala.“

Ano, „zvláštní lampa, již ve Francii užívají“ je Hefnerova svíčka (obr. 12).

„Jiná měřítka, která se obecně neujala“ jsou předchůdcem definice kandely přijaté světem v roce 1967. Ovšem, asi jako ve všem, měl pan profesor Katzer pravdu. Tato definice se obecně neujala a neměla dlouhého trvání. Byla nahrazena již za dvanáct let v roce 1979.



Obr.12 Hefnerova lampa

Literatura a odkazy

[1] Katzer, B., Svítivost slunce a měsíce, Světozor 1883, ročník XVII., číslo 11, Strana 128

[2] Luxmetr App vs. měřící technika – Jsou chytré telefony vhodné pro měření osvětlení? https://www.dial.de/en/blog/article/luxmeter-app-versus-measuring-deviceare-smartphones-suitable-for-measuring-illuminance/

[3] Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky, Projekt v rámci Programu výzkumu a vývoje MŽP ČR, Téma VaV/740/3/03, Brno 2004

[4] http://diskuse.elektrika.cz

Oslunění, proslunění a 25°

Tomáš Maixner, Ing., maixner.t@gmail.com, www.dql.cz

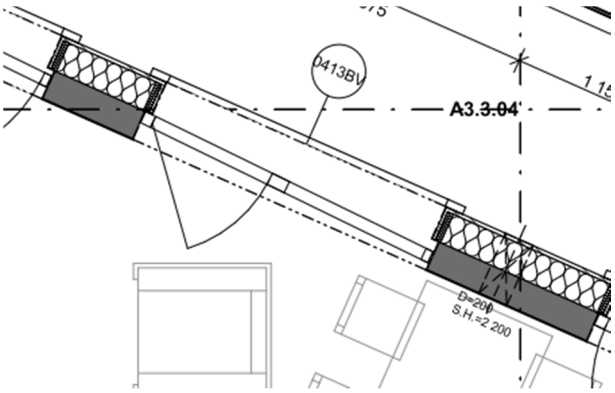
Norma řešící (pr)oslunění požaduje, aby se do výpočtu zahrnula pouze ta doba, kdy sluneční paprsky dopadají na rovinu okna pod úhlem nejméně 25°. V případě, že se doba oslunění splní jen pro úhel menší, tak se projektanti uchylují k „úskoku“. Natočí rovinu zasklení tak, aby bylo dosaženo požadovaného úhlu. Je to v úlitba normě bez valného významu.

Onen úhel přitom není výsledkem nějakého bádání, ale zjednodušením starého požadavku, který smysl měl. Oním požadavkem bylo, aby do prosluněné místnosti pronikal proud slunečního záření o šířce nejméně 20 cm.

Ostatně ani v návrhu evropské normy se požadavek na úhel 25° nevyskytuje. Logicky se v ní pracuje se skutečnou geometrií posuzovaného okenního otvoru.

1 Úvod

Aby bylo dosaženo normových pětadvaceti stupňů, tak se projektanti uchylují k tomu, že pootočí okno v nepříznivě orientované stěně. Příklad je na obrázku 1.

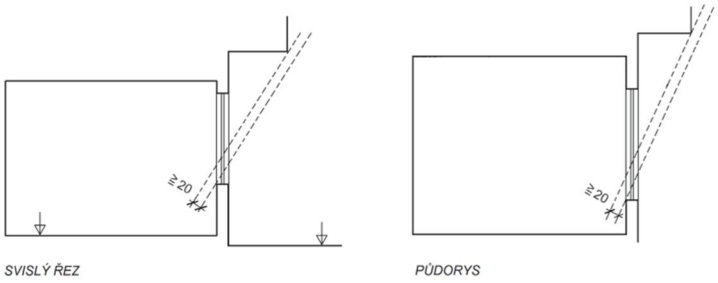


Obr.1 Natočení okna o 2° od roviny průčelí

S takovým řešením lze polemizovat. Drží se striktně technických norem [2], které jsou však charakterizovány značným zjednodušením oproti původním normám [3÷5]. Je nezbytné posoudit, zda závěry [1] nejsou pouze formálním naplněním požadavku technické normy bez praktického dopadu.

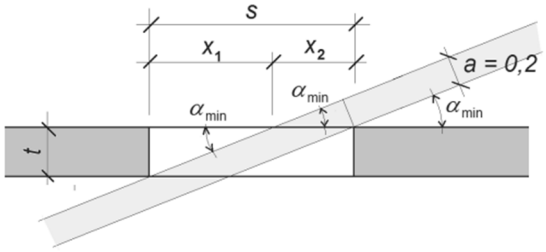
2 Šířka pruhu slunečního záření

Ve starších předpisech [4] byly vymezeny podmínky, jejichž splnění bylo nezbytné proto, aby místnost byla prosluněna (viz [1]). Cituji [4]: *„Pruh přímého slunečního záření vnikajícího okenním otvorem musí být v půdorysu i ve svislém řezu (kolmo k okennímu otvoru) při zanedbání konstrukce okna široký nejméně 20 cm.“* Viz obr. 2.



Obr.2 K definici šířky pruhu slunečního záření pro svislý řez a půdorys

V detailu je pruh slunečního záření procházející oknem na obrázku 3, kde je *s* šířkou (výškpu) okenního otvoru, *t* je tloušťka stěny, α_{min} je úhel, který je mezní pro dopadající sluneční paprsky. Pro menší úhly je již paprsek užší (*a*) než přípustných 0,2 m.



Obr.3 šířka pruhu slunečního záření

Pro stanovení velikost mezního úhlu platí vztah:

$$(t^2 + s^2).cos^2 \propto_{\min} + 2at.\cos \propto_{\min} + \left(a^2 - s^2\right) = 0$$

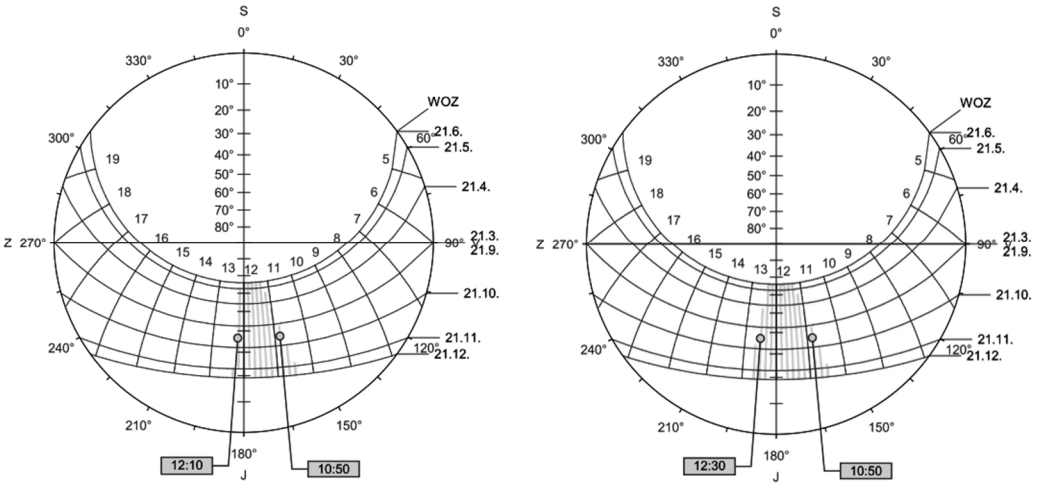
z toho vyplývá, že šířka (výška) okenního otvoru s_{min} musí být minimálně:

$$s_{min} = \sqrt{\frac{t^2.cos^2 \propto_{\min} + 2at.cos \propto_{\min} + a^2}{sin^2 \propto_{\min}}}$$

Ze vztahu (2) vyplývá, že pro úhel α_{min} = 25° při tloušťce zdi 0,45 m by byla minimální šířka (výška) otvoru s_{min} = 1,44 m. Pokud budou okna širší, pak je mezní úhel menší. Například podle obr. 1 by „vyhovující“ stav nastal v případě, že se okno natočí o 2°. Stejně by vyhověla okna o šířce odpovídající úhlu α_{min} = 23°. To je pro tloušťku zdi 0,45 m jen o třináct centimetrů víc – 1,57 m.

Normou předepsaný úhel α_{min} = 25° je přílišným a nepochopitelným zjednodušením situace. V době výpočetní techniky až trestuhodným. V důsledku to znamená, že prosluněné místnosti jsou podle normy považovány za neprosluněné. Například u místnosti s tloušťkou stěny 0,45 m a oknem širokým (vysokým) 2 m je velikost úhlu α_{min} = 18,3°.

To může ve výpočtech znamenat rozdíl v době oslunění i několik desítek minut. Na obr. 4 je porovnání oslunění téhož okna širokého 2 m. Podle normy je osluněno od 10:50 do 12:10 hodin, pro výpočtový úhel 18,3°je to rovněž od 10:50, ale až do 12:30. To znamená 20 minut rozdíl. Neodůvodněným zvětšením úhlu α_{min} se doba oslunění zkrátí o pětinu a není splněna normou požadovaný doba oslunění 90 minut. Přestože je okno dostatečně osluněno.



Obr.4 Vliv úhlu α_{min} na dobu oslunění

Nikde jsem se nedočetl, že by byl úhel 25° stanoven proto, aby nebyl úhel dopadu příliš malý, tedy aby nenastaly příliš veliké ztráty (viz dále Evropská norma). Ale připustím, že to své opodstatnění má.

Pokud paprsky dopadají na prosklení pod menším úhlem, než 25°, tak je účinnost jejich působení úměrná poklesu propustnosti skla. Pro jednoduchost budu počítat s propustností stanovenou pro viditelnou složku světla, byť se tím dopouštím určité nepřesnosti. Propustnost $\tau_{s,\psi}$ běžného tabulového skla je pro úhel ψ od normály dána výrazem:

$$\tau_{s,\psi=}\, \tau_{s,nor}.\, cos\left(1+\frac{sin^2\psi}{2}\right).$$

Podle tabulek v ČSN 73 0580-1 je normálový činitel propustnosti světla $\tau_{s,nor}$ = 0,9. Pro „normový“ úhel 25° (ψ = 90-25 = 65°) bude propustnost:

$$\tau_{s,25=}\, 0{,}92.\, cos65.\left(1+\frac{sin^2 65}{2}\right)=0{,}55$$

Držím se příkladu odpovídající obrázku 1 – pro úhel 23° (ψ = 67°) je:

$$\tau_{s,23=}\, 0{,}92.\, cos67.\left(1+\frac{sin^2 67}{2}\right)=0{,}51.$$

Účinky se v poměru propustností mění. To znamená, že pro úhel 23° jsou ztráty 0,96 (0,51/0,53). Protože je použito dvojsklo, tak se účinek sníží ještě jednou v onom poměru při průchodu dalším sklem. Ztráty budou $0{,}96^2$.

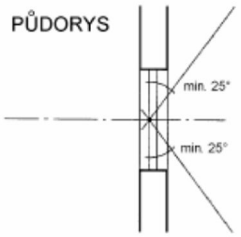
Je tedy potřebné, aby šířka paprsku byla větší. Tak se zajistí, že interiér bude ozářen stejným množstvím slunečního záření, jako by tomu bylo pro „normový“ úhel. Šíře pruhu slunečních paprsků musí být nejméně s_{23}

$$s_{23}=0{,}2.\frac{1}{0{,}96^2}=0{,}217\ m.$$

Pro tloušťku zdi 0,45 m by byla nejmenší přípustná šířka otvoru namísto 1,57 m o pět centimetrů více, tedy 1,62 m. Vcelku nepodstatné.

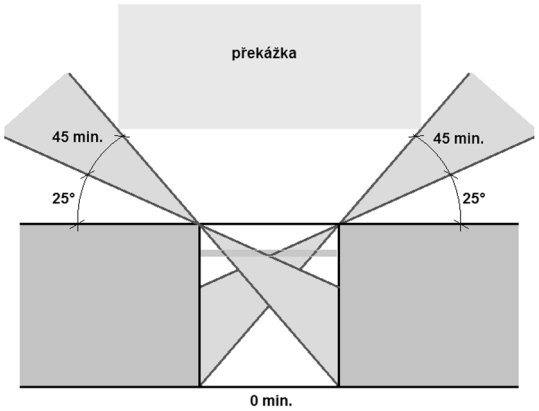
3 Stanovení kritického úhlu

Podle normy [2] se oslunění okna počítá (u svislého zasklení) pro bod umístěný v rovině vnitřního zasklení. K tomuto bodu se vztahuje ono omezení 25° – obr. 5.



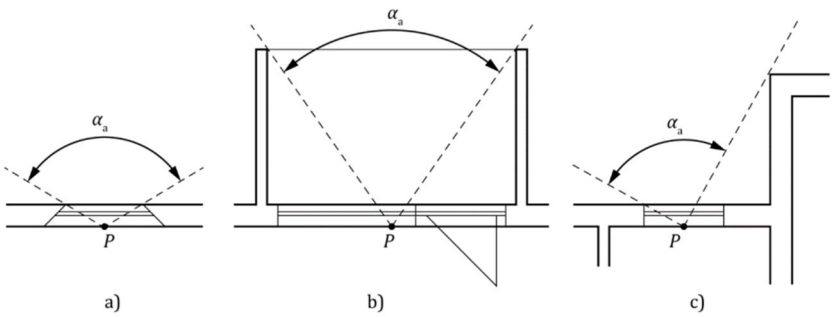
Obr.5 Bod pro hodnocení oslunění okna se svislým zasklením

Absurdita požadavku na velikost minimálního úhlu je zřejmá z následujícího příkladu: úzké okno osazené v silné stěně (historická budova). Místnost je považována za prosluněnou, protože oknem pronikají paprsky po dobu 90 minut. Přitom však může být pruh paprsků významně užší, než 0,2 m. V extrému (obr. 5) nemusí do místnosti sluneční paprsek vůbec proniknout (šířka okna 90 cm, tloušťka zdi 65 cm – není nemožné). Norma je splněna, avšak místnost nebude reálně prosluněna.



Obr.6 Místnost „prosluněná“ v souladu s požadavky normy, dokonce i úhel k vnitřní rovině zasklení je kýžených 25° (obr. není nakreslen ve správném poměru šířka/hloubka)

Z toho vyplývá, že je žádoucí, aby minimální úhel byl stanoven podle reálných rozměrů osvětlovacího otvoru. To je ostatně požadováno v návrhu evropské normy [6].



Obr.7 Mezní úhly podle návrhu evropské normy (dalším omezením je úhle, kdy je Slunce dostatečně vysoko nad obzorem)

4 Závěr

Ač lze mít k návrhu [6] mnoho výhrad, které ponechávám ke kritice povolanějším kolegům, tak stanovení mezního úhlu na základě skutečné šířky okna a tloušťky zdi považuji za rozumné.

Neobstojí argumentace, že v době prvních kroků při projektování budovy nejsou tyto veličiny známy. Tloušťka zdi je dána statikou a požadavky zateplení budovy. Nic nebrání tomu, předepsat minimální šířku oken tak, aby byly odpovídající místnosti prosluněné. Kdyby někdo myslel zmíněnou argumentaci vážně, tak je mnohem obtížnější stanovit v jaké hloubce se bude nacházet rovina vnitřního zasklení.

Považuji striktní dodržování úhlu 25° za neopodstatněné. Rozhodující je množství slunečního záření, které dopadá do místnosti. To daný úhel nezaručuje. Místnost nemusí být při jeho dodržení prosluněna, naopak i při menším úhlu může do prostoru pronikat dostatečné množství slunečního záření.

Literatura a odkazy

[1] Kaňka, J: Trampoty s neefektivními směry dopadu slunečního záření, Světlo 1/2017

[2] ČSN 73 4301: Obytné budovy: 2004

[3] ČSN 73 0020: Obytné budovy: 1945

[4] ČSN 73 4301: Obytné budovy: 1968

[5] ČSN 73 4301: Obytné budovy: 1987

[6] prEN 17037 Daylight in buildings 2017-07

Vplyv prevádzkovej teploty na fotometrické parametre LED modulov

Marek Mokráň, Ing., Lukáš Lipnický, Ing., Roman Dubnička Mgr. Dionýz Gašparovský, doc. Ing. PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

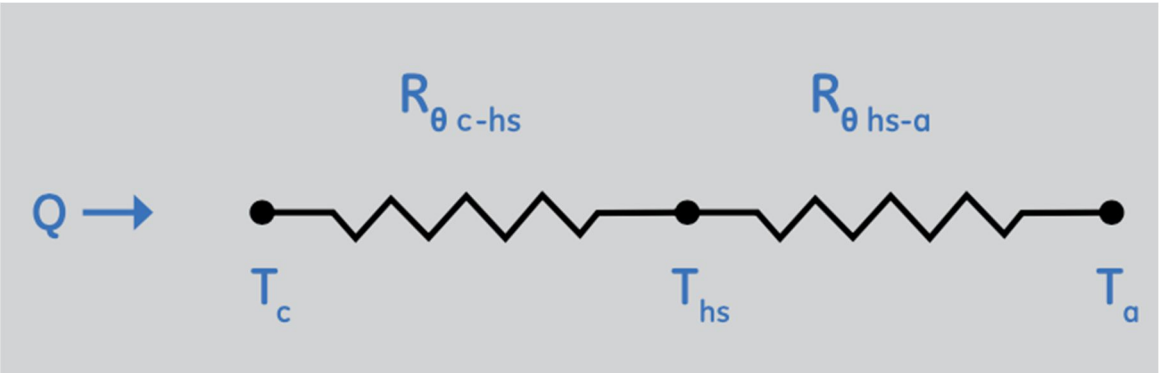
Abstrakt: V osvetľovacích sústavách s LED svietidlami zohráva teplota dôležitú úlohu. Teplotu LED modulov ovplyvňuje viacero faktorov ako napríklad prúdenie vzduchu, ohrev od priľahlých zdrojov, ostatných častí svietidiel a pod. Výberom nevhodného typu LED svietidla do daného prostredia môže dôjsť k prehriatiu LED modulu čoho následkom môže byť zmena svetelného toku, zníženie životnosti prípadne deštrukcia čipu. Článok sa zaoberá laboratórnymi meraniami závislosti fotometrických parametrov od prevádzkovej teploty LED modulov.

1. Úvod

Charakterizáciou elektrických a fotometrických parametrov LED svetelných zdrojov a LED svietidiel v závislosti od teploty sa zaoberá IES LM-82-11. Výkon LED závisí od teploty PN priechodu, ktorú ovplyvňuje spôsob integrácie LED do svietidla a prostredie aplikácie. Vo všeobecnosti je výkon LED z hľadiska svetelného toku, svetelnej, farby svetla a životnosti závislý na teplote PN priechodu.

2. Tepelný model

Počas prevádzky môže teplota PN priechodu dosiahnuť 150°C. Pri tejto teplote je množstvo prenášanej tepelnej energie do prostredia radiáciou veľmi malé. Preto sa na efektívnu kontrolu teploty PN priechodu používajú aktívne alebo pasívne chladiče. Tepelný model znázorňuje zapojenie jednotlivých komponentov a prenos tepla medzi nimi. Tepelný odpor je miera schopnosti materiálu rozptýliť teplo [2]. Model zjednodušeného sériového tepelného odporu pre LED tepelný systém je zobrazený nižšie [3].



Obr. 1 Tepelný model

Popis obrázku:
Q – prenos tepla cez okruh
T_C– teplota meraná na module
T_{hs} – teplota chladiča

T_a – teplota okolia
$R_{\theta\ c\text{-}hs}$, $R_{\theta hs\text{-}a}$ – tepelný odpor medzi bodom merania T_C a chladičom, resp. medzi chladičom a okolím.
Tepelný odpor medzi chladičom a okolitým vzduchom závisí od vodivosti a konštrukcie chladiča. Teplo z chladiča je rozptýlene do okolia prevažne konvekciou, v menšej miere radiáciou. Prenos tepla medzi T_C a T_{hs} je väčšinou vedením [3].

3. Chladenie LED modulov

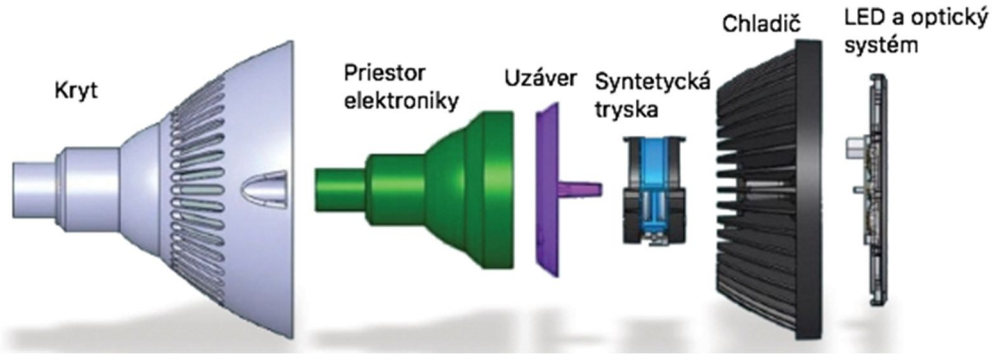
Pre správnu funkciu LED modulov je potrebné pripojiť ich ku vhodnému chladiacemu systému, pretože pracujú so špecifickými teplotnými limitmi. Teplotné rozptýlenie je kľúčovým faktorom, ktorý obmedzuje svetelný výkon LED svetelného zdroja. Maximálna pracovná teplota je výrobcom presne definovaná. Pri prekročení tohto teplotného limitu sa spúšťajú degradačné účinky LED čipu ako zníženie životnosti a svetelného toku.

3.1 Pasívne chladiče

Potrebná veľkosť chladiča závisí od teplotného rozdielu medzi T_C a teploty okolia T_a, celkového príkonu, a materiálových vlastností chladiča. Aby sa zaistilo adekvátne chladenie, musí sa pri návrhu chladiča brať do úvahy aj ohrev vzduchu spôsobený zdrojmi tepla v blízkosti riešeného LED modulu. Každé rozhranie v systéme zvýši celkový tepelný odpor a preto je dôležitá dobrá tepelná vodivosť v každej časti tepelnej cesty. Ak sa chladič vyrába z viacerých kusov je nutné venovať pozornosť dôkladnej montáži jednotlivých častí. Zlepšenie tepelného odporu medzi jednotlivými časťami chladiaceho systému môžeme dosiahnuť použitím tenkej vrstvy teplovodivej pasty. Šírenie tepla konvekciou prebieha na povrchu chladiča preto platí, že väčšia plocha rozptýli viac tepla do prostredia. V prípade že je chladiaci systém v uzatvorenej oblasti, alebo prúdeniu vzduchu zabraňujú konštrukčné časti svietidla môže dôjsť k neadekvátnemu chladeniu. Aby boli splnené požiadavky na výkon a životnosť LED panela je dôležité maximalizovať účinnosť chladiča napríklad jeho vhodným umiestnením. Rebrovanie chladiča by malo byť umiestnené tak aby zohriaty vzduch mohol stúpať. Počet rebier chladiča zohráva dôležitú rolu pri otázke jeho účinnosti. Veľký počet rebier nahusto uložených vedľa seba má síce veľkú plochu pre odvod tepla, avšak účinok odvodu tepla konvekciou bude znížený z dôvodu nedostatočného prístupu vzduchu [3] [4].

3.2 Aktívne chladiče

Čím je výkon LED modulu vyšší tým je väčšia aj požiadavka na veľkosť chladiča. Avšak toto môže predstavovať výzvu pri navrhovaní svietidiel s kompaktnými rozmermi. Riešením tohto problému môže byť použitie aktívneho chladenia. Aby sa vytvorilo správne riešenie aktívneho chladenia pre LED s vysokým jasom, metóda tepelného riadenia musí mať nízku spotrebu energie, dostatočnú flexibilitu pre zabudovanie do rôznych typov svietidiel a životnosť rovnajúcu sa alebo vyššiu ako životnosť svetelného zdroja. Typy aktívneho chladenia LED modulov spočívajú v nútenej cirkulácii vzduchu cez rebrá chladiča pomocou ventilátora, alebo pomocou syntetickej trysky obr. 2, ktorá používa oscilujúce membrány na vytvorenie vysokorýchlostných impulzov vzduchu presne smerovaných do oblasti vyžadujúcej chladenie.



Obr. 2 Príklad chladenia pomocou syntetickej trysky

Ďalšie možnosti aktívneho chladenia LED modulov sú [4]:

- chladenie pomocou termoelektrického článku (Peltier);
- chladenie kvapalinou;
- použitím radiálnych ventilátorov.

Koncepčné aspekty aktívneho chladenia [4]:

- zabezpečenie dizajnu svietidla pre vstup studeného vzduchu a výstup horúceho vzduchu;
- zabránenie cirkulácii teplého vzduchu vo vnútri svietidla;
- minimalizácia hluku ventilátora alebo syntetickej trysky.

4. Požiadavky na meranie svetelného toku a náhradnej teploty chromatickosti podľa IES LM-82-11.

4.1 Merací bod teploty

Merací bod teploty určí žiadateľ o vykonanie merania alebo vykonávateľ merania. Merací bod teploty TC bol priamo na LED module (obrázok 3). Vďaka takémuto umiesteniu meracieho bodu teploty TC môžeme považovať túto teplotu za teplotu LED čipu.

4.2 Merací prístroj teploty

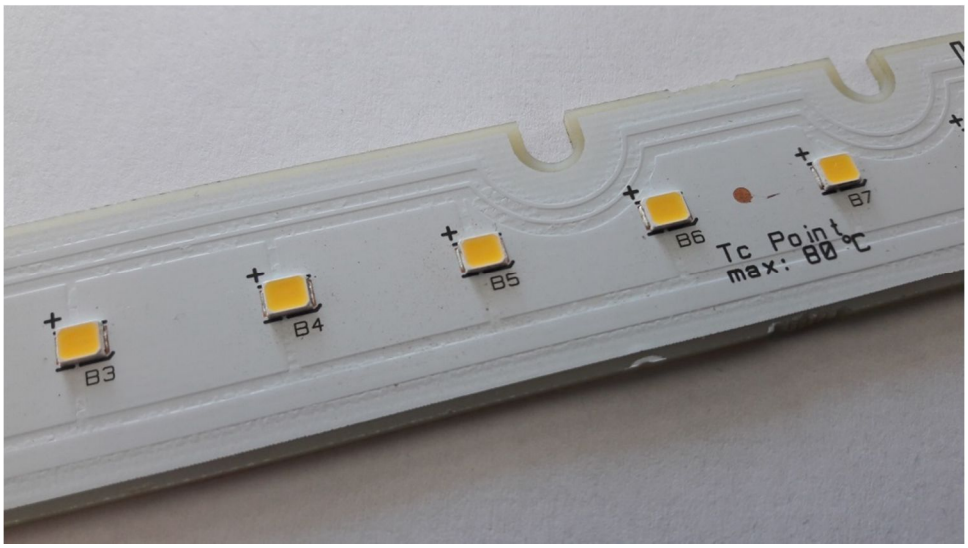
Merací prístroj teploty môže byť termočlánok alebo termistor

4.3 Tepelné prostredie

Tepelné prostredie môžeme vytvoriť v uzavretom priestore a tým regulovať teplotu testovanej jednotky. Medzi ďalšie metódy regulácie teploty patrí umiestnenie testovacej jednotky na termoelektrický chladič alebo vložiť do tepelnej komory, kde kontrolujeme lokálne prostredie okolo testovacej jednotky. Najdôležitejším aspektom regulácie teploty je zabezpečiť taký spôsob regulácie teploty, ktorý je ekvivalentný s ohrievaním testovacej jednotky v jej aplikácii.

4.4 Stabilizácia

Predtým, ako sa vykonajú všetky fotometrické merania pri akejkoľvek nastavenej teplote, musí byť testovacia jednotka prevádzkovaná dostatočne dlho aby sa na túto teplotu stabilizovala. Čas potrebný na stabilizáciu závisí od typu testovanej jednotky.

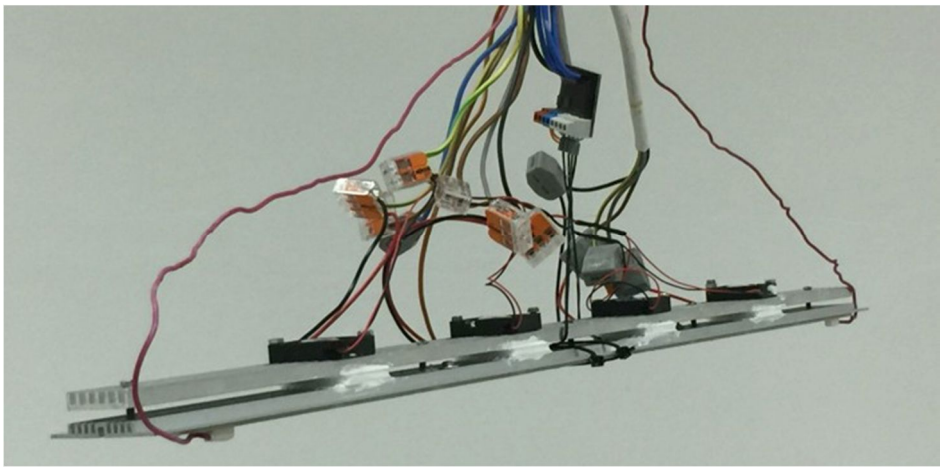


Obr.3 Merací bod teploty T_c

5. Laboratórne meranie

Pre potreby laboratórneho merania podľa IES LM-82-11 bolo vytvorené zariadenie na teplotnú stabilizáciu LED modulov (obr. 4). Zariadenie sa skladá z pasívneho chladenia v podobe dvoch hliníkových chladičov a aktívneho chladenia v podobe termoelektrických článkov a axiálnych ventilátorov, ktoré chladia teplú stranu termoelektrických článkov. Pomocou tohto zariadenia môžeme teplotne stabilizovať LED modul na teplotu vyššiu alebo nižšiu ako je jeho nominálna teplota.

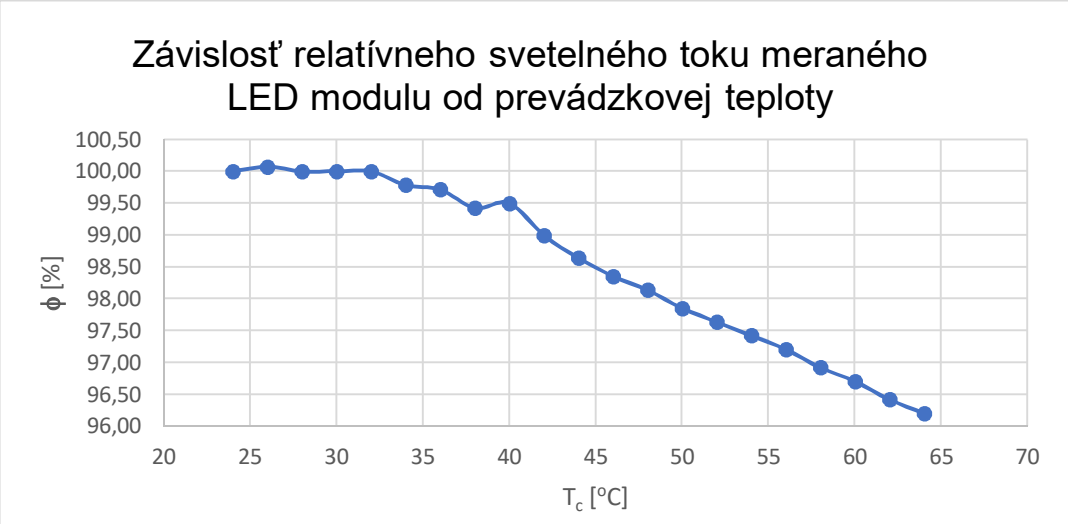
Pri meraní bola okolitá teplota T_a 25°C. Na LED module bola pri vypnutom chladiacom systéme a napájacom prúde 50mA nameraná teplota T_C= 32°C. Pri takejto prevádzke uvažujeme relatívny svetelný tok ϕ_{rel} =100%. Počas merania sa nastavovala teplota LED modulu (T_c) pomocou regulácie výkonu termoelektrických článkov. Konštantný prúd LED modulu sa udržiaval pomocou riadeného prúdového zdroja. Merané boli hodnoty teploty meracieho bodu T_c, napätie LED modulu U, napájací prúd LED modulu, výkon termoelektrického článku P_p, relatívny svetelný tok ϕ_{rel} a náhradná teplota chromatickosti. Výsledky merania sú uvedené v tabuľke 1 a na obrázku 5.



Obr. 4 Zariadenie na teplotnú stabilizáciu LED modulov

LED modul I=50mA					
T_C [°C]	U [V]	I [mA]	P_p [W]	ϕ_{rel} [%]	Náhradná teplota chromatickosti [K]
24	43,28	49,98	10,65	100,00	3560
26	43,25	49,99	2,85	100,07	3555
28	43,21	49,98	1,08	100,00	3557
30	43,19	50,1	0,18	100,00	3560
32	43,16	49,99	0,00	100,00	3562
34	43,11	49,99	0,39	99,79	3554
36	43,08	50	0,98	99,71	3561
38	43,04	50	1,76	99,43	3568
40	43	50	2,49	99,50	3561
42	42,98	50	3,44	99,00	3569
44	42,94	50,01	4,80	98,64	3577
46	42,9	50	5,89	98,35	3575
48	42,86	50	7,34	98,14	3581
50	42,83	50	8,60	97,85	3582
52	42,79	50	10,05	97,64	3598
54	42,75	50	11,64	97,42	3592
56	42,72	50	13,06	97,21	3591
58	42,68	50	14,92	96,92	3594
60	42,65	50	16,84	96,70	3596
62	42,61	50	18,32	96,42	3604
64	42,57	50	20,17	96,20	3603

Tab. 1 Namerané a vypočítané hodnoty



Obr. 5 Nameraná závislosť relatívneho svetelného toku od teploty LED modlu

6. Záver

Pre meranie teplotných závislostí LED modulov bol vytvorený aktívny chladiaci systém, ktorý je možné použiť na rôzne typy LED modulov. Je možné na ňom merať teplotné závislosti poprípade nastaviť konštantnú teplotu pri rôznych napájacích prúdoch. Výsledok merania uvedeného v článku poukazuje na to že relatívny svetelný tok sa pri prevádzke LED modulu s teplotou T_C nižšou ako je nominálna prevádzková teplota prakticky nemení. Pri stabilizovaní LED modulu na teplotu t_C = 64°C klesol relatívny svetelný tok o 4%. Takáto zmena je spôsobená tým, že testovaný LED modul je určený do svietidiel bez chladenia a teda je konštruovaný tak, aby pracoval aj pri vyšších teplotách T_C s malou zmenou svetelného toku.

Literatúra

[1] IES LM-82-12

[2] OSRAM GmbH., LED FundamentIsInternalThermalResistance of LEDs, 7.9.2011. [online]. [cit. 3.8.2017]. Dostupné na internete: https://ledlight.osram-os.com/wp-content/uploads/2013/01/OSRAM-OS_LED-FUNDAMENTALS_Internal_Thermal_Resistance_of_LEDs_v4_09-07-11_SCRIPT.pdf.

[3] GE GermanyLighting, Infusion LED Module [online]. [cit. 8.8.2017]. Dostupné na internete: http://www.gelighting.com/LightingWeb/emea/images/LED-Infusion-Module-Thermal-Considerations-Catalogue-EN-DE_tcm181-27627.pdf.

[4] UniversalLighting Technologies, Everline Module Application Note: Round LED Module Thermal Management. [online]. [cit. 8.8.2017]. Dostupné na iternete: https://unvlt.com/pdf/application-notes/led-modules/EVM04-Round-LED-Module-Thermal-Management.pdf.

Porovnání nejistot měření vybraných spektroradiometrů z hlediska spektrální přesnosti

Martin Motyčka, Ing., motyckam@feec.vutbr.cz
Ing. Jan Škoda, Ph.D, skoda@feec.vutbr.cz
Jaroslav Štěpánek, Ing., xstepa41@stud.feec.vutbr.cz
Ústav elektroenergetiky, FEKT, VUT v Brně

Abstrakt: Tento článek popisuje srovnávací měření vybraných spektroradiometrů z hlediska nejistoty měření spektrální hustoty zářivého toku. Přesné měření relativní spektrální hustoty zářivého toku je velice důležité pro následné výpočty náhradní teploty chromatičnosti a indexu podání barev. V první části je nastíněno rozdělení spektroradiometrů a popis jejich konstrukčního řešení. V další části je rozebrán postup měření relativní a absolutní hustoty spektrálního toku. Na závěr jsou jednotlivé testované spektroradiometry zhodnoceny a navzájem porovnány.

1 Úvod

Měření hustoty spektrálního zářivého toku patří mezi základní úlohy fotometrie. Z naměřeného spektra se dále vypočítá mnoho dalších fotometrických parametrů jako je náhradní teplota chromatičnosti CCT nebo index podání barev. Tyto parametry mohou být ovlivněny změřeným spektrem s chybami, jako jsou šum, offset signálu, nepřesnost vlnových délek nebo podměřování v určité části spektra. Na trhu je velké množství spektroradiometrů s určitými konfiguracemi. Nicméně je důležité vybrat správný spektroradiometr pro specifické užití. Pro měření v terénu jsou vhodné spektroradiometry s CCD nebo CMOS snímači. Pro laboratorní měření jsou nicméně vhodnější snímací spektroradiometry s monochromátorem a na míru vybranými fotočlánky, filtry a štěrbinami.

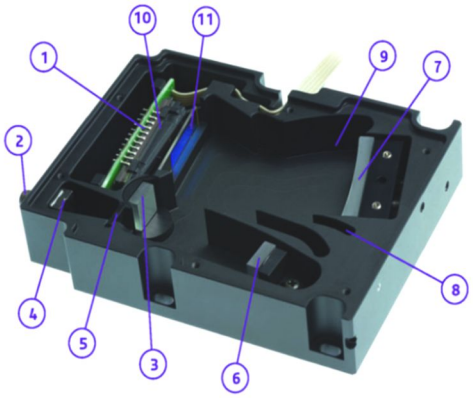
2 Rozdělení spektroradiometrů

Spektroradiometry jsou přístroje určené pro měření ultrafialového, viditelného či infračerveného záření. Z hlediska fotometrie se nejčastěji setkáme s měřícím rozsahem 380 – 780 nm. Každý spektroradiometr se obecně skládá z optického vstupu (apertura, kosinový nástavec, difuzor nebo vstup pro optické vlákno), vstupní štěrbiny, koliminačního zrcátka, mřížky, zaostřovací optiky a detektoru. Podle použitého systému rozkladu světla a detektoru se dělí spektroradiometry na následující typy [1].

2.1 CCD/CMOS spektroradiometry

Spektroradiometry vícepásmové využívají snímání celého měřícího rozsahu v jednom okamžiku. Pro tento účel slouží CCD nebo CMOS snímače o jednom nebo více řádků až s 2048 pixely. Pro rozklad světla se využívá Czerny-Turnerovo konstrukční schéma. Světelný paprsek vstupuje skrze vstupní aperturu na štěrbinu, kde úzký svazek pokračuje na koliminační zrcátko a dále rovnoběžný paprsek dopadá na mřížku, kde se paprsek rozloží a jednotlivé vlnové délky následně dopadají na daný pixel CCD snímače, který reprezentuje určitou vlnovou délku. Pro měření slabého signálu se doporučuje CMOS snímač v kombinaci s mřížkami s alespoň 600-1200 vrypy/mm. Existují tyto řady mřížek s vrypy/mm: 300 (typ A), 600 (typ B), 1200 (typ C), 1800 (typ D), 2400 (typ E) a 3600 (typ F). Výběr mřížek je také důležitý, neboť na něm závisí spektrální polo-šířka, která definuje spektrální rozlišení přístroje [2].

Nejčastěji se používají štěrbiny se šířkou 10, 25 nebo 50 μm. Užší štěrbiny tedy zvyšují spektrální rozlišení, ale za cenu slabšího signálu na detektoru. Na obr. 1 je znázorněno schéma Czerny-Turnerovo konstrukčního řešení spektroradiometru s CCD snímačem.

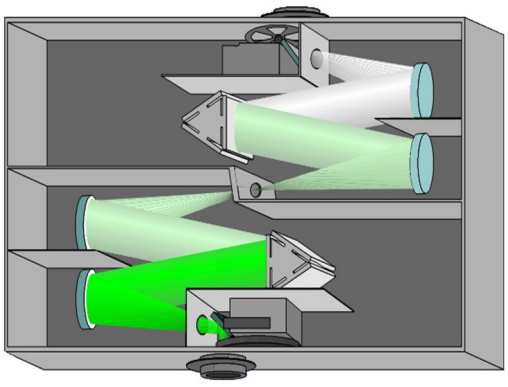


Obr.1 Czerny-Turnerovo konstrukční schéma firmy Avantes [2]

Kde znázorňuje 1 – CCD snímač, 2 – konektor pro optický kabel, 3 – mřížky, 4 – vstupní štěrbina, 5 – optický přerušovač (chopper), 6 – koliminační zrcátko, 7 – zaostřovací optika, 8 a 9 – světelné pasti, 10 - UV/VIS filtry, 11 – filtr druhého řádu

2.2 Snímací monochromátory.

Snímací spektroradiometry s monochromátorem se obecně skládají z vstupní optiky, monochromátoru a detektoru. Vstupní optika závisí na typu měření. Pro měření ozářenosti je na vstupu integrační koule, dále paprsek pokračuje přes optický přerušovač (chopper), vstupní filtry, koliminační zrcátko a mřížky. Mřížky bývají zaměnitelné pro měření určitých rozsahů spektra nebo je využito rotační věže, která má tři sady mřížek. Rozložené světlo se selektuje na výstupní štěrbině, odfiltrují se druhé řády rozloženého světla a světelný paprsek dopadá na daný detektor. V případě dvojitého monochromátoru je v systému další sada mřížek s výstupní štěrbinou. Na obr. 2 je znázorněno uspořádání dvojitého monochromátoru Gooch & Housego OL-750 [1].



Obr.2 Schéma dvojitého monochromátoru Gooch & Housego OL-750 [1]

Výhodou tohoto systému je vysoká spektrální čistota dopadajícího svazku na detektor. Kalibrace se provádí přímo na pracovišti pomocí světelného normálu. Nevýhodou dvojitého monochromátoru je dlouhá doba měření a slabý signál na detektoru při použití velice úzkých štěrbin.

3 Měření spektrální přesnosti

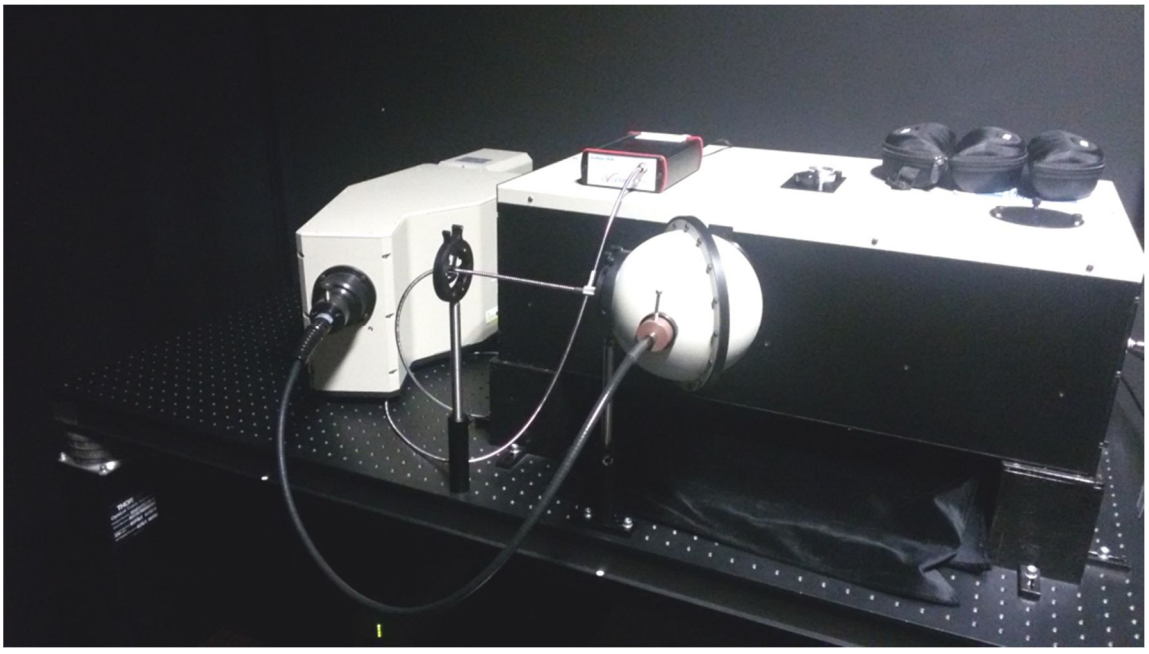
Měření spektrální přesnosti vybraných spektroradiometrů je provedeno porovnávací metodou s dvojitým monochromátor Gooch & Housego OL 750, který má jako vstup kulový integrátor GH-OL IS 670-LED, která má dva vstupy. Na jeden vstup je přiveden optický kabel ze světelně programovatelného zdroje Gooch & Housego OL-490-PS, který dokáže simulovat libovolné spektrum. Na druhém vstupu je umístěn testovaný spektroradiometr. Měření se opakuje 20 krát a výsledné spektrum se průměruje. Všechna naměřená spektra jsou relativně vztaženy na vlnovou délku 550 nm.

U spektroradiometrického systému Gooch & Housego OL 750 byla ověřena přesnost měření spektrálních čar rtuťové výbojky, které jsou zobrazeny v tabulce č. 1. Průměrná odchylka činí 0,16 nm.

Měření spektrálních čar [nm]		
Spektrální čáry	Naměřeno	Odchylka
365,4	365,2	0,2
404,7	405,0	-0,3
435,8	436,0	-0,2
546,1	546,1	0,0
577,0	577,0	0,0
579,1	579,0	0,1

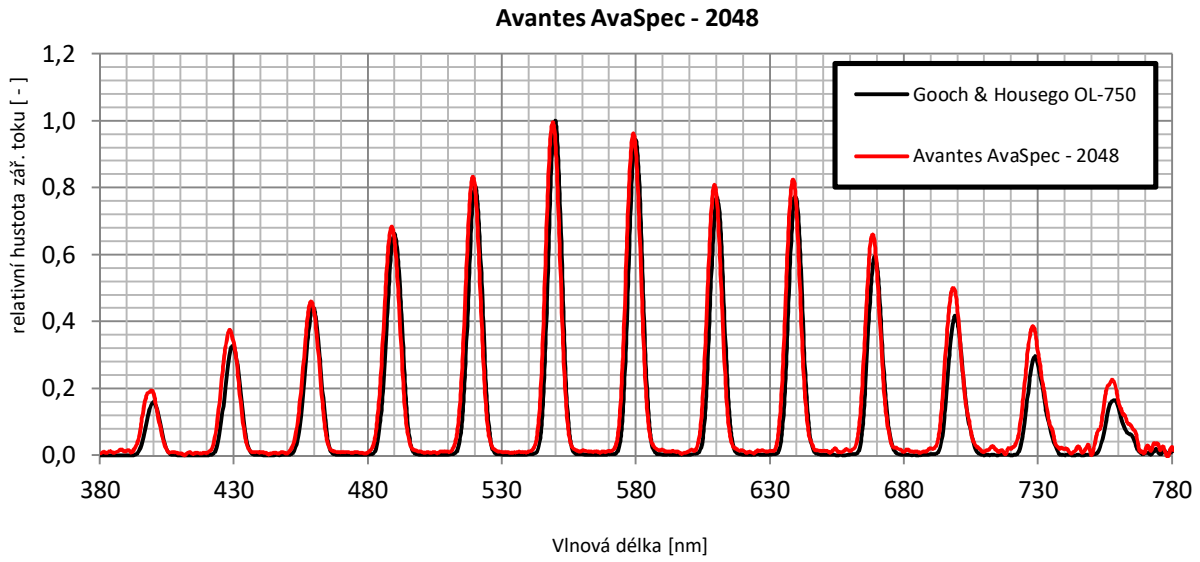
Tab.1 Měření spektrálních čar rtuťové výbojky dvojitým monochromátorem G&H OL-750.

Dvojitý monochromátor je umístěn na laboratorním stole s proti-vibrační ochranou spolu s programovatelným světelným zdrojem včetně a boxu s xenonovou výbojkou. Generované testovací spektrum obsahuje 13 vrcholů v rozsahu 380 – 780 nm s krokem 30 nm. Uspořádání měřícího pracoviště je na obr. 3. Laboratoř má černě natřené stěny a celé pracoviště je obklopeno černými závěsy pro omezení vniku nežádoucího světla.



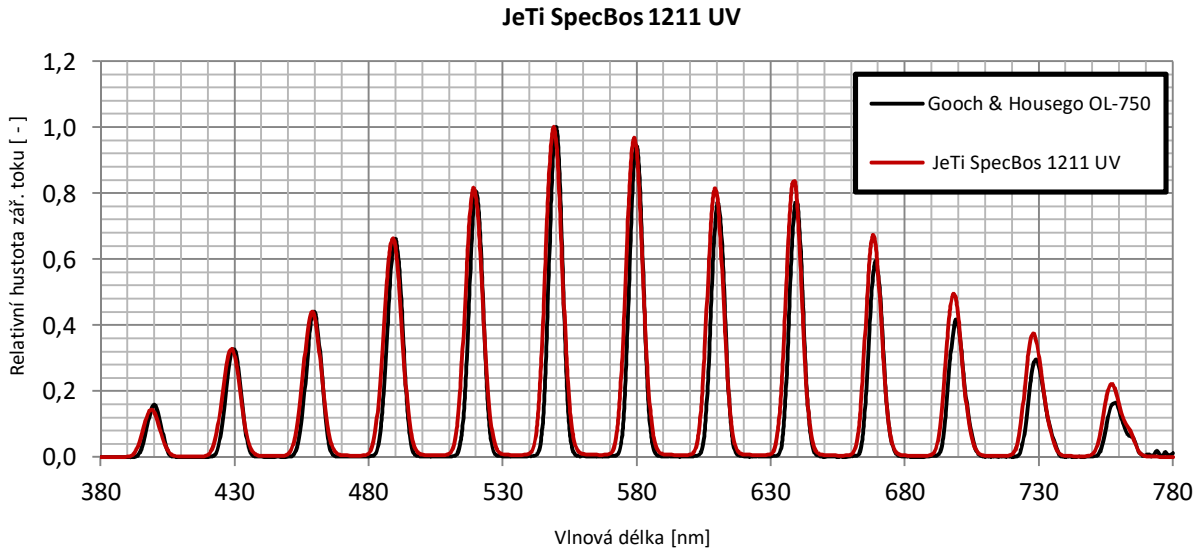
Obr.3 Měřící systém pro porovnávací měření spektroradiometrů

Prvním testovaným spektroradiometrem je Avantes AvaSpec – 2048 s CCD snímačem o řádku s 2048 px, který využívá optického kabelu zakončeného kosinovým nástavcem. Přístroj má následující konfiguraci. Uvnitř se nachází mřížka s 600 vrypy/mm s vstupní štěrbinou o šířce 50 μm. Vypočítána hodnota nejistoty měření spektrální hustoty ozáření činí $u_{95\%} = 3{,}02\ \%$. Z naměřených dat bylo zjištěno, že naměřené spektrum je posunuto přibližně o −0,95 nm oproti dvojitému monochromátoru. V oblastech malého signálu vykazuje přístroj značný šum [1].



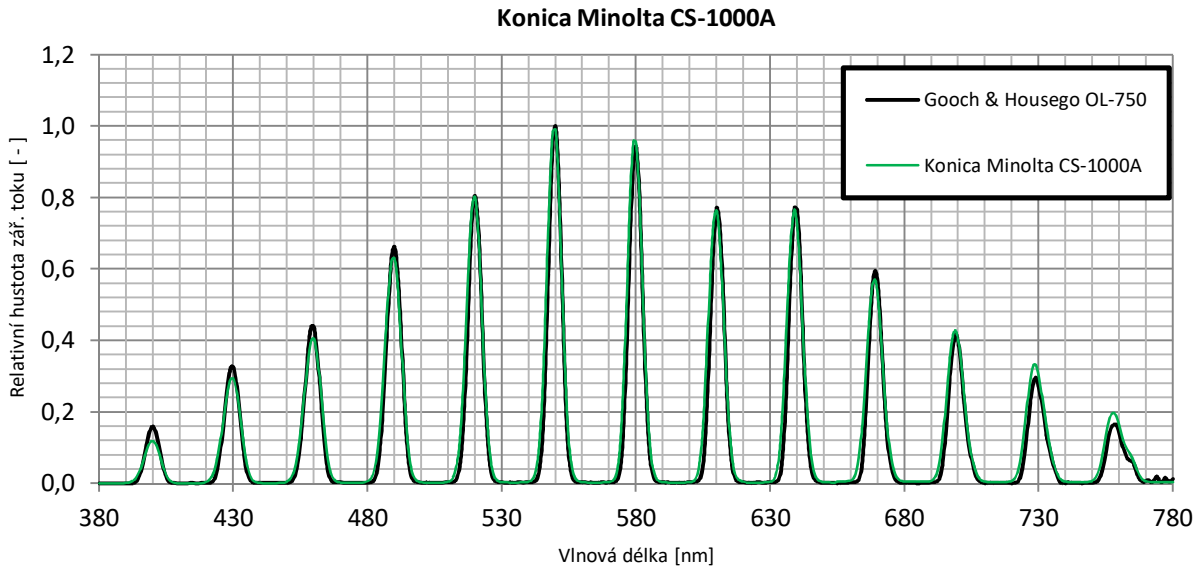
Obr.4 Naměřené generované spektrum s Avantes AvaSpec - 2048

Dalším testovaným přístrojem je JeTi SCB 1211 UV. Jedná se o mobilní spektroradiometr s CCD snímačem s 2048 px, který je schopný měřit v rozsahu 230 - 1000 nm. Přístroj měří záři anebo ozářenost s kosinovým nástavcem. Nejistota měření ozářenosti činí $u_{95\%} = 3{,}17\ \%$. Naměřené spektrum je posunuto přibližně o −0,90 nm proti dvojitému monochromátoru. Naměřené spektrum je zobrazeno v obr. 5.



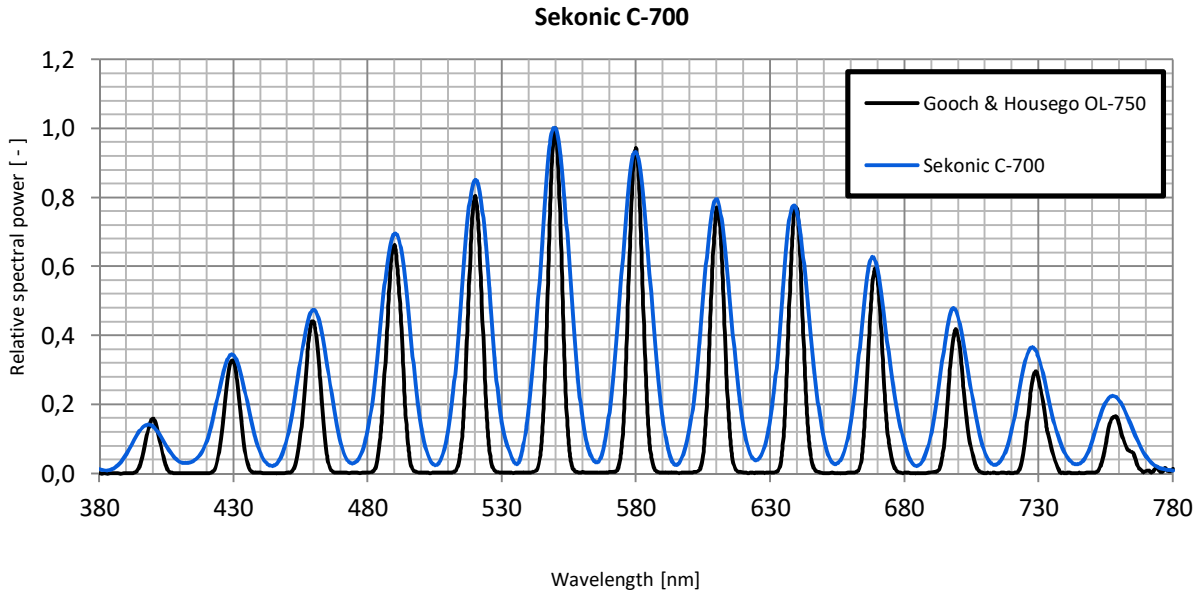
Obr.5 Naměřené generované spektrum s JeTi SCB 1211 UV

Spektroradiometr Konica Minolta CS-1000A je primárně určen na měření záře/jasu. Přístroj dokáže měřit spektrum v rozsahu 380 – 780 nm. Spektrální polo-šířka činí 5 nm. Nejistota měření spektrální záře je vypočítána na hodnotu $u_{95\%} = 2{,}22\ \%$. Při porovnání s monochromátorem naměřené spektrum je posunuto přibližně o −0,32 nm. V obr. 6 je znázorněno porovnání naměřených spekter.



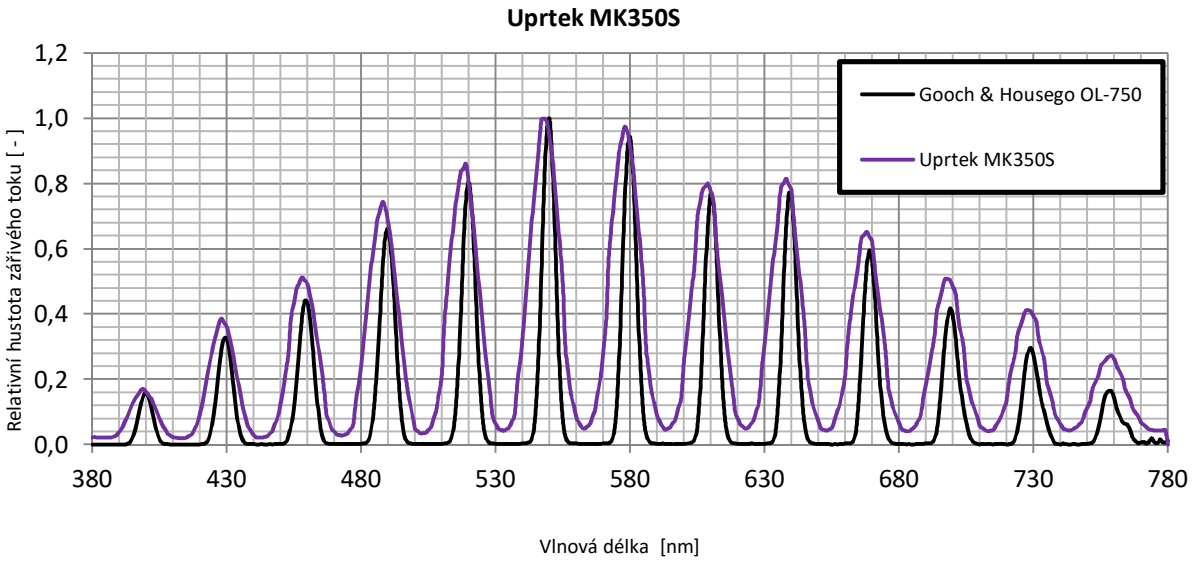
Obr.6 Naměřené generované spektrum s Konica Minolta CS-1000A

Další testovaný spektroradiometr je Sekonic C-700. Tento přístroj má přibližně velikost mobilního telefonu a je tedy vhodný pro terénní měření. Přístroj obsahuje CMOS čip s 128 pixely. Nejistota měření osvětlenosti byla vypočítána na hodnotu $u_{95\%} = 5{,}14\ \%$. Jak je vidět v obr. 7, přístroj má znatelně větší spektrální polo-šířku a tedy není vhodný pro měření úzkých spektrálních vrcholů. Při porovnání s dvojitým monochromátorem naměřené spektrum je průměru posunuto o −0,8 nm.



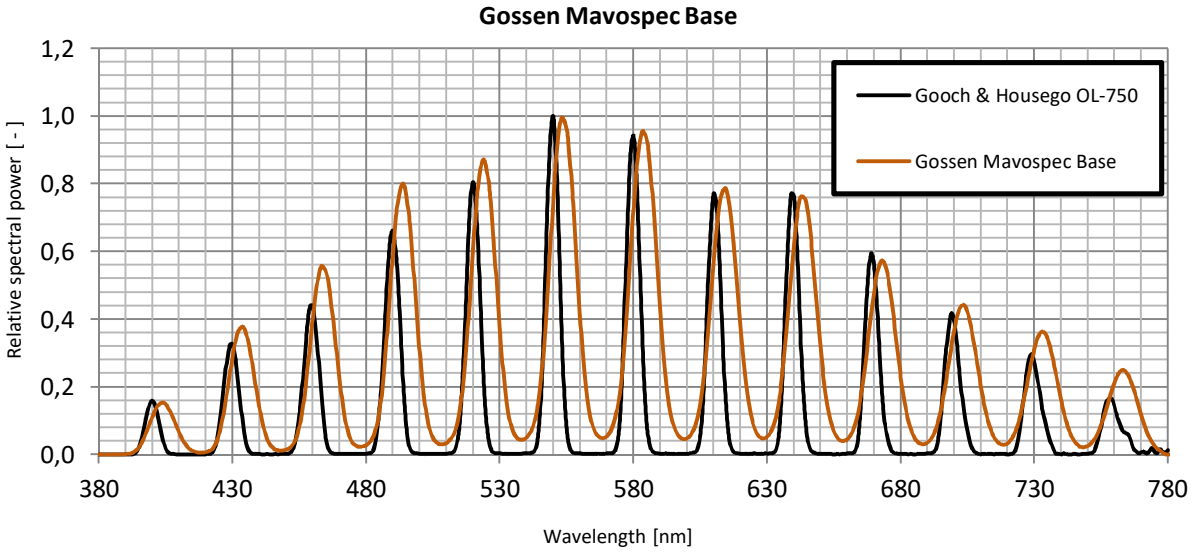
Obr.7 Naměřené generované spektrum s Sekonic C-700

Předposlední testovaný spektroradiometr je Uprtek MK350S, který je přibližně veliký jako dlaň a hodí se tedy pro terénní měření. Přístroj má velký dotykový displej a umožňuje dálkové ovládání pomocí aplikace v telefonu. Spektrální polo-šířka činí 12 nm, tudíž není vhodný pro měření ostrých spektrálních vrcholů. Nejistota měření osvětlenosti byla vyčíslena na hodnotu $u_{95\%} = 5{,}04\ \%$. Naměřené spektrum je v průměru posunuto o −1,4 nm. V obr. 8 je znázorněno porovnání naměřeného spektra s dvojitým monochromátorem.



Obr.8 Naměřené generované spektrum s Uprtek MK350S

Posledním testovaným spektroradiometrem je Gossen Mavospec Base, který je nejmenší ze všech testovaných přístrojů. Obsahuje CMOS čip s 256 pixely schopného měření rozsahu 380 – 780 nm. Spektrální polo-šířka činí 15 nm. Nejistota měření osvětlenosti je vypočítána na hodnotu $u_{95\%} = 3{,}22\ \%$. Naměřené spektrum je posunuto o 4,14 nm oproti dvojitému monochromátoru. Takto značný spektrální posun naměřeného spektra může mít značný vliv na výpočet náhradní teploty chromatičnosti CCT a indexu podání barev R_a. Naměřené spektrum je zobrazeno v obr. 9.



Obr.9 Naměřené generované spektrum s Gossen Mavospec Base

4 Měření osvětlenosti

Srovnávací měření osvětlenosti bylo provedeno na fotometrické lavici se světelným normálem svítivosti Osram Wi 41/G, který má deklarovanou svítivost $I = (280{,}4 \pm 2\,\%)\,cd$. Testovány byly pouze mobilní spektroradiometry umožňující měření ozářenosti/osvětlenosti. Pro napájení normálu je použit proudový zdroj Gooch & Housego OL-83A. Světelný normál je uzavřen v boxu pro omezení nežádoucího odrazů. V následující tabulce 2 jsou zobrazeny výsledky porovnávacího měření včetně nejistot měření jednotlivých přístrojů. Všechny naměřené hodnoty spadají do intervalu nejistoty měření.

Název	Gossen Mavospec Base	JeTi SCB 1211 UV	Sekonic C-700	Uprtek MK350S
E_V [lx]	278,21	278,16	271,00	281,32
Odchylka [%]	0,781	0,798	3,352	0,327
$U_{95\%}$ [%]	3,22	3,17	5,14	5,04

Tab.2 Porovnávací měření osvětlenosti

5 Vyhodnocení měření

Porovnávací měření potvrdilo očekávání důsledku spektrální polo-šířky na měření úzkých spektrálních vrcholů. Tento parametr je především závislý na volbě štěrbin. Nicméně příliš úzké štěrbiny mohou zapříčinit příliš slabý signál na detektoru. Navíc v kombinaci s optickým vláknem jsou měření zatíženy značným šumem jako je to u spektroradiometru Avantes Avaspec 2048. V případě spektroradiometru JeTi SB 1211 UV je šum znatelně menší. Nejlépe z hlediska spektrální přesnosti měří nejlépe spektroradiometr Konica Minolta CS-1000A. Měřící schopnosti testovaných spektroradiometrů plně odpovídají jejich cenové relaci a zaměření. Nicméně pokud známe spektrální posun daného spektroradiometru, lze provést softwarovou korekci měření osvětlenosti, náhradní teploty chromatičnosti nebo indexu podání barev. Tato korekce bude publikována v budoucí práci. Z hlediska měření osvětlenosti všechny spektroradiometry prošly testem a jejich naměřené hodnoty byly v rámci intervalu nejistot měření. Dalším cílem bude sledování změn spektrálních posunů generovaného spektra v pravidelných intervalech a po pravidelných kalibracích u výrobců přístrojů.

6 Poděkování

Autoři článku děkují Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE), ve kterém vznikla tato publikace za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I (projekt č. LO1210) a projektu specifického výzkumu na VUT (č. FEKT-S-14-2520).

Literatura a odkazy

[1] W. E. Schneider, R. Young. (1998, Jan.). Spectroradiometry Methods: A Guide to Photometry and Visible Spectroradiometry. Application Note (A14), Gooch & Housego, Orlando. 1998.
[2] Avantes Complete Catalog IX. Avantes enlightening spectroscopy, Apeldoorn, Netherlands, 2015.
[3] D. Scharpf. Practical Approaches to Uncertainty Analysis for Light Measurement Systems using Integrating Spheres and Spectroradiometers. CORM 2015 Annual Conference. Boulder, CO, 2015.

Veřejné osvětlení v Bělském lese, Ostrava

Alena Muchová, Ing., PTD Muchová, s.r.o., Ostrava, muchova@ptdov.cz, www.ptdov.cz

Abstrakt:

V článku jsou uvedeny specifické postupy při projektování veřejného osvětlení v lesoparku a v území s podzemními zdroji pitné vody, které jsou chráněny pásmy hygienické ochrany.

The article describes specific procedures for designing street lighting in a forest park and in areas with underground drinking water sources that are protected by hygiene protection zones.

1 Úvod

Bělský les se nachází v Ostravě v městském obvodu Ostrava - Jih. Rozloha tohoto lesoparku je 160 ha. První zmínka o této lesní oblasti pochází již z roku 1272. Bělský les je také nazýván "Studna", protože jsou zde zásoby podzemní pitné vody. Dnes Bělský les slouží především k relaxaci, vycházkám a sportovnímu vyžití obyvatel města. Jsou zde také organizovány společenské, kulturní i sportovních akce.

2 Podmínky pro stavební práce

Podstatnou část vymezeného území určeného k osvětlení tvoří nemotoristické komunikace pro pěší, cyklisty, in-line bruslaře apod. Celkově bude osvětlováno více než 4 km komunikací (motoristických i nemotoristických komunikací, chodníků apod.) a rekonstrukce veřejného osvětlení byla rozdělena do 2 samostatných staveb. Stávající zařízení VO v dotčené oblasti bylo vybudováno v roce 1976.

Větší část stavby je situována na pozemcích určených k plnění funkce lesa, stavbu bylo nutno navrhnout v souladu s podmínkami příslušných orgánů státní správy a lesních správců a vlastníků lesních pozemků. K dotčení lesních pozemků a k umístění stavby do 50 m od okraje lesa bylo odborem ŽP MMO vydáno kladné závazné stanovisko. Před zahájením prací zajistila organizace zajišťující inženýrskou činnost na stavbě rozhodnutí o dočasném odnětí plnění funkcí lesa části dotčených lesních pozemků.

V dotčeném území se dále nacházejí podzemní zdroje pitné vody, které jsou chráněny pásmy hygienické ochrany. Část dotčeného území se nachází v pásmu hygienické ochrany 1. stupně, část dotčeného území se nachází v pásmu hygienické ochrany 2. stupně (vnitřní a vnější). Jakákoliv činnost v pásmech hygienické ochrany vodních zdrojů může být prováděna pouze za souhlasu příslušných orgánů a organizací při bezpodmínečném splnění všech požadavků těchto orgánů a organizací.

Před zahájením prací si musel nechat zhotovitel stavby zpracovat plán opatření pro případy havárie ve smyslu ust. § 39 odst. 2 písm. a) zákona č. 254/2001 Sb. a v souladu s vyhláškou Ministerstva ŽP č. 450/2005 Sb., který byl předložen MMO OOŽP ke schválení.

Provozovatel požaduje, aby i během výstavby byl v případě nutnosti umožněn vjezd do Ochranného pásma vodního zdroje a k čerpací stanici provozovateli a záchranným složkám HZS MSK za účelem řešení provozních a havarijních stavů. V ochranných pásmech vodního zdroje nesmí být zřizovány jakékoli mezideponie vytěženého materiálu či odpadu ze stavby.

S veškerými odpady, které vznikají při stavbě, musí být nakládáno v souladu s ustanoveními zákona o odpadech. K bezprašné úpravě lesních komunikací mohou být použity pouze bezfenolické asfalty. V OPVZ je zakázáno provádět opravy mechanizmů, jejich čištění a doplňování pohonných hmot a olejů, umisťovat nebo odkládat toxické látky, oleje a pohonné hmoty včetně obalů. Je zakázáno přepravovat ropné, toxické, radioaktivní látky, jakož i jiné látky, které by mohly ovlivnit senzorické vlastnosti, dopravními prostředky všeho druhu. Je zakázáno používání strusky.

3 Návrh osvětlení

Světelně technická část byla řešena s ohledem na umístění osvětlení. Vycházelo se z požadovaných hodnot pro osvětlení dle ČSN EN 13201-2 a Generelu VO SMO

komunikace	třída osvětlení
ul. Antonína Brože	M6
les - chodníky pro pěší	P5

Tab.1

V první řadě byla řešena přístupová komunikace do objektu Ostravských městských lesů a zeleně, s.r.o. Tato komunikace ul. Antonína Brože, byla požadována jak pracovníky Ostravských lesů, tak občany, osvětlit již mnoho let. Prozatímní osvětlení bylo upevněno na stromech podél cesty, viz obr. 1, obr. 2. Ostatní VO bylo zajištěno sadovými svítidly na sadových stožárech výšky 6 m. Zařízení VO bylo již daleko za svou životností, obr. 3.



Obr.1



Obr.2



Obr.3

Z důvodu, že dle zákona č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek nelze, aby projektant vybral přesný typ svítidel, byla svítidla specifikována jak světelně technickými, tak konstrukčními požadavky. Projektant provedl výpočet s konkrétním svítidlem, dal k dispozici křivku svítivosti pro orientaci při výběru vhodného svítidla zhotovitelem stavby a ten, pokud použil jinou křivku svítivosti, doložil ve výběrovém řízení výpočty v kontrolních místech uvedených v projektové dokumentaci.

Dle požadavků správy VO, investora a dotčených orgánů a v souladu se světelně technickým návrhem byla LED svítidla specifikována následujícími parametry:

- doporučený počet LED zdrojů
- doporučený světelný tok
- požadavek na udržování konstantního světelného toku
- min. doba života svítidel při specifikovaných parametrech
- max. příkon vč. předřadníku
- požadovaná teplota chromatičnosti světla
- doporučený materiál svítidla
- min. krytí
- min. odolnost proti nárazu
- třída ochrany svítidla
- požadavek na stmívání a jeho průběh
- požadované garance a záruky na svítidlo
- barevné provedení svítidla
- požadavek na doložení splnění světelně technických parametrů dle zatřídění komunikací
- doporučené rozměry a tvar svítidla
- max. hodnota ScX
- max. hmotnost svítidla
- požadavek na osazení svítidla na výložníky a dříky požadovaných průměrů
- požadavek na umístění předřadných přístrojů ve svítidle
- požadavek na vybavení svítidla přepěťovou ochranou daných parametrů

4 Závěr

Přes všechna omezení a překážky v terénu je dokončována první stavba v lesoparku Bělský les. Zde není jen frází, že VO zajišťuje bezpečnost osob a majetku. V této oblasti občané již dlouho volali po osvětlení, stal se zde nejeden trestný čin. Věříme, že jsme svou prací přispěli ke spokojenosti a pocitu bezpečí návštěvníků této unikátní lokality v Ostravě.

Experimentální měření dutých světlovodů v laboratoři

Jan Nekvapil, Ing.[1)], Jan Škoda Ing., Ph.D. [2)],
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,
Ústav elektroenergetiky,
[1)]tel.: +420 541 146 244, email: xnekva01@stud.feec.vutbr.cz
[2)]tel.: +420 541 146 238, email: skoda@feec.vutbr.cz

Abstrakt: Článek popisuje měření účinnosti průchodu takřka rovnoběžných paprsků, simulujících sluneční složku denního světla, světlovody v laboratorních podmínkách, za účelem porovnání různých světlovodných tras. Světlovody byly změřeny pomocí krychlového světelného integrátoru a speciálně sestaveného svítidla. Krychlový integrátor byl svépomocí vyroben jako alternativa kulového světelného integrátoru. Svídidlo se skládalo z LED modulu, světelné čočky, omezujícího tubusu, iris clony a upínacích dílů vyrobených na 3D tiskárně. Světelný tok svítidla byl určen metodou zonálních toků. Oběhem svítidla okolo kopule světlovodu byly simulovány trajektorie pohybu slunce na obloze, k tomu sloužil automatický goniofotometr s upraveným krokováním, neboť je primárně určen pro pohyb se svítidly ve volném prostoru. Celkem bylo změřeno 18 variant světlovodů, které byly rozděleny do tří skupin. První skupinu tvořily rovné světlovody, u nichž se zjišťovala nejlepší kombinace kopule a stropního krytu. Druhá skupina byla složena ze světlovodů zalamovaných, s cílem zjistit lepší umístění ohybu v trase. Ve třetí skupině s velmi krátkými světlovody se měřila závislost poklesu účinnosti průchodu světla při zvyšování zalamování trasy. Průměr světlovodného tubusu byl 250 mm. Každá skupina světlovodů měla jinou délku světlovodné trasy (od 1715 mm do 2886 mm). Z naměřených dat vyplývá, že pokud to instalace umožňuje, je lepší vložit koleno blíže ke kopuli, tzn. na začátku světlovodu. U souboru krátkých světlovodů byla zjištěna pouze malá závislost poklesu účinnosti při větším zalamování trasy.

Vyjma směrové citlivosti světlovodů byl také zjišťován spektrální činitel odrazu materiálů určených pro výrobu světlovodů, které jsou běžně dostupné na trhu v ČR. Spektrální vlastnosti byly měřeny u sedmi vzorků přístrojem Konica Minolta CM-3600d v pásmu vlnových délek 360 – 740 nm. Výsledky měření ukazují, že měřené odrazné materiály vykázaly vysoký integrální činitel odrazu (min. 98,13 % až 99,82 %) a nízkou spektrální selektivitu. Některé materiály však při odrazu přímé dopadající paprsky více rozptylovaly (až 8,37 % dopadajících paprsků).

Kromě číselného vyjádření výsledků je v práci, ze které článek vychází, vyhodnocení i grafické, zobrazující směrovou citlivost světlovodů na dopadající přímé paprsky a útlum světla vzniklý průchodem fiktivních světlovodů vyrobených z posuzovaných materiálů.

Klíčová slova: *dutý světlovod; měření účinnosti dutých světlovodů; spektrální činitel odrazu;*

1 Úvod:

Použití dutých světlovodů (dále jen světlovodů) zvyšuje komfort pobytu v budově a navíc snižuje její energetickou náročnost. Abychom však mohli předpovědět, jaký přínos budou světlovody pro interiér představovat, je nutné laboratorně zjistit jejich přenosovou charakteristiku. Normované laboratorní určení účinnosti přenosu světla je založeno na měření s velkoplošným difúzním zdrojem světla. Tato světelná situace je však

pro světlovod nejméně příznivá. Rozptýlené světlo utrpí při přenosu mnoha odrazy, které nejsou bezeztrátové, a tomu odpovídá velikost výstupního světelného toku. Tato metoda nemůže odhalit příznivé vlastnosti světlovodu při osvitu přímým slunečním světlem při jasné obloze. Proto byla zjišťována odezva světlovodů na přímé světelné paprsky.

Při přenosu světla světlovody vždy dochází k odrazům. Proto jsou pro světlovody limitujícími parametry nejen rozměry a tvar světlovodné trasy, tzn. délka trasy a průměr tubusu, ale i kvalita vnitřního odrazného povrchu. V rámci práce tedy byl změřen spektrální činitel odrazu materiálů určených pro výrobu světlovodů, které jsou dostupné na tuzemském trhu, a zjištěny rozdíly.

1.1 Obecná skladba světlovodů

Světlovod se skládá ze tří funkčních částí. První část zachytává oblohové světlo, následuje přenosové prostředí a třetí část jej emituje do interiéru. Nástřešní kopule je přijímačem pro oblohové světlo. Světlovodný tubus představuje přenosové prostředí světla skrze mnohonásobné odrazy. Může být pevný, či flexibilní. Korpus tubusu může být přímý anebo lomený. Tubus má na vnitřní ploše nosného plechu nanesenou odraznou vrstvu, která je jeho nejdůležitější částí. [2] Třetí důležitou částí světlovodu je stropní kryt. Jeho úkolem je redistribuce přijatého světelného toku do osvětlovaného prostoru s co nejmenšími ztrátami a také utěsnění světlovodné trasy. Světelné ztráty vznikají změnou prostorového rozložení dopadajícího světelného toku rozptylem průchozího světla, tedy průchodem světla difuzorem, do osvětlovaného interiéru. Dále také odrazem světla, které neprošlo difuzorem, zpět do světlovodného tubusu. Rovnoměrnost osvětlení pod difuzorem závisí také na délce a průměru světlovodu. S rostoucím průměrem a zkracující se délkou je při jasné obloze obtížné dosáhnout rovnoměrného osvětlení interiéru. Další součásti upravující zisk a distribuci světla, jeho zabarvení, či intenzitu, jsou volitelné. Jedná se například o systémy zrcadel a odrazných ploch, clon, filtrů a přídavného elektrického osvětlení. [3, 4]

2 Praktická část

2.1 Spektrální činitel odrazu materiálů

Zjištění spektrálního činitele odrazu materiálů je důležité, neboť odraz světla není bezeztrátový. Při dopadu paprsku na materiál dochází kromě zrcadlového odrazu také k rozptylu a pohlcení části dopadajícího světla. Navíc se odrazný povrch nechová stejně ke všem vlnovým délkám světla. Dochází tudíž vlivem vícenásobných odrazů světelného paprsku k jejich postupnému útlumu a zároveň může docházet k barevnému zkreslení světla přicházejícího do interiéru budovy. Zajímalo nás, jaké spektrální vlastnosti vykazují materiály dostupné na tuzemském trhu. Za tímto účelem byly osloveny firmy zabývající se výrobou a distribucí světlovodů na českém trhu. Vzorky materiálů k tomuto měření laskavě poskytlo šest firem:

- ABC - AMERICAN BOHEMIAN CORPORATION s.r.o.,
- FAKRO CZECH s.r.o.,
- Lightway s.r.o.,
- SUNWAY s.r.o.,
- WT-WINDOWS TOMORROW s.r.o.,
- anonymní firma.

Pro měření bylo celkem k dispozici sedm vzorků materiálů. Protože není účelem tohoto článku dělat dobrou, či špatnou reklamu některé z firem a interpretace výsledků by mohla být vytržena z kontextu, jsou při měření vzorky označeny anonymně.

Měření proběhlo na spektrofotometru Konica Minolta CM-3600d v rozsahu vlnových délek 360 – 740 nm s krokem po 10 nm. Vzorek materiálu se přítlačnou klapkou upevnil na štěrbinu přístroje, která navazuje na vnitřní světelnou integrační sféru.



Obr.1 Spektrofotometr Konica Minolta CM-3600d s přiloženým vzorkem odrazného plechu

Přístroj měří dle doporučení dokumentu CIE No. 15 geometrií d/8 a umožňuje měření spektrálního činitele odrazu světla s obsaženou zrcadlovou složkou i bez ní. Díky tomu můžeme zjistit velikost zrcadlového odrazu. Princip fungování je následující: světlo z vestavěných pulsních xenonových výbojek osvětlí vnitřní povrch integrační sféry přístroje. Světlo rozptýlené odrazem od vnitřního povrchu sféry rovnoměrně osvítí zkoumaný vzorek. Světlo odražené od povrchu vzorku odkloněné o úhel 8° od normály povrchu prochází propustnou komorou a dále je optickými vlákny přivedeno na senzory měřící vzorek. Ostatní rozptýlené světlo v integrační sféře je přijato dalšími optickými vlákny a přivedeno na druhou sadu senzorů monitorovacích. Použitím výstupních signálů měřicích a monitorovacích senzorů k výpočtům mohou být kompenzovány malé rozdíly ve spektrálních charakteristikách a intenzitě osvětlení světelných zdrojů v přístroji. Oddělené světelné signály se rozdělí na pásma široká po 10 nm a ta jsou proporčně převedena senzory na elektrické proudy, které vstupují do analogového obvodu ke zpracování. Výstupní data jsou skrze software zaslána na připojený počítač a mohou být dále zpracovávána uživatelem. [5, 6]

Aby se při měření vyloučil vliv orientace čtvercového vzorku, byl každý ze vzorků otáčen po 90° a tato rotace se provedla třikrát. Ze získaných 12 hodnot se dále vycházelo při výpočtu činitele integrálního zrcadlového odrazu a velikosti integrálního rozptylu. Ze zpracovaných dat vyplývá, že některé ze vzorků mají různý činitel odrazu v závislosti na orientaci vzorku. Rozdíly jsou však pouze malé (max. 0,62 %) a mohou být dány jak vlastnostmi materiálů, tak jeho nerovnostmi.

Důležitým aspektem při posuzování integrálního činitele odrazu je, pro jaké světlo platí, neboť každé světelné spektrum má jiný obsah odpovídajících vlnových délek.

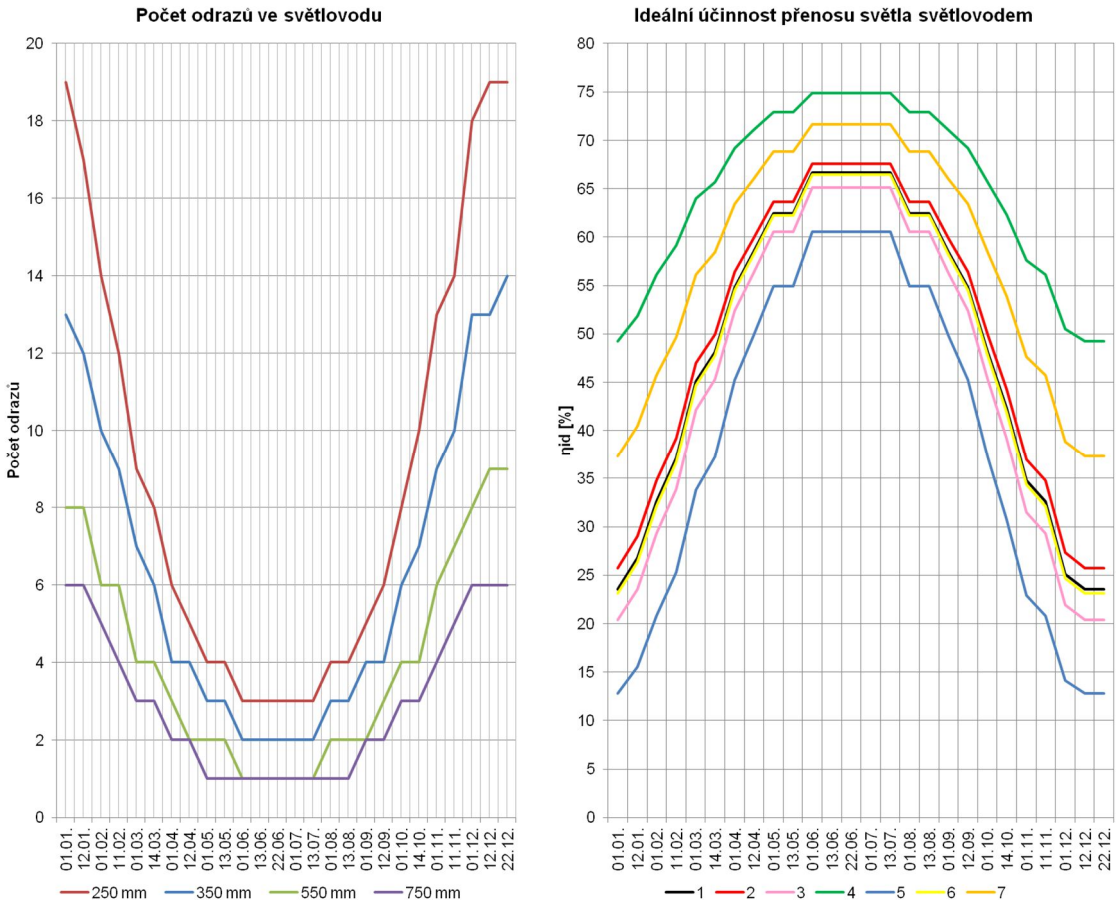
Existují normovaná světelná spektra, např. C, D50, D55, D65, D75, z nichž každé reprezentuje určitý světelný projev (např. standardní spektra typu D byla vytvořena k reprezentaci denního světla). V předloženém článku jsou výsledky uváděné pro spektrum D55.

Z výsledků vyplývá, že integrální činitel odrazu všech posuzovaných materiálů je velmi vysoký. Leštěný hliník s 95% integrálním činitelem odrazu, či chrom se svými 84 %, jsou již pro účely světlovodů materiály minulosti. U posuzovaných materiálů nebyla zjištěna významná spektrální selektivita odrazných povrchů. Měření také ukazuje větší rozmezí rozptylu. Toto je však nutné brát s rezervou, neboť některé měřené vzorky nebyly zcela rovné. Výsledky jsou přehledně uvedeny v následující tabulce Tab. 1 níže.

Tab.1 Výsledný vypočtený integrální činitel odrazu zkoumaných materiálů na základě změřených hodnot spektrálního činitele odrazu v pásmu 360 -740 nm

Výsledný integrální činitel odrazu v pásmu 360 - 740 nm				
Materiál	Typ světla	Integrální zrcadlový ρ_r [%]	Integrální rozptyl ρ_d [%]	Integrální celkový ρ [%]
1	D55	94,14	4,27	98,41
2	D55	92,99	5,66	98,65
3	D55	97,41	2,39	99,80
4	D55	93,70	5,02	98,72
5	D55	90,75	8,36	99,11
6	D55	93,61	4,85	98,47
7	D55	96,00	2,14	98,14

Pro dokreslení představy o světlovodech jsou zde pro zajímavost ukázány výsledky geometrického výpočtu množství odrazů světelného svazku od stěny světlovodu, ke kterému dojde při průchodu skrze fiktivní přímý světlovod dlouhý 1500 mm o různých průměrech, které jsou běžně dostupné na našem trhu. Počet odrazů přenášeného paprsku závisí na úhlu jeho vstupu do světlovodu, průměru tubusu a jeho délce. Každý odraz paprsku proběhne jako smíšený, ale ve výpočtu uvažujeme pouze velikost integrálního zrcadlového odrazu (viz Tab.1). Výsledkem je graf vpravo, který ukazuje účinnost (η_{id}) průchodu přímého paprsku světlovodem délky 1500 mm o průměru 250 mm, jestliže vstupuje hlavní osou do světlovodu v pravé poledne určitého dne vyznačeného na vodorovné ose. Umístění fiktivního světlovodu je v Brně. Dále je uvažována 90% účinnost průchodu paprsku jak nástřešní kopulí, tak difuzorem. Výsledky ukazují následující grafy na Obr. 2.

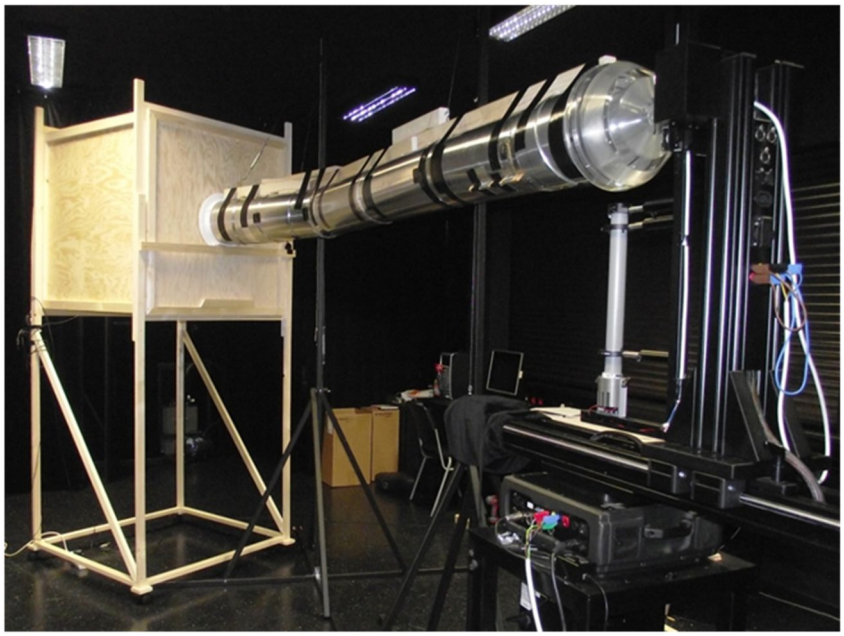


Obr.2 Vlevo: počet odrazů paprsku, v ideálním přímém světlovodu délky 1500 mm a různých průměrech, vstupujícího do světlovodu středem v poledne daný den; Vpravo: odpovídající účinnost průchodu paprsku ideálním světlovodem délky 1500 mm, o průměru 250 mm, vyrobeném z odrazných materiálů posuzovaných v článku;

Důvodem velkého útlumu paprsku v zimních měsících je velký počet odrazů v tubusu. Odrazné materiály pro světlovody jsou navrženy tak, aby vykazovaly co nejlepší zrcadlový odraz, malý rozptyl a malé pohlcení dopadajících světelných paprsků. Žádný materiál však není dokonalý, a proto dochází při každém odrazu ke ztrátám složeným z rozptylu a pohlcení dopadajícího paprsku. Důsledkem toho vidíme na pravém grafu velký rozdíl útlumu v zimě oproti letním měsícům.

2.2 Měření jednotlivých variant světlovodů

Pro laboratorní zjištění směrové přenosové charakteristiky světlovodů bylo nutné stanovit postup. Měření probíhalo s vodorovně zavěšeným světlovodem, jehož hlavní osa byla ve výšce 2 m nad podlahou laboratoře, stejně jako osový střed automatického goniofotometru. Na rameni automatického goniofotometru byl upevněn světelný zdroj, který měl při měření simulovat slunce (sluneční složku denního světla). Světlovod ústil do krychlového světelného integrátoru. Viz Obr. 3.



Obr.3 Ukázka měřicího pracoviště v laboratoři, světlovod s ohybem ústící do krychlového světelného integrátoru

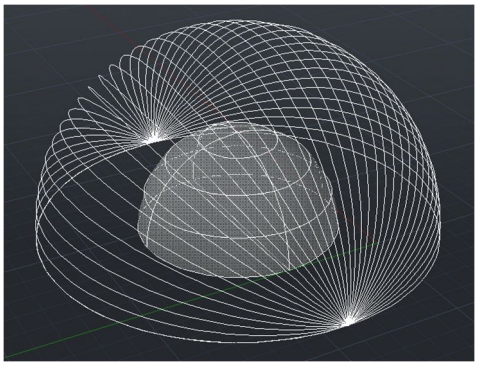
Zvolená metoda měření měla napodobovat sluneční složku denního světla. Pro simulaci žádaného světla potřebujeme malý světelný zdroj s takřka rovnoběžnými paprsky, který respektuje zdánlivou velikost slunce na obloze a jeho světelný tok nezávisí na poloze zdroje. Takovým požadavkům vyhovělo svítidlo složené z několika dílčích komponentů. S ohledem na požadavek rovnoběžnosti paprsků byl vybrán LED modul XP-E, na který lze přiložit čočku usměrňující vyzařované světlo do úzkého paprsku s rozbíhavostí pouze 3°. Připevnění čočky ke světelnému zdroji bylo vyřešeno navržením sestavy tří rozebíratelných plastových dílů, které byly vytištěny na 3D tiskárně. Aby byl vycházející svazek paprsků lépe vymezen a okraj světelné stopy dopadající na kopuli ostřejší, byl na svítidlo přidán neprůsvitný tubus s vnitřní černou matnou výmalbou ukončený iris clonkou nastavující velikost průmětu světelné stopy na kopuli. Celá sestava pak byla připevněna k rameni automatického goniofotometru. Viz Obr. 4.



Obr.4 Skladba komponentů svítidla a vpravo celé svítidlo s clonou na rameni goniofotometru

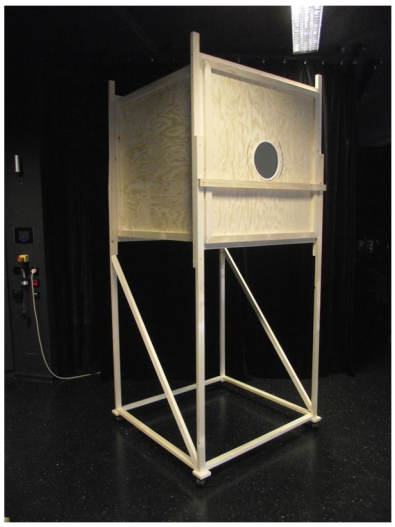
Oběh okolo nástřešní kopule, probíhal v rovinách C-γ. Aby bylo možné v budoucnu modelovat odezvu světlovodů v různých zeměpisných místech instalace při různých časech, byla síť poloh světelného zdroje zvolena poměrně hustě. Roviny oběhu zdroje okolo kopule

světlovodu byly odstupňovány po 5°a stejná byla také velikost kroku umělého „slunce“ v každé rovině. Trajektorie oběhu světelného zdroje jsou demonstrovány na následujícím obrázku (Obr. 5).



Obr.5 Trajektorie oběhu světelného zdroje okolo kopule světlovodu

Světlovod ústil do krychlového světelného integrátoru, kde byla měřena hladina osvětlenosti. Tento způsob měření byl zvolen s ohledem na menší časovou náročnost. Norma připouští měření světelného toku svítidel i světelných zdrojů s použitím světelného integrátoru kulového i krychlového. Pokud chceme změřit světelný tok vycházející ze světlovodu, musí mít světelný integrátor mít odpovídající otvor pro vyústění světlovodu. Z tohoto důvodu byl svépomocí vyroben krychlový světelný integrátor s vnitřní délkou hrany 1 m. Stěny z překližky zpevněné vnějším rámem byly vymalovány bílou barvou Primalex Polar kvůli vysokému obsahu $BaSO_4$ (deklarováno min. 92 %). Celý integrátor byl vyzdvižen na čtyřech nohách se zavětrováním tak, aby střed vstupního otvoru integrátoru byl ve stejné výšce jako hlavní osa zavěšeného světlovodu. Naproti vstupnímu otvoru do krychlového integrátoru byl připevněn fotočlánek luxmetru PRC Krochmann RadioLux 111 zastíněný clonkou proti přímému osvitu z připojeného měřeného světlovodu.

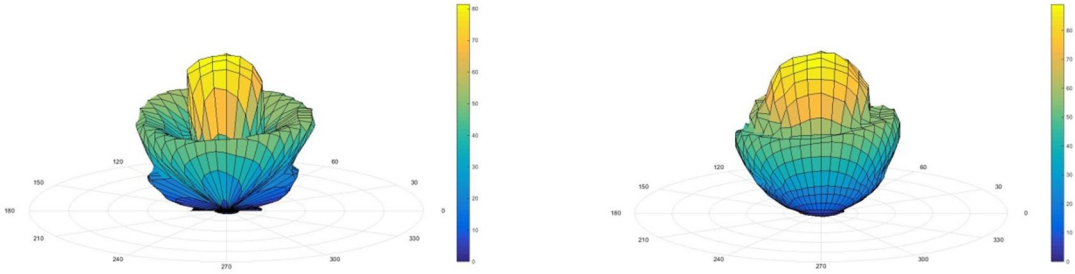


Obr.6 Krychlový světelný integrátor (vnitřní hrana délky 1 m)

Celkem bylo změřeno 18 variant světlovodů, které byly rozděleny do tří skupin. První skupinu tvořily rovné světlovody, u nichž se zjišťovala nejlepší kombinace kopule a stropního krytu. Druhá skupina byla složena ze světlovodů s vloženým kolenem a to s cílem zjistit lepší umístění ohybu v trase. Ve třetí skupině s velmi krátkými světlovody se měřila závislost

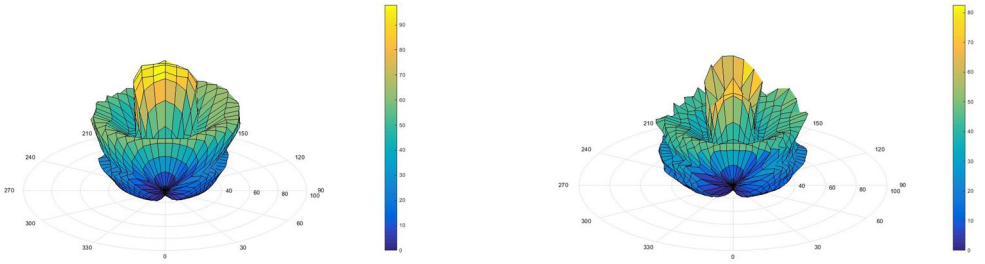
poklesu účinnosti průchodu světla při zvětšování úhlu zalomení trasy. Průměr světlovodné trasy byl 250 mm. Každá skupina světlovodů měla jinou délku světlovodné trasy (od 1715 mm do 2886 mm).

Ze získaných dat byly vytvořeny 3D modely představující směrovou přenosovou charakteristiku světlovodů. Následující obrázky (levá a pravá část Obr. 7) demonstrují základní rozdíl výstupní charakteristiky při nasazené nástřešní kopuli drážkované a čiré. Jedná se o tentýž přímý světlovod. Levý objekt představuje směrovou účinnost světlovodu s drážkovanou kopulí, která má navíc uvnitř kopule vsazené přídavné odrazné zrcadlo. Tvar citlivosti je dán lokalizací drážkování na kopuli. Pokud paprsek přecházel přes drážkování, odezva fotočlánku v integrátoru byla vyšší. K záměrnému výraznému omezení světelného toku světlovodu dochází při polohách slunce odkloněného od zenitu o 15° - 40°. Drážkovaná kopule zajišťuje lepší zachycení oblohového světla při nízkých úhlech elevace slunce nad obzorem. Použití pouze drážkované kopule s absencí vnitřní izolační čiré kopule zajišťuje nejlepší výsledky. Pravý objekt představuje světlovod osazený pouze čirou kopulí.



Obr.7 Směrová účinnost; Vlevo světlovod s drážkovanou kopulí a zrcátkem; Vpravo světlovod pouze s čirou kopulí

Tvar modelu je ovlivněn všemi opticky aktivními komponentami světlovodu, ovšem k výrazné změně tvaru modelu dochází při ohybu světlovodné trasy (viz levá a pravá část Obr.8).



Obr.8 Změna směrové účinnosti průchodu parsků; Vlevo rovný světlovod; Vpravo světlovod s ohybem 60°

Hlavním úkolem měření práce bylo zjištění, v kterém místě je výhodnější světlovodnou trasu zalamovat, zda blíže kopuli nebo blíže difuzoru. Tabulka (Tab. 2) srovnává světlovodné trasy podle vybraných úhlů dopadu světla (γ_s - výška elevace slunce). Rozdíly mezi jednotlivými světlovody byly v místě zalomení trasy a úhlu ohybu.

Tab.2 Účinnost stejného světlovodu lišícího se ohybem pro vybrané úhly dopadu světla na kopuli

Účinnosti průchodu paprsku světlovody (délka 2868 mm)						
	Ohyb blíže k difuzoru			Ohyb blíže ke kopuli		
Ohyb	0°	30°	60°	0°	30°	60°
γ_s	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
20°	28,3	33,7	32,7	28,7	33,0	30,6
25°	34,5	37,5	37,1	34,2	44,0	42,5
30°	37,5	38,0	35,6	30,7	35,6	36,3
35°	35,8	38,5	38,7	34,6	42,3	43,6
40°	43,3	40,6	43,1	40,4	37,7	39,0
45°	52,5	48,3	47,2	54,0	48,1	48,4
50°	56,7	50,0	45,0	54,8	50,7	42,5
55°	50,6	44,9	38,3	47,4	44,6	39,8
60°	38,5	34,9	31,0	36,4	35,1	33,0
65°	35,0	31,8	30,9	35,5	31,5	32,0
Průměr	41,3	39,8	37,9	39,7	40,3	38,8

Nejprve byly změřeny rovné světlovody s nastavitelným kolenem, které nebylo zalomeno. Ukázalo se, že je lepší mít malé nerovnosti (dané spojováním dílů kolene), které zvyšují počet odrazů, až na konci trasy. Rozdíl v účinnosti je 1,6 % (41,3 % oproti 39,7 %). Pokud trasu zalamujeme, pak je lepší zlom umístit blíže ke kopuli. V obou případech s úhly 30° a 60° jsou účinnější trasy s koleny blíže kopuli. Při 30° ohybu je rozdíl 0,5 %, při 60° je rozdíl o velikosti 0,9 % Rozdíly by se pravděpodobně více projevily u delších světlovodů. Zde byl posun kolene v trase pouze o 1200 mm.

Při vyhodnocení se vyskytly dvě anomálie. Došlo zde k nelogickému zvýšení účinnosti světlovodu při jeho zalomení z přímé trasy na zalomenou na 30° u kolene umístěného blíže ke kopuli. Je to zvláštní úkaz, neboť u třetí skupiny, krátkých světlovodů, došlo také ke zvýšení účinnosti při zalomení světlovodu z 30°na 60° o 0,3 %. Pravděpodobně se jedná o chybu měření. U krátkých světlovodů (délka 1715 mm) byla po zalomení o 30° dále zjištěna pouze malá závislost poklesu účinnosti při větším zalomení trasy.

3 Závěr:

Při návrhu staveb by bylo pro projektanty i investory účelné, pokud by bylo možné přesně vyčíslit přínos světlovodu během roku pro osvětlovaný interiér. V dalším kroku by bylo dobré zjistit směrovou přenosovou charakteristiku přenosu difúzního světla světlovodem. Změřením účinnosti průchodu světla světlovodem při přímém a rozptylném osvětlení bychom získali podklady představující chování světlovodu. Poté by bylo možné výpočtem stanovit pomyslnou provozní účinnost světlovodu - to jak během jednotlivých měsíců, tak i během dne. Data potřebná k tomuto teoretickému stanovení by musela obsahovat informace o skladbě dopadajícího exteriérového denního světla na kopuli světlovodu, tedy jaký je poměr rozdělení dopadajícího světla na přímou a difuzní složku. Tato data je možno získat aproximací pro umístění instalace světlovodu z jednotlivých měřicích stanic. Ovšem v ČR

se zatím tato měření neprovádějí. Nejbližší měřicí stanice je na SAV v Bratislavě a dále ve Vídni. Aproximace dat se však nedoporučuje, mohou vznikat velké odchylky. Pokud by byly dostupné hodnoty pro ČR, otevřely by se další možnosti přesnějšího hodnocení účinnosti světlovodů a finanční návratnosti instalace.

Poděkování:

Publikace vznikla v Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE) za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I (projekt č. LO1210) a projektu specifického výzkumu na VUT (projekt FEKT-S-17-4784). Autoři dále děkují za rady a připomínky panu Ing. Jiřímu Novotnému, šéfredaktorovi časopisu Světlo.

Literatura a odkazy

[1] NEKVAPIL, J. *Vliv optických prvků na účinnost světlovodu.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 114 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Škoda, Ph.D.

[2] DARULA, Stanislav, Richard KITTLER, Miroslav KOCIFAJ, Jiří PLCH, Jitka MOHELNÍKOVÁ a František VAJKAJ. *Osvětlování světlovody*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, s. 19 - 30. Stavitel. ISBN 978-80-247-2459-1.

[3] PLCH, Jiří, Petr SUCHÁNEK a Jitka MOHELNÍKOVÁ. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2004, v, 129 s. ISBN 80-865-1782-9.

[4] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013, 622 s. ISBN 978-80-86534-21-3.

[5] CIE Technical report 15:2004: Colorimetry. 2004.

[6] Spectrophotometer Konica Minolta CM-3600d, Instruction manual.

Kam kráčíš světelná techniko (zamyšlení)

Ing. Petr Niesig a kolegové

Místo úvodu

Jak mám zjistit jaký je současný stav světelné techniky? Co mi tak asi řeknou ostatní?

Vliv světla na člověka

- Pokračuje se ve zkoumání sítnice oka, potvrzuje se spolupůsobení klasických receptoru (hlavně čípky) se světlocitlivými strukturami (gangliové buňky - ipRGCs). Celý systém se zdá být ještě komplexnější, než jsme si dovedli představit. Také poznatky o vlivu světla na člověka se rozšiřují přes hranice biologie a jejich aplikace se objevuji nejen ve světelné technice.
- Projekt ve Švýcarsku, kterého se L. Maierová zúčastnila, se ze základního výzkumu posunul k aplikacím, zejména k technickým řešením, řízení stínění atd. s ohledem na kvalitní vnitřní prostředí a cirkadianní rytmy pracovníků v kancelářích. Vznikla tam nová vědecká skupina, která se zabývá komplexním hodnocením světelného prostředí v budovách (hlavně s denním světlem), sleduje denní dávku světla dopadajícího do oka (dostatečné/nedostatečné množství pro zajištění synchronizace vnitřních biologických hodin), vliv na psychiku člověka, řeší pozici světla směrem k směru pohledu – pomoci virtuální reality. Sledují např. reálný pohled uživatele v prostoru. Bohužel, vzhledem k výkonu světelných zdrojů ve VR, nelze prozatím pomocí těchto zařízení posuzovat kvalitu osvětlení, nelze totiž simulovat reálně oslnění (přestože to řada prodejců různých firem ve svých prezentacích tvrdí).
- V rámci výzkumného centra UCEEB je snaha rozjet projekt, který by nabízel konzultace a návrhy optimalizace světelného prostředí. A dále snaha o propojení napříč obory (biologie, psychiatrie, elektro, architektura, design...) a umožnit studentům v laboratořích vyvíjet různé systémy, posuzovat dlouhodobě jejich vliv na člověka.
- V srpnu 2015 vyšla nová verze německé normy DIN SPEC 5031-100:2015-08 o cirkadiánních (zde zvaných melanopických) účincích světla. Mění značení a zavádí další melanopické veličiny jako analogii k fotometrickým veličinám. Oproti první verzi se trochu změnil tvar váhovací křivky. Zavádí také Obdobu cirkadiánního indexu Ac jako melanopisches Tageslichtäquivalent (v americké literatuře se používají veličiny cirkadiánní světlo (CLA) a cirkadiánní stimulus (CS). Ve fototerapii se většinou pracuje jen s teplotou chromatičnosti a se znalostí, že vyšší Tcp má (většinou) větší podíl aktivní modré složky.
- Od roku 2015 proplácejí veřejné zdravotní pojišťovny fototerapii (terapii jasným světlem, kde je účinná právě modrá složka) v rámci lůžkové psychiatrické péče. Použití je zejména při léčbě deprese, narušení rytmu spánek/bdění a v gerontopsychiatrii (psychiatrie pro seniory) při mírnění doprovodných onemocnění u pacientů s demencí.
- Chronobiologická fototerapie (tj. správně načasované působení jasným světlem chladného tónu) se nyní používá asi na 20 psychiatrických pracovištích pro celé ČR a několikrát do roka probíhají akreditované kurzy pro lékaře a pro sestry. Více: www.chbft.cz

- Vyšel výborný článek ze studie extrémních skřivanů a sov, na kterém se významně podílela L. Maierová: https://www.researchgate.net/publication/308386877_Diurnal_variations_of_hormonal_secretion_alertness_and_cognition_in_extreme_chronotypes_under_different_lighting_conditions

Teorie X Praxe v osvětlování

- Osvětlení v legislativě – Jana Lepší 2014, 40 stran informací. Evropská legislativa, Česká legislativa, Technické normy.
- Šmejdi - pokoutní prodavači ledek a „zavedené“, „seriózní“ firmy, které používají podobné praktiky. O to hůř, že podvody umí „kvalifikovaně“ zdůvodnit.
- Svítidla musí být LED a hlavně levné, dál už je to jedno.
- Mnozí architekti nemají potřebu porady se světelným technikem - vždyť světlu rozumí každý z nich. Vznikají tak nevšední interiéry (mnohdy i oceněné cenami svazu architektů) mající jedinou chybu - nebylo uvažováno s pobytem a zrakovou činností osob.
- Hygiena často nepožaduje výpočet či měření denního osvětlení. Hygiena se při kontrole projektu často spokojí jen s údajem Ēm, ostatní velmi důležité požadavky bývají opomíjeny.
- Velice často se setkávám ve výpočtech s udržovacím činitelem např. 0,92.
- Osobně spatřuji také problém ve stanovení udržovacího činitele LED svítidel (ldt formát neobsahuje a projektant se k bližším datům nedostane)
- UGR - mnohdy se setkávám, že ve výpočtech kdosi „zapomněl“ udělat výpočet UGR.
- Velké trápení jsou normy nestíhající vývoj techniky. Normy jsou připraveny na zářivková svítidla, ale LED svítidla to příliš nerespektuje.
- Obecný tlak na energetické úspory za každou cenu, tedy toto pak vede k používání nejstudenějších teplot chromatičnosti sv. zdrojů.
- Co mě trápí a dost štve na světelné technice u nás, je selhání naší akademické obce ve vztahu k laické i odborné veřejnosti.
- S tím také souvisí neexistence jakékoliv odborné platformy, kde by se formoval nějaký společný odborný názor a vyměňovaly se názory a pohledy na teoretické i praktické otázky ze světelné techniky, terminologie, normy a vývoj a nová témata v oblasti světelné techniky.
- Podobného názoru je i Tomáš Sousedík, který na to šel cestou konference uspořádané letos v září nazvané Světlo v praxi. Tomáš se totiž jako světelný poradce setkává s takovými hrůzami („Každý lže, ale někdy je to až příliš“), že to již nevydržel a zkusil proti tomu něco udělat. V poslední době se setkávám stále častěji s tvrzením, že svítidlo je vhodné pro osvětlení kanceláří, že UGR < 19. Dokonce na Ampéru vystavovali svítidlo, u kterého uvádí UGR < 16 (no jo, ono je, jenže za svíticí plochu mají uvedenou větší velikost, než je skutečnost, ve skutečnosti má toto svítidlo UGR mnohem vyšší.
- Mně osobně chybí možnost vzdělávání a nějakých seminářů, kde bych se něco opravdu dozvěděl, snažím se jezdit na Dlouhé stráně i do Plzně, ale většinou si říkám: „Jen ať se mě v práci nikdo nezeptá, co si se dozvěděl, co ti to přineslo.“ Většinou bych nevěděl, co mám odpovědět. Přijde mi, že kdo něco ví, tak to nechce

říct, protože jsme holt v tržním prostředí. Myslím, si že i Česká společnost pro osvětlování neplní to, co bych si představoval, tedy větší předání informací a znalostí.

- Snažím se proti tomu bojovat. Předával jsem náměty do ČSO. A semináře pro projektanty, které pořádáme za naši firmu společně s Pavlem Staňkem a přizvanými kolegy, děláme tak, abychom nebyli „předčítači katalogů“, ale abychom předali nabyté zkušenosti. Další mojí činností je i podpora výuky na SPŠ SE v Liberci, kde se mi podařilo s přispěním i jiných firem dovybavit elektrolaboratoř pro zlepšení ponětí o světle. Včetně modelu kanceláře, kde si studenti zkouší nastavit intenzitu a směr světla podle vlastních pocitů. Proběhla zde i maturitní práce, která se tomuto tématu věnovala.

Legislativa

- V současné době není projekt osvětlení samostatnou součástí projektové dokumentace, to znamená, že na řešení osvětlení nejsou v rámci projektu peníze ani čas a tomu pak odpovídá kvalita výsledného řešení. Projektanti a architekti se honí jako čuby, aby něco zákazníkovi vymysleli pěkného, funkčního, moderního a pak to ve výběrku někdo podhodí. „Znalec“ obchodník to vymění stylem „To má stejné lumeny“. Ve veřejných zakázkách ani nesmí být uvedeny přesné typy svítidel.
- Dokonce se již objevují zadání pro projektovou dokumentaci, kde je uvedeno, že „Dodavatel je oprávněn upravit výměry v případě vlastního návrhu jiného úspornějšího řešení oproti PD."
- Projektanti to podepíšou, ručí za kvalitu, funkci, ručí za celý projekt a nějakej „šikula“ nahradí „neklouzavou podlahu levnějším materiálem, a když zaprší, babička si zlomí nohu, nebo když si architekt trvá na tom, že na těch schodech nebude zábradlí“. Vypadá to, že to nesouvisí, ale když jsem udělal projekt na osvětlení třídy a pro osvětlení tabule jsem použil asymetrická svítidla umístěná na stropě, jelikož jsem k tomu měl své důvody, tak architekt řekl, že se mu na stropě nelíbí a osvětlovací soustava se zrealizovala dle architekta.
- Takže, kdo má vlastně autorská práva na řešení, kdo ručí za projekt stavby? Jak to, že je možné ignorovat to, co je v projektu, a dokonce i to, co chce investor? Ano, to se taky stává, investor chce svítidlo A, dodavatel řekne NENE, bude tam B. Kam může kráčet světelná technika, když rozpočtáři - ignoranti jsou placení z toho, co ušetří na dodávce. Světelná technika kráčí kupředu moc rychle, od doby LED svítidel najednou světlu rozumí kdekdo.
- Velice často za projektanty dělají práci dodavatelé, světelně technické výpočty si nechají zpracovat. Jenže tihle „odborníci“ se za odborníky jen vydávají. Jak by bylo jinak možné, že zákazník obdrží výpočet, kde je udržovací činitel uvažován 0,92.
- Dostávám se k tomu, co neumím řešit. Nalezne se tu někdo, kdo by věděl jak a co je v tom možno udělat?

Svítidla (co je vhodné/ co se používá)

- Chodby/WC: LED, svícení do hrany, opálový difuzor, downligty s COB
- Kanceláře/učebny/ordinace: LED s difuzorem (často opálovým) – UGR!, podle mě je vhodnější svítidlo s mřížkou. Ale často i to nejlevnější a nejúčinnější.
- Prodejny: LED často reflektory, plošně opálový difuzor, pozor na UGR u pokladen.

- Průmyslové prostory:
  – LED plastové prachotěsy s Al chladičem (na kovová sv. většinou nejsou peníze)
  – LED liniová svítidla, v případě náhrad za „hrnce“ často problém s oslněním
- Tělocvičny: LED svítidla s mřížkou (nezapomenout, že u školní tělocvičny norma požaduje i UGR)
- Venkovní hřiště: LED asymetrické reflektory s COB
- Stadiony: Reflektory – stále ještě většinou s metalhalogenidovou výbojkou
- Veřejné osvětlení:
  - Svět blbne ve velkém. Tedy i ve světelné technice - plně cloněná svítidla nejsou zárukou menšího světelného špinění, jsou zárukou nižší kvality osvětlení. Přesto jsou k vidění stále více, protože starostové mají zatlučené klíny do hlavy, že světelná špína je životu nebezpečná.
  - Vyplatí se LED ve VO? V řadě případů ano. Problém je s jejich „úžasnou“ fotometrií a oslněním. Nové normy dokonce snížily pro některé třídy M požadavky na omezení oslnění a osvětlení okolí.
  - Snad se povede udržet zavedení požadavku na hodnocení oslnění ve třídách osvětlení C a P (viz ČSN P 36 0455), což je zase významné plus. Žel, nasazení LED je zdeformováno dotacemi.
  - Větší množství prvků sice teoreticky snižuje riziko oslnění, ale to by musela být každá čočka jiná, aby směrovala světlo do jiného místa. Současně, čím víc prvků, tím větší pravděpodobnost poruchy - pokud jsou svítidla mizerná, tak neumožňují výměnu modulu s diodami - pokud ano, tak nikoliv lacino a dokud to bude trochu svítit, tak to obec nechá skomírat. Tedy v důsledku to je ohrožení bezpečnosti. Z toho pohledu jsou lepší COB, když umřou, tak nezbude než je vyměnit.
  - Nejsem si jist, zda je čočka obecně správná cesta. Stále problém oslnění. Mnohem víc se mi líbí způsob malých reflektorů, viz Siteco, viděl jsem i LG a ještě někoho. Na výrobci je kladen tlak na cenu a hodě lm z W. (Běžná soda má 70-80 lm/W, LED jsou na dvojnásobku, takže je s čím pracovat a navrhnout svítidla s kvalitní optikou za cenu nižší účinnosti, jenže…)
- Pěstování rostlin (horticultural lighting): Zde pozoruji prudký rozvoj zájmu o LED osvětlení pro pěstování rostlin, dokonce i osvětlování ryb. Zjistilo se, že fotometrická křivka je u rostlin naprosto jiná než u lidí a nepoužívá se osvětlenost v (lx) ale energie v (mol/m2). Je možno vybrat LED pro konkrétní vlnové délky i COB s přímo namíchaným světelným spektrem. Používají se 3 vlnové délky (far red 730 nm, hyper red 660 nm a deep blue 450 nm).

Napájecí zdroje

- Se zadostiučiněním sleduji, že se řada výrobců konečně začíná zajímat o napájecí zdroje bez elektrolytických kondenzátorů a objevují se kromě nás i další výrobci takových zdrojů. Jinak se na tu spolehlivost nedostaneme. (J. Černoch)

Rád bych, aby to nebyl závěr, ale provokace:
Rád bych, kdyby každý, komu to není jedno, udělal alespoň něco, aby ten, kdo bude psát něco podobného v budoucnosti, měl pozitivnější článek.

A teď ještě jména kolegů a kolegyň, díky nimž toto vzniklo (tímto jim děkuji):

L. Maierová, J. Lepší, A. Fuksa, T. Maixner, J. Pohl, P. Stupka, L. Stránský, P. Žák, P. Baxant, M. Hadziosmanovic, P. Novotný, R. Mičín, J. Černoch, D. Novák a ještě K. Sokanský, který mě to přemluvil udělat.

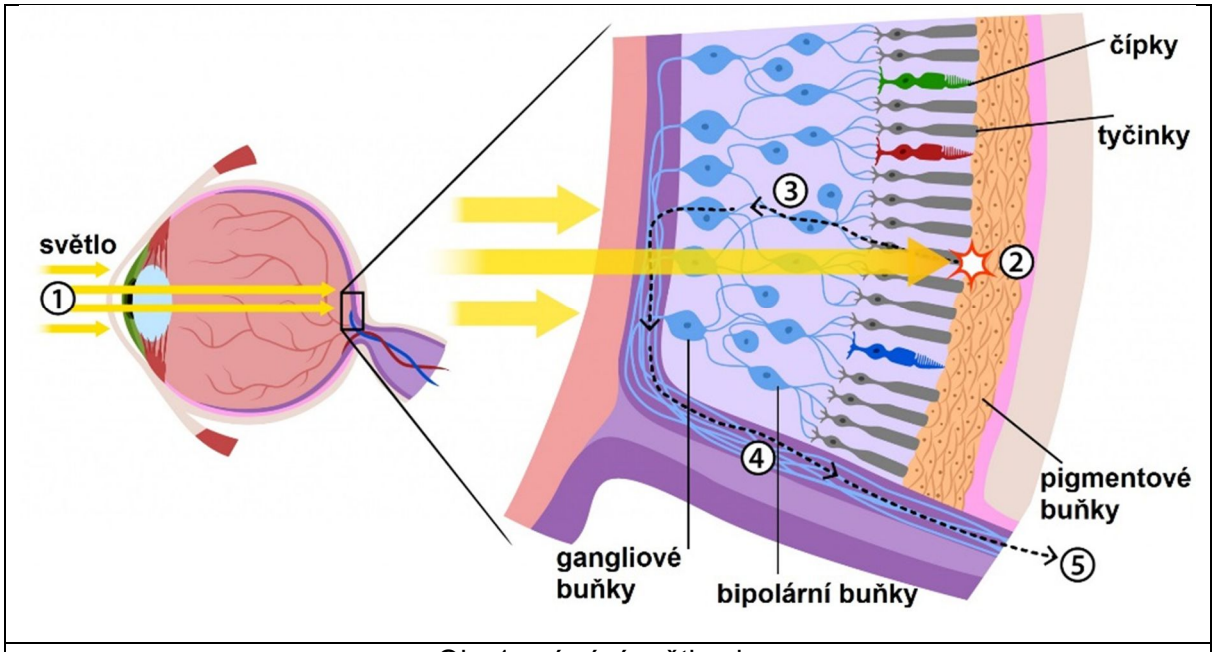
pozn.: Hovorové výrazy jsem do textu záměrně převzal tak jak jsem je obdržel od kolegů.

Human Centric Lighting

Ing. Daniel Novák

HALLA, a.s.; www.halla.cz; novakd@halla.cz

Lidské vnímání světla se dělí na vizuální a biologické. Vizuální vnímání přináší člověku informace o okolí které se přenáší zrakem. K tomuto vjemu člověk potřebuje světlo, které přichází do fotoreceptorů umístěných v oku. V oku jsou fotoreceptory čípky a tyčinky. Čípky zprostředkovávají vidění ve dne a tyčinky v noci. Vidění ve dne (fotopické vidění) je barevné a vidění v noci (skotopické) je černobílé. Oboje toto vidění přináší člověku vizuální vjem. Třetím typem fotoreceptorů v oku jsou gangliové buňky. Tyto buňky jsou zodpovědné na biologické vnímání světla, kdy aktivují tělo k patřičným činnostem. Tělo by v průběhu dvaceti čtyř hodinového dne mělo vystřídat různé činnosti, které na sebe vzájemně navazují a zahrnují jak odpočívání tak produktivní část dne a v neposlední řadě i spánek.



Obr.1 vnímání světla okem

Světlo, které vyvolá vjem v gangliových buňkách připravuje člověka k vyšší aktivitě a naopak nízké hladiny světla především v modré oblasti spektra připravují organismus k odpočinku a relaxaci. Z gangliových buněk je informace přenášena do mozku, který pak řídí cely organismus.

Světlo, které takto stimuluje lidské oko může pocházet z různých světelných zdrojů. Nejpřirozenějším světelným zdrojem je denní světlo, přicházející právě k tomuto oku přímo od slunce. Toto denní světlo se v průběhu dne mění vzhledem k poloze Slunce na obloze a vzhledem ke stavu počasí (oblačnosti). Tento přirozený princip ovlivňoval lidi od počátku co se vyskytovali na Zemi. Lidé se dnes zavírají do budov (kanceláří, škol, továren ale i samotných domovů). Denní světlo do místností v těchto budovách dopadá jen omezené a jeho působení na lidi pak je také omezené.

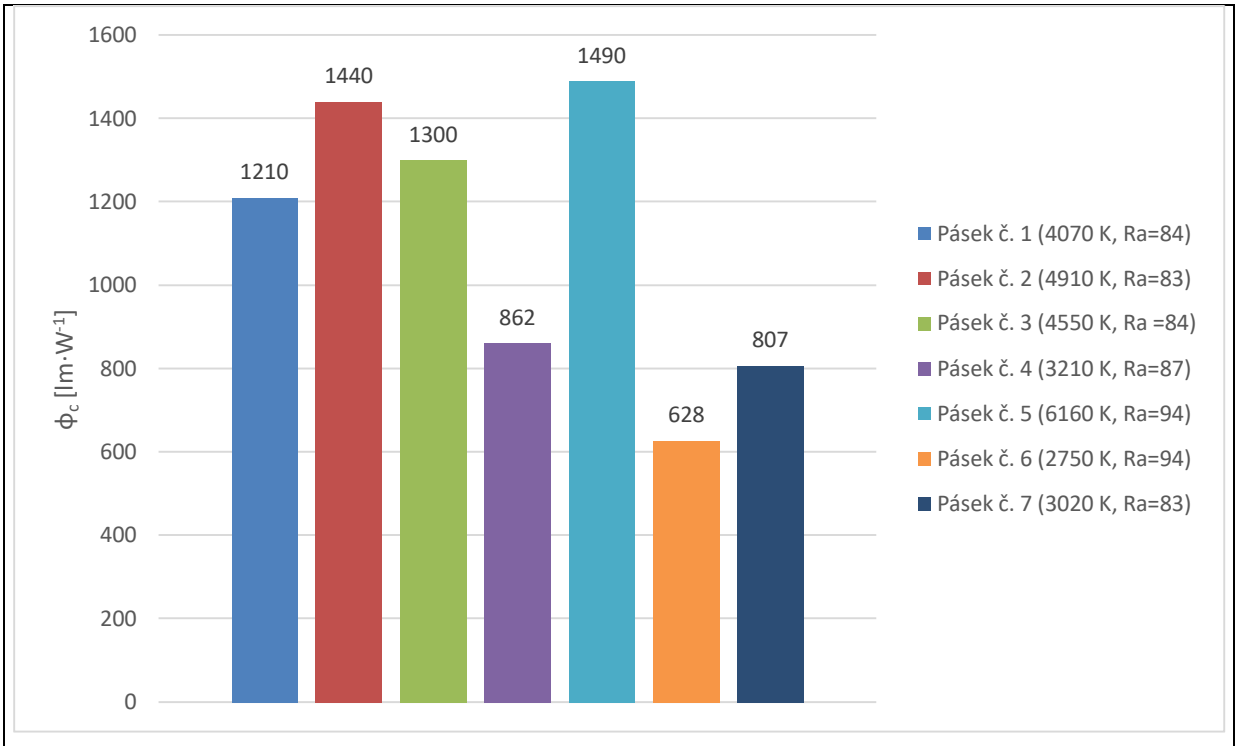
V budovách se snažíme svítit umělým osvětlením tím lidem zprostředkováváme vizuální vjem. Svícení umělým osvětlením, které se běžně používá není schopno měnit svůj charakter a tím se nedokáže připodobnit osvětlení dennímu. S novými světelnými zdroji především LED a s novými technologiemi řízení umělého osvětlení se otevírají možnosti jak tento princip denního světla do budov přinést. Přestože je zřejmé, že nahradit světlo ze Slunce není možné a energeticky by toto bylo velice náročné a tudíž nehospodárné, tak princip osvětlení reagujícího na potřeby organismu volbou vhodného světelného spektra a intenzity osvětlení je pro lidské potřeby přínosný.

Světelné zdroje LED produkují světlo o různém spektru světla. Toto spektrum je různé pro světelné zdroje s rozdílnou teplotou chromatičnosti a také s rozdílným indexem podání barev.

Vliv jednotlivých světelných zdrojů byl zkoumán v diplomové práci nazvané: „Analýza spektra světelných diod a jejich vhodnost pro umělé osvětlení“, kterou na ČVUT FEL připravoval Bc. Jan Klenovec pod vedením Ing. Mareka Bálského, Ph.D.. Téma diplomové práce zadala firma HALLA proto, aby určila, které světelné zdroje jsou vhodné pro dané osvětlení.

Tato diplomová práce porovnávala jednotlivé světelné zdroje hodnotila jejich účinek na cirkadiánní rytmus.

Jednotlivé světelné zdroje je od sebe liší svým světelným tokem a cirkadiánním tokem.

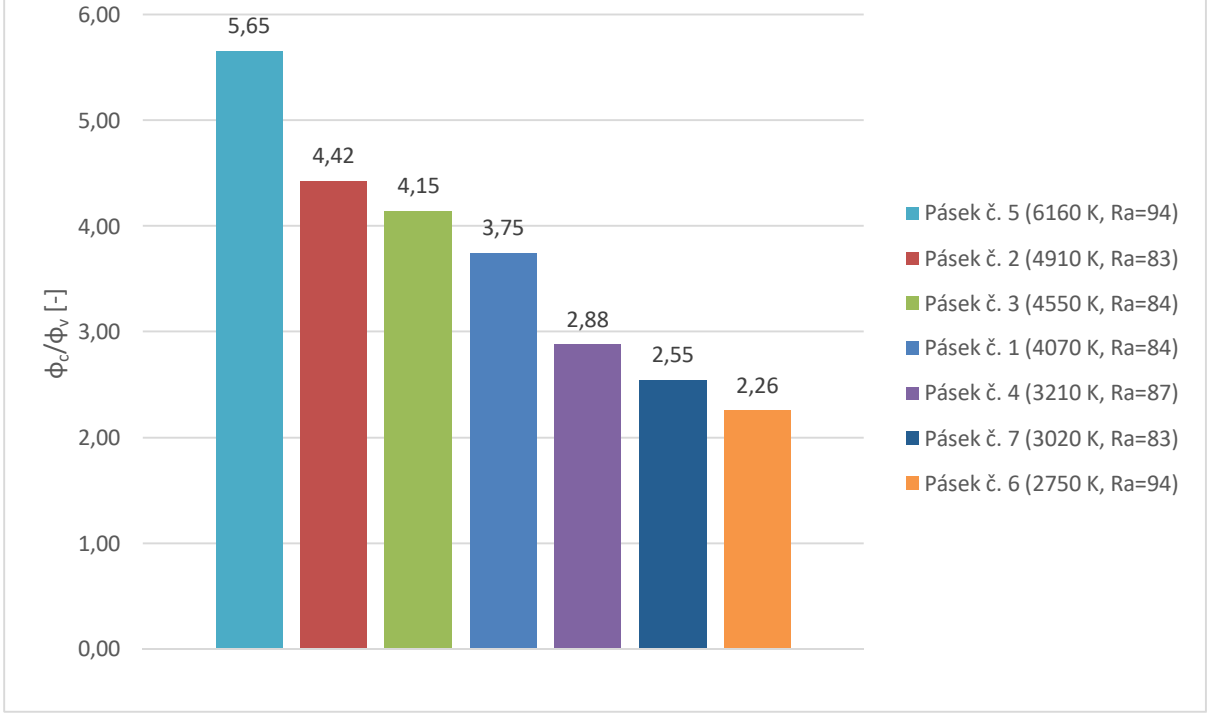


Graf 1. Cirkadiánní toky pásků vztažené na 1 zářivý watt

Z naměřených hodnot je patrné, že různé světelné zdroje mají různý cirkadiánní tok. Graf 1. ukazuje, že čím nižší je teplota chromatičnosti tím nižší je cirkadiánní tok a naopak. Chceme-

li ve svítidle používat světelné zdroje, pak je vidět že je vhodné kombinovat takové světelné zdroje, kdy bude maximální rozdíl mezi cirkadiánním tokem.

Určení aplikace použití je pak patrné z poměru cirkadiánního toku ku světelnému toku. Čím vyšší bude hodnota tohoto poměru, tím více bude vhodné použít tento světelný zdroj pro vysokou aktivitu a naopak čím menší bude tento poměr, tím spíše se bude světelný zdroj hodit k osvětlení v době relaxace nebo v době před spánkem.



Graf 2. Poměr φ_c/φ_v LED pásků - seřazeny dle Tc

Svítidla, která v sobě kombinují takovéto světelné zdroje za se používají pro aplikace zvané Human Centric Lighting. V těchto případech volíme svícením jedním typem zdroje, druhým typem zdroje nebo jejich různou vzájemnou kombinací.

První aplikací tohoto osvětlení firmy HALLA v České Republice je Andílkova škola v Praze v Košířích.

V této škole jsou použita

Technické normy v oblasti veřejného osvětlení jako součást právního řádu ČR

JUDr. Petra Nováková, Ph.D., Kocián Šolc Balaštík, advokátní kancelář, s.r.o.,

www.ksb.cz, pnovakova@ksb.cz

1 Obecně k technickým normám

České technické normy, označované také zkratkou ČSN, mají v právním řádu České republiky poněkud svébytné postavení. Jedná se o zvláštní druh pravidel, upravujících velice specifické požadavky, které obsahují technický popis parametrů výrobků, konstrukcí, materiálů i složitějších celků tvořených z jednotlivých částí. Technické normy obsahují informace o obecně uznávaných technických řešeních, základní zákonné požadavky konstrukční, materiálové, protipožární a hygienické bezpečnosti či ochrany zdraví a životního prostřední. Rozsahem úpravy pokrývají technické normy téměř všechny oblasti lidské činnosti [1].

Existence technických norem a odkazy na ně v právních předpisech jsou nezbytné pro to, aby jednotlivé právní předpisy České republiky nebyly neúčelně zatěžovány množstvím detailních právních požadavků. Z čistě praktických důvodů totiž nemůže právní předpis zabíhat do podrobností (způsobů výpočtů různých hodnot apod.) uvedených na mnoha stránkách technických norem. Právní předpis stanoví toliko základní podmínky s tím, že na příslušné technické normy odkazuje, čímž informuje osoby způsobilé například k navrhování staveb a řešení technických podmínek požární ochrany staveb (autorizovaný inženýr a autorizovaný technik), kde naleznou podrobné řešení dané problematiky [2].

Cílem technických norem je v podstatě konkretizace jednotlivých, zpravidla podstatně obecnějších požadavků a cílů obsažených v právních předpisech, jejichž primárním účelem je ochrana veřejného zájmu, potažmo tedy života, zdraví a majetku jednotlivců, bezpečnost práce a technických zařízení, požární ochrana a ochrana životního prostředí. Tyto požadavky často vyplývají z mezinárodních dohod, kterými je Česká republika vázána, přičemž velká řada z nich v poslední době pochází z Evropské unie.

V českém právním řádu upravuje technické normy zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, který v ustanovení § 4 definuje českou technickou normu jako *dokument schválený pověřenou právnickou osobou (§ 5) pro opakované nebo stálé použití, vytvořený podle tohoto zákona a označený písmenným označením ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (…). Česká technická norma není obecně závazná. Česká technická norma poskytuje pro obecné a opakované používání pravidla, směrnice nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků zaměřené na dosažení optimálního stupně uspořádání ve vymezených souvislostech* [3].

Technické normy tedy nejsou obecně závazné, jak ostatně konstatoval také Ústavní soud České republiky, když je označil za kvalifikovaná doporučení (nikoliv příkazy), jejichž používání je nezávazné a toliko dobrovolné [4].

Dodržování technických norem je však v řadě případů rozhodující podmínkou pro uplatnění na trhu. Na otázku, proč se normy používají, i když nejsou právně závazné, by se dalo odpovědět tím, že jejich používání je výhodné, protože usnadňuje výrobu a výměnu zboží, dorozumívání se mezi výrobci a odběrateli, vytvářejí důvěru mezi výrobcem a spotřebitelem, přispívají ke snižování výrobních nákladů, odstraňují překážky na trhu atd. To jsou také hlavní důvody pro vznik technických norem na podnikové, národní i mezinárodní úrovni [5].

Ačkoli tedy nelze těmto pravidlům technické povahy přisuzovat závaznost obecnou, je nutno říci, že některé právní předpisy jejich dodržování výslovně vyžadují. V takových případech pak právní předpis, stanovující, že ve vztazích jím upravených je nutno dodržovat české technické normy, zakládá povinnost adresáta tohoto právního předpisu aplikovat příslušné technické normy a postupovat podle pravidel v nich obsažených.

Můžeme tedy říci, že z principielní obecné nezávaznosti technických norem existují určité výjimky, a to odkazuje-li právní předpis výslovně na některou z technických norem, čímž činí tuto normu závaznou pro daný případ.

2 K druhu odkazu na technickou normu

Zákonný odkaz na technické normy obsažený v příslušném právním předpisu může mít dvě formy, kdy dělícím kritériem mezi nimi je síla daného odkazu. Takový odkaz tedy může být buď (1) výlučný (povinný) nebo (2) oznamovací (indikativní).

Výlučný odkaz na technickou normu vyžaduje po adresátovi právního předpisu, aby se odkazovanou technickou normou řídil bezezbytku, přičemž postup podle technické normy vnímá jako jediný způsob splnění příslušného ustanovení daného právního předpisu. Technická norma tak doplňuje nekompletní právní požadavek, a stává se tak vlastně součástí právního předpisu. Tím vzniká povinnost řídit se ustanoveními příslušné normy pro ty subjekty, kterých se daný právní předpis týká. I když ani v tomto případě většinou nejde o obecnou závaznost, je možno říci, že ve vztahu k plnění požadavků příslušného předpisu se odkazovaná norma nebo její část stává závaznou. Příkladem výlučného odkazu může být ustanovení nařízení č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, dle něhož: *Nejde-li při hodnocení dlouhodobě a krátkodobě přípustné zátěže teplem vycházet z tabulek 1a až 2c z důvodu jiných zadávacích parametrů, kterými jsou jiná rychlost proudění vzduchu, jiný tepelný odpor oděvu nebo je-li vlhkost vzduchu vyšší než 70 %, stanoví se dlouhodobě a krátkodobě přípustné doby práce pomocí výpočtu tepelné bilance podle české technické normy o ergonomii tepelného prostředí* [6].

V případě indikativního odkazu je shoda s normou pouze jedním z možných způsobů splnění požadavků právního předpisu. Obecný požadavek právního předpisu však může být splněn jiným způsobem. Forma indikativního odkazu je uplatněna kupříkladu v ust. § 4a zákona č. 22/1997 Sb., který stanoví, že: *Pro specifikaci technických požadavků na výrobky, vyplývajících z nařízení vlády nebo jiného příslušného technického předpisu, může Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (…) po dohodě s ministerstvy a jinými ústředními správními úřady, jejichž působnosti se příslušná oblast týká, určit české technické normy, další technické normy nebo technické dokumenty mezinárodních, popřípadě zahraničních organizací, nebo jiné technické dokumenty, obsahující podrobnější technické požadavky (…)* [7].

3 Veřejná přístupnost a podmínky rozšiřování technických norem

Otázkou, zda musí být technická norma veřejně přístupná a pokud ano, za jakých podmínek má mít veřejnost možnost se s jejím zněním seznámit, se zabýval v jednom ze svých rozhodnutí Nejvyšší správní soud [8]. V jeho rámci pak dospěl k dílčímu závěru, že technická norma je informací, jak jí definuje zákon o svobodném přístupu k informacím [9]. Nelze přitom také odhlédnout od role Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, kterou zastává při tvorbě a vydávání technických norem a jejich rozšiřování či rozmnožování. Technické normy lze z tohoto pohledu považovat za produkt veřejné správy, se kterým souvisí ústavně stanovená povinnost přiměřeným způsobem poskytovat informace o své činnosti a zároveň svoboda osob tyto informace vyhledávat.

Je-li tedy technická norma informací ve smyslu zákona o svobodném přístupu k informacím, nabízí se otázka, zda její poskytnutí ve formě rozmnožení či rozšíření má podléhat výhradně úpravě zákona o svobodném přístupu k informacím a tedy být bezplatné [10], nebo zda by mělo být postupováno dle zákona o technických požadavcích na výrobky, který stanoví, že: *České technické normy nebo jejich části vydané na jakémkoliv nosiči smějí být, pokud zvláštní zákon nestanoví jinak, rozmnožovány a rozšiřovány jen se souhlasem pověřené právnické osoby nebo za podmínek stanovených v odstavci 6 se souhlasem Úřadu.* Touto podmínkou pak je oprávnění Úřadu: *vybírat za odborné činnosti související se zabezpečením vydávání a řádné distribuce českých technických norem úplatu* [11].

Technické normy tedy obecně mohou být rozšiřovány a rozmnožovány pouze za úplatu, pokud ovšem zvláštní zákon nestanoví jinak. V souladu s judikaturou Ústavního soudu navíc není porušením zásady veřejné a bezplatné dostupnosti českých technických norem, je-li přístup k technickým normám zajištěn u státních institucí [12].

Výjimku z tohoto pravidla ovšem představovalo ustanovení stavebního zákona z roku 2006, dle něhož: *Pokud tento zákon nebo jiný právní předpis vydaný k jeho provedení stanoví povinnost postupovat podle technické normy (ČSN, ČSN EN), musí být tato technická norma bezplatně veřejně přístupná* [13]. Dle názoru Nejvyššího správního soudu jde přesně o situaci, kdy zvláštní zákon stanoví jiné podmínky rozmnožování a rozšiřování technických norem, jak § 5 odst. 8 zákona o technických požadavcích na výrobky předvídá [14]. Tyto zvláštní podmínky pak nemohou být jasnější – technické normy, podle kterých vzniká povinnost postupovat v souladu se stavebním zákonem z roku 2006 nebo jiným právním předpisem, který ho provádí, musí (musely, jak je vysvětleno níže) být bezplatně a veřejně přístupné.

Lze tedy uzavřít, že ačkoli je technická norma informací a vztahují se na ní pravidla o svobodném přístupu k informacím, může být rozšiřována a rozmnožována pouze za úplatu, nestanoví-li jinak zvláštní zákon. Stavební zákon z roku 2006 takovouto jinou úpravu předpokládal a proto technické normy jím odkazované, musely být veřejně přístupné bezplatně. Tato situace se nicméně změnila po 14. dubnu 2016, kdy bylo ustanovení § 196 odst. 2 stavebního zákona z roku 2006 zrušeno a nadále prozatím neexistuje jiná obdobná výjimka z pravidla úplatného rozmnožování a rozšiřování technických norem [15].

4 Jazyk technických norem

V oblasti veřejného osvětlení lze zmínit zejména technické normy ČSN CEN/TR 13201-1 (z října 2016) a ČSN 13201-2 až 4 (z července 2016), přičemž všechny jsou, vyjma úvodní strany označující technickou normu, psány v anglickém jazyce, neboť se jedná o normy tzv. přejaté [16].

Tyto normy obsahují návod pro výběr tříd osvětlení na základě posouzení geometrického uspořádání, využití prostoru, vlivu okolí a dalších parametrů, např. na základě intenzity provozu, náročnosti navigace, složitosti zorného pole, rizika kriminality, převažujícího počasí apod. Dané normy dále zahrnují návod k charakterizování oblasti, v níž jsou požadavky na osvětlení pro vybranou třídu osvětlení uplatňovány, a také všeobecná doporučení, např. pro stanovení požadavků na podání barev, zrakové vedení, osvětlení sousedících oblastí nebo pro použití alternativních a doplňkových tříd osvětlení. Tyto normy určují na základě fotometrických požadavků třídy osvětlení pro pozemní komunikace s ohledem na zrakové potřeby uživatelů komunikace a zohledňují vlivy tohoto osvětlení na životní prostředí [17].

Jak jsme již zmínili výše, uvedené technické normy pro oblast veřejného osvětlení jsou dostupné pouze v anglickém znění, neboť jak napovídá již jejich označení, jedná se o normy přejaté z norem evropských. Technické normy přejaté do soustavy českých technických norem obecně tvoří přibližně 90 % z celkové roční produkce technických norem. K jejich převzetí pak může dojít buď (1) překladem, (2) převzetím originálu, nebo (3) schválením k přímému používání [18]. V případě technických norem veřejného osvětlení se tedy jedná o převzetí originálu evropských technických norem z oblasti veřejného osvětlení, jež jsou doplněny o národní titulní stranu, za níž následuje originální anglický text normy samotné. Anglické znění normy však ničeho nemění na jejím charakteru, resp. závaznosti. Platí tedy výše uvedené, a sice že technická norma je závazná odkáže-li zvláštní právní předpis, nicméně nelze jí přisuzovat závaznost obecnou.

Takovým zvláštním právním předpisem v oblasti veřejného osvětlení je třeba nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které v § 45a upravujícím standard pro osvětlení venkovních pracovišť stanoví, že: *Umělé osvětlení venkovních pracovišť a spojovacích cest musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví v souladu s normovými hodnotami a požadavky české technické normy na osvětlení venkovních pracovních prostor* [19]. Jako další právní předpis odkazující na technickou normu v oblasti veřejného osvětlení lze pak zmínit např. vyhlášku ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., dle jejíhož § 25: *Dálnice a silnice se vždy osvětlují v zastavěném území obcí. Mimo toto území se osvětlují jen zvlášť určené úseky, jako např. na hraničních přechodech, v tunelech a na jejich přilehlých úsecích, výjimečně na křižovatkách, za podmínek obsažených v závazných ČSN 73 6102 a ČSN 73 7507. Osvětlení lze zřídit i v oblastech, kde to zdůvodňuje intenzita dopravy, případně četnost chodců a cyklistů. Podrobnosti obsahují doporučené české technické normy uvedené v příloze č. 1 pod č. 33, 34, 35, 49 a 51* [20].

Na uvedených příkladech je velmi názorně vidět účel technických norem, tedy působit na ochranu veřejného zájmu a bezpečnosti. Právě tehdy, kdy zvláštní právní předpis odkazuje na příslušnou technickou normu za účelem ochrany veřejného zájmu, resp. bezpečnosti, stává se do té doby nezávazná technická norma v dané situaci závaznou a adresát právního předpisu je povinen dodržovat v ní uvedené postupy a doporučení.

Obecně doporučující povaha technických norem by však neměla mít za důsledek jejich běžné opomíjení. Konkrétně v oblasti veřejného osvětlení má totiž dodržování doporučených postupů značný dopad na život osob v obcích. Kvalita veřejného osvětlení má vliv na sjízdnost, potažmo schůdnost komunikace a případné související nároky např. na náhradu škody [21]. Dle našeho názoru tak lze obecně říci, že, ačkoli to právní předpisy ne vždy výslovně vyžadují, budou-li obce při budování a správě veřejného osvětlení postupovat v souladu s doporučujícími technickými normami, mohou takovým postupem toliko předejít potenciálně nepříjemným situacím, kdy veřejné osvětlení nacházející se ve stavu rozporném s technickou normou, bude příčinou ať už zbytečných průtahů správních řízení, nebo odpovědnosti obce za škodu z titulu porušení zákonné (třebaže i prevenční) povinnosti.

Proto doporučujeme věnovat pozornost už kontraktačnímu procesu při sjednávání smlouvy o zhotovení veřejného osvětlení. Jednou z nejdůležitějších součástí takové smlouvy je vymezení (specifikace) samotného díla. V tomto smyslu je nezbytný zejména podrobný popis veškerých technických parametrů zhotovovaného veřejného osvětlení (tj. zejména specifikace celé liniové stavby, stožárů, jištění, kabelů, světelných technických parametrů svítidel jako je například křivka svítivosti, světelný tok a náhradní teplota chromatičnosti, index podání barev nebo střední doba života světelných zdrojů, apod.). Nestačí přitom, že detailní popis díla byl obsahem zadávací dokumentace v rámci výběrového řízení, neboť vymezení díla musí obsahovat samotná smlouva, tj. buď přímo, nebo odkazem na její příslušnou přílohu. Dále odkázat na příslušné technické normy a vyžadovat soulad s nimi i mimo průjezdné úseky silnic a dálnic v zastavěném území obce, kde jsou normy závazné bez dalšího. Je vhodné ve smlouvě stanovit technické parametry VO, které musí dílo splňovat při předvedení způsobilosti a vyzkoušení funkčnosti, který mi jsou např. osvětlenost, jas nebo rovnoměrnost osvětlení na silnici, apod.)

5 Závěr

Závěrem lze shrnout, že technické normy jsou soubory konkretizovaných pravidel, které nejsou obecně závazné. Odkazuje-li na technickou normu zvláštní právní předpis, ať už zákonný či podzákonný, stává se tato v daném právním vztahu právně závazná a adresát právního předpisu má povinnost se jí řídit. Totéž pak platí pro výseč technických norem v oblasti veřejného osvětlení. Řádné fungování a provoz veřejného osvětlení má zásadní vliv na kvalitu života osob v obcích a městech, pročež se jeví jako velmi žádoucí, aby technické normy právě v této oblasti lidské činnosti byly dodržovány, nehledě na to, zda to výslovně vyžaduje zvláštní právní předpis, či nikoli.

Citace a komentáře

[1] Viz nález Ústavního soudu České republiky sp. zn. Pl. ÚS 40/08, ze dne 26. 5. 2009, v němž Ústavní soud řešil namítaný rozpor vyhlášky č. 23/2008 Sb., případně jejích částí s ústavním pořádkem České republiky, resp. se zákonem. Takový rozpor Ústavní soud nicméně neshledal a proto návrh zamítl a vyhlášku ponechal v platnosti.

[2] Viz tamtéž.

[3] Viz ustanovení § 4 odst. 1 a 4 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Subsidiární působnost v této oblasti však náleží Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Ten může také po dohodě s ministerstvy a jinými ústředními správními úřady, jejichž působnosti se příslušná oblast týká, určit české technické normy, další technické normy nebo technické dokumenty mezinárodních, popřípadě zahraničních organizací, nebo jiné technické dokumenty, obsahující podrobnější technické požadavky.

[4] Viz nález Ústavního soudu České republiky sp. zn. Pl. ÚS 40/08, ze dne 26. 5. 2009.

[5] Viz tamtéž.

[6] Viz ustanovení § 4 odst. 4 nařízení č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

[7] Viz ustanovení § 4a zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů ve znění pozdějších předpisů.

[8] Viz rozsudek Nejvyššího správního soudu sp. zn. 1 As 162/2014 ze dne 28. 5. 2015.

[9] Viz ustanovení § 3 odst. 3 zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím ve znění pozdějších předpisů.

[10] S výjimkou hrazení nákladů spojených s pořízením kopií, opatřením technických nosičů dat apod. (viz ust. § 17 odst. 1 zákona č. 106/1999 Sb.

[11] Viz ustanovení § 5 odst. 6 a 8 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů ve znění pozdějších předpisů.

[12] Viz nález Ústavního soudu České republiky sp. zn. Pl. ÚS 40/08, ze dne 26. 5. 2009.

[13] Viz ustanovení § 196 odst. 2 zákona č. 22/1997 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění účinném k 14. 4. 2016.

[14] Viz rozsudek Nejvyššího správního soudu sp. zn. 1 As 162/2014 ze dne 28. 5. 2015. Soudce zpravodaj Filip Dienstbier k tomu dále uvedl, že: *Je věcí Úřadu, jak tento svůj závazek splní, například zda příslušné technické normy zveřejní na webových stránkách, jak to ostatně v případě jedné z norem učinilo Ministerstvo pro místní rozvoj, nebo jestli zvolí jiné vhodné řešení.*

[15] Ustanovení § 196 odst. 2 zákona č. 22/1997 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) bylo zrušeno zákonem č. 91/2016 Sb. s účinností od 15. 4. 2016.

[16] Všechny tyto normy nahradily předchozí normy stejného označení, které byly zrušeny.

[17] Viz anotace technických norem dostupné na < http://www.unmz.cz/urad/unmz>.

[18] Viz obecný popis technických norem dostupný na < http://www.unmz.cz/urad/co-je-to-technicka-norma->.

[19] Ustanovení přitom odkazuje právě na technické normy ČSN EN 13201-1 až 4, dnes, po jejich novelizaci tedy ČSN CEN/TR 13201-1 (z října 2016) a ČSN 13201-2 až 4 (z července 2016).

[20] Příloha č. 1 vyhlášky uvádí seznam odkazovaných technických norem, mezi nimiž odkazuje na normy ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení, ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací a ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic. Všechny tyto technické normy však již byly zrušeny a nahrazený právě výše uvedenými normami ČSN CEN/TR 13201-1 (z října 2016) a ČSN 13201-2 až 4 (z července 2016).

[21] Dle ustanovení § 26 odst. 1 a 2 zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích: Dálnice, silnice a místní komunikace jsou sjízdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb silničních a jiných vozidel přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům. V zastavěném území obce jsou místní komunikace a průjezdní úsek silnice schůdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb chodců, kterým je pohyb přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům.

Korelácia zenitového jasu a SQM dát pre zamračenú nočnú oblohu v okolí mesta

Jaromír Petržala – Ústarch SAV, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava, usarjape@savba.sk

Abstrakt: Sky Quality Meter (SQM) je prenosné zariadenie, ktoré sa pre svoju dostupnosť a ľahkú ovládateľnosť široko využíva na meranie jasu nočnej oblohy. Štandardne býva namierené do zenitu a nameraná hodnota sa často interpretuje ako zenitový jas. Avšak zorné pole SQM môže byť pomerne veľké, takže vzťah medzi zenitovým a nameraným jasom nie je priamy. Závisí tiež na ďalších faktoroch, ako je vzdialenosť od daného mesta, emisnej funkcie mesta, ako aj na atmosférických podmienkach. Vykonali sme výpočty rozloženia jasu na oblohe pri rôznych podmienkach a pre rôzne vzdialenosti hypotetického pozorovateľa od mesta. Z týchto dát bol vypočítaný jas, aký by nameral SQM, a porovnávaný s teoretickým zenitovým jasom. Zistená korelácia by mohla byť užitočná pre lepšie porozumenie SQM dátam získavaným v reálnych podmienkach.

1 Úvod

Svetelné znečistenie môže mať vážne dopady na ľudí aj na prírodu v blízkosti veľkých miest. Zvyčajne sú potrebné dlhodobé merania jasu nočnej oblohy na posúdenie vzťahu medzi týmto umelým jasom a osvetlením miest. Tradične sa ako ukazovateľ kvality nočnej oblohy používa zenitový jas [1]. Na jeho meranie sa často využívajú rôzne SQM zariadenia kvôli ich širokej dostupnosti a ľahkej ovládateľnosti [2-3]. Avšak SQM majú rôzne široké zorné polia, takže svetelné lúče vstupujúce do apertúry nie sú všetky vertikálne. Z toho dôvodu nie je vzťah medzi zenitovým jasom a detegovaným signálom lineárny. Koeficient úmernosti závisí aj na ďalších faktoroch, ako je vzdialenosť pozorovateľa od mesta, emisná funkcia mesta, ako aj atmosférické podmienky. Cieľom tohto článku je pokúsiť sa odhadnúť túto koreláciu medzi zenitovým jasom a SQM dátami. Za týmto účelom sme vykonali množstvo simulácií rozloženia jasu na nočnej oblohe pozorovaného v rôznych vzdialenostiach od mesta, pri rôznych emisných funkciách a pri atmosférických podmienkach. Tieto syntetické dáta poslúžili na výpočet jasu, aký by bol nameraný SQM, a ten bol porovnávaný s teoretickým „bodovým“ zenitovým jasom. Zamerali sme sa pritom na oblohu pokrytú súvislou oblačnosťou. Oblaky môžu v mestských oblastiach výrazne zosilňovať svetelné znečistenie [4]. Navyše nám to umožňuje ignorovať jas prirodzeného pozadia nočnej oblohy a zaoberať sa výlučne svetlom umelého pôvodu. Získané výsledky by mohli byť užitočné pre lepšie porozumenie SQM dátam získavaným v reálnych meraniach.

2 Teoretický model jasu nočnej oblohy

Vo všeobecnosti je výpočet jasu difúzneho svetla na oblohe veľmi komplikovaný problém, vyžadujúci si isté zjednodušenia. Štandardne sa uvažuje stratifikovaný planparalelný model atmosféry. Ďalej sa predpokladá, že každý plošný element modelového rovinného mesta vyžaruje podľa rovnakej azimutálne symetrickej emisnej funkcie. Pri samotnom výpočte jasu sa uvažuje aproximácia jednoduchého rozptylu, ktorá je opodstatnená v blízkosti svetelných zdrojov.

My sme na simuláciu rozloženia jasu na oblohe využili softvér SkyGlow ver. 5.0 [5]. Tento simulátor umožňuje výpočet jasu rozptýleného umelého svetla pochádzajúceho z rôzne

nepravidelne tvarovaných miest s rozličnými emisnými funkciami a pri rôznych atmosférických podmienkach. Rôzne atmosférické podmienky tu okrem voľby medzi jasnou oblohou a rôznymi typmi oblačnosti znamenajú aj voliteľné optické parametre charakterizujúce aerosólové častice rozptýlené v ovzduší.

3 Výpočet jasu SQM

SQM je fotometer s rôznou odozvou na lúče dopadajúce v rôznych uhloch s osou detektora. Výsledný jas je tak váženým priemerom jasov cez celé zorné pole detektora, t.j. vo všeobecnosti platí

$$L(SQM) = \frac{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} L(\vartheta, \varphi) D(\vartheta) \sin\vartheta \, d\varphi d\vartheta}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} D(\vartheta) \sin\vartheta \, d\varphi d\vartheta} \qquad (1)$$

kde $L(SQM)$ je jas nameraný SQM-kom, $L(\vartheta, \varphi)$ je jas v danom mieste oblohy a $D(\vartheta)$ je uhlová odozva detektora. Uhol ϑ je v našom prípade zhodný so zenitovým uhlom. Funkciu uhlovej odozvy zmeral Cinzano a možno ju nájsť v jeho správe [6]. Pološírka tejto funkcie pre SQM je približne 42° a jeho zorný uhol je zhruba 120°, takže pokrýva veľkú časť oblohy. Najmä v blízkosti svetelného zdroja sa tak môže nameraná hodnota jasu výrazne líšiť od „bodového“ zenitového jasu.

Hoci výstup z SQM je hodnota jasu v jednotkách mag/arcsec2, my budeme pracovať s lineárnou škálou, a teda budeme uvažovať jas v jednotkách cd/m2.

4 Numerické experimenty

SkyGlow simulátor obsahuje niekoľko základných parametrov špecifikujúcich optické vlastnosti aerosólu. Konkrétne ide o albedo jednoduchého rozptylu (SSA), parameter asymetrie (ASY), optickú hrúbku aerosólu (AOT) a Angströmov parameter. Hodnoty SSA a ASY sú uvažované ako konštantné cez celé viditeľné spektrum. Hodnota AOT sa zadáva pre vlnovú dĺžku 500 nm. Emisná funkcia mesta je definovaná štandardnou Garstangovou funkciou [7], čo nám dáva ďalšie dva voliteľné parametre: frakcia F celkového žiarenia emitovaného priamo nahor a albedo povrchu G. Okrem toho možno voliť aj typ svietidiel.

Cieľom experimentov bolo vypočítať pomer jasov $L(SQM)/L(zenit)$ ako funkciu vzdialenosti pozorovateľa od geometrického stredu mesta.

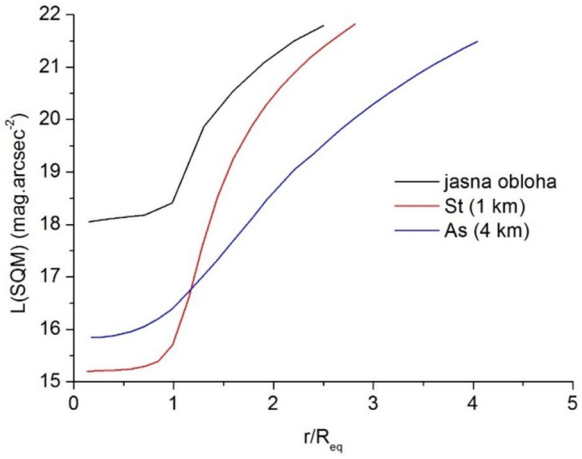
4.1 SQM dáta – porovnanie miest

Simulácie boli robené pre dve rôzne veľké modelové mestá. Pre Žilinu s počtom obyvateľov 83900 a s ekvivalentným polomerom $R_{eq} = 2{,}53\ km$ (ekvivalentný polomer je polomer kruhu s rovnakou plochou, ako má nepravideľne tvarované mesto). A pre Ostravu s počtom obyvateľov 338000 a s ekvivalentným polomerom $R_{eq} = 5{,}86\ km$. Uvažovali sa dva typy súvislej oblačnosti:

- nízka – oblaky typu stratus (St) so základňou vo výške 1 km
- stredná – oblaky typu altostratus (As) so základňou vo výške 4 km.

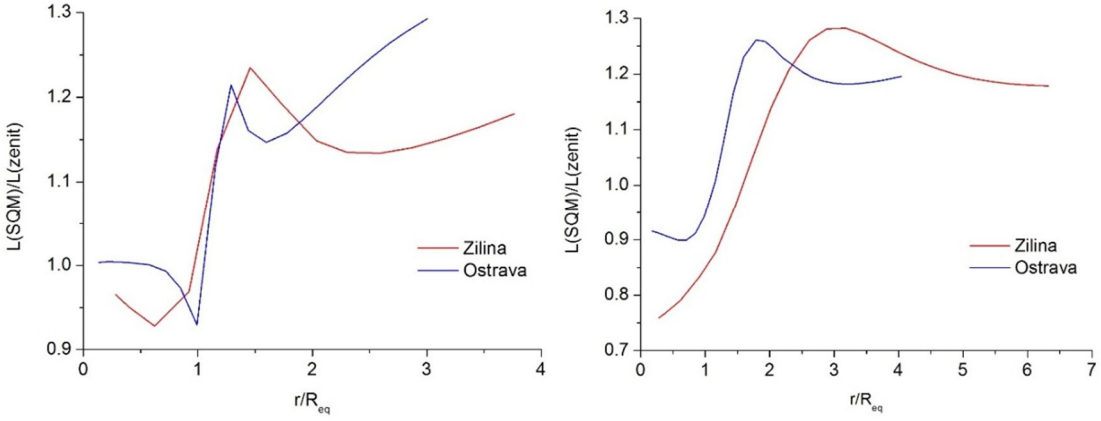
Základné nastavenie vstupných parametrov bolo: SSA = 0,85; ASY = 0,9; AOT = 0,1; Angströmov parameter = 1; Garstangove parametre F = 0,15 a G = 0,15. Ako dominantný typ svietidiel boli zvolené vysokotlakové sodíkové výbojky (HPS).

V prvom rade možno poukázať na už spomínaný fakt, že oblačnosť zosilňuje jas umelého difúzneho svetla v mestských oblastiach. Ako dokladuje graf závislostí SQM jasu na relatívnej vzdialenosti od stredu Ostravy pre jasnú a zamračenú oblohu (Obr. 1), nízka oblačnosť môže zvýšiť nameraný jas vnútri mesta zhruba o jeden rád.



Porovnanie závislostí SQM jasov na relatívnej vzdialenosti od stredu Ostravy pre jasnú a zamračenú oblohu.

Hľadané pomery SQM a bodových zenitových jasov možno vidieť na Obr. 2. Špecifický tvar kriviek pochopiteľne závisí na tvare konkrétneho mesta a na smere, v akom sa pozorovateľ vzďaľuje od jeho stredu. No aj tak z nich možno vyvodiť isté všeobecnejšie závery.



Pomery SQM a bodového zenitového jasu v rôznej relatívnej vzdialenosti od mesta pri nízkej (vľavo) a pri strednej (vpravo) oblačnosti.

Vidno, že vnútri mesta, t.j. pri $r/R_{eq} < 1$, môže byť nameraný SQM jas dokonca menší než bodový zenitový jas. To je zreteľné najmä v prípade strednej oblačnosti a menšieho mesta. V Žiline tento pomer vychádza menší než 0,8. To znamená, že nameraná hodnota jasu by mohla byť až o 0,25 mag/arcsec2 väčšia než skutočný zenitový jas. Následne za hranicami mesta pomer *L(SQM)/L(zenit)* narastie na hodnotu vyše 1,2 a možno povedať, že s rastúcou vzdialenosťou sa v priemere stabilizuje zhruba práve na tejto hodnote 1,2. To predstavuje

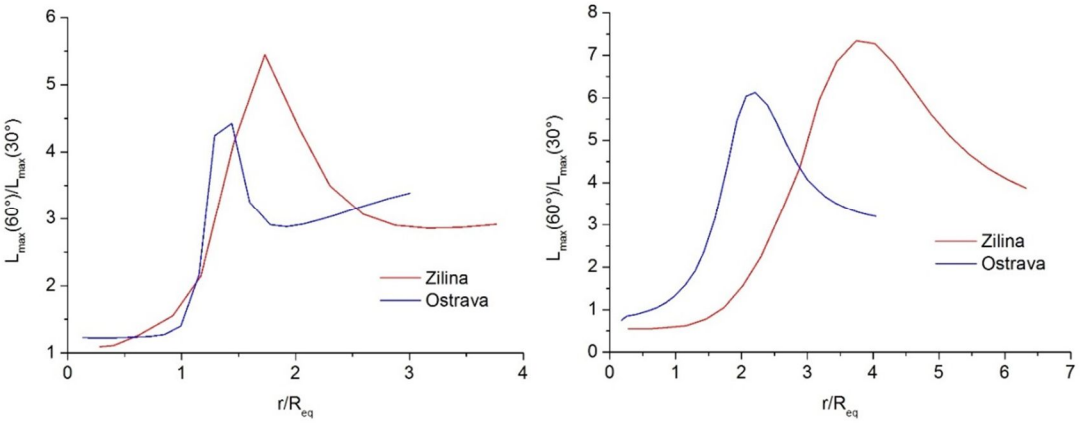
rozdiel 0,2 mag/arcsec2. Krivky končia, keď *L(SQM)* dosiahne hranicu merateľnosti, t.j. približne 22 mag/arcsec2.

4.2 SQM dáta – citlivosť na parametre modelu

V rámci simulácií sa testovala aj citlivosť pomeru SQM a bodového zenitového jasu na variácie vyššie uvedených vstupných parametrov modelu. To znamená, že sa robili simulácie pri zmenených hodnotách niektorého vstupného parametru, pričom ostatné zodpovedali základnému nastaveniu. Výsledky ukázali, že okrem optickej hrúbky aerosólu a Garstangových parametrov, nemajú variácie ostatných vstupných parametrov nijaký podstatný vplyv na krivky *L(SQM)/L(zenit)* v blízkom okolí mesta. Vyšší zákal atmosféry (vyššie AOT) môže spôsobiť nárast relatívnej odchýlky *L(SQM)* od *L(zenit)* o niekoľko percent. Variácia Garstangových parametrov spôsobuje kolísanie tejto relatívnej odchýlky zhruba o ±5% vnútri mesta. Mimo mesta je rozdiel takmer eliminovaný.

4.3 Odhad korelácie *L(SQM)* a *L(zenit)* pomocou jasomerov

Ak má pozorovateľ k dispozícii dostatočne citlivý jasomer s úzkym zorným poľom, mohol by ho použiť k posúdeniu vhodnosti SQM ako indikátora zenitového jasu. Za týmto účelom uvažujme, že meriame maximálny jas $L_{max}(z)$ na almukantaráte zodpovedajúcom zenitovej vzdialenosti z. Z vykonaných simulácií vyplýva, že hodnoty $L_{max}(z)$ v prípade nízkej oblačnosti sú aj pre väčšie zenitové uhly z v rámci zorného poľa SQM väčšie ako 0,001 cd/m2 len do vzdialenosti 1-2 ekvivalentných polomerov mesta. V prípade strednej oblačnosti sú tieto jasy väčšie. Túto hodnotu jasu tak môžeme považovať za požadovanú dolnú hranicu citlivosti jasomera.



Pomer jasov v rôznych zenitových uhloch ako funkcia relatívnej vzdialenosti od stredu mesta. Naľavo pre nízku oblačnosť, napravo pre strednú oblačnosť.

Na Obr. 3 sú znázornené pomery jasov v zenitových uhloch 60° a 30° ako funkcie relatívnej vzdialenosti od stredu mesta. Keď porovnáme krivky na Obr. 2 a 3, vidíme medzi nimi jasnú podobnosť. Majú podobné plató vnútri mesta a následný strmý nárast. Takisto polohy píkov si vzájomne zodpovedajú. Síce ťažko odvodiť priamo číselné hodnoty pomeru *L(SQM)/L(zenit)* z pomeru *L(60°)/L(30°)*, no možno z uvedených kriviek aspoň približne posúdiť vhodnosť použitia SQM ako indikátora bodového zenitového jasu.

5 Záver

Príspevok sa zaoberá vhodnosťou interpretácie SQM meraní v zmysle zenitového jasu. A to konkrétne so zameraním sa na zamračenú nočnú oblohu, pretože oblačnosť pôsobí ako zosilňujúci faktor svetelného znečistenia v mestskej oblasti. Za týmto účelom bolo simulované rozloženie jasu umelého svetla na oblohe v rôznych vzdialenostiach od vybraných miest a pri rôznych vstupných parametroch modelu. Tieto vypočítané dáta slúžili určenie „nameraných“ hodnôt pomocou SQM.

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že vnútri mesta môže byť pri strednej oblačnosti SQM jas až o 20% menší než bodový zenitový. To zodpovedá rozdielu približne 0,25 mag/arcsec2. S rastúcou vzdialenosťou od stredu mesta pomer *L(SQM)/L(zenit)* rastie a vo vzdialenosti cca 1,5-3 ekvivalentných polomerov mesta môže byť SQM jas o 25-30% vyšší než bodový zenitový jas. Tento rozdiel môže ešte mierne narásť pri zvýšenom zákale atmosféry pod vrstvou oblakov.

Istý úsudok o vzťahu SQM dát a zenitového jasu si možno urobiť aj na základe pomerov bodových jasov nameraných vo väčších zenitových uhloch (v našom prípade 30° a 60°) zhruba v smere polohy stredu mesta. Simulácie preukazujú jasnú koreláciu medzi krivkami *L(SQM)/L(zenit)* a *L(60°)/L(30°)*.

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že experimentátori by mali byť opatrní pri interpretácii SQM dát zaznamenávaných v blízkom okolí mesta za účelom posúdenia svetelného znečistenia. Uvedené výsledky poskytujú zároveň aspoň približný odhad odchýlky medzi nameraným SQM jasom a bodovým zenitovým jasom v danej lokalite.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantového projektu APVV-14-0017.

Literatúra a odkazy

[1] Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C. D. The first World Atlas of the artificial night sky brightness. Mon. Not. R. Astron. Soc. 328, 689-707, 2001.

[2] Puschnig, J., Posch, T., Uttenthaler, S. Night sky photometry and spectroscopy performed at the Vienna University Observatory. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 139, 64-75, 2014.

[3] Kyba, C. C. M., Tong, K. P., Bennie, J., et al. Worldwide variations in artificial skyglow. Nature Sci. Rep. 5, id. 8409, 2015.

[4] Kyba, C. C. M., Ruhtz, T., Fisher J., Hölker, F. Cloud Coverage Acts as an Amplifier for Ecological Light Pollution in Urban Ecosystems. PLoS ONE, 6, e17307, 2011.

[5] Kocifaj, M., Kundracik, F. Skyglow simulator ver. 5.0, 2015. Dostupný na http://www.unisky.sav.sk/ ?lang=en&page=aplikacia&subpage=glow

[6] Cinzano, P. Night Sky Photometry with Sky Quality Meter. Instituto di Scienza e Tecnologia dell’Inquinamento Luminoso, Thiene, Italy, Internal Report n. 9, v.1.4, 2005.

SMART svítidlo pro akvaponii

Eduard Polák, Ing.
Lightdrop, s.r.o., polak@lightdrop.cz , www.lightdrop.cz

Abstrakt:

Lightdrop Smart GrowLight je unikátní osvětlovací LED systém pro potřeby moderního pěstovaní rostlin v řízených podmínkách, který vzešel ze spolupráce expertních týmů na SMART technologie, fotoniku a biofyziku fotosyntézy. Ligthdrop Smart GrowLight je z hlediska spektrálního složení navržen tak, aby byla maximalizována účinnost fotosyntézy a zajištěn nejvyšší možný výnos pěstovaných plodin při zachování jejich výrazných chuťových charakteristik. Osmi-kanálové řízení systému umožňuje plynulou regulaci vyzařovaného spektra, jak z hlediska intenzity tak barevnosti, což dává pěstitelům další specifické možnosti, jak modulovat vývoj a růst plodin.

Úvod

Světlo je jedním z nevýznamnějších hybatelů růstu a vývoje rostlin. Je nositelem energie, která pohání fotosyntetickou mašinérii a současně, je informačním signálem, který je pro rostliny nezbytný pro růst a vývoj. Správným nastavením intenzity a spektrálního sležení světla můžeme ovlivnit požadované vlastnosti pěstovaných plodin.

Rostliny absorbují především modrou a červenou složku spektra. Nabízí se tedy jednoduché řešení jak sestavit světelný zdroj, kombinací modrých a červených LED. Současné znalosti z biofyziky fotosyntézy však poukazují na to, že ostatní složky spektra (UV, zelená, žlutá, vzdálená červená) významně ovlivňují pronikání světla do hlubších vrstev listu nebo porostu a díky alternativním fotosyntetickým pigmentům (případně pigment-proteinovým komplexům) přispívají k intenzivnímu růstu. *Ligthdrop Smart GrowLight* využívá těchto nových vědeckých poznatků, jeho vyzařované spektrum je široké a postihuje tyto opomíjené barevné složky.

1 Projekt SMART svítidlo pro akvaponii

Celosvětově není věnovaná pozornost efektivnímu využití energie moderních LED světelných zdrojů založenému na jejich měření a regulaci. Celkově panuje názor, že LED světlené zdroje jsou tak moderní, že nějakou dobu se nemusí provádět inovace většího rozsahu.
V produkčních sklenících se v současné době ve větší míře využívá technologicky zastaralých světlených zdrojů (sodíkových výbojek) s nízkou účinností přeměny elektrické energie na světlo. Navíc tyto světlené zdroje zatěžují okolí skleníků světleným smogem a obtěžují na velkou vzdálenost okolí. Dnešní trh nabízí různé druhy kultivačních světel pro skleníkové aplikace pro vnitřní použití. Žádná z těchto vyráběných a prodávaných aplikací nevyužívá měření a současně řízení vyzařovaného světelného spektra kultivačních světel.

LED spektrální zářiče neboli pěstební LED svítidla (GROW LED) jsou založena na spektru vlnových délek stimulujících fotosyntetické procesy. LED vyzařují takové vlnové délky, které rostliny, využijí s maximální efektivností. Především jsou to vlnové délky v oblasti elektromagnetického záření od 340nm po 750nm. Osvětlovací systémy jsou zaměřeny na uspořádání jednotlivých vlnových délek v určitých poměrech pro různé účely bez vyzařování v oblastech, kde se energie pro fotosyntetické procesy nevyužívá. Nabízí se několik druhů určitých spekter, vždy s maximálním využitím energie.

Tento projekt je realizován ve spolupráci s Ostravskou univerzitou v Ostravě a VŠB Technickou univerzitou v Ostravě v rámci programu Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2016 (RRC/08/2016).

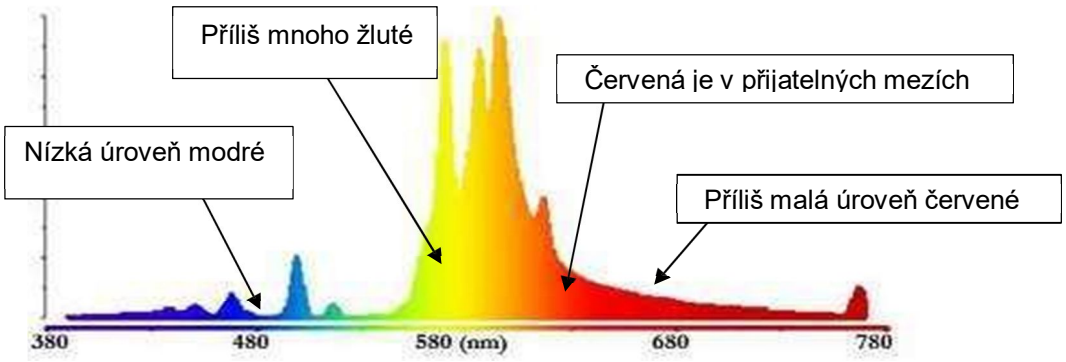
1.1 Současný stav osvětlování

Konvenční zdroje nedosahují takové efektivnosti v této oblasti vlnových délek a proto je potřeba k vytvoření požadovaného výkonu více energie. Vzniká tak vysoká hodnota emisního záření a tím i špatná účinnost fotosynteticky aktivního záření. LED spektrální zářiče mají nízkou provozní teplotu pod 50 °C. Nízkou teplotu zářičů je nutno zajistit technologicky.

Na následujícím obrázku číslo 1 je vidět, jak výrazné emise světelného záření produkuje skleník v Polské Bogatyni. Tento skleník využívá převážně odpadní teplo z elektrárny Turów. Díky tomu má majitel levný zdroj elektrické a tepelné energie a tím pádem ho netrápí nízká efektivita sodíkových výbojek, které používají.



Obr.1 Polský skleník [8]



Obr.2 Spektrum sodíkové výbojky 600 W [5]

Na tomto obrázku číslo 2, kde je spektrum sodíkové výbojky, si můžete všimnout, že většina z 600 W je vyzářena ve žlutozelené až oranžové oblasti, Toto spektrum je mimo absorpční spektrum chlorofylů, které budou zmíněny později, To má za následek vysoké plýtvání energií.

Dnes jsou široce používány vysokotlaké sodíkové výbojky vyráběné s výkonem více než 100 lm / W, ale v širokém rozsahu vlnových délek. Účinnost v lumenech na Watt je zavádějící, protože rostliny nemají oči. Typická životnost vysokotlaké sodíkové výbojky je (pouze) ~ 8000 hodin. Trvá až několik minut dosáhnout plného výkonu vysokotlaké sodíkové výbojky. Vysokotlaká sodíková výbojka 600 W je často používaná a je nevhodná pro optimální růst.

	Blue	Deep blue	True green	Yellow	Amber	Red	Hyper Red	Far Red
	LB CPxP	LD CQxP	LT CPxP	LY CP7P	LA CPxP	LR CPxP	LH CPxP	GF CSxPM
Dominant wavelengt	464 – 476	449 – 461	513 – 537	583 – 595	612 – 624	620 – 632	646 – 666	730 (peak)
Viewing angle	80°	80°	80°	80°	80°	80°	80°	80°
Max. current	1 A	1 A	1 A	1 A	1 A	1 A	1 A	0.7 A

Tab.1 LED OSRAM

Z tabulky 1 se dá vyčíst, že LED světla dokáží vyzářit energii mnohem efektivněji v celém světleném spektru od 450 do 750 nm, než sodíková výbojka. Je možno zvolit pouze ty barvy nebo části spektra, které nejlépe pokryjí absorpční spektra chlorofylů, jak bude popsáno dále.

2 Osvětlování v akvaponii

V této kapitole budou zmíněny základní náhledy na umělé spektrální osvětlení a to jeho vliv na rostliny, ryby a rostliny rostoucí pod vodou. Tyto dva pohledy se výrazně liší, kvůli vodě, která absorbuje značnou část spektrálního výkonu.

2.1 Osvětlování rostlin

Rostliny jsou základem života na Zemi, bez rostlin by vyhynuli býložravé druhy a následně i masožravé a všežravé druhy. Bez světla by neexistovaly rostliny. Rostliny jsou základem potravinového řetězce. Rostliny produkují organické látky a kyslík, čímž umožňují život všech dalších vyšších živých organizmů. Rostliny využívají světlo absorbované listovými pigmenty jako důležitý zdroj energie při fotochemických procesech. Tyto procesy ovlivňují tvorbu květů rostlin, jejich tvar a celkovou stavbu. Nejdůležitějším z těchto procesů je proces zvaný fotosyntéza, který využívá světelné záření ke konverzi CO_2 a vody na sacharidy a následně na další látky (asimiláty), které společně tvoří stavební kameny rostlinných tkání [3].

Rostliny získávají světelnou energii prostřednictvím světelných kvant, fotonů. Fotony jsou pohlcovány především chlorofylem, ale i jinými pigmenty. Každý foton vždy uvolní jeden energeticky bohatý elektron, který vstupuje do vlastních biochemických procesů. Tyto procesy jsou buď anabolické – spojené s výstavbou látek (fotosyntéza), nebo katabolické –

související s odbouráváním a rozkladem látek (dýchání). Rychlost fotosyntézy charakterizuje intenzitu nárůstu zelené hmoty rostlin a je vyjadřována jako schopnost vstřebávání molekul CO_2 na jednotku plochy listu za sekundu.

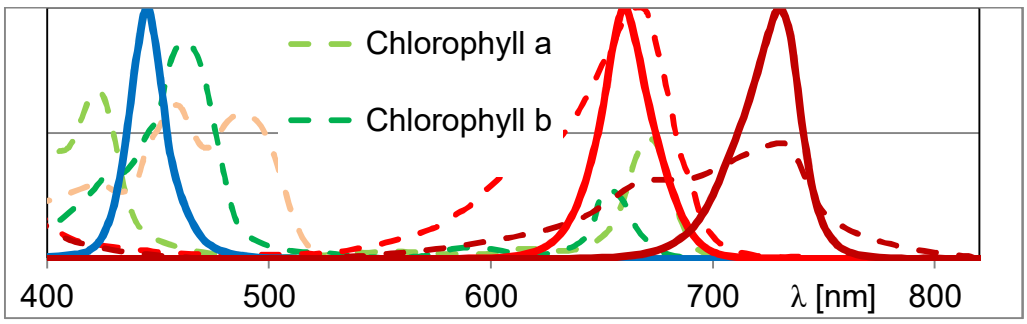
Nejdůležitějšími faktory pro optimální růst rostlin jsou především:

- světlo
- CO_2
- teplota, popř. vlhkost vzduchu
- teplota půdy
- obsah vody v půdě
- živiny

V praxi jsou všechny tyto faktory pro růst rostlin více méně rovnocenně důležité. Avšak je-li limitujícím faktorem přirozené denní světlo, je velmi omezena i optimalizace ostatních faktorů. Použitím doplňkového osvětlení pro podporu růstu rostlin mohou být tedy optimalizovány
i ostatní limitující faktory. Umělé osvětlení lze využít především v zahradnictví k stimulaci růstu rostlin a k tvorbě květů a plodů. Doplňkové umělé osvětlení, které se využívá
k prodloužení přirozeného denního osvětlení, se nazývá asimilační. Asimilační osvětlovací soustavy umožňují především:

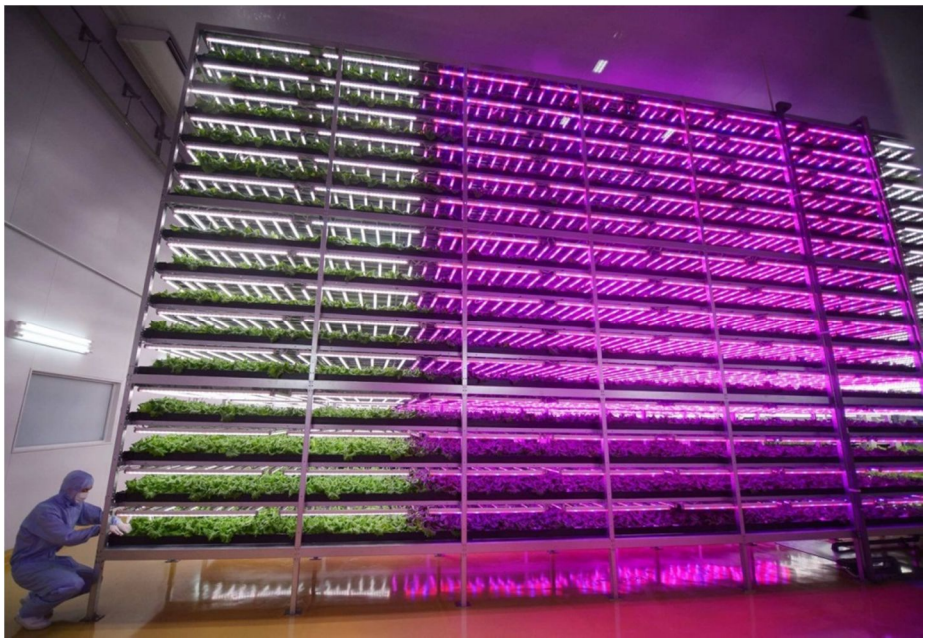
- zvýšit úrodu
- prodloužit dobu produkce plodin
- zlepšit kvalitu
- zlepšit řízení a plánování produkce
- zajistit spolehlivou a pravidelnou dodávku zemědělských produktů

Umělé osvětlení se využívá také jako úplná náhrada přirozeného denního osvětlení v růstových komorách, zde jde o tzv. kultivační osvětlení. Značně rozšířeno je i fotoperiodické osvětlování rostlin, které reguluje dobu kvetení a umožňuje indukci květů dlouhodenních rostlin (např. karafiátů) i v zimním období. Oproti asimilačnímu osvětlení je fotoperiodické osvětlení energeticky podstatně méně náročné, potřebné intenzity osvětlení jsou řádově deset až patnáctkrát nižší. U některých rostlin není třebak vytvoření fotoperiodického efektu ani plynulé několikahodinové přisvětlování, ale postačuje jen krátkodobé přerušování tmy v noční době.



Obr.3 LED červené a modré barvy, které se podílí na vytvoření spektra

Na obrázku 3 je vidět adsorbční spektra *chlorofylu a* a *chlorofylu b*. Mají adsorbční maximum kolem 550 nm, pak neabsorbují skoro nic a druhý nižší pík mají kolem 675 nm. Z těchto údajů vyplývá, je třeba světlo s vysokým výkonem v oblastech modré až ultrafialové a červené až infračervené.



Obr.4 Největší vnitřní jen uměle osvětlovaná plocha na světě [9]

Na obrázku 4 je vidět, jak vypadá cíl změnit opuštěnou továrnu po firmě Sony na něco, čemu se dá říkat *farma* budoucnosti. V této *farmě* se produkuje, na ploše přes 2320 metrů čtverečních, více než deset tisíc hlávek salátu denně.

2.2 Osvětlování ryb

Ryby lze také vystavit různým spektrům světla, například proto, aby bylo docíleno jejich zklidnění, což má za následek snížení jejich pohybu, který je vysiluje a spotřebovává jejich energii, kterou by jinak využívaly pro zvýšení hmotnosti.

Také lze vhodnou kombinací vlnových délek a umělým prodlužováním denní doby omezit jejich pohlavní dospívání a tím opět docílit vyšší užitečné hmotnosti masa. V tomto případě má omezení pohlavního dospívání jako přímý důsledek snížení soupeření samců o samičky, což vede jednak k snížení jejich pohybů, což jako v předchozím případě vede k zvýšení hmotnosti. Druhým přímým důsledkem je kontrola a regulace populace, jejímiž důsledky jsou opět menší konflikty mezi rybami. A třetím přímým důsledkem je redukce zranění, které ryby utrpí při soubojích mezi sebou a tím opět zvýšení užitečné hmotnosti masa. Kromě ryb samotných lze osvětlovat i rostliny v akváriu.



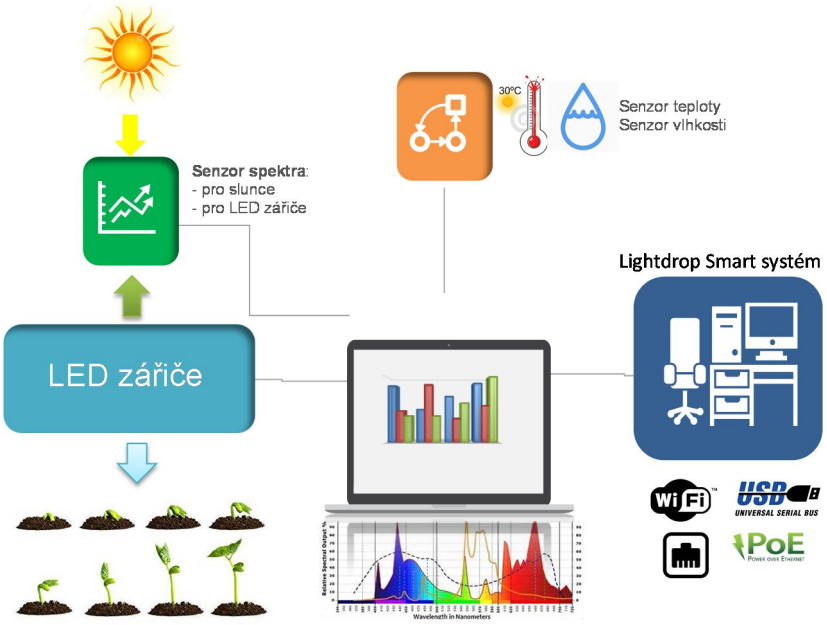
Obr.5 Osvětlení akvária [10]

Na obrázku 5 jsou zářiče přisvětlující akvárium za účelem urychlení růstu rostlin v akváriu. Je možno snižit nároky na čištění akvária, protože přirozenou funkcí rostlin je čištění vzduchu či vody. Spektrum je potřeba zvolit podle typu akvária. Je-li akvárium zaměřeno na hlubokomořský život, je červené spektrum ve světla nepotřebné.

3 Návrh koncepce SMART svítidla pro akvaponii

Systém, který je vyobrazen na obrázku číslo 6, má modulární řešení, tzv. LEGO model. Jednotlivé komponenty se do systému přidávají nebo odebírají. Základní část systému tvoří GROW LED inteligentní osvětlovací těleso, které je umístěno nad pěstební plochou (záhonem) v potřebné vzdálenosti, která je dána jako kompromis mezi intenzitou záření a velikosti s

zářiče. Další modul GROW spektrometr měří dopadající sluneční záření i záření z GROW LED. Výsledky měření posílá po síti ethernet do GROW řídicího systému (průmyslový počítač), který rozhoduje podle GROW software (řídící a výpočtový software pro průmyslová PC) o míchání spekter slunečního záření nebo GROW LED tak, aby bylo optimální spektrální složení (barevnost) světla pro fotosyntézu, produkci, růst a vývoj rostlin. Doplňkové funkce tvoří senzory teploty a vlhkosti, které plní pomocnou funkci a monitorují vzdušnou vlhkost a teplotu ve skleníku. Další část GROW software rozhoduje o zavlažování a odvětrávání, popřípadě stínění pěstebního záhonu. Obsluha bude moci monitorovat prostředí skleníku a měnit kultivační podmínky přímo ve skleníku, z kanceláře nebo pomoci software na notebooku, tabletu eventuálně na stolním počítači přes internetové připojení z domova.



Obr.6 Blokové schéma systému pro akvaponii

3.1 Požadavky na stupeň krytí a chlazení

Pro použití ve skleníku je volba stupně krytí velice důležitá, protože ve sklenících bývá často vysoká relativní vlhkost a někdy dokonce i stříkající voda, jejíž potencionál k poškození elektroniky je vysoký. Pokud se voda smíchaná s nějakou agresivní směsí hnojiv dostane do elektrického přístroje, může nebezpečně poškodit kritické části takového přístroje. Proto je nutné rozhodnout o použití krytí alespoň IP56, což představuje problém pro chlazení. Jako hlavní chladící element je použit hliníkový profil navržený tak, aby co nejefektivněji odváděl teplo od zářičů a napájecích zdrojů. Toto teplo je předáváno okolnímu vzduchu a tím je docílena co nejnižší teplota zářičů a napájecích zdrojů, čímž bude výrazně prodloužena jejich životnost.

3.2 Volba senzoru světleného spektra

V dnešní době existují přístroje (spektrometry) i spektrální senzory, které dokáží měřit jen několik kanálů světleného spektra, které mají relativně vysoké FWHM, které odpovídá měřícím přístrojům typu radiometr. Tyto senzory (součástky) obsahují filtry, detektory světla, analogové registry, analogové zesilovače, šestnáctibitové analogově digitální převodníky, napěťově nezávislou paměť a komunikační rozhraní jako UART a nebo I²C v malém pouzdře.

Aktuálně se tyto malé obvody jeví jako nejlepší kompromis, mezi přesností, složitostí a cenou, avšak jejich dostupnost není zatím běžná.

3.3 Spektrální senzory

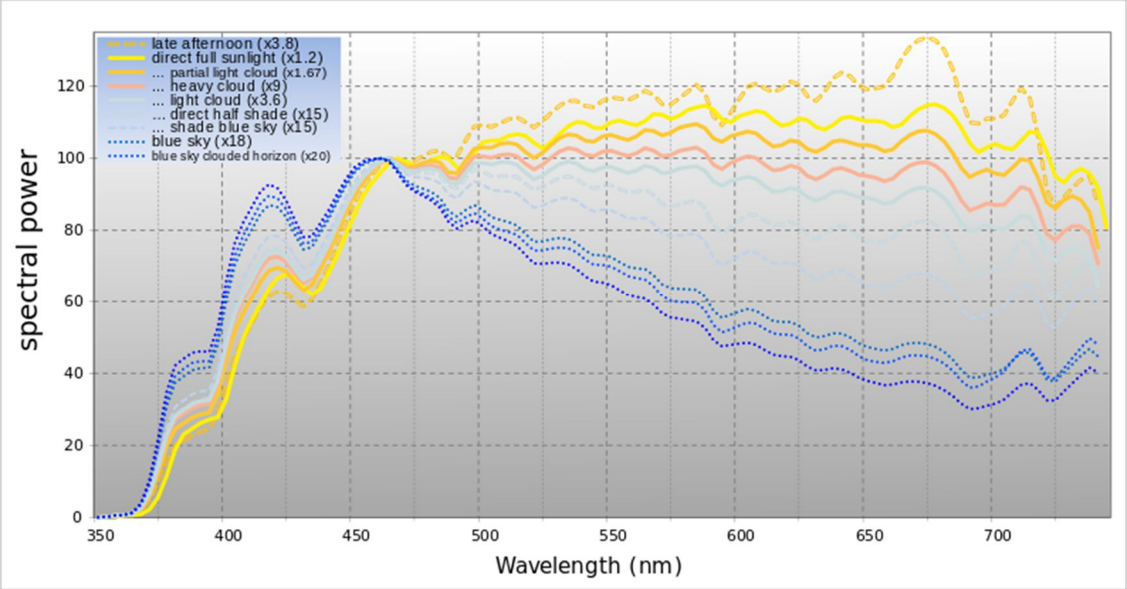
Je použity dva detektory světla s integrovanými filtry každý pro šest vlnových délek. První senzor detekuje světlo v pásmech 450 nm, 500 nm, 550 nm, 570 nm, 600 nm a 650 nm, každý s 40 nm FWHM Gaussovského tvaru. Druhý senzor detekuje světlo v jiných šesti pásmech a to 610 nm, 680 nm, 730 nm, 760 nm, 810 nm a 860 nm, každý s 20 nm FWHM. Vzhledem k tomu, že jejich velikost je menší, než dvacet milimetrů čtverečních, proto jejich umístění na desku plošných spojů je výrazně jednodušší.

3.4 Životnost SMART svítidla pro akvaponii

Dle platné legislativy je prodejce povinen poskytnout dvouletou záruku v případě prodeje fyzické osobě, což udává minimální dobu, po kterou by měl systém funkční za standardních podmínek bez nutnosti oprav. Životnost všech komponentů musí být minimálně tyto dva zmíněné roky, a to při používání způsobem, který je schválený výrobcem přístroje.

Životnost ventilátorů je udávána jako průměrný čas do poruchy a je větší, než 80 tisíc hodin. Životnost LED zářičů je přibližně stejná, jako životnost jednotlivých LED. Tato životnost je udávána jako doba, po kterou výrobce LED garantuje, že nedojde k poklesu světelného výkonu o více, než deset procent.

3.5 Mody provozu SMART svítidla pro akvaponii

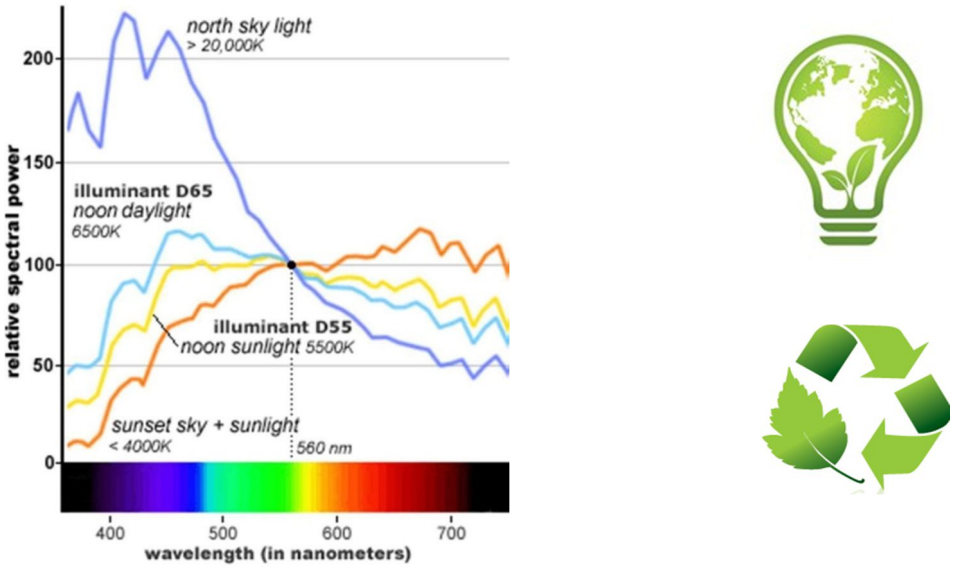


Obr.7 Spektrální poměry denního světla [15]

Na obrázku 7 je vidět, jak se mění spektrální složení světla v závislosti na různých faktorech (jednotlivé křivky). Normalizace u tohoto obrázku proběhla tak, aby všech devět spekter mělo hodnotu 100 na 560 nm. Žlutá linka reprezentuje přímé sluneční světlo a je patrné, že v červené oblasti (600 nm a výše) je větší intenzita, než v modré oblasti (455 nm a méně). Když se podíváme na čárkovanou oranžovou čáru late afternoon, která má díky vynásobení skoro čtyřmi na obrázku větší amplitudu, ale její energetický výkon je nižší, ale poměr mezi červenou a modrou je ještě více přikloněn k červené. Když se však podíváme na tečkovanou modrou čáru, zjistíme, že poměr mezi červenou a modrou je výrazně přikloněn na stranu modré.

Z těchto informací je patrné, že sluneční spektrum výrazně mění rozložení svého spektrálního výkonu v závislosti na tom, přes jakou oblačnost zrovna prochází. To je způsobeno tím, že oblak je soustava malých částic (nejčastěji vody, nebo ledu, podle výšky, zeměpisné polohy a aktuálního ročního období), které jsou v atmosféře a je jich tak mnoho, že je lze pozorovat i pouhým okem. Tento led, voda, či vodní pára však může být i v koncentracích, kdy jsou ještě okem neviditelné. V takovém případě je sice okem nelze vidět, ale sluneční paprsky na své cestě k zemskému povrchu stále musí přes tyto oblaky projít a tím dochází k útlumu

spektrálního výkonu. Voda není průhledná, jak si mnozí myslí, ale je lehce zbarvená do modra, což z fyzikálního hlediska znamená, že pohlcuje všechny barvy více, než modrou, ale proto, že toto zbarvení je jen velmi malé, tak je jen těžko odlišitelné, a tak si to většina lidí ani neuvědomuje. Skvělým příkladem je moře, to má modrou barvu. To je tím, že tam je hodně vody, která postupně všechny ostatní barvy pohltí a s dostatečnou hloubkou pohltí i modrou barvu [17].



Obr.8 Spektrální poměry denního světla [21]

Podobně jako na předchozím obrázku je i zde na obrázku 8 zobrazeno spektrální složení přirozeného slunečního světla. Normalizace u tohoto obrázku proběhla tak, aby všechny čtyři spektra měly hodnotu 100 na 560 nm. Lidské oko vnímá barvy stejně, ať jsou ozářeny zářičem D65, D55, či dokonce zapadajícím sluncem. Tento fakt vede k tomu, že člověk bez vhodných přístrojů není schopný spektrum světla rozeznat, pokud vidí pouze jedno z těchto spekter. Pokud však je možnost porovnat dva zářiče, například D65 a D55, tak je rozdíl patrný.

Tyto okem nevnímané rozdíly informují rostliny o tom, zda je ráno, poledne nebo večer. I přes tyto poznatky většina světel nabízí pouze statické režimy, kdy se zvolené spektrum v průběhu dne nemění.

Z teoretického hlediska jsou možné dva základní druhy provozu, a to provoz v „uzavřeném“ systému bez dalších zdrojů světla, nebo bez ohledů na další zdroje světla jako je například slunce a druhou variantou je doplňování chybějících výkonů do světelného spektra. Tyto dva módy lze kombinovat s různými časovými módy a tím vzniká relativně rozsáhlé množství variant. Zde několik více, či méně extrémních příkladů použití, které jsou zohledněny v návrhu:

3.6 Simulace dne a náhrada slunečního světla

Prvním příkladem může být například simulování dne v tmavé místnosti s malým, nebo žádným přístupem slunečního světla. V tomto případě se bude zákazník snažit pouze o to, aby rostlina rostla i bez přístupu k slunečnímu světlu. Průměrná délka dne je přibližně dvanáct a půl hodiny, většina rostlin se ale pěstuje převážně přes léto, kdy je den delší.

Proto pokud se rozhodneme simulovat letní období, tak se dostaneme podle konkrétního období k průměrům okolo čtrnácti až šestnácti hodin, provozní životnost LED začíná přibližně na 50 tisících hodinách, z čehož vyplývá, že pokud budou LED svítit průměrně šestnáct hodin denně po dobu dvou let, tak dojdeme k výsledku, že LED budou celkově svítit méně, než 12 tisíc hodin, což je výrazně méně, než 50 tisíc hodin (udávaná životnost LED).

3.7 Doplnění slunečního světla na průměrnou hodnotu pro daný den

Tímto příkladem je skleník umístěný na relativně slunečném místě, ale s častými dešti, zataženou oblohou, takové místo může být například v Anglii. Tento příklad je extrémní hlavně z důvodu, že se od systému může vyžadovat nepřetržité monitorování a rychlé reakce na změnu slunečního světla, kvůli zastínění skleníku mrakem a tím snížení dopadajícího slunečního světla na rostliny. V tomto módu systém může být nastaven tak, aby spotřeboval jen minimum energie za předpokladu „hezkého počasí“, což může být pro některé zákazníky rozhodující faktor. Pokud bude sluneční světlo dostatečné, tak nebude třeba zářiče vůbec zapínat. Vyjdeme-li z předpokladu rozumného nastavení, tak aktivní doba LED bude jen zlomek toho, co v prvním příkladu. A na základě toho je opět výrazně menší, než 50 tisíc hodin (udávaná životnost LED).

3.8 Prodlužování dne

Vědecké studie hovoří o tom, že když rostlině prodloužíme den umělým světlem, můžeme výrazně zkrátit dobu jejího růstu, ve dnech. Doba růstu v počtu hodin, ve kterých na rostlinu dopadá světlo, zůstane přibližně stejná. Vezměme si teoretický příklad, že rostlině prodloužíme den o dvě hodiny „plného“ světla, to znamená přibližně čtyři hodiny aktivního času LED za den. Pokud toto číslo násobíme počtem dnů v časovém období dvou let, dostaneme necelé tři tisíce hodin. V tomto módu by z dlouhodobého hlediska bylo nutné zvážit, který další prvek systému se časem opotřebuje, protože LED svou životností tyto časy překračují. Tento režim by samozřejmě bylo dobré kombinovat s režimem „Doplnění slunečního světla na průměrnou hodnotu pro daný den“, ale pro ilustraci využití jsou uvedeny tyto varianty zvlášť.

3.9 Nepřetržitý provoz

Vědci se nedokáží shodnout, zda nepřetržitý den je pro rostliny výhodný nebo jen prodloužený den. Nelze se však zastavit na tom, že vědci se nedokáží na něčem shodnout a proto bude systém plně připraven i na variantu, že se někdo rozhodne osvětlovat rostliny nepřetržitě, dvacet čtyři hodin denně sedm dní v týdnu, tři sta šedesát pět dní v roce. Toto je tedy pro LED nejhorší scénář, ale když vynásobíme dvacet čtyři hodiny třemi sty šedesáti pěti dny a poté ještě dvěma roky, tak nám vyjde pouze 17 520 tisíc hodin, což znamená, že ani v tomto případě LED nejsou omezujícím faktorem. Prakticky dnešní LED mohou nepřetržitě svítit i šest let bez výrazného poklesu jasu.

3.10 Volba LED pro zářiče

Byl zvolen výrobce LED a to firma Osram AG, která je na trhu přes 110 let od roku 1919, kdy začali prodávat své první osmio-wolframové žárovky. Od té doby se stali jednou z největších firem na osvětlovací techniku na světě.

Hlavními barvami budou modrá a červená, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách. Zde jsou uvedeny čtyři nejdůležitější LED, které budou použity. LB CPDP a LD CQDP jsou modré 454 a 465 nm s vyzařovacím úhlem 80°, tento vyzařovací úhel zajistí snadné

rozptýlení i na relativně malou vzdálenost. LH CPDP je červená 660nm s vyzařovacím úhlem opět 80°, který zajistí snadné rozptýlení i na relativně malou vzdálenost. GF CSHPM1.24 je opět červená, s vlnovou délkou 730 nm, s vyzařovacím úhlem opět 80°, což jak již bylo zmíněno, umožní generovat homogenní pole i relativně blízko LED zářiče.

3.11 Volba programovacího jazyka pro aplikace na počítačích

Z důvodu nezávislosti na platformě a relativně vysokým nárokům na množství zpracovaných dat je nutné zvolit programovací jazyk, který umožní vygenerovat jeden binární soubor pro všechny platformy, což zároveň velmi sníží nároky na udržování kódu, protože bude jen jeden zdrojový kód. Zvolen byl C#, protože většina uživatelů používá systém Windows a C# je zde preferovaným programovacím jazykem. Na ostatních platformách je také dostupný a výkonově srovnatelný, i když vzhled ne vždy ladí k nativním aplikacím dané platformy. Je to ale asi jediný programovací jazyk, umožňující generování binárních souborů, které jsou spustitelné na všech platformách, a zároveň je vzhled dostatečně přijatelný.

Jako integrované vývojové prostředí bylo zvoleno Microsoft Visual Studio. Toto vývojové prostředí je pravděpodobně nejrozšířenějším integrovaným vývojovým prostředím pod operačními systémy Microsoft Windows. Dále toto prostředí nabízí pravděpodobně nejširší podporu třetích stran, co se týče nástrojů na podporu programování.

3.12 Volba programovacího jazyka pro mikrokontroléry

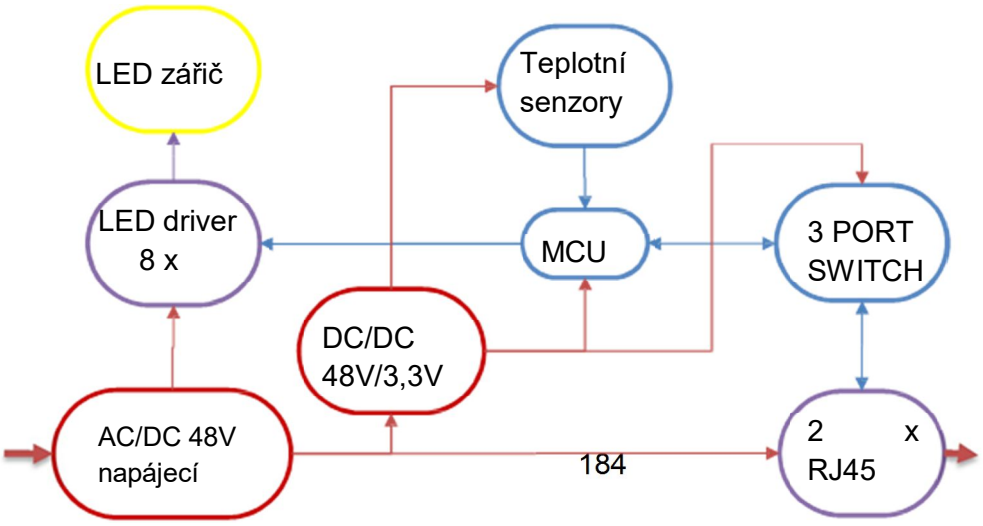
Byl použit programovací jazyk C, protože nabízí nejlepší kompromis mezi rychlostí, optimalizacemi a přehledností, kdy optimalizace jdou řešit nahrazením malé části kódu funkcí napsanou v jazyku symbolických instrukcí. Jako integrované vývojové prostředí bylo zvoleno CrossStudio for ARM, a to z následujících důvodů: nabízí široké možnosti debugg, přehledné mapování paměti, rychlou kompilaci, přehledné mapování strojových instrukcí na zdrojové soubory a v poslední řadě, jej již má firma zakoupeno.

4 Implementace hardware a software

4.1 Hardware

Tato podkapitola je rozdělena na dvě části. V první části, bude popsán modul LED světel, kterých může být konfigurován ve výsledném systému v počtu i několik set kusů. V druhé části bude krátce popsán hardware a software modulu řídícího počítače, který bude v každé sestavě pouze jeden.

4.2 Modul LED světel



Obr.9 Blokové schéma modulu LED světel

Z blokového schématu na obrázku 9 je patrno z barevných šipek rozdělení napájení - značeno červeně a dat - digitální data modře. Hybridní bloky, které kombinují napájení a digitální data jsou značeny fialovou barvou. Emitor světla je zaznačen žlutou barvou.

Každé světlo je napájeno ze standardní elektrické napájecí sítě 230V/50Hz/48V/DC a následně na 3.3 V. Napájecí napětí 48 V je použito na napájení driverů LED a taky na napájení konektorů RJ-45 v krytí IP65, jejichž účelem je umožnit zapojení všech zařízení do jedné řady. Zapojení výrazné sníží náklady na vedení kabelů a taky to výrazně ovlivní cenu konstrukcí pro vedení ethernetových kabelů. Jelikož konstrukce, která má unést jeden kabel je výrazně levnější, než konstrukce, která má unést stovky kabelů. Napětí 3.3 V je použito pro napájení ostatní elektroniky (mikrokontrolér, teplotní senzory a tří portový ethernetový rozbočovač).

Teplotní senzory poskytují mikrokontroléru informace o teplotě v různých částech přístroje, hlavně však v okolí LED zářiče. Teplota v okolí zářiče je důležitý ukazatel, zda je chlazení dostačující, či nikoliv, protože je mnoho faktorů, které mohou ovlivnit efektivitu chlazení.

4.3 Modul řídícího počítače

Řídící počítač může být libovolný počítač vybavený vhodným softwarem a hardwarem, tyto požadavky jsou zdůvodněny v této kapitole. Hlavní požadavek na výkon však plyne z velikosti kontrolovaného systému.

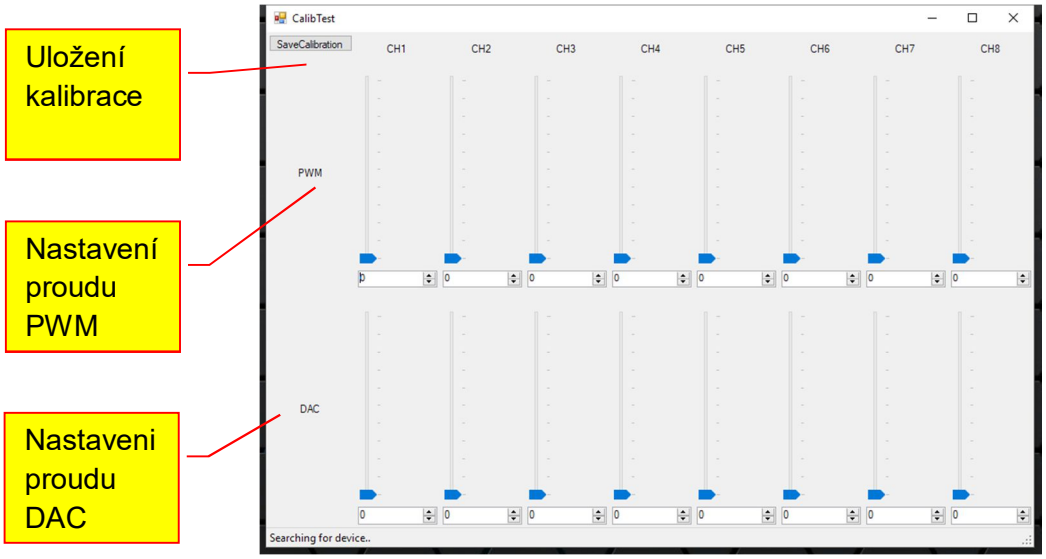
Hardwarové požadavky zahrnují mikroprocesor s instrukční sadou Intel x86 anebo AMD64. Výkon mikroprocesoru se musí přizpůsobit množství světel, které bude systém ovládat, množství a typu detektorů světla, které budou v systému, a požadavkům na rychlost reakce systému na změnu okolních podmínek osvětlení. Není-li třeba reagovat na vnější osvětlení a stačí pouze nastavovat světla tak, aby světelný výkon odpovídal hodnotě z tabulky zadané uživatelem, a krok těchto hodnot bude například několik minut, stačí dvou jádrový mikroprocesor i pro větší množství světel. Pokud se však jedná o doplňování chybějícího výkonu do slunečního světla, je potřeba zvolit rychlý mikroprocesor s větším počtem jader. Samozřejmě je zapotřebí ethernetové připojení. Zbylé komponenty počítače nejsou při dnešních hardwarových možnostech omezující.

5 Řídící aplikace

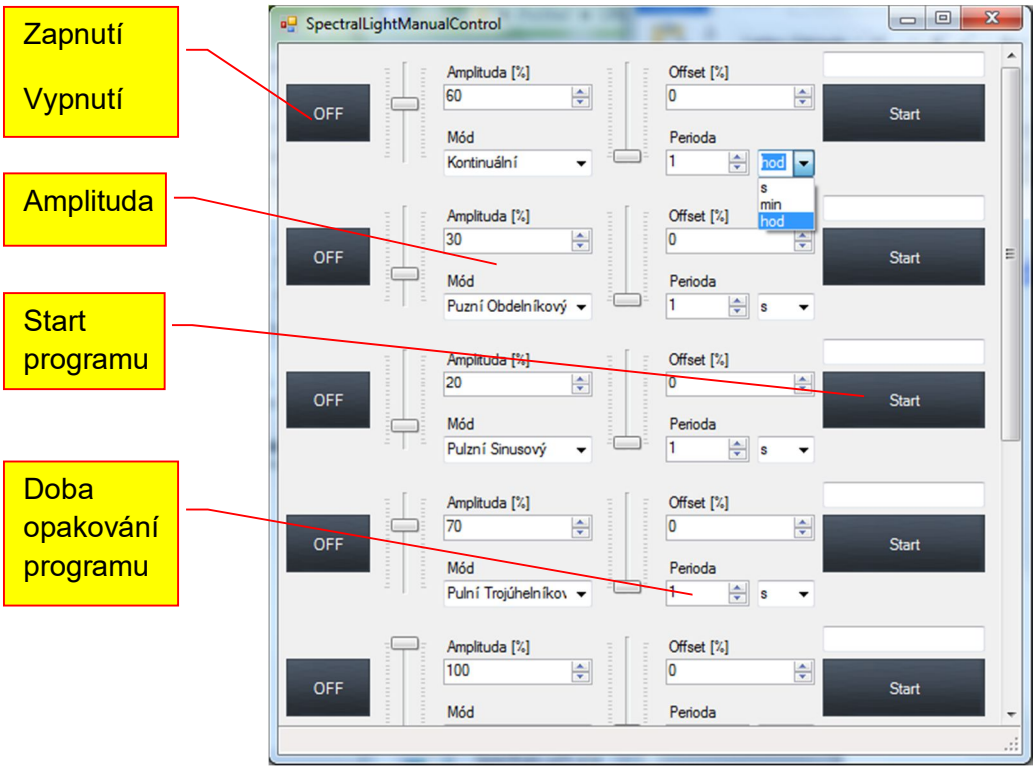
Prvním příkladem takovéto aplikace je konzolová aplikace, která byla použita při testování. Řídící aplikace je navržena tak, aby bylo možno regulační modul vyměnit. Každý zákazník si může navrhnout svůj regulační modul, což umožní velkou variabilitu systému. Dále může řídící aplikace sloužit pouze jako prostředník či překladač mezi jiným systémem uživatele a systémem světel a senzorů spektra, kdy jiný systém uživatele bude mít plnou kontrolu nad řízením. Poslední variantou je plně manuální režim, kdy v řídící aplikaci není žádný řídící algoritmus a je pouze prostředníkem pro vizualizační aplikace, které umožní systém manuálně ovládat.

5.1 Vizualizační aplikace

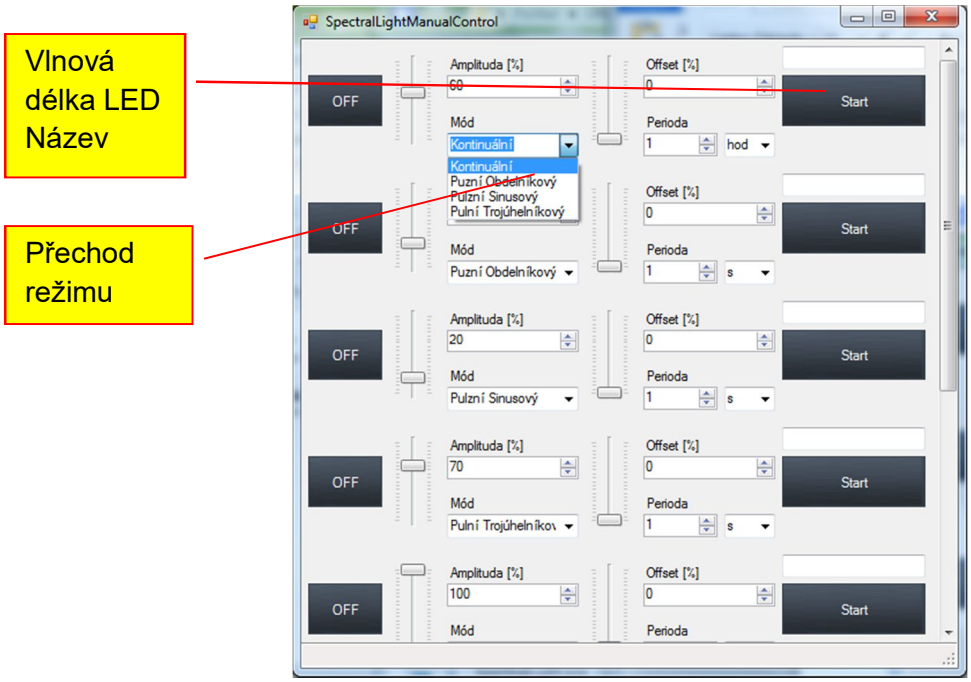
Tato kategorie aplikací se postupně rozroste o mnoho aplikací dle požadavků zákazníků, a to jak o desktopové aplikace, které budou spouštěny přímo na řídícím počítači, tak o webové aplikace, které rovněž budou spuštěny přímo na řídícím počítači, tak desktopové aplikace, které budou vzdáleně komunikovat s řídícím počítačem, přes konzolovou aplikaci, která také bude vykonávána přímo na řídícím počítači. Každý z těchto tří přístupů má své výhody a nevýhody. Bude možné mít spuštěno více aplikací každého typu zároveň, aby si zákazník mohl vybrat to, co zrovna potřebuje, obrázek 10, 11, 12.



Obr.10 Front panel testovacího a kalibračního software



Obr.11 Hlavní ovládací panel



Obr.12 Hlavní ovládací panel – nastavení přechodu režimů

5.2 Vizualizační aplikace desktopové spouštěné přímo na řídícím počítači

Hlavní nevýhodou těchto aplikací je to, že jsou v závislosti na vzhledu, typu a množství vizualizovaných dat výrazně ovlivňovat výkon řídícího počítače. Druhou nevýhodou je to, že pokud bude chtít uživatel vizualizaci vidět, bude se muset fyzicky přesunout k řídícímu počítači. Pokud to bude jediná vizualizaci podporující aplikace, lze za hlavní výhodu považovat bezpečnost, protože nebude nutné, aby byl řídící počítač připojen do internetu a vystavoval se tak riziku útoku. Pro projekty malého a středního rozsahu v domácích, či firemních podmínkách ve smyslu přímé dostupnosti takováto aplikace může být nejlepším řešením.

5.3 Vizualizační aplikace spouštěné z uživatelských zařízení

Z pohledu zabezpečení se tento typ vizualizační aplikace jeví jednodušeji. Z pohledu výhod, je důležité poznamenat, že v tomto případě nemusí být všechny výpočty provedeny přímo na řídícím počítači, ale že se část výpočtů může přesunout na uživatelský počítač a ulehčí se tak řídícímu počítači. Tato skutečnost bude mít za následek to, že pokud bude několik klientů chtít stejná data v jednu chvíli, výpočet proběhne několikrát, na každém z jejich zařízení. Dojde také k snížení přenášených dat přes internet.

5.4 Souhrn vizualizačních aplikací

Předpokládá se, že u středně velkých systémů budou aplikace pro vizualizaci v maximální konfiguraci nastaveny následovně.

Řídící aplikace bude přes aplikační rozhraní přes zpětnou smyčku komunikovat s vizualizačními aplikacemi, které ji budou předávat umístění algoritmů, které má použít pro jednotlivé sekce systému. První vizualizační aplikace bude umožňovat vyčíst aktuální spektrum a nastavení světel přes internetový prohlížeč. Aplikace vygeneruje internetovou stránku na základě požadavku se snadným náhledem systému. Druhá bude komunikovat šifrovaným protokolem přímo přes internet s řídící aplikací a bude umožňovat provádět veškerá nastavení s možností řízení systému.

6 Závěr

Na základě výsledků testů se u tohoto projektu prověřila funkcionalita, a proto bude nasazen v reálném skleníku, kde budou probíhat vědecké pokusy s urychlením růstu rostlin a další ovlivňování růstu, za účelem zvýšení výnosů, bez navýšení plochy použité pro pěstování. Testovací sestavy budou zapůjčeny do skleníku na Ostravskou univerzitu, aby mohli vědci testovat optimální spektrální složení světla pro různé druhy rostlin, jejich fáze růstu a různé denní doby. Následuje několik příkladů, kde tento systém najde uplatnění.

Tento projekt prokázal, že navržené řešení je funkční a díky tomu může najít užitek například v takzvaných „RegenVillages“, kde se snaží autoři projektu vytvořit vesnice (oblasti), které budou co nejvíce energeticky samostatné. Díky této technologii se sníží spotřeba energie potřebné k vypěstování rostlin a tím je možno odstartovat proces osamostatnění vesnice (oblasti) [7].

Počítá se s tím, že díky nejmodernějším technologiím budou obyvatelé této oblasti schopni vypěstovat asi 10krát více surovin než na tradiční farmě se stejnou rozlohou půdy.

7 Příklad č. 1



Obr.13 Skleník v již existující vesnici z programu RegenVillages [7]

Na levé části obrázku 11 je vidět, že rostliny jsou výrazně zastíněny. Tento problém by se dal řešit umělým přisvětlováním, které by umožnilo rychleji vypěstovat potraviny a tím pomohlo v nezávislosti vesnice na externích dodavatelích. Dále je zde možnost pěstovat

exotičtější rostliny, jako například banánovníky či pomerančovníky, které v dané zeměpisné šířce nejsou bez umělého přisvětlování vůbec možné.

8 Příklad č. 2



Obr.14 Advanced Plant Habitat při pozemních zkouškách [18]

Na obrázku 12 je možno si prohlédnout modul, který Americký Národní Úřad pro Letectví a Kosmonautiku dopravila dne 22. dubna 2017 na vesmírnou stanici, kde v něm budou probíhat pokusy o pěstování rostlin v mikrogravitaci. Z toho je patrné, že tato technologie a její automatizace jsou klíčové pro výzkum vesmíru, protože umožní vytvořit skoro neomezený zdroj potravy pro astronauty při meziplanetárních letech. Tento systém není automatický, ale je řízen z pozemní stanice, která bude mít všechny potřebné informace na základě dat z mnoha senzorů a kamer uvnitř boxu. Po astronautech by po prvotním uvedení boxu do provozu mělo být vyžadováno pouze občasné dolití vody, o vše ostatní se postará tým v pozemní stanici.

Literatura

[1] Richard Stevens, Stephen Rago, Advanced Programming in the UNIX Environment, 3rd Edition,Addison-Wesley Professional, ISBN 0321637739

[2] Mark Mitchell, Jeffrey Oldham, and Alex Samuel, Advanced Linux Programming, Sams Publishing, ISBN: 0735710430

[3] Christopher H. Sloper, The LED Grow Book: Better. Easier. Less Watts, CreateSpace Independent Publishing Platform, ISBN: 1482697327

[4] sRGB [online] Dostupné z <https://en.wikipedia.org/wiki/SRGB>

[5] Sodium-vapor lamp [online] Dostupné z <https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium-vapor_lamp> [8] SMART SPECTROMETER [online] Dostupné z <http://www.lightdrop.cz/#page1>

[6] LED žárovka 5x1W RGB E27 s dálkovým ovládáním [online] Dostupné z<https://www.rajsvitidel.cz/img_detail/28071fr01.jpg>

[7] RegenVillages [online] Dostupné z <http://www.regenvillages.com/#>

[8] Polské skleníky ničí přírodu. Září do noci jako stotisícové město [online] Dostupné z<http://liberec.idnes.cz/sklenik-smog-svetlo-obloha-znecisteni-turow-elektrarna-rajce-teplo- energie-17m-/liberec-zpravy.aspx?c=A160208_085110_liberec-zpravy_ddt>

[9] INSIDE THE WORLD'S LARGEST INDOOR FARM [online] Dostupné z<http://news.nationalgeographic.com/news/2014/07/140717-japan-largest-indoor-plant-factory- food/>

[10] Aquarium Lighting [online] Dostupné z <http://www.ledgrowlight-hydro.com/ledlights-blog/what-are-the-types-of-aquarium-lighting/>

[11] Kolorimetr [online] Dostupné z <https://www.aliexpress.com/item-img/New-Colorimeter-WR-10-8mm-Portable-Digital-Color-Meter-WR10-Color-Analyzer/32581859719.html?spm=2114.10010108.1000017.2.3rCnqH>

[12] Radiometr[online] Dostupné z <http://www.bluephotongrip.com/product/radiometer-handheld-62020/>

[13] Luxmetr [online] Dostupné z <https://en.wikipedia.org/wiki/Photometer>

[14] Spektrometr [online] Dostupné z<http://www.directindustry.com/prod/avantes/product-36074-707765.html>

[15] Spektrální poměry slunečního světla [online] Dostupné z https://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight

[16] Spektrální poměry slunečního světla [online] Dostupné z <https://www.handprint.com/HP/WCL/color1.html>

[17] Oblak [online] Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Oblak>

[18] Cygnus napěchovaný vědou [online] Dostupné z <http://www.kosmonautix.cz/2017/04/cygnus- napechovany-vedou/>

[19] Divider [online] Dostupné z <https://software.intel.com/en-us/node/544416>

Pasivní osvětlovací systémy pro obtížně osvětlitelné prostory

Iveta Skotnicová, doc. Ing., Ph.D., Marcela Černíková, Ing., VŠB – Technická univerzita Ostrava,
Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB, iveta.skotnicova@vsb.cz, marcela.cernikova@vsb.cz

Abstrakt: Příspěvek se zaměřuje na možnosti pasivního osvětlení obtížně osvětlitelných vnitřních prostorů. Hlavní pozornost je věnována posouzení denního osvětlení světlovody. Na konkrétním příkladu místnosti recepce osvětlené dvěma světlovody je proveden výpočet činitele denní osvětlenosti pomocí tří různých výpočtových metod. Výsledky výpočtu jsou porovnány a zhodnoceny výhody a nevýhody jednotlivých řešení.

1 Úvod

Pasivní osvětlovací systémy umožňují přístup denního světla do vnitřních prostorů bez využití technických zařízení. Mezi klasické pasivní prosvětlovací prvky lze zařadit okna, transparentní stěny nebo části střech, střešní okna, světlíky, vikýře, prosklená atria a zimní zahrady. Při rekonstrukcích stávajících budov, ale i při návrhu nových projektů se mohou vyskytnout problematické prostory, ve kterých z různých důvodů nelze použít uvedené systémy a musí se hledat jiná řešení pro přívod denního světla – např. anglické dvorky nebo tubusové světlovody.

V tomto příspěvku je zaměřena pozornost na výpočet vnitřního osvětlení místnosti tubusovými světlovody. Jako konkrétní příklad pro výpočet byla vybrána místnost recepce osvětlená 2 navrženými světlovody. Pro výpočet osvětlenosti vnitřního prostoru světlovody byly použity a porovnávány 3 různé výpočtové metody.

1.1 Popis hodnocené místnosti

Místnost recepce se nachází ve vnitřní dispozici 1. podlaží sportovní haly a nemá přímé denní osvětlení okny, pouze sekundární osvětlení přes pásové světlíky umístěné v prostoru nade dveřmi do kanceláří okolních místností. Místnost recepce bude místem trvalého pracoviště na funkčně vymezené ploše. Místo zrakového úkolu bude na vymezené pracovní ploše a 1 m okolo ní, v úrovni 0,85 m nad podlahou. Nad pracovním stolem jsou navrženy 2 tubusové světlovody, které mají tubus o průměru 0,80 m a délce 2,85 m (Obr. 1). Světlá výška místnosti je 3,00 m. Předpokládá se, že židle recepční (pracovní místo) bude umístěna uprostřed mezi dvěma světlovody.

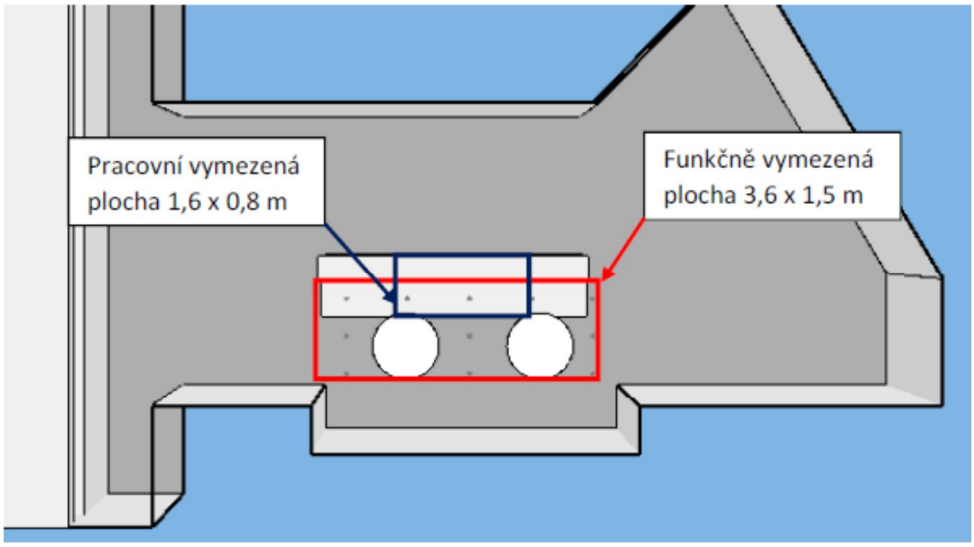
1.2 Požadavky na denní osvětlení místností

V souladu s Nařízením vlády č. 361/2007 Sb. [1], §45, ods. 3, na pracovišti, na němž je vykonávána trvalá práce, osvětlovaném denním osvětlením, musí být minimální hodnota činitele denní osvětlenosti rovna nejméně D_{min} = 1,5 % a hodnota průměrného činitele denní osvětlenosti (při horním nebo kombinovaném osvětlení) rovna nejméně D_m = 3 %, i když pro danou zrakovou činnost stačí nižší hodnoty.

Na pracovišti na němž je vykonávána trvalá práce, osvětlovaném sdruženým osvětlením musí být dodrženy tyto minimální hodnoty:

a) denní složka sdruženého osvětlení vyjádřené činitelem denní osvětlenosti D_{min} = 0,5 % a průměrná D_m = 1,5 % musí být splněna ve všech případech, tedy i při bočním a kombinovaném osvětlení.

b) doplňující umělé osvětlení vyjádřené udržovanou osvětleností Em = 200 lx.



Obr.1 Vyznačení funkčně vymezené a pracovní plochy v místě trvalého pracoviště recepce a umístění světlovodů

2 Metody výpočtu denního osvětlení tubusovými světlovody

Výpočtové metody pro stanovení osvětlenosti se v zásadě rozlišují na tokové, které poskytují průměrné hodnoty veličin, a bodové, kterými se naopak získají hodnoty veličin v konkrétních výpočetních bodech. V tomto příspěvku jsou uvedeny a porovnány tři metody výpočtu činitele denní osvětlenosti vnitřních prostorů osvětlených tubusovými světlovody:

A. Výpočet činitele denní osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu dle doc. Kaňky [2].

B. Výpočet osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu programem HOLIGILM verze 4.4.1 [4].

C. Simulační výpočet činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech programem WDLS verze 4.1 (C1) [6] a verze 5.0.(C2), ASTRA MS Software, s.r.o. [7].

Do výpočtu denního osvětlení světlovody byly zahrnuty následující vlivy:
Rozložení jasu oblohy pro zimní období s malým množstvím denního světla (venkovní horizontální osvětlenost oblohy E_H = 5000 lx), za předpokladu tmavého terénu s činitelem odrazu světla v mezích 0,05 až 0,2 a rovnoměrně zatažené zimní oblohy. Činitelé odrazů vnitřních povrchů byly zahrnuty pouze do výpočtů dle metody C.: činitel odrazu stropu - 0,70, činitel odrazu stěn – 0,5, činitel odrazu podlahy – 0,3, činitel odrazu osvětlovacího otvoru –

0,2, činitel odrazu terénu – 0,1. Činitelé prostupu světla světlovodem (byly zvoleny standardní hodnoty):

Činitel prostupu světla zasklením kopule	$\tau_{s.nor}$	= 0,90
činitel pro vnější znečištění – čisté prostředí	$\tau_{z,e}$	= 0,70
průměrná odraznost vnitřního povrchu tubusu světlovodu	ρ_s	= 0,95
prostup světla difusorem	τ_s	= 0,80
činitel pro vnitřní znečištění – čisté prostředí	$\tau_{z,i}$	= 0,95
činitel konstrukce osvětlovacích otvorů	τ_k	= 1,0
činitel ztrát světla vlivem stínění konstrukcí budovy	τ_b	= 1,0
činitel ztrát světla vlivem regulačních oken. zařízení	τ_r	= 1,0

2.1 Výpočet činitele denní osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu dle doc. Kaňky [2]

Výpočet umožňuje stanovit přímou složku činitele denní osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu při stále zatažené zimní obloze při tmavém terénu (obloze CIE) a ČSN 73 0580-1:2007 [3]. Do výpočtu není zahrnuta vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti, která zahrnuje odrazy světla od podlahy, stěn a stropu posuzované místnosti.

Činitel denní osvětlenosti D_d [-] středu horní plochy difuzoru se stanoví dle [2] podle vztahu (1):

$$D_d = 1 - \frac{1-\rho}{7}\left\{3\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\rho^n}{(2n+1)^2 b+1} + 4\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\rho^n}{\left[(2n+1)^2 b+1\right]^{3/2}}\right\} \qquad (1)$$

kde $b = \left(\frac{r}{l}\right)^2 = \left(\frac{0{,}400}{2{,}85}\right)^2 = 0{,}0197$,

ρ je činitel odrazu světla vnitřního povrchu světlovodu [-],

r je poloměr světlovodu [m],

l délka světlovodu [m].

Oba součty číselných řad ve vztahu 1 byly sečteny pomocí programu Excel pro sto členů každé řady. Tímto se do výpočtu uvažuje se stonásobným odrazem světla od stěny tubusu.

$$D_d = 1 - \frac{1-0{,}95}{7}(3 \cdot 3{,}2559 + 4 \cdot 2{,}1616) = 0{,}8685 = 86{,}8\%$$

Stanovenou hodnotu D_d je nutné přenásobit činitelem světelné propustnosti vnějšího zasklení (tvrzené sklo) τ_s= 0,90 (směrovou propustnost je možné zanedbat) a činitelem znečištění na vnější straně τ_{ze} = 0,70.

$$D_d = 86{,}8 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}70 = 54{,}68\ \%$$

Difusor má vlastnosti mdleného skla s činitelem světelné propustnosti τ_s= 0,80 a činitel znečištění (čisté) na vnitřní straně τ_{zi} = 0,95. Činitel jasu difusoru k_{md} [-] směrem do posuzované místnosti:

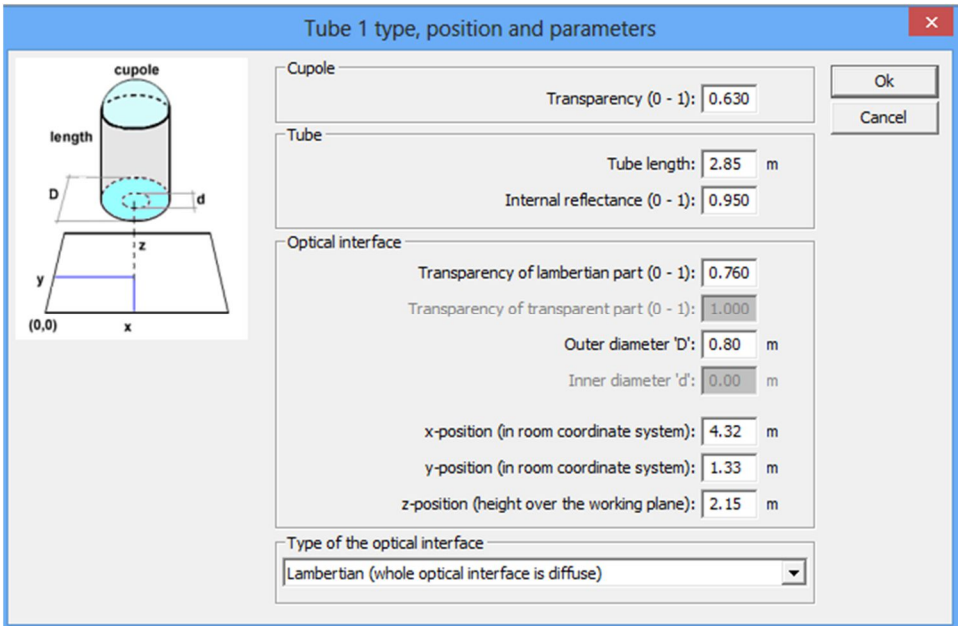
$$k_{md} = D_d \tau_s \tau_{zi} = 54{,}68 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}95 = 41{,}56\ \% = 0{,}4156$$

Činitel denní osvětlenosti D_M pracovní roviny v posuzovaném bodě v ose světlovodu se odvodí ze vztahu (2):

$$D_M = \frac{k_d r^2}{h^2 + r^2} 100\% = \frac{0{,}4156.0{,}400^2}{2{,}15^2 + 0{,}400^2} 100\% = 1{,}39\ \% \qquad (2)$$

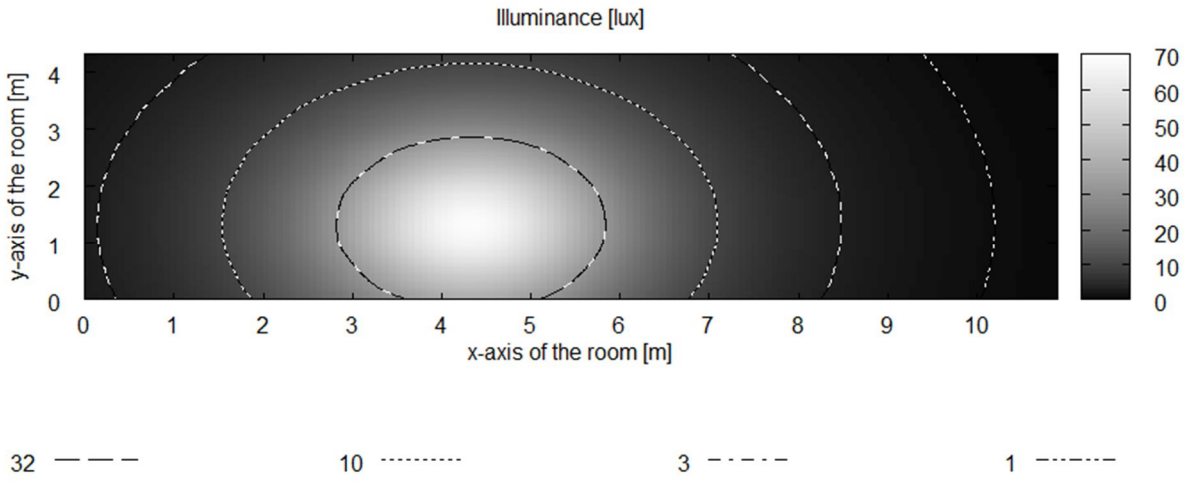
2.2 Výpočet osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu programem HOLIGILM verze 4.4.1 [4]

Název HOLIGILM je zkratka pro HOllow LIght Guide Indoor iLlumination Method. Program umožňuje výpočet osvětlenosti místnosti s obdélníkovým půdorysem osvětlované jedním až 10 světlovody zapuštěnými ve stropě a ukončenými různými typy optických prvků (např. difuzory). Výpočet umožňuje stanovit osvětlenost na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem světlovodu nebo na jeho vnějším povrchu [5]. Výpočtový model oblohy byl zvolen z nabídky 16 modelů, v souladu s ISO 15469:2004 (CIE) pro rovnoměrně zataženou zimní oblohu. Při zadávání vstupních parametrů zahrnující světelnou propustnost kupole a difuzoru (Obr. 2) byly hodnoty přenásobeny korekčními činiteli znečištění na vnější a vnitřní straně.



Obr.2 Zadání typu, pozice a parametrů světlovodu do programu Holigilm

Grafický výstup výpočtu osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu programem HOLIGILM je uveden na Obr. 3.



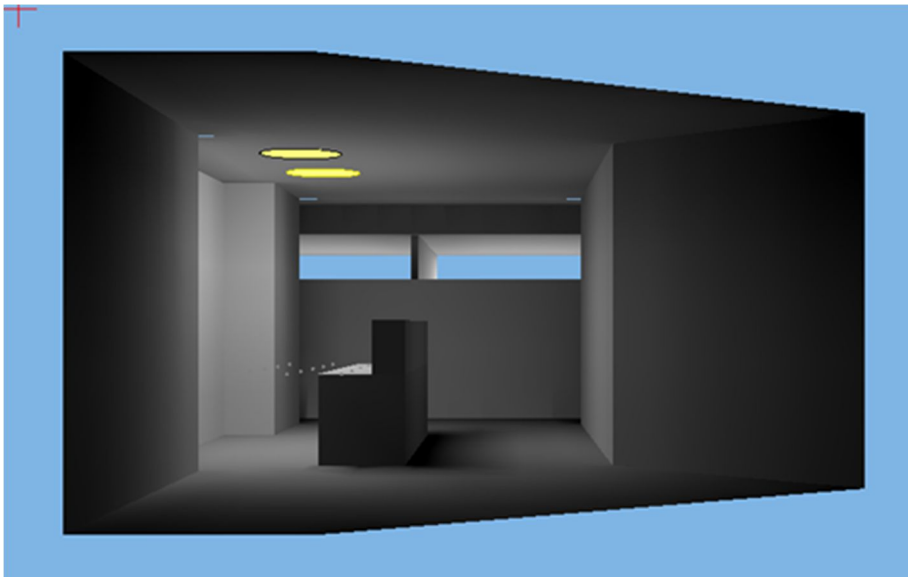
Obr.3 Osvětlenost na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu

2.3 Simulační výpočet činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech programem WDLS verze 4.1 a verze 5.0.

Na základě analytického výpočtu (metoda A), ve kterém byla ověřena účinnost 1 světlovodu daných rozměrů (∅ 800 mm, délka 2850 mm) na denní osvětlení v místě osy světlovodu ve výškové úrovni vodorovné pracovní roviny, byl proveden simulační výpočet úrovně denního osvětlení pomocí programu WDLS [6, 7] na funkčně vymezené části pracovní plochy, která bude určena pro zrakovou práci odpovídající zrakové třídě IV.

Funkčně vymezená část pracovní plochy je uvedena na Obr. 1. Rozměry funkčně vymezené plochy zahrnují pracovní plochu psacího stolu určenou pro trvalou práci (1,6 x 0,8 m) a dále na každou stranu rozšiřují tento prostor o 1 m. Takže celkový rozměr funkčně vymezené pracovní plochy je 3,6 x 1,5 m. Předpokládá se, že židle recepční (pracovní místo) bude umístěna uprostřed mezi dvěma světlovody. Na této ploše byly rozmístěny v pravidelné síti kontrolní body ve výškové úrovni 850 mm.

Simulační výpočet byl proveden nejdříve pro 1 světlovod a dále pro 2 stejné světlovody (∅ 800 mm), umístěné podle Obr. 1. Výpočet byl pro srovnání proveden ve dvou verzích programu - WDLS 4.1 [6] a WDLS 5.0. [7]. Do výpočtu je již zahrnuta vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti, která zahrnuje odrazy světla od podlahy, stěn a stropu posuzované místnosti. Na Obr. 4 je vidět grafický výstup modelu hodnocené místnosti recepce osvětlené světlovody. Výsledky výpočtu činitele denní osvětlenosti jsou uvedeny v Tab. 1.



Obr.4 Grafický výstup z programu WDLS 5.0 výpočtu činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech na funkčně vymezené ploše ve 3D

3 Vyhodnocení výsledků výpočtů denního osvětlení

Výpočet denního osvětlení místnosti recepce osvětlené dvěma světlovody byl pro srovnání proveden 3 výpočtovými metodami. V tab. 1 jsou uvedeny výsledky výpočtu činitele denního osvětlení D_S v kontrolním bodě na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu a hodnoty D_{min} a D_m v kontrolních bodech funkčně vymezené plochy pod dvěma difuzory v závislosti na použité metodě.

Metoda výpočtu	**Činitel denní osvětlenosti pod 1 světlovodem**		**Činitel denní osvětlenosti na funkčně vymezené ploše pod 2 světlovody**			
					minimální	průměrný
	Osvětlenost E [lx]	D_S [%]	D_{S1} [%]	D_{S2} [%]	D_{min} [%]	D_m [%]
A. [2]	-	1,4			-	-
B. (Holigilm 4.2)	70	1,4*			-	-
C1. (WDLS 4.1)	-	2,0	2,9	2,7	1,1	2,2
C2. (WDLS 5.0)	-	1,6	2,3	2,3	0,9	1,9

*) Hodnota činitele denní osvětlenosti byla dopočítána

Tab.1 Výsledky výpočtu činitele denního osvětlení

4 Závěr

Na základě porovnání výsledků výpočtů činitele denní osvětlenosti místnosti recepce osvětlené 2 světlovody pomocí 3 výpočtových metod lze konstatovat:

- Metoda A. [2] – umožňuje stanovit přímou složku činitele denní osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho světlovodu analytickým výpočtem. Ve výpočtu se uvažuje se stonásobným odrazem světla od vnitřní stěny tubusu. Do výpočtu lze zadat světelné propustnosti přes kupoli i difuzor a korekční činitele pro vnitřní a vnější znečištění prostředí. Do výpočtu není zahrnuta vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti.

- Metoda B. – program Holigilm [4] - umožňuje stanovit přímou složku činitele denní osvětlenosti na vodorovné pracovní rovině pod difuzorem jednoho až deseti světlovodů analytickým řešením. Do výpočtu lze zadat světelné propustnosti přes

kupoli i difuzor a vnitřní odrazivost tubusu. Korekční činitele pro vnitřní a vnější znečištění prostředí se musí započítat do světelných propustností. Výpočtový model oblohy je volitelný z 16 variant. Do výpočtu není zahrnuta vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti.

- Metoda C1. – simulační program WDLS 4.1 [6] – starší verze programu neumožňuje přímo zadat do výpočtu světlovod, ale lze ho nahradit horním osvětlovacím otvorem, u kterého je nutné upravit parametry světelné propustnosti otvoru pomocí korekčních faktorů. Do výpočtu činitele denní osvětlenosti je zahrnuta přímá i odražená složka (vnitřní a vnější). Je možné rovněž upravovat činitele pro vnitřní a vnější znečištění otvorů podle [].
- Metoda C2. - simulační program WDLS 5.0 [7] – modul programu pracuje v novém programovém prostředí Building Design, který oproti starší verzi sice umožňuje zadat do výpočtu světlovod, ale je nutné u něho specifikovat redukční faktory kopule, tubusu a difuzeru. Zadávání činitelů pro vnitřní a vnější prostředí není tak detailní jako u starší verze.

Jako vhodná metoda výpočtu vychází kombinace metody A nebo B s metodou C. pomocí prvních dvou metod je možné odvodit redukční faktor tubusu světlovodu, který se použije do výpočtu metody C.

Literatura a odkazy

[1] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

[2] Kaňka, J. *Vybrané stati ze stavební světelné techniky*. ČVUT Praha 2014, ISBN 978-80-01-05468-0.

[3] ČSN 73 0580-1 – Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky. Červen 2007, změna Z1/2011.

[4] http://www.holigilm.info/index.php?selected=downloads

[5] Kocifaj, M.; Darula, S. *Tubusové svetlovody – modelovanie interiérových osvetlenosti při štandardných svetelných podmienkach*. Světlo, 2010, 52 - 54.

[6] Program Wdls 4.1. Výpočet denního osvětlení dle ČSN 73 0580. ASTRA 92 a.s. Zlín

[7] Program Wdls 5.0. BuildingDesign. ASTRA MS Software, s.r.o.

Poděkování

Příspěvek byl realizován za finanční podpory z prostředků Koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2017, přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Aplikace Smart technologií do měst a obcí využitím prvků veřejného osvětlení

doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D., prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.,Ing.

Petr Koudelka, Ph.D., doc. Ing. Radek Martinek, Ph.D.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

tomas.novak1@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz, petr.koudelka@vsb.cz, radek.martinek@vsb.cz

Abstrakt: V současné době se veřejné osvětlení dostává díky nástupu nových technologických celků do přelomové fáze. Je nutné provést zásadní rozvahu o tom, jakým způsobem a kam se veřejné osvětlení bude ubírat, a zda je nutné se na tyto změny připravovat už v současnosti tak, aby se mohl potenciál veřejného osvětlení, zejména v souvislosti se SMART CITIES, využívat. Jako dvě základní technologie ovlivňující veřejné osvětlení lze považovat LED technologie a jejich prudký rozvoj a progresivní rozvoj komunikačních technologií, zejména rozvoj optických vláknových sítí, internetu věcí (IoT), průmyslu 4.0 a mobilních sítí 5G v kontextu národního plánu pokrytí České republiky vysokorychlostním Internetem. Jejich kombinací lze dosáhnout nejen primárního zvýšení viditelnosti vlivem lepších barevných vlastností světelného toku a výrazně lepší možností jeho směrování na komunikace, ale také zejména využití možnosti ovládání každého svítidla, což se již nyní ukazuje být klíčové. Takto koncipovanou napájecí soustavu lze využít celých 24h a zároveň prostřednictvím ní napájet koncové aktivní prvky technologií spadajících do kategorie SMART CITY (free Wi-Fi pro obyvatelstvo, IP kamerové systémy, provozování technologií zajišťujících komunikaci mezi vozidly WAVEp, environmentální měření a dynamické řízení dopravy).

1 Výhody LED

Světelné zdroje LED, které se prosazují zejména díky svému vysokému měrnému světelnému výkonu, který umožňuje spolu s relativně jednoduchým a efektivním směrováním světelného toku realizovat osvětlovací soustavy veřejného osvětlení s výrazně nižším příkonem. Tento fakt ale primárně se zvyšováním bezpečnosti na komunikacích přímo nekoresponduje. Pozitivní přínos ke zvýšení bezpečnosti je proto nutné hledat v kvalitativních aspektech. Srovnáme-li doposud dominantně využívané světelné zdroje (vysokotlaké sodíkové výbojky) s LED z pohledu indexu podání barev, tak se z hodnoty 25 u vysokotlakých sodíkových výbojek dostáváme na hodnotu vyšší než je 70. Je to dáno tím, že spektrum vyzařování vysokotlaké sodíkové výbojky je relativně úzké a disponuje pouze vlnovými délkami okolo hodnoty 598nm, která vyvolává zrakový vjem pouze v oblasti spektra žluté barvy. Rozlišení například modré a zelené barvy ve spektru vysokotlaké sodíkové výbojky je velmi složité. Toto neplatí u LED, jejichž spektrum je výrazně širší a vnímání barev pod jejich světlem se blíží přirozenému vnímání barev. Výhodou je nejen široké spektrum, ale i možnost toto spektrum měnit. Budeme-li se vyjadřovat k náhradní teplotě chromatičnosti, tak je barva světla vysokotlaké sodíkové výbojky teplá s teplotou chromatičnosti okolo 2200K a nelze ji přizpůsobovat potřebám komunikace. U LED lze při návrhu osvětlovací soustavy náhradní teplotu chromatičnosti volit a tudíž měnit i barvu světla. Tuto možnost je vhodné uplatnit při generování barevného kontrastu v kritických oblastech komunikací. Aby byl barevný kontrast jasně rozlišitelný, tak by poměr náhradních

teplot chromatičnosti měl být v poměru nejméně 1:1,5.0 Jinou náhradní teplotu chromatičnosti lze například volit na mostech (vysoká teplota chromatičnosti s vysokým obsahem modré složky) nebo pro přisvětlení přechodů pro chodce. Barevným kontrastem dojde ke zviditelnění přechodu samotného i bez přítomnosti chodců.



Ukázka zviditelnění přechodu pro chodce pomocí barevného kontrastu při zajištění dostatečné viditelnosti chodce z pohledu řidiče

Volba barvy světla je důležitá také z pohledu vnímání prostoru jako celku. Jedná se zejména o centra měst, kde bývá veřejné osvětlení velmi často součástí architektonického osvětlení a o jejich obydlené oblasti. V těchto oblastech se pohybují nejen účastníci silničního provozu, ale také rezidenti, kteří preferují před zrakovým výkonem, tzv. zrakovou pohodu. V souvislosti se zrakovou pohodou a nízkými osvětlenostmi a jasy (viz. Kruithoffův diagram) preferují obyvatelé nízkou teplotu chromatičnosti, tedy teplé odstíny. Proti tomu však stojí chování lidského oka v tzv. mezopické oblasti. Jedná se o přechod mezi denním a nočním viděním. V této oblasti se právě nachází jasy způsobené veřejným osvětlením a tudíž i adaptační jasy lidí pod veřejným osvětlením. V rámci mezopického vidění se snižujícími se jasy maximální spektrální citlivost lidského oka se posunuje z vyšších vlnových délek (maximální citlivost na 555nm, nižší teploty chromatičnosti, teplé odstíny barev) do nižších vlnových délek (maximální citlivost na 507nm, vyšší teploty chromatičnosti, studené odstíny barev). Díky tomuto chování oka je naopak vhodné náhradní teploty chromatičnosti zvyšovat. K tomuto kroku je ale vhodné přistupovat na komunikacích mimo obydlené zóny bez chodců. V těchto situacích se využitím studeného světla zvyšuje viditelnost zejména v periferní oblasti vidění a tudíž v oblastech mimo komunikaci, kde se lépe rozlišují překážky, které by mohly do vozovky vstoupit.

Z hlediska bezpečnosti je nutné zdůraznit i vliv směrování světelného toku. Díky tomu, že LED jsou velmi malé světelné zdroje, lze realizovat malé optické systémy na každou LED a tím realizovat výsledné vyzařovací charakteristiky tak, aby vyzařovaly pouze do míst zrakových úkolů. Tedy na komunikaci a do relevantních oblastí v okolí komunikace. Díky těmto vlastnostem lze realizovat takové optické systémy, které jsou schopny vygenerovat požadovaný kontrast chodce na přechodu tak, aby byl chodec díky vhodnému poměru

horizontální osvětlenosti na přechodu, horizontální osvětlenosti komunikace před a za přechodem (náhrada adaptačního jasu) a vertikální osvětlenosti chodce ze směru přijíždějícího vozidla viditelný a zároveň nedocházelo k příliš velkým kontrastům tak, aby přijíždějící řidič nebyl oslněn příliš vysokými jasy na přechodu vůči jasu pozadí. Pokud je přechod vůči jeho okolí přesvětlen, dochází k situaci, kdy se podmínky viditelnosti zhorší, protože oko řidiče se adaptuje na vysoký jas přechodu a na tmavou oblast za přechodem se není schopen dostatečně rychle přizpůsobit.

Velmi důležitá vlastnost LED je také její jednoduchá regulovatelnost světelného toku. LED lze regulovat v celém rozsahu (0–100 %) bez úbytku měrného světelného výkonu a bez snížení jejich střední doby života. Tato vlastnost se sice primárně týká energetické bilance osvětlovacích soustav, nicméně sekundárně se nemusí týkat pouze úspor elektrické energie, ale také přizpůsobení světelného toku okolí, hustotě a rychlosti dopravy a adaptačním jasům. To znamená, že stejně jako u přídavných osvětlovacích soustav pro přechody pro chodce může někdy méně, znamenat více. Jedná se zejména o oblasti center měst po vypnutí architektonického osvětlení a snížení hustoty dopravy. Tato situace standardně nastává po půlnoci do cca 4 hodin ráno, kdy začíná ranní dopravní špička.

Další velmi důležitou vlastností LED, kterou lze s výhodou využít ve veřejném osvětlení, je jejich rychlost spínání. Zatímco u klasických světelných zdrojů používaných ve veřejném osvětlení (např. vysokotlaké sodíkové výbojky) dochází k náběhu na jmenovitý světelný tok až po několika minutách a jejich opětovný zápal je také umožněn až po jejich vychladnutí (také řádově minuty), tak LED tímto neduhem netrpí. LED reagují okamžitým náběhem na jmenovitý světelný tok.

Světelný tok LED je možno modulovat za účelem přenosu dat. Budeme-li brát v potaz pouze bílé LED opatřené luminoforem zpomalujícím jejich reakci na změnu elektrických parametrů, tak se šířka pásma pohybuje v řádu jednotek MHz (standardně 3,5 MHz). Použitím vhodného modulačního formátu světelného toku, ideálně v kombinaci s přenosovou technologií OFDM (ortogonální frekvenčně-dělený multiplex), lze dosáhnout paralelního svícení a současného přenosu dat ve světelném toku, aniž by docházelo ke kolísání výsledného světelného toku z pohledu pozorovatele tak, že lze dosahovat přenosových rychlostí až 1Gb/s.

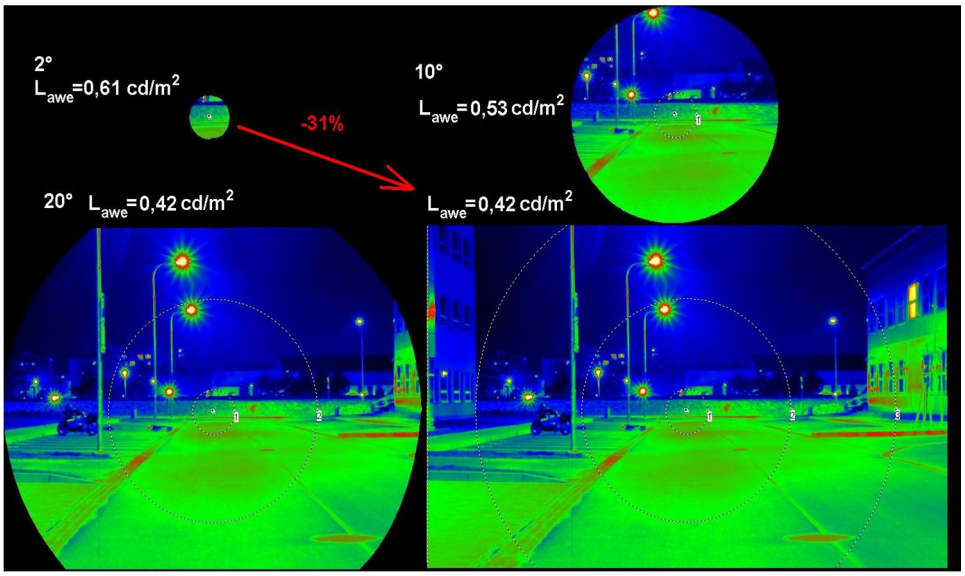
Vzhledem k tomu, že žádná technologie není dokonalá a z výše popsaných vlastností se to tak téměř jeví, je nutné upozornit na negativní vlastnost LED, která by mohla naopak bezpečnost na komunikacích snižovat. Jedná se o to, že LED jsou velmi malé světelné zdroje. Díky tomu, že vyzařují světelný tok z velmi malé plochy, disponují obrovskými jasy přesahujícími hodnoty přes 1mil. cd/m^2. To znamená, že při pohledu přímo do zdroje tyto oslňují. Je tedy nutné klást velký důraz na clonění optických systémů přímo ve svítidlech a na umisťování svítidel v okolí vozovek tak, aby se v maximální možné míře oslnění způsobené LED mohlo eliminovat.

2 Výhody přenosu dat ve veřejném osvětlení

Základní výhodu propojení topologie veřejného osvětlení s moderními komunikačními systémy lze spatřovat v tom, že se de-facto zajistí datová konektivita na všech pozemních komunikacích v územních oblastech měst a obcí. Je nutné si uvědomit, že sítě veřejného osvětlení z tohoto úhlu pohledu mají dvě zásadní přednosti:

- První předností je strategická poloha sítí veřejného osvětlení. Prakticky kompletně pokrývají plochu všech měst a obcí.
- Druhou předností je vlastnictví sítí veřejného osvětlení. Dominantními vlastníky jsou právě municipality.

Z výše uvedeného vyplývá, že síť veřejného osvětlení lze využít jako kostru (nositele) pro přenos a získávání informací z intravilánů měst a obcí. Tato infrastruktura se sice může jevit jako zastaralá, nicméně je existující a ve vlastnických poměrech, které umožňují tuto veřejnou službu povýšit na vyšší úroveň. Nejedná se pouze o řízení a ovládání samotného veřejného osvětlení, ale o možnost přenosu informací (free Wi-Fi pro obyvatelstvo, WAVEp pro zajištění komunikace mezi vozidly a komunikace mezi vozidly a infrastrukturou) do veřejného prostoru (informace o hustotě provozu, obsazenosti parkovišť, atd.), ale také získávání informací z tohoto prostoru. Z bezpečnostního pohledu lze považovat za důležité nasazení bezpečnostních nebo dopravních IP kamerových systémů.

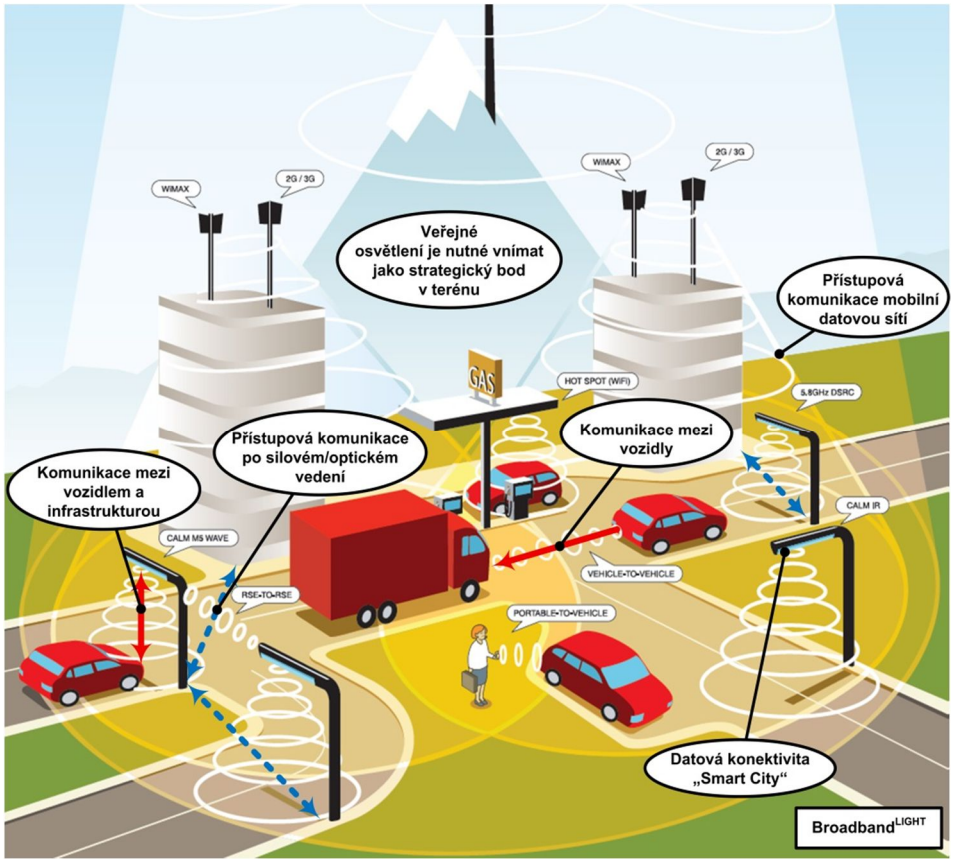


Příklad jasových poměrů na komunikacích v souvislosti s možnými jasy způsobenými LED ve svítidlech

Aby bylo možné zajistit datovou konektivitu je nutné, v rámci přípravy obnovy a údržby veřejného osvětlení, uvažovat o přesunu spínání veřejného osvětlení z rozvaděčů do jednotlivých svítidel. Tímto krokem se zajistí, že síť veřejného osvětlení bude pod napětím celý den a nejen v období bez přítomnosti denního světla. Permanentní přítomnost napětí sice primárně nezajišťuje požadovanou konektivitu, ale umožní napájení jakéhokoliv technologického zařízení, které potřebuje stálého napájení. Datovou konektivitu sítě veřejného osvětlení lze zajistit pomocí třech základních technologií:

- přenos signálu po napájecí síti veřejného osvětlení,
- instalace optických kabelů při realizaci nových liniových staveb v rámci veřejného osvětlení,
- využití stávajících sítí mobilních operátorů (LTE, s výhledem na technologii 5G).

Každá z těchto možností disponuje jistými přednostmi a zároveň nedostatky v samotné instalaci či ve vlastním provozu.



Vizualizace potenciálu sítí veřejného osvětlení

3 Závěr

Uvažováním o potenciálu sítě veřejného osvětlení i z jiných úhlů pohledu lze posunout tuto veřejnou službu do zcela nové úrovně a postupně rozšiřovat i její využití. V článku byl popsán její potenciál, který respektoval základní poslání veřejného osvětlení v kontextu postupného přechodu na současné zajištění datových služeb v celém rozsahu sítě veřejného osvětlení. Díky využití možností normalizovaných protokolů pro řízení osvětlení i datovou konektivitu lze tento potenciál uplatňovat postupně a zajišťovat tak technologicky otevřené pokrytí osvětlovaných komunikací a jejich okolí pro koncept SMART CITY, při současné instalaci moderních osvětlovacích soustav osazených LED.

Možnosti softwarového goniofotometru

Ing. Pavel Staněk

ASTRA MS Software s.r.o., www.astrasw.cz, pavel.stanek@astrase.cz

Co je to vlastně goniofotometr? Nejsem žádný expert přes měření osvětlení ani svítidel, tak se to pokusím popsat svými slovy. Goniofotometr je zařízení, které umožňuje změřit pole svítivosti svítidel. Jedná se většinou o temnou komoru, ve které je nainstalován držák svítidla a pak dále přesný luxmetr. Se svítidlem či luxmetrem je možno manipulovat ve všech směrech tak, aby bylo možno změřit svítivost svítidla v každém směru. U běžných goniofotometrů je nutno dodržet dělící poměr mezi rozměry svítidla a vzdáleností mezi svítidlem a luxmetrem, aby byly splněny podmínky tzv. bodového zdroje. Existují ovšem i goniofotometry „blízkého pole“, které jsou vybaveny kamerou a umožňují měřit svítidla i ze vzdáleností, které jsou srovnatelné s rozměry, výsledek je dále softwarově korigován.

A k čemu by pak mohl sloužit softwarový goniofotometr? Představte si, že máte několik svítidel a potřebujete z nich „vyrobit“ větší svítidlo a zjistit, jak tato skupina svítidel svítí a potřebujete mít také možnost takovou skupinu svítidel opakovaně použít. Libovolné rozmístění a natočení svítidel zvládne každý program k výpočtům osvětlení. Dalším úkolem je sestrojit kolem svítidel pole výpočetních bodů, které budou ležet na kouli se středem v těžišti skupiny svítidel s poloměrem vyhovující požadovanému dělícímu poměru. Výpočetní body by byly samozřejmě po povrchu koule rozmístěny v roztečích požadovaných úhlů C a gama. Posledním krokem pak je výpočet normálové osvětlenosti na kouli a z ní hodnoty svítivosti sestavené skupiny svítidel. A vytvoření EULUMDAT souboru je pak už pro výpočetní program hračkou.

Prvním praktickým použitím může být výpočet křivky svítivosti svítidla, které bude vytvořeno z většího počtu LED světelných zdrojů různě rozmístěných i různých typů. Podmínkou je samozřejmě znalost křivek svítivosti těchto LED zdrojů. Aplikace softwarového goniofotometru pak umožní snadný návrh různých LED svítidel včetně jejich ověření i bez toho, že vznikne prototyp. Ale aby to nebylo tak jednoduché, je tu několik potenciálních potíží. Za prvé se jedná o odraženou složku. Běžné výpočetní programy pracují pouze s takzvaným difúzním, tedy s rovnoměrně rozptylným odrazem. Pokud návrh svítidla počítá s odraženou složkou uvnitř svítidla, pak by byl výsledek odpovídající pouze v případě, že bude výše uvedená podmínka splněna. Druhá potíž vznikne, pokud je bude jednat o uzavřené svítidlo neboli pokud návrh předpokládá použití rozptylného difuzéru. V případě čirého provedení by bylo možno s menší nepřesností snížit vypočtené hodnoty o činitel prostupu, v případě difúzních či smíšených prostupů bychom se bez možnosti použití křivky prostupu neobešli.

Druhou praktickou možností použití je oblast rušivého osvětlení. Se znalostí křivek svítivosti dokáží specializované programy vyhodnocovat vliv rušivého osvětlení na zhoršení pozorovatelnosti noční hvězdné oblohy. V tomto případě bude pravděpodobně model podrobnější, bude obsahovat veřejné osvětlení komunikací, světelné reklamy i osvětlení venkovních pracovišť. Světlo se k obloze dostává většinou odrazem od terénu, budov i dalších předmětů, i tyto budou obsahem modelu. Rozhodnutí o podrobnosti řešení zůstane na uživateli, dovedu si představit hodně podrobný model nočního města. Při tomto použití by difúzní charakter odrazu pravděpodobně nabyl na závadu.

Uvedené možnosti použití výpočetního programu budou podle našeho názoru velmi přínosné, zejména při vývoji nových LED svítidel. Více informací bych rád uvedl při přednášce.

Ochrana zdraví před neionizujícím zářením

Pavel Stupka, Ing., ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, Plzeň - Oddělení faktorů prostředí

Abstrakt: Příspěvek velmi stručně pojednává o problematice elektromagnetického pole a záření ve vztahu k člověku a ochraně jeho zdraví.

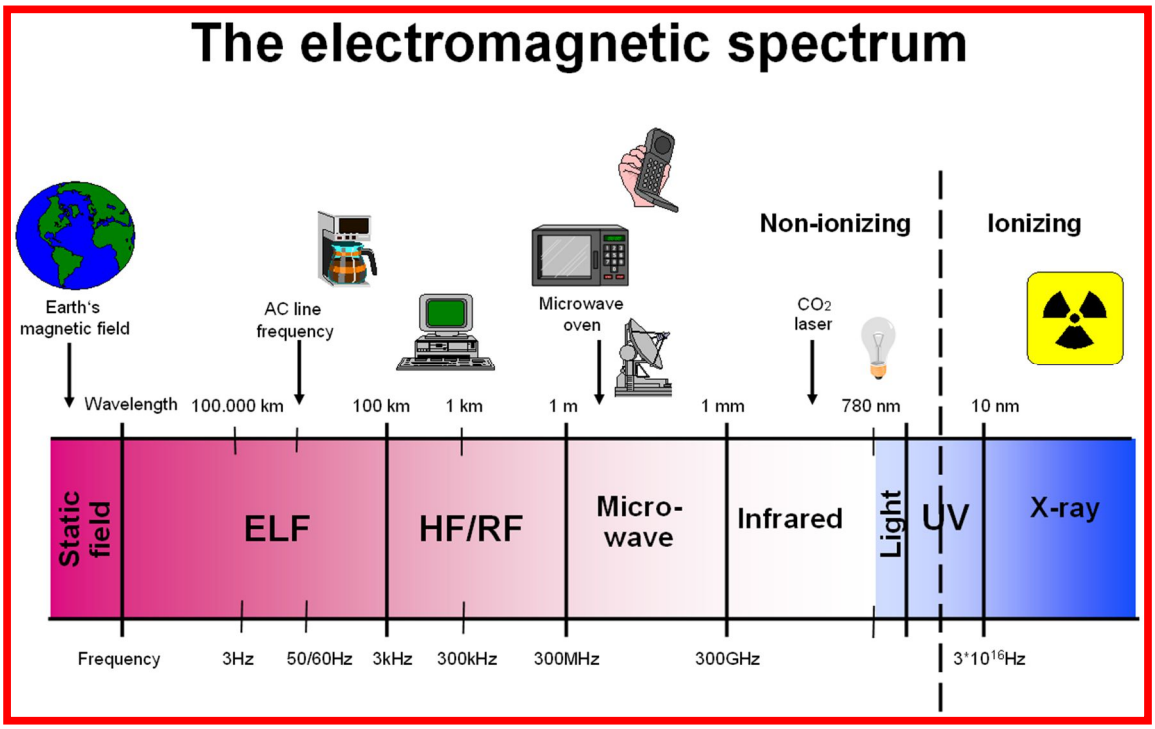
1 Úvodem

Coby profesionálové a pravidelní účastníci této konference máme velmi dobrou, detailní povědomost o problematice optického záření, zejména ve viditelné části spektra. O něco méně už známe účinky optického záření na člověka v oblasti ultrafialové a infračervené. Elektromagnetické spektrum je však podstatně širší. Přestože všechny elektromagnetické jevy mají stejnou fyzikální podstatu, jejich působení na živou tkáň je velmi rozdílné podle toho, jakou mají frekvenci, jinými slovy, jak rychle se jejich elektrické a magnetické pole mění v čase. Stejně podstatně se liší i rizika, spojená s expozicí člověka elektromagnetickému poli různých frekvencí.

Problematika je příliš obsáhlá na to, aby mohla být i jen zčásti probrána během jediného příspěvku. Navíc s tématem „technika osvětlování“ souvisí jen okrajově a to pouze již zmíněnou fyzikální podstatou. Proto si dovolím téma velmi zjednodušit a zde ve sborníku pouze heslovitě uvést několik vybraných teoretických východisek a legislativních informací. Naopak přednáška bude obsahovat názorněji pojatý úvod do problematiky a nemálo fotografických ukázek z mé téměř dvacetileté praxe s hygienickým měřením polí.

2 Neionizující záření

Termínem *neionizující záření* se v dokumentech určených k ochraně zdraví zpravidla označují kromě vlastního elektromagnetického záření s frekvencí do $1{,}7.10^{15}$ Hz i statická a nízkofrekvenční elektrická a magnetická pole.


The electromagnetic spectrum
Non-ionizing
Ionizing
Earth's magnetic field
AC line frequency
Microwave oven
CO_2 laser
Wavelength
100.000 km
100 km
1 km
1 m
1 mm
780 nm
10 nm
Static field
ELF
HF/RF
Micro-wave
Infrared
Light
UV
X-ray
Frequency
3Hz
50/60Hz
3kHz
300kHz
300MHz
300GHz
$3*10^{16}$Hz

korpuskulární α, β; kosmické záření – protony, mezony; (radioaktivní rozpad; urychlené ionty a elektrony; rychlé neutrony)		ionizující	Rychlé částice
diagnostika, terapie, stopování pomocí radioizotopů	záření γ	ionizující	Elektromagnetické záření
	rentgenové záření	ionizující	Elektromagnetické záření
slunce; umělé zdroje	ultrafialové záření	neionizující	Elektromagnetické záření
všude	viditelné záření	neionizující	Elektromagnetické záření
	infračervené (tepelné) záření	neionizující	Elektromagnetické záření
radar, mikrovlnné trouby, spoje, družice, přenos dat	milimetrové vlny	neionizující	Elektromagnetické záření
	centimetrové vlny	neionizující	Elektromagnetické záření
televize, mobilní telefony	decimetrové vlny	neionizující	Elektromagnetické záření
VKV (FM) rozhlas	metrové vlny	neionizující	Elektromagnetické záření
krátkovlnný rozhlas; vysokofrekvenční ohřev	desetimetrové až stometrové vlny	neionizující	Elektromagnetické záření
AM rozhlas	střední a dlouhé rozhlasové vlny	neionizující	Elektromagnetické záření
speciální komunikace, geofyzikální průzkum	velmi dlouhé vlny (VDV)	neionizující	Elektromagnetické záření
slaboproudá zařízení, televizní a vakuové počítačové monitory	pole s frekvencemi vyššími než 10 kHz		Elektrické a magnetické pole
indukční pece, lokomotivy,	nízkofrekvenční pole (50 Hz – 10 kHz)		Elektrické a magnetické pole
rozvod elektrické energie, domácí spotřebiče	elektrická a magnetická pole s frekvencí energetické sítě	50 Hz	Elektrické a magnetické pole
tramvaje, metro	velmi pomalu proměnná pole		Elektrické a magnetické pole
geomagnetické pole, atmosférická elektřina, elektrolýza	statické elektrické a magnetické pole	0 Hz	Elektrické a magnetické pole

V naší legislativě je zavedeno **nařízení vlády č. 291/2015 Sb. „o ochraně zdraví před neionizujícím zářením“**[1]. Toto nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropské unie.

Zmíněný dokument je dosti obšírný a obsahuje tři přílohy. Rozhodně se nejedná o snadné čtení „večer do postele před spaním“. Tuto složitost má částečně zmírnit metodický návod vydaný Ministerstvem zdravotnictví.

3 Vliv na člověka

V zásadě existují dva základní typy biologických účinků neionizujícího záření na člověka - tepelné a netepelné (elektrická stimulace tkáně).

Mechanismus působení	Druh záření nebo pole	Riziko poškození zdraví
Změny struktury molekul a chemické procesy spouštěné absorpcí kvant záření (netepelné působení)	ultrafialové záření: viditelné záření:	onemocnění kůže a povrchu oka, zánět spojivek snížení citlivosti sítnice oka, porušení barvocitu
Zrychlení neuspořádaného pohybu molekul při absorpci záření (tepelné působení)	viditelné a infračervené záření; radiofrekvenční záření s frekvencí vyšší než 100 kHz	tepelné poškození sítnice oka, zákal oční čočky přehřátí těla nebo jeho části, popálení
Stimulace nervové soustavy indukovaným elektrickým proudem (netepelné působení)	elektrické a magnetické pole a elektromagnetické záření s frekvencí nižší než 10 MHz	porušení srdečního rytmu ovlivnění funkce mozku

Mechanismy působení na živou tkáň jsou závislé na frekvenci. V určité frekvenční oblasti se mohou současně vyskytovat účinky tepelné i netepelné.

4 Závěr a pozvání na přednášku

Tato problematika je příliš rozsáhlá a komplexní, proto bude v mé přednášce odprezentována zjednodušenou formou. Uslyšíte o vlivu na člověka, o hygienických limitech a jejich kontrole. Chybět nebudou ani ilustrativní fotografie z měření zdrojů, které stojí za pozornost.

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením č. 291/2015 Sb.

Optimální křivky svítivosti svítidel pro osvětlování komunikací

Jan Škoda

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,

Ústav elektroenergetiky, tel.: +420 541 146 238, email: skoda@feec.vutbr.cz

Abstrakt: Článek popisuje metodu zpětného výpočtu křivek svítivosti svítidel pro osvětlení komunikací. Vstupními parametry jsou především výška stožárů a jejich rozteč na vozovce a výstupem jsou křivky svítivosti v souladu s normou ČSN EN 13201. Výsledky tak mohou pomoci správcům komunikací, kteří hodlají rekonstruovat osvětlovací soustavu.

1 Úvod

Postup při návrhu nové osvětlovací soustavy pro osvětlení ulic se vychází z popisu formulovaném ve standardu EN 13201. V zásadě se při výpočtu vychází z toho, že se zná tvar křivky svítivosti a hledá se optimální výška stožárů, jejich rozteč a naklonění svítidla tak, aby vyhověly normou předepsaným veličinám (jas vozovky, osvětlenost, rovnoměrnost, prahový přírůstek). Výpočet probíhá z pravidla na reprezentativním rastrovém poli a při výpočtu je uvažována pouze přímá složka. Nalezení optimálních výše popsaných veličin, je otázkou optimalizačních algoritmů implementovaných ve výpočetních programech [2].

S nástupem LED diod do oblasti všeobecného osvětlování začalo docházet k obnově starých osvětlovacích soustav. Při těchto rekonstrukcích se z pravidla vyměňují staré svítidla za nové, přičemž jsou zachovány původní stožáry, na které jsou umisťovány nová svítidla. Z tohoto popisu je zřejmé, že jsou zachovány původní rozměry a rozteče stožárů a je třeba nalézt k těmto rozměrům optimální křivku svítivosti svítidel tak, aby při správné funkci osvětlovací soustavy byly splněny normou stanovené veličiny. Jednoduché optimalizační algoritmy dokáží vybrat nejvhodnější křivku svítivosti z nabídnutých variant, avšak nabídnout konkrétní tvar křivky svítivosti jen na základě zadaných kriterií je problém a vyžaduje sofistikovaný přístup a z pravidla i složitější algoritmus. Jeden takový postup je popsán v následujícím textu.

2 Základní předpoklady a popis výpočtu

2.1 Základní předpoklady

Vypočítat optimální křivku svítivosti pro osvětlovací soustavu, která obsahuje dvě a více svítidel, na základě zadané výšky stožáru a jejich roztečí, je komplikované, protože existuje mnoho řešení. Jedná se o zpětný výpočet, u kterého se vychází z definované osvětlenosti plochy vozovky a hledá se křivka svítivosti svítidel, které toto osvětlení vytváří. Vzhledem k tomu, že existuje mnoho variant výsledků, je proto velmi důležité definovat okrajové podmínky, aby algoritmus konvergoval k jednomu výsledku.

- Prvním předpokladem je, že se do výpočtu bude zahrnovat pouze přímá složka. Tato podmínka je v reálných podmínkách většinou splněná, neboť na otevřených komunikacích je podíl nepřímé složky minimální. V místech zástavby dochází k ovlivnění celkové osvětlenosti i nepřímou složkou, v praxi se ale tato skutečnost zanedbává, neboť velmi zjednodušuje výpočet. Ponecháme tedy omezení jen na přímou složku.

- Důležitým předpokladem je stanovení jednotného označení a smyslu C rovin svítidla. Pro náš výpočet ponecháme orientaci smyslu rovin dle zvyklostí užívaných v Evropě, a to dle přepisů CIE a normy ČSN EN 13201, tj. rovina C90 kolmo k vozovce [1], [3].

- Dalším předpokladem je, že výsledná osvětlenost v okolí konkrétního bodu je součtem osvětleností od všech svítidel. Toto tvrzení má zásadní vliv na složitost algoritmu, neboť se výsledná osvětlenost musí rozpočítat na příspěvky od jednotlivých svítidel. Pro případ našeho výpočtu definujeme tedy podmínku, že osvětlenost je vytvořena maximálně **dvěma** svítidly a to těmi, které jsou nejblíže zkoumanému bodu. Výjimku tvoří pouze oblast bodů nacházející se v rovině kolmé ke svítidlu, tj. v rovině bodů C90 a C270, u kterých se přepokládá hlavní příspěvek od svítidla ležícím kolmo nad těmito rovinami a rovnoměrně rozdělených příspěvků od sousedních svítidel, tj. dohromady od třech svítidel.

- Z výše uvedeného vyplívá, že svítidla budou moci svým světlem dosvítit maximálně k hranici stožáru sousedních svítidel, viz Obr.1.

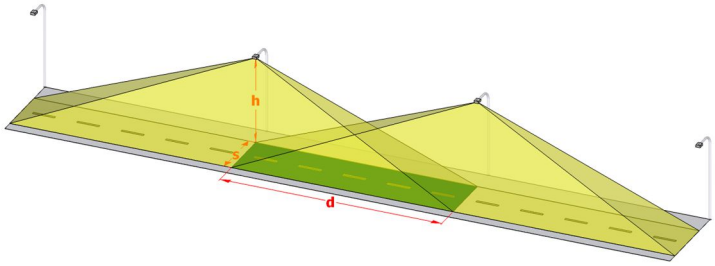
- Nesmí se také zapomenout na vliv úhlu dopadu světla do konkrétního bodu (kosinový zákon) a vliv vzdálenosti od svítidla k bodu, kdy se předpokládá, že světla ubývá s druhou mocninou vzdálenosti (čtvercový zákon).

- Dále je nutné stanovit konstantní výšku stožárů "h" a konstantní rozteč mezi nimi "d". Tyto parametry budou pro všechny stožáry resp. svítidla stejné.

- Svítidlo může být ještě nakloněno vůči vodorovné rovině (tilt úhel). Tento úhel bude pro jednoduchost ponechán na nulové hodnotě, tzn. že svítidla budou směřovat kolmo k vozovce.

- Důležitým předpokladem je znalost rozměrů výpočtového pole. Pro zjednodušení bude pole vymezeno šířkou vozovky "s" a roztečí stožárů "d". Rovněž je nutné stanovit posunutí svítidel od kraje vozovky.

- Poslední podmínkou je znalost rozmístění svítidel na vozovce a požadovaná intenzita osvětlenosti. V našem případě se budeme zabývat pouze případem jednostranného uspořádání svítidel a veškeré výsledky vztáhneme k požadované osvětlenosti 10 lx.



Náhled upořádání svítidel na vozovce (pro přehlednost je znázorněno světlo jenom dvou svítidel)

2.2 Popis výpočtu

Jak již bylo popsáno v předchozí kapitole, výpočet bude probíhat v oblasti vymezené šířkou vozovky "s" a roztečí stožárů "d". Na Obr. 1 je tato oblast znázorněna zeleně. Pro celý výpočet budeme vycházet z toho, že ve všech místech zelené oblasti budeme chtít docílit stejné konstantní osvětlenosti "E". Celý výpočet vychází ze vztahu (1)

$$E = \frac{I}{l^2} \cdot \cos\beta \tag{1}$$

kde I je svítivost svítidla

l je vzdálenost svítidla od bodu v rastru

β je odklon dopadajícího světla od normály (při nulovém tilt úhlu svítidla je β=γ, kde γ je úhel vyzářeného světla ze svítidla dle zvyklostí užívaných v CIE a ČSN EN 13201).

V našem případě leží svítidla kolmo nad okrajem rastru, tzn. že posun svítidel od rastu je nulový, proto pro přehlednost budou následují vztahy popisovány pro rovinu procházející okrajem rastru a rovinou svítidel. Shodou okolností leží tato rovina v tomto případě v rovinách C0 a C180. Rozšíření výpočtu o další směr v rastru je jen otázkou zobecnění popsaných vztahů do další dimenze, proto nemá smysl se jimi dále zabývat. Pokud tedy budeme předpokládat, že výsledná osvětlenost uvnitř rastru je dle podmínek v kapitole 2.1 součtem osvětleností od dvou svítidel, je možné definovat vztah (2)

$$E = \frac{I_1}{l_1^{\,2}} \cdot \cos\beta_1 + \frac{I_2}{l_2^{\,2}} \cdot \cos\beta_2 \tag{2}$$

Zavedeme-li substituci (3)

$$\frac{\cos\beta_i}{l_i^{\,2}} = \frac{h}{l_i \cdot l_i^{\,2}} = k_i \tag{3}$$

můžeme vztah (2) za pomocí vztahu (3) přepsat do tvaru (4)

$$E = I_1 \cdot k_1 + I_2 \cdot k_2 \tag{4}$$

Nyní je třeba stanovit podmínku, podle které se budou v jednotlivých bodech rastru rozdělovat svítivosti I_1 a I_2 dvou svítidel. V dřívějším textu bylo definováno, že se na výsledné osvětlenosti podílí vždy dvě svítidla, proto uprostřed rastru (modrá čára), tj. v místě kde $k_1=k_2$, bude výsledná osvětlenost dána vztahem (5)

$$E = I_1 \cdot k_1 + I_2 \cdot k_1 = k_1\left(I_1 + I_2\right) \tag{5}$$

Zavedeme-li podmínku, že svítidlo má být symetrické podle rovin C90 a C270 musí být roviny C0 a C180 navzájem zrcadlené. To znamená, že jediným možným poměrem mezi svítivostmi I_1 a I_2 v prostřed rastru je (6)

$$I_1 = I_2 \tag{6}$$

S použitím znalosti (6) bude dána výsledná osvětlenost na modré čáře vztahem (7)

$$E = k_1\left(I_1 + I_1\right) = 2I_1 \cdot k_1 \tag{7}$$

Za pomocí vztahu (7) lze vypočítat hodnoty svítivostí obou svítidel ve středu rastru (modrá čára) a to

$$I_1 = I_2 = \frac{E}{2 \cdot k_1} \tag{8}$$

Rovnost (6) platí při dodržení podmínek v kapitole 2.1 ve středu rastru (modrá čára) vždy. Mimo oblast vymezenou modrou čárou tato rovnost (6) platit nemusí a poměr mezi svítivostmi I_1 a I_2 může nabývat nekonečně mnoho hodnot. Aby zpětný výpočet křivek svítivosti vedl na konkrétní řešení je vhodné tento poměr definovat i v jiných místech než je modrá čára.

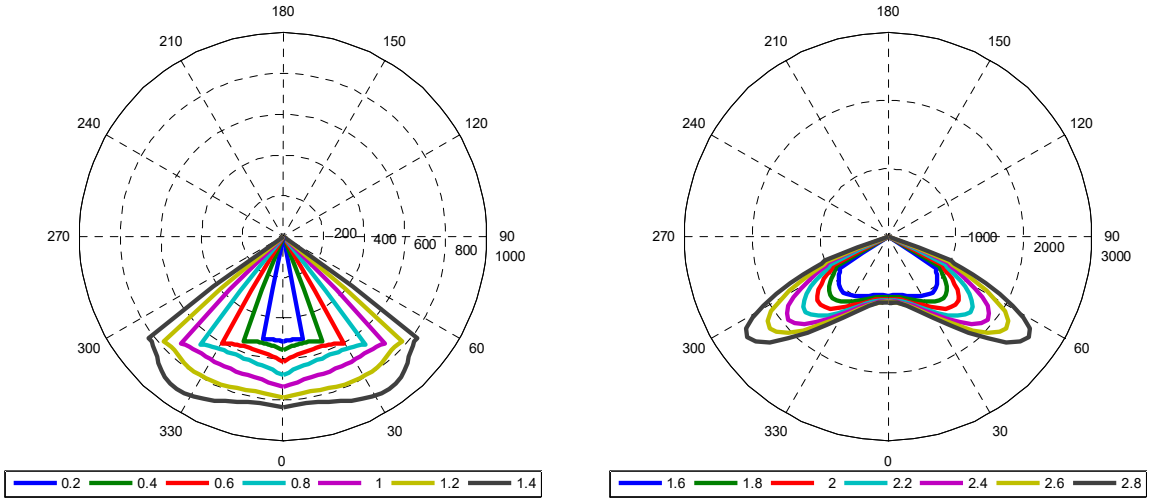
Jednou z definic poměru může být rozšíření platnosti vztahu (6) na téměř všechny body rastu. V souladu s podmínkami v kapitole 2.1 je třeba upravit platnost vztahu (6) pod svítidlem, protože v rovině pod svítidlem se nacházejí body, do kterých dopadá světlo ze svítidla v rovině nad nimi a z celkem dvou svítidel z každé strany. Proto v těchto místech přejde vztah (6) do vztahu (9)

$$I_1 = 2 \cdot I_2 \tag{9}$$

Výsledný výpočet svítivosti potom můžeme zapsat do tvaru (10) pro libovolný bod uvnitř rastu a do (11) pro body ležící v rovině kolmo pod svítidlem

$$I_1 = I_2 = \frac{E}{k_1 + k_2} \tag{10}$$

$$I_1 = 2 \cdot I_2 = \frac{E}{k_1 + k_2} \tag{11}$$



Výsledné křivky svítivosti v rovinnách C0 a C180 pro různé poměry "h" a "d" a při podmínce $I_1 = I_2$ v každém bodě rastru

Výsledné křivky svítivosti při platnosti výše uvedených podmínek jsou vyjádřeny pro různé poměry "h" a "d" na Obr. 2 při h = 10 m. Poměr mezi výškou stožáru a roztečí stožáru lze vyjádřit vztahem (12)

$$r = \frac{d}{h} \tag{12}$$

Jak už bylo popsáno výše, mimo oblast vymezené modrou čárou nemusí platit (6). Poměr mezi svítivostmi "I_1" a "I_2" může nabývat libovolných hodnot. Pro zachování konstantní osvětlenosti na zelené oblasti (viz Obr. 1) musí být zaručeno, že pokud se sníží intenzita z jednoho svítidla, musí toto snížení vyrovnat svítidlo druhé. Z toho plyne, že vztah (4) nabude tvaru (13)

$$E = I_1^{'} \cdot k_1 \cdot \varepsilon + I_2^{'} \cdot k_2 \tag{13}$$

kde ε je koeficient snížení a je definován podle (14)

$$\varepsilon = \frac{I_1}{I_1^{'}} \tag{14}$$

kde I_1 je původní hodnota svítivosti při platnosti podmínky (6)

I'_1 je nová hodnota svítivosti.

Nová hodnota svítivosti I'_2 je potom vyjádřena vztahem (15)

$$I_2^{'} = \frac{E - I_1^{'} \cdot k_1 \cdot \varepsilon}{k_2} \tag{15}$$

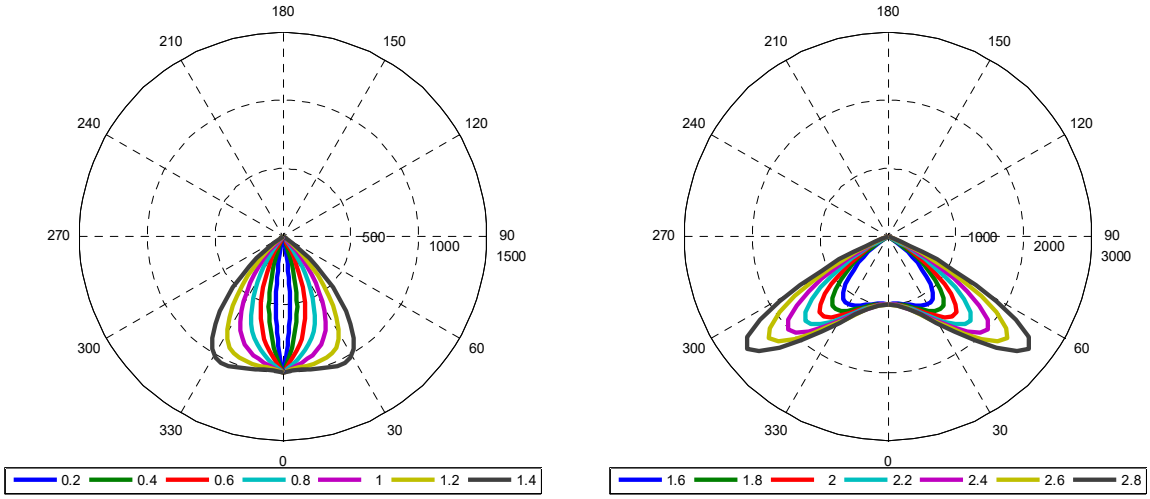
Hodnota koeficientu snížení "ε" nabývá v místě středu rastu (modrá čára) vždy hodnoty 1. Mimo tuto oblast může mít hodnota "ε" prakticky libovolnou kladnou hodnotu. Bude-li tato

hodnota hladká, bude hladká i výsledná křivka svítivosti. Úpravou koeficientu "ε" lze poměrně zajímavě tvarovat původní křivky svítivosti z Obr. 2.

Bude-li hodnota koeficientu "ε" vykazovat lineární závislost na vzdálenosti od středu rastu (modrá čára) tak, že v místě středu bude nabývat hodnoty "1" a v místě kolmé roviny následujícího svítidla hodnoty "0", bude se křivka svítivosti zužovat a přejde do tvaru vyobrazeném na Obr. 3

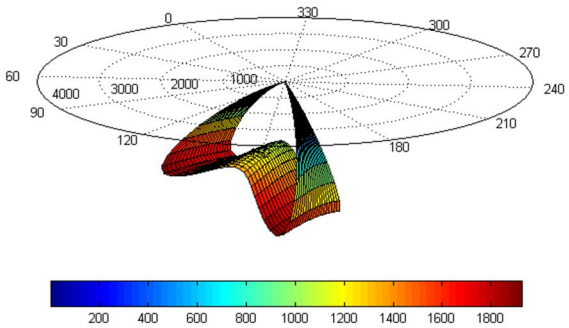
Této vlastnosti lze v budoucnu využít pro optimalizaci křivky svítivosti z hlediska oslnění, neboť šířka křivky svítivosti, bude mít výrazný vliv na oslnění popsaném prahovým přírůstkem TI.

Z výsledných průběhů je zřejmé, že tato úprava má výraznější vliv na křivku svítivosti při situacích kdy je poměr "r" malý tzn. vysoké stožáry blízko u sebe.



Výsledné křivky svítivosti v rovinnách C0 a C180 pro různé poměry "h" a "d" a při aplikaci koeficientu "ε"

Jak bylo napsáno výše, uvedené vztahy lze zobecnit na další rozměr rastru a zahrnout tak do výpočtu i další rozměr vozovky což je šířka "s". Výsledkem je potom kompletní křivka svítivosti ve všech rovinách. Kompletní vyobrazení křivek svítivosti formou 3D plochy je naznačeno na Obr. 4.



 Plocha svítivosti ve 3D pro výšku h = 10 m, d = 28 m, s = 6 m a osvětlonosti E = 10 lx při aplikaci koeficientu "ε"

3 Závěr

Výše popsaný zpětný výpočet tvaru křivky svítivosti, je prvním stupněm při stanovení optimální křivky svítivosti svítidel pro uliční osvětlení. Další stupeň, který by měl následovat je optimalizace tvaru křivky svítivosti z hlediska vlivu na oslnění. Toto nebylo v tomto článku publikováno pro omezený počet stran. Je možné k tomuto účelu využít vlastnosti koeficientu "ε" a výslednou křivku svítivosti vhodně natvarovat. Výše popsaný postup nebral v úvahu požadavek na osvětlení okolí, což v praxi bude určitě potřeba a tento postup je možné do budoucna o tento požadavek rozšířit.

Poděkování

Publikace vznikla v Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE) za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I (projekt č. LO1210).

Literatura a odkazy

[1] CIE 115:2010, "Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic" Technical Report, ISBN: 978 3 901906 86 2, 2010.

[2] P. Baxant, "Reverse luminous intensity calculations for lighting system optimisation" in Proc. 1st Conference of the Visegrád countries LUMEN V4. Balatofüred, 2006, pp. 1-5.

[3] ČSN EN 13201 Road lighting, CEN Std. 2014.

Porovnání světelných zdrojů pro veřejné osvětlení z hlediska jejich vlivu na cirkadiánní rytmy

Jaroslav Štěpánek, Ing. [1)], Jan Škoda, Ing., Ph.D. [2)], Martin Motyčka, Ing. [3)], Michal Krbal, Ing., Ph.D.[4)]
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, jaroslav.stepanek@vutbr.cz [1)], skoda@feec.vutbr.cz [2)], motyckam@feec.vutbr.cz [3)], krbal.michal@seznam.cz [4)]

Abstrakt: Cílem práce je srovnání světelných zdrojů pro použití ve veřejném osvětlení. Tyto zdroje jsou porovnávány vzhledem k obsahu modrého světla ve svém spektru. Pro měření byla použita klasická žárovka, zářivka, LED a sodíková nízkotlaká a vysokotlaká výbojka, halogenidová a rtuťová výbojka. LED a zářivka byly použity pro měření s různou barevnou teplotou chromatičnosti.

1 Úvod

Světlo je součástí elektromagnetického záření. Je viditelné pro lidské oko a pomáhá vnímat prostředí, ve kterém se člověk pohybuje. Viditelné světlo je definováno jako část spektra mezi 380 nm a 780 nm. Kratší vlnové délky než 400 nm patří mezi ultrafialové záření a delší vlnové délky než 780 nm patří mezi infračervené záření. Světlo se skládá z vlnových délek a každá vlnová délka odpovídá určité barvě. Barva, kterou vidíme, je důsledkem toho, že vlnové délky se odrážejí od předmětů zpět do našich očí. K dispozici je 7 základních monochromatických barev světla od fialové, indigové, modré, zelené, žluté, oranžové až po červenou. Většina světelných zdrojů však vydává polychromatické světlo, které se skládá z mnoha vlnových délek. Bílé světlo a jeho odstíny jsou nejběžnější používanou barvou v praxi. Můžeme se setkat s bílými světly z teplých tónů (asi 2700 K) až po velmi chladné tóny (asi 8000 K). Tyto barevné tóny způsobují v lidském myšlení různé pocity. Teplé tóny jsou dobré, když lidé chtějí relaxovat nebo číst knihu. Studené tóny jsou dobré pro sport, vaření a studium. Tato závislost je ovlivněna cirkadiánními rytmy, které probíhají v lidském těle.

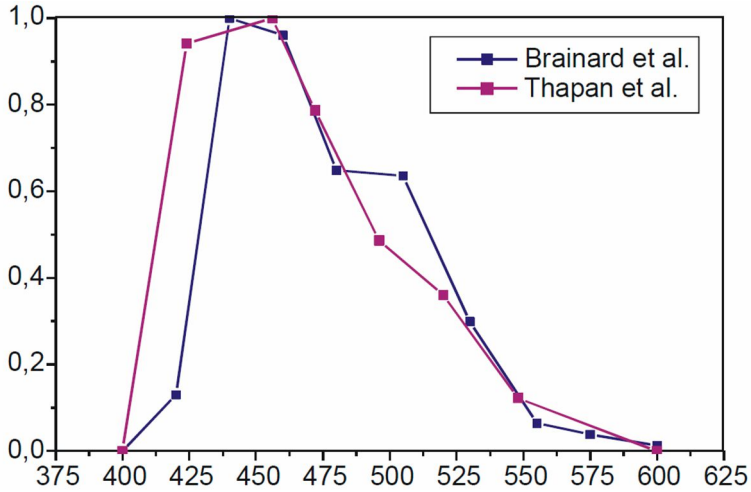
2 Cirkadiánní rytmy

Některé fyziologické pochody probíhají v těle rytmicky. Rytmus střídání těchto pochodů v organismu má různou periodu. Některé pochody trvají v řádu sekund (tlukot srdce), jedné hodiny, jednoho dne, jednoho měsíce či jednoho roku. Pochody, které trvají jeden den, se nazývají cirkadiánní - z latiny circa (okolo) diem (den). První člověk, který použil slovo "cirkadiánní", byl Franz Halberg z University of Minnesota. Toto slovo je odvozeno z latinského slova Circa (okolo) a Diem (den) - jeden den rytmu. F. Halberg je jedním ze zakladatelů chronobiologie. Chronobiologie je část biologie, která je zaměřena na čas a na cyklické jevy v organismech. Tyto jevy mají různou dobu trvání cyklu. Podle cirkadiánních rytmů mozek ovládá tělo a funkce pro řízení lidského námahy v průběhu dne. Tato funkce se nazývá cirkadiánní hodiny. Hlavním úkolem cirkadiánních rytmů je připravit organismus k pracovní činnosti nebo k regeneraci nejlepším způsobem. Celý jev ovládán vylučováním hormonu melatoninu. Produkce melatoninu je závislá na střídání světla a tmy. Ostatní funkce v těle, jako je krevní tlak, srdeční frekvence a tělesná teplota se pohybují stejným rytmem. Zdraví lidé mají délku cirkadiánní rytmu mezi 23,9 a 24,5 hodinami [6].

Informace o změně světla a tmy přichází do mozku z fotosenzitivních gangliových buněk (ipRGC), které se nacházejí v sítnici oka. Tyto speciální gangliové buňky obsahují melanopsin, který detekuje množství modrého světla ve spektru. Buňky pak poskytují informace o osvětlení. Tyto informace jsou přenášeny do mozku do suprachiasmatických jader a potom jsou vysílány informace do jiných částí mozku, odpovídající na cirkadiánní rytmy. Po získání signálu o setmění, epifýza začne produkovat melatonin a připravovat tělo na spánek a odpočinek. V ranních hodinách se zase dostávají informace o světle, odešle se opačný signál a zastaví se produkce melatoninu. Účinek vystavení se světlu se může měnit v závislosti na fázi cirkadiánního rytmu. Ranní vystavení se světlu změní ranní teplotu těla a přesune tvorbu melatoninu do nového cyklu. Stejným způsobem večerní vystavení světlu zpomalí tvorbu melatoninu a posune rytmus tělesné teploty. Vliv melatoninu na spánek, je velmi složitý. Je možné spát i při odložené sekreci melatoninu. Nejlepší spánek nastává s klesající tělesnou teplotu, zatímco se hodnota melatoninu v těle zvyšuje [6].

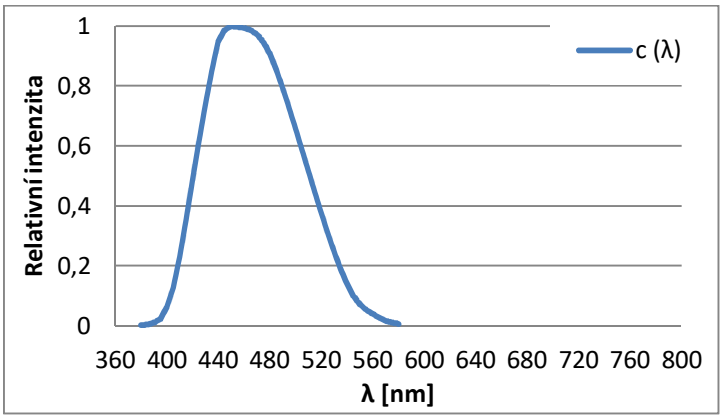
V roce 2001 předložili Brainard [1] a Thapan [2] výsledky svých studií. Obě studie byly zaměřeny na hledání akčního spektra ipRGC buněk. Brainard stanovil akční spektrum srovnáním počtu fotonů potřebných pro stejný biologický účinek pro různé vlnové délky. Pro měření byly použity vlnové délky v rozsahu 420 až 600 nm. Tento rozsah byl rozdělen celkem na 9 dílů vlnových délek. Pro každý díl bylo vybráno 8 zdravých dobrovolníků, kteří byli vystaveni osmi různým intenzitám záření konkrétní vlnové délky. Mezi jednotlivými expozicemi byl stanoven čas 6 dnů na zotavenou dobrovolníků. Expozice trvala vždy okolo 90 minut. Po expozici byl dobrovolníkům odebrán vzorek krve a tento vzorek byl pak otestován na obsah melatoninu. Brainard našel maximum akčního spektra na vlnové délce 464 nm.

V Obr. 1 je označeno Brainardovo akční spektrum jako c1 (λ). Brainardovo akční spektrum se hodí pro vyhodnocování krátkodobých i dlouhodobých účinků na cirkadiánní receptory. Pokus Thapana probíhal podobně jako pokus Brainard jen s jiným počtem dobrovolníků a jinou dobou expozice. Thapan našel maximum akčního spektra na vlnové délce 450 nm. V Obr. 1 je označeno toto spektrum jako c2 (λ). Spektrum Thapana se hodí pro vyhodnocování dlouhodobých účinků na cirkadiánní receptory.



Obr.1 Cirkadiánní akční spektrum podle Brainarda a podle Thapana

Gall aproximoval akční spektra Brainarda a Thapana a specifikoval střední akční spektrum c (λ) pro sekreci melatoninu. Toto akční spektrum je oproti dvěma předchozím lépe vyhlazené a použitelné pro praxi [4].



Obr.2 Cirkadiánní akční spektrum podle Galla

Gall také položil základ hodnocení světelných zdrojů z hlediska cirkadiánních rytmů. Hodnou, která popisuje zdroje z pohledu cirkadiánních rytmů je činitel cirkadiánní účinnosti (cirkadiání aktivační index) a_{cv}. Je to poměr mezi cirkadiánní intenzitou ozáření pro určité vlnové délky a fotopickou intenzitou ozáření pro určité vlnové délky [3]. Vypočte se podle následujícího vzorce:

$$a_{cv} = \frac{\int E_{e\lambda}.c(\lambda).d\lambda}{\int E_{e\lambda}.V(\lambda).d\lambda}, \qquad (2.1)$$

kde a_{cv} je činitel cirkadiánní účinnosti, $E_{e\lambda}$ je spektrální intenzita ozáření ve $W.m^{-2}.nm^{-1}$, $c\ (\lambda)$ je akční spektrum pro vylučování melatoninu, $d\lambda$ šířka pásma spektra v nm, $V\ (\lambda)$ je funkce pro spektrální citlivost oka. Činitel nabývá hodnot od 0 pro světlo bez obsahu modrého světla až do 26,3 pro monochromatické modré světlo o vlnové délce 460 nm.

Kromě Gallova činitele cirkadiánní účinnosti existují i jiné ukazatele cirkadiánních indexů, například Lucasova metoda ekvivalentní α-opické osvětlenosti, faktory relativních spektrálních účinností (RSE Factors) od M.L. Amundadottir nebo index cirkadiánního aktivačního účinku A_c od A. Fuksy [5,6].

3 Metody výpočtů

Bylo měřeno 12 světelných zdrojů, které představují hlavní zdroje používané v pouličním osvětlení. Je mezi nimi jedna klasická žárovka, která je spíše zástupcem historických světelných zdrojů, čtyři lineární zářivky, čtyři výbojky a tři LED. Všechny zdroje (bez lineárních zářivek) měly patici E27 a pro měření byly upevněny na světelné lavici. Lineární zářivky byly upevněny ve speciálním laboratorním přípravku pro měření zářivek. Pro měření byl použit JETI Specbos 1211UV, což je miniaturizovaný a rychlý spektroadiometr, který může měřit spektrální intenzitu ozáření nebo spektrální zář. Spektradiometr byl upevněn na optickém stole nebo na stativu. Všechny zdroje měly odlišný světelný tok, takže jejich osvětlenost spektradiometru byla odlišná. V kapitole jsou popsány dvě metody pro porovnání světelných zdrojů z hlediska účinků na cirkadiánní rytmy.

První metoda závisí na přepočítávání naměřených hodnoty na konstantní hodnotu osvětlenosti [7]. Jako tato konstantní osvětlenost byla zvolena hodnota 10 lx. Všechny naměřené spektrální hodnoty byly přepočteny podle fotometrického zákona, který je v rovnici 1:

$$E_1.r_1^2 = E_k.r_k^2 \tag{1}$$

kde E_1 je osvětlenost detektoru v lx, r_1 je vzdálenost mezi světelným zdrojem a detektorem v m, E_k je konstantní osvětlenost 10 lx, r_k je vzdálenost mezi zdrojem a oblastí, na které je osvětlenost 10 lx, v m. Tento vztah je ale použitelný pouze pro bodové zdroje.

Pro vyhodnocení cirkadiánního účinku je důležité znát cirkadiánní intenzitu ozáření. Tato intenzita se vypočte z naměřeného spektra podle rovnice 2:

$$E_{ec} = \int E_{e\lambda}(\lambda).c(\lambda).d\lambda \tag{2}$$

kde E_{ec} je cirkadiánní intenzita ozáření ve $W.m^{-2}$, $E_{e\lambda}$ je spektrální intenzita ozáření ve $W.m^{-2}.nm^{-1}$, $c\ (\lambda)$ je akční spektrum sekrece melatoninu, d_λ je šířka pásma v nm. Bylo by sice jednodušší vzít pásmo modrého světla a shrnout toto spektrum nebo vzít ozáření na vlnové délce 450 nm a porovnat zdroje mezi sebou, ale tyto dvě metody by byly velmi nepřesné.

Pro vyhodnocení všech zdrojů je důležité vypočítat cirkadiánní intenzitu ozáření pro osvětlenost 10 lx. Tyto hodnoty lze vypočítat podle rovnice 3:

$$E_{ec2} = \frac{E_{ec1}.r_1^2}{r_k^2} \tag{3}$$

kde E_{ec2} je cirkadiánní intenzita ozáření pro osvětlenost 10 lx ve W.m-2, E_{ec1} je cirkadiánní intenzita ozáření pro naměřené spektrum v W.m-2, r_1 je vzdálenost mezi světelným zdrojem a detektorem v m, r_k je vzdálenost mezi zdrojem a oblastí, na které je osvětlenost 10 lx v m.

Poté se musí být vypočíst vzdálenost, kdy první zdroj světla má stejnou cirkadiánní intenzitu ozáření jako druhý zdroj pro jejich srovnání. Tato vzdálenost se vypočítá podle rovnice 4:

$$r_{c2} = \sqrt{\frac{E_{c1}.r_k^2}{E_{c2}}} \tag{4}$$

kde r_{c2} je vzdálenost mezi druhým zdrojem a oblastí, ve které je cirkadiánní intenzita ozáření stejné jako u prvního zdroje v m, E_{c1} je cirkadiánní intenzita ozáření prvního zdroje pro osvětlení 10 lx ve $W.m^{-2}$, r_k je vzdálenost mezi prvním zdrojem a oblastí, na kterém je osvětlenost 10 lx v m, E_{c2} je cirkadiánní intenzita ozáření druhého zdroje pro osvětlenost 10 lx v $W.m^{-2}$.

Nakonec je nutné porovnat osvětlenosti zdrojů tak, aby se ukázalo, jak velký je podíl modré složky spektra. Osvětlenost byla vybrána, protože je to v praxi nejpoužívanější veličina a lze ji jednoduše měřit pomocí luxmetru bez dalšího zvláštního vybavení. Toto porovnání je vypočteno pomocí rovnice 5:

$$E_{com.} = \frac{E_k . r_k^2}{r_{c2}^2} \tag{5}$$

kde $E_{com.}$ je osvětlenost pro první zdroj, ve kterém má stejnou hodnotu cirkadiánní intenzity ozáření jako druhý zdroj při osvětlenosti 10 lx, E_k je konstantní osvětlenost 10 lx, r_k je vzdálenost mezi prvním zdrojem a oblastí, na které je osvětlenost 10 lx v m, r_{c2} je vzdálenost mezi druhým zdrojem a oblastí, na které je cirkadiánní intenzita ozáření stejná jako u prvního zdroje v m.

Pro druhou metodu srovnání světelných zdrojů se využije cirkadiánní aktivační index. Cirkadiánní akční index definoval Gall [3]. Je to poměr integrálů cirkadiánních a fotometrických veličin. Cirkadiánní akční index je definován rovnicí 6:

$$a_{cv} = \frac{\int E_{e\lambda}(\lambda).c(\lambda).d\lambda}{\int E_{e\lambda}(\lambda).V(\lambda).d\lambda} \tag{6}$$

kde a_{cv} je cirkadiánní akční index, $E_{e\lambda}$ je spektrální intenzita ozáření v $W.m^{-2}.nm^{-1}$, $c\ (\lambda)$ akční spektrum sekrece melatoninu, $d\lambda$ je šířka pásma v nm, $V\ (\lambda)$ je fotopická světelná funkce. Nejjednodušší způsob, jak vypočítat $E_{com.}$, je srovnání akčních faktorů dvou zdrojů světla podle rovnice 7:

$$E_{com} = E_{k.} \frac{a_{cv2}}{a_{cv1}} \tag{7}$$

kde $E_{com.}$ je osvětlenost pro první zdroj, při které má stejnou cirkadiánní intenzitu ozáření jako druhý zdroj pro 10 lx v lx, E_k je konstantní hodnota osvětlenosti druhého zdroje 10 lx, a_{cv2} je cirkadiánní akční index druhého zdroje, a_{cv1} je cirkadiánní akční index prvního zdroje.

Existují další srovnávací koeficienty, které popisují srovnávání zdrojů z pohledu cirkadiánních účinků [5] (ekvivalentní α-opická osvětlenost atd.). Pro tento příspěvek je ale cirkadiánní akční index nejvhodnější.

4 Naměřené a vypočtené hodnoty

Bylo měřeno 12 světelných zdrojů, které jsou nejčastěji používány ve veřejném osvětlení. K vizuálnímu porovnání jsou naměřené hodnoty vynesené do grafických závislostí. Jelikož by bylo matoucí dát všechna data do jednoho grafu, byla naměřená data rozdělena do čtyř grafů, které reprezentují různé skupiny zdrojů světla. Tyto grafy jsou na obr. 3, 4 a 5. V Tab. 1 je seznam měřených světelných zdrojů. Je u nich uveden příkon, světelný tok, naměřená náhradní teplota chromatičnosti a vypočtený cirkadiánní aktivační index. Cirkadiánní aktivační index byl vypočten podle rovnice 6.

V Tab. 2 je srovnávací tabulka měřených světelných zdrojů. Základní osvětlenost těchto zdrojů je 10 lx. Pro lepší pochopení tabulky bude uveden příklad. Pokud chceme vědět, jak velká by měla být osvětlenost klasické žárovky, aby cirkadiánní intenzita ozáření byla stejně tak velká jako u vysokotlaké sodíkové výbojky pro osvětlenost vysokotlaké sodíkové výbojky 10 lx, musíme se podívat na řádek pro žárovku a sloupec pro vysokotlakou sodíkovou výbojku. Opačně, pokud chceme vědět, jak velká by měla být osvětlenost vysokotlaké sodíkové výbojky, aby byla cirkadiánní intenzita ozáření stejně tak velká jako pro klasickou

žárovku pro osvětlenost žárovky 10 lx, musíme sledovat sloupec pro žárovku a řádek pro vysokotlakou sodíkovou výbojku [7].

Tab.1 Srovnávací tabulka světelných zdrojů

E [lx]	a_{cv} [-]	Obyčejná žárovka	Zářivka 2700 K	Zářivka 4200 K	Zářivka 6500 K	Zářivka 8000 K	Vysokotlaká rtuťová výbojka	Vysokotlaká sodíková výbojka	Nízkotlaká sodíková výbojka	Halogenidová výbojka	LED 2700 K	LED 4200 K	LED 6500 K
Obyčejná žárovka	0,32	10	11,37	15,77	25,58	31,90	10,66	3,98	0,00692	18,19	9,61	14,21	26,69
Zářivka 2700 K	0,37	8,80	10	13,88	22,50	28,06	9,38	3,50	0,00609	16,00	8,45	12,50	23,48
Zářivka 4200 K	0,51	6,34	7,21	10	16,21	20,22	6,76	2,52	0,00439	11,53	6,09	9,01	16,92
Zářivka 6500 K	0,83	3,91	4,44	6,17	10	12,47	4,17	1,56	0,00271	7,11	3,76	5,56	10,44
Zářivka 8000 K	1,03	3,13	3,56	4,95	8,02	10	3,34	1,25	0,00217	5,70	3,01	4,46	8,37
Vysokotlaká rtuťová výbojka	0,35	9,38	10,66	14,80	23,99	29,92	10	3,73	0,00650	17,06	9,02	13,33	25,04
Vysokotlaká sodíková výbojka	0,13	25,13	28,56	39,64	64,26	80,15	26,79	10	0,01740	45,71	24,15	35,71	67,07
Nízkotlaká sodíková výbojka	0,0002	13661	15531	21551	34940	43578	14563	5437	10	24850	13131	19417	36464
Halogenidová výbojka	0,59	5,50	6,25	8,67	14,06	17,54	5,86	2,19	0,00381	10	5,28	7,81	14,67
LED 2700 K	0,31	10,40	11,83	16,41	26,61	33,19	11,09	4,14	0,00720	18,93	10	14,79	27,77
LED 4200 K	0,46	7,04	8,00	11,10	17,99	22,44	7,50	2,80	0,00487	12,80	6,76	10	18,78
LED 6500 K	0,86	3,75	4,26	5,91	9,58	11,95	3,99	1,49	0,00259	6,81	3,60	5,33	10

5 Závěr

Cílem článku bylo porovnat světelné zdroje používané ve veřejném osvětlení z hlediska jejich vlivu na cirkadiánní rytmy. Jako porovnávací veličina byla zvolena osvětlenost. Pro porovnání byla vytvořena porovnávací tabulka. Z tabulky jasně vyplývá, že nejmenší vliv na cirkadiánní rytmy budou mít vysokotlaké a nízkotlaké sodíkové výbojky. Pokud by tyto dva zdroje měly mít stejný obsah modré složky ovlivňující cirkadiánní rytmy ve spektru jako ostatní zdroje při osvětlenosti ostatních zdrojů okolo 10 lx, musely by sodíkové výbojky, ať už vysoko- či nízkotlaké vytvářet osvětlenosti výrazně vyšší než jiné zdroje. U vysokotlakých sodíkových výbojek by se výsledná osvětlenost pohybovala v rádu desítek luxů, u nízkotlakých sodíkových výbojek v řádu tisíců luxů. U nízkotlakých výbojek je ale měření zatíženo chybou, protože vyzařují monochromatické záření až na vlnové délce 589 nm. Cirkadiánní aktivační křivka c (λ) je ale definována pouze do 580 nm. Hodnoty, které byly získány při měření na vlnových délkách nižších než 580 nm, byly velmi nízké a může se jednat o šum spektroradiometru.

6 Poděkování

Publikace vznikla v Centru pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE) za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I (projekt č. LO1210) a specifického výzkumného programu VUT (projekt č. FEKT-S-17-4784).

Literatura a odkazy

[1] G. Brainard, et al., “Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans,” Journal of Neuroscience 21, s. 6405-6412, 2001.

[2] K. Thapan, et al., “An action Spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans,” Journal of Physiology, s.261-267, 2001.

[3] D. Gall, K. Bieske, “Definition and measurement of circadian radiometric quantities,” in Proceedings of CIE 2004, Wien: s. 129-132.

[4] D. Gall, “Die Messung circadiener Strahlungsgrössen,” Ilmenau.

[5] M. L. Amundadottir, et al. “A Unified Framework for Evaluating non-visual Spectral Effectiveness of Ocular Light Exposure: Key Concepts,” in Proceedings of CIE 2004, Manchester: s. 121-129.

[6] A. Fuksa, “Světlo a biologické hodiny” Journal Světlo, s. 56-58.

[7] J. Štěpánek, J. Škoda, M. Krbal, V. Wasserbauer “Comparison of Light Sources for Household Use due Circadian Effect” Electrical Power Engeneering, s. 485-488.

Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci.

Jiří Tesař, ČSO regionální skupina Liberec, jiri.tesar@artmetal-cz.com

Abstrakt: Kvalitní veřejné osvětlení má zásadní význam pro bezpečnost na pozemních komunikacích. Nevhodné osvětlení může být příčinou dopravních nehod, úrazů, kolizních stavů při běžném provozu, ale všeobecně při nejrůznějších činnostech, které jsou spojeny s rychlým pohybem a jeho náhlými změnami vyžadujícími okamžité reakce jak na přijaté zrakové vjemy, tak i na jiné podněty běžné v dopravním prostoru. Máli světelná technika účinně přispívat k vytváření vhodného světelného mikroklimatu, zabezpečujícího v osvětlovaných dopravních prostorech zrakovou pohodu, je třeba, aby ti, kteří osvětlovací soustavy navrhují a řídí jejich realizace, provoz a údržbu, byli alespoň do určité míry seznámeni se základy anatomie zraku, jeho fyziologie a procesu vidění, tedy mechanismu vytváření zrakových počitků a vjemů, vznikajících ve vědomí člověka na základě různých světelných podnětů.

1 ROZDÍLY MEZI DENNÍM A NOČNÍM VIDĚNÍM NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH

Proč je nutné věnovat zvýšenou pozornost dopravnímu prostoru za snížené viditelnosti a v noci. Lidské oko není programovatelný stroj. Každý jedinec reaguje v nočním prostředí jinak. Na kvalitní osvětlení jsou citlivé prakticky všechny zrakové funkce. Za denního světla při výkonu řidiče *(vnímání dopravního prostoru)* stačí centrální nervová soustava zpracovávat většinu vzniklých podnětů a úkonů během jízdy. Za noční jízdy vytváří zrakové vnímání dopravního prostoru omezení příjmu informací o prostředí, které ho obklopuje např. *(citlivost na různé jasy)*. Aby člověk zmíněné informace přijímal a na všech úrovních zrakového systému zpracoval s dostatečnou rychlostí, bez zkreslení a bez zbytečné námahy, musí být osvětlení přiměřené charakteru zrakové činnosti, tedy zajišťující jak potřebný zrakový výkon *(tj. příjem a zpracování určitého množství světlem přenášených informací za jednotku času zrakovým systémem člověka)*, tak také nezbytnou zrakovou pohodu.

Kvalitní veřejné osvětlení má zásadní význam pro bezpečnost na pozemních komunikacích. Nevhodné osvětlení může být příčinou dopravních nehod, úrazů, kolizních stavů při běžném provozu, ale všeobecně při nejrůznějších činnostech, které jsou spojeny s rychlým pohybem a jeho náhlými změnami vyžadujícími okamžité reakce jak na přijaté zrakové vjemy, tak i na jiné podněty běžné v dopravním prostoru.

Máli světelná technika účinně přispívat k vytváření vhodného světelného mikroklimatu, zabezpečujícího v osvětlovaných dopravních prostorech zrakovou pohodu, je třeba, aby ti, kteří osvětlovací soustavy navrhují a řídí jejich realizace, provoz a údržbu, byli alespoň do určité míry seznámeni se základy anatomie zraku, jeho fyziologie a procesu vidění, tedy mechanismu vytváření zrakových počitků a vjemů, vznikajících ve vědomí člověka na základě různých světelných podnětů.

Kvalitu zrakové funkce je nutné rozdělit do tří okruhů a to příjem informací **během jízdy za světla**, zrakové vnímání **během noční jízdy** a zrakové vnímání během jízdy za mlhy, deště, sněžení atd. Zrakové rozlišení předmětů či detailů je založeno na schopnosti zrakového orgánu rozeznat, že z určitých částí zorného pole vycházejí rozdílné světelné podněty, tj. na schopnosti zhodnotit jasnost rozlišovacích detailů.

Zrakové pole řidiče tvoří pozemní komunikace, bezprostřední okolí komunikace, okolní krajina nebo zástavba a obloha. Jakýkoliv předmět, o kterém je třeba získat vizuální informace, musí být zřetelně zobrazen proti té části zorného pole, která vytváří bezprostřední okolí tohoto předmětu.

Jedním z prostředků, které slouží pro získávání vizuálních informací v nočních hodinách, jsou přední světlomety automobilů. Tyto světlomety slouží k osvětlení hlavní části zorného pole, tj. pozemní komunikace, k vedení řidiče a k detekci objektů, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti od kraje komunikace. Jejich účinnosti při získávání informací se snižuje s narůstající rychlostí, počtem vozidel a složitostí zorného pole. Přední světlomety jsou navíc zdrojem oslnění pro protijedoucí vozidla a ne vždy pokrývají celý úsek komunikace, který je nezbytný pro zastavení vozidla. Dalším prostředkem pro zlepšení vizuálním podmínek na silničních komunikacích je veřejné osvětlení, které slouží k osvětlení povrchu vozovky a jejího okolí. Vytváří vizuální podmínky, které umožňují řidičům vnímat objekty a překážky z větších vzdáleností, čímž vzniká dostatečná časová rezerva pro potřebné reakce řidičů. Veřejné osvětlení navíc přispívá ke snížení míry oslnění od čelních světlometů protijedoucích vozidel. Při osvětlování pozemních komunikací hraje významnou roli z pohledu řidičů jas okolí, jehož vliv lze popsat na třech případech.

1.1 Prvním případem je městská ulice lemovaná po obou stranách vysokou zástavbou. Zorné pole řidiče v tomto případě tvoří osvětlená komunikace a osvětlené fasády budov (okolí). Vyšší jas okolí přispívá nejen k lepšímu vjemu osob i předmětů nacházejících se po obou stranách komunikace (proti jasnějšímu pozadí), ale také ke zvětšení adaptačního jasu. S rostoucím adaptačním jasem se snižuje citlivost zraku na oslnění od předních světlometů automobilů i od svítidel veřejného osvětlení.

Příklad zorného pole - městská ulice lemovaná po obou stranách vysokou zástavbou



zorné pole řidiče ve dne



zorné pole řidiče v noci s veřejným osvětlením

1.2 Druhým případem je pozemní komunikace procházející malou obcí s nepravidelnou, nízkou zástavbou s větším odstupem od komunikace. V tomto případě, kde je okolím a pozadím vozovky tmavý terén a obloha s minimálním jasem, je zrak řidičů v porovnání s prvním případem citlivější na oslnění. Současně je podstatně ztížena identifikace osob a předmětů, které se vyskytují v blízkosti komunikace. Z tohoto důvodu je třeba u komunikace, kde je malý jas okolí, dbát na omezení oslnění i na dobré clonění svítidel.

Příklad zorného pole – pozemní komunikace s nepravidelnou, nízkou zástavbou



zorné pole řidiče ve dne



zorné pole řidiče v noci s veřejným osvětlením

1.3 Třetím případem je průsečná křižovatka na pozemní komunikace-rozhraní intravilanu a extravilanu s nepravidelnou, nízkou zástavbou s větším odstupem od komunikace. V tomto případě, kde je okolím a pozadím vozovky tmavý terén, osvětlená benzinová stanice a obloha s minimálním jasem, je zrak řidičů v porovnání s druhým případem ještě citlivější na oslnění. Současně je mnohonásobně ztížena identifikace hrany průsečné křižovatky a předmětů, které se vyskytují v blízkosti komunikace. Z tohoto důvodu je třeba u komunikace, kde je malý jas okolí, dbát na omezení oslnění *(reklamní límec benzinové stanice)* i na dobré clonění svítidel.

Příklad zorného pole – pozemní komunikace s nepravidelnou, nízkou zástavbou a průsečnou křižovatkou



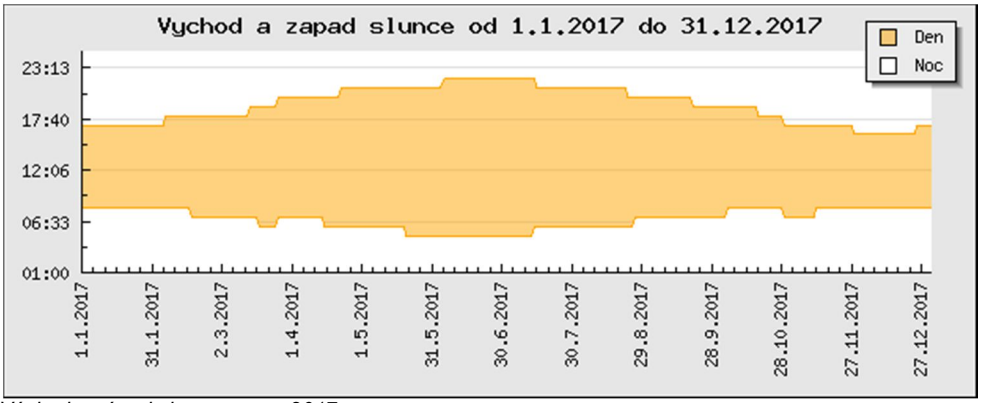
zorné pole řidiče ve dne



zorné pole řidiče v noci bez a s částečným veřejným osvětlením

Podle statistických údajů z mnoha zemí dosahuje hustota dopravy v noci přibližně čtvrtinové úrovně v porovnání s hustotou dopravy ve dne. Přesto je závažnost dopravních nehod v noci výrazně vyšší. Podíl smrtelných dopravních nehod v nočních hodinách dosahuje až 60% z celkového počtu těchto nehod. Jedním z hlavních důvodů jsou odlišné vizuální podmínky i reakce zraku člověka.

Kalendářní rok má 8.760 hodin, na noc připadá 4.200 hodin (*průměrná délka provozu VO*), na den připadá 4.560 hodin. V listopadu, prosinci a v lednu je noc delší než den.(*Viz graf průběhu dne a noci níže*).



Východ a západ slunce v roce 2017

Při řízení motorového vozidla se rozlišují tři úrovně zrakového úkolu řidičů

1. Polohová úroveň – zahrnuje běžné řízení a přizpůsobování rychlosti vozidla, nezbytné pro udržení potřebné rychlosti a polohy na vozovce.

2. Situační úroveň – zahrnuje změnu rychlosti, směru a polohy vozidla na vozovce, vyvolané změnou geometrického charakteru a funkce komunikace nebo charakteru okolí.

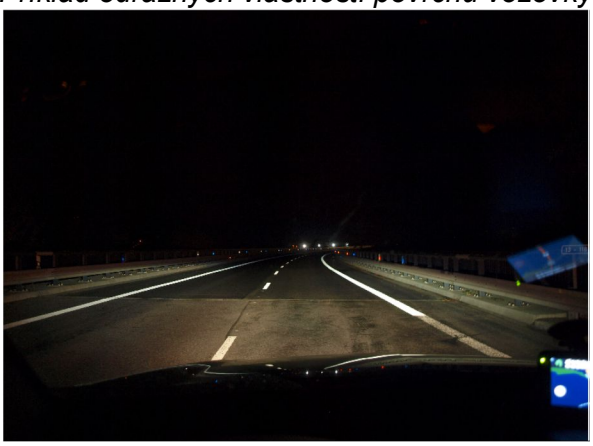
3. Navigační úroveň – zahrnuje výběr a sledování cesty od počátku až do jejího cíle.

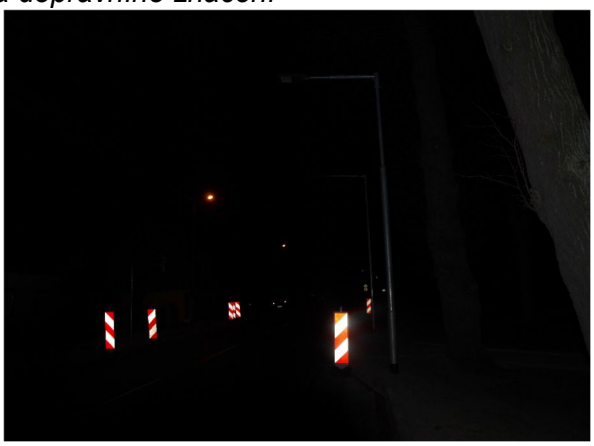
Při běžném provozu jsou všechny tři úrovně zrakového úkolu vykonávány současně. S narůstající složitostí a náročností zrakového úkolu se pozornost a koncentrace přesouvá k nižší úrovni *(1)* a vyšší úrovně jsou postupně potlačeny.

Faktory, které zásadním způsobem ovlivňují kvalitu vizuálního vnímání při řízení vozidla

- ✓ pohyb identifikovaných objektů
- ✓ velikost a změna velikosti identifikovaných objektů
- ✓ poloha a změna polohy objektu v zorném poli
- ✓ adaptace vnímání na intenzitu světla a její časový průběh světlost, barevný kontrast, míra oslnění
- ✓ odrazné vlastnosti povrchů vozovky
- ✓ odrazné vlastnosti vodorovného a svislého dopravního značení

Příklad odrazných vlastností povrchu vozovky a dopravního značení





Dostatečné a včasné vyhodnocení dopravní situace před a za vozidlem je důležitým faktorem pro bezpečnost silničního provozu, zejména v nočním prostředí. Znalost reakční doby, která je k takovému vyhodnocení - kontrole potřebná, může tak být užitečným vodítkem například při analýze dopravní nehody. Jednotlivé reakční doby můžou být různě dlouhé tento fakt závisí např. na tom, kam se řidič zrovna podívá, ale i na situaci, kterou vyhodnocuje, a také na jeho zvyklostech psychické pohodě a praxi.

Na základě dlouhodobé spolupráce s Policejním prezidiem - Ředitelstvím služby dopravní policie ČR byly zpracovány studie nočního dopravního prostoru zejména na vybraných komunikacích I. tříd se zvýšenou dopravní nehodovostí v noci, včetně posouzení vhodnosti a kvality osvětlení těchto nebezpečných míst na rozhraní extravilanu a intravilanu. Z provedených analýz byl zpracován návrh opatření na zlepšení viditelnosti dopravního prostoru včetně následné realizace.

2 ANALÝZA NOČNÍHO VIDĚNÍ V ŘEŠENÉM DOPRAVNÍM PROSTOU SE ZVÝŠENOU NEHODOVOSTÍ.

Provedená analýza nočního vidění nám umožnila kompletně stanovit rozpoznávání detailů a vnímání okolí. Ukázalo se, že volba jízdní křivky je výrazně ovlivněna způsobem sledování dopravního prostoru. Zejména v nočním prostředí, nekvalitní světelné podmínky na komunikaci mělo za následek narušení pohledu z vozidla a chybné vyhodnocení dopravní situace. Zejména při vysoké rychlosti byla úhlová rychlost a tím i velikost chyby řešení dopravní situace velká s tragickými následky, těžkým ublížením na zdraví a škody na majetku. Z průběhu zpracovaných analýz nočních dopravních nehod lze odvodit následující výsledky týkající se míst nehod a možného vzniku nebezpečí.

1. **Příčina nehody - nesprávné stanovení pořadí priorit (*nehoda způsobená obráceným pořadím vnímání*).**
   To znamená neustálý příčinný vztah výrazných vizuálních rysů nebo výrazných pohybů. Jasné oblasti, zřetelný pohyb, nápadné objekty jsou vždy vnímány dříve než ty nenápadné. To vysvětluje maskování – přehlédnutí objektů souvisejících s viditelností a bezpečností.
2. **Příčina nehody: navigační mezery - chyby v navigaci**

Dalším důležitým výsledkem zpracovaných analýz je zjištění tzv. navigačních výpadků v řešených nehodových prostorech, tzn. míst, kde je příliš málo naváděcích bodů a dochází ke zjevné ***"ztrátě orientace"***. Strategie řízeného vidění v těchto místech je velice ztížené nebo není možné, takže nesprávné reakce řidičů byli nevyhnutelné.

3. **Příčina nehody - chybný odhad při výhledu z vozidla**
   Analýza vizualizace výhledu na řešených místech nočních nehod ukazují na možné oblasti chybného vyhodnocení dopravní situace a tím stanovily příčinu - specifikaci nevhodného rozhodnutí při průjezdu daným místem. Dopravní prostory se skutečně špatným odhadem pohledu zásadně ovlivňují chybné zhodnocení dopravní situace. Vyhodnocení a následné řešení nelze spojovat v rámci jednotného časového / vzdálenostního segmentu a skutečné fyziologické chyby.

3 CHYBY, KTERÉ VEDLY K DOPRAVNÍ NEHODĚ NA ZÁKLADĚ DETAILNÍ ANALÝZY DOPRAVNÍHO PROSTORU

A. Analýza vzniku nebezpečné situace – ve většině případech se vyskytli následující negativní abnormality, které mohly být příčinou DN - Nepřesná volba jízdní křivky - nutné náhlé korekce jízdní křivky. Předpoklad přehnané reakce náhlého brzdění, když byl řidič překvapen změnou předpokládaného dopravního prostoru (*např. překážka na vozovce*).

Dopravní nehody a chyby v navigaci, které byli způsobeny:

- ✓ Chybnými informacemi o nočním dopravním prostoru
- ✓ Špatným vyhodnocením pohledů na dopravní prostor
- ✓ Statickými / dynamickými překážkami v pohledu
- ✓ Rozptýlením např. interaktivními dopravními značkami, vozidlo v protisměru, světelnou reklamou atd. zejména s umístěním na nevhodném místě těsně před vjezdem do prostoru a příliš dlouhým pohledem na tyto prvky.
- ✓ Nedostatečným osvětlením naváděcích prvků, které vedlo ke zvýšenému počtu hledacích procesů.
- ✓ Nejasné interakce s dalšími účastníky silničního provozu např. motoristy / chodci
- ✓ Nesprávné vyhodnocení nebezpečí – zanedbání bezpečnostních kontrolních pohledů
- ✓ Proces obrácené priority ve sledovací strategii řidiče. Relevantní informace jsou zastíněny méně důležitými, ale viditelnějšími podněty, (porovnání: rozptýlení od bodu nuceného pohledu podněty na periférii).

B. Analýza na místě noční nehody – Detailní analýza na místě nehod ve většině případů souvisela s nočním viděním a ukázala na výskyt následujících světelných podmínek v dopravním prostoru a okolním prostředí:

- ✓ Chybějící nebo neúplné veřejné osvětlení, zařízení prvků vertikálního vedení (*svislých dopravních značek*) pro optické vedení trasy.
- ✓ Časté změny mezi světlem a tmou, které vyžadují neustálé přizpůsobování vnímání, během něhož nedochází k žádnému nařízenému vnímání.
- ✓ Částečně vadné optické navádění zúžením profilu vozovky např. středním dělícím ostrůvkem.
- ✓ Nevhodně umístěné veřejné osvětlení, včetně nasvětlení fasád průmyslových objektů v okolí dopravního prostoru.
- ✓ Nevhodné vodorovné dopravní značení: nedostatečné oznámení plné čáry / krajnice v nebezpečných segmentech, nebo naváděcí čáry odbočovacích pruhů.
- ✓ Okolnosti nehody definované jako **"náhlé brzdění"** z pozdní a následně přehnané reakce řidiče.

C. Analýza reakcí na nočních výhledech z vozidla - zpracování detailní analýzy výhledu z vozidla na vybraných nehodových místech umožnilo ověřit tyto vzájemné vztahy příčiny dopravní nehody v nočním prostředí:

- ✓ **Mezery v přenosu informací o dopravním prostoru:** Tyto nedostatky vysvětlují nestrukturované řízení vozidla způsobené chybějícími respektive špatně viditelnými navigačními prvky v nočním prostředí na pozemní komunikaci. To má za následek zvýšené vyhledávací procesy a rozptýlení od příslušných navigačních procesů. Výsledkem je negativní vliv na volbu způsobu jízdy nebo opožděné rozpoznání překážek na vozovce a následné nehody.
- ✓ **Zkreslený / nesprávný výhled z vozidla zapříčiněný,** nevhodně osvětleným dopravním prostorem vede k úhlovým odchylkám osy oka od vodorovné plochy až 16° nebo i více stupňů. To komplikuje správné vyhodnocení dopravní situace a vede k informačním chybám (*špatnému odhadu v dopravním prostoru*).

4 SHRNUTÍ – VÝSTUP Z ANALÝZ NOČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD

Reflexe výsledků pro bezpečnost dopravy v noci a za snížené viditelnosti.
Při provádění analýz nočních dopravních nehod je hrubou chybou nedostatečné **zvažování přístupů z pohledu řidiče** (***co viděl před nehodou***). Analýza nočního vidění v příslušných směrech jízdy mohou v mnoha případech odhalit chyby v silničním vybavení a optickém navádění (*viz: příklady vyhodnocení nebezpečných míst a míst nehod*).

Je profesionálně nesprávné aplikovat pasivní mechanické bezpečnostní prvky bez analýz vidění v dopravním prostoru a bez znalosti vzájemných vztahů nočního výhledu z vozidla.
Mnoho nehod se vysvětluje nesprávným pozorováním trasy, chybějícími místy na výhled, nedostatečným odhadem a příliš velkou složitostí (*nekoordinované pohyby prohlížení*), zvláště při vysoké rychlosti jízdy.
Analýzy vidění s účastníky dopravních nehod ukazují na místa chybného odhadu a nebezpečné prostředí dopravního prostoru se špatnými jasovými poměry. Odhalují velký význam vadných strategií vidění a stanovení trvale nesprávného pořadí priorit řešení. **Volba jízdní křivky, chování je výrazně ovlivněné způsobem vidění**.

V systému vzájemností, řidič – dopravní prostor - vozidlo je zřejmé, že existuje vzájemný vztah v lidském vnímání informací nočního dopravního prostoru a silničního vybavení. Z technických aspektů jsou relevantní rozdíly a technika jízdy ve spojení s rychlostí jízdy ve dne, za snížené viditelnosti a tmy.

Zjištěné systémové interakce mezi faktory - řidič / dopravní prostor / vozidlo
Výsledkem podrobného rozboru nočních nehod a pozorovací studie ukazují, že v systému řidič – dopravní prostor – vozidlo má určující vliv na bezpečnost silničního provozu z hlediska lidského vnímání, získávaní informací o nočním dopravním prostoru.
Tyto faktory jsou navzájem v přímé souvislosti a tak je neustále zapotřebí, aby vnímání informací bylo vzájemně koordinované:

5 Příklad opatření po vyhodnocení nebezpečného nehodového místa

Komunikace I/10 rozhraní extravilán/intravilán - **osvětlení přechodu pro chodce na okružní křižovatce**. Velice nebezpečné místo na rovném úseku za horizontem. Osvětlení přechodu a osvětlení průmyslového areálu vytváří pro řidiče v nočním prostředí nebo za snížené viditelnosti předpoklad rovného úseku ve směru jízdy bez překážky na vozovce. Bohužel v tomto případě je okružní křižovatka tvořena vnitřním zvýšeným kamenným rondem, které vytváří nebezpečnou překážu na vozovce. Od doby provozu nové okružní křižovatky zde byl

v noční době jeden smrtelný úraz a 5 těžce zraněných (***vždy narazili do středního vyvýšeného kamenného ronda***).

Po provedení návrhů opatření a zajištění lepší viditelnosti v dopravním prostoru v říjnu 2015 se do dnešního dne v tomto prostoru nestala žádná závažná dopravní nehoda.

Řešený dopravní prostor komunikace I/10 okružní křižovatka - Turnov-Vesecko



pohled na prostor ve dne



pohled na prostor za tmy



pohled na prostor za tmy po realizaci opatření

Po výše získaných zkušenostech, dlouhodobé spolupráci s dopravní službou policie ČR jsme se rozhodli pokračovat v řešení problematiky noční viditelnosti v dopravním prostoru. V prosinci roku 2015 požádala škola o **výzkumný grant v Programu bezpečnostního výzkumu České republiky 2015-2020** pod názvem **„Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“**

Přínosem projektu bude nadstavba software pro identifikaci kritických nehodových lokalit pomocí GIS analýzy polohy dopravních nehod umožňující analýzu dopravních nehod na území ČR v závislosti na času východu a západu slunce, dále intenzity dopravy na pozemních komunikacích pro oblast extravilanu a intravilanu zejména na průjezdních silnicích I, II, III tříd a sledovaných komunikacích. Software bude sloužit jako podklad ke stanovení příčin výskytu dopravních nehod, závad, popřípadě jiných okolností na pozemních komunikacích a návrhu možnosti snížení dopravní nehodovosti v daném prostoru. Dále metodika pro stanovení opatření ke zvýšení bezpečnosti provozu v kritických místech opatřených veřejným osvětlením, bude vycházet z výše uvedených postupů realizace. Metodika bude využívat multikriteriální analýzu a bude vycházet nejen z výsledků výše uvedených postupů realizace, ale také ze stávajících možností navrhování osvětlovacích soustav veřejného osvětlení, technických dat aplikovatelných svítidel, evropských norem na osvětlování komunikací, požadavků správce komunikace a v neposlední řadě i z požadavků policie ČR. V metodických pokynech bude zpracována řada pilotních projektů pro různé situace a tyto budou sloužit jako vzor při navrhování obnovy veřejného osvětlení. Metodické pokyny budou sloužit správcům a vlastníkům komunikací při posuzování stávajícího stavu, ale také při kontrole a schvalování nových projektů. V metodických pokynech budou samozřejmě zahrnuty i ekonomické aspekty, snižovaní energetické náročnosti osvětlovacích soustav a jejich environmentální vliv na okolní prostředí.

6 Závěr

I když problematika řízení motorových vozidel v noci, mimo městské aglomerace je řešena na různých vědeckých úrovních, mezinárodních doporučení, statistické údaje nejen z posledních roků, stále vykazují vysoký počet střetů motorových vozidel s chodci nebo s pevnou překážkou. Ve většině potom s tragickými následky. Problém mezopického nočního vidění, na úrovni roku 2017, nelze chápat jako čistě fyzikální pojímaný problém, jenž je postaven na známé skutečnosti, že lidský činitel pro zpracování zrakového podnětu

potřebuje světlo Za klíčový problém lze označit skutečnost, že se u řidiče mylně předpokládá zpracování zrakového podnětu, za nočních světelných podmínek, i z periferní oblasti vidění. V noci je zpracování zrakového podnětu jen z relativně malého zorného pole, ve kterém řidič registruje zrakové podněty a je schopen realizovat odpovídající odpověď - činnost na reálné vidění.

Literatura

SVĚTELNÁ TECHNIKA, tým autorů pod vedením Prof. Ing. Karla Sokanského, CSc.

SVĚTLO A OSVĚTLOVÁNÍ, tým autorů pod vedením Prof. Ing. Jiřího Habela, DrSc.

ANALÝZA VIDĚNÍ ZKUŠENÝCH A NEZKUŠENÝCH ŘIDIČŮ A ZÁVĚRY O BEZPEČNOSTI PROVOZU, Univ. Prof. DI Dr. Ernst PFLEGER, Chairman of EVU-Austria, EPIGUS-Institute of holistic accident and safety research, Schmerlingplatz 3/7, 1010 Wien, e-mail: ernst@pfleger.cc

ANALÝZA DOBY, KTEROU ŘIDIČ POTŘEBUJE K VYHODNOCENÍ SITUACE ZA A PŘED VOZIDLEM. Bradáč, Albert, Ing., Ph. D., Ústav soudního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, ing.bradac@usi.vutbr.cz

SOUBOR PŘEDNÁŠEK INSTRUKČNĚ METODICKÉHO ZAMĚSTNÁNÍ DOPRAVNÍCH INŽENÝRŮ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE ČR, Jiří Tesař, Česká společnost pro osvětlování , region Liberecký , Janáčkova 217/11, 466 06 Jablonec nad Nisou , jiri.tesar@artmetal-cz.com

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA - archiv autora

Příčiny nočních dopravních nehod na základě shluků dopravních nehod v extravilanu a intravilanu – příklad z praxe.

Jiří Tesař, ČSO regionální skupina Liberec, jiri.tesar@artmetal-cz.com

Abstrakt: Na základě dlouhodobé spolupráce s Policejním prezidiem - Ředitelstvím služby dopravní policie ČR byly zpracovány studie nočního dopravního prostoru zejména na vybraných komunikacích I. tříd se zvýšenou dopravní nehodovostí v noci, včetně posouzení vhodnosti a kvality osvětlení těchto nebezpečných míst na rozhraní extravilán a intravilanu. Z provedených analýz byl zpracován návrh opatření na zlepšení viditelnosti dopravního prostoru včetně následné realizace

1 Úvod

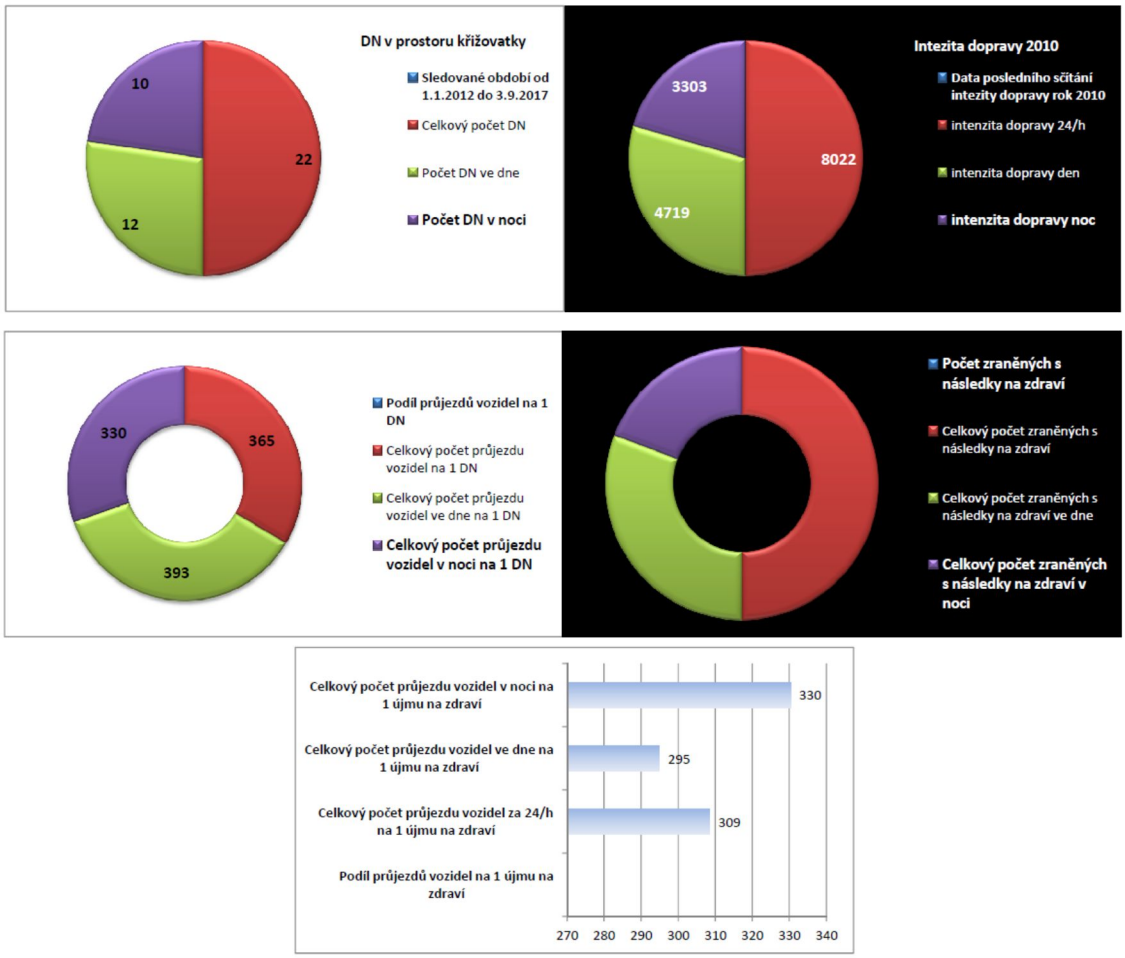
Návrh řešení nehodového místa ve spolupráci s ŘSD divize Liberec a službou dopravní policie Krajského ředitelství Libereckého kraje na průsečné křižovatce komunikací I. tříd číslo 9, 38 a komunikace III. třídy číslo 26832 na rozhraní extravilanu a intravilanu obce Jestřebí. Na této křižovatce se protínají dva významné dopravní tahy a to směr Mladá Boleslav Česká Lípa a Praha Litoměřice. Křižovatka je velice přehledná s řadícími odbočovacími pruhy a intenzitou dopravy 8.022 vozidel za 24 hodin viz obrázek 1.



Obr.1 Letecký snímek křižovatky

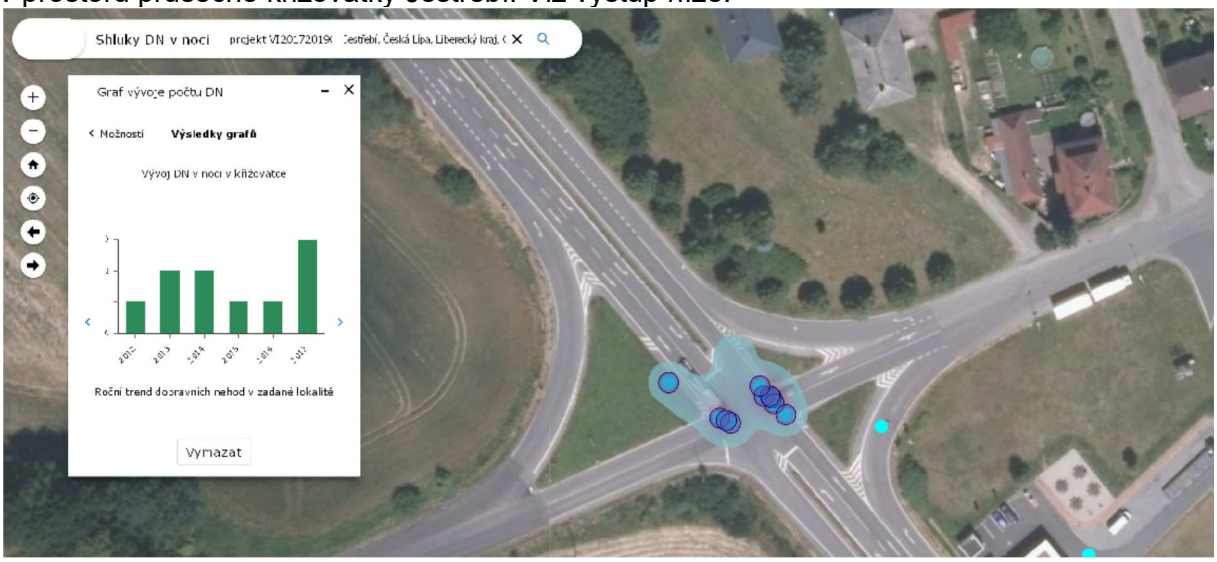
1.1 Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu ve vybrané lokalitě.

V období od 01. 01. 2012 do 03. 09. 2017 se stalo celkem v prostoru křižovatky 22 dopravních nehod. Velice zarážejí je fakt, že ve 14 dopravních nehodách došlo k jednomu usmrcení, k dvěma těžkým zraněním a 23 osob bylo lehce zraněno. Noční nehody se zraněním se na tom podílí velice významně. V uvedeném období se zde stalo deset závažných nočních dopravních nehod z toho tři v letošním roce viz obrázky grafů.



1.2 Ověření vyhodnocení noční nehodovosti pomocí shluku DN v křižovatce.

Na základě vývoje software pro analýzu dopravních nehod na území ČR pomocí metody shlukování v závislosti na času východu a západu slunce, dále intenzity dopravy na pozemních komunikacích pro oblast extravilanu a intravilanu zejména na průjezdních silnicích I, II, III tříd a sledovaných komunikacích, bylo provedeno vyhodnocení nočních DN. Výstup z programu plně potvrdil soulad mezi statistikou police ČR a určil směr pro stanovení příčin výskytu dopravních nehod, závad, popřípadě jiných okolností na pozemní komunikaci v prostoru průsečné křižovatky Jestřebí. Viz výstup níže.



2 Rozbor viditelnosti na komunikaci – křižovatka I/38 – I/9 – III/26832 Jestřebí

Z důvodu snížení dopravní nehodovosti v prostoru křižovatky zejména v době se sníženou viditelností bylo provedeno místní šetření o stavu noční viditelnosti v daném prostoru. Viditelnost dopravního prostoru průseku křížení je velice problematická a špatná. Sama o sobě vytváří podmínky pro vznik nočních dopravních nehod. Dalším problémem je rychlost vozidel je zde pouze snížená rychlost na 70 km/h jelikož se jedná o prostor mimo zastavěnou část obce. Příčiny špatné viditelnosti a orientace se dají shrnout do těchto bodů.

1. V prostoru křižovatky je sice staré VO na všech ramenech křižovatky, ale bohužel funguje jen omezeně respektive vůbec. Dříve byla tato křižovatka v prostoru označení obce. Z důvodu zrychlení a plynulosti dopravy byla dopravní značka obce posunuta na rameno komunikace III. třídy cca 100 m před průsekem křížení. Tímto řešením vznikl neřešitelný problém, VO je sice v majetku města ale nachází se mimo obec tak, že je částečně vypnuté a svítí jen tam, kde se pohybují chodci po katastru obce.
2. V prostoru před křižovatkou je čerpací stanice se svým vlastním osvětlením ale zejména zářícím poutačem oznamující kolik stojí PHM a další zboží. Je to velice nepříjemné z důvodu polohy dopravního prostoru s velice nízkými jasy, zmíněná reklama pak totálně oslňuje všechny účastník\ silničního provozu viz obrázky níže.



Rameno 1 příjezd od Mladé Boleslavi *Rameno 2 příjezd od České Lípy* *Rameno 3 příjezd od Prahy*

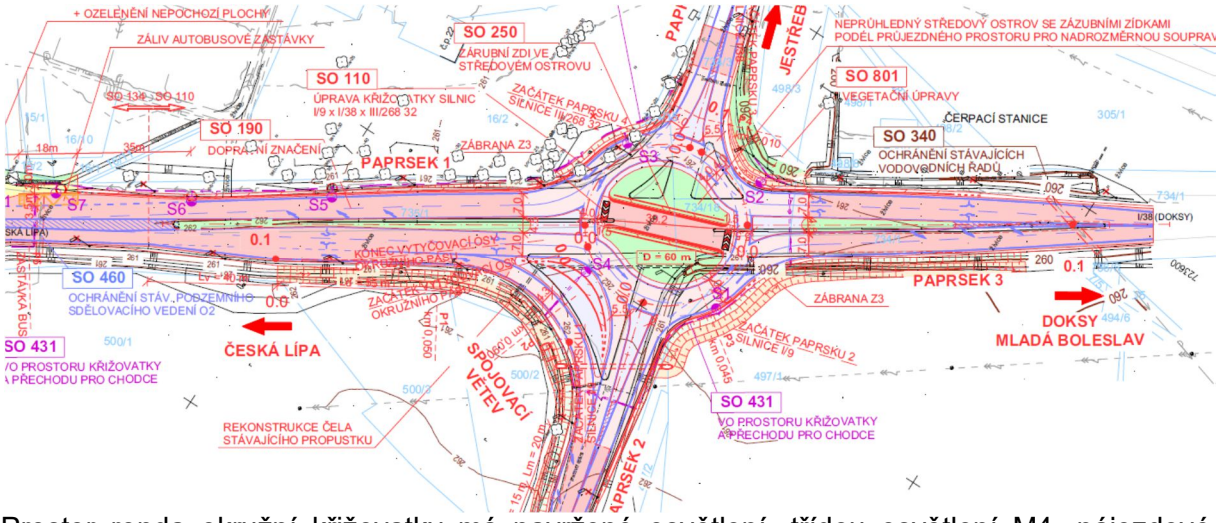
Provedená noční kontrola viditelnosti dopravního prostoru jednoznačně potvrdila špatnou viditelnost dopravního prostoru průsečné křižovatky. Ze statistiky noční dopravní nehodovosti v závislosti na intenzitě dopravy, počtu újmy na zdraví lze jednoznačně stanovit jako jednu z příčin nočních dopravních nehod jasové poměry v okolí této křižovatky. Průsek křižovatky má ze vzdálenosti 70 m shodné jasy s pozadím noční oblohy. Jasy čerpací stanice deseti násobně převyšují průměrný jas dopravního prostoru. Kontrolní měření bylo provedeno ze stojícího vozidla s rozsvícenými tlumenými světly osobního automobilu.

V roce 2016 nechalo ŘSD na základě zjištěných dat a údajů zpracovat projektovou dokumentaci na řešení celého dopravního prostoru této křižovatky, s předpokládanou realizací v roce 2019.

3 Řešení dopravního prostoru křižovatky

Rekonstrukce respektive bezpečnostní opatření průsečné křižovatky je pojato celkovou stavební rekonstrukcí dopravního prostoru k zajištění celkové bezpečnosti všech účastníku dopravy. Z průsečné křižovatky se stane křižovatka okružní s odbočovacími rameny a bude vybudováno nové osvětlení celého dopravního prostoru, včetně adaptačních zón na jednotlivých ramenech křižovatky. Návrh řešení vycházel z denní inspekce dopravního

prostoru na, kterou navázala noční inspekce viditelnosti v dopravním prostoru. Návrh řešení je uveden níže.



Prostor ronda okružní křižovatky má navržené osvětlení třídou osvětlení M4, nájezdové paprsky 1 a 3 jsou osvětleny třídou M5 do vzdálenosti cca 150m od středu OK.

4 Závěr

Díky vstřícnosti a dobré spolupráci všech zainteresovaných stran dojde k dalšímu z mnoha bezpečnostních opatření na komunikacích I. tříd v České republice a tím snížení důsledků dopravní nehodovosti včetně újmy na zdraví.

Tato křižovatka je zařazena do projektu GRANTU V PROGRAMU BEZPEČNOSTNÍHO VÝZKUMU ČESKÉ REPUBLIKY 2015-2020 na, kterém se podílí Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava - Fakulta elektrotechniky a informatiky pod vedením, hlavního řešitele Prof. Ing. Karel Sokanského CSc., Ing. Tomáše Nováka Ph. D. a týmu doktorandů. Na řešení úkolu dále spolupracuje Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. – s řešitelským týmem pod vedením RNDr. Michala Bíla Ph. D., tým České společnosti pro osvětlování, region Liberecký a tým Ředitelství služby dopravní policie policejního prezidia ČR pod vedením Pplk. JUDr. Sabiny Burdové.
Předpokladem přínosu výzkumu bude zpracování metodiky pro stanovení opatření ke zvýšení bezpečnosti provozu v kritických místech opatřených veřejným osvětlením. Metodika bude využívat multikriteriální analýzu a bude vycházet nejen z výsledků výše uvedených postupů, technických dat aplikovatelných svítidel, evropských norem pro osvětlování pozemních komunikací, požadavků správce komunikace a v neposlední řadě i z požadavků policie ČR. V metodických pokynech bude zapracována řada pilotních projektů pro různé situace a tyto budou sloužit jako vzor při navrhování obnovy dopravního prostoru a veřejného osvětlení.

Literatura a odkazy

[1] Statistika DN policie ČR

[2] Shluky nočních DN, CDV Olomouc.

[3] Projektová dokumentace ŘSD oblast Liberec

[4] Fotodokumentace archiv autora

Nové možnosti řízení osvětlovacích soustav a jejich využití ve funkci cirkadiánních svítidel.

Ing. MiroslavTyrpa, MAXI TECHNOLOGY s.r.o., tyrpa@maxi-technology.com, www.maxi-technology.com

Abstrakt: S rozvojem umělého osvětlení se začal náš životní rytmus měnit. Pracujeme stále déle, pracujeme v noci, bez ohledu na to, jaký to má vliv na naše zdraví. Vytváříme stále lepší a účinnější umělé osvětlení, které pak používáme v osvětlovacích soustavách. Návrhy osvětlení jsou v dnešní době víceméně rutinní záležitostí. Pokud je návrh korektní a dodrží se při realizaci, je výsledek v souladu s hygienickými požadavky. Je ale dodržení hygienických požadavků plně dostačující? Nezapomněli jsme na základní věci světa? Také cykly (biorytmy) mají pro lidské tělo důležitou roli. Biorytmy nejčastěji členíme podle délky jejich periody. Rozlišujeme rytmy ultradiánní s periodou kratší než 20 hodin, cirkadiánní, jejichž perioda trvá v rozmezí 20 až 28 hodin a infradiánní které mají cyklus delší než 28 hodin. Používáním běžných metod umělého osvětlování se stálou teplotou chromatičnosti jsme se odklonili od biorytmů, přestože jsou jednou ze základních vlastností života. Narušením biorytmů bojujeme proti svému organismu se všemi důsledky. Tuto problematiku pomáhá řešit použití svítidel, která mění teplotu chromatičnosti vyzařovaného světla v závislosti na reálném čase a datu - cirkadiánní svítidla. Příspěvek popisuje nový systém řízení teploty chromatičnosti a stmívání osvětlovacích soustav, při jejich aplikaci ve funkci cirkadiánních svítidel. Využívá k přenosu signálů standartní 3-vodičovou elektrickou síť. Nový systém řízení neruší jednotnou elektrickou síť, a je zároveň odolný proti rušení.

1 Úvod

O tom, že je prospěšné a užitečné, aby umělé osvětlení měnilo teplotu chromatičnosti v závislosti na reálném čase, již bylo napsáno mnoho. Zásadní otázkou ale je, jak taková svítidla budeme řídit, a zda je dnes možná prostá výměna běžného svítidla za svítidlo cirkadiánní.

Možnosti řízení osvětlovacích soustav jsou v dnešní době různé. Někdy se používá bezdrátové řízení, jindy velmi preferované normalizované řízení DALI. Každý systém má své výhody ale také úskalí. Doposud zde chyběl systém řízení, který by nevyžadoval zásahy do budov, např. další vedení, rádiové komunikátory apod. Proto žádný z dosavadních systémů neumožňuje prostou výměnu běžných svítidel za nová cirkadiánní svítidla.

2 Působení cirkadiánních cyklů na člověka

Dnes je již prokázán a všeobecně přijímán fakt, že harmonické střídání spánkových stádií a stádií bdělosti je výsledkem souhry několika faktorů: neurofysiologických, homeostatických, humorálních a cirkadiánních. S cirkadiánním cyklem je spojena tělesná teplota, střídání doby bdělosti (aktivity) a odpočinku (období spánku), tepová frekvence, krevní tlak a další. Například snížení teploty chromatičnosti osvětlení vede k poklesu tělesné teploty a to nám umožňuje usnout.

3 Narušení cirkadiánních cyklů a jejich následky

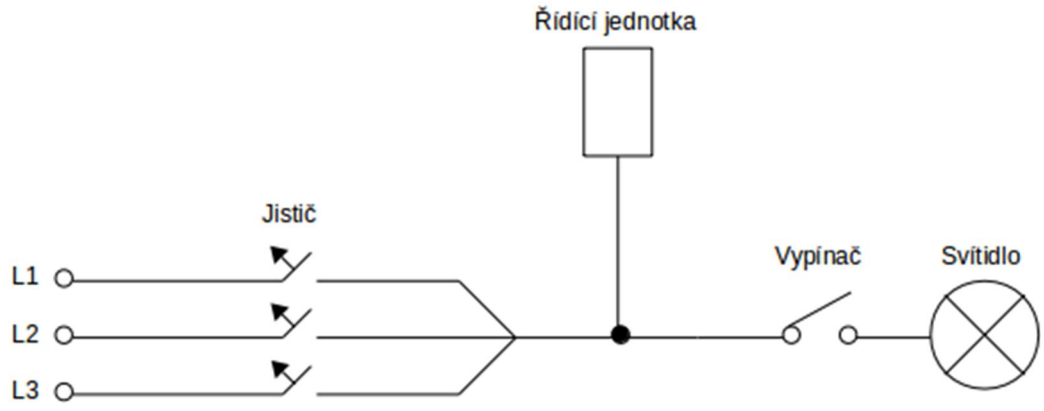
Narušení nastává např. stálou teplotou chromatičnosti umělého osvětlení v prostorech s delší dobou pobytu, vícesměnným provozem apod. Narušený biorytmus vede k řadě problémů a někdy i k depresím. Stav se může zlepšit již několik dní po poslední noční směně. Pokud je však směnnost cyklická - což je v drtivé většině případů - nemůže dojít ke zlepšení vůbec. Se zvyšujícím se věkem jedince se zvyšuje intolerance narušování cirkadiánních cyklů. Následky jsou: únava a z něj pramenící nižší výkonnost při studiu i v zaměstnání, poruchy spánku, které jsou příčinou vážných poruch pozornosti, zvýšený počet pracovních úrazů, autonehody, stres, zvýšená agresivita, konflikty v zaměstnání i rodině, apod. V případě hospitalizace je nedodržení cirkadiánních cyklů jedním z rušivých elementů v léčbě.

4 Možnost řešení - svítidla podporující nerušený průběh biorytmů

Téměř při každé lidské činnosti si svítíme. Pokud přizpůsobíme teplotu chromatičnosti umělého osvětlení teplotě chromatičnosti světla Slunce v dané chvíli, podpoříme biorytmy a do značné míry omezíme vznik zmíněných problémů.

Nově vyvinutý systém řízení svítidel Chron Light umožňuje aplikaci cirkadiánních svítidel tam, kde z nějakého důvodu nemohou být instalovány nové rozvody pro datový přenos systému DALI, či jiný systém řízení. Chron Light se skládá z řídící jednotky s vysílačem signálů a z odpovídajícího dvoukanálového svítidla s přijímačem signálů.

Řídící jednotka je připojena k elektrické síti v rozvodu okruhu osvětlení (typicky v rozvodné skříni) a cyklicky vysílá do rozvodu světelného okruhu časový a datový signál, případně je tento signál ještě doplněn o signál povelu stmívání, který je zpracován na základě dat příchozích s vhodně umístěného čidla. Viz obr. 1.



Obr. 1 - Blokové schéma

Základem pro úspěšné vytvoření svítidla bylo:

1 použití světelných zdrojů odpovídajících parametrů s maximálně rozdílnou náhradní teplotou chromatičnosti

2 vytvoření dostatečně rychlé přijímací jednotky s duálním driverem pro LED diody

3 přesné naprogramování algoritmu závislosti výstupního proudu přijímací jednotky na reálném čase a datu.

Signál řídící jednotka vysílá do vedení el. rozvodu. Na rozdíl od ostatních systémů řízení je přijímací jednotka až do chvíle zapnutí svítidla bez napětí. Ve chvíli zapnutí svítidla obdrží přijímací jednotka spolu s el. napětím také signál s informací o čase a datu, ten dekóduje a určí dle vnitřního algoritmu správnou teplotu chromatičnosti. K tomuto procesu dojde ve velmi krátké době. S ohledem na to, že se svítidlo po zapnutí rozsvítí měkkým startem, kdy náběh do požadované svítivosti trvá cca 0,5 s, má přijímací jednotka dostatek času na správné vyhodnocení teploty chromatičnosti a určení jaký proud má být v daném kanále svítidla.

5 Výhody řešení systému „Chron Light“

Řešení skýtá řadu výhod, např.:

1 absence datového vedení i rádiového signálu

2 jednoduchost montáže - prostá výměna běžných svítidel za cirkadiánní svítidla

3 svítidlo, ani žádná jeho část není trvale pod napětím, po vypnutí má nulovou spotřebu

4 nízká cena řešení instalace

5 energetické úspory plynoucí z vysoce účinných svítidel



Obr. 2 – Cirkadiánní svítidlo DORKAS

6 Závěr

Použitím cirkadiánních svítidel podpoříme přirozené biorytmy. Výsledkem bude snížení četnosti pracovních úrazů a jiných mimořádných událostí způsobených lidským faktorem, vyšší produktivita práce při současně nižší únavě i ve vícesměnných provozech, snížení agresivity způsobené spánkovým deficitem a stresem, zlepšení vztahů na pracovišti a nastane celkové zlepšení duševního stavu pracovníků.

Literatura a odkazy

[1] prof. RNDr Josef Berger CSc Biorytmy, Paseka 1995

[2] Prof. MUDr Soňa Nevšímalová DrSc, Prof. MUDr. *Karel Šonka*, DrSc.,Poruchy spánku a bdění

[3] Prof. MUDr. Zdeněk Ambler, DrSc., prof. MUDr Josef Bednařík CSc, prof. MUDr Evžen Růžička DrSc. Klinická neurologie: část obecná 2. vydání

[4] MUDr. Vodičková - Borzová Klaudia, Příčiny neorganických poruch spánku , Psychiatrie pro praxi č.1., ročník 3/2002

[5] prof. MUDr. Prusiński Antoni, Nespavost a jiné poruchy spánku 1993

Parametry nových světelných zdrojů LED a jejich konstrukce

Ing. MiroslavTyrpa, MAXI TECHNOLOGY s.r.o., tyrpa@maxi-technology.com, www.maxi-technology.com

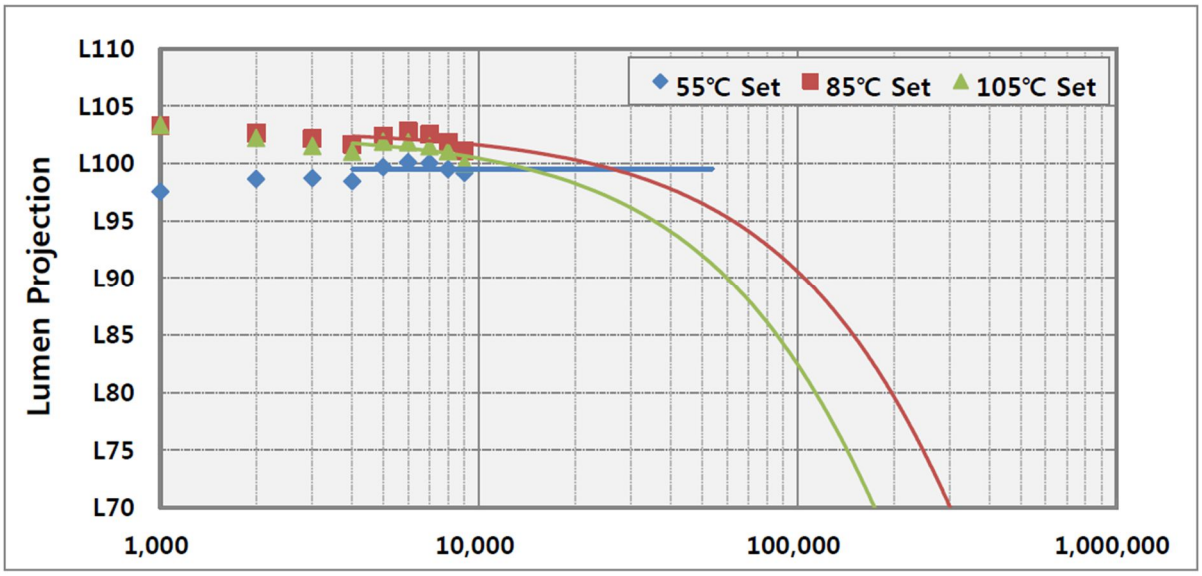
Abstrakt: Příspěvek popisuje parametry nových světelných zdrojů LED a jejich praktický přínos pro vývoj nových svítidel.

1 Úvod

Výrobci LED diod se dnes snaží zaujmout nejnovějšími výrobky s "úžasnými" parametry. S ohledem na to, že každý výrobce má svůj směr, dočkali jsme se LED diod s indexem podání barev (CRI) 98, měrným světelným výkonem 230 lm/W, měřítkem kvality barev CQS 98 (Color Quality Scale), značnou zatížitelností (>1,5W/mm^2), nebo velmi dlouhou reálnou dobou života apod.

2 Reálná doba života nových LED

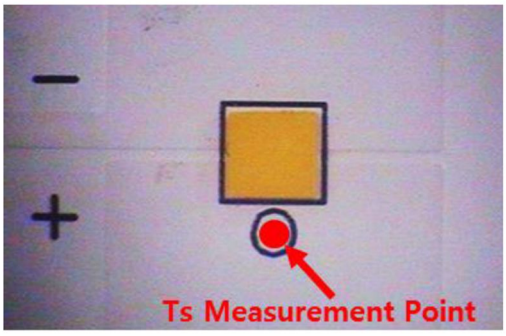
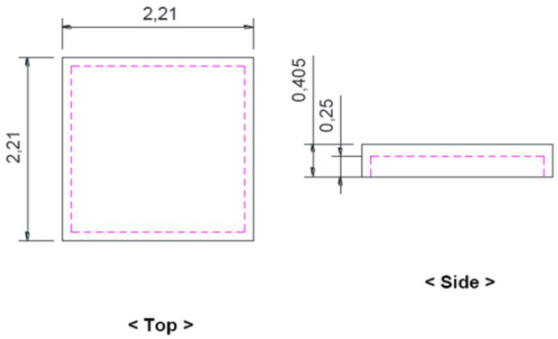
V současnosti se jeví velmi pozitivně doba života skupiny LED společnosti SEOUL SEMICONDUCTOR řady WICOP série SZ8 provedení W5, W6, W7. Testem se prokázala doba života 180 000 hodin (L70) při teplotě 105°C. Vysoká spolehlivost, dlouhá doba života a nízký pokles svítivosti předurčují tyto LED pro použití v náročných aplikacích. Tyto parametry se pozitivně odrazí na celkovém udržovacím činiteli. Viz obr. 1,2,3 a tabulka 1.



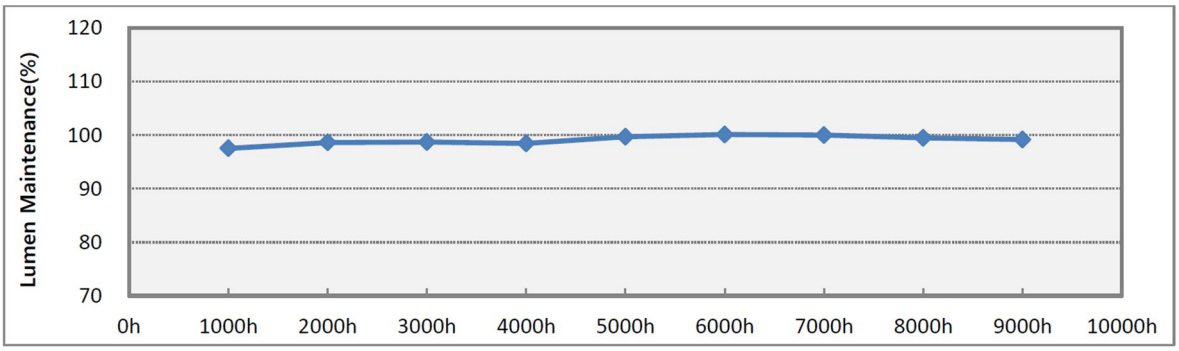
Obr. 1 - Pokles svítivosti a doba života

Items	Nominal Case Temperature		
	55 °C	85 °C	105 °C
Number of LED tested	20	20	20
Drive Current	1 050 mA	1 050 mA	1 050 mA
Measurment Current	1 050 mA	1 050 mA	1 050 mA
Test Duration	9 000 h	9 000 h	9 000 h
Actual Case Temperature	≥53.3 °C	≥84.6 °C	≥104.8 °C
Actual Ambient Temperature	≥52.7 °C	≥81.5 °C	≥101.4 °C
Air Flow Velocity	≤0.84 m/s	≤0.54 m/s	≤0.17 m/s
Averaged Initial Luminous Flux	362.3 lm	351.2 lm	346.5 lm
Averaged Initial CCT	2972 K	2998 K	2983 K
Averaged Forward Voltage	3.04 V	3.05 V	3.05 V
Averaged Lumen Maintenance	99.2 %	101.1 %	100.0 %
Averaged Chromacity Shift	0.002 1	0.003 3	0.004 3
α	-8.642E-07	1.280E-06	2.197E-06
B	0.989	1.029	1.027
TM-21 Projection L_{70}	>54000	>54000	>54000
TM-21 Projection L_{80}	>54000	>54000	>54000
TM-21 Projection L_{90}	>54000	>54000	>54000

Tab. 1 - Shrnutí testu

Case Temperature Measurement Point	Package Dimension
	

Obr. 2 – Nominal case temperature point



Obr. 3 - Pokles svítivosti

3 Zatížitelnost a CRI vs. CQS

Opět jsme u té samé LED. Celková zatížitelnost je 6,5 W při rozměru LED 2.1 x 2.1 x 0,41mm. Měrná zatížitelnost plochy čipu je tedy vyšší než 1,5W / mm^2. Měrný světelný výkon je až 230 lm/W. Maximální celkový světelný tok zdroje je 1 092 lm při 6,5 W (168 lm/W, nominal case temperature 105°C).

Vyzařované světlo dosahuje měřítka kvality barev (CQS-Color Quality Scale) 94. Tím se řadí k současné špičce na trhu. Trochu problematické je určení podání barev dle standartu CRI, kde LED dosahují maximálně indexu 80. Další výhodou je absence změny teploty chromatičnosti se změnou úhlu vyzařování. Luminofor obklopuje PN přechod ze všech stran a tím je vyzařované světlo ve všech směrech homogenní. Viz obr. 4.



Obr. 4 - LED dioda řady W7

4 Praktické aplikace

Konstrukce přímovyzařujících svítidel s těmito diodami je náročná z důvodu vysokého jasu zdrojů. S výhodou lze však tyto LED použít pro konstrukci nepřímovyzařujících svítidel. Jedná se například o plochá kazetová svítidla s diodami umístěnými po stranách, která mohou dosahovat účinnosti přesahující 150 lm/W právě díky vysoké účinnosti samotných LED. Současná plochá svítidla mají obvykle problém s chlazením zdrojů díky své konstrukci. Diody řady W7 tento problém s úspěchem překonávají. Díky jejich vysoké účinnosti je vývoj tepla nižší.

Další možnou aplikací, dnes již s úspěchem realizovanou, jsou přední světlomety automobilů a motocyklů. LED jsou obráceny opačně oproti např. žárovkám tak, že svítí dozadu a vhodně tvarovaný reflektor odráží světlo dopředu. Taková konstrukce velmi úspěšně řeší teplotní management LED diod, zatížených často na maximum. Proud vzduchu velmi účinně chladí LED i při použití relativně malých chladičů. Další možné aplikace jsou: miniaturní svítidla, světlomety pro architekturu apod.

5 Závěr

Rozvoj LED se dá v současnosti označit slovem „překotný“. Vznikají LED diody se stále lepšími parametry. Je na výrobcích svítidel, aby si zvolili preferovanou vlastnost pro svá svítidla, zda-li budou produkovat svítidla s dlouhou doba života, vynikajícím podáním barev nebo špičkovou účinností. Dnes již naštěstí nemusí striktně volit mezi jednotlivými parametry na úkor ostatních, ale přece jen lze některou vlastnost nových svítidel preferovat. Mohou tedy vznikat svítidla překvapivých parametrů.

Literatura a odkazy

[1] SEOUL SEMICONDUCTOR IES LM-80 Test Report

[2] Product Data Sheet

Ověření chování osvětlovací soustavy vnitřního osvětlení řízené na konstantní hladinu osvětlenosti

Pavel Valíček, Ing., Tomáš Novák, Doc. Ing. Ph.D., Jan Vaňuš, Ing. Ph.D., Karel Sokanský, Prof. CsC., VŠB – Technická univerzita Ostrava, pavel.valicek@vsb.cz, tomas.novak1@vsb.cz, jan.vanus@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz, www.vsb.cz

Abstrakt: Článek navazuje na dlouhodobý výzkum, který se týká predikce chování (spotřeby) osvětlovacích soustav stmívaných na konstantní hladinu osvětlenosti v závislosti na denním osvětlení. Vzhledem k tomu že mezi predikčním modelem a reálným dlouhodobým měřením osvětlenosti ve sledované osvětlovací soustavě docházelo k rozdílům, bylo nutné hledat zdroj těchto rozdílů. Bylo zjištěno, že vyšší reálné úspory, než jsou úspory predikované, jsou dosahovány díky tomu, že řízené osvětlovací soustavy jsou při součinnosti denního a umělého osvětlení stmívané více než je požadováno. Docházelo tedy ke stmívání na úroveň osvětlenosti, která nesplňovala normativní požadavky pro požadované zrakové úkoly. Tento stav je z hygienického hlediska neakceptovatelný, protože v některých situacích okamžitá úroveň osvětlenosti nedosahovala ani požadavků hygienického minima pro trvalý pobyt osob.

1 Úvod

V příspěvku je řešeno chování osvětlovací soustavy, která je řízená na základě údajů z jednoho čidla „osvětlenosti“. Toto čidlo ovládá osvětlovací soustavu jako celek. Je zde řešeno modelování různých situací z pohledu denního světla a z pohledu umístění senzoru osvětlenosti. Jednotlivé modely použité v tomto článku neřeší změny odrazných parametrů povrchů, které také významným způsobem ovlivňují chování řízené osvětlovací soustavy[1]. Tato problematiky již byla řešena v příspěvku „Measurement of illuminance of interior lighting system automatically dimmed to the constant level depending on daylight“[2].

Modelování chování řízení bylo provedeno na základě využití rozptýleného denního světla generovaného rovnoměrně zataženou oblohou[3]. Přímé sluneční záření nebylo v příspěvku řešeno z důvodu eliminace vlivu světových stran na umístění okenních otvorů[4]. Příspěvek řeší změny v osvětlenostech a rovnoměrnostech v místě zrakového úkolu u osvětlovací soustavy řízené na konstantní hladinu osvětlenosti nastavovanou bez přítomnosti denního světla pro různé polohy čidla osvětlenosti a provozované v součinnosti se změnami denního osvětlení.

2 Popis osvětlovací soustavy a vyšetřovaného prostoru

Pro modelování byla využita reálná testovací osvětlovací soustava umístěna na VŠB-TU Ostrava, Fakultě stavební v objektu odborného školicího střediska pro vzdělávání a rozvoj lidských zdrojů členů MSDK. Tato soustava byla použita i pro ověření predikčního modelu pro ověření výpočtu denního osvětlení[5].



Obr.1 Budova školícího centra MSDK v objektu VB-TU Ostrava

Parametry použité místnosti jsou délka 5565mm šířka 3525mm a světlá výška 2700mm. V místnosti jsou dva okenní otvory a francouzské dveře. Okenní otvory mají shodnou výšku parapetu (810mm) a výšku okna (1320), jedno z nich je široké 1000mm a druhé 900mm. Francouzské dveře mají parapet 0mm, šířku 1000mm a výšku 2130mm. Všechny otvory jsou vybavené termoizolačním trojsklem.

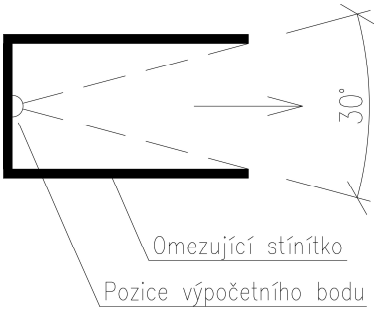
Použitá osvětlovací soustava je tvořená čtyřmi kusy svítidel Thorn Jupiter2 2x28W s předřadníkem KNX/DALI N 141/02.

Čidlo použité pro řízení regulované osvětlovací soustavy je ABB UP255/11, čidlo má přijímací charakteristiku 30st. Z výroby je kalibrované pro montáž ve výšce 2,5m s předpokladem místa zrakového úkolu ve výšce 0,75m a odrazivosti materiálu ρ=0,3.

3 POPIS MODULAČNÍHO PROSTŘEDÍ

Řešená osvětlovací soustava byla namodelována ve výpočetním software BulidingDesign s výpočetními moduly WILS a WDLS, které umožňují jak nastavení, tak regulaci umělého osvětlení a zároveň i výpočty berouci v potaz denní osvětlení, které vychází z modelu rovnoměrně zatažené oblohy[6]. Kromě korektního nastavení odrazností a míst zrakových úkolů bylo v rámci přípravy modulu nejdůležitější nastavení parametrů přijímacího čidla použitého pro modelování, které by se svými vlastnostmi blížilo reálným vlastnostem skutečně používaných čidel.

Pro modelování bylo simulováno čidlo, které je použito i v reálné aplikaci a jeho přijímací charakteristika je omezena na 30st. Z tohoto důvodu byl pro simulaci využit výpočetní bod vyhodnocující normálovou osvětlenost ve vyšetřované rovině. Tento byl opatřen stínítkem simulujícím a omezujícím přijímací charakteristiku výpočetního bodu právě na 30st. Činitel odrazu stínítka byla nastavena na ρ=0.



Obr.2 Model čidla použitý pro simulaci

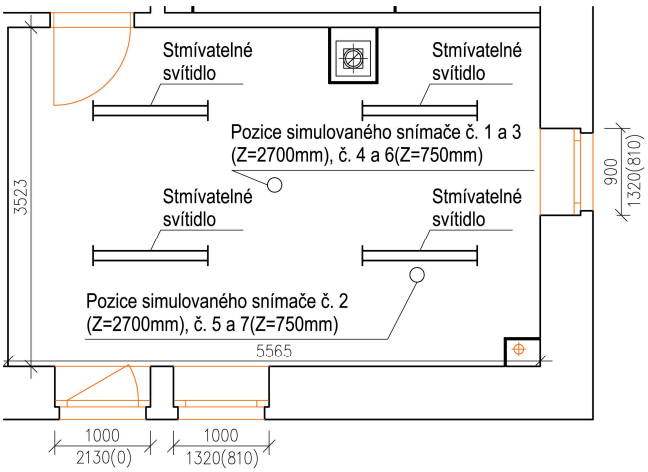
Tento výpočetní bod byl postupně umísťován v rámci řešeného prostoru.

4 Způsob modelování chování osvětlovací soustavy

V rámci sestaveného statického modelu osvětlovací soustavy byly pro každé umístění čidla osvětlenosti modelovány takové podmínky pro nastavení umělého osvětlení, aby při jakémkoliv příspěvku denního osvětlení byla dosahována konstantní hodnota „osvětlenosti“ na čidle osvětlenosti umístěném v rámci prostoru řešené místnosti. Požadována hodnota byla nastavována pro situaci bez přítomnosti denního světla a včetně přítomnosti různých úrovní denního světla. Následovně bylo vyhodnocováno, zda při konstantní hodnotě osvětlenosti na čidle osvětlenosti nedochází ke změnám průměrné osvětlenosti vyhodnocované dle normy na srovnávací rovině v místě zrakového úkolu. Vzhledem k tomu, že se jedná o učebnu, byla srovnávací rovina simulující místa zrakových úkolu umístěna ve výšce 0,75m tzn. ve výšce pracovního stolu, viz obrázek 4.

5 Nastavení umístění čidel osvětlenosti

V příspěvku bylo použito 7 pozic umístění čidla (viz obrázek 3) a výpočtu jeho „ideálního“ umístění. Pomocí těchto pozic lze demonstrovat nedokonalé chování řízení osvětlovací soustavy umělého osvětlení, které by mělo být regulováno na konstantní hladinu osvětlenosti.

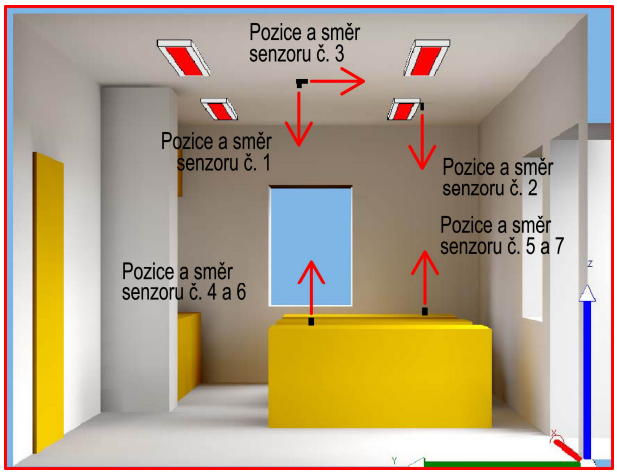


Obr.3 Rozmístění čidel v modelovaném prostoru

Ukázková čidla jsou umístěna v následujících pozicích:

Čidlo číslo 1 je umístěno ve středu místnosti na stropě s přijímací charakteristikou 30st. mířící směrem dolu na srovnávací rovinu. Tato pozice je nejobvyklejší v realizacích osvětlovacích soustav regulovaných na konstantní osvětlenost.

Čidlo číslo 2 je umístěno opět na stropě snímající srovnávací rovinu s přijímací charakteristikou 30st. rovinu s tím, že půdorysně byla zvolena pozice v rohu, kde je minimální příspěvek denního světla.



Obr.4 Rozmístění čidel v modelovaném prostoru

Čidlo číslo 3 je umístěno do středu místnosti pod stop a nasměrováno kolmo na stěnu s okny, opět byla použita přijímací charakteristika 30st.

Čidlo číslo 4 a 6 je umístěno do místa zrakového úkolu uprostřed místnosti a to ve dvou variantách čidlo 4 s omezujícím stínítkem a tudíž přijímací charakteristikou 30st. a 6 bez stínítka - kosinová přijímací charakteristika.

Čidlo číslo 5 a 7 je umístěno do místa zrakového úkolu v místě s minimálním příspěvkem denního osvětlení a to ve dvou variantách čidlo 5 s omezujícím stínítkem a tudíž přijímací charakteristikou 30st. a 7 bez stínítka - kosinová přijímací charakteristika.

8 čidlo – ideální čidlo byly provedena simulace tak aby pro danou úroveň venkovní osvětlenosti na venkovní nezastíněné rovině byly splněny požadavky průměrné osvětlenosti v místě zrakového úkolu ve sledované místnosti. Výkon osvětlovací soustavy je tudíž optimální pro splnění normových požadavků.

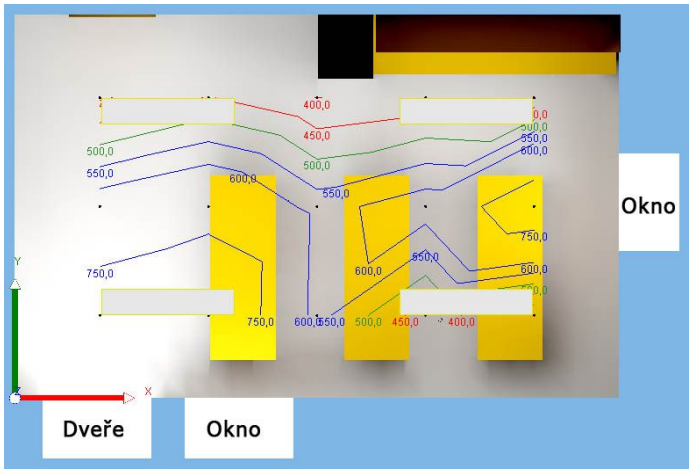
6 Popis chování modelovaných situací

Z modelovaných situací vyplývá, že pozici čidla číslo 1, které je nejběžnější pozici pro umístění čidla řídicího systému osvětlovacích soustav regulovaných na konstantní osvětlenost se nachází požadovaná hodnota rovnoměrnosti osvětlenosti pod požadovanou úrovni 500lx průměrné osvětlenosti. Tato hodnota nebyla dodržena o cca 130lx.

V případě čidla 2, které je umístěno v prostoru s minimálním příspěvkem denního osvětlení nedochází k regulaci osvětlovací soustavy na takovou úroveň aby se požadovaná průměrná hodnota osvětlenosti dostala pod nepřípustnou úroveň. Zároveň ale byl výkon osvětlovací soustavy umělého osvětlení v bodě, kdy měla být již zcela vypnuta na úroveň 28,4%.

Sdružené osvětlení

Požadovaná rovnoměrnost	0,00
Požadovaná hodnota	500,0 lx
Minimální hodnota	353,7 lx
Maximální hodnota	918,0 lx
Udržovaná osvětlenost	572,2 lx
Rovnoměrnost	0,39
Udržovací činitel	1,00



Obr.5 Příklad výpočtu kombinovaného osvětlení pro situaci kdy je úroveň osvětlenosti na nezstíněné horizontální rovině 20klx a osvětlovací soustava umělého osvětlení 50% maximálního světelného toku.

Při simulaci stavů v místnosti při použití čidla číslo 3 došlo díky přímému působení denního osvětlení na čidlo k regulaci osvětlovací soustavy na takovou úroveň, že průměrná hodnota osvětlenosti se dostala do zakázaného pásma.

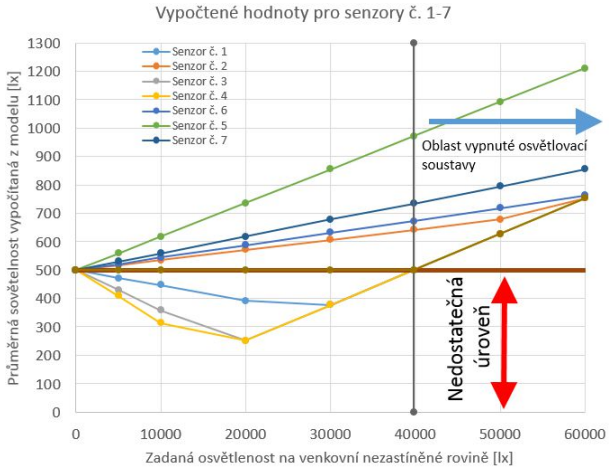
V případě pozic čidel 4-7 je otázkou praktického řešení umístění čidel z důvodu jejich pozice na srovnávací rovině a s přijímací charakteristikou ve směru Z+.

Výsledek simulace z čidla 4 je velmi ovlivněn faktem, že ve výchozím stavu tj. s nulovým příspěvkem denního osvětlení, díky omezujícímu stínítku – přijímací charakteristice, snímá prostor stropu mezi svítidly kde je jas nízký. I minimální příspěvek denního osvětlení způsobí, že regulace sníží výkon osvětlovací soustavy v oblasti, kdy denní osvětlení nestačí ke splnění požadavku na průměrnou osvětlenost a ta se dostává do oblasti pod nepřípustnou úroveň.

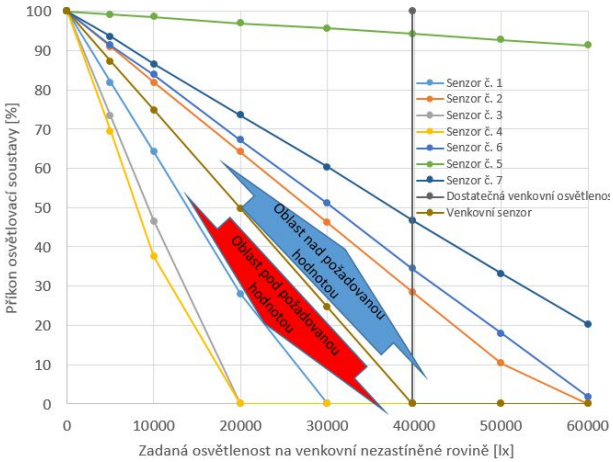
V případě čidla číslo 6, které se sice nachází ve stejné pozici, jako předchozí čidlo se díky jeho kosinusové přijímací charakteristice k tomuto jevu už nedochází, hodnota rovnoměrnosti se do nepřípustné oblasti nedostane, ale výkon osvětlovací soustavy je v bodě, kdy by již měla být zcela vypnuta cca 34,5%.

Čidlo 5 díky své poloze pod jedním osvětlovacím tělesem a použití omezujícího stínítka vykazuje opačného extrému k čidlu 4, čidlo v podstatě vyhodnocuje jas svítidla a minimální příspěvek denního osvětlení způsobí jen minimální regulaci osvětlovací soustavy. Výkon osvětlovací soustavy je 94,5% ve chvíli kdy by měla být soustava vypnutá.

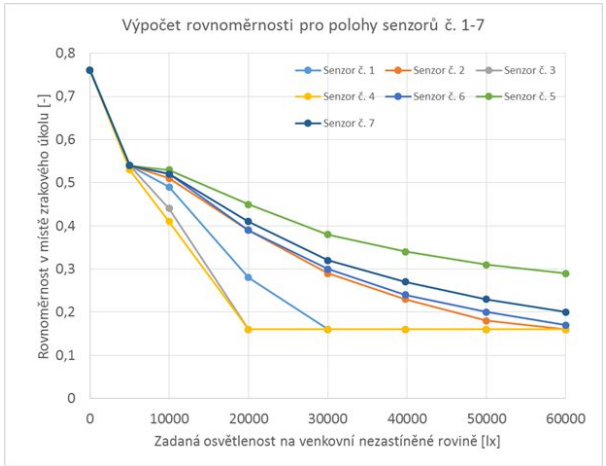
U čidla 7 díky jeho kosinové přijímací charakteristice dochází ke kvalitnější regulaci než u čidla 5, ale i zde je osvětlovací soustava o 60,3% nad potřebnou hodnotou.



Obr.6 Graf závislosti průměrné osvětlenosti na venkovní osvětlenosti pro jednotlivá čidla.



Obr.7 Graf závislosti příkonu osvětlovací soustavy na venkovní osvětlenosti pro jednotlivá čidla.



Obr.8 Graf závislosti rovnoměrnosti kombinovaného osvětlení na venkovní osvětlenosti pro jednotlivá čidla.

		Senzor č. 1			Senzor č. 2	
Nastavená venk. osvětlenost [lx]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]
0	100.0	500	0.76	100.0	500	0.76
5000	81.9	472	0.54	90.9	517.3	0.54
10000	64.2	446.6	0.49	81.9	534.9	0.51
20000	28.0	391.3	0.28	64.2	572.2	0.39
30000	0.0	376.8	0.16	46.1	607.3	0.29
39801	0.0	500.1	0.16	28.4	642.2	0.23
50000	0.0	628.1	0.16	10.3	679.2	0.18
60000	0.0	753.6	0.16	0.0	753.6	0.16
		Senzor č. 3			Senzor č. 4	
Nastavená venk. osvětlenost [lx]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]
0	100.0	500	0.76	100.0	500	0.76
5000	73.2	429	0.54	69.4	409.6	0.53
10000	46.5	358.3	0.44	37.5	313.1	0.41
20000	0.0	251.2	0.16	0.0	251.3	0.16
30000	0.0	376.8	0.16	0.0	376.8	0.16
39801	0.0	500.1	0.16	0.0	500.1	0.16
50000	0.0	628.1	0.16	0.0	628.1	0.16
60000	0.0	753.6	0.16	0.0	753.6	0.16
		Senzor č. 6			Senzor č. 5	
Nastavená venk. osvětlenost [lx]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]
0	100.0	500	0.76	100.0	500	0.76
5000	91.3	519.5	0.54	99.1	558.2	0.54
10000	83.8	544.6	0.52	98.6	618.5	0.53
20000	67.2	587.4	0.39	96.9	735.9	0.45
30000	51.1	632.3	0.3	95.6	855.2	0.38
39801	34.5	672.4	0.24	94.3	971.4	0.34
50000	17.9	717.9	0.2	92.8	1092.1	0.31
60000	1.7	762.2	0.17	91.3	1210.5	0.29
		Senzor č. 7			Venkovní senzor	
Nastavená venk. osvětlenost [lx]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]	Výkon osvětlovací soustavy [%]	Průměrná osvětlenost [lx]	Rovnoměnost [-]
0	100.0	500	0.76	100.0	500	0.76
5000	93.5	530.3	0.54	87.2	500	0.54
10000	86.5	558.2	0.52	74.8	499.3	0.5
20000	73.5	617.5	0.41	49.8	500.1	0.35
30000	60.3	678.6	0.32	24.6	500	0.24
39801	46.7	733.8	0.27	0.0	500.1	0.16
50000	33.2	794.2	0.23	0.0	628.1	0.16
60000	20.2	855.3	0.2	0.0	753.6	0.16

Tab.1 Hodnoty vypočtené v jednotlivých senzorech

7 Závěr

Modelování základních kombinací umístění jednotlivých čidel v testované místnosti s jednoduchou soustavou umělého osvětlení stmívanou jako celek a mírně složitější

osvětlovací soustavou denního osvětlení bylo dokázáno, že chování regulované soustavy stmívané na konstantní hladinu osvětlenosti je silně závislé na mnoho faktorech. Ve článku byl popsán vliv polohy a přijímací charakteristiky řídících čidel. Jako nejdůležitější fakt, na který je nutné upozornit, že v některých situacích dochází ke snižování nastavené hodnoty osvětlenosti a v některých naopak ke zvyšování.

Na základě provedených rozborů vlivu polohy čidla a jeho přijímací charakteristiky bude zkoumání této problematiky pokračovat ve směru vývoje výpočetní procedury, která bude optimalizovat nastavení (umístění) čidla řídicího systému tak, aby nedocházelo na jedné straně k poklesu reálné osvětlenosti na místech zrakových úkolů a na druhé straně tak, aby docházelo k maximální možné míře úspor energie u soustavy umělého osvětlení.

8 Poděkování

Článek byl vytvořen s podporou SGS SP2017/97 Dálkové řízení svítidel veřejného osvětlení s podporou technologií Smart a SP2017/128 Virtuální instrumentace pro oblast měření a testování VI

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] Jan Škoda, Petr Baxant, “Effect of directional reflectance in lighting,” Przeglad Elektrotechniczny, 2013, Volume 87, Issue 4, 2011, Pages 38-40, ISSN: 00332097

[2] Pavel Valicek, Tomáš Novak, Jan Vaňuš, Karel Sokanský, Radek Martínek, “Measurement of illuminance of interior lighting system automatically dimmed to the constant level depending on daylight “, 2016, 6th International Conference on Environment and Electrical Engineering, EEEIC 2016, Article number 7555604, DOI: 10.1109/EEEIC.2016.7555604

[3] Stanislav Darula, Richard Kittler, “A Methodology for Designing and Calibrating an Artificial Sky to Simulate ISO/CIE Sky Types with an Artificial Sun”, 2015, Publisher TAYLOR & FRANCIS INC, 530 WALNUT STREET, STE 850, PHILADELPHIA, PA 19106 USA, LEUKOS Volume: 11 Issue: 2 Pages: 93-105 DOI: 10.1080/15502724.2014.977391, WOS:000349685500005

[4] Stanislav. Darula, Richard Kittler, “Parameterisation of direct illuminance for an artificial sky with sun”, 2016, Proceedings of 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries, Lumen V4 2016, 15 November 2016, Article number 7745551.

[5] Jan Šumpich, Tomáš Novak, Zdeněk Carbol, Karek Sokanský, “ Software calculation tool for light savings in the buildings compared with real measured data“, 2013, 14th International Scientific Conference on Electric Power Engineering 2013, EPE 2013, Pages 677-680

[6] CIE Standard, ISO 15469:2004 (E)/CIE S 011/E:2003, http://www.cie.co.at/

Rušivé účinky venkovního osvětlení

Žák P. ČVUT FEL v Praze, Suchan P. AsÚ AV ČR, , zakpetr@fel.cvut.cz, suchan@astro.cz

Abstrakt: Umělé osvětlení a jeho osvojení a využívání člověkem má svou dlouhou historii i své důvody a významně ovlivnilo vývoj naší společnosti. Využívá se v celé řadě aplikačních oblastí, např. osvětlení sportovišť, pozemních komunikací nebo architektury a jeho provoz je doprovázen vedlejšími rušivými účinky. Problematika rušivých účinků venkovního osvětlení je poměrně rozsáhlá a složitá a základem pro její řešení je pochopení základních pojmů, příčin a důsledků. Příspěvek popisuje vývoj rušivých účinků venkovního osvětlení a základní terminologii a některé přístupy k možnému řešení vycházející z mezinárodních doporučení a národních technických norem.

1 Úvod

V průběhu stovky tisíc let dlouhého vývoje se člověk i jeho organismus adaptoval na životní prostředí, ve kterém žil. Jednou z integrálních součástí tohoto prostředí byly také přírodní světelné podmínky, charakteristické pravidelným cyklem střídání dne s vysokými úrovněmi osvětlení a noci s velmi nízkými úrovněmi osvětlení. Lidské tělo využilo těchto světelných podmínek při adaptaci na okolní prostředí ke dvěma účelům. Prvním bylo získávání vizuálních informací o okolním prostředí, na základě kterých mohl člověk na okolní prostřední reagovat a dlouhodobě v něm přežívat. Druhým účelem byla regulace biologickým pochodů v lidském těle, které nastavují lidský organismus do stavu aktivity při vysokých úrovních osvětlení (denní světlo) a do stavu odpočinku při nízkých úrovních osvětlení (noc). V obou případech je světlo přijímáno prostřednictvím lidského oka, ale je vyhodnocováno odlišnými typy fotoreceptorů v sítnici oka.

Přírodní světelné podmínky si člověk začal přizpůsobovat od doby před přibližně 1,25 mil. let [1], kdy ovládl oheň. První formou využití ohně bylo ohniště, které mimo jiné navozovalo pocit bezpečí v prostoru kruhu vymezeného světlem ohně. Dalším krokem k ovládnutí světla byl vynález olejové lampy, u které se již objevuje zamýšlené využití umělého světla v přenosné formě s možností snadné kontroly a udržování. První z olejových lamp vyrobené z kamene, jejichž stáří se odhaduje na 10 000 až 15 000 let, se našly na území Francie v jeskynním komplexu Lascaux. Dalším důležitým mezníkem v oblasti venkovního osvětlení je vznik městských civilizací v průběhu 4. a 3. tis. př. n. l, kdy výrazně narostla koncentrace lidí v jednotlivých sídlech a v důsledku toho se venkovní osvětlení rozšířilo do všech velkých měst starověku, např. Théby, Pompeje, města Antiochie [2]. Z řeckých bájí víme o velkolepém osvětlení egyptského města Théby. Zajímavé nálezy pocházejí z archeologických vykopávek antických Pompejí. Archeolog dr. Spano uvádí, že na hlavní třídě Stabijské, dlouhé 700 metrů, nalezl celkem 510 lamp pro osvětlení ulic a vstupů do domů [2]. I přes uvedený vývoj v oblasti venkovního osvětlení žil člověk až do konce 19. století ve světelných podmínkách, které se zásadně nelišily od přírodních světelných podmínek.

Zásadním mezníkem v oblasti umělého osvětlení byl vynález elektrických světelných zdrojů koncem 19. st., který vedl k jejich masivnímu rozšíření při umělém osvětlování venkovních i vnitřních prostorů. To umožnilo provádět celou řadu činností v průběhu dne v chráněném vnitřním prostředí a prodloužit aktivity do nočních hodin. Nezamýšleným doprovodným

účinkem bylo - z počátku mírné, v současné době významné - narušení původního přirozeného cyklu světelných podmínek. V dnešní době tráví velká část populace většinu dne ve vnitřních prostorech, ve kterých jsou denním a umělým osvětlením sice zajištěny světelné podmínky z pohledu vizuálního, které ale nejsou ve většině případů dostatečné z pohledu biologického. Ve večerní době pak řada lidí nevědomě aktivuje biologický systémem pobytem v nadměrně osvětlených prostorech nebo prostřednictvím displejů elektronických přístrojů. Na základě výsledků dlouhodobých výzkumů se ukazuje, že toto narušení přirozených světelných podmínek významným způsobem zvyšuje riziko vzniku tzv. civilizačních chorob [3,4,5]. Narušení přirozeného cyklu světelných podmínek umělým osvětlení je jedním z významných projevů rušivých účinků umělého osvětlení, není ale jediným.

2 Astronomická pozorování

Na problematiku rušivých účinků umělého osvětlení pravděpodobně jako první upozornili astronomové, kterým venkovní umělé osvětlení začalo zhoršovat pozorovací podmínky. Jedna z prvních zmínek pochází z roku 1908, kdy astronomové z observatoře Mount Wilson v Kalifornii zaznamenali snížení výkonnosti jejich dalekohledu. Příčinou bylo venkovní osvětlení malého města, které vyrostlo v dnešní Los Angeles.

Jedním z hledisek, na kterém závisí pokrok v astronomii, je možnost pozorování velmi slabých vesmírných objektů a těles, která lze sledovat pouze velkými dalekohledy při tmavém pozadí, tedy při nízké úrovni jasu noční oblohy. Vyšší úroveň jasu noční oblohy, nazývaná záře oblohy (sky glow) [6], která může být způsobena přírodními i umělými zdroji světla (obr. 1), taková pozorování omezuje, popř. znemožňuje. Zdrojem umělé složky záře oblohy je přímé světlo ze svítidel vyzařované vzhůru i světlo odražené od zemského povrchu. I když v současné době jednoznačně převažuje umělá složka, přírodní složka je důležitá jako referenční hladina pro regulaci složky umělé.



Obr.1 Venkovní umělé osvětlení ovlivňující astronomická pozorování, Velká Čantoryje, Beskydy (foto Jan Kondziolka)

Od 40. let minulého století se umělá záře oblohy začala zohledňovat při umísťování astronomických observatoří, ale i přes pečlivý výběr lokalit problém, vlivem rozšiřování venkovního osvětlení, poměrně rychle narůstal. Tento růst dosahoval tempa až 20% ročně a v konečném důsledku znamenal 38 násobné zvýšení umělé záře oblohy v průběhu 20 let. V důsledku tohoto nepříznivého trendu přijalo v roce 1976 Valné shromáždění Mezinárodní astronomické unie (IAU) usnesení, ve kterém vyjádřilo znepokojení nad nárůstem rušení astronomických pozorování způsobených umělým osvětlením noční oblohy, radiovým vysíláním, znečištěním ovzduší a leteckým provozem nad pozorovacími místy. Současně ve svém prohlášení požádalo orgány státní správy a samospráv, aby přijaly příslušná opatření pro ochranu současných i plánovaných observatoří před těmito formami rušením. V reakci na usnesení IAU vydala v červnu 1978 Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE), která je mezinárodní vědeckou a odbornou platformou pro oblast světelné techniky, prohlášení, ve kterém uznává problémy způsobené nekontrolovaným venkovním osvětlením v blízkosti astronomických observatoří a souhlasila s přijetím nezbytných kroků k jejich ochraně. Na základě spolupráce mezi IAU a CIE byly vydány technické zprávy [7,8], které se zabývají popisem a řešením této problematiky. První opatření související s omezením rušivých účinků umělého venkovního osvětlení na astronomická pozorování začala být přijímána v USA již od 70. let minulého století na místní (Flagstaff, Tuscon, Richland), regionální (Coconino, Pima, Jefferson Davis) i národní úrovni (Arizona, Havaj) [7].

3 Světelné znečištění

V rámci podrobného řešení rušivého vlivu venkovního osvětlení na astronomická pozorování byly popsány nepříznivé vlivy i v dalších oblastech a došlo se k poznání, že venkovní umělé osvětlení vedle svého účelu, pro který se buduje, může mít velmi významné vedlejší rušivé účinky ve velmi širokém spektru oblastí. Vzhledem k tomu, že se sledované narušení astronomických pozorování rozšířilo o další rušivé účinky, začal se pravděpodobně v tomto období používat obecnější pojem, tzv. světelné znečištění, (hov. světelný smog). Světelné znečištění je definováno jako „všeobecný termín označující souhrn všech nepříznivých účinků umělého světla“ [6]. Ač je tento pojem obecný, je základem pro řešení této problematiky a je třeba upozornit, že existují různé definice a tím i různé výchozí podmínky pro řešení této problematiky.

V takto obecném pojetí je problematika světelného znečištění jen obtížně řešitelná. Nespecifikuje, o jaké nepříznivé účinky se jedná, a co je obsahem pojmu umělé osvětlení. Z tohoto důvodu je vhodné ji podrobněji analyzovat. Světlo vyzařované venkovními svítidly lze principiálně rozdělit na užitečné světlo a neužitečné světlo (spill light) [6]. Užitečným světlem je myšlen světelný tok, který dopadá do osvětlované oblasti a jeho velikost souvisí s účelem dané oblasti. Jiné požadavky na úroveň osvětlení mají pozemní komunikace pro chodce, jiné fotbalový stadion nebo vlakové nádraží. Neužitečné světlo je světlo vyzařované osvětlovací soustavou, dopadající mimo hranice osvětlované oblasti.

Užitečné světlo z principu nepůsobí rušivě, jelikož dopadá do místa určení a plní konkrétní účel. Problémem je jeho odražená složka od povrchů osvětlované oblasti, která plní účel, pro který je osvětlení budováno, ale současně může působit rušivě. Pokud nemá být řešením světelného znečištění úplný zákaz venkovního osvětlení, pak tuto složku nelze odstranit, jelikož přímo souvisí s účelem osvětlovací soustavy. Řešením je v tomto případě optimalizace podoby a provozu osvětlovací soustavy (např. adaptivní veřejné osvětlení), která vychází z kvalitního projektu respektující následující postup:

- definování osvětlovaných oblastí;
- stanovení časových úseků s odlišným využitím (u jednotlivých osvětlovaných oblastí);
- stanovení způsobu kontroly využití oblastí (v případě nesouvislého využití);
- stanovení způsobu ovládání osvětlovací soustavy;
- stanovení kvantitativních, kvalitativních, spektrálních i směrových parametrů osvětlení pro jednotlivé osvětlované oblasti a časové úseky.

Jedním z problémů, je nedostatek odborníků v oblasti světelné techniky v praxi, který souvisí mimo jiné s tím, že projekt osvětlení není samostatnou součástí projektové dokumentace a časový prostor a finanční prostředky, které jsou základními podmínkami pro kvalitní řešení osvětlení, chybí.

Neužitečné světlo lze teoreticky úplně eliminovat bez dopadu na účel venkovního osvětlení, nicméně úplná eliminace by byla spojena s neúměrnými náklady na realizaci, proto je zpravidla vhodnější hovořit o jeho minimalizaci. Minimalizaci neužitečného světla je věnována zvýšená pozornost již od 90. let minulého století. Při řešení tohoto problému v praxi vznikl problém, jak jej kontrolovat, jaké hodnotící parametry použít a jak nastavit jejich mezní hodnoty. Pro řešení tohoto problému byly pojmenovány oblasti, ve kterých neužitečné světlo působí rušivě, pro tyto oblasti byly stanoveny kontrolované parametry a jejich mezní hodnoty a současně byl zaveden termín rušivé světlo (obtrusive light) [6].

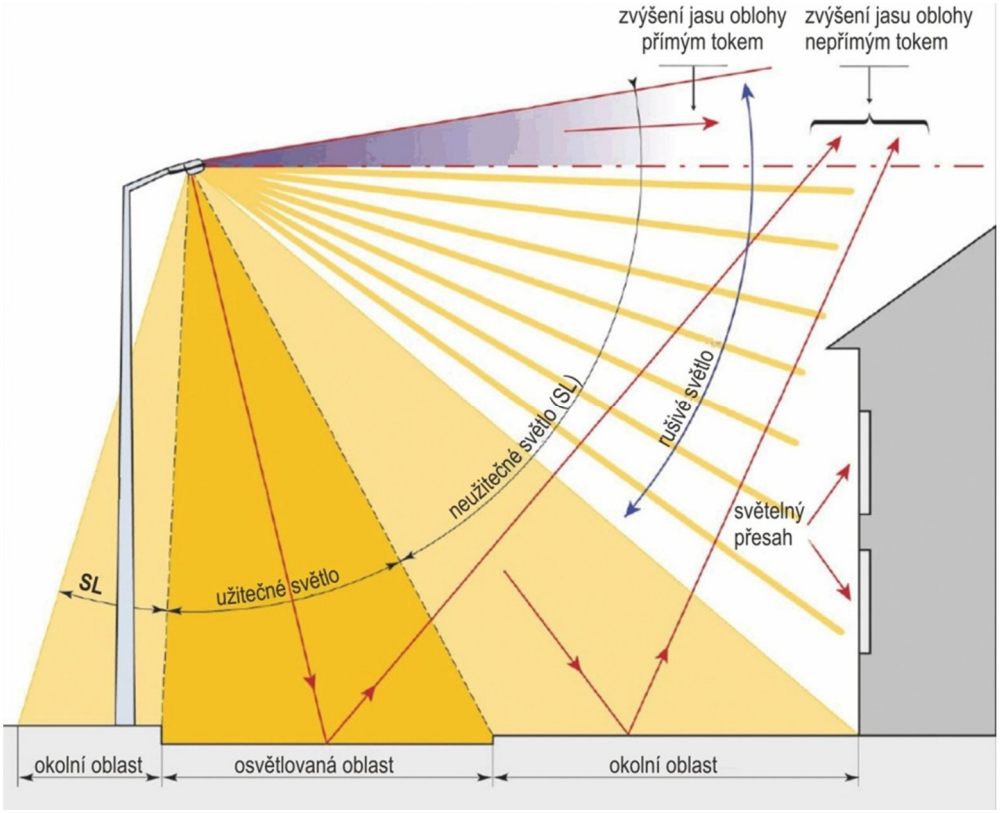
4 Rušivé světlo

Rušivé světlo je neužitečné světlo, které svými kvantitativními, směrovými nebo spektrálními vlastnostmi v dané situaci zvětšuje obtěžování, nepohodu, rozptýlení nebo omezuje schopnost vidět nejdůležitější informace. Vztahy mezi jednotlivými pojmy souvisejícími s rušivými účinky venkovního osvětlení jsou graficky znázorněny na obr. 2.

Nepříznivé, resp. rušivé účinky venkovního osvětlení se v současné době sledují z pohledu vlivu na:

- místní obyvatele;
- přírodní prostředí (fauna a flóra);
- astronomická pozorování;
- noční vzhled měst a obcí;
- oslnění řidičů.

Účinky venkovního umělého osvětlení na přírodní prostředí jsou zatím stále obtížné kvantifikovatelné, proto se pro jejich kontrolu používá systém zónování (tab. 1). Pro kontrolu rušivých účinků venkovního osvětlení z pohledu místních obyvatel (obr. 3) se používá svislá osvětlenost na oknech obytných místností E_V (lx) a svítivostí venkovních svítidel v potenciálně rušivých směrech při pohledu z obytných místností $I_{C,\gamma}$ (cd).



Obr.2 Schematické vymezení pojmů souvisejících s rušivými účinky venkovního osvětlení

Oslnění uživatelů okolních pozemních komunikací se kontroluje prahovým přírůstkem TI (%) podobně jako u návrhu osvětlení komunikací pro motorovou dopravu. Rušivé účinky venkovního osvětlení na astronomická pozorování se hodnotí podílem světelného toku vyzářeného do horního poloprostoru $ULOR$ (%). Poslední rušivý vliv na noční vzhled měst a obcí se kontroluje povrchovým jasem fasád osvětlovaných objektů L_b (cd/m^2) a reklamních ploch L_s (cd/m^2).

Tab.1 Systém zónování venkovního prostředí podle citlivosti vůči umělému osvětlení

Zóna životního prostředí	Charakter okolí	Světelné prostředí	Příklady
E1	přírodní	velmi tmavé	národní parky a chráněná území
E2	venkovské	málo světlé	průmyslové a obytné venkovské oblasti
E3	předměstské	středně světlé	průmyslová a obytná předměstí
E4	městské	velmi světlé	středy měst a obchodní zóny



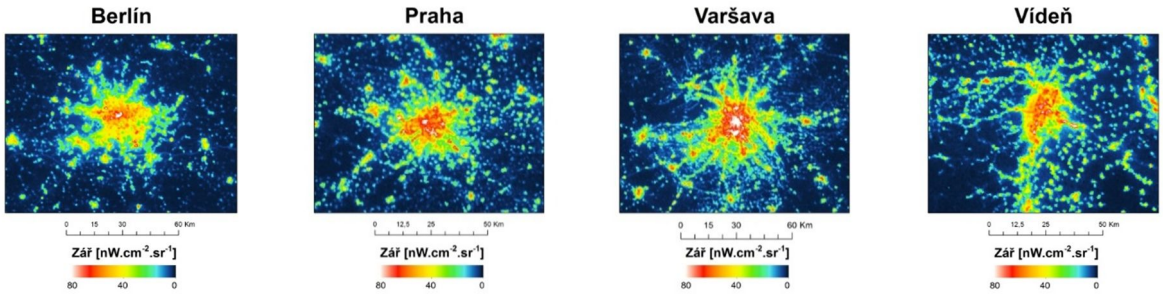
Obr.3 Rušení místních obyvatel umělých světlem dopadajícím v nočních hodinách na okna obytných místností na sídlišti v Karviné (foto Jan Kondziolka)

V některých situacích, hlavně u obytné zástavby, se požadavky na osvětlení dané oblasti dostávají do konfliktu s požadavky na omezení rušivého světla. Míra této konfliktní situace je přitom závislá na časovém období. Z tohoto důvodu byla zavedena doba nočního klidu(curfew) t_c [6], což je úředně stanovená hodina, která umožňuje předepsat jiné limitní hodnoty parametrů pro omezení rušivého světla před a po této hodině. Problematika rušivého světla je podrobně popsána v technické zprávě CIE z roku 2003 [9]. Základní principy a parametry (tab. 2) z této zprávy byly přejaty do evropských a následně i českých technických norem [10,11].

Tab.2 Hodnoty světelně technických parametrů pro kontrolu rušivého světla [9]

Zóna životního prostředí	**Parametr**							
	E_v **(lx)**		$I_{c,\gamma}$ **(cd)**		***TI*** **(%)**	***ULR*** **(%)**	L_b **(cd/m^2)**	L_s **(cd/m^2)**
	$t_s < t_c$	$t_s < t_c$	$t_s < t_c$	$t_s < t_c$				
E1	2	0	2 500	0	15	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	15	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	15	25	25	1000

Pro znázornění světelného znečištění se často používají noční snímky z družic, které zachycují světlo vyzařované venkovním osvětlením směrem vzhůru (obr. 4). Porovnání úrovně záře vytvořené umělým osvětlením u vybraných evropských měst jsou uvedeny v tab. 3. Je třeba podotknout, že toto zobrazení sice vypovídá o ztrátách světla i energii potřebné na jeho výrobu, ale s rušivými účinky venkovního osvětlení souvisí jen nepřímo.



Obr.4 Grafické vyjádření míry venkovního světla vyzařovaného do části horního poloprostoru u vybraných evropských měst.

Snímky nezobrazují světlo, které se vrací zpět a ruší například astronomické observatoře, ale světlo které uniká do vesmíru. Samozřejmě část tohoto světla se může rozptýlit (v závislosti na prostředí, které se nachází za pozorovací družicí) a změnit svůj směr k Zemi, ale tato informace ve snímcích obsažena není. O problematice rušivých účinků venkovního osvětlení objektivně vypovídají snímky venkovního prostředí pořízené ze Země, tedy z polohy potencionálního pozorovatele.

Tab.3 Porovnání hodnot záře způsobené umělým osvětlením u vybraných evropských měst vztažených k hodnotě poměrné záře Prahy.

Město	Počet obyvatel	Rozloha (km^2)	Zář města Φ_e ($W/m^2.sr$)	Poměrná zář φ_e ($W/m^2.sr$) na mil. obyvatel	Koeficient
Berlín	3 562 166	724	1,72	0,48	41%
Mnichov	1 493 900	303	0,72	0,48	41%
Vídeň	1 805 681	407	1,19	0,66	56%
Budapešť	1 754 000	506	1,68	0,96	81%
Praha	1 268 796	496	1,50	1,18	100%
Varšava	1 740 119	417	2,49	1,43	121%

5 Řešení světelného znečištění

Světelné znečištění a jeho řešení nesouvisí pouze s veřejným osvětlením, jak se často uvádí, ale s venkovním osvětlením jako celku. V roce 2009 bylo provedeno terénní měření světelného znečištění, při kterém bylo vypnuto veřejné osvětlení v celém Libereckém kraji (70 000 svítidel). Při měření bylo zjištěno, že podíl veřejného osvětlení na celkovém světelném znečištění byl nižší než 50%. Ač je podíl veřejného osvětlení významný, není jedinou příčinou světelného znečištění. Pokud má být řešení tohoto problému účinné, je třeba analyzovat všechny příčiny a míru jejich vlivu, aby se nevynakládaly prostředky a úsilí do řešení jedné z příčin, jejíž vliv nemusí být nejvýznamnější.

Jednou z oblastí, která se v rámci řešení světelného znečištění diskutuje, jsou barevné vlastnosti. Pokud se na tuto oblast díváme z pohledu biologického systému člověka, je přirozené, aby osvětlení ve večerních hodinách mělo nízkou hladinu a teple bílý barevný tón (minimální podíl modré složky). Vedle narušení přirozených světelných podmínek, zmíněných v úvodu tohoto článku, tuto oblast ovlivňuje také technický vývoj. V současné době probíhá ve světelné technice „technická revoluce“, kdy jsou tradiční světelné zdroje (žárovky, zářivky, výbojky apod.) nahrazovány světelnými diodami (LED). Vliv tohoto

technického vývoje lze demonstrovat u veřejného osvětlení. V této oblasti se téměř výhradně používají vysokotlaké sodíkové výbojky (situace v ČR) s náhradní teplotou chromatičnosti 2 000 K a s účinností (měrný výkon) cca 100 lm/W. U světelných diod je měrný výkon závislý na barevných vlastnostech a v současné době stále platí, že čím je barevný tón světla chladnější (náhradní teplota chromatičnosti vyšší), tím je měrný výkon vyšší. Proto se v počátcích používaly světelné diody s chladným barevným tónem (T_{cp} ~ 6000 K), které jako první dosáhly účinnosti sodíkových výbojek. V dnešní době se měrné výkony světelných diod používaných ve veřejném osvětlení pohybují okolo 140 až 160 lm/W. Náhradou sodíkových svítidel LED svítidly lze tedy dosáhnout významných úspor elektrické energie (30% – 50%). Z hlediska energetického je tedy taková náhrada přínosná, ale z pohledu barevných vlastností již tak příznivá není. Vysokotlaké sodíkové výbojky mají minimální podíl modré složky a jejich spektrální složení je z pohledu biologického vlivu relativně příznivé. Spektrum bílých světelných diod je spojité a obsahuje významný podíl modré složky, která je z pohledu biologického vlivu problematická. Proto je v poslední době snahou používat světelné diody s co nejnižší náhradní teplotou chromatičnosti, u kterých je podíl modré složky nižší. Problém je, že u LED s klesající teplotou chromatičnosti výrazně klesá i měrný výkon, např. u LED 2 400 K je měrný výkon o cca 35% nižší, než u LED 3 000 K. Měrný výkon je v takovém případě menší než u nahrazovaných sodíkových výbojek a taková výměna je pak obtížně obhajitelná. Podle prognóz by se v budoucnu měla situace obrátit. Po zlepšení výrobních postupů má být měrný výkon teple bílých LED vyšší než u chladně bílých LED [12].



Obr.5 Architekturní osvětlení chrámu sv. Barbory a jezuitské koleje v Kutné Hoře (foto Petr Bogner)

Přístup k řešení světelného znečištění může mít buď restriktivní, nebo koncepční povahu. Restriktivní přístup je založen na plošné regulaci a aplikaci právních předpisů (vyhlášky, zákony), které jednoduchými pravidly například nařídí používat svítidla vyzařující pouze do dolního poloprostoru, omezí dobu svícení apod. Tento přístup je relativně snadno aplikovatelný a pro běžnou praxi pochopitelný, ale není komplexní a řeší jen některé dílčí rušivé projevy umělého osvětlení a má řadu omezení a nedostatků (např. neřeší vliv rozrůstajícího se venkovním osvětlení, neřeší optimalizaci užitečné složky venkovního osvětlení apod.) Druhý přístup řeší venkovní osvětlení systémově jako celek ze třech základních pohledů: účel, noční vzhled města a rušivé vlivy. Jde o adresné řešení zohledňující odlišnosti venkovního osvětlení v jednotlivých městech a obcích, které umožňuje optimalizovat provoz venkovního osvětlení, zachovat identitu místa a charakteristický noční vzhled (obr. 5), při minimální energetické náročnosti a rušivém vlivu venkovního osvětlení. Tento přístup, který je založen na zpracování koncepce venkovního osvětlení, se postupně začíná prosazovat v zahraničí [13]. V České republice byl aplikován zatím v ojedinělých případech (Přelouč, Kyjov, Hluk). Uvedené přístupy jsou poněkud obecné, a proto jsou pro lepší představu dále uvedena některá konkrétnější doporučení:

- správné dimenzování osvětlení podle účelu a využití osvětlovaného prostoru;
- návrh a aplikace časových provozních režimů (řídicí systémy, regulace);
- časové omezení nočního svícení (např. architekturní osvětlení, reklamní osvětlení apod.)
- používání světelných zdrojů s teple bílým barevným tónem světla (Tcp ≤ 3 000 K) [14];
- při vnějším osvětlení reklamních panelů a informačních tabulí svítit shora dolů.
- používání svítidel s kvalitními optickými systémy omezujícími světelné znečištění:
    - svítidla pro osvětlení komunikací pro motorovou dopravu (svítidla s nulovým světelným tokem do horního poloprostoru, ULR = 0 a plně cloněná svítidla - třída clonění G4, G5, G6);
    - světlometové soustavy pro osvětlení velkých ploch (sportoviště, venkovní sklady apod.): používat světlomety s asymetrickým optickým systémem umožňujícím horizontální provozní polohu svítidel (bez potřeby vyklápění světlometů);
    - světlometové soustavy pro architekturní osvětlení: používat světlomety s přesnými optickými systémy usměrňujícími světelný tok do požadovaného prostoru, nepoužívat širokoúhlé světlomety s nekontrolovaným vyzařováním světelného toku;

První pokus o řešení problematiky světelného znečištění na národní úrovni se v České republice uskutečnil začátkem tohoto století. Bohužel se nepodařilo vytvořit společnou platformu pro hledání konsenzu všech dotčených stran. V současné době probíhá na toto téma diskuse a problematiku mapuje meziresortní pracovní skupina ustavená ministrem životního prostředí. Její výsledky by měly být zveřejněny do jara příštího roku.

Literatura a odkazy

[1] DiLaura D.L. A history of light and lighting, 2006, IESNA,

[2] Monzer L. Osvětlení Prahy, proměny sedmi století, FCC Public, 2003

[3] Zelinski, E.L, S.H. Deibel, R.J. McDonald: The trouble with circadian clock dysfunction: Multiple deleterious effects on the brain and body. Neuroscience&Biobehavioral Reviews 2014,40

[4] Karatsoreos, I.N.: Effects of Circadian Disruption on Mental and Physical Health. Curr Neurol

[5] Neurosci Rep. 2012, 12(2).

[6] Haim, A., B. Portnov: Light Pollution as a New Risk Factor for Human Breast and Prostate Cancers. Springer, 2013

[7] Elektronický mezinárodní světelně technický slovník, http://eilv.cie.co.at/

[8] IAU/CIE 1:1980 Směrnice pro omezení záře oblohy v blízkosti astronomických observatoří,

[9] CIE 126: 1997 Guidelines for Minimizing Sky Glow, Vídeň, 1997

[10] CIE 150: 2003 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting

[11] Installations

[12] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory, červenec 2008

[13] ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť, srpen 2008

[14] https://energy.gov/eere/ssl/downloads/solid-state-lighting-2016-rd-plan

[15] https://www.sunshinecoast.qld.gov.au/Council/Planning-and-Projects/Council-Plans/Urban-Public-Lighting-Master-Plan

[16] ČSN P 36 0455 - Osvětlení pozemních komunikací – Doplňující informace, červen 2017

LED světelné zdroje a přístroje

Žák P., Terrich T., Habel J., ČVUT FEL v Praze, zakpetr@fel.cvut.cz, t.terrich@seznam.cz, habel@fel.cvut.cz

Abstrakt: Světelná technika je v dnešní době ve znamení velmi rychlého technického rozvoje, zejména v oblasti světelných zdrojů a řízení osvětlovacích soustav. Nové polovodičové světelné zdroje, nabízejí nejen nové možnosti při návrhu optických systémů a při řízení osvětlení, ale jsou také doprovázeny novými termíny a definicemi, které se vzhledem k dynamickému vývoji mění, doplňují a upřesňují a není zcela zřejmé kdy, a zda vůbec, se ustálí. Vzhledem k neustále se rozšiřujícím technickým přístrojům a jejich aplikačním možnostem i nárůstu normativních dokumentů se příspěvek pokouší, pro usnadnění komunikace a pro jasnější specifikaci požadavků v rámci projektové dokumentace, shrnout aktuální stav a nové termíny uspořádat a vysvětlit na konkrétních případech. V současné době některé nové normy v oblasti LED přístrojů již mají svoji českou podobu včetně nově zavedené terminologie [1], [2].

1 Úvod

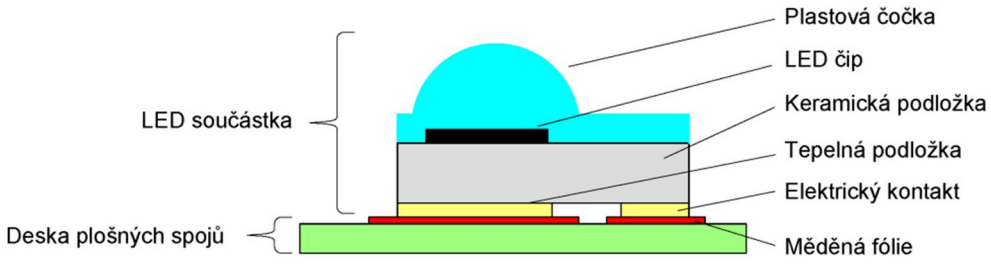
Elektrické světelné zdroje pro všeobecné osvětlování, sloužící k přeměně elektrické energie na optické záření, se dělí na světelné zdroje teplotní, výbojové a polovodičové. V tomto příspěvku jsou pro zjednodušení teplotní a výbojové zdroje označeny termínem tradiční světelné zdroje. Tradiční světelné zdroje jsou standardně opatřeny paticemi, které slouží k mechanickému upevnění a elektrickému napájení. Patice současně umožňují snadnou výměnu světelného zdroje běžným uživatelem a díky standardizaci také záměnnost světelných zdrojů různých výrobců.

2 Polovodičové světelné zdroje

Nové polovodičové světelné zdroje se dělí na světelné diody (LED) a organické světelné diody (OLED). Zatímco, organické světelné diody jsou stále ve fázi vývoje, světelné diody převzaly nadvládu nad oblastí světelných zdrojů za posledních 10 let takovým způsobem, že svítidla na tradiční zdroje se již nevyvíjejí a jsou velmi rychle vytlačovány ze sortimentu výrobců novými LED svítidly. Někteří výrobci již nabízejí pouze svítidla pro světelné diody a u ostatních výrobců svítidel už větší část sortimentu tvoří svítidla pro světelné diody. Při takovémto tempu vývoje, je možné očekávat, že svítidla pro tradiční světelné zdroje budou kompletně vyřazena z nabídky výrobců v horizontu 10 let. Současně se do tradičních svítidel začaly vyrábět energeticky účinnější náhrady světelných zdrojů (teplotních a výbojových) ve formě tzv. záměnných LED zdrojů s paticí.

Základem polovodičových světelných zdrojů je *LED čip*, který, při buzení elektrickým proudem vyzařuje optické záření v úzkém rozsahu vlnových délek, tedy téměř čistou spektrální barvu světla. Bílou barvu světla, tedy tzv. „plno-spektrální“ optické záření, lze u světelných diod získat třemi způsoby. První způsob používají tzv. pc-LED (phosphor-converted LED), složené z modré LED a luminoforu. Spektrum modré LED je doplňováno zelenou a červenou oblasti spektra, získané buzením luminoforu modrou LED. Výběrem luminoforu, lze volit barevný tón bílého světla. Druhý způsob používají tzv. hy-LED (hybrid LED), složené opět z modré LED a luminoforu. V tomto případě vytváří luminofor pouze zelenou oblast spektra, červená oblast se doplňuje spektrem červené LED. Poslední způsob

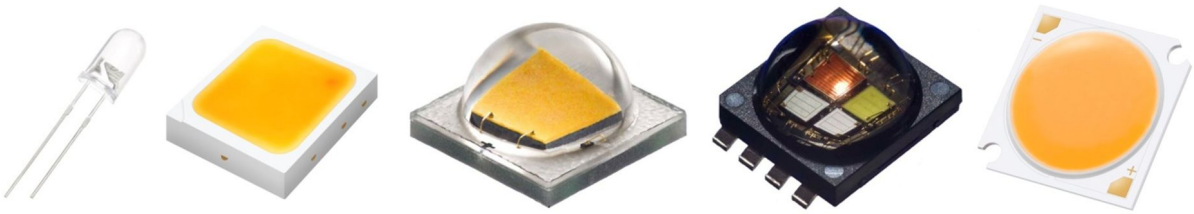
používají tzv. cm-LED (colour mixed LED), složené z jednotlivých barevných LED (modrá, zelená, žlutá, červená) a bílé světlo se získává mícháním primárních barev jednotlivých LED [3]. Vlastní, polovodičový zdroj světla, LED čip je třeba pro další aplikaci mechanicky upevnit a elektricky připojit. Proto, se osazuje do pouzdra nebo na mechanickou podložku a opatřuje se kontakty. Tím vzniká tzv. ***LED součástka*** (LED package) (obr. 1).



Obr.1 Schematický řez LED součástkou

3 LED součástka

LED součástka může mít různé uspořádání (obr. 2). Nejstarším konstrukčním řešením je tzv. DIP (Dual In-Line), které se používá i v současné době, ale vzhledem k malým světelným tokům pouze pro indikační a signalizační účely. Druhé konstrukční uspořádání SMD (Surface Mounted Device) je určeno pro povrchovou montáž na desku plošných spojů. Je menší a kompaktnější než předchozí, umožňuje složitější konstrukční řešení a může obsahovat jeden nebo více p-n přechodů. LED součástky v provedení SMD mohou mít více kontaktů (2,4 nebo 6) v závislosti na počtu p-n přechodů na plošném spoji. To umožňuje v rámci jedné LED součástky vytvořit světelnou diodu s nastavitelnými spektrálními vlastnostmi vyzařovaného světla, v praxi označovanou jako RGB LED. U konstrukčního typu SMD LED existuje určitá klasifikace [4] podle výkonových parametrů, kterou používají výrobci, ale hranice mezi jednotlivými třídami nejsou oficiálně definovány (tab. 1).



Obr.2 Příklady konstrukčních typů LED součástek, zleva DIP LED, středně výkonná SMD MP-LED, vysoko výkonná SMD HP-LED, barevná SMD RGBW-LED, COB LED

Nejpoužívanějšími typy LED součástek v současné době jsou SMD a COB LED. V praxi se SMD LED součástky používají pro vytváření bodových, přímkových, plošných i objemových zdrojů světla a jejich světelný tok lze usměrnit rozptylnými kryty, reflektory, refraktory nebo optickými čočkami. Z pohledu spektrálního složení světla se SMD LED součástky vyrábějí v širokém rozsahu tónů bílého světla, resp. náhradních teplot chromatičností (2 700 K – 6 500 K) i v různém barevném provedení (modrá, zelená, žlutá, červená). Pro vytváření světelných

zdrojů s laditelnými spektrálními vlastnostmi vyzařovaného světla se používá buď kombinace SMD LED součástek s rozdílnou náhradní teplotou chromatičnosti, kdy lze měnit barevný tón bílého světla, tzv. tuneable white (TW LED), nebo SMD LED součástky osazené LED čipy s různým spektrálním složením, u kterých lze nastavovat trichromatické souřadnice světla (RGB LED, RGBW LED). Novější COB LED součástky se uplatňují hlavně u bodových svítidel s difúzním vyzařováním nebo usměrněným světelným tokem (světlomety, dolnozářiče). U těchto typů svítidel postupně nahrazují SMD LED součástky.

Tab.1 Klasifikace LED součástek v konstrukčním uspořádání SMD

Typ LED součástky	Označení	Parametr		
		příkon	provozní proud	světelný tok
		P (W)	I_f (mA)	Φ (lm)
nízko výkonné LED	LP-LED	0,01 - 0,1	5 - 20	0,1 - 6
středně výkonné LED	MP-LED	0,1 - 0,5	30 - 150	0,2 - 20
vysoko výkonné LED	HP-LED	0,5 - 5	200 - 1 500	> 50
velmi vysoko výkonné LED	SHP-LED	> 5	x	> 400
barevné LED	RBG-LED	x	x	x

4 LED světelné zdroje

Uvedené LED součástky (SMD, COB) nejsou určeny pro přímou montáž do svítidel, ale pro výrobu ***LED světelných zdrojů***, které jsou již určeny pro přímou montáž do svítidel. LED světelné zdroje potřebují ke svému provozu ***LED předřadný přístroj***, který obecně tvoří ***napájecí jednotka*** (PS) a ***řídicí jednotka*** (CU). Napájecí jednotka je pro provoz LED světelného zdroje nezbytná a může jí být buď stejnosměrný proudový zdroj CC (Constant Current), nejčastěji v hodnotách 350mA, 500mA, 700mA, nebo stejnosměrný napěťový zdroj CV (Constant Voltage), nejčastěji v hodnotách 12V, 24V, 48V. Řídicí jednotka slouží k řízení světelného toku LED světelného zdroje, případně k dalším funkcím, ale není pro jeho provoz nutná. S napájecí jednotkou může tvořit jedno zařízení nebo může být fyzicky oddělená. Předřadné přístroje se vyrábějí v provedení pro zabudování do svítidel nebo jako externí pro samostatnou montáž mimo svítidlo a to buď pro volnou instalaci, nebo pro instalaci na DIN lištu (obr. 3).



Obr.3 Příklady LED předřadných přístrojů, zleva předřadný přístroj s napájecí napěťovou jednotkou (CV) na DIN lištu, předřadný přístroj s napájecí napěťovou jednotkou (CV) ve vyšším krytí, samostatná řídicí napěťová jednotka (CV) předřadného přístroje pro ovládání barevného tónu bílého světla a předřadný přístroj s integrovanou napájecí a řídicí proudovou jednotkou (CC).

LED světelné zdroje se podle konstrukčního uspořádání dělí na ***LED moduly*** (LED module) a ***LED zdroje s paticí*** (LED lamp). LED moduly (obr. 4) se vyrábějí z LED součástek v konstrukčním provedení SMD i COB. Podle toho, zda je součástí LED modulu předřadný

přístroj nebo jeho část (řídicí jednotka), se dělí na LED moduly integrované, částečně integrované a neintegrované. LED moduly lze použít přímo ve svítidlech nebo v LED zdrojích s paticí. LED modul, který je pevnou, nevýměnnou částí svítidla, se nazývá ***integrální LED modul***.



Obr.4 Příklady LED modulů, zleva neintegrovaný LED modul pro dolnozářiče, neintegrovaný pevný lineární LED modul, neintegrovaný flexibilní lineární LED modul, integrovaný plošný LED modul.

LED zdroj s paticí je LED světelný zdroj opatřený paticí a navržený tak, aby si ho, v případě poruchy, byl schopen vyměnit běžný uživatel. LED zdroj s paticí obsahuje jeden nebo více LED modulů. Podle toho, zda součástí LED zdroje s paticí předřadný přístroj nebo jeho část (řídicí jednotka) se dělí na LED zdroje s paticí integrované, částečně integrované a neintegrované. LED zdroje s paticí mohou být určeny pro ***LED svítidla*** (obr. 5) nebo pro svítidla s tradičními světelnými zdroji, kdy slouží jako jejich energeticky účinnější náhrada (obr. 6). V tomto případě se pro jejich označení používá termín ***záměnné LED zdroje s paticí*** (retrofit LED lamp).



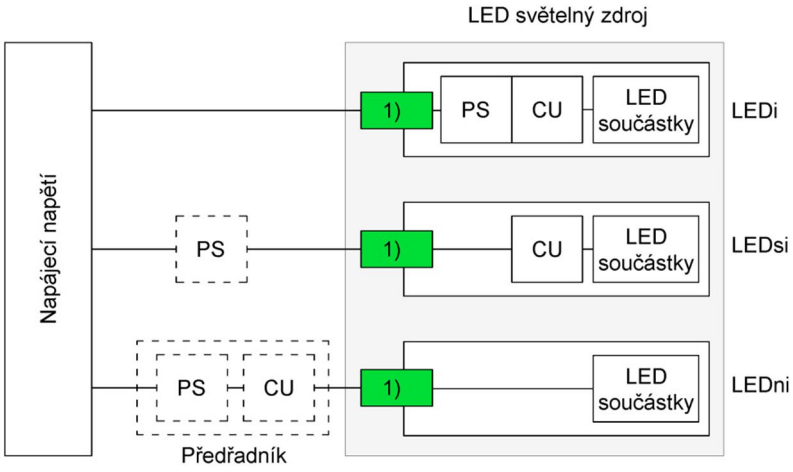
Obr.5 Příklady LED zdrojů s paticí pro LED svítidla, zleva LEDi zdroj s paticí (patice PHJ65d) pro dolnozářiče, LEDi zdroj s paticí (patice GH76p) pro dolnozářiče, LEDni zdroj s paticí pro dolnozářiče a světlomety, LEDni zdroj s paticí (patice GRD6) pro lineární svítidla

Spojení LED modulů a LED předřadného přístroje, které může být jak integrované, tak se může skládat z několika fyzicky oddělených částí, se nazývá ***LED sestava***, zkráceně LLE (LED light engine). V praxi se termín LED sestava postupně nahrazuje termíny LED modul a LED zdroj s paticí. Z předchozího textu je zřejmé, že uspořádání LED svítidla může mít řadu variant. Ty se dále rozšiřují o situace, kdy předřadný přístroj nebo jeho část, může být součástí svítidla nebo může být samostatným externím přístrojem. Z této variability vyplývá, že v rámci projektové dokumentace je třeba u LED přístrojů velmi pečlivě specifikovat napájecí napětí, resp. proud a řídicí rozhraní.



Obr.6 Příklady záměnných LED zdrojů s paticí, zleva náhrada za žárovku 60W (E27), reflektorovou halogenovou žárovku 20W (GU5.3), lineární halogenovou žárovku 100W (R7s), halogenovou žárovku 10W (G4), kompaktní zářivku 9W (G24 q-3), lineární zářivku 1500 mm (G13).

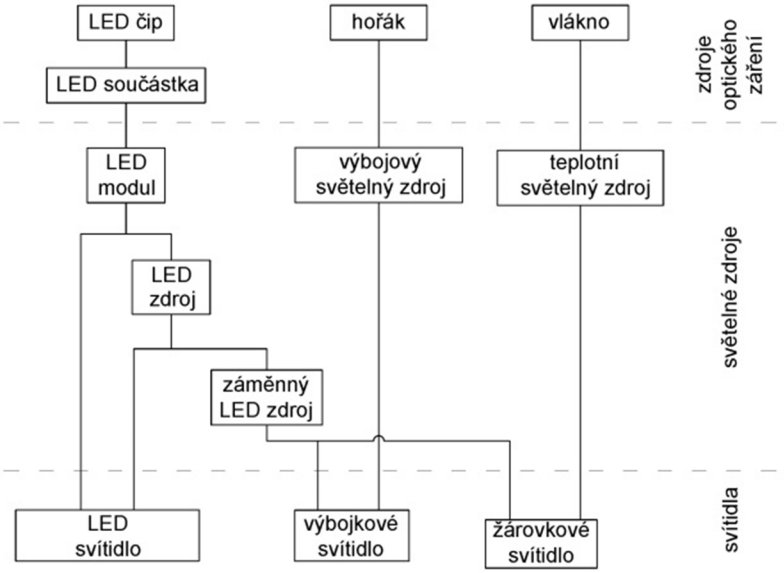
Vztah mezi jednotlivými LED přístroji a LED součástkami je znázorněn na obr. 7. Pokud připojovací rozhraní **1)** LED světelného zdroje tvoří patice, jedná se o LED zdroj s paticí. Pokud jsou připojovacím rozhraním svorky, jedná se o LED modul. Podle toho, zda je LED předřadný přístroj nebo jeho část, tedy napájecí jednotka (PS) a řídicí jednotka (CU), součástí LED světelného zdroje, se LED světelné zdroje rozdělují na integrované (LEDi) částečně integrované (LEDsi) nebo neintegrované (LEDni).



Obr.7 Schematické uspořádání variant LED světelných zdrojů (LED zdroj, LED modul)

Význam pojmu „světelný zdroj“ z hlediska konstrukčních a světelně technických parametrů se v případě tradičních a LED světelných zdrojů zásadně liší. U tradičních světelných jsou konstrukční a světelně technické parametry pevně vymezeny primárním zdrojem optického záření (výboj, žhavené vlákno). Jejich spektrální vlastnosti lze v určitém rozsahu volit (např. u zářivek luminoforem), ale pro konkrétní světelný zdroj jsou konstantní a jejich světelný tok je dán výkonovou řadou. LED světelné zdroje se od tradičních světelných zdrojů liší velkou variabilitou v konstrukci i ve světelně technických parametrech. Základem LED světelných zdrojů jsou LED čipy, primární zdroje optického záření, osazené do LED součástek, které lze libovolně prostorově uspořádat (bodové, přímkové, plošné nebo objemové světelné zdroje) do podoby LED světelných zdrojů. Při jejich vytváření lze použít LED čipy rozdílných spektrálních vlastností a vytvářet tak spektrálně nastavitelné světelné zdroje (náhradní teplota chromatičnosti, trichromatické souřadnice). Výstupní světelný tok LED světelných zdrojů, určený počtem LED čipů a velikostí budícího proudu, lze při použití vhodných

předřadných přístrojů volit a plynule regulovat. Světelný tok LED čipů lze pomocí optických systémů (refraktory, reflektory, čočky apod.) velmi přesně usměrnit do požadovaných směrů V případě LED světelných zdrojů lze vytvořit světelný zdroj téměř „libovolného“ výkonu, tvaru, velikosti, charakteru vyzařování a spektrálních vlastností, což nabízí velice široký kreativní prostor při vývoji nových typů LED světelných zdrojů i svítidel.



Obr.8 Schéma základních vztahů mezi LED zařízeními a LED součástkami

Závěrem je vhodné poznamenat, že vlivem dynamického vývoje v této oblasti bude třeba počítat se změnami, úpravami a doplňováním uvedené terminologie v této oblasti světelné techniky

Literatura a odkazy

[1] ČSN EN 62504 Všeobecné osvětlování – LED světelné zdroje a jejich příslušenství – Terminologie a definice

[2] ČSN EN 13032-4 Světlo a osvětlení - Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel - Část 4: LED zdroje s paticí, moduly a svítidla

[3] Solid-State Lighting, R&D Plan, 6/2016, U.S. Department of Energy, DOE/EE-1418

[4] http://www.strategies-u.com/articles/2014/03/mid-power-led-packages-are-getting brighter-providing-the-output-of-high-power-led-packages.html

[5] www.zhaga.org

Volba tříd osvětlení ve veřejném osvětlení

Žák P., Terrich T., Bálský M. ČVUT FEL v Praze, zakp@fel.cvut.cz, territhe@fel.cvut.cz, balskmar@fel.cvut.cz

Abstrakt: Příspěvek popisuje novou metodiku výběru tříd osvětlení uvedenou v nově přeložené normě ČSN CEN/TR 13201-1. Zabývá se možností vytvoření nové národní metodiky pro výběr tříd osvětlení, která by byla založena na administrativním dělení pozemních komunikací definované v národních právních předpisech.

1 Úvod

V prosinci 2015 byl Evropským výborem pro normalizaci (CEN) přijat aktualizovaný a rozšířený soubor norem pro osvětlení pozemních komunikací pod označením EN 13201. V červnu 2016 byl tento soubor přijat také do české soustavy technických norem pod označením ČSN EN 13201. Nový soubor tvoří celkem pět částí:

- ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení 9/2016
- ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky, 6/2016
- ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet, 6/2016
- ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření, 6/2016
- ČSN EN 13201-5 Osvětlení pozemních komunikací – Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti, 6/2016

U nového souboru evropských norem byla zachována původní skladba, kde první část souboru CEN/TR 13201-1, není evropskou normou, ale pouze technickou zprávou. Jednotlivé členské země nemají povinnost tento dokument přejímat a mohou si pro zatřídění komunikací vytvořit vlastní předpis. Například v Německu tuto první část nepřijaly, používají původní metodiku a zároveň pracují na vytvoření metodiky vlastní. V Itálii již vlastní metodiku mají. V rámci České republiky je tato technická zpráva přijata jako česká technická norma. Ostatní části jsou již evropskými normami. Oproti původnímu souboru je nový soubor rozšířen o část 5, která se týká ukazatelů energetické náročnosti. Všechny části byly zařazeny do soustavy českých technických norem převzetím originálu v angličtině. V září tohoto roku byl dokončen překlad první části, který nahradí současnou anglickou verzi a do soustavy technických norem by měl být zaveden do konce tohoto roku. Současně se zpracovává překlad druhé části, který by měl být dokončen v lednu 2018 a následně nahradit anglickou verzi.

2 Třídy osvětlení

Základem pro stanovení parametrů osvětlení u pozemních situací jsou tři základní světelné situace - pozemní komunikace pro motorovou dopravu (M), konfliktní oblasti (C) a pozemní komunikace pro chodce a pomalou dopravu (P).

Třídy osvětlení M jsou určeny pro řidiče motorových vozidel na dopravních pozemních komunikacích, v některých zemích také pro pozemní komunikace v oblastech pro bydlení se střední až vysokou dovolenou rychlostí. Třídy osvětlení C jsou určeny pro konfliktní oblasti

na pozemních komunikacích, kde je složení dopravy převážně motorové. Konfliktní oblasti se vyskytují tam, kde se proudy vozidel vzájemně kříží, nebo kde ústí do oblastí se zvýšeným výskytem chodců, cyklistů nebo dalších uživatelů pozemní komunikace. Za konfliktní oblasti se považují také místa, kde dochází ke změně geometrie pozemní komunikace, jako je snížení počtu jízdních pruhů nebo zúžení jízdního pruhu nebo pásu. U konfliktních oblastí je zvýšená pravděpodobnost srážky mezi vozidly, mezi vozidly a chodci, cyklisty a dalšími uživateli pozemních komunikací a/nebo mezi vozidly a pevnými objekty. Třídy osvětlení P jsou určeny převážně pro chodce a cyklisty pohybující se po chodnících a cyklostezkách a pro řidiče motorových vozidel pohybujících se nízkou rychlostí (v ≤ 40 km/h) po komunikacích v obytných oblastech, pro osvětlení krajnic, parkovacích pruhů a dalších dopravních prostorů, které leží odděleně nebo podél dopravní pozemní komunikace nebo pozemní komunikace v obytné oblasti apod. Pro každou z uvedených situací jsou v druhé části normy [3] uvedeny parametry osvětlení a jejich hodnoty, které mají být při návrhu osvětlení splněny.

3 Postup výběru třídy osvětlení

První část normy [2] určená pro výběr třídy osvětlení pozemních komunikací se výrazně změnila. Postup výběru konkrétní třídy osvětlení vychází z metody uvedené v dokumentu CIE [1]. Původní relativně rozsáhlý tabulkový systém světelných situací byl výrazně zjednodušen. Nový způsob výběru obsahuje dva základní principy: váhové kritérium a adaptivní osvětlení. Pří výběru třídy osvětlení se v první kroku řešená pozemní komunikace zařadí do jedné z výše uvedených světelných situací (M, P, C). Pro každou situaci je definován minimální počet parametrů, které ovlivňují stanovení úrovně osvětlení. Pro každý parametr jsou uvedeny možnosti s příslušnou váhou. Parametry lze rozdělit na pevné, které se nemění a proměnné, které se mohou v průběhu noci nebo jednotlivých dní měnit. U proměnných parametrů se při výběru třídy osvětlení použijí maximální hodnoty, např. pro intenzitu dopravy se používá špičková hodinová hodnota. Provede se součet váhových hodnot jednotlivých parametrů, z kterého se určí tzv. normální třída osvětlení. V tab. 1 je uveden příklad stanovení váhových hodnot u komunikace pro motorovou dopravu (M). Součtem váhových hodnot se získá celková váha V_{WS}. Číslo třídy osvětlení se pak stanoví podle vztahu:

$$M = 6 - V_{WS} \tag{1}$$

Třídy osvětlení pro pozemní komunikace pro motorovou dopravu se pohybují v rozsahu M1 až M6. Pokud je celková váha V_{WS} < 0 použije se hodnota V_{WS} =0. Pokud vychází číslo třídy osvětlení M ≤ 0 použije se třída osvětlení M1.

Vzhledem k tomu, že se možnosti u proměnných parametrů mohou v průběhu noci měnit, nemusí být použití normální třídy osvětlení po celou dobu provozu odůvodnitelné a změna váhových hodnot parametrů může v takovém případě vyvolat změnu zatřídění a tím i změnu parametrů osvětlení. Osvětlení, u kterého dochází k záměrné změně parametrů v průběhu doby provozu, se nazývá adaptivní osvětlení. Mezi proměnné parametry patří:

- intenzita dopravy;
- skladba dopravního proudu;
- aktuální odrazné vlastnosti vozovky (stárnutí povrchu);

- skutečný stav povrchu (mokrý, suchý, zasněžený..);
- jasnost okolí

Při adaptivním osvětlení je důležité zajistit, aby změny průměrných hladin osvětlení neovlivnily další kvalitativní kritéria tak, že by v daných třídách osvětlení M, C nebo P byly překročeny limitní hodnoty. Snížení světelného toku všech svítidel ve stejném poměru neovlivní rovnoměrnost jasu nebo osvětlenosti, ani kontrast předmětů, ale zvýší se prahový kontrast. Snížení průměrné úrovně osvětlení vypnutím některých svítidel obecně nezajistí dodržení kvalitativních požadavků, a proto se nedoporučuje.

Tab.1 Příklad části tabulky s parametry pro výběr tříd osvětlení M

Parametr	**Možnosti**	**Popis**		**Váhová hodnota V_w**	**Váha $V_{w,t}$**
Návrhová nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	v ≥ 100 km/h		2	-1
	Vysoká	70 < v < 100 km/h		1	
	Střední	40 < v ≤ 70 km/h		-1	
	Nízká	v ≤ 40 km/h		-2	
Intenzita dopravy		Dálnice, vícepruhové pozemní komunikace	Dvoupruhové pozemní komunikace		
	Vysoká	> 65% max. kapacity	> 45% max. kapacity	1	0
	Střední	35% - 65% max. kapacity	15% - 45% max. kapacity	0	
	Nízká	< 35% max. kapacity	< 15% max. kapacity	-1	
...	…	…	…	…	…
	…	…	…	…	
Náročnost navigace	Vysoká			…	…
	Střední			…	
	Nízká			…	
Celková váha V_{WS}					**$\sum V_{w,t}$**
Třída osvětlení M = 6 - V_{WS}					

Princip adaptivního osvětlení spočívá v tom, že se doba provozu osvětlovací soustavy rozdělí na časové úseky Δt, které se vzájemně liší hodnotami některých parametrů, ovlivňující volbu třídy osvětlení. Pro jednotlivé časové úseky se určí váhy V_W jednotlivých parametrů. Jejich součtem se stanoví celkové váhy V_{WS} a třídy osvětlení pro jednotlivé časové úseky Δt. Výsledkem je profil provozního režimu osvětlovací soustavy. Princip použití adaptivního osvětlení je uveden v tab. 2.

Pro nově projektované pozemní komunikace se používá výhledová intenzita dopravy po 10 letech provozu. Pro stávající pozemní komunikace se používají údaje ze systému monitorování dopravy. Vzhledem k tomu, že maximální kapacita závisí na kategorii pozemní komunikace, musí její hodnotu určit dopravní inženýr.

Pokud uspořádání pozemní komunikace neumožňuje vyhodnotit jas povrchu pozemní komunikace, použije se třída osvětlení C.

Pro jednoduchost jsou pro běžnou motorovou dopravu, konfliktní oblasti a oblasti pro chodce a pomalou dopravu uvedeny pouze hlavní parametry. Použité parametry a jejich možnosti jsou dostatečně široké, aby vyhověly jednotlivým požadavkům na národních úrovních. V určitých případech lze na základě analýzy rizik nebo dalších hledisek (např. okolní prostředí) využít pro výběr tříd osvětlení dalších parametrů.

Tab.2 Příklad části tabulky pro určení adaptivního osvětlení u tříd osvětlení M

Parametr	**Možnosti**	**Popis**		**Váhová hodnota** V_w	**Váha** $V_{w,\Delta t}$			
					Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4
Návrhová nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	v ≥ 100 km/h		2	1	1	1	1
	Vysoká	70 < v < 100 km/h		1				
	Střední	40 < v ≤ 70 km/h		-1				
	Nízká	v ≤ 40 km/h		-2				
Intenzita dopravy		Dálnice, vícepruhové pozemní komunikace	Dvoupruhové pozemní komunikace					
	Vysoká	> 65% max. kapacity	> 45% max. kapacity	1	1	0	-1	1
	Střední	35% - 65% max. kapacity	15% - 45% max. kapacity	0				
	Nízká	< 35% max. kapacity	< 15% max. kapacity	-1				
…	…	…	…	…	…	…	…	…
	…	…	…	…				
Náročnost navigace	Vysoká			2	0	0	0	0
	Střední			1				
	Nízká			0				
Celková váha V_{WS}					**4**	**3**	**2**	**4**
Třída osvětlení M = 6 - V_{WS}					**M2**	**M3**	**M4**	**M2**

Při volbě třídy osvětlení konfliktní oblasti je doporučeným hodnoticím kritériem jas. Při krátkých pozorovacích vzdálenostech nebo dalších faktorech, kdy nelze jako hodnoticí kritérium použít jas, lze pro část nebo celou konfliktní oblast použít jako hodnoticí kritérium osvětlenost. Vztah mezi jasem a průměrnou horizontální osvětleností závisí na světlosti povrchu vozovky, vyjádřené hodnotou Q_0 povrchu vozovky. Tabulka 2 uvádí ekvivalentní třídy osvětlení M a C pro různé hodnoty Q_0 povrchu vozovky.

Vzhledem k tomu, že třídy osvětlení C jsou určeny pro stejné uživatele jako třídy osvětlení M, musí se pro stanovení třídy osvětlení C v dané konfliktní oblasti primárně používat tabulka 2. Minimální úroveň osvětlení v konfliktní oblasti nemá být menší než úroveň osvětlení u navazující pozemní komunikace nebo komunikací s nejvyšší třídou osvětlení. Obecně se však doporučuje, aby třída osvětlení konfliktní oblasti byla o jednu třídu vyšší, než je nejvyšší třída osvětlení navazující pozemní komunikace nebo komunikací (např. M2 místo M3). Toto doporučení nelze použít, pokud má navazující komunikace třídu osvětlení M1. V takovém případě se třída osvětlení konfliktní oblasti volí M1.

Tab.3 Ekvivalentní třídy osvětlení M a C pro různé hodnoty Q_0 povrchu vozovky [2]

Třída osvětlení M			**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**
Třída osvětlení C pro $Q_0 \leq 0{,}05$ cd·m^{-2}·lx^{-1}	…	…	C0	C1	…	…	…	…
Třída osvětlení C pro 0,05 cd·m^{-2}·lx^{-1} < $Q_0 \leq 0{,}08$ cd·m^{-2}·lx^{-1}	…	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Třída osvětlení C pro $Q_0 > 0{,}09$ cd·m^{-2}·.lx^{-1}	…	…	…	…	…	C5	C5	C5

Z prvního řádku tabulky 2 se zvolí nejvyšší třída osvětlení M z pozemních komunikací navazujících na řešenou konfliktní oblast. Pro tuto třídu a pro hodnotu Q_0 povrchu vozovky se z tabulky odečte ekvivalentní třída osvětlení C. Při návrhu osvětlení konfliktní oblasti je doporučeno použít třídu osvětlení C, která je o jeden stupeň vyšší, než je ekvivalentní třída osvětlení, stanovená výše uvedeným postupem. Pro určité konfliktní oblasti, např. centra měst a obcí, nebo pokud platí zvláštní národní požadavky, lze pro stanovení třídy osvětlení C v konfliktních oblastech použít podobnou tabulku jako je tabulka 1 pro pozemní komunikace pro motorovou opravu.

Zrakové úkoly a požadavky chodců a řidičů se v mnoha ohledech liší. U chodců je z kratší vzdálenosti než v případě řidičů motorových vozidel. Tyto skutečnosti jsou zohledněny použitými parametry pro výběr tříd osvětlení P pro chodce a pomalou dopravu. Postup při výběru tříd osvětlení je obdobný jako u tříd osvětlení M.

4 Národní metodika pro výběr tříd osvětlení

Dokumentu CEN/TR 13201-1 není, jak již bylo řečeno v úvodu, závazný a členské státy CEN nemají povinnost tento dokument přejímat do soustavy technických norem. Již v úvodu dokument se uvádí, že jednotlivé členské státy si mohou metodiku upravit nebo použít metodiku jinou. Pokud by se měla přistoupit k vypracování vlastní národní metodiky, je třeba si na začátku takové úvahy položit otázku, zda to má nějaký význam a přínos. Nová metodika uvedená v CEN/TR 13201-1 je ve srovnání s předchozí výrazně zjednodušena a velmi pozitivní je zavedení adaptivního osvětlení jak z pohledu snížení energetické náročnosti, tak snížení rušivého vlivu veřejného osvětlení. Je zde ale několik věcí, na které je třeba upozornit. První je přiřazení váhových hodnot u návrhové resp. dovolené rychlosti, kde při změně z rychlosti vysoké na střední dojde ke změně o dvě třídy. Dalším problematickým místem je stanovení kapacity pozemní komunikace. Kapacita pozemní komunikace jako výkonový parametr se stanovuje pro dálnice a silnice mimo obce. V obci lze kapacitu stanovit pro místní rychlostní komunikace. Pro sběrné komunikace je dána propustností křižovatek a u obslužných komunikací se jejich kapacita nehodnotí. Problematické je také zjišťování intenzit dopravy. Z výše uvedených informací je zřejmé, že volba třídy osvětlení má v sobě určitou míru nejistoty a může být potenciálním místem sporu. Při porovnání dokumentu CEN/TR 13201-1 a dokumentu CIE 115/2010, z kterého metodika vychází, jsou zřejmé rozdíly jak v možnostech jednotlivých parametrů, tak jejich váhových hodnotách (tab.4). Obě metodiky se u čtyř parametrů shodují a u čtyř parametrů liší. Je tedy zřejmé, že jak možnosti, tak váhové hodnoty nejsou všeobecně uznávané, ale při jejich volbě a nastavení hraje roli individuální přístup.

Metoda použitá v CEN/TR 13201-1 vychází z obecných charakteristik komunikace souvisejících s typem uživatele, parametry dopravy, geometrickým uspořádáním a charakteristikami okolního prostředí. I přes významné zjednodušení oproti původní metodice je pro praxi poměrně náročná, složitá a v některých již zmíněných momentech nejednoznačná. Třída osvětlení přitom definuje požadavky na osvětlení pozemní komunikace a relativní složitost a nejednoznačnost může mít významný vliv na kvalitu návrhu osvětlovacích soustav jak z pohledu bezpečnosti, tak z pohledu energetické náročnosti. Správné definování požadavků na osvětlení je prvním krokem při úvahách o energetické náročnosti a optimalizaci osvětlovacích soustav. Z tohoto důvodu se připravuje návrh národní metodiky pro výběr tříd osvětlení.

Tab.4 Porovnání parametrů pro výběr tříd M v dokumentech CIE[1] a CEN[2]

Parametr	CIE		CEN/TR	
	Možnosti	Váhová hodnota	Možnosti	Váhová hodnota
Rychlost	Velmi vysoká	1	Velmi vysoká	2
	Vysoká	0,5	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	-1
	x	x	Nízká	-2
Intenzita dopravy	Velmi vysoká	1	x	x
	Vysoká	0,5	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	0
	Nízká	-0,5	Nízká	-1
	Velmi nízká	-1	x	x
Skladba provozu	Smíšená s převládající nemotorovou dopravou	2	Smíšená s převládající nemotorovou dopravou	2
	Smíšená	1	Smíšená	1
	Pouze motorová	0	Pouze motorová	0
Směrově rozdělená komunikace	Ne	1	Ne	1
	Ano	0	Ano	0
Hustota křižovatek	Vysoká	1	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	0
Parkující vozidla	Vyskytují se	1	Vyskytují se	1
	Nevyskytují se	0	Nevyskytují se	0
Jasnost okolí	Velmi vysoká	1	x	x
	Vysoká	0,5	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	0
	Nízká	-0,5	Nízká	-1
	Velmi nízká	-1	x	x
Náročnost navigace	Vysoká	0,5	Vysoká	2
	Střední	0	Střední	1
	Nízká	-0,5	Nízká	0

5 Závěr

Připravovaný návrh nové národní metody pro výběr tříd osvětlení u pozemních komunikací má dva cíle. První cíl je praktický. Nová metoda má zjednodušit, usnadnit a zpřehlednit

výběr tříd osvětlení v praxi pro běžné projektanty, což by mělo umožnit jednoznačné stanovení požadavků na osvětlení. Druhý cíl souvisí s hodnocením energetické náročnosti a optimalizací osvětlovací soustavy. Řada dnešních přístupů při hledání energetických opatření se zabývá detaily, jako jsou měrné výkony světelných zdrojů a svítidel, účinností svítidel apod. a ztrácí se přehled o celku, který jediný umožňuje určit to, zda určitá úsporná opatření mají v konečném důsledku význam či nikoliv. Na základě znalosti struktury pozemních komunikací v části obce, celé obci, kraji nebo celé České republice z pasportu pozemních komunikací nebo národních statistických údajů lze touto metodou stanovit požadavky na jejich osvětlení. Znalost požadavků na osvětlení umožňuje velmi rychle stanovit energetickou náročnost různých variant osvětlovacích soustav a jejich porovnání z hlediska energetické náročnosti, investičních nákladů a návratnosti. Při použití řídicích systémů lze, na základě proměnlivosti vstupních parametrů u jednotlivých kategorií pozemních komunikací, modelovat měnící se parametry rozhodné pro zatřídění pozemních komunikací, a tím vyhodnotit požadavky a energetickou náročnost v průběhu provozu, investiční náklady i návratnost různých typů řídicích systémů.

Literatura a odkazy

[1] CIE 115:2010, *Lighting of roads for motor and pedestrian traffic*.

[2] ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení 9/2016

[3] ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky, 6/2016

Zásadné tézy novej normy pre energetickú hospodárnosť osvetlenia v budovách

EN 15193-1:2017

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD. – Ing. Jana Raditschová, PhD.

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave

Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská republika, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Príspevok predstavuje odbornej verejnosti novú normu EN 15193-1 pre energetickú hospodárnosť osvetlenia v budovách. Príspevok uvádza zásadné tézy novej normy a podľa možnosti poukazuje na rozdiely v porovnaní s predchádzajúcou normou pre túto oblasť – EN 15193 z roku 2007. Príspevok nie je uceleným prehľadom metodiky, ale výťahom nových postupov a riešení. Predpokladá, že konkrétne normatívne ustanovenia v rámci jednotlivých častí uvádzaných metód budú analyzované a publikované v ďalších príspevkoch.

1 Úvod

Energetická hospodárnosť budov (EHB) sa u nás posudzuje od roku 2008, teda v súčasnosti už 10 rokov, a to v rámci projektového hodotenia, prevádzkového hodnotenia alebo normalizovaného hodnotenia pri energetickej certifikácii. Energetickú hospodárnosť budovy vyjadruje energetický štítok s prezentovaním hodnoty globálneho číselného ukazovateľa doplnenej o písmenové vyjadrenie energetickej triedy, dĺžku a farbu pásika.

Potreba hodnotenia energetickej hospodárnosti budov vyplýva z implementácie európskej smernice o energetickej hospodárnosti budov[1],[2] do sústavy národnej legislatívy, ktorým je na Slovensku zákon NR SR č. 555/2005 Z. z.[3] v znení neskorších predpisov. Podrobnosti o výpočte energetickej hospodárnosti rieši vykonávací predpis k zákonu – vyhláška MVaRR SR č. 364/2012 Z. z.[4] v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.[5] Osvetlenie je jednou z miest spotreby, ktorá je predmetom hodnotenia, popri tepelnej ochrane / vykurovaniu, príprave TÚV a vetraniu / klimatizácii.

Energetická hospodárnosť budov sa určuje výpočtom a vyjadruje sa v číselných ukazovateľoch celkovej potreby energie a tvorby emisií oxidu uhličitého. Pre oblasť osvetlenia je týmto číselným ukazovateľom LENI (*Lighting Energy Numerical Indicator*). Pri zabudovaných (t.j. pevne inštalovaných) osvetľovacích zariadeniach sa zohľadňuje najmä druh sústavy, vek, fyzický stav, účinnosť osvetlenia a energetický príkon. Výpočet berie do úvahy vplyv denného svetla a typ riadiaceho systému osvetlenia. Jednotnú metodiku výpočtu uvádza norma STN EN 15193:2008[9] (obsahuje slovenskú verziu normy EN 15193:2007[6]).

Národná legislatíva pre oblasť EHB prešla viacerými zmenami, vrátane noviel vyvolaných zmenami v európskej legislatíve (smernice EÚ). Norma EN 15193 bola doteraz nemenná. Praktické skúsenosti ukázali, že súbor noriem pre oblasť EHB je rozsiahly a normy sú vzájomne nekonzistentné. S cieľom harmonizácie štruktúry a postupov za jednotlivé miesta spotreby bola vypracovaná zastrešujúca (resp. premosťovacia) technická správa CEN/TR 15615:2008[10] spolu s podpornými technickými správami a špecifikáciami[11]-[14] Podľa nej sa museli prepracovať všetky dotknuté normy pre oblasť EHB, vrátane normy EN 15193. V normalizačnej komisii CEN/TC 169 bola aktivovaná pracovná skupina WG 9, ktorá má túto

oblasť v kompetencii. Výsledkom viacročného úsilia je nová norma EN 15193-1[7] a jej sprievodca TR 15193-2[8] vydané v tomto roku.

Nová norma bude prevzatá do sústavy STN k 1.10.2017. Vydaním novej normy sa zároveň zruší doterajšia norma STN EN 15193:2008, a to bez akéhokoľvek prechodného obdobia. Preto je potrebné sa s novou normou čo najskôr oboznámiť, pretože od 1. októbra sa už musí postupovať podľa nej.

2 Číselný ukazovateľ energetickej hospodárnosti osvetlenia LENI

Energetická hospodárnosť osvetlenia v budovách sa vyjadruje prostredníctvom číselného ukazovateľa LENI (*Lighting Energy Numerical Indicator*), ktorý sa určí nasledovne:

$$LENI = \frac{W}{A} \quad (1)$$

kde

W je ročná spotreba energie na osvetlenie (kWh);

A je celková úžitková podlahová plocha budovy (m^2).

Ročná spotreba energie na osvetlenie sa skladá z dvoch zložiek – z činnej energie na plnenie svetelnotechnickej úlohy W_L (zabezpečenie požadovanej osvetlenosti) a z pasívnej energie na pohotovostný režim W_P. Vypočítajú sa takto:

$$W_L = P_n F_C F_O \left(t_D F_D + t_N\right) \quad (2)$$

kde

P_N je celkový inštalovaný príkon svietidiel a osvetľovacích zariadení (kW);

F_D je činiteľ využitia denného svetla (-);

F_O je činiteľ obsadenosti miestnosti alebo budovy (-);

F_C je činiteľ konštantnej osvetlenosti (-);

t_D je čas využitia denného svetla (h);

t_N je čas využitia osvetlenia bez denného svetla (h);

$$W_P = P_{PC}\left(t_Y - t_D - t_N\right) + P_{em} t_{em} \quad (3)$$

kde

P_{PC} je celkový inštalovaný pasívny príkon riadiacich jednotiek vo svietidlách (kW);

P_{em} celkový nabíjací príkon núdzových svietidiel (kW);

t_y obdobie 1 roka v hodinovom vyjadrení, t. j. t_y = 8 760 h = const;

t_{em} celkový čas nabíjania núdzových svietidiel (h).

Norma EN 15193 resp. EN 15193-1 potom podrobnejšie rozvíja spôsob určenia jednotlivých zložiek energie na plnenie svetelnotechnickej funkcie.

3 Štruktúra normy

Pôvodná norma EN 15193 sa rozčlenila na dve časti a prepracovaním metodiky výrazne nabrala na rozsahu:

EN 15193-1:2017 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Špecifikácie, Modul M9

CEN/TR 15193-2:2017 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Vysvetlivky a doplnenia k norme EN 15193-1, Modul 9

Norma EN 15193-1 má 105 strán a obsahuje prevažne obsah normatívneho charakteru. Technická správa CEN/TR 15193-2 má 186 strán a obsahuje rôzny doplnkový nenormatívny materiál vysvetľujúci, zdôvodňujúci a doplňujúci k ustanoveniam normy EN 15193-1. Oba dokumenty majú úplne identickú štruktúru, preto je väzba informatívneho materiálu na normatívny úplne zrejmá z článkového usporiadania (hlavné články v prvej úrovni členenia uvádza tabuľka 1).

Postavenie normy EN 15193-1 v systéme noriem pre EHB definuje technická správa CEN/TR 15615, ktorá sa nazýva zastrešujúcim dokumentom (*umbrella document*). Táto technická správa vysvetľuje všeobecné vzťahy medzi rôznymi európskymi normami a smernicou o energetickej hospodárnosti budov EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*). Konkrétnejšie ustanovenia sa potom nachádzajú v týchto technických špecifikáciách:

CEN/TS 16628:2014 Energetická hospodárnosť budov. Základné princípy pre súbor noriem EHB

CEN/TS 16629:2014 Energetická hospodárnosť budov. Podrobné technické pravidlá pre súbor noriem EHB

Tieto technické špecifikácie uvádzajú konkrétne pravidlá, ktoré zaisťujú konzistenciu, jednoznačnosť, prehľadnosť a pružnosť normatívnych ustanovení, a to s podporou spoločných šablón. Rámcovým dokumentom pre normy EHB, ktorý definuje ich modulárnu štruktúru, spoločné termíny a definície, symboly a indexy je norma ISO 52000-1, ktorá sa tiež nazýva premosťujúcou normou (*overarching standard*):

ISO 52000-1:2017 Energetická hospodárnosť budov. Premosťujúce posudzovanie EHB. Časť 1: Všeobecný rámec a postupy

CEN TR/ISO 52000-2:2017 Energetická hospodárnosť budov. Premosťujúce posudzovanie EHB. Časť 2: Vysvetlivky a doplnenia k norme ISO 52000-1

4 Výpočtové metódy, ich výber a aplikácia

Výpočtové metódy sú rovnaké ako v predchádzajúcej norme:

Rýchla metóda: Hrubý odhad spotreby energie s výpočtom pre celú budovu. Metóda uvažuje so štandardnými vstupnými údajmi. Vo všeobecnosti poskytuje vyššie hodnoty číselného ukazovateľa LENI ako komplexná metóda, aby vypočítané ukazovatele neboli príliš optimistické vo vzťahu k neskoršej certifikácii budovy napr. pri kolaudácii.

Komplexná metóda: Presnejší odhad spotreby energie po jednotlivých miestnostiach a na rôznom časovom základe. Metóda uvažuje s reálnymi vstupnými údajmi budovy.

Metóda merania: Presné určenie spotreby energie v budove príp. v jej jednotlivých častiach na základe dlhodobých meraní. Metóda je však časovo náročná a dá sa použiť len v existujúcich budovách. Vyžaduje sa tiež patričné technické zabezpečenie merania. Metóda je určená predovšetkým na priebežné monitorovanie spotreby energie v budovách.

Článok	Názov	Charakter
1	Predmet normy	normatívny
2	Normatívne odkazy	
3	Termíny a definície	
4	Symboly a skratky	
5	Stručný popis metód a smerovanie	
6	Metóda 1 – Výpočet energie potrebnej na osvetlenie	
7	Metóda 2 – Rýchly výpočet energie potrebnej na osvetlenie	
8	Metóda 3 – Meranie energie použitej na osvetlenie	
9	Kontrola kvality	
10	Overenie zhody	
Príloha A	Formulár pre vstupné údaje a výber metódy - šablóna	normatívny
Príloha B	Formulár pre vstupné údaje a výber metódy – štandardné hodnoty	informatívny
Príloha C	Zjednodušená metóda na určenie inštalovaného príkonu	normatívny
Príloha D	Hodnotenie inštalovaného príkonu osvetľovacej sústavy v existujúcich budovách	normatívny
Príloha E	Určenie obsadenosti	normatívny
Príloha F	Dostupnosť denného svetla	normatívny
Príloha G	Konštantná osvetlenosť	normatívny
Príloha H	Energetické požiadavky na pohotovostný režim	normatívny

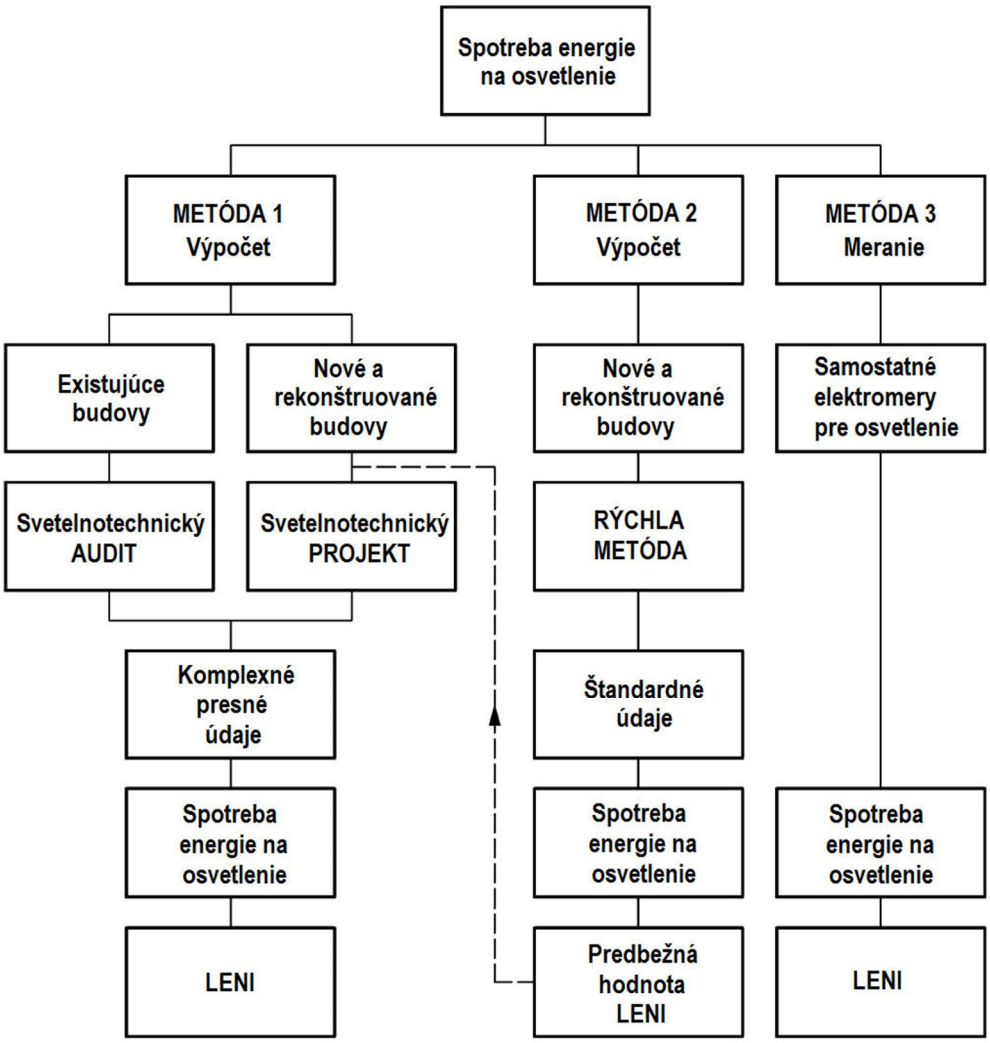
Tab.1 Štruktúra normy EN 15193-1

Legislatívne sa na Slovensku vyžaduje, aby sa na normalizované hodnotenie (t. j. pri energetickej certifikácii) používala výhradne komplexná metóda. Na projektové hodnotenie vyhláška dovoľuje použiť aj rýchlu metódu. Predchádzajúca norma EN 15193 uvádzala tri metódy bez bližšieho stanovenia cieľového určenia. V novej norme EN 15193-1 sú už však vzťahy medzi metódami jednoznačne definované. Ako aj to, pre aké budovy a pre aké prípady sú jednotlivé metódy určené, s akými vstupnými údajmi pracujú a aké výstupné údaje poskytujú. Prehľad metód a vzťahov medzi nimi znázorňuje obr. 1. Metódy sa prioritne uvádzajú číslom a až následne názvom, teda metóda 1, metóda 2 a metóda 3.

Všimnime si, že komplexná metóda 1 vyžaduje presné technické údaje, ktoré sa v existujúcich budovách zisťujú v rámci svetelnotechnického auditu (zberom údajov z

dostupnej dokumentácie alebo z terénu), v nových a rekonštruovaných budovách z projektovej dokumentácie. Aj na projektové hodnotenie sa preto bude musieť používať komplexná metóda (metóda 1). Metóda 2 je určená len na hrubý odhad napr. v predprojektovej príprave a nie na projektové hodnotenie, keď už sú k dispozícii presné údaje. Metóda 2 poskytuje iba predbežnú hodnotu LENI, ako je to zrejmé aj z obr. 1. V tomto zmysle bude potrebné zmeniť aj slovenskú legislatívu a pre projektové hodotenie požadovať použitie komplexnej metódy. Súčasné legislatívne požiadavky sú dočasne naďalej aplikovateľné, pretože vyhláška použitie komplexnej metódy na projektové hodnotenie nezakazuje.

Pre informáciu ešte uveďme, že rýchla metóda ako ju poznáme bola určená na zrušenie a mala ju nahradiť zjednodušená metóda, ktorá však v porovnaní s rýchlou metódou bola o dosť náročnejšia; napokon táto zmena sa v návrhu normy nepresadila.



Obr.1 Výber metódy na určenie spotreby energie na osvetlenie

5 Výstupné údaje z jednotlivých metód

LENI nie je konečným výstupom pre hodnotenie energetickej hospodárnosti budovy, je len zložkou za miesto spotreby osvetlenie (oficiálne: elektroinštalácia a zabudované osvetlenie) a pri výpočte na menších časových základoch má určené časové prerozdelenie (napr. mesačné), ktoré vstupujú do výpočtu globálneho ukazovateľa energetickej hospodárnosti budovy. Aby boli vzťahy medzi údajmi jasné a aby bol prenos údajov transparentný a jednoznačný (ako to vyžadujú príslušné technické špecifikácie uvedené vyššie), norma EN 15193-1 teraz definuje údajové rozhranie pre jednotlivé metódy ako aj smerovanie týchto údajov na ďalšie spracovanie v nadväzujúcich moduloch. Výstupné údaje sú uvedené v tabuľke 2. Všimnime si, že LENI priamo nie je výstupným údajom pre ďalšie spracovanie, pretože za všetky miesta spotreby sa sčítava spotreba energie a až následne sa normalizuje úžitkovou plochou budovy; LENI je určené na samostatné použitie pre miesto spotreby osvetlenie.

6 Určenie inštalovaného príkonu

Pôvodná norma EN 15193 bližšie neuvádzala spôsob stanovenia inštalovaného príkonu osvetlenia. Inštalovaný príkon predstavuje súčet príkonov všetkých svietidiel a osvetľovacích zariadení, ktoré sú predmetom hodnotenia (nezahŕňa sa napríklad vonkajšie osvetlenie alebo osvetlenie tých častí budovy, ktoré sú z hodnotenia vylúčené a nie sú zahrnuté ani do úžitkovej plochy budovy). Inštalovaný príkon sa určuje z projektovej dokumentácie, zo súpisu svietidiel z auditu osvetlenia alebo z predbežného návrhu osvetlenia.

Nová norma EN 15193-1 prináša spôsob určenia inštalovaného príkonu pre rýchlu metódu, keď súpis svietidiel ešte nie je k dispozícii (t. j. v predprojektovej fáze). Norma uvádza štandardné hodnoty inštalovaného príkonu v tabuľkovej forme pre budovy na bývanie a pre ostatné kategórie budov uvádza tzv. *zjednodušenú metódu*.

Tabuľka štandardných hodnôt pre budovy na bývanie je členená podľa jednotlivých miestností a ich častí a podľa veľkostnej kategórie, ktorú pre jednotlivé miestnosti definuje ďalšia tabuľka. Norma rozlišuje tri veľkostné kategórie – malá, stredná, veľká miestnosť. Príkon pre rôzne kombinácie miestností a ich veľkostí sa udáva vo wattoch.

Metóda	Údaj, parameter, veličina	Symbol	Jednotka	Cieľový modul
METÓDA 1	Stanovený časový základ (krok)	t_s	hodina, mesiac, rok	Všetky
	Energia potrebná na osvetlenie daných oblastí alebo zón za stanovený časový krok	W_t	kWh/t_s	M 2-7
	Ročná spotreba energie na osvetlenie budovy	W	kWh/rok	M 1-9
METÓDA 2	Stanovený časový základ (krok)	t_S	rok	Všetky
	Ročná spotreba energie na osvetlenie oblasti alebo zóny	W_{az}	kWh/rok	M 2-7
	Ročná spotreba energie na osvetlenie budovy	W	kWh/rok	M 1-9
METÓDA 3	Stanovený časový základ (krok)	t_s	hodina, mesiac, rok	Všetky
	Energia potrebná na osvetlenie daných miestností alebo zón za stanovený časový krok	W_t	kWh/t_s	M 2-7
	Ročná spotreba energie na osvetlenie budovy	W_{mt}	kWh/rok	M 1-10

Tab.2 Údajové rozhranie metód na určenie spotreby energie na osvetlenie

Zjednodušená metóda uvažuje so štandardnými predpokladmi a postupmi a príkon odvádza od príkonovej hustoty tak, že predpokladaný inštalovaný príkon P_n sa vypočíta nasledovne:

$$P_n = P_j . A \tag{4}$$

kde

P_j je príkonová hustota danej oblasti (W/m^2);

A je plocha relevantnej oblasti budovy (m^2).

$$P_n = P_{j,lx} . E_{miest} . F_{MF} . F_{CA} . F_L \tag{5}$$

kde

$P_{j,lx}$ je príkonová hustota na jeden lux osvetlenej olochy (W/lm);

E_{miest} je návrhová hodnota udržiavanej osvetlenosti (lx);

F_{MF} je korekčný činiteľ zohľadňujúci udržiavací činiteľ, ktorý sa použije pri návrhu osvetľovacej sústavy;

F_{CA} je činiteľ zohľadňujúci menší príkon osvetlenia, ak časť plochy je osvetlená na nižšiu úroveň;

F_L je korekčný činiteľ zohľadňujúci účinnosť osvetľovacieho zariadenia osvetľovacej sústavy.

Norma uvádza podrobnejšie postupy a typické hodnoty na určenie jednotlivých veličín vo vzťahu (5).

7 Výpočet činiteľa využitia denného svetla

Výpočet činiteľa využitia denného svetla je v novej norme EN 15193-1 najviac prepracovaný, spresnený a detailizovaný. Základná kostra metódy určenia činiteľa F_D ako aj základné postupy sú bez zmeny, takže nové normatívne ustanovenia sa dajú považovať za zdokonalenie metódy. Bližšia analýza rozdielov oproti pôvodnej norme je nad rámec tohto príspevku, dobré porovnanie pôvodnej a novej normy sa dá nájsť v [15].

K tejto problematike ešte uveďme, že do normy sa dostala empirická metóda na určenie času s dostupným denným svetlom t_D a času bez denného svetla t_N, ktorá v pôvodnej norme EN 15193 chýbala a ktorá sa na Slovensku používala ako súčasť národnej metodiky.

8 Nákladový faktor osvetľovacej sústavy

Norma zavádza úplne nový ukazovateľ ako súčasť komplexnej metódy (metóda 1). Je to alternatívny ukazovateľ, ktorého cieľom je rýchla analýza toku energie v osvetľovacích sústavách. Čím väčšia je hodnota nákladového ukazovateľa, tým menej efektívna je osvetľovacia sústava.

Význam ukazovateľa je porovnateľný s doplnkovým ukazovateľom merná ročná spotreba energie na osvetlenie η_E, ktorý je zavedený ako súčasť slovenskej národnej metodiky. Berie

totiž do úvahy aj požiadavky na úroveň osvetlenia v jednotlivých miestnostiach. Musí sa však používať samostatne, nedá sa zlučovať s ostatnými miestami spotreby, preto je jeho funkcia vo všeobecnosti len doplnková. V budúcnosti sa bude dať použiť na definovanie energetických tried samostatne pre miesto spotreby osvetlenie, ako je to už v súčasnosti na Slovensku, chýbajú však praktické skúsenosti s hodnotami takýchto ukazovateľov na to, aby sa spoľahlivé energetické triedy dali vytvoriť.

Nákladový faktor osvetľovacej sústavy e_L je definovaný prostredníctvom tohto vzťahu:

$$e_L = \frac{W_{us}}{W_{nd}} \tag{6}$$

kde

W_{us} je energia použitá na osvetlenie, vypočítaná alebo nameraná (kWh);

W_{nd} je referenčná energia potrebná na osvetlenie (kWh).

Formálnou separáciou jednotlivých vplyvov sa pre nákladový faktor osvetľovacej sústavy dá odvodiť tento vzťah:

$$e_L = e_{L,C}.e_{L,O}.e_{L,D}.e_{L,ES} \tag{7}$$

kde

$e_{L,C}$ je čiastkový nákladový činiteľ pre riadenie na konštantnú osvetlenosť;

$e_{L,O}$ je čiastkový nákladový činiteľ pre riadenie podľa obsadenosti priestoru;

$e_{L,D}$ je čiastkový nákladový činiteľ pre riadenie podľa dostupnosti denného svetla;

$e_{L,ES}$ je čiastkový nákladový činiteľ zohľadňujúci činiteľ využitia.

Norma uvádza podrobnejšie postupy a typické hodnoty na určenie jednotlivých veličín vo vzťahu (7).

9 Osvetlenie budov na bývanie

Osvetlenie domácností resp. budov na bývanie (kategória rodinné domy a bytové domy) doteraz nie je predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti osvetlenia. Hoci tieto kategórie budov spadajú pod predmet EHB, osvetlenie je z hodnotenia vynechané. Dôvodom bola chýbajúca norma pre túto oblasť.

Medzinárodná alebo európska norma pre túto oblasť stále nie je k dispozícii. Vypracovanie technickej normy alebo iného normatívneho dokumentu (technickej správy alebo technickej špecifikácie) patrí medzi hlavné priority normalizácie v CEN, vžaduje však čas na spracovanie. Dočasne sa pre účely EHB vypracovali odporúčania pre osvetlenie domácnosti a zahrnuté sú v technickej správe CEN/TR 15193-2. Norma EN 15193-1 potom uvádza aspoň veľmi zjednodušenú metódu na určenie spotreby energie na osvetlenie pre obytné budovy. V súčasnosti existuje aj návrh podrobnejšej a prepracovanejšej metodiky, bola publikovaná v konferenčných príspevkoch (napríklad v [16] až [18]), preto ju tu bližšie

neuvádzame. Publikácia [18] bola použitá na prípravu technickej správy CEN/TR 15193-1 a je citovaná v použitej literatúre.

Vážnym dôsledkom existencie metodiky pre energetickú hospodárnosť osvetlenia v obytných budovách je, že sa legislatíva a teda aj energetická certifikácia bude môcť rozšíriť o kategóriu rodinných a bytových domov pre miesto spotreby osvetlenie.

10 Výpočtový softvér

K novej norme EN 15193-1 sa bude poskytovať aj výpočtový softvér. Je spracovaný na báze tabuľkového procesora Excel. V softvéri je implementovaná aj komplexná metóda. Štandardne poskytovaný softvér je však v niektorých častiach zjednodušený, v iných častiach naopak prekomplikovaný a neprehľadný. Podrobnejšia analýza softvéru je nad rámec tohto príspevku a bude publikovaná v ďalších konferenčných príspevkoch.

Na Slovensku sa pre energetickú certifikáciu osvetlenia používa predovšetkým komerčný výpočtový softvér EHB LiteCalc[19]-[20], pre projektové hodnotenie je zdarma k dispozícii softvér EHB QuickCalc. Je otázne, či bude pre účely energetickej certifikácie postačovať štandardný softvér dodávaný k norme alebo si užívatelia budú želať pracovať s kvalitnejším softvérom. Treba ešte uviesť, že v štandardnom softvéri nie sú implementované špecifické národné hodnoty štandardných parametrov (národné koeficienty).

11 Záver

Nová norma EN 15193-1 sa zavádza náhle a bude trvať nejaký čas, kým si prax na ňu zvykne. Treba dať pozor na to, že od 1. októbra 2017 sa musí postupovať podľa tejto normy, treba sa preto čo najskôr oboznámiť s požiadavkami normy podrobnejšie. Druhá časť má status technickej správy, obsahuje však skutočne dôležité a užitočné údaje, ktoré sa v praxi zídu; preto sa odporúča aj túto doplnkovú časť v plnej miere používať.

Nová norma bude v sústave STN spočiatku k dispozícii len v angličtine. Aj tu treba dať pozor na termíny a ich slovenské ekvivalenty, aby bol súlad normy a vyhlášky užívateľovi jasný. Preklad normy sa pripravuje, bude však určitý čas trvať, kým bude k dispozícii slovenská verzia.

Poďakovanie



Zoznam použitej literatúry

[1] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings

[2] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)

[3] Zákon NR SR č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov

[4] Vyhláška MDVaRR SR č. 364/2012 Z. z. , ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

[5] Vyhláška MDVaRR SR č. 324/2016 Z. z. , ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MDVaRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

[6] EN 15193:2007 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting

[7] EN 15193-1:2017 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Specifications, Module M9

[8] CEN/TR 15193-2:2017 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Explanation and justification of EN 15193-1, Module M9

[9] STN EN 15193:2008 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie

[10] CEN/TR 15615:2008 Explanation of the general relationship between various European standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - Umbrella document

[11] CEN/TS 16628:2014 Energy Performance of Buildings. Basic Principles for the set of EPB standards

[12] CEN/TS 16629:2014 Energy Performance of Buildings. Detailed Technical Rules for the set of EPB-standards

[13] ISO 52000-1:2017 Energy performance of buildings -- Overarching EPB assessment - Part 1: General framework and procedures

[14] CEN TR/ISO 52000-2:2017 Energy performance of buildings -- Overarching EPB assessment - Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1

[15] AGHEMO, C.- BLASO, L.- FUMAGALLI, S.- LO VERSO, V. R. M.- PELLEGRINO, A.: The new prEN 15193-1 to calculate the energy requirements for lighting in buildings: comparison to the previous standard and sensitivity analysis on the new influencing factors. In: 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association,

ATI2016, 14-16 September 2016, Turin (Italy), Elsevier, Energy Procedia 101 (2016), pp. 232 – 239

[16] GAŠPAROVSKÝ, D. - RADITSCHOVÁ, J. - DUBNIČKA, R.: Proposal of a method for assessment of energy performance of lighting in residential buildings. In Proceedings of CIE 2016 'Lighting Quality and Energy Efficiency' : Melbourne, Australia. March 3–5, 2016. Vienna : CIE, 2016, S. 264-274. ISBN 978-3-902842-65-7

[17] GAŠPAROVSKÝ, D. - RADITSCHOVÁ, J.: Proposal of a method for assessment of energy performance of home lighting. In LUMEN V4 : 6th IEEE Lighting conference of the visegrad countries. Karpacz, Poland. September 13-16, 2016. Warsaw : IEEE, 2016, S. 226-230. ISBN 978-1-5090-3304-1

[18] GAŠPAROVSKÝ, D. - RADITSCHOVÁ, J.: Home Lighting. In Svetlo - Light 2013 : 20. medzinárodná konferencia. Podbanské, Slovakia, 23.-25.10. 2013. 1. vyd. Bratislava : KONGRES Management, 2013, s.194-205. ISBN 978-80-89275-37-3

[19] GAŠPAROVSKÝ, Dionýz. Nový softvér LiteCalc 3.0. pre výpočet spotreby energie na osvetlenie komplexnou metódou. In Kurz osvětlovací techniky XXVII : Kouty nad Desnou, Czech Republic, 29.9.-1.10.2009. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita v Ostravě, 2009, s.284-288. ISBN 978-80-248-2087-3

[20] GAŠPAROVSKÝ, Dionýz - ERKIN, Emre. EHB LiteCalc a Software Tools for Energy Certification of Lighting. In LUMEN V4; 3. konference Vyšegrádských zemí pro osvětlení : Proceedings. Brno, ČR. 23- 25. 6. 2010. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita v Ostravě, 2010, 2010), s.CD-ROM. ISBN 978-80-248-2247-1.

Návrh aktualizácie metodiky na určenie udržiavacieho činiteľa pre vnútorné aj vonkajšie osvetľovacie sústavy

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave

Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská republika, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Príspevok analyzuje problémy existujúcej metodiky na určenie udržiavacieho činiteľa pre vnútorné aj vonkajšie osvetľovacie sústavy. Zároveň uvádza návrh na ich riešenie a načŕta konkrétne smerovanie aktualizácie metodiky zakotvenej v smerniciach Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE.

1 Úvod

Návrh ani meranie osvetľovacích sústav nie sú mysliteľné bez zohľadnenia prevádzkových vplyvov, ktoré majú dopad na krátkodobé a dlhodobé zmeny parametrov osvetlenia počas života osvetľovacej sústavy. K najvýznamnejším patria tie, ktoré predstavujú postupné znižovanie úrovne osvetlenia, dajú sa však kompenzovať údržbou osvetľovacej sústavy. Udržiavací činiteľ v sebe kombinuje viaceré takéto vplyvy. Vyjadruje najväčší pokles úrovne osvetlenia (osvetlenosti alebo jasu), o ktorú sa musí osvetľovacia sústava pri návrhu "predimenzovať", aby v každom čase v rámci uvažovanej životnosti a za stanovených podmienok boli dodržané návrhové parametre osvetlenia.

I keď význam udržiavacieho činiteľa môžeme chápať ako podstatný, doteraz nebola vypracovaná žiadna medzinárodná (alebo európska) norma, ktorá by túto problematiku riešila. V praxi sa tak používajú smernice Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE. Pre vnútorné osvetľovacie sústavy platí technická správa CIE 97:2005[1], pri vonkajších osvetľovacích sústavách sa uplatňuje CIE 154:2003[2]. Oba tieto dokumenty sú značne zastaralé, neodrážajú súčasnú technologickú úroveň svetelných zdrojov a svietidiel, nie sú v súlade s charakteristikami čistoty prostredia a vážnejšie problémy môžeme nájsť aj v samotnom vymedzení pojmu udržiavacieho činiteľa resp. jeho zložiek. Tu treba uviesť, že rok vydania uvedených smerníc indikuje ich vek 12 resp. 14 rokov, v čase vydania však iba nahradili predchádzajúce vydania resp. smernice a ich obsah predstavuje výsledky výskumov realizovaných najmä v 60-tych rokoch 20. storočia.

Viaceré technické normy vyžadujú stanovenie udržiavacieho činiteľa pri návrhu osvetľovacej sústavy, pričom odkazujú na použitie medzinárodných smerníc CIE. Príkladom je európska norma STN EN 12464-1:2012[3] pre osvetlenie vnútorných pracovísk, ktorá obsahuje konkrétne normatívne požiadavky v čl. 4.10, ale v detailoch odkazuje na publikáciu CIE 97:2005.

Je zrejmé, že vzhľadom na význam udržiavacieho činiteľa a jeho praktickú aplikáciu je nevyhnutné vypracovať medzinárodne dohodnuté postupy a požiadavky. To je úlohou príslušných normalizačných organizácií, plne v súlade s cestovnou mapou ISO a CEN pre normalizáciu v oblasti svetla a osvetlenia[4].

Odborná verejnosť už dlho volá po modernizácii prístupov v oblasti udržiavacieho činiteľa, aktualizácii publikácií CIE 97 a CIE 154 a povýšení týchto dokumentov na normatívny status.

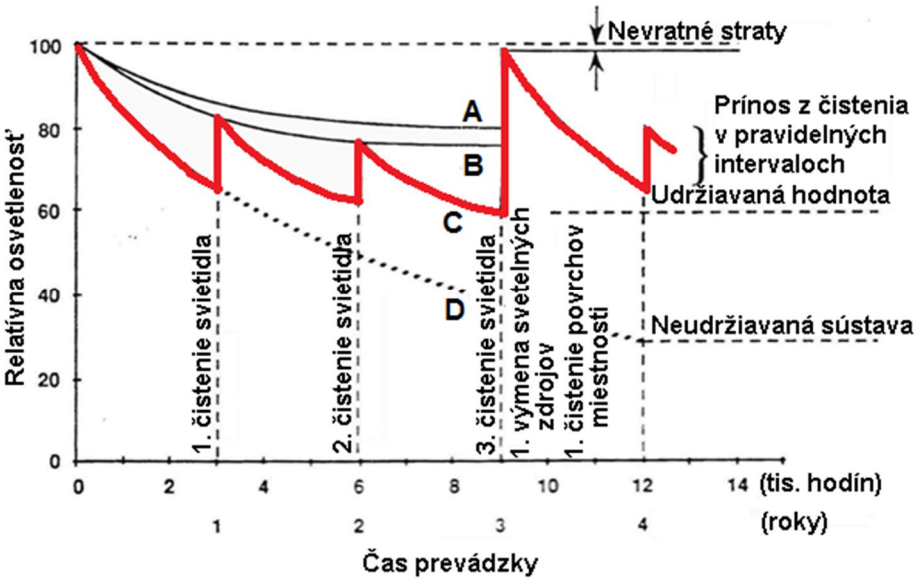
To však vyžaduje realizáciu patričného objemu výskumných úloh, čo naráža na problémy technického aj finančného charakteru. Spomeňme napríklad neúspešnú výzvu na vypracovanie technickej normy pre činiteľ znečistenia svietidiel LMF, ktoré sa malo uskutočniť pod mandátom Európskej komisie č. M/485. Podmienky výzvy boli definované tak neurčito a nevýhodne, že verejného obstarávania na spracovanie normy sa nezúčastnil ani minimálny počet záujemcov, a to ani na tretí krát. Takto možnosť vypracovania normy pod mandátom Európskej komisie nadobro zanikla.

Normalizačné aktivity v tejto oblasti odštartovala v roku 2017 Medzinárodná organizácia pre normalizáciu ISO v technickej komisii TC 274 Svetlo a osvetlenie založením pracovnej skupiny WG3 “Maintenance Factor” (udržiavací činiteľ). Na činnosti pracovnej skupiny WG3 participuje Medzinárodná komisia pre osvetlenie CIE prostredníctvom technickej komisie JTC 11. Cieľom spolupráce je vytvoriť spoločnú technickú špecifikáciu ISO/CIE s názvom “Svetlo a osvetlenie – určenie udržiavacieho činiteľa – spôsob aplikácie”. Teda nie technickú normu. Okrem toho dokument sa bude zameriavať len na určenie udržiavacieho činiteľa a nie údržbu osvetľovacích sústav všeobecne (ako je to v súčasných dokumentoch CIE) a bude (pretože musí) plne rešpektovať metodiku zakotvenú v súčasných smerniciach CIE 97 a CIE 154. To je zároveň aj najväčší kameň úrazu celej aktivity – nerieši zastaralosť metodiky, nerieši jej aktualizáciu a v zásade neprináša nové prístupy v tejto oblasti.

Potreba medzinárodného dokumentu ISO v oblasti udržiavacieho činiteľa je nespochybniteľná. Súčasne však treba riešiť aj aktualizáciu metodiky a tu sa ISO plne spolieha na vedecký potenciál CIE. V súčasnosti (september 2017) je pripravený návrh založenia novej prierezovej technickej komisie CIE JTC s participáciou divízií 3 a 4, ktorej úlohou bude vypracovanie jednotnej metodiky pre údržbu vnútorných aj vonkajších osvetľovacích sústav, teda aktualizácia a zlúčenie obsahu smerníc CIE 97 a CIE 154 do novej smernice CIE.

2 Podstata udržiavacieho činiteľa, jeho zložky a štruktúra

Všetky osvetľovacie sústavy sa od okamihu uvedenia do prevádzky postupne znehodnocujú (obr. 1). Straty sú spôsobené usadzovaním nečistôt, starnutím svetelných zdrojov a svietidiel atď. Ak tento jav nebudeme brať do úvahy, úroveň osvetlenia sa postupne zníži na veľmi nízke hodnoty, osvetľovacia sústava sa stane energeticky neúčinnou a neestetickou. Keďže znižovanie úrovne osvetlenia je postupné, užívatelia priestoru ho nemusia registrovať. To však za nejaký čas môže vyvolávať zrakovú únavu, zvýšiť chybovosť a dokonca aj úrazy. Časovú stratu svetelného toku treba odhadnúť už v etape projektovania osvetľovacej sústavy a do výpočtu zahrnúť príslušnú opravu vo forme udržiavacieho činiteľa. Svetelnotechnický projekt musí byť vypracovaný tak, aby bral do úvahy celkový udržiavací činiteľ vypočítaný pre zvolenú osvetľovaciu sústavu, dané prostredie a stanovený plán údržby. Udržiavací činiteľ závisí od pracovných charakteristík svetelných zdrojov a predradníkov, svietidiel, charakteru prostredia a plánu údržby.



Obr.1 Zmena osvetlenosti v priebehu života osvetľovacej sústavy:

Príklad pre priemyselné svietidlo s horným reflektorom pre lineárnu žiarivku pri individuálnej výmene svetelných zdrojov

A: krivka starnutia povrchov miestnosti (činitele odrazu stropu/stien/podlahy sa uvažujú 70 % / 50 % / 20 %, svetelný tok do dolného polpriestoru $\Phi_D = 0$, čisté prostredie)

B: krivka starnutia svetelného zdroja (žiarivka s trojpásmovým luminoforom, prevádzka s vysokofrekvenčným predradníkom)

C: krivka starnutia svietidla (svietidlo konštrukčného typu C – s horným krytom bez vetrania, čisté prostredie)

D: krivka neudržiavanej osvetľovacej sústavy

Vratné zmeny sa dajú zlepšiť rutinnou údržbou. V pláne údržby je potrebné presne špecifikovať tieto zmeny a spôsob ich odstránenia (vrátane časového plánu). Súčasne je potrebné určiť veľkosť týchto zmien medzi cyklami údržby a vypočítané (alebo namerané) údaje osvetlenosti alebo jasu upraviť tak, aby v každom čase počas celej deklarovanej menovitej životnosti osvetľovacej sústavy boli dodržané minimálne požiadavky na parametre osvetlenia. Preto normatívne alebo návrhové parametre osvetlenia nazývame “udržiavanými” – ide o udržiavanú osvetlenosť E_m alebo udržiavaný jas L_m (túto skutočnosť vyjadruje index “m” ako “maintained”). Vratné zmeny sa ako relatívne samostatné zložky podieľajú na celkovom udržiavacom činiteli, súhrnne vyjadrujúcom veľkosť týchto zmien. **Udržiavací činiteľ f_M** (*Maintenance Factor*, MF) sa skladá z týchto zložiek:

- činiteľ starnutia svetelných zdrojov f_{LLM} (*Lamp Luminous Flux Maintenance Factor*, LLMF)
- činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov f_{LS} (*Lamp Survival Factor*, LSF)
- činiteľ znečistenia svietidiel f_{LM} (*Luminaire Maintenance Factor*, LMF)

- činiteľ znečistenia povrchov miestnosti f_{RSM} (*Room Surface Maintenace Factor*, RSMF)

Udržiavací činiteľ MF sa vypočíta súčinom jeho jednotlivých zložiek:

$$f_M = f_{LLM} \cdot f_{LS} \cdot f_{LM} \cdot f_{RSM} \qquad (1)$$

Udržiavací činiteľ sa musí stanoviť pre zvolené svetelnotechnické zariadenia, dané prostredie a stanovený plán údržby. Udržiavací činiteľ má zásadný vplyv na energetickú účinnosť osvetľovacej sústavy. Predpoklady použité na stanovenie hodnoty udržiavacieho činiteľa musia by optimalizované tak, aby viedli k jeho vysokým hodnotám. Všetky predpoklady však musia byť zdokumentovateľné a obhájiteľné. Ak sa udržiavací činiteľ podcení, na konci obdobia medzi údržbami nebudú dosiahnuté normou požadované (alebo návrhové) parametre osvetlenia. Ak sa naopak precení, výsledkom budú neodôvodnené vysoké investičné a prevádzkové náklady osvetlenia.

Vzťah (1) platí pre vnútorné osvetľovacie sústavy. Pre vonkajšie osvetľovacie sústavy platí redukovaný vzťah so zložkami LLMF a LMF. Činiteľ funkčnej spoľahlivosti sa neuplatňuje, pretože pri lineárnych štruktúrach (akými sú cesty, ulice, chodníky a pod.) nie je možné akceptovať výpadok jedného svietidla, ktoré by lokálne spôsobilo narušenie rovnomernosti osvetlenia a v podstate tmavé miesto. Činiteľ RSMF sa neuplatňuje, pretože vo vonkajšom prostredí neexistujú steny a strop. Tieto úvahy sú v súčastnosti už prekonané. Vonkajšie osvetlenie je rozmanitejšie ako len lineárne geometrie, i keď výpadok celého svietidla je naďalej nežiaduci; svietidlá však môžu pozostávať z väčšieho počtu LED čipov, kde zlyhanie jednotlivých čipov sa čiastočne akceptovať dá. Čo sa týka povrchov, tie sú súčasťou tunelov, podchodov, podjazdov atď., preto sa tiež musí uvažovať.

Nevratné zmeny sú vlastné osvetľovacej sústave a nedajú sa zlepšiť bežnou údržbou alebo nie je ekonomické ich zlepšovať. K nevratným zmenám patrí napr. starnutie a degradácia materiálov (žltnutie a matnutie plastov, korózia kovových povrchov, strata odrazivosti hliníkových plechov atď.). Pokladajú sa za všeobecne nevýznamné (< 3%), ale pri vypracúvaní projektovej dokumentácie osvetľovacej sústavy ich treba zohľadniť spolu s plánom údržby a s výberom zariadenia pre dané prostredie.

Existujú tiež prípady, keď sa vplyv prostredia výrazne podpisuje na degradácii materiálov svetelnočinných častí svietidiel. Ide napríklad o svietidlá prevádzkované v špinavom a mastnom prostredí, kde sa častice prachu a oleja pod vplyvom vysokej teploty svetelného zdroja zapečú do povrchu reflektora či difúzora. Bežnými postupmi údržby tieto zmeny nie je možné odstrániť. Niekedy je riešením výmena svetelnočinných častí na náhradné diely, čo ale musí byť podložené technicko-ekonomickým výpočtom. Ináč je potrebné plánovať kratšiu životnosť svietidla alebo akceptovať trvalé zníženie svetelného toku svietidla, ktoré sa časom môže spomaliť až ustáliť.

V súčasnosti musíme k nevratným zmenám zaradiť aj zmeny svetelného toku LED zdrojov, ktoré nie sú vo svietidlách vymeniteľné. Pokles svetelného toku LED a ich funkčnú spoľahlivosť musíme preto vztiahnuť na predpokladanú (menovitú) životnosť LED svietidla. Tým sa však mení filozofia doterajších prístupov pri stanovení udržiavacieho činiteľa.

V zmysle platných smerníc CIE nevratné zmeny nie sú súčasťou udržiavacieho činiteľa, pretože v rámci menovitej životnosti sa údržbou v zásade nedajú riešiť (okrem výmeny častí).

Vzhľadom na uvedený charakter LED zdrojov a svietidiel jednak nemôžeme tieto zmeny ignorovať a tiež nie je vhodné zmeny svetelného toku rozbiť na viacero činiteľov; preto by mali byť súčasťou udržiavacieho činiteľa, s čím uvažuje aj pripravovaná technická špecifikácia ISO/CIE. V rámci revízie smerníc CIE bude potrebné zvážiť, či termín "udržiavací činiteľ" nenahradiť vhodnejším termínom, napríklad "činiteľ starnutia" DF (angl. *Depreciation Factor*).

Na úroveň osvetlenia majú vplyv aj ďalšie **prevádzkové vplyvy**, ktoré s údržbou nesúvisia. Ide napríklad o napätie v svetelnom obvode a teplotu prostredia. Tieto vplyvy môžu mať pritom stochastický aj predikovateľný charakter. Pri napätí môže ísť o úbytok napätia v obvode pri známej vzdialenosti od zdroja napájania (treba napríklad zohľadniť trvalé podpätie v sieti pri väčšej vzdialenosti od trafostanice), podobne sa dá zohľadniť trvale/dlhodobo predpokladaná zvýšená alebo znížená teplota prostredia. Náhodné zmeny ako je kolísanie napätia či krátkodobé prevádzkové fluktuácie sa vyhodnocujú ťažšie. Prevádzkové vplyvy môžu vyvolať nielen pokles svetelného toku oproti menovitej hodnote, ale aj jeho vzrast.

Prevádzkové vplyvy, ktoré nesúvisia s údržbou osvetľovacej sústavy, nie sú súčasťou udržiavacieho činiteľa. Takisto nie sú v súčasnosti riešené žiadnym medzinárodne platným dokumentom. Bolo by vhodné uvažovať o ich štandardizácii a o zavedení súhrnného činiteľa podobného udržiavaciemu činiteľu, napríklad s názvom "prevádzkový činiteľ" OF (angl. *Operational Factor*).

3 Činiteľ starnutia a činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov

Postupné znižovanie svetelného toku aj možnosť predčasného zlyhania počas života vykazujú všetky druhy svetelných zdrojov. Činiteľ starnutia svetelných zdrojov LLMF a činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov LSF je potrebné určiť z príslušných kriviek, ktoré poskytuje výrobca svetelných zdrojov. Údaje sú zvyčajne dostupné v tabuľkovej forme pre obmedzený výber prevádzkových časov, v prípade potreby sa však údaje dajú interpolovať. Údaje sú zverejnené napríklad na internete alebo sú implementované do výpočtového programu pre návrh osvetlenia.

V prípade LED zdrojov sa nepredpokladá ich pravidelná výmena, preto sa údaje o poklese svetelného toku pre kratšie prevádzkové časy zvyčajne neuvádzajú alebo nie sú bežne dostupné. Miesto toho sa charakterizuje pokles svetelného toku na konci života LED zdroja alebo naopak, stanovuje sa menovitá životnosť zdroja pre vopred definovaný pokles svetelného toku. Podobne to platí aj pre funkčnú spoľahlivosť LED zdrojov. Medzinárodné štandardy zatiaľ zavedené nie sú. Na celom svete sa akceptujú normy Severoamerickej svetelnotechnickej spoločnosti IESNA, a to IES LM-79[5], LM-80[6] a TM-21[7]. Vzhľadom na veľmi dlhú životnosť (cca 100 000 hodín) sa metodika merania životnostných parametrov opiera o akceleračné testy a následnú extrapoláciu údajov. Používajú sa tieto životnostné parametre:

- **Životnosť poklesu svetelného toku (L)**: koniec života sa dosiahne vtedy, keď svetelný tok zdroja bude na úrovni xx % počiatočnej hodnoty svetelného toku (napr. L80 alebo L70) (*Lumen Depreciation Lifetime*).

- **Životnosť spoľahlivosti svetelného toku (B)** predstavuje časový interval, po uplynutí ktorého yy % svetelných zdrojov bude mať svetelný tok menší ako parameter Lxx (napr. B50) (*Lumen Maintenance Lifetime*).
- **Životnosť elektrickej spoľahlivosti (F)** predstavuje časový interval, po uplynutí ktorého zz % svetelných zdrojov zlyhá úplne, t.j. nebude vôbec svietiť (napr. F10) (*Electrical Failure Lifetime*)

Keďže spoľahlivostné parametre sa viažu na konkrétny pokles svetelného toku, uvedené životnostné parametre sa musia uvádzať kombinovane, napríklad L80 B50, L70 B50 F10 a pod.

Funkčná spoľahlivosť svetelných zdrojov sa doteraz neuplatňovala vo vonkajších osvetľovacích sústavách, kde sa používajú najmä jednozdrojové svietidlá a kde výpadok svietidla má výraznejší vplyv na rozloženie intenzity osvetlenia alebo jasu na porovnávacej rovine (svetlo je výrazne smerované, neodráža sa od stien a stropu). So zložkou udržiavacieho činiteľa LSF publikácia CIE 154 preto neuvažuje. S príchodom viaczdrojových LED svietidiel sa však situácia mení a za určitých podmienok sa dá uvažovať s menšími predčasnými zlyhaniami. Zlyhanie jedného LED zdroja však nesmie spôsobiť nefunkčnosť celého svietidla a nesmie sa výrazne narušiť rozloženie svetelného toku zo svietidla. Týmto podmienkam vyhovujú svietidlá s väčším počtom LED zdrojov, ktoré sa skladajú z viacerých rovnocenných LED modulov.

Nevýhodou životnostných parametrov L, B a F je, že predstavujú len jednu uzlovú hodnotu a nie krivku poklesu svetelného toku počas života. Udávajú životnosť v hodinách pre stanovený pokles svetelného toku a nie naopak, ako je to bežné pri stanovení udržiavacieho činiteľa. A napokon udávajú životnosť pre značný pokles svetelného toku 30 % pri L70 resp. 20 pri L80, pričom pre moderné svetelné zdroje sa v posledných rokoch zaužívali oveľa nižie hodnoty pri trojročných resp. štvorročných cykloch výmeny svetelných zdrojov. Ak majú moderné LED zdroje konkurovať tradičným výbojkám, musia mať aj podobné životnostné charakteristiky – ináč propagovať 20-ročnú životnosť a súčasne porovnávať ich merný výkon nie je korektné. V súčasnosti sa už pri kvalitnejších výrobkoch zlepšujú tak parametre LED zdrojov a svieidiel, ako aj spôsob ich uvádzania. Prednostne sa uvádza parameter L90 a uvádzajú sa viaceré uzlové parametre L (napr. L90, L80, L70).

Pri LED svietidlách nesmieme zabúdať na životnostné parametre predradníkov, pretože ich spoľahlivosť je nižšia ako spoľahlivosť LED zdrojov. Činiteľ funkčnej spoľahlivosti svietidla preto musí zahŕňať aj funkčnú spoľahlivosť predradníka alebo pre predradník zaviesť samostatný činiteľ. Výrobcovia predradníkov v súčasnosti už začínajú uvádzať spoľahlivostné parametre.

Pri aktualizácii smerníc CIE treba do metodiky určenia udržiavacieho činiteľa zapracovať všeobecne uznávané životnostné parametre podľa noriem IESNA a zosúladiť ich so zložkami LLMF a LSF pre tradičné svetelné zdroje. Tie sa ešte v existujúcich svietidlách budú používať najmenej 20 rokov a udržiavací činiteľ potrebujeme stanoviť aj pri meraní existujúcich osvetľovacícj sústav.

4 Činiteľ znečistenia svietidiel

Činiteľ poklesu svetelného toku vplyvom znečistenia svietidla LMF sa v publikáciách CIE uvádza tabuľkovou formou v závislosti od miery znečistenia prostredia, konštrukčnej kategórie svietidla a intervalov čistenia. Aktuálne publikácie CIE 97 a CIE 154 boli síce vydané po roku 2000, údaje LMF v nich uvedené však pochádzajú z oveľa dávnejších období, 60-tych až 80-tych rokov 20. storočia. V dnešných podmienkach sú tieto údaje takmer nepoužiteľné, veď pri želaných (preferovaných) cieľových hodnotách udržiavacieho činiteľa okolo f_M = 0,8 už len zložka LMF ukrojí príliš veľký podiel. Napríklad pri trojročných cykloch čistenia svietidiel v normálnom prostredí a pre bežné konštrukčné typy svietidiel tabuľka uvádza f_{LM} = 0,6 až 0,8. Dnešné pracoviská sú oveľa čistejšie tak v priemysle, ako aj v administratíve (klimatizované miestnosti). Prísnejšie požiadavky na čistotu ovzdušia sú aj vo vonkajšom prostredí, napríklad na pozemných komunikáciách vyššie intenzity premávky kompenzujú podstatne nižšie emisie výfukových plynov, vo všeobecnosti nižšia je aj prašnosť od prejazdu vozidiel. To sa zatiaľ v hodnotách zložky LMF neodráža.

Prekážkou aktualizácie údajov LMF v publikáciách CIE je zatiaľ nedostatok publikovaných výsledkov z meraní znečistenia svietidiel, ktoré boli vystavené rôznym podmienkam prostredia. Dostupné údaje od prevádzkovateľov osvetľovacích sústav a od výrobcov svietidiel (ktorí takéto sledovania takisto realizujú) je potrebné skonsolidovať. Dá sa však uvažovať aj odlišný prístup: podobne ako pri svetelných zdrojoch, aj pri svietidlách sa určenie zložiek LMF pre rôznu čistotu prostredia dá položiť na plecia výrobcov svietidiel. Meraniu by sa musel podrobiť každý typový rad svietidla, merania sa by sa prípadne mohli zosúladiť so skúškami na stupeň krytia svietidla IP[8]. Musia sa však definovať presné podmienky a postupy takýchto skúšok. Na druhej strane získané údaje by boli veľmi presné pre konkrétny typ (typový rad) svietidla – so zohľadnením jeho konkrétnej konštrukcie, čo sa týka spôsobu prúdenia prachu okolo svietidla v daných termomechanických podmienkach, adhézie prachu a nečistôt na povrchu svetelnočinných častí a pod. Zavedením metódy merania sa dá vyhnúť uvádzaniu tabuľkových hodnôt LMF, ktorých je nedostatok; tie sa potom dajú poskytnúť napr. v podobe typických hodnôt pre vybrané prípady v prílohovej časti smernice CIE.

Stále však zostáva problém dostatočného definovania čistoty prostredia. Tá je v súčasnosti v publikáciách CIE popísaná len vágne. Pre vnútorné osvetľovacie sústavy sa rozlišujú štyri kategórie (veľmi čisté, čisté, normálne, znečistené) iba prostredníctvom typických príkladov. Pre vonkajšie prostredie sa rozlišujú tri kategórie uvedené príkladmi a hodnotami suspenzie prachových častíc vo vzduchu takto:

- vysoké znečistenie (> 600 µg/m^3)
- stredné znečistenie (150 – 600 µg/m^3)
- nízke znečistenie (≤ 150 µg/m^3)

Takéto rozsahy hodnôt suspenzie sú v dnešných podmienkach neaplikovateľné – limitné hodnoty častíc PM10 z hľadiska ochrany ovzdušia sú výrazne nižšie! Chýba tu nadväznosť aj na ďalšie dôležité normy ako je STN 33 2000-5-51[9] pre vonkajšie vplyvy v nadväznosti na normu STN EN 60721-3-3[10] určujúcu klasifikáciu podmienok prostredia v miestach chránených pred poveternostnými vplyvmi (vnútorné prostredie) a normu STN EN 60721-3-4[11] určujúcu klasifikáciu podmienok prostredia v miestach nechránených pred

poveternostnými vplyvmi (vonkajšie prostredie). Pripomeňme, že vonkajšie vplyvy sa určujú protokolárne, sú východiskovým podkladom pre návrh elektroinštalácie a môžu rovnako dobre slúžiť ako podklad pre návrh osvetlenia, buď v rámci samostatnej dokumentácie alebo ako súčasť projektu elektroinštalácie. Z hľadiska prašnosti prichádzajú do úvahy tieto vonkajšie vplyvy definované nielen suspenziou prachu (v mg/m^3), ale aj jeho sedimentáciou (usádzaním) na povrchoch (v mg/m^2):

- **AE4:** malá prašnosť (10 - 35 mg/m^2, 5 mg/m^3)
- **AE5:** stredná prašnos (35 - 350 mg/m^2, 15 mg/m^3)
- **AE6:** silná prašnosť (350 – 1 000 mg/m^2, 20 mg/m^3)

Bolo by nepochybne dobré vybudovať nadväznosť kriviek LMF na systém vonkajších vplyvov. V praxi sa prašnosť resp. znečistenie prostredia dá zisťovať meraním. Bude sa však musieť vyriešiť viacero súvisiacich otázok ako napríklad znečistenie inými polutantmi ako prachom a ich vplyv na svetelnočinné časti svietidiel (v špecifických priemyselných prostrediach), sedimentácia prachu na povrchoch svietidiel v hornej časti priestoru líšiaca sa od sedimentácie na horizontálnom povrchu v dolnej časti priestoru, vplyv prachu na zníženie účinnosti chladenia LED zdrojov atď.

Zaprášenie vysokoodrazných optických častí svietidla ako sú reflektory alebo mriežky spôsobuje okrem zníženia svetelného toku aj zmenu jeho prerozdelenia. Toto súčasná metodika vôbec nezohľadňuje! Pritom v niektorých prípadoch môžu byť dopady veľmi významné. Môže ísť napríklad o sústavy verejného osvetlenia s pološirokou až veľmi širokou krivkou svietivosti alebo o osvetlenie kancelárií s mriežkovými svietidlami s motýlikovou krivkou svietivosti. Pôvodná krivka svietivosti sa deformuje a mení smerom k lambertovskej, kosínusovej – tým viac, čím väčšia je vrstva prachu na svetelnočinných častiach. V prípade LED svietidla pre verejné osvetlenie sa prachom pokrývajú šošovky LED zdrojov, pri mriežkových svietidlách mriežka takisto nie je nijako chránená pred usadzovaním prachu. V novej metodike bude potrebné tento dôsledok zaviesť – buď do LMF alebo do samostatnej zložky, čo ešte treba patrične zvážiť.

5 Činiteľ znečistenia povrchov miestnosti

V publikácii CIE 97 sa zložka RSMF uvádza v závislosti od činiteľov odrazu všetkých hlavných povrchov (steny, strop, podlaha), rozloženia svetelného toku nainštalovaných svietidiel (tri stupne – priame, zmiešané a nepriame) a stupni znečistenia prostredia (štyri kategórie čistoty). Pre čistotu prostredia platia približne rovnaké úvahy ako pri zložke LMF pre svietidlá (pozri vyššie), rozdiely sú v adhézii prachu na povrchy miestnosti a sedimentácii prachu na rôzne časti týchto plôch v miestnosti (stredy stien, kúty).

Publikácia CIE 97 vôbec nerieši vplyv tvaru miestnosti na hodnotu RSMF, údaje uvádza paušálne pre faktor tvaru k = 2,5, čo je miestnosť tvaru kvádra s vyrovnaným pomerom jednotlivých strán. Je však viac než zrejmé, že vplyv úzkych vysokých miestností bude úplne iný ako v prípade veľkoplošných miestností bežnej výšky – tam bude vplyv stien v skutočnosti zanedbateľný a použitím hodnôt RSMF z publikácie CIE 97 zbytočne predimenzujeme osvetlenie. Aj klasifikácia osvetlenia na priame, zmiešané a nepriame je nadmerne zjednodušená a nezohľadňuje skutočnú mieru využitia povrchov miestnosti pri odraze svetla od svietidiel.

Činiteľ znečistenia povrchov miestnosti RSMF sa jednoznačne viaže na údržbu. Z praktických dôvodov však stojí za úvahu, či by nebolo lepšie zahrnúť znečistenie povrchov priamo do hodnoty odrazivosti – takýto prístup by dával aj presnejšie výsledky. To by znamenalo vylúčiť zložku RSMF z udržiavacieho činiteľa MF.

6 Udržiavací činiteľ pri meraní parametrov osvetlenia

Meraním osvetlenosti alebo jasu v danom čase sa zisťuje aktuálny stav osvetľovacej sústavy pri uvedení do prevádzky (kolaudácii) alebo počas života, teda niekedy v čase medzi jej uvedením do prevádzky a koncom života. Cieľom merania zvyčajne býva overiť skutočné parametre osvetlenia v porovnaní s návrhovými parametrami alebo s požiadavkami príslušných predpisov a noriem. V oboch prípadoch ide o udržiavanú osvetlenosť alebo jas, zodpovedajúce stavu osvetľovacej sústavy na konci života. Aby sme uvedené hodnoty mohli porovnať, je potrebné upraviť namerané údaje o korekčný činiteľ údržby c_M, ktorý sa vo všeobecnosti líši od udržiavacieho činiteľa f_M. Udržiavaná hodnota nameranej osvetlenosti E_m sa potom vypočíta zo skutočnej nameranej hodnoty takto:

$$E_m = E_A.c_M = E_A \frac{f_{M,E}}{f_{M,A}} \tag{2}$$

kde

E_m je udržiavaná hodnota nameranej osvetlenosti (lx);

E_A je skutočná hodnota nameranej osvetlenosti (lx);

c_M je korekčný činiteľ údržby;

$f_{M,A}$ je udržiavací činiteľ pre aktuálny stav osvetľovacej sústavy;

$f_{M,E}$ je udržiavací činiteľ pre konečný stav osvetľovacej sústavy na konci života.

Podobne sa vypočíta udržiavaná hodnota nameraného jasu L_m.

Udržiavací činiteľ pre stav osvetľovacej sústavy v čase merania sa určuje vzhľadom na počiatočný stav osvetľovacej sústavy alebo na stav zodpovedajúci času poslednej vykonanej údržby a môže byť rôzny pre jednotlivé zložky udržiavacieho činiteľa.

V praxi sa často stretávame s tým, že pri meraní osvetlenia sa stanoví udržiavací činiteľ rovnakým spôsobom ako pri návrhu osvetlenia, pri zohľadnení daných podmienok. To znamená, že pracovník zodpovedný za meranie určí hodnotu $f_{M,A}$ a touto hodnotou vynásobí nameranú hodnotu osvetlenosti. Alebo určí hodnotu $f_{M,E}$ a aplikuje ju na počiatočný stav osvetľovacej sústavy (ako to robí projektant) a následne touto hodnotu vynásobí nameranú hodnotu osvetlenosti. Prípadne určí hodnotu f_M iným podobným spôsobom. Všetky tieto postupy sú nesprávne. Ako vyplýva zo vzťahu (2), korekčný činiteľ údržby je vždy podielom dvoch činiteľov údržby pre dva stavy osvetľovacej sústavy. A tento podiel sa zjednodušuje, ak:

Meranie sa uskutočňuje pred uvedením do prevádzky (kolaudácii) alebo na začiatku života príp. na začiatku cyklu údržby (po práve vykonanej údržbe v rámci všetkých zložiek) – vtedy sa uplatňuje udržiavací činiteľ v plnej miere ($f_{M,A} = 1$, $c_M = f_{M,E}$).

Meranie sa uskutočňuje na konci cyklu údržby v rámci všetkých zložiek, často po prekročení času na vykonanie údržby (zanedbaná údržba) – vtedy sa korekčný činiteľ údržby neuplatňuje ($f_{M,A} = f_{M,E}$, $c_M = 1$) a nameraná hodnota sa považuje za udržiavanú hodnotu.

Táto metodika je už zahrnutá do návrhu technickej špecifikácie ISO/CIE, po diskusii v pracovnej skupine a po pripomienkovom konaní však ešte môže prejsť úpravami.

7 Záver

Vo svetelnotechnickej praxi má udržiavací činiteľ mimoriadny význam a absencia tak dôležitej normy v tejto oblasti je skutočne citeľná. Veľmi pozitívne treba preto hodnotiť všetky snahy o vypracovanie vhodného normatívneho dokumentu. Predovšetkým ale treba posilniť výskum udržiavacieho činiteľa – je to vďačný námet výskumu, veď otázok a problémov spomenutých v tomto článku je viac než dosť. A dali by sa nájsť ďalšie, o ktorých sa ešte toľko nehovorí – napríklad ako zohľadniť prach pevne usadený v úzkych drážkach prizmatických difúzorov alebo fresnelových šošoviek LED zdrojov, ktorý sa čistením nedá efektívne odstrániť?

Metodiku na určenie udržiavacieho činiteľa je potrebné prebudovať od základov, teda nejde len o kozmetické úpravy. Preto by bolo ideálne, aby sa zmenil aj názov tohto činiteľa. Zahrnúť by sa mali nevratné zmeny, naopak, vylúčiť treba zložku týkajúcu sa povrchov miestnosti. Nový činiteľ by mal byť viazaný priamo na svietidlo. To súčasný udržiavací činiteľ vôbec neumožňuje – stanovuje sa pre celú miestnosť. Doteraz nie je jasné, ako by sa mal určovať, keď sú v miestnosti inštalované rôzne typy svietidiel približne v rovnakom počte – od ktorého konštrukčného typu sa má odvíjať?

Významným krokom pre revíziu smerníc CIE 97 a CIE 154 bude založenie novej technickej komisie JTC, ktoré sa má schváliť na nadchádzajúcom zasadnutí výkonného výboru CIE koncom októbra 2017 v Južnej Kórei. Ak bude založenie schválené, už na kongrese CIE v Južnej Kórei by mala zasadnúť prvýkrát aj táto technická komisia.

Poďakovanie



Zoznam použitej literatúry

[1] CIE 97:2005 Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems (2nd Edition)

[2] CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems

[3] STN EN 12464-1:2012 Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorné pracoviská

[4] Gašparovský, D.: Cestovná mapa pre technickú normalizáciu v oblasti osvetlenia. Světlo 1/2017, s. 39 – 41

[5] IES LM-79:2008 Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products

[6] IES LM-80:2008 Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources

[7] IES TM-21:2011 Lumen degradation lifetime estimation method for LED light sources

[8] STN EN 60529:1993 Stupne ochrany krytom (krytie - IP kód)

[9] STN 33 2000-5-51:2010 Elektrické inštalácie budov. Časť 5-51: Výber a stavba elektrických zariadení. Spoločné pravidlá

[10] STN EN 60721-3-3:1999 Klasifikácia podmienok prostredia. Časť 3: Klasifikácia skupín parametrov prostredia a stupňov ich prísnosti. Oddiel 3: Stacionárne použitie na miestach chránených proti poveternostným vplyvom

[11] STN EN 60721-3-4:1999 Klasifikácia podmienok prostredia. Časť 3: Klasifikácia skupín parametrov prostredia a stupňov ich prísnosti. Oddiel 4: Stacionárne použitie na miestach nechránených proti poveternostným vplyvom

Smart city technológie vo verejnom osvetlení

Roman Dubnička, Mgr., - Lukáš Lipnický, Ing. – Gašparovský Dionýz, PhD. Ing. doc.

STU, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky,
roman.dubnicka@stuba.sk

Abstrakt: Funkcia verejného osvetlenia s ohľadom na účel osvetlenia sa stáva zastaralým prístupom tvorby. So stále sa dynamicky rozvíjajúcimi modernými informačnými a komunikačnými technológiami vzrastá čoraz viac snaha implementovať tieto technológie v rámci verejného osvetlenia ako súčasť koncepcie rozvoja samospráv inteligentných miest a obcí so spoločným názvom tzv. „Smart city" technológia, kde verejné osvetlenie je len jednou súčasťou komplexného systému.

1 Úvod

Verejné osvetlenie je definované ako verejná služba, ktoré má v prvom rade poskytovať službu obyvateľovi a takisto návštevníkovi územného celku, v ktorom je nutné zabezpečiť osvetlenie verejných priestranstiev. To má mať v súlade s legislatívou na území SR na starosti samospráva, ktorá zodpovedá za prevádzku verejného osvetlenia v mestách (obciach). Tieto zásady musia byť zohľadnené, pretože vyplývajú z legislatívy na území SR. Optimalizácia prevádzky a údržby verejného osvetlenia by mala patriť k nosným programom rozvoja verejnoprospešných služieb. Verejné osvetlenie nám poskytuje nepochybne zvýšenie bezpečnosti na cestách, v okolí našich domovov a v neposlednom rade zlepšenie vzhľadu verejných priestranstiev. Popri týchto benefitoch, ktoré nám verejné osvetlenie bezpochyby prináša, vytvára významné výdavky pre samosprávy. Tieto výdavky sú spôsobené najmä tým, že vo veľa prípadoch je neefektívne vyhotovené a zastarané. Preto v posledných rokoch sa stretávame so snahami o renováciu, zefektívnenie a minimalizovanie nákladov na verejné osvetlenie. Za tým stojí výmena svietidiel a aplikovanie riadiacich prvkov verejného osvetlenia, čím sa môže výrazne znížiť spotreba elektrickej energie a tvorba CO_2. Riadiace systémy vo verejnom osvetlení nepochybne tieto ciele umožňujú dosiahnuť samozrejme za podmienky, aby vhodné vizuálne podmienky pre obyvateľstvo ako aj účastníkov cestnej premávky boli dodržané a to správnym návrhom ako aj riadením osvetľovacej sústavy verejného osvetlenia ako takých. Preto neustále tieto je potrebné začleňovať do nových noriem s prihliadnutím aj na svetelnotechnické parametre tak, aby pri návrhu nových alebo pri modernizácií starších osvetľovacích sústav verejného osvetlenia boli dodržaná správna zásada pri použití týchto inovatívnych prvkov riadenia. Ak do tohto konceptu zahrnieme strategické riadenie, pri ktorom sú využívané moderné technológie z oblasti energetiky a služieb, mobility a informatiky pre ovplyvňovanie kvality života v meste, a následne k dosahovaniu hospodárskych a sociálnych cieľov, hovoríme o koncepte inteligentného mesta označovaným pojmom prebraným z anglického jazyka ako „Smart City". Preto v posledných rokoch sa čoraz častejšie objavuje okrem úspornejších svietidiel s inovatívnymi a modernými svetelnými zdrojmi s možnosťou riadenia nová technológia, práve využívajúca komunikačné siete ku inteligentnému riadeniu osvetľovacích sústav verejného osvetlenia v rámci „Smart City" ako aj využitie sústavy verejného osvetlenia pre iné technológie, ktoré zlepšujú kvalitu ako komfort obyvateľov či návštevníkov takého mesta, či už s ohľadom na parkovaciu politiku, odpadové hospodárstvo,

2 Riadenie verejného osvetlenía

Riadenie vo všeobecnosti predstavuje činnosť, pri ktorej sa na základe nastaveného procesu sleduje systém a po zistení odchýlky od požadovaného stavu alebo priebehu je vykonaná požadovaná zmena. V oblasti osvetľovacích sústav rozumieme pod riadením zmenu svetelného toku svietidiel a tým aj vyvolanú zmenu intenzity osvetlenia na základe vstupnej hodnoty, ktorú vygeneroval užívateľ alebo samotný riadiaci systém. Hlavnou požiadavkou na riadenie verejného osvetlenia je, aby popri procese riadenia boli zabezpečené dostatočné kvantitatívne a kvalitatívne parametre svetla práve vtedy, keď je to potrebné. Vhodným riadením možno dosiahnuť úspory elektrickej energie, čím klesajú finančné nároky na prevádzku sústavy verejného osvetlenia. Ako príklad možno uviesť potrebu riadenia verejného osvetlenia, je zníženie svetelného toku svietidiel vtedy, keď je premávka a pohyb chodcov po komunikácii minimálna alebo žiadna, pričom pri zníženej úrovni intenzity osvetlenia musí byť dodržaná vhodná rovnomernosť na uvažovanej komunikácií.

2.1 Riadiace systémy vo verejnom osvetlení

Systémy riadenia verejného osvetlenia sa vyvíjali historicky už od počiatkov verejného osvetlenia. S nástupom elektrifikácie miest a obcí začalo v mestách a neskôr aj v obciach vznikať elektrické verejné osvetlenie. Hneď po jeho nástupe sa na jeho riadenie nainštalovali manuálne spínače alebo neskôr jednoduché už automatizované spínanie verejného osvetlenia za pomoci časových spínačov, ktoré spínali celú alebo časť osvetľovacej sústavy verejného osvetlenia. Následne s príchodom rozvoja elektrotechniky a lepšej dostupnosti jednotlivých elektronických prvkov to boli fotobunky, kde možno povedať boli položené základy riadenia verejného osvetlenia za pomoci optoelektronického člena (fotorezistor), ktorý spínal osvetľovaciu sústavu na základe úrovne intenzity denného osvetlenia (Obr. 1).



Obr.1 Príklad fotobunky ako riadiaci prvok verejného osvetlenia

Ako počiatky inteligentného riadenia, ktoré je aj v súčasnosti veľmi často používané ako prvky na riadenie verejného osvetlenia sú astronomické hodiny. Tieto riadiace systémy možno zaradiť do kategórie inteligentných, pretože pracujú tak, že užívateľ do nich zadá zemepisné súradnice, aktuálny dátum a čas, pričom systém následne vypočíta presnú dobu kedy vychádza a zapadá slnko. Týmto je zabezpečené automatické spínanie osvetlenia bez zásahu človeka a automatické a presné nastavenie času, kedy sa má osvetlenie zapnúť a kedy vypnúť. Princíp



Obr.2 Princíp riadenia spínacieho času verejného osvetlenia astronomickými hodinami

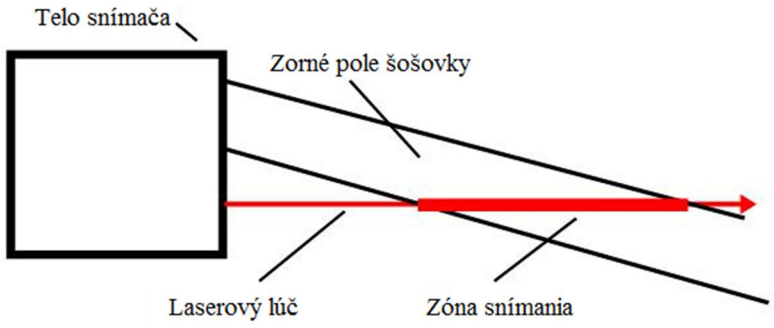
Do astronomických hodín sa postupne pridávali komunikačné kanály, čím vznikla možnosť spínať viac osvetľovacích okruhov súčasne alebo jednotlivo. Jednotlivé kanály sa dajú nastaviť tak, aby určitú časť osvetľovacej sústavy buď úplne vypli, znížili dodávaný príkon (zníženie intenzity osvetlenia) alebo ju nechali zapnutú. Aj keď už možno hovoriť o inteligentnom riadení osvetľovacej sústavy verejného osvetlenia, kde je možné nastaviť systém za použitia vhodných elektronických predradných prístrojoch, ktorý je riadený kontrolérom pripojeným na zbernicu, cez ktorú sa vysielajú riadiace signály do jednotlivých predradných prístrojov svietidiel a tým docieliť riadenie intenzity osvetlenia v každom svietidle pri navrhnutí rôznych riadiacich profilov verejného osvetlenia a , riadiaci systém založený len na astronomických hodinách nezohľadňoval ďalšie požiadavky riadenia osvetľovacej sústavy ako napr. nezohľadňovanie hustoty premávky na komunikácii a aktuálne počasie.

2.2 Snímače riadenia verejného osvetlenia

Na takéto situácie boli postupom času vyvíjané ďalšie elektronické prvky, ktoré tvoria senzory alebo snímače do systému osvetľovacích sústav. Sú to zariadenia, ktoré majú za úlohu sledovať stav určitej fyzikálnej veličiny alebo procesu a na základe zistených údajov správne reagovať, či už okamžite alebo s časovým oneskorením. Možno povedať, že senzory sú určitým druhom prevodníku, pretože často menia jeden druh signálu na iný (optický signál na elektrický, tlak na elektrický signál...). Snímače majú veľké množstvo rôznych vlastností podľa ktorých sa. Najdôležitejšie vlastnosti sú:

- Citlivosť,
- Jednoznačnosť,
- Stálosť,
- Odolnosť voči šumu,
- Frekvenčná závislosť,
- Doba odozvy.

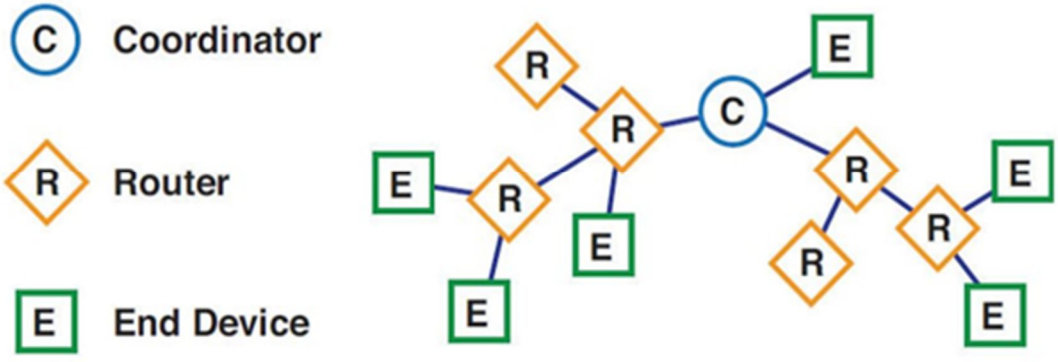
V riadení verejného osvetlenia sa používajú najčastejšie snímače pohybu (aktívne, pasívne), poveternostných podmienok (napr. detektor hmly Obr.3), ale taktiež snímače elektrických veličín.



Obr.3 Princíp riadenia verejného osvetlenia snímačom hmly

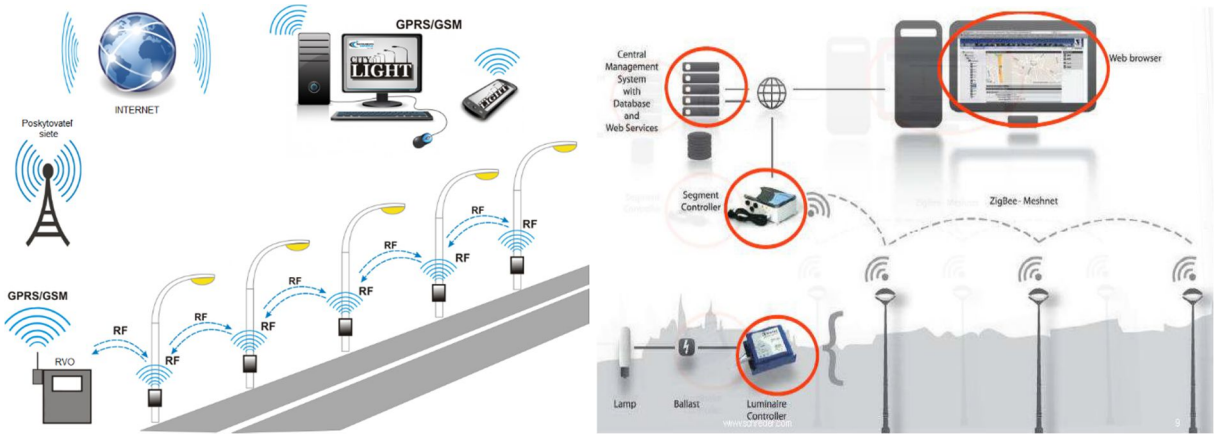
3 Verejné osvetlenie v rámci konceptu „Smart City“

Za pomoci vyššie popísaných riadiacich prvkov možno vhodným prepojením a riadením za pomoci najnovších komunikačných technológií za použitia centralizovaného riadenia pri ktorom sa môže selektívne regulovať výkon a tým svetelný tok jednotlivých svietidiel v osvetľovacej sústave verejného osvetlenia, pričom nastavenia systému sa dajú meniť aj po jeho aplikovaní a tým verejné osvetlenie začleniť do konceptu nazývaného „Smart City“. Na tento účel boli vytvorené štandardizované protokoly, kde komunikačný protokol je súbor štandardných noriem (syntax, synchronizácia) používaných pre komunikáciu cez počítačovú sieť, systém riadenia osvetlenia alebo ich kombinácie. Protokol definuje akou formou je prezentovaná komunikácia, dáta, signály, detekcia porúch a dátový tok medzi riadiacou jednotkou a koncovými zariadeniami. Protokoly môžu byť realizované ako hardvér, softvér alebo kombináciou oboch. V dnešnej dobe trh ponúka veľké množstvo protokolov riadenia osvetlenia, ktoré patria veľkému počtu firiem. Digitálne protokoly môžu byť realizované ako tzv. dvojcestné protokoly, ktoré umožňujú výmenu dát, príkazov medzi svietidlami, predradnými prístrojmi a riadiacou jednotkou. Teda ich hlavnou výhodou je, že ponúkajú spätnú väzbu. Za pomoci týchto protokolov možné potom prepojiť všetky prvky popísané vyššie a tým aktívne riadiť a prispôsobovať parametre osvetľovacej sústavy verejného osvetlenia prostredníctvom komunikačných sietí ako napr. PLC, optická sieť alebo bezdrôtové komunikačné siete. Náčrt topológie takej siete v rámci inteligentného riadenia je možné vidieť na obrázku Obr.4.



Obr.4 Príklad možnej topológie siete riadenia osvetľovacej sústavy verejného osvetlenia

K najnovším technickým možnostiam patria systémy s bezdrôtovým ovládaním verejného osvetlenia. Základným princípom tohto systému je vytvorenie bezdrôtovej siete skladajúcej sa z troch častí. Hlavná časť je koordinátor, ktorý po naprogramovaní riadi celú sieť. Ďalšími časťami sú router a koncové zariadenie v svietidle. Snímače osvetlenia, dopravy a pohybu osôb snímajú a vyhodnocujú pohyb užívateľov. Pri detekovaní pohybu osôb alebo vozidiel, vyšlú signál do koordinátora a ten osvetľovaciu sústavu buď spína alebo vydá pokyn na stmievanie svietidiel. Verejné osvetlenie vybavené takýmto systémom sa dá pohodlne ovládať cez počítač alebo aj cez vzdialený prístup (napr. cez Internet). Týmto spôsobom vieme meniť nastavený program. Svietidlá je možné rozdeliť do nezávislých zón a samostatne ich ovládať. Schéma takéhoto riadenia je načrtnutá na obrázku Obr.5.



Obr.5 Príklady bezdrôtového ovládania verejného osvetlenia

Okrem komunikácie svietidiel v rámci inteligentného riadenia verejného osvetlenia sa mení aj funkcia stožiarov verejného osvetlenia, ktoré vedia v koncepte technológie „Smart City“ niesť aj iné technológie v rámci skvalitňovania prostredia v mestách. Filozofia nosníka osvetľovacích telies pre verejné priestranstvá sa dopĺňajú o technológie pripojenia na bezdrôtové Okrem osvetľovacích telies v portfóliu viacerých výrobcov sa objavujú čoraz častejšie konštrukcie stožiarov, v ktorých je možné namontovať aj ostatné prvky akými sú pripojenie na internet pre obyvateľov mesta, s ohľadom na bezpečnosť kamerový systém, rozhlasové médium, nabíjacie stanice pre elektromobily, pohybové snímače, snímače elektrických veličín v sieti verejného osvetlenia, snímačov pre monitorovanie počasia, čím sa stáva stožiar verejného osvetlenia multifunkčným prostriedkom v rámci konceptu „Smart City“ vyskladaním takého stožiara s jednotlivých modulov podľa potreby užívateľa (Obr.6).



Obr.6 Príklady modulov stožiara verejného osvetlenia v rámci konceptu „Smart City“

4 Záver

V článku bola popísaná filozofia nového prístupu pre nové osvetľovacie sústavy verejného osvetlenia ako aj ich možnosti riadenia ako aj inteligentného riadenia v rámci konceptu „Smart City“ ako jedna súčasť tohto komplexného systému. Je možné vidieť, že s rozvojom nových informačných, komunikačných technológií ako aj technológií v elektrotechnike sa postupne začína nová etapa v rámci návrhu či modernizácie osvetľovacích sústav verejného osvetlenia ako aj funkcie verejného osvetlenia v mestách a obciach, ktoré bude slúžiť nielen pre osvetľovanie verejných priestranstiev, ale v kombinácií s inými technológiami dokáže za pomoci modulárnych systémov poskytovať komplexné služby v rámci konceptu inteligentného mestského prostredia.

5 Poďakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky na základe zmluvy VEGA 1/0640/17 „Sebestačné inteligentné siete a regióny a ich začlenenie do existujúcej elektrizačnej sústavy“.

Literatura a odkazy

[1] Manish, K., Ravinder, K., Ritula, T. 2016: ZigBee Based Smart Street Light Control System Using LabVIEW. In International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. ISSN 2319-8753, 2016, roč.5, č.4, s.50-56

[2] Trog, L.: Nové riešenia energeticky úsporného osvetlenia. In iDB journal. ISSN 1338-3337, 2010, roč.1, č.1, s.36-37

[3] Kunc, J. 2012: Jak ovládat osvětlení. In Světlo. ISSN 1212-0812, 2012, roč. 15, č.1, s. 30-33.

[4] Illuminating Engineering Society. 2011: *Lighting Control Protocol.*

Výsledky evropské kooperace Národních metrologických institutů v rámci projektu „Metrology for Efficient and Safe Innovative Lighting“ programu EMRP.

Petr Kliment, Marek Šmíd

Laboratoře primární metrologie, V Botanice 4, 15000 Praha

Český metrologický institut, Okružní 31, 63800 Brno,

Český metrologický institut se v posledních sedmi letech intensivně účastní výzkumné iniciativy významných evropských Národních metrologických institutů zaměřené na zpřesnění a zefektivnění metrologického zajištění měření fotometrických a obecně světelně technických parametrů nových světelných zdrojů a svítidel založených na technologiích LED/OLED. Všechny projekty se v minulosti soustřeďovaly a i dnes se soustředí na dříve vývoj a dnes implementaci globální normy CIE ISO S025 (Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules). V rámci Evropského programu pro metrologický výzkum (EMRP, European Metrology Research Programme) a následného Evropského programu pro inovace a výzkum (EMPIR, European metrology program for Innovation and Research) se jednalo zejména o projekty EMRP MESaIL a EMPIR PhotoLED.

Projekt EMRP MESaIL řešil v letech 2014-2017 problematiku metrologického zajištění fotometrie LED/OLED světelných zdrojů a svítidel zdrojů v několika hlavních okruzích. V prvním okruhu řešil vývoj přenosových etalonů pro zkušební laboratoře, které mohou být použity jako referenční artefakty nejen pro měření klíčových optických a elektrických parametrů nových produktů LED/OLED, ale také pro validaci měřicích zařízení a sestav. Cílem druhého okruhu bylo vyvinout metrologickou návaznost pro měření komplexních parametrů nových LED/OLED zdrojů, jako je prostorová distribuce světla z velkoplošných OLED zdrojů a ze zdrojů nové generace LED (např. 3D nano-strukturovaná LED a flexibilní Chip on Flex). V neposlední řadě byly řešeny metrologické požadavky pro charakterizace prvků fotobiologické bezpečnosti nových světelných zdrojů a pro hodnocení jejich vizuálního komfortu.

Cílem v současnosti probíhajícího projektu 15SIB07 PhotoLED je řešit zastaralost tradiční technologie etalonových žárovek dosud tradičně používaných při fotometrických kalibracích v době zavádění nových typů svítidel a světelných zdrojů založených na LED/OLED technologiích. Projekt vyvíjí a validuje základ nového fotometrického systému založeného na: a) jednak širokopásmových (bílých) světelných diodách (LED) aplikovaných jako nové kalibrační zdroje, které tak přímo podporují specifické vlastnosti nových LED světelných zdrojů a b) na nových detektorech (fotometrech) pro měření osvětlenosti a svítivosti etalonových LED zdrojů založených na detekčních prvcích bez optických filtrů V (λ). Snížená nejistota měření světelně technických parametrů LED zdrojů je příslibem pro přesnější stanovení měrného výkonu nových světelných zdrojů SSL přicházejících na trh.

Meranie fotometrických parametrov lietadlových signalizačných svietidiel

Roman Dubnička, Mgr., - Lukáš Lipnický, Ing. – Marek Mokráň, Ing.

STU, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, roman.dubnicka@stuba.sk

Abstrakt: Lietadlo ako každý iný dopravný prostriedok musí spĺňať náležitosti osvetlenia pre viditeľnosť a orientáciu ostatných účastníkov leteckej dopravy či už vo vzduchu alebo na zemi. K tomuto účelu slúžia lietadlové signalizačné svietidlá, ktoré sú umiestnené na konci krídel lietadiel s rôznou farbou. Tento článok sa zaoberá určením fotometrických parametrov lietadlových signalizačných svietidiel v laboratórnych podmienkach.

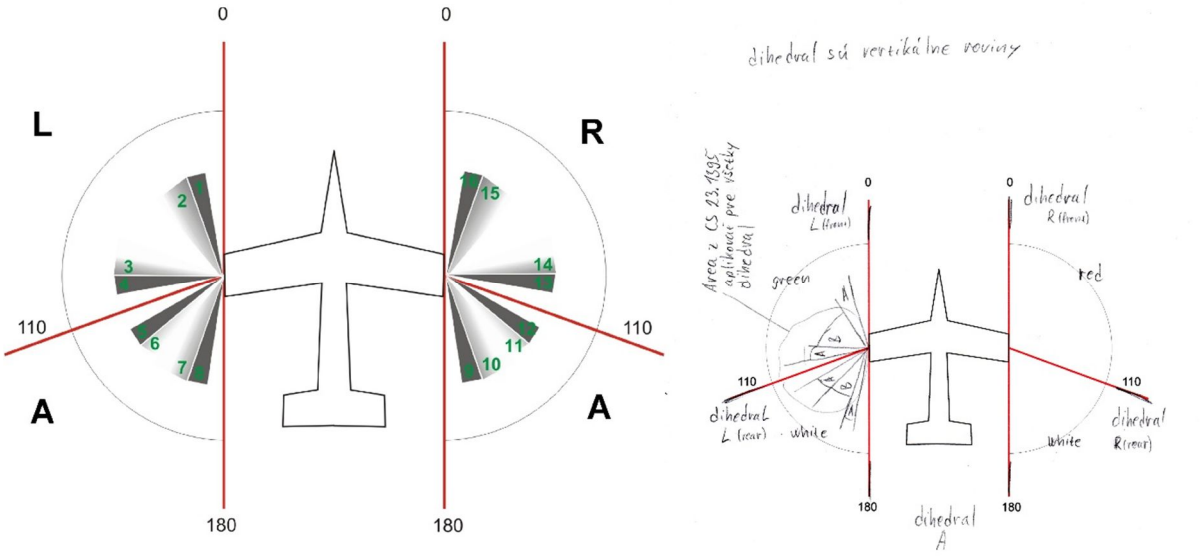
1 Úvod

Letecká doprava patrí stále medzi najbezpečnejšie formy cestovania. Takisto dopravné prostriedky, ktoré sa pohybujú vo vzduchu alebo na zemi a slúžia k preprave osôb alebo materiálu musia byť vhodne byť osvetlené pre ich viditeľnosť za znížených podmienok viditeľnosti (najmä v noci, v hmle a pod.). Preto lietadlá musia byť opatrené signalizačnými svietidlami, farebne rozdielnymi tak, aby bolo možné určiť polohu lietadla a pre identifikáciu pohybu tak vo vzduchu ako aj pohybujúcich sa lietadiel na letisku. Signalizačné lietadlové svietidlá musia spĺňať takisto náležitosti, aby bezpečnosť v leteckej doprave bola zaručená. Tieto podmienky určuje organizácia pre leteckú dopravu EASA (Európska agentúra pre pre bezpečnosť letectva), ktorá je zriadená európskou úniou a v súlade s nariadením európskej komisie pod ňu spadajú aj národné letecké úrady, ktoré tieto predpisy musia byť v súlade s týmto nariadením harmonizované aj v podmienkach jednotlivých členských štátov. Na území SR je týmto úradom Letecký úrad SR, ktorý vydáva povolenie pre užívanie takýchto zariadení v leteckej doprave v súlade s harmonizovanými predpismi EASA. Predpis, ktorý pojednáva o signalizačných lietadlových svietidlách má označenie CS-23 Amdt 4, kde sú popísané požiadavky pre takýto typ svietidiel zahŕňajúc aj fotometrické parametre. V tomto článku sú popísané požiadavky ako aj výsledky merania konkrétnych lietadlových signalizačných svietidiel skúšaných v laboratórnych podmienkach akreditovaného skúšobného laboratória svetelnotechnických zariadení v rámci Skúšobne FEI STU.

2 Požiadavky pre signalizačné svietidlá podľa predpisu CS-23 Amdt 4

Lietadlové signalizačné svietidlá pre osvetlenie lietadiel prešli historicky vývojom za použitia od tradičných žiarovkových svetelných zdrojov ku použitiu moderných LED svietidiel spĺňajúc požiadavky predpisu EASA CS-23 Amdt 4 pre jednotlivé články CS 23.1389, CS 23.1391, CS 23.1393, CS 23.1395, CS 23.1397 a CS 23.1401, ktoré pojednávajú o svetelnotechnických požiadavkách signalizačných lietadlových svietidiel.. Lietadlo musí byť osvetlené týmito svietidlami na umiestnenými na jeho jednotlivé časti tak, aby boli zaručené podmienky dobrej viditeľnosti tohto dopravného prostriedku. Signalizačné svietidlá sú umiestnené na koncoch krídel ako aj v prednej a zadnej časti lietadla, ohraničujúc jeho rozmery. Farebným rozlíšením svietidiel podľa konvencie v leteckej doprave je takisto zabezpečená aj orientácia polohy ako aj pohybu pre ostatných účastníkov v leteckej doprave

s ohľadom na osvetlené lietadlo. Na pravom krídle je namontované svietidlo so zelenou farbou a na ľavom krídle svietidlo so zelenou farbou. Okrem týchto farebných rozlíšení je nutné aby bolo možno prevádzkovať tieto svietidlá aj v režime s bielou farbou, dôležitou pre proti kolíznym situáciám, čo možno konštrukčne dosiahnuť rozdelením svetelnočinných častí svietidiel s rôznou farbou. V tomto predpise sú popísané tak priestorové charakteristiky definované rovinami (Obr. 1), v ktorých sú popísané základné požiadavky pre vyžarovacie charakteristiky dané smerovou fotometrickou veličinou svietivosti v jednotlivých smeroch určených uhlami tak v horizontálnej ako aj vertikálnej rovine rešpektujúc pracovnú polohu svietidiel.



Obr.1 Priestor vyžarovania signalizačného lietadlového svietidla podľa predpisu CS-23

Okrem priestorových charakteristík vyžarovania signalizačných svietidiel musia spĺňať požiadavky pre farbu svetla jednotlivých svetelnočinných častí svietidiel definovaných za pomoci ohraničenia farebného priestoru farebnými súradníc priestoru CIE 1931 (x,y) pre jednotlivé farby (Obr. 2).

(a) *Aviation red* –

"y" is not greater than 0·335; and

"z" is not greater than 0·002.

(c) *Aviation white* –

"x" is not less than 0·300 and not greater than 0·540;

"y" is not less than "x–0·040" or "y°–0·010", whichever is the smaller; and

"y" is not greater than "x+0·020" nor "0·636–0·400x";

Where "y°" is the "y" co-ordinate of the Planckian radiator for the value of "x" considered.

(b) *Aviation green* –

"x" is not greater than 0·440–0·320*y*;

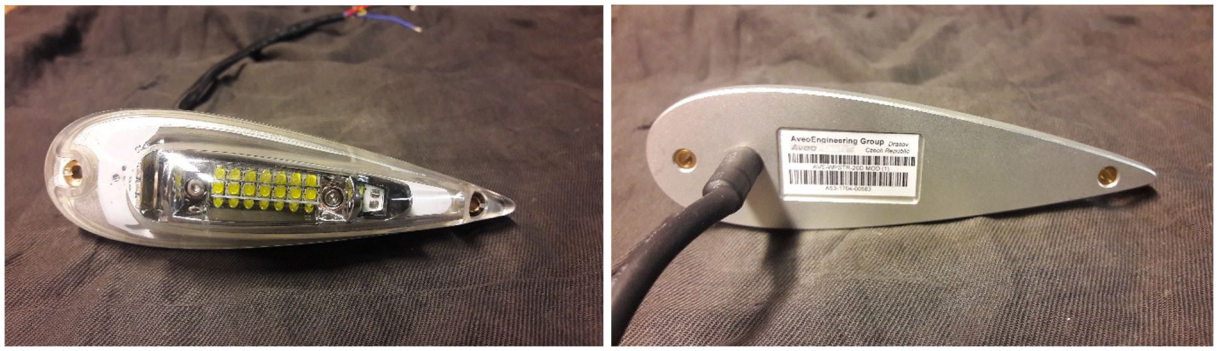
"x" is not greater than y–0·170; and

"y" is not less than 0·390-0·170x.

Obr.2 Tabuľka dovolených hodnôt farebných súradníc x,y pre jednolitvé farby podľa CS-23

3 Meranie svetelnotechnických parametrov signalizačných svietidiel

V rámci svetelnotechnického merania svietivosti a farby svetla boli zmerané 2ks signalizačných lietadlových svietidiel osadených LED svetelnými zdrojmi a rozdelenými svetelnočinnými časťami s rôzym farebným rozlíšením. Vzorky, ktoré boli predmetom merania sú vyobrazené na obrázku Obr.3.



Obr.3 Fotodokumentácia vzorky signalizačného lietadlového svietidla

Meraniebolo vykonané v súlade s normou STN EN 13032-4 pričom vyhodnotenie bolo vykonané podľa predpisu EASA s označením CS-23 Amdt 4 pre svietidlá, ktorým sa ustanovujú podrobnosti a požiadavky pre signalizačné lietadlové svietidlá v podmienkach leteckej dopravy. Svietidlo bolo dodané zadávateľom na skúšku so všetkými súčasťami svietidla pripraveného pred inštaláciou na krídlo lietadla tak, aby bolo možné vykonať skúšku svietidla pri skutočnom stave prevádzky lietadlového signalizačného svietidla. Svietidlo je určené podľa vyjadrenia zadávateľa a špecifikácie výrobcu svietidla ako signalizačné lietadlové svietidlo, ktoré možno prevádzkovať ako trojkombináciu navigačného, pozičného a blikajúceho stretávacieho (proti kolízneho) signalizačného svietidla pre ultraľahké a športové lietadlá.

Pri meraní bol stanovený nasledovný postup:

1. Meranie svietivosti svietidla v definovaných uhloch pre horizontálnu rovinu a vertikálne roviny v súlade s predpisom CS-23 pre zelenú a bielu farbu.

2. Meranie farebných súradníc svietidla x,y farebného priestoru CIE 1931(x,y) pre zelenú a bielu farbu

3. Meranie efektívnej svietivosti v uhloch vyžarovania pod a nad horizontálnou rovinou vyhodnotené podľa vzťahu

$$I_e = \frac{\int_{t1}^{t2} I(t)\mathrm{d}t}{0{,}2 + (t2 - t1)}$$

kde

I_e – efektívna hodnota svietivosti v cd

$I(t)$ – hodnota svietivosti v čase v cd

$(t2 - t1)$ – hodnota časového intervalu záblesku v s

Svietidlo bolo napájané stabilizovaným zdrojom napätia pri úrovni jednosmerného napätia 12V. Vo svietidle boli nainštalované LED svetelné zdroje so červenou, zelenou a bielou studenou farbou s príslušnou optickou časťou pre usmernenie svetelného toku do priestoru zo svetelných zdrojov tak, aby boli splnené požiadavky predpisu CS-23 Amdt 4. Svietivosť svietidla v uhloch definovaného priestoru bola meraná pomocou goniofotometra pre roviny B, na ktorom bolo svietidlo upevnené a boli zmerané svietivosti v jednotlivých uhloch pre predné pozičné svietidlo červenej farby, pozičné zadné svietidlo bielej farby a takisto bola zmeraná efektívna svietivosť v prevádzke blikajúceho stretávacieho svietidla bielej farby, kde priestor vyžarovania svietidla pre roviny L a A (Obr. 1).

Farba	**Červená**	**Farba**	**Červená**	**Farba**	**Zelená**	**Farba**	**Zelená**
Horizontálne roviny L a A				**Horizontálne roviny R a A**			
Uhly	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**
0°	43,9	**95°**	29,6	**0°**	118,4	**95°**	46,8
5°	44,2	**100°**	30,0	**5°**	145,0	**100°**	24,0
10°	48,3	**110°**	15,6	**10°**	142,9	**110°**	6,5
15°	43,3	**120°**	9,0	**15°**	160,9	**120°**	4,5
20°	42,3	**125°**	6,4	**20°**	182,3	**125°**	3,7
25°	40,2	**130°**	4,7	**25°**	139,8	**130°**	3,0
30°	39,5	**135°**	3,8	**30°**	134,1	**135°**	2,1
40°	39,1	**140°**	2,9	**40°**	79,8	**140°**	1,5
50°	37,7	**150°**	1,3	**50°**	84,4	**150°**	1,4
60°	42,1	**160°**	0,6	**60°**	94,5	**160°**	1,1
70°	38,9	**165°**	0,5	**70°**	107,0	**165°**	1,1
75°	39,9	**170°**	0,4	**75°**	110,8	**170°**	0,9
80°	33,0	**175°**	0,1	**80°**	153,3	**175°**	0,0
85°	31,7	**180°**	0,0	**85°**	131,6	**180°**	0,0
90°	33,8			**90°**	87,1		

Tab.1 Namerané hodnoty svietivosti zelená farba v uhloch priestoru R,A pre horizontálne roviny, požiadavka CS 23.1391

Fotometrická vzdialenosť fotometrickej hlavice luxmetra od referenčného stredu každej svietiacej časti svietidla bola 1,509 m, teda do dostatočnej vzdialenosti kde bolo možné uvažovať inverzný štvorcový zákon. Nakoniec boli zmerané kolorimetrické parametre t.j. farba svetla, ktoré vyžarovalo svietidlo za pomoci spektrorádiometra USB2000 farebné

súradnice x,y farebného priestoru CIE 1931 (x,y), ktoré boli porovnané s dovolenými hranicami podľa predpisu CS-23, Amdt 4 (Obr.2). Meranie bolo vykonané po stabilizácií od zapnutia približne 30 minút, kde za pomoci luxmetra bolo možné sledovať stabilitu svetelného toku vyžarujúceho svietidlom.

Farba	**Biela**	**Farba**	**Biela**
Horizontálne roviny R a A			
Uhly	**Svietivosť *I* (cd)**	**Uhly**	**Svietivosť *I* (cd)**
0°	0,3	**95°**	2,9
5°	0,3	**100°**	5,7
10°	0,3	**110°**	29,1
15°	0,3	**120°**	30,8
20°	0,3	**125°**	29,4
25°	0,4	**130°**	27,7
30°	0,4	**135°**	26,5
40°	0,5	**140°**	25,4
50°	0,8	**150°**	33,0
60°	1,1	**160°**	57,9
70°	1,5	**165°**	61,2
75°	1,7	**170°**	56,6
80°	1,9	**175°**	47,1
85°	2,2	**180°**	28,6
90°	2,5		

Tab.2 Namerané hodnoty svietivosti biela farba v uhloch priestoru A pre horizontálne roviny, požiadavka CS 23.1391

Farba	Zelená					
Uhly horizontálne roviny	0°	30°	60°	90°	110°	150°
Uhly vertikálne roviny	Násobky svietivosti / normované pri 0°					
-90°	0,06	0,06	0,06	0,06	1,05	1,12
-80°	0,06	0,08	0,11	0,11	1,52	12,72
-70°	0,15	0,22	0,40	0,41	5,20	11,95
-60°	0,33	0,43	0,50	0,68	4,89	9,04
-50°	0,52	0,57	0,81	0,68	4,18	3,01
-40°	0,67	0,66	0,81	0,76	3,42	2,87
-35°	0,70	0,78	0,90	0,84	3,13	2,42
-30°	0,82	0,91	0,93	0,95	2,64	1,87
-25°	0,88	0,96	0,98	0,77	1,80	1,39
-20°	0,92	0,93	0,97	1,03	1,14	1,32
-15°	0,93	0,95	0,97	0,94	0,97	1,11
-10°	0,95	1,01	0,98	0,72	0,97	1,11
-5°	0,97	1,00	0,99	0,91	0,97	0,87
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	1,04	1,01	1,01	1,01	1,01	0,86
10°	0,98	0,98	1,01	0,77	1,05	1,04
15°	0,97	0,92	0,98	0,91	1,06	1,00
20°	0,93	0,88	0,97	1,05	1,44	1,13
25°	0,88	0,91	0,96	0,83	2,07	1,37
30°	0,82	0,88	0,95	0,97	2,89	1,54
35°	0,86	0,80	0,94	0,88	3,37	1,92
40°	0,80	0,68	0,90	0,79	3,77	2,32
50°	0,59	0,50	0,76	0,75	4,47	5,07
60°	0,38	0,40	0,61	0,84	6,43	10,97
70°	0,18	0,23	0,45	0,43	5,35	14,87
80°	0,08	0,09	0,14	0,13	2,00	15,74
90°	0,06	0,06	0,07	0,07	1,20	9,66

Tab.3 Namerané hodnoty svietivosti pre vertikálne roviny zelená farba podľa požiadavky CS 23.1393

Farba	Červená					
Uhly horizontálne roviny	0°	30°	60°	90°	110°	150°
Uhly vertikálne roviny	Násobky svietivosti / normované pri 0°					
-90°	0,06	0,06	0,18	0,06	0,54	4,51
-80°	0,08	0,08	0,08	0,15	2,22	11,77
-70°	0,11	0,26	0,36	0,63	7,15	14,26
-60°	0,28	0,56	0,58	0,81	6,77	11,77
-50°	0,52	0,72	0,71	0,98	5,46	4,23
-40°	0,76	0,84	0,83	1,04	4,74	2,14
-35°	0,82	0,86	0,85	1,29	4,08	1,97
-30°	0,84	0,90	0,88	1,07	3,10	1,83
-25°	0,92	0,97	0,92	1,17	1,95	1,46
-20°	0,95	0,97	0,94	1,34	1,37	1,29
-15°	1,01	0,98	0,98	0,98	1,07	9,71
-10°	1,05	1,01	0,99	1,10	1,03	1,29
-5°	1,08	1,04	0,99	1,20	1,01	0,89
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5°	1,03	1,00	1,00	1,17	1,01	0,97
10°	1,07	1,01	1,00	1,09	1,01	0,80
15°	1,11	0,99	0,99	1,01	1,02	0,89
20°	1,11	0,93	0,98	1,33	1,26	1,20
25°	1,03	0,93	0,96	1,22	2,42	1,34
30°	0,97	0,91	0,92	1,04	3,26	1,46
35°	0,86	0,87	0,91	1,27	4,16	1,83
40°	0,80	0,82	0,86	1,10	4,74	1,91
50°	0,58	0,74	0,80	1,02	5,72	2,91
60°	0,41	0,57	0,65	0,84	6,96	11,71
70°	0,15	0,33	0,40	0,70	7,75	14,09
80°	0,09	0,13	0,13	0,19	2,88	10,40
90°	0,06	0,06	0,06	0,06	0,68	4,20

Tab.4 Namerané hodnoty svietivosti pre vertikálne roviny červená farba podľa požiadavky CS 23.1393

Farba	Biela			
Uhly horizontálne roviny	110°	150°	170°	
Uhly vertikálne roviny	Násobky svietivosti / normované pri 0°			
-90°	0,18	0,14	0,09	
-80°	0,23	0,21	0,12	
-70°	0,44	0,34	0,25	
-60°	0,67	0,47	0,43	
-50°	0,84	0,60	0,68	
-40°	1,04	0,78	0,97	
-35°	1,34	0,66	1,11	
-30°	0,94	0,98	1,30	
-25°	0,75	1,06	1,28	
-20°	0,93	0,88	1,41	
-15°	1,01	0,82	1,28	
-10°	1,00	0,95	1,02	
-5°	1,00	0,99	1,12	
0°	1,00	1,00	1,00	
5°	1,00	0,95	1,00	
10°	0,95	0,92	1,11	
15°	0,96	0,88	1,06	
20°	0,98	0,73	1,31	
25°	0,84	0,88	1,11	
30°	0,67	1,03	1,09	
35°	0,99	0,69	0,99	
40°	1,37	0,51	0,80	
50°	0,60	0,58	0,53	
60°	0,67	0,47	0,40	
70°	0,49	0,34	0,24	
80°	0,26	0,23	0,13	
90°	0,19	0,17	0,11	

Tab.5 Namerané hodnoty svietivosti pre vertikálne roviny biela farba podľa požiadavky CS 23.1393

Farba	Biela	Farba	Biela
Uhly nad a pod horizontálnou rovinou			
Uhly	Svietivosť I_e (cd)	Uhly	Svietivosť I_e (cd)
90	1,6	**-10**	435,5
80	4,1	**-20**	261,1
75	23,2	**-30**	211,7
60	34,9	**-40**	168,7
50	43,0	**-50**	53,5
40	122,5	**-60**	40,6
30	220,6	**-75**	22,8
20	236,0	**-80**	3,5
10	423,3	**-90**	1,6
0	486,6		

Tab.6 Namerané hodnoty efektívnej svietivosti biela farba nad a pod horizontálnou rovinou, požiadavka CS 23.1401

Farebná súradnica / Zelená	Nameraná hodnota	Výsledok
x	0,1809	*Vyhovuje*
y	0,7121	*Vyhovuje*

Farebná súradnica / Červená	Nameraná hodnota	Výsledok
y	0,2987	*Vyhovuje*
z	0,0020	*Vyhovuje*

Farebná súradnica / Biela	Nameraná hodnota	Výsledok
x	0,3403	*Vyhovuje*
y	0,3540	*Vyhovuje*

Tab.7 Namerané farebné súradnice x,y svietidla pre zelenú, červenú a bielu farbu, požiadavka CS 23.1397

4 Záver

V článku bolo popísané fotometrické meranie signalizačných lietadlových svietidiel pre leteckú dopravu spolu s výsledkami merania za pomoci goniofotometra pre priestorové charakteristiky svietidiel a spektrorádiometra pre meranie farebných súradníc podľa požiadaviek predpisu EASA CS-23 Amdt 4 pre jednotlivé články. Merané signalizačné svietidlá, ktoré boli predmetom merania vyhovovali požiadavkám daného predpisu pre všetky články predpisu, ktoré pojednávajú o svetelnotechnických požiadavkách signalizačných lietadlových svietidiel. Neistota merania svietivosti bola ocenená relatívnou rozšírenou neistotou 7,0 % s koeficientom rozšírenia $k = 2$ za predpokladu normálného rozdelenia čo predstavuje interval pokrytia približne 95%. Neistota bola stanovená v súlade s dokumentami EA-04/02 a MSA-L/11. Neistota merania farebných súradníc x,y bola ocenená rozšírenou neistotou 0,003 s koeficientom rozšírenia $k = 2$ za predpokladu normálného rozdelenia čo predstavuje interval pokrytia približne 95%. Neistota bola stanovená v súlade s dokumentami EA-04/02 a MSA-L/11. Na záver je nutné spomenúť, že merania pre jednotlivé farby musia byť korigované na chybu prispôsobenia filtra V(λ) použitého luxmetra, pričom pri nekorigovaní hodnôt na toto prispôsobenie môže vyplynúť veľká nepresnosť merania. Táto korekcia si pri meraní výrazne prejavila pri meraní červeného svietidla, kde korekcia bola na úrovni desiatok percent z nameranej hodnoty.

5 Poďakovanie

Táto publikácia vznikla za podpory Skúšobného laboratória svetelnotechnických zariadení v rámci Skúšobne FEI STU.

Literatura a odkazy

[1] Predpis EASA, CS-23 Amdt 4, EASA Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes, Júl, 2015

[2] CIE 1996. CIE 121:1996. The Photometry and Goniophotometry of Luminaires. Vienna: CIE

[3] CEN 2016, STN EN 13032-4. Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 4: Zdroje LED, moduly a svietidlá

Metriky podání barev: COLOR FIDELITY INDEX

Michal Vik, doc. Ing. Ph.D., Martina Viková, doc. Ing. PhD., LCAM, TU Liberec, michal.vik@tul.cz, www.tul.cz

Abstrakt: Index podání barev dle CIE, popsaný ve standardu CIE 13.3-1995, zvláště pak obecný index podání barev R_a je široce přijímaný a používaným standardem v průmyslu. Nicméně omezení této metriky, která byla pospána zvláště u polovodičových světelných zdrojů, ukázala, že hodnoty R_a ne vždy korelují s vizuálním hodnocením uživateli. Mezinárodní komise pro osvětlování CIE proto ustavila dva technické výbory TC 1-90 a TC 1-91, které mají za úkol navrhnout nový systém hodnocení kvality umělých světelných zdrojů. Úkolem TC 1-90 bylo definovat index věrnosti barev CFI. V tomto roce byla vydána technická zpráva: CIE 2017 Colour Fidelity Index for accurate scientific use. Jak název napovídá nejedná se o náhradu indexu podání barev R_a. Důvodem je skutečnost, že index věrnosti barev R_f podobně jako obecný index podání barev R_a kombinuje barevné rozdíly jednotlivých vzorků do jedné průměrné hodnoty, což znamená, že nezahrnuje preferenční efekty vnímání. Z tohoto pohledu je nutné konstatovat, že R_f není pro koncového uživatele významně výhodnější metrikou než index podání barev R_a. Tento příspěvek ukazuje možné rozšíření indexu věrnosti barev R_f tak, aby zahrnoval vliv adaptačního jasu a světlosti pozadí.

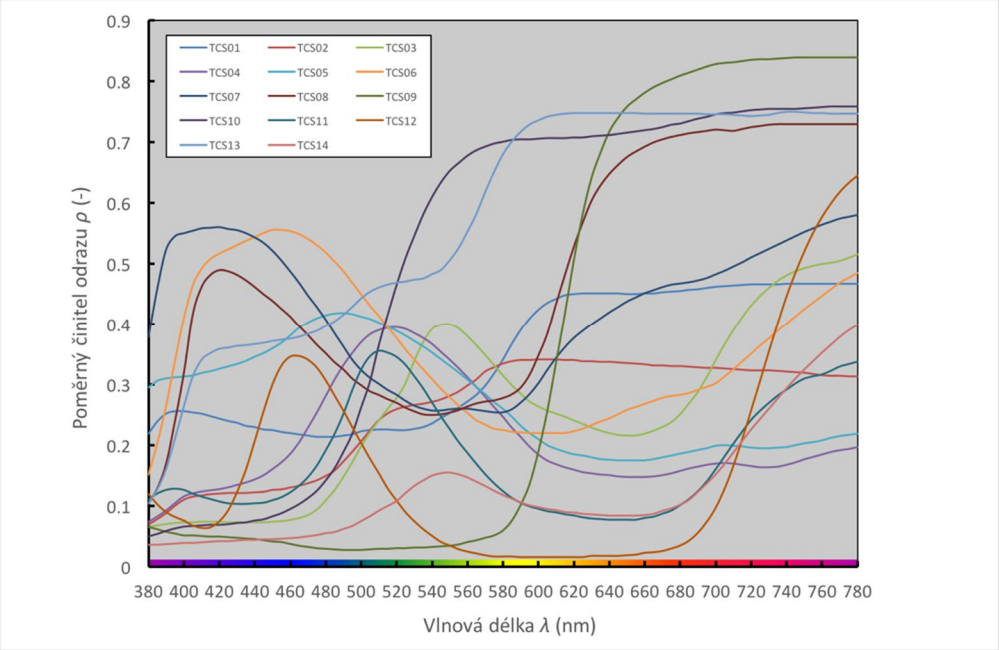
Klíčová slova: kolorimetrie, spektroskopie, index podání barev CRI, index věrnosti barev CFI

1 Úvod

Zrakový systém člověka je přirozeně uzpůsoben vnímání při osvětlení slunečním zářením. Barva umělého světla a jeho poměrné spektrální složení je jiné než denního světla. V případě, že je pro osvětlování použit tepelný zdroj jako například žárovka, není díky polychromatickému charakteru poměrného spektrálního složení zahrnujícímu všechny vlnové délky vizuální části spektra pro pozorovatele problém se na tento světelný zdroj adaptovat. Abychom určili, jaký vliv na podání barev má zdroj s odlišným spektrálním složením (výbojové zdroje, polovodičové zdroje apod.) byla zavedena celá řada metrik podání barev, z nichž nejznámější je **všeobecný index podání barev R_a**.

CIE publikovala první doporučení pro výpočet indexu podání barev v roce 1965 [1]. Metoda, která se nyní používá, byla přijata v roce 1974, jako druhá edice publikace CIE 13 [2], respektive jako třetí edice z roku 1995 [3]. Tato metoda definuje osm základních testovacích vzorků a šest doplňkových, které jsou vybrané z Munsellova atlasu barev, jejichž průběhy spektrálního činitele odrazu jsou zobrazeny v grafu na obrázku 1.

První krok k výpočtu indexu podání barev **R_a** je určení náhradní teploty chromatičnosti testovaného zdroje, následně je počítána poloha testovacích vzorků pod referenčním a testovaným osvětlením. Primárně byla k tomuto účelu používána přibližně rovnoměrná kolorimetrická soustava U*V*W* z roku 1960, resp. 1964 jak ukazuje schéma na obrázku 4. Pro upřesnění je nutno uvézt, že v aktuální revizi je uváděna kolorimetrická soustava CIE L*u*v* 1976, přičemž varianta zápisu 2/3 u souřadnice *v* de facto znamená, že je zde použita stejná lineární transformace jako v případě soustavy U*V*W* s tím, že se tato procedura pouze vztahuje na aktuálně platnou soustavu.



Obr.1 Poměrná spektrální složení odrazu 14 vzorků sady pro výpočet R_a

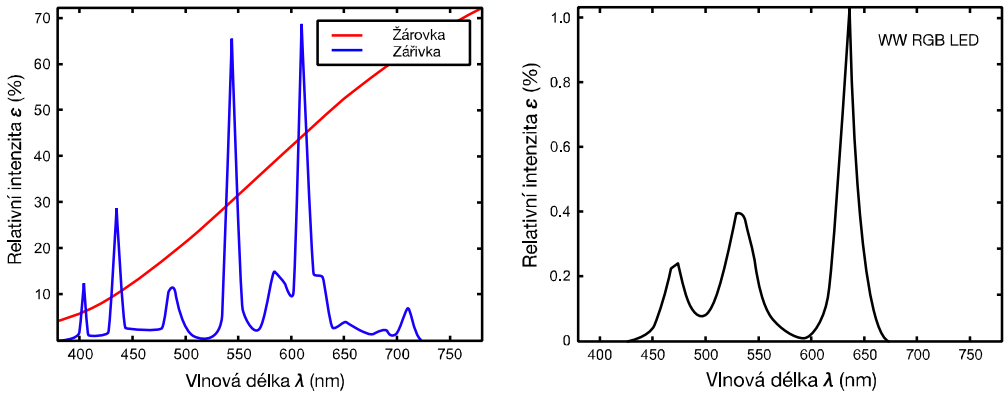
Po určení referenčního zdroje se začnou porovnávat jednotlivé barevné vzorky pod tímto a testovaným zdrojem. Pro každý vzorek jsou vypočteny hodnoty kolorimetrických souřadnic XYZ. Pro zjednodušení zápisu jsou trichromatické složky nahrazeny maticí trichromatických hodnot $\mathbf{T}_i$. Pro $X_i = 1$, pro $Y_i = 2$ a pro $Z_i = 3$. Index *t* patří pro testovaný zdroj, index *r* pro referenční zdroj. Čísla barevných vzorků jsou určena indexem *k* (k = 0, 1, ... 14). Výsledkem jsou dvě matice $\mathbf{T}_{i,k,r}$ a $\mathbf{T}_{i,k,t}$. Následně je využita von Kriesova chromatická adaptace popisující adaptaci pozorovatele na příslušné osvětlení. Nakonec jsou vypočteny barevné rozdíly $\Delta E_{ikr\text{-}t}$ mezi $\mathbf{T}_{i,k,r}$ a $\mathbf{T}_{i,k,t}$ pro k = 1, ... 14 a z nich příslušné indexy barevného podání pro jednotlivé vzorky:

$$\mathbf{R}_{k,t} = 100 - 4{,}6\ \Delta\mathbf{E}_{ikr\text{-}t}. \qquad (1)$$

Pro usnadnění hodnocení podání barev světelných zdrojů a po dalším zjednodušení vznikl obecný index podání barev $\mathbf{R_a}$, což je průměr prvních osmi speciálních indexů podání barev:

$$R_a = 1/8 \sum R_i \qquad (2)$$

Je nutné zdůraznit, že toto průměrování nutně snižuje informace obsažené ve výsledném indexu. Pokud mají dva různé zdroje světla stejný index podání barev, neznamená to, že konkrétní barevné vzorky osvětlené oběma zdroji budou vypadat stejně. Srovnání speciálních indexů podání barev poskytne lepší vhled do podobnosti obou zdrojů, ale i v případě stejných $\mathbf{R_i}$ není jistota, že barevná scéna bude vypadat stejně při osvětlení jedním, a pak druhým zdrojem. Rozdíl se navíc zvětšuje s odchylkou Δuv od průběhu referenčního světelného zdroje. V případě polovodičových světelných zdrojů tak může docházet k situaci, kdy tyto zdroje vykazují významně nižší hodnoty $\mathbf{R_a}$ než výbojové světelné zdroje, pro které byla tato metoda primárně vyvinuta.



Obr.2 Porovnání poměrných spektrálních složení tří světelných zdrojů o náhradní teplotě chromatičnosti cca 3000K: žárovka (R_a=100), zářivka (R_a=72), LED (R_a=27)

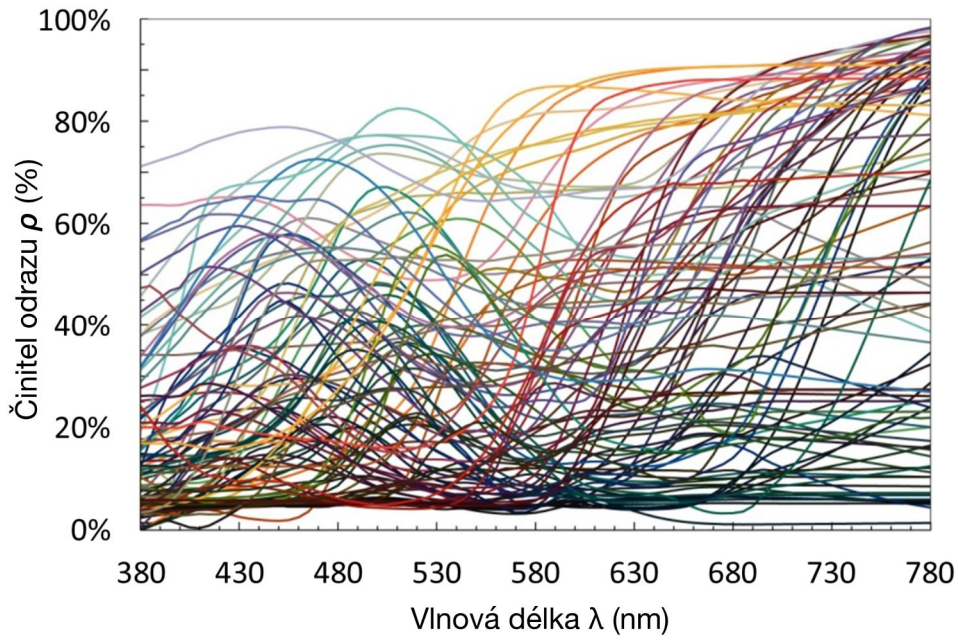
Grafy na obrázku 2 dokumentují tuto skutečnost na příkladu třípásmových světelných zdrojů, kdy vlivem rozdílných poloh a charakteru jednotlivých maxim je výsledný obecný index podání barev u teplé bílé LED neadekvátně nižší než u ekvivalentní zářivky. Tato skutečnost vedla ke snaze vyvinout indexy podání barev, které by zajistily odpovídající kvalitativní porovnání různých světelných zdrojů.

2 CFI

Index věrnosti barev CFI ($\mathbf{R_f}$), který byl publikován v tomto roce [4] je primárně určen pro vědecké analýzy. Důvodem jsou probíhající diskuze o použitelnosti této metriky pro koncové uživatele. Stejně jako index podání barev $\mathbf{R_a}$, také index věrnosti barev hodnotí světelné zdroje na rozsahu 0-100 jednotek, přičemž 100 je nejvěrnější světelný zdroj. CIE metodika je úpravou nové metodiky IES označované jako TM-30-15 [5], která vedle hodnocení indexu věrnosti podání barev $\mathbf{R_f}$ používá index dosažitelného prostoru barev – gamut $\mathbf{R_g}$.

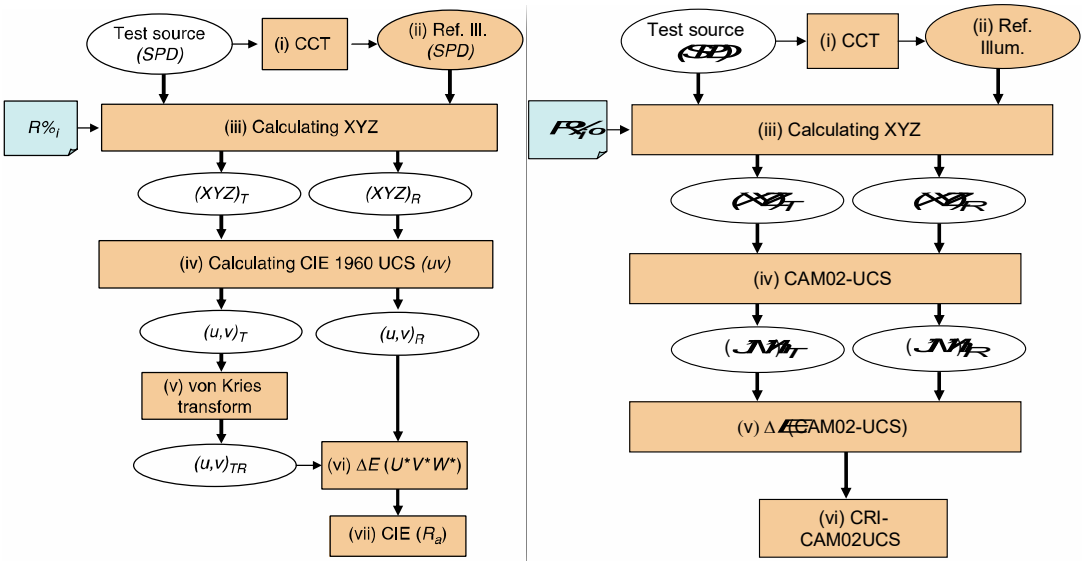
Jak metodika TM-30-15, tak CIE $\mathbf{R_f}$ obsahuje 99 barevných vzorků. Důvodem jsou námitky proti omezenému počtu a měrné čistoty vzorků stávající sady pro výpočet indexu podání barev. I když se objevují námitky proti nerovnoměrnému zastoupení jednotlivých odstínů v nové sadě vzorků, lze považovat stávající doporučení pro použití 99 vzorků za dostačující, jak dokumentuje graf na obrázku 3.

Dalším rozdílem ve výpočtu indexu věrnosti barev $\mathbf{R_f}$ oproti indexu podání barev $\mathbf{R_a}$ je použití „aktuální“ kolorimetrické soustavy CIE CAM02UCS. V rámci metodiky výpočtu $\mathbf{R_a}$ je používána von Kriesova adaptace, jak dokumentuje blokové schéma na obrázku 4. Tato adaptace předpokládá plné přizpůsobení čípkových odezev pozorovatele na barevnou teplotu světelného zdroje tak, aby vjem bílé odpovídal přibližně osvětlení E podle CIE. Jak bylo ukázáno v řadě prací zabývajících se problematikou chromatických adaptací tento předpoklad platí pouze v omezeném počtu případů, a proto mezinárodní komise pro osvětlování přijala model chromatické adaptace označovaný jako CIE CAT00 [6], který je součástí kolorimetrické soustavy CIE CAM02 [7]. Díky tomu je možné vypočítat chromatickou adaptaci platnou v širším rozmezí podmínek. Nicméně jak bude ukázáno, je nutné definovat rozmezí těchto podmínek tak, aby byly zahrnuty obvyklé situace použití světelných zdrojů.



Obr.3 Poměrná spektrální složení odrazu 99 vzorků sady pro výpočet R_f

Porovnáme-li metodiky výpočtu $\mathbf{R_a}$ a $\mathbf{R_f}$ je zřejmé, že základní postup je víceméně shodný. Tedy určení náhradní teploty chromatičnosti podle poměrného spektrálního složení testovaného světelného zdroje. Na rozdíl od $\mathbf{R_a}$ je v případě $\mathbf{R_f}$ používána přechodová oblast 4000-5000K, kdy jako referenční světelný zdroj je používána lineární kombinace osvětlení D a záření černého tělesa (Planckova zářiče).



Obr.4 Blokové schéma výpočtu Ra a Rf (CRI CAM02UCS)

Vzhledem k tomu, že by mohlo docházet k určení záporných hodnot obecného indexu věrnosti barev $\mathbf{R_f}$ je pro jeho výpočet používána logaritmická konverze speciálních indexů podání barev ve smyslu rovnice:

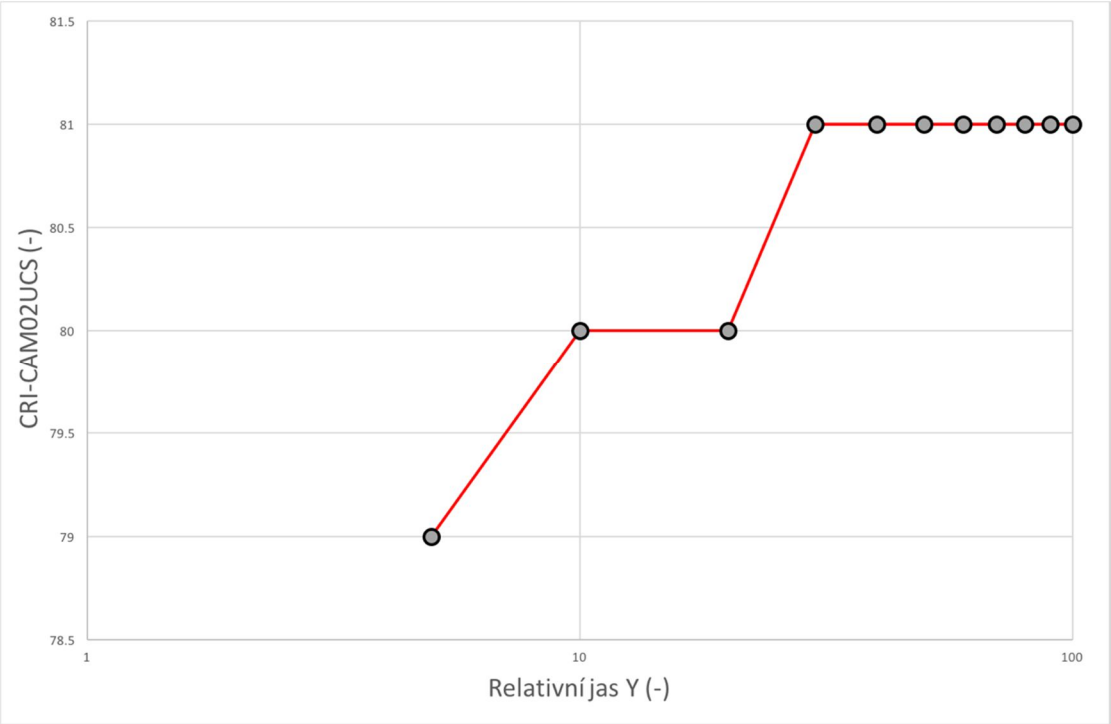
$$R_{out} = 10 \ln(\exp(R_{in}) +1) \quad (3)$$

3 Parametry CAM02UCS

Jak již bylo uvedeno, pro výpočet indexu věrnosti barev $\mathbf{R_f}$ je používána kolorimetrická soustava CIE CAM02UCS. Jedná se o přibližně rovnoměrnou soustavu založenou na komplexním modelu vnímání barev CIE CAM02. Na rozdíl od kolorimetrické soustavy CIE XYZ zahrnuje soustava CAM02 další vstupní parametry, které ovlivňují celkový barevný vzhled, v našem případě barevný vjem ovlivněný testovaným světelným zdrojem. Vstupní data modelu zahrnují intenzitu adaptačního pole, relativní intenzitu pozadí a trichromatické složky testovaného podmětu a referenční trichromatické složky. Podle podmínek pozorování je nezbytné zvolit odpovídající hodnoty vlivu okolí, chromatického indukčního faktoru, faktoru kontrastu měrné světlosti a faktoru stupně adaptace. V případě $\mathbf{R_f}$ jsou doporučeny tyto vstupní parametr:

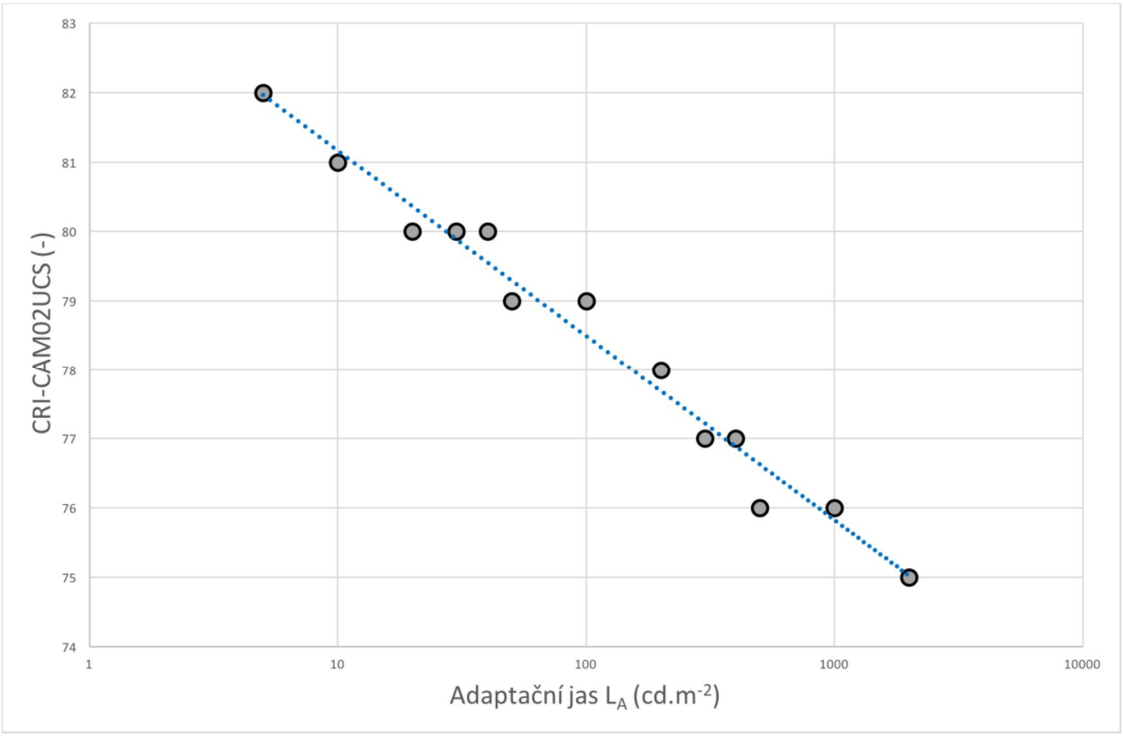
1. Relativní jas ideálně bílého difuzoru je pro testovaný i referenční světelný zdroj roven 100. Přičemž na rozdíl od výpočtu náhradní teploty chromatičnosti, kde je používán CIE standardní pozorovatel (2°), jsou všechny následné kolorimetrické parametry vztaženy k CIE doplňkovému pozorovateli (10°), tedy: $Y_{10,w} = 100$.
2. Relativní jas (trichromatická složka Y) pozadí odpovídá přibližně neutrálně šedé, tedy: $Y_{10,b} = 20$.
3. Adaptační jas je nastaven na: $L_{10,A} = 100$ cd.m^{-2}
4. Parametry okolí
    a) Chromatický indukční faktor: $N_C = 1$.
    b) Konstanta pro vliv okolí (exponenciální nelinearita): $c = 0.69$
5. Stupeň chromatické adaptace: $D = 1$

Z výše uvedených parametrů je zřejmé, že základní nastavení $\mathbf{R_f}$ odpovídá víceméně idealizovaným podmínkám pozorování. Tím se dostáváme k jedné z častých námitek proti této metrice, a sice, že nezohledňuje preferenční efekty vnímání. Pomineme-li psychologické aspekty vnímání jako individuální preference, vliv pozadí, výchovy a prostředí, je nutné rovněž uvažovat situace, kdy koncový uživatel bude světelný zdroj posuzovat v podmínkách odlišných od výše uvedených vstupních parametrů kolorimetrické soustavy CIECAM02UCS. Z tohoto důvodu jsme se zaměřili v této studii na vliv dvou parametrů, které lze považovat za významně proměnlivé v běžných podmínkách hodnocení, či prezentace světelných zdrojů. Pro jednoduchost jsme studovali vliv relativního jasu pozadí, neboť to v běžných podmínkách není pouze neutrálně šedé. Jak ukazuje graf na obrázku 5, pokud relativní jas achromatického pozadí dosáhne hodnoty 30, nevykazuje obecný index věrnosti barev významnou změnu a lze jej považovat za konstantní, naopak v případě neutrálně šedého pozadí, resp. tmavě šedých pozadí dochází k poklesu hodnoty $\mathbf{R_f}$. Jinak řečeno tato analýza ukazuje, že v případě osvětlování tmavých prostor se vnímání věrnosti podání barev dle obecného indexu věrnosti barev dle CIE zhoršuje. V případě chromatických pozadí lze očekávat posunu vnímaných barev v závislosti na měrné světlosti a čistotě příslušné barvy tohoto pozadí.



Obr.5 Vliv relativního jasu achromatického pozadí na hodnotu CRI-CAM02UCS

V okamžiku, kdy budeme vizuálně hodnotit věrnost podání barev za situace, kdy úroveň adaptačního jasu je odlišná od doporučených podmínek pro výpočet $\mathbf{R_f}$, lze použít logaritmickou aproximaci pro korekci očekávané hodnoty obecného indexu věrnosti barev, jak dokumentuje graf na obrázku 6.



Obr.6 Vliv adaptačního jasu na hodnotu CRI-CAM02UCS

4 Závěr

Je zřejmé, že hodnocení barevného podání světelných zdrojů představuje komplexní oblast, kde je nutno využívat znalosti nejen z kolorimetrie, ale i dalších vědních oborů. Jak ukázala tato vstupní studie vlivu adaptačního jasu a relativního jasu pozadí na výsledné hodnoty obecného indexu věrnosti barev, je možné díky kolorimetrické soustavě CIECAM02 používat relativně jednoduchých korekcí výsledné hodnoty tohoto indexu v závislosti na reálných podmínkách srovnávání dvou světelných zdrojů. Respektive uzpůsobit světelně technické výpočty tak, aby zahrnovaly i výše uvedené korekce.

Literatura a odkazy

[1] CIE 13-1965. Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources. CIE Technical Report 13, CIE. 1965.

[2] CIE 13.2-1974. Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources. CIE Technical Report 13.2, CIE. 1974.

[3] CIE 13.3-1995. Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources. CIE Technical Report 13.3, CIE. 1995.

[4] CIE 224:2017. Colour Fidelity Index for accurate scientific use, CIE. 2017

[5] IES Technical Memorandum (TM) 30-15: IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition, 2015

[6] Luo, Ming Ronnier (2015). "CIE Chromatic Adaptation; Comparison of von Kries, CIELAB, CMCCAT97 and CAT02". Encyclopedia of Color Science and Technology. Springer Berlin Heidelberg, 2016.

[7] CIE, 2004. CIE 159:2004. A colour appearance model for colour management systems: CIECAM02. 2004

Jasové přizpůsobení prostoru s více místy zrakových úkolů

Ing. Barbara Helštýnová, Doc. Ing.Tomáš Novák PhD., prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

VŠB – TU Ostrava, Katedra Elektroenergetiky, barbara-hels@seznam.cz

Abstrakt:*Mezi aktuální problematiku osvětlení pracovních prostorů patří přizpůsobení jasových poměrů v prostorech s více místy zrakových úkolů. Problematika je velmi aktuální ve školních učebnách, kde se zrak musí adaptovat, nejen na pracovní stůl, ale také na tabuli. Vzhledem k tomu, že zrakový orgán nevnímá osvětlenosti, ale jasy, popř. kontrasty jasů je nutné provést přizpůsobení a rozbor osvětlenosti v místech zrakových úkolů, ale i odraznosti, které mají na jasy zásadní vliv.*

1 Úvod

Článek rozebírá světelně technické parametry v učebnách. Učebny jsou specifické, protože studenti pravidelně střídají minimálně dvě místa zrakových úkolů. První (horizontální) oblast zrakových úkolů je pracovní stůl s učebnicí, resp. sešitem. Druhá (vertikální) oblast se většinou nachází na stěně za katedrou a studenti na ní sledují informace na tabuli, dataprojektoru atd, dalším místem zrakových úkolů může být monitor stolního PC či notebooku. Osvětlovaní, horizontálních míst zrakových úkolů, je v evropském normativu popsáno velice podrobně, nicméně osvětlení tabulí je popsáno nedostatečně. Základním důvodem k tomuto předpokladu je, že zde není rozlišeno, zda se v učebně používá bílá, nebo tmavá tabule. V příspěvku jsou uvedeny příklady míst zrakových úkolů s jejich osvětleností, jasy a kontrasty jasů, dále je proveden rozbor světelně-technických parametrů s důrazem na vyhodnocení poměrů mezi posuzovanými místy zrakových úkolů. V rámci posuzování míst zrakových úkolů byly hodnoceny tyto tři parametry: osvětlenost, jas, rovnoměrnost a odraznost daného materiálu. Zjištěné hodnoty jsou porovnávány v rámci normy ČSN EN 12 464-1 a ČSN EN 12 464-1 Z1.

2 Normativní požadavky

V normě ČSN EN 12 464 – 1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory je definována osvětlenost učeben, tabulí, dále osvětlenost stropů a stěn a jejich odraznosti. V Tabulce 1 jsou uvedeny doporučené průměrné osvětlenosti E_m(lx), rovnoměrnosti U_0(-) ve školských zařízeních.

Druh prosotru, úkolu nebo činnosti	E_m (lx)	U_0 (-)	Specifické požadavky	Poznámky
učebny, konzultační místnosti	300	0,6	osvětlení má být regulovatelné	
učebny pro večerní studium a vzdělávání dospělých	500	0,6	osvětlení má být regulovatelné	
auditoria, posluchárny	500	0,6	osvětlení má být regulovatelné, aby splňovalo požadavky na prostory pro audiovizuální prezentace	
černé, zelené a bílé tabule	500	0,7	zrcadlové odrazy je nutno zamezit přednášející/učitel musí být osvětlen vhodnou vertikální osvětleností	v normě není rozlišena barevnost tabulí pro hodnotu osvětlenosti
hlavní povrchy (nábytek, prac. místo)	>75	≥0,1		uvedeno pro ohraničené uzavřené prostory jako jsou kanceláře, vzdělávací a zdravotnických zařízeních, společných vstupních prostorech, na chodbách, schodištích, doporučení aby strop a stěny byly světlejší
stěny	>50	≥0,1		
strop	>30	≥0,1		

Tab.1 – Ukázka z normy ČSN EN 12 464-1

Z Tabulky 1 vyplývá, že osvětlenost tabulí podle normy ČSN EN 12 464 – 1 neodlišuje barvu ani povrch použitých tabulí, zvolená osvětlenost je 500lx. Vzhledem k tomu, že normy jsou pouze doporučené nikoliv závazné, je zmíněno ve vyhlášce 410/2005 ze dne 5. října 2005 o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v §12, odst. 4 následující:

Osvětlení tabule musí odpovídat normovým požadavkům české technické normy upravující požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory.

- Osvětlenost bílé tabule musí mít nejméně stejnou úroveň jako osvětlenost učebny.(pozn. 300lx)
- Tabule musí mít matný povrch, což se nevztahuje na tabule, na které se nepíše křídou. Ze všech pracovních míst ve směru pohledu na tabuli musí být vyloučeno zrcadlení svítidel na tabuli.
- Ve stěně za tabulí nesmí být osvětlovací otvor (okno nebo střešní okno), v opačném případě musí být zakryt neprůsvitným materiálem, jehož činitel odrazu světla se blíží hodnotě činitele odrazu této stěny.
- Výše zmíněná vyhláška, tedy nařizuje to, aby osvětlenost bílých tabulí byla 300lx a je nadřazena normě.

Norma ČSN EN 12464-1 doporučuje rozsah odrazností povrchů stěn, stropů i nábytku.

- strop 0,7 až 0,9
- stěny 0,5 až 0,8
- podlaha 0,2 až 0,4
- nábytek 0,2 až 0,7
- pracovní rovina 0,2 až 0,6

Příklad činitelů odraznosti pro barvy různých povrchů je uvede1 - v Tabulce 2, tyto odraznosti jsou uvedeny v normě ČSN EN 73 0580-1 Denní osvětlení budov Část: Základní požadavky.

Barva běžných povrchů		**Činitel odraznosti ρ (-)**
Bílá		0,75 - 0,80
zelená	světlá	0,45 - 0,65
	tmavá	0,05 - 0,20
modrá	tmavá	0,05 – 0,20
Černá		0,01 - 0,03
dřevo	světlé	0,30 - 0,50
	tmavé	0,15 - 0,25

Tab.2 Činitele odrazu světla běžných povrchů ČSN EN 73 0580-1

3 Požadavky na jasové poměry

Norma ČSN EN 73 0580-1 udává podmínky denní osvětlenosti pro různé pracovní činnosti, které jsou rozděleny do tříd podle rozmezí hodnot osvětleností, mezi další podmínky patří pro jasy osvětlovacích otvorů. Pro vytvoření kvalitních podmínek zrakové pohody by měly být dodrženy tyto hranice poměrů průměrných jasů v zorném poli pozorovatele mezi pozorovaným předmětem a

- plochami bezprostředně obklopujícími pozorovaný předmět (blízké okolí) 1 : 1 až 3 : 1;
- vzdálenými tmavými plochami 1 : 1 až 10 : 1;
- 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°.

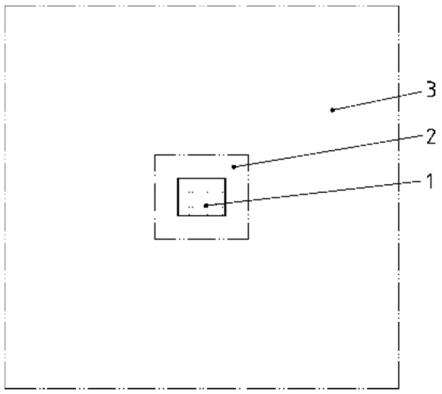
Ve změně Z1 normy ČSN EN 12 464-1 jsou uvedeny optimální poměry jasu místa zrakového úkolu k jasu bezprostředního okolí úkolu a k jasu pozadí (prostoru), tento poměr je 10:4:3.

Legenda

1 – místo zrakového úkolu,

2 – bezprostřední okolí zrakového úkolu (pás aspoň 0,5 m kolem místa zrakového úkolu uvnitř zorného pole),

3 – pozadí zrakového úkolu (aspoň 3 m široká přilehlá plocha k bezprostřednímu okolí úkolu v mezích prostoru)



Obr.1 Znázornění místa zrakového úkolu, bezprostředního místa zrakového úkolu a pozadí místa zrakového úkolu

Jasné povrchy v zorném poli (povrchy s vysokým jasem, osvětlené povrchy, části svítidel, okna, světlíky) mohou způsobit oslnění. Oslnění je počitek, který by měl být omezen, aby se předešlo chybám, únavě a úrazům. Oslnění může být pociťováno buď jako rušivé, nebo jako omezující oslnění. Jsou-li ve vnitřních prostorech dodrženy limity rušivého oslnění, není omezující oslnění hlavním problémem. Oslnění způsobené odrazy na zrcadlových površích je běžně známé jako závojové oslnění nebo oslnění odrazem.

4 Jasové poměry

Jas lze vypočítat z naměřených hodnot osvětlenosti, známé hodnoty odraznosti daného povrchu, podle vztahu:

$$\pi \cdot L = \rho \cdot E \Rightarrow L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$

- L – jas měřeného povrchu (cd.m^{-2}), E – změřená osvětlenost dané plochy, ρ – činitel odraznosti měřené plochy

Tento vztah byl použit při úvaze, že všechny uvažované povrchy jsou difuzní. Pro následující tabulky, byly použity hodnoty odraznosti, použité z normy ČSN EN 12 464 -1 a ČSN EN 73 0580-1 (Tabulka 2), jako hodnoty osvětlenosti byly zvoleny hodnoty dle Tabulky 1 a odstupňované hodnoty osvětlenosti, poté byly vypočteny jasy a z nich jasové poměry.

Druh povrchu	Doporučená odraznost ρ(-) min	Doporučená odraznost ρ(-) max	Osvětlenost E (lx)	Vypočtený jas L (cd.m^{-2}) min	Vypočtený jas L (cd.m^{-2}) max
Papír (bílá barva)	0,75	0,8	500	119	127
Nábytek - světlé dřevo	0,3	0,5	300	29	48
Nábytek - tmavé dřevo	0,15	0,25	300	14	24
Podlaha	0,2	0,4	200	13	25

Tab.3 – Hodnoty pro výpočet jasů – místo zrakového úkolu stůl/lavice

	Papír	Nábytek - světlé dřevo	Podlaha
Min jas. poměry	10	4,2	2,3
Max jas. poměry	10	2,7	1,9
	Papír	Nábytek - tmavé dřevo	Podlaha
Min jas. poměry	10	8,3	1,1
Max jas. poměry	10	5,3	0,9

Tab.4 – Vypočtené jasové poměry

Z Tabulky 4 vyplývá, že zadané kombinace povrchů, pro jasové poměry neodpovídají požadavku změny normy Z1 ČSN EN 12 464 – 1, aby jasový poměr byl 10:4:3, nejblíže se přiblížil k tomu to poměru poměr: Papír (bílá barva) : min jas nábytku – světlé dřevo : min jas podlahy.

Druh povrchu	Odraznost ρ(-) min	Odraznost ρ(-) max	Osvětlenost E(lx)	Vypočtený jas L ($cd.m^{-2}$) min	Vypočtený jas L ($cd.m^{-2}$) max
Černá tabule	0,01	0,03	500	1,6	4,8
Stěna (bezprostřední okolí do 0,5m)	0,5	0,8	300	48	76
Stěna(pozadí do 3m)	0,5	0,8	200	32	51
Zelená tabule světlá	0,45	0,65	500	72	104
Stěna(bezprostřední okolí do 0,5m)	0,5	0,8	300	48	76
Stěna(pozadí do 3m)	0,5	0,8	200	32	51
Zelená tabule tmavá Modrá tabule tmavá	0,05	0,2	500	8	32
Stěna(bezprostřední okolí do 0,5m)	0,5	0,8	300	48	76
Stěna(pozadí do 3m)	0,5	0,8	200	32	51
Bílá tabule	0,75	0,8	300	72	76
Stěna(bezprostřední okolí do 0,5m)	0,5	0,8	200	32	51
Stěna(pozadí do 3m)	0,5	0,8	150	24	38
Bílá tabule	0,75	0,8	500	119	127
Stěna(bezprostřední okolí do 0,5m)	0,5	0,8	300	48	76
Stěna (pozadí do 3m)	0,5	0,8	200	32	51

Tab.5 – Hodnoty pro výpočet jasů – místo zrakového úkolu tabule

	Tabule černá	Stěna	Stěna
Min jas. poměry	10	0,03	1,5
Max jas. poměry	10	0,06	1,5
	Tabule sv. zelená	Stěna	Stěna
Min jas. poměry	10	1,5	1,5
Max jas. poměry	10	1,35	1,5
	Tabule tm. zelená	Stěna	Stěna
Min jas. poměry	10	0,17	1,5
Max jas. poměry	10	0,42	1,5
	Tabule bílá (E = 300lx)	Stěna	Stěna
Min jas. poměry	10	2,25	1,3
Max jas. poměry	10	1,3	1,3
	Tabule bílá (E = 500lx)	Stěna	Stěna
Min jas. poměry	10	2,5	1,5
Max jas. poměry	10	1,7	1,5

Tab.6 – Vypočtené jasové poměry

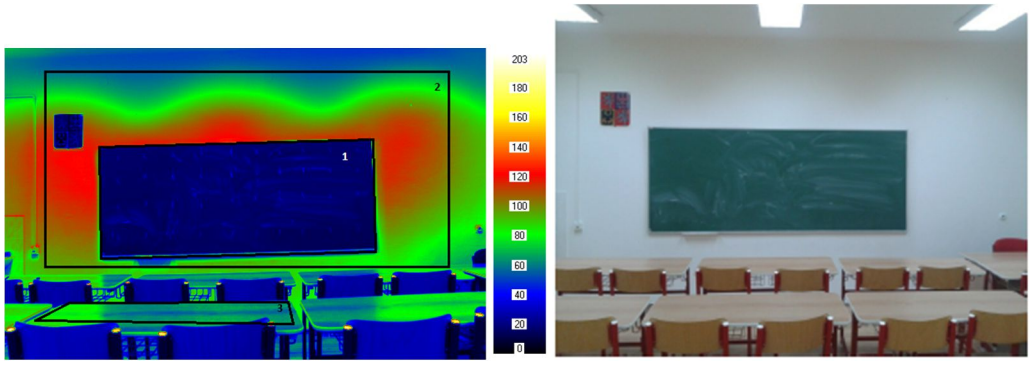
Z Tabulky 6 vyplývá, že zadané kombinace povrchů, pro jasové poměry neodpovídají požadavku změny normy Z1 ČSN EN 12 464 – 1, aby jasový poměr byl 10:4:3.

5 Měření jasů

Pro měření byly vybrány čtyři učebny s rozdílnými osvětlovacími soustavami. Měření bylo provedeno bez denního světla, aby bylo hodnoceno pouze umělé osvětlení. Osvětlenosti a jasy byly měřeny na kombinacích zrakových míst lavice – sešit a tabule - zeď. U monitorů ve čtvrté místnosti s počítači byl měřen pouze jejich jas a nikoliv osvětlenost, protože se chovají jako světelné zdroje. Osvětlenosti v místech zrakových úkolů byly měřeny jako normálové hodnoty k vyšetřovaným místům zrakových úkolů. Jasy byly měřeny pomocí jasového analyzátoru z pozice výše očí sedícího studenta 1,2 m. Odraznosti řešených povrchů byly vypočítány ze získaných hodnot osvětleností a jasů s tím, že jsme vycházeli z předpokladu, že všechny povrchy jsou difuzní.

Učebna 1- v této učebně byla křídová tmavě zelená tabule s keramickým povrchem, u které nebyla k dispozici přídavná osvětlovací soustava pro vytvoření vertikální osvětlenosti.

Osvětlovací soustava byla relativně nová (cca 2roky), byla tvořena 9 přisazenými svítidly s hliníkovou mřížkou. Všechny světelné zdroje byly funkční. V jednom svítidle byly světelné zdroje typu 4x36W/840.



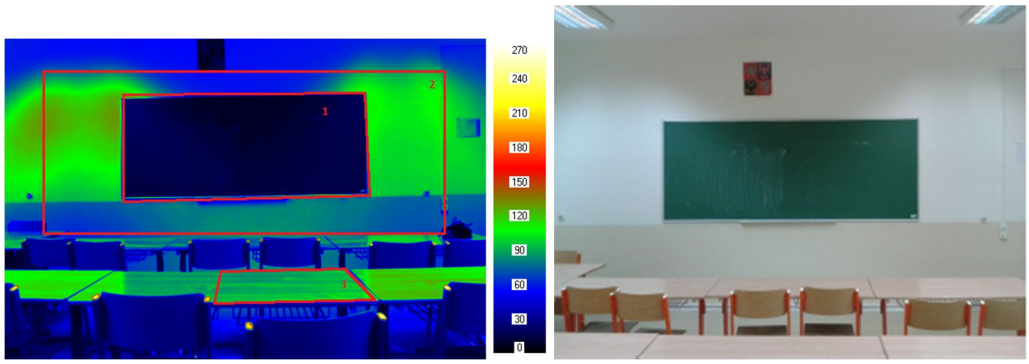
Obr.2 Učebna 1 – jasová mapa – znázornění regionů pro určení jasů

	Jas $L(cd/m^2)$	Osvětlenost normálová E (lx)	Odraznost ρ (-) vypočtená	Odraznost ρ (-) podle normy
Lavice	102,7	777,9	0,41	0,3-0,5
Tabule	15,5	453,7	0,11	0,05 – 0,2
Papír/sešit	209,4	819,0	0,80	0,75-0,8
Stěna	98,5	413,6	0,75	0,5-0,8

Tab.7 - Naměřené hodnoty pro učebnu 1

Z jasové mapy na Obr. 2 vyplývá, že i při neinstalování přídavných svítidel nad tabulí, byla tabule osvětlována přisazenými svítidly (znázornění červenou barvou na jasové mapě - Obr. 2), ale ani tak osvětlenost tabule nedosahovala hodnoty 500 lx, která je požadována normou ČSN EN 12464 – 1. Naopak osvětlenost lavic byla vyšší, než požaduje norma. Požadavek normy na osvětlenost lavic a sešitu (místa zrakového úkolu) je 300 lx, naměřená normálová osvětlenost je 777,9 lx. V rámci míst zrakových úkolů můžeme porovnat dvě místa a to papír/sešit a tabuli. Hodnota jasu na tabuli byla 15,5 $cd.m^{-2}$ a papíru/sešitu byla 199,4$cd.m^{-2}$. Srovnání hodnot jasu sešitu a tabule, byla hodnota jasu sešitu zhruba 13 krát větší než jas tabule. Rovnoměrnost osvětlení u všech hodnocených míst vyhovovala normě. Vypočtené odraznosti odpovídají rozsahu odrazností dle normy.

Učebna 2 - Jako v předešlé učebně i v této se nacházela zelená křídová tabule s keramickým povrchem s tmavě zeleným nátěrem. Osvětlovací soustava byla stará (cca 10let), skládala se z 6 přisazených svítidel s hliníkovou mřížkou, bez přídavných svítidel pro osvětlování tabule. Svítidla byla rozmístěna ve dvou řadách po třech. V každém svítidle byly 4 světelné zdroje typu 36W/840. V této učebně byly v celé osvětlovací soustavě nefunkční čtyři zdroje.



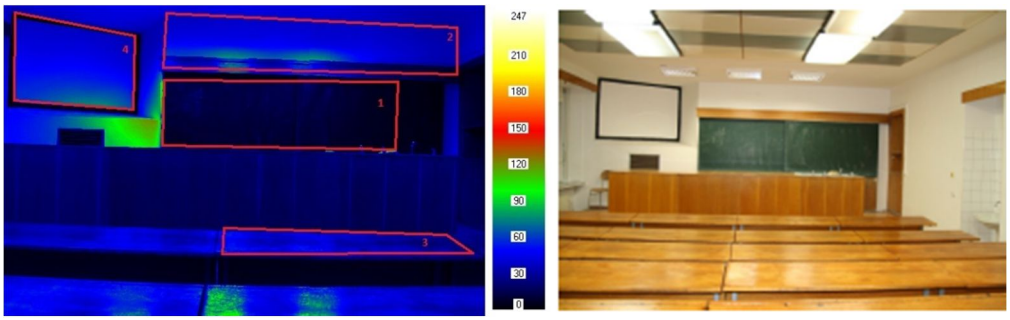
Obr.3 Učebna 2 – jasová mapa – znázornění regionů pro určení jasů

	Jas L(cd/m^2)	Osvětlenost normálová E_m (lx)	Odraznost ρ (-) vypočtená	Odraznost ρ (-) podle normy
Lavice	116,9	782,0	0,47	0,3-0,5
Tabule	15,5	318,2	0,15	0,05 – 0,2
Papír/sešit	199,4	822,5	0,76	0,75-0,8
Stěna	98,5	374,3	0,83	0,5-0,8

Tab.8 Naměřené hodnoty pro učebnu 2

Jasová mapa na Obr. 3 zobrazuje, že i při instalaci přisazených svítidel jen ve dvou řadách, dochází k nedostatečné osvětlenosti střední části tabule. Naměřené hodnoty osvětlenosti ve střední části tabule se pohybovaly průměrně kolem hodnoty 250 lx, zatím co na krajích tabule byla osvětlenost v pravé části 305 lx (nesvítily dva zdroje ve svítidle nejblíže k tabuli) a v levé části 350 lx, ale požadavek na rovnoměrnost osvětlení byl i tak splněn. Tyto hodnoty osvětlenosti neodpovídají požadované hodnotě 500lx, udávané v normě ČSN EN 12464 – 1. Naopak osvětlenost lavic je vyšší než požaduje norma. Požadavek normy na osvětlenost lavic a tím i místa zrakových úkolů je 300lx, naměřená normálová osvětlenost byla 782 lx. V rámci míst zrakových úkolů můžeme porovnat dvě místa a to papír/sešit a tabuli. Hodnota jasu na tabuli byla 15,5 cd.m^{-2} a papíru/sešitu je 199,4cd.m^{-2}, při srovnání je hodnota jasu sešitu zhruba 13 krát větší než jas tabule. Při porovnání s učebnou 1, jsou naměřené hodnoty srovnatelné. Vypočtené odraznosti odpovídají rozsahu odrazností dle normy

Učebna 3 - tato učebna byla tzv. stupňovitá – jednotlivé řady lavic měly různou výšku. V této učebně byla dřevěná křídová tabule zelené barvy, která je přisvětlována třemi symetrickými svítidly. Osvětlovací soustava nad lavicemi je tvořena osmi přisazenými svítidly s opálovým krytem. V jednom svítidle by měly být čtyři světelné zdroje typu T8. Stáří soustavy se nedá určit, některé světelné zdroje už nebyly funkční. Nad tabulí byla tři přisazená svítidla s hliníkovou mřížkou. Svítidla jsou osazena zdroji 3x18W/840.



Obr.4 Učebna 3 – jasová mapa – znázornění regionů pro určení jasů

	Jas L(cd/m2)	Osvětlenost normálová E (lx)	Odraznost ρ (-) vypočtená	Odraznost ρ (-) podle normy
Lavice	57,6	761,0	0,24	0,3-0,5
Tabule	12,2	580,5	0,07	0,05 – 0,2
Papír/sešit	177,7	838,5	0,67	0,75-0,8
Promítací místo	50,3	219,4	0,72	0,75-0,8
Stěna	57,4	253,9	0,71	0,5-0,8

Tab.9 Naměřené hodnoty pro učebnu 3

V učebně 3 byly hodnoceny tři místa zrakových úkolů a to sešit, tabule a plocha promítacího místa. Osvětlovací soustava v učebně 3 byla dána dvěma typy přisazených svítidel a to symetrickými svítidly s hliníkovou mřížkou umístěnými nad tabulí, která spíše osvětlovala katedru, a starými svítidly s opálovým krytem se světelným zdrojem typu T8. Normálová osvětlenost tabule je 580,5 lx. Lavice i sešit mají dostatečnou osvětlenost. Osvětlenost promítacího místa na stěně byla měřena jen při umělém osvětlení místnosti, při osvětlení dataprojektorem by se hodnota osvětlenosti daného místa zvýšila a tím by se zvýšil i jas. S použitím dataprojektoru dochází k vypínání celkové osvětlovací soustavy učebny nebo přídavných svítidel a tím by mohlo docházet i k nedostatečné osvětlenosti lavic – sešitu. Porovnáním hodnot jasů sešitu (177,7 cd.m^{-2}) a tabule (12,2 cd.m^{-2}) jako pracovního místa, bylo zjištěno, že jas tabule je 15 krát menší než jas sešitu. Vypočtené odraznosti odpovídají rozsahu odrazností dle normy, kromě odraznosti tabule, což může být způsobeno odchylkou při měření.

Učebna 4 - zvolená učebna byla nejnovější, jedná se o počítačovou učebnu s fixovou (bílou) tabulí. Osvětlovací soustava byla nová (používaná cca 2 rokuy, byla tvořena 9kusy vsazených svítidel s hliníkovou mřížkou a dvěma zdroji typu OSRAM 54W/840 HO Lumilux, COOL WHITE. Tabule byla přisvětlována dvěma asymetrickými svítidly bez mřížky. Ve svítidle je jeden zdroj typu a OSRAM 36W/840 HO Lumilux, COOL WHITE. Osvětlovací soustava, tvořená svítidly nad lavicemi, byla stmívatelná. Při měření byl výkon soustavy 100%.



Obr.5 Učebna 4 – jasová mapa – znázornění regionů pro určení jasů

	Jas L(cd/m^2)	Osvětlenost normálová E (lx)	Odraznost ρ (-)	Odraznost ρ (-) podle normy
Lavice	158,5	725,1	0,70	0,6-0,7
Tabule	119,9	561,9	0,67	0,75-0,8
Papír/sešit	203,3	833,5	0,76	0,75-0,8
Stěna/ promítací místo	150,3	558,7	0,84	0,5-0,8
Monitor	10,5	-	-	-

Tab.10 Naměřené hodnoty pro učebnu 4

Na Obr. 5 je jasová mapa, která ukazuje směřování asymetrických svítidel. Z mapy je patrné, že místo osvětlování fixové tabule byla osvětlována spíše stěna nad tabulí. V této počítačové učebně byla čtyři místa zrakových úkolů, a to sešit, tabule, promítací plocha (část stěny) a monitor. Osvětlenost tabule a sešitu je dle normy ČSN EN 12464-1splněna. Hodnota jasu monitoru při modré obrazovce je 10,5 cd.m^{-2}. Při práci v textovém editoru a dalších běžných aplikacích je obrazovka většinou bílá, tedy jas monitoru bude větší. U promítání na stěnu se zvýší osvětlenost díky dataprojektoru a tím se i zvýší jas, samozřejmě v závislosti na promítané dominantní barvě obrazovky a nastavení osvětlovací soustavy. Posledními dvě pracovní místa jsou sešit a tabule, kde sešit měl jas 203,3 cd.m^{-2} a tabule měla 119,9 cd.m^{-2}. Sešit má cca 1,7 krát větší jas než tabule. Na rozdíl od předchozích učeben je zde fixová tabule, která je bílá a tím se blíží k jasu sešitu více než tabule zelené v předchozích učebnách (1, 2, 3). Vypočtené odraznosti odpovídají rozsahu odraznostídle normy, kromě odraznosti stěn a tabule, což může být způsobeno odchylkou při měření.

6 Závěr

V učebnách 1 až 3 jsou zelené tabule, ale s rozdílným povrchem. Rozdílnost vlastnosti povrchů nám v tomto případě ukazuje činitel odraznosti, který je u tabulí s keramickým povrchem (ρ = 0,11 – 0,15) až dvakrát vyšší než u tabule z dřevěného materiálu (ρ = 0,07) s obdobným nátěrem, odraznost materiálu je ale v mezích odrazu světla běžných povrchů podle normy ČSN EN 73 0580-1. U fixové tabule je odraznost 0,67, tedy až šestkrát větší než u tabulí s keramickým povrchem, je to dáno i lesklým materiálem a bílou barvou povrchu

tabule. Při porovnání jasů pracovních míst sešit – tabule, bylo zjištěno, že jasy u klasických tabulí jsou až 15 krát menší než je jas sešitu, naopak u fixové tabule je jas jen cca 2 krát menší než u sešitu. U osvětlovacích soustav v učebnách 1 až 3, nebyla dostatečná osvětlenost tabule, jako požaduje norma ČSN EN 12464-1. V učebně 4 je osvětlenost tabule dostatečná, i když asymetrická svítidla osvětlují především stěnu. Rovnoměrnost ve všech učebnách odpovídala požadavkům normy. Je nutné přizpůsobit jasy a jasové poměry na všech místech zrakových úkolů (sešit, tabule) tak, aby byly zachovány požadavky na jasové poměry podle ČSN 12464 – 1 Z1 a zároveň požadavky na osvětlenosti, rovnoměrnosti zrakových úkolů. Při předpokladu splnění požadavků norem na místa zrakových úkolů – bílý sešit – bílá tabule. Lze konstatovat, že jasové poměry jsou v relaci a tedy nebude docházet k nadměrné únavě zraku respektivě k oslnění při rychlém střídání zrakových úkolů (sešit – tabule). Bude-li stejná učebna osazena tmavou tabulí s odraznosti přibližně 0,1, dojde k výraznému zvýšení jasů – poklesne výrazně jas tabule.


Ostravské
komunikace, a.s.


Světlo+ <Mód Slunce> [C:\===Texty00A2017\=Věda\Polášek\REKLAMA DLOUHé STRáNě.zad] [C:\SvetloPlus2\osluneni.cfg]
Soubor SituaceZadávání SituaceEditace OsluněníZadávání OsluněníEditace Výpočet Zobrazení Tisk Podklad Dxf Help
SVĚTLO+
www.svetloplus.cz
Myš: x= 27,7m y= 14,1m v= 12, !Balkón 10 Oko: x= 29,5m y= -4,8m v= 29,2 m otoč= 0st nakl= 35st
2D: půdorys fasády: normal Hist: 100 /10(Foto: vyp Zobraz:cfg
Start Uhříněves2 Polášek UHŘÍNĚVES - Microsoft ... Centrum mail - 1 nepřečt... svetlo2 Bez názvu - Malování Bez názvu - Malování SVETLOPLUS7 - Malování SVETLOPLUS2 - Malování CS 16:54



- **vývoj v oblasti osvětlovací techniky**
- **výroba svítidel s vysokou účinností**
  - → **průmyslová svítidla**
  - → **kancelářská svítidla**
  - → **designové osvětlení na zakázku**
- **výroba v České republice**
- **projektování elektrických zařízení**
- **energetické audity a posudky, průkazy energet. náročnosti budov**
- **posudky dle zák.201/2012 Sb. (§ 16,odst.7) ekonomická výhodnost vytápění**
- **odborné posudky pro program zelená úsporám**
- **poradenská a konzultační činnost**
- **vzdělávací činnost**



Světlo nás baví!

MAXI TECHNOLOGY s.r.o., Poděbradova 2738/16, 702 00 Ostrava
www.maxi-technology.com, secretariat@maxi-technology.com
tel. +420 776 887 165