

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky



Česká společnost pro osvětlování
Regionální skupina Ostrava



Kurz osvětlovací techniky XXXII

3. října – 5. října 2016

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ
Loučná nad Desnou

ISBN 978-80-248-3969-1

Sborník recenzovaných příspěvků Kurz osvětlovací techniky XXXII

Partneři akce

Slovenská svetelnotechnická spoločnosť

SRVO

PTD Muchová, s.r.o.

časopis „SVĚTLO“, FCC Public

Děkujeme za dotace, sponzorské dary a pomoc při organizování konference

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

PEZ – projekce energetických zařízení, s.r.o.

Martinovská 3168/48, Ostrava – Martinov, 723 00, www.pez-projekce.cz

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

ELTODO-CITELUM, s.r.o.

Novodvorská 1010/4, Praha 4, 142 01, www.eltodo.cz

HALLA, a.s.

Litvínovská 288/11, Praha 9, 190 00, www.halla.cz

ALPHALIGHTING CZ, s.r.o.

Kounicova 285/41, Brno – Veverí, 602 00, www.alphalighting.cz

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ, s.r.o.

Rejhotice 72, Loučná nad Desnou, 788 11, www.hotelds.cz

Konference Kurz osvětlovací techniky XXXII, jak je již z názvu patrné, je 32. 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

- problematika řízení osvětlovacích soustav
- udržovací činitel a LED svítidla
- teplota chromatičnosti a index podání barev u LED

Venkovní osvětlení

- nové trendy v architektonickém osvětlení
- osvětlování venkovních pracovních prostorů s ohledem na bezpečnost obsluhy
- environmentální účinky venkovních osvětlovacích soustav

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
- vliv světelných zdrojů na cirkadiánní rytmy
- vliv denního osvětlení na spotřebu umělých osvětlovacích soustav

Elektro

- chránění osvětlovacích soustav
- elektrická měření na svítidlech a osvětlovacích soustavách
- certifikace svítidel

Workshopy:

- Inteligentní systémy pro efektivní kultivaci rostlin
- Horizont 2020 – Energetické transformace a specializované týmy v oblasti udržitelného rozvoje

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

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

Obsah

Autor		Strana
Rábek Vlastimil	Pohled analytika dopravních nehod na problematiku osvětlení dopravního prostoru	1
Nováková Petra	Na co si dát pozor při sjednávání smlouvy o zhotovení veřejného osvětlení	25
Čuba Martin	Jak zvýšit prodejní výsledky firmy	30
Baleja Richard	Měření a výpočty UGR ve vnitřních prostorech a udržovací činitel	33
Baleja Richard	Návrh biologicky optimalizovaného svítidla	38
Bálský Marek	Analýza denního osvětlení kanceláře se žaluziemi	44
Baxant Petr	Kontrastní analýza ve světelné technice	49
Bláha Zdeněk	Řízení venkovních osvětlovacích soustav	59
Bos Petr	Vyhodnocování udržovacího činitele při měření vnitřních osvětlovacích soustav během jejich provozování	63
Černička Jozef	Modernizácia veřejného osvetlenia na báze LED	70
Darula Stanislav	Regulácia svietidiel na určenú hodnotu svietivosti pre použitie v umelej oblohe	82
Demel Martin	Poznátky z porovnávacího měření UO aneb Achillova pata mnoha měřících skupin	87
Dolejš Ondřej	Standard pro flexibilní řízení osvětlení u BMW	91
Dubnička Roman	Návrh vs. Realizácie osvetľovacej sústavy vo vnútornom pracovnom prostredí	95
Dubnička Roman	Odhad neistoty merania pri praktických meraniach umelého osvetlenia v praxi	102
Ferenčíková Mária	Príspevok k štandardizácii dennej osvetlenosti v školských budovách	110
Gavlasovský Petr	Architekturní osvětlení pylonu a táhel Hradní lávky 2016	115
Gřes Radim	Osvětlení přechodů pro chodce v Ostravě	119
Habel Jiří	Světelně technické výpočty v praxi	125
Hanusek Tomáš	Vyhodnocení atmosférických vlivů na osvětlenost způsobenou noční oblohou v Ostravě	136

Juchelka Ladislav	Přepěťové ochrany v osvětlovací technice	141
Káňa Aleš	Aplikace LED svítidel do extrémních průmyslových prostor	148
Kaňka Jan	ČSN 36 0035 Denní osvětlení (1968)	153
Kocifaj Miroslav	Pokročilá interpretácia SQM – meranie jasi nočenj oblohy	159
Kómar Ladislav	VIIRS – Satelitné dáta jako zdroj pre modelovanie svetelného znečistenia	162
Krause Christian	Vplyv neistoty merania kriviek svietivosti svietidiel na realizáciu osvetľovacích sústav	168
Kunc Josef	Řízení nejen světelných scén využitím systému KNX	170
Lepší Jana	Denní osvětlení škol	177
Lipnický Lukáš	Osvetlenie futbalových štadiónov podľa nových požiadaviek UEFA	188
Maierová Lenka	Denní světlo, umělé osvětlení a biorytmy člověka	194
Maixner Tomáš	ČSN 36 0455 Osvětlení pozemních komunikací – Doplňující informace	201
Maixner Tomáš	Osvětlování neosvětlitelných komunikací	203
Maixner Tomáš	Chytré? Osvětlení	208
Martin Motyčka	Nejistoty měření v laboratoři světelné techniky	211
Novák Tomáš	Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu	219
Plch Jiří	Metodika řešení výpadku FVE	223
Plch Jiří	Udržovací činitel OS se světelnými diodami	229
Polák Eduard	Smart Spektometr	233
Půlpytel Jan	Inteligentní řízení osvětlení – nové trendy	247
Skála Jiří	Osvětlení chodců na přechodech zvyšuje bezpečnost kvalitně nasvětleného dopravního prostoru	254
Skotnicová Iveta	Praktické zkušenosti z hodnocení denního osvětlení stávajících vnitřních prostorů budov	258
Socha Blahoslav	Řešení vnějšího osvětlení drážních vozidel na bázi LED technologií	264
Staněk Pavel	Výpočet a posouzení zastínění objektů	274

Stupka Pavel	Čarování ve světelně – technických výpočtech	277
Škoda Jan	Porovnávací měření fotometrických parametrů svítidla	279
Štěpánek Jaroslav	Cirkadiánní aktivační index denního světla	289
Tesař Jiří	Perception of night traffic area on border of the undeveloped parts of the village and the village built. Illuminate or not?	294
Ullman Ivo	Ekonom a bezpečnostní aspekty realizace venkovního osvětlení elektrických stanic PS	302
Vik Michal	Simulátory osvětlení D a jejich využití v praxi	305
Vrbík Petr	Zdravotní rizika u optického záření i osvětlování	311
Zálešák Jan	Studie jasových adaptačních podmínek pro uživatele veřejného osvětlení	316
Zálešák Jan	Rozbor problematiky oslnění na výrobních linkách	321
Žák Petr	Nové normy pro osvětlení pozemních komunikací	325
Gašparovský Dionýz	Ako určiť energetickú hospodárnosť osvetlenia v zmysle novej európskej normy EN 13201-5	332
Gašparovský Dionýz	Cestovná mapa pre technickú normalizáciu v oblasti osvetlenia	344
Kunčický Lumír	Problematika náhrad zářivek LED technologií z hlediska osvětlování, návratností investic a legislativy	349
Koudelka Petr	Širokopásmová komunikace ve viditelném záření	354
Vašínek Vladimír	Nový typ zdroje bílého světla s laserovou diodou	363

Pohled analytika dopravních nehod na problematiku osvětlení dopravního prostoru

Vlastimil Rábek, Ing. Ph.D., znalec z oboru doprava, specializace analýza dopravních nehod, pedagog a metodik v oboru, v.rabek@volny.cz, www.rabek.xf.cz, Olomouc, Jarmily Glazarové 25b, 779 00, tel. +420 608863534

Abstrakt: Tento příspěvek se primárně zabývá názvoslovím, které je ve vztahu k osvětlení prostoru před vozidlem dlouhodobě zavedeno v oboru analýzy dopravních nehod. Také bude vysvětlen technicko-právní pohled na vztah dovolené a přiměřené rychlosti jízdy vozidel a také na bude poukázáno na moderní pojetí pojmů jako je dohledová a rozhledová vzdálenost účastníků silničního provozu. Na případech několika dopravních nehod bude poukázáno na vybrané zákonitosti a nepříznivé anomálie, s tím že někdy je lépe některá místa neosvětlit vůbec, než tato osvětlit vadným způsobem. V příspěvku budou prezentovány vybrané poznatky k policejním rekonstrukcím nočních dopravních nehod a také budou prezentovány případy problematické noční vizuální registrace objektů a jejich následné interpretace (obor tzv. „kognitivní psychologie“). Část prezentovaných poznatků i případů z praxe bude převzata ze zahraniční odborné literatury.

1 Úvod

Problematikou osvětlení dopravního prostoru se přirozeně zabývají i analytici dopravních nehod (dále jen znalci). Osvětlení dopravního prostoru v noční tmě může být dáno světelnými zdroji dopravních prostředků, vnějším (statickým) zdrojem osvětlení, tak i kombinací obou typů. Zadavatelem znaleckého zkoumání jsou znalci položeny otázky, na které má znalec v závěrečné části znaleckého posudku odpovědět. Vlastní obsah znaleckého posudku tvoří především nálezková část (*extrakt vstupních podkladů*) a část posudková (*vlastní analytické zpracování stávajících a dodatečně zajištěných podkladů*). Zadavatelem znaleckého zkoumání v oboru analýzy dopravních nehod již nejsou jen výhradně jen státní orgány (*policie, soud, odbory dopravy*), ale stále přibývá zadavatelů ze soukromého sektoru (*občané, advokáti, pojišťovny atd.*) Znalec nesmí řešit právní otázky, tedy není oprávněn provádět výklad zákona a není tedy oprávněn například k tomu, aby stanovoval práva a povinnosti jednotlivých účastníků silničního provozu v jednotlivých dopravních situacích. Přesto musí znalec judikaturu k dopravě perfektně ovládat, tak aby jeho technické formulace byly slučitelné s právními potřebami. Proto během několika desetiletí došlo k postupnému vytvoření specifického technicko - právního názvosloví a typických formulací, které by měly být slučitelné se zněním Zákona o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. [7], [8] a také například s judikatorními rozhodnutími Nejvyššího soudu ČR, [6].

V případě posouzení dopravních nehod je znalci se „železnou pravidelností“ pokládán i tento typ otázek:

- posudte včasnost reakce jednotlivých účastníků nehody na vzniklou kolizní situaci, posudte možnost odvrácení nehody jednotlivými účastníky

- stanovte průběh nehody, posuďte příčinu vzniku a průběhu nehody, technickou přijatelnost výpovědí účastníků dopravní nehody.

Znalec se tedy zabývá zkoumáním konkrétní dopravní nehody. Není tedy cílem, aby se tento na pozadí zadávací dokumentace, technických norem atd. zabýval optimalizací dopravního řešení či osvětlení daného místa za různých povětrnostních a dohledových podmínek. Znalci však nic nebrání v tom, aby se vyjádřil i k dopravnímu řešení či osvětlení daného místa. V případě tzv. „smrtných“ dopravních nehod policie standardně provádí inspekci daného místa, přičemž zejména hodnotí daný stav vzhledem k zákonným požadavkům a normám.

2 Právní východiska, názvosloví

Pro zkoumání včasnosti reakce jednotlivých účastníků dopravní nehody a posouzení jejich možností kolizi zabránit za nočních podmínek znalec potřebuje určitým způsobem stanovit dohlednou vzdálenost například na chodce. Pro daný účel znalec buď využívá údaje uvedené v odborné literatuře (*neosvětlené místo, stav vozovky, ošacení a obuv chodce, typ světlometů vozidla zdroj: halogen H4, H7, xenon ...*) anebo je procesním způsobem pod vedením vyšetřovatele policie či státního zástupce provedena tzv. rekonstrukce dopravní nehody, při které je dohledná vzdálenost na chodce stanovena pozorovateli, přičemž předtím je usilováno o zajištění podobných podmínek jako tomu bylo v době dopravní nehody (*svít měsíce a hvězd, mokrou vozovku zajistí hasiči, v případě podnětů stran svědků a účastníků dopravní nehody jsou vypnuta určitá svítidla, je nastaven sklon světlometů vozidla, krycí sklo světlometů může být v čistém či znečištěném stavu, je zajištěno identické či srovnatelné ošacení chodce - figuranta ...*).

Na základě určitým způsobem stanovené dohledné vzdálenosti znalec stanoví maximální rychlost jízdy vozidla, kterou ještě bylo možno **kolizi zabránit**. To však ještě vůbec neznamená, že řidič měl povinnost se pohybovat právě takovouto rychlostí jízdy. **Dohledná vzdálenost** vyplývá nejen z uspořádání dopravního prostoru a jeho osvětlení, ale také z ošacení a polohy konkrétního chodce.

Naproti tomu, pojem **rozhledová vzdálenost** je vzdáleností, na kterou řidič obecně před vozidlo vidí, tedy již bez vztahu k nápadnosti ošacení chodce. Rozhledová vzdálenost odpovídá pojmu „rozhled“, který je jedním z (obecných) zákonných požadavků ohledně rychlosti jízdy řidičů. § 18, odst. 1 Zákona č. 361/2000 Sb. uvádí: **(1) Rychlost jízdy musí řidič přizpůsobit zejména; smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled.** V případě dopravních nehod za snížené viditelnosti znalec víceméně standardně určuje rozhledovou vzdálenost a k ní vypočítá tzv. rychlost přiměřenou rozhledu. Pokud se řidič reálně pohyboval rychlostí vyšší než činí rychlost přiměřená rozhledu, potom jedna ze zkoumaných variant možností odvrácení střetu tímto řidičem vychází právě z rychlosti přiměřené rozhledu.

Není však vůbec jasné, zda se ona rozhledová vzdálenost týká šířky aktuálně užívaného jízdního pruhu, šířky celé komunikace, šířky komunikace i s přilehlými chodníky, šířky celého dopravního prostoru atd. V tomto ohledu si judikatura k dopravě nechává „pootevřená zadní vrátka“ zjevně s tím, že pro každou dopravní situaci bude třeba stanovit „šířku rozhledu“ stanovit zvlášť, a to s ohledem na výklad povinností, které má řidič vůči reálnému či hypotetickému silničnímu provozu v prostoru přilehlém k jeho jízdnímu pruhu. Také zřejmě

bude přihlédnout k charakteru a míře závažnosti protiprávního jednání účastníků silničního provozu.

Rozlišení pojmů rozhled a dohled zavedl pan prof. Kasanický v letech 1995 - 1998, [3]. Tento uvádí, že: **citace** - Pojem rozhled je širším pojmem než dohled. V případě jízdy vozidlem je možné ztotožnit **ROZHLED** se vzdáleností, kterou reflektory vozidla v daném okamžiku „účinně“ osvětlují Pojem účinně osvětlená plocha je možné z technického hlediska vymezit plochou, která je ohraničená v rovině vozovky průmětem světelného kužele s hranicemi osvětlení cca 1,5 (Lx). Tato vzdálenost u běžných vozidel činí od 40 do 75 (m), to však neznamená, že pokud se bude řidič pohybovat rychlostí, při které by zastavil na uvedené vzdálenosti, že nedojde k dopravní nehodě s chodcem, cyklistou, resp. s překážkou. Na tuto vzdálenost totiž řidič nemusí mít **DOHLED** na všechny překážky. Některé překážky nemá možnost z technického hlediska rozpoznat na vzdálenost „účinného“ osvětlení vozovky. To hlavně tehdy, kdy nejsou splněny technické podmínky rozpoznání a to např. nedostatečný kontrast mezi překážkou a pozadím. Množství měření, prováděná ÚSI ŽU v Žilině a jinými institucemi v zahraničí dokazují, že tmavě oblečeného chodce, cyklistu resp. tmavou překážku, může řidič rozpoznat v mnohých případech podstatně později (*na kratší vzdálenost*), než na kterou světla účinně osvětlovala vozovku (hranice cca 1,5 Lx). V tomto bodě nastává vážný technický problém, jakou rychlostí se tedy měl řidič pohybovat za daných podmínek. Velmi často (téměř vždy) je u nás v právní praxi zaměňována rychlost vypočítaná znalcem na zabránění nehody s rychlostí, kterou byl řidič povinný řídit vozidlo ve smyslu § 16 (*pozn. jedná se o ustanovení slovenského Zákona č. 8/2009 Z. z. „O cestnej premávke“, „Rýchlosť jazdy“*). Z předcházejícího výkladu je ale zřejmé, že tomu tak není a nemůže být. Paragraf 16 totiž hovoří o ROZHLEDU a nikoli o DOHLEDU. Pojem ROZHLED je širší pojem a nezahnuje v sobě, na rozdíl od pojmu DOHLED, také rozpoznání překážky. Pokud není řidič jinak omezený, má ve smyslu § 16, podle názoru autora tohoto článku, právo pohybovat se rychlostí, která je vymezená hranicí osvětlení vozovky reflektory řízeného vozidla, tj. 1,5 (Lx) ... (cca 40 až 70 m), - **konec citace**.

Práce pana prof. Kasanického ohledně definice pojmů ROZHLED a DOHLED do značné míry ovlivnila cca po roce 2000 rozhodnutí soudů v ČR i SR. Jelikož do této doby byly oba pojmy směřovány, byli běžně odsouzeni i řidiči, kteří přešli chodce ležícího na vozovce. Logika rozhodnutí soudů byla následující: Ležící chodec vytvářel na vozovce statickou překážku, nijak tedy řidiči nevpadnul do jízdní dráhy či případně svižným pohybem proti vozidlu nezkracoval řidiči jeho dispoziční dráhu pro zastavení. Bez potřeby provádění jakéhokoli výpočtu samotný následek ukazuje, že řidič si zvolil rychlost jízdy vyšší než činí rychlost přiměřená rozhledu, neboť „prostě“ nedokázal vozidlo zastavit před polohou ležícího chodce, který se mu z noční tmy vyjevil v počátku jeho reakce právě na hranici oblasti rozhledu. V současné době se tento typ dopravních nehod v naprosté většině případů ani nedostává v rámci tzv. trestního řízení k soudu, neboť státní zástupce nevznese vůči řidiči obžalobu.

Předmětný posun v interpretaci pojmů ROZHLED a DOHLED po roce 2000 je patrný i z porovnání komentovaného výkladu Zákona č. 361/2000 Sb.:

Citace z [7] „Rychlost jízdy“, § 18 odst. 1 českého Zákona č. 361/2000 Sb., 1. vydání podle právního stavu k 2001, str. 46, starý komentář - ještě bez vlivu práce prof. Kasanického: Především se uvádějí okolnosti, kterým musí řidič přizpůsobit rychlost jízdy.

Výslovně se stanoví, že rychlost jízdy smí být jen taková, aby bylo možno vozidlo **zastavit na tzv. dohlednou vzdálenost**. Na řidiči se požaduje přizpůsobit rychlost jízdy takovým okolnostem, které může předvídat. To však neznamená, že řidič je povinen vozidlo zvládnout za absolutně všech okolností, tedy i nepředvídatelných. Řidič by neměl být právně odpovědný za nepřizpůsobení rychlosti jízdy takové okolnosti, kterou s ohledem na danou situaci předvídat nemohl. Naopak tomu bude v případě, kdy např. v blízkosti základní školy, ze které vycházejí děti, nepřihlédne při volbě rychlosti k tomu, že do vozovky může dítě z nerozvážnosti vběhnout. **Při určování rychlosti s ohledem na tzv. dohlednou vzdálenost je nutné vycházet z požadavku, aby vzdálenost, na kterou lze vozidlo zastavit, nebyla větší, než na jakou je rozhled (viditelnost), konec citace.**

Citace z [8] „Rychlost jízdy“, § 18 odst. 1 českého Zákona č. 361/2000 Sb., 3. přepracované vydání podle právního stavu k 1.7. 2006, str. 98, nový komentář: Zde jsou uvedeny okolnosti, které by měl řidič předvídat a kterým musí přizpůsobit rychlost jízdy. Výslovně je pak řidiči stanovena povinnost, že smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, **na kterou má rozhled**. Za snížené viditelnosti lze považovat za takovou vzdálenost, na jakou je pozemní komunikace osvětlena světly užitými na vozidle v daném okamžiku. Při nesnížené viditelnosti tuto vzdálenost zkracuje blízkost nepřehledné zatáčky, vrchol stoupání apod., **konec citace.**

Zákon č. 361/2000 Sb. sice zná pojem „**povolená rychlost**“ (*viz. § 12 odst. 2 a 4, § 18 odst. 5, § 35 odst. 1, § 52 odst. 2*), avšak tento pojem je vždy vázán na konstrukčně (*technicky*) povolenou rychlost určitého typu (*kategorie*) vozidel, [6], [7], [8], [16].

Poznámka: *Povolenou rychlost tedy stanovuje výrobce vozidla. Lze si například zakoupit osobní automobil s **povolenou** rychlostí jízdy 180 km/h, ale jeho řidič s ním nesmí překračovat rychlost jízdy, která je v určitém úseku pozemní komunikace **dovolená**, tedy např. 50 km/h.*

Pojem „**dovolená rychlost**“ (*viz. § 18 odst. 6 a 7*) je zase rychlostí, kterou řidič vozidla nesmí dle **Zákona č. 361/2000 Sb.** překročit v určitém úseku komunikace (*obec, mimo obec, dálnice či rychlostní komunikace, snížení maximální dovolené rychlosti dopravním značením atd.*). **§ 35 odst. 1 Zákona č. 361/2000 Sb.** sice obsahuje v tomto smyslu určitý „dualismus“, který je zřejmě jen nepřesností, neboť ve dvou po sobě jdoucích větách se zcela analogickým obsahem jednou uvádí nesprávný pojem „dovolená rychlost“ a podruhé správný pojem „povolená rychlost“, [16].

Nemálo českých soudních rozhodnutí, usnesení a rozhodnutí Nejvyššího soudu ČR (*dále jen NS*), právních výroků obecně, znaleckých posudků, odborných prací a publikací užívá nesprávný pojem „povolená rychlost jízdy“, byť z obsahu výroku je vždy zcela nepochybné, že tímto pojmem byla míněna „dovolená rychlost jízdy“ ve smyslu **§ 18 odst. 3, 4, 6, 7, 8, § 28 odst. 3, § 34 odst. 1, § 36 odst. 2, § 39 odst. 5, § 77 odst. 6 a přílohy Zákona č. 361/2000 Sb.**, viz například *Usnesení NS 4 Tz 295/2000, 5 Tdo 1173/2004, 3 Tdo 546/2007, 3 Tdo 700/2007, 7 Tdo 1034/2010, Rozsudek NS 4 Tz 61/2001* či *Usnesení Nejvyššího správního soudu 6 As 12/2003*, [16].

§ 18 odst. 1 Zákona č. 361/2000 Sb. mimo jiné uvádí, že řidič musí přizpůsobit rychlost jízdy okolnostem, které je možno předvídat. Takovouto rychlost jízdy označujeme za rychlost přiměřenou. Pojednejme v této práci alespoň okrajově otázku vztahu rychlosti přiměřené

a rychlosti dovolené. Obecně platí, že **rychlost přiměřená může být nižší než rychlost dovolená**, viz např. **Usnesení NS 3 Tdo 546/2007, 11 Tz 80/2001, 7 Tz 247/2000, 5 Tz 286/2000, 7 Tz 247/2000**, [16].

I když například dojde mimo obec v zatáčce k dopravní nehodě a znalec určí, že rychlost technicky přiměřená (mezni) pro její průjezd určitým osobním automobilem činí za daných adhezních poměrů cca 107 km/h, mělo by být také následně uváženo, zda je tato rychlost také „přiměřená“ dopravnímu značení (*odpovídá dovolené rychlosti jízdy 90 km/h, pokud není dopravním značením upraveno jinak*). **Při vynesení generelního právního výroku ohledně všech relevantních kategorií rychlostí přiměřených by tedy nikdy neměla být stanovená** (výsledná, všeobecná) **rychlost přiměřená vyšší, než činí v daném úseku rychlost dovolená**.

Otázka rychlosti přiměřené je otázkou právní, viz Usnesení NS 8 Tz/1986. Na straně druhé, například určení rychlosti přiměřené pro průjezd určitého vozidla zatáčkou, či typické určení rychlosti přiměřené rozhledu řidiče za snížené viditelnosti, již vyžaduje odborné znalosti znalce a má tedy již silně technický obsah, viz např. **SR č. 4/1999, Rozhodnutí č. 55, či R 24/1987 hlava I, R 36/1984, R 27/1988.**

Naopak, existují **typické kategorie právního typu posouzení rychlosti přiměřené** - např. kolize vozidla s dítětem v blízkém okolí školy, srážky s chodci na přechodu pro chodce či v blízkosti autobusu MHD stojícího v zastávce, střety dopravních prostředků s osobami staršími, zdravotně či duševně postiženými, či jinak omezenými, kolize osobního vozidla s dítětem hrajícím si s míčem na přilehlém chodníku, viz např. **SR č. 5/1995, Rozhodnutí č. 122, R 13/1978, R 25/1987, R 24/1984, Soubor NS, svazek 2, č. T 33.**

Rychlost přiměřená okolnostem, které může řidič předvídat, viz **§ 18 odst. 1 „Rychlost jízdy“ Zákona č. 361/2000 Sb.**, je totiž úzce odvislá od toho, které okolnosti má vlastně řidič za povinnost předvídat za určité konkrétní dopravní situace, viz např. také **§ 5 odst. 1, písm. „d“ a „h“ „Povinnosti řidiče“**. Jelikož se zde již pohybujeme vyloženě v oblasti výkladu zákona, není znalec kompetentní tuto problematiku řešit.

V každém případě, **znalec se běžně vyjadřuje k takovým kategoriím rychlosti přiměřené, které mají technický obsah, s tím, že „zastřešující“ výrok ohledně posouzení souboru všech relevantních technických i netechnických kategorií rychlostí přiměřených, již jednoznačně přísluší právnímu typu posouzení**, [16].

3 Definice pojmu ROZHLED dle Kropáče, [5]

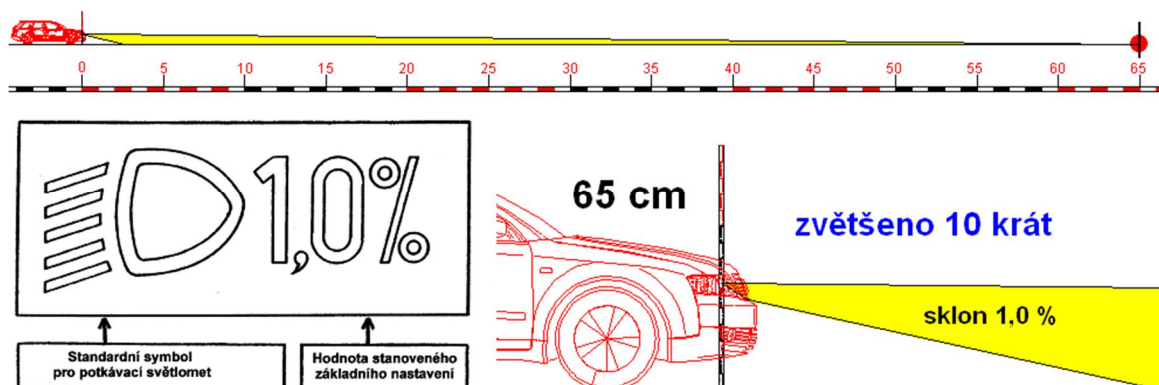
Rozhled řidiče vozidla je maximální vzdálenost v jeho jízdním směru, kdy řidič ještě uvidí (identifikuje), že se zde nachází objekt, který může blíže vyhodnotit.

Při zapnutých potkávacích světlometech je to vzdálenost na vozovce před vozidlem, kde je možno určit rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky, respektive je to dosvit světlometů na vozovku.

Kropáč zkoumal, zda rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky odpovídá trojúhelníku daném výškou osy světlometů (u osobních vozidel kolem 60 - 65 cm) a jejich sklonem (běžně 1,0 - 1,3%), dále jen trojúhelník dosvitu, viz obr. 1. Vozidla vybavená tzv. xenonovými světlomety mají zpravidla sklon světlometů nastaven k nižším hodnotám z uvedeného

rozsahu a také proto se rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky nachází až 65 m před vozidlem. U tzv. halogenových reflektorů tato distance běžně dosahuje kolem 50 metrů. Kropáč provedl řadu měření, kdy na suché vozovce porovnával geometrický výpočet trojúhelníku dosvitu s hranicí osvětlené a neosvětlené části vozovky určenou pozorovateli. Dospěl k záměru, že shoda obou postupů je velmi těsná a lze tedy v praxi vycházet z toho, že pokud máme noční tmou bez dalšího osvětlení, suchou vozovku, neznečištěnou a správně seřízené světlomety, potom vzdálenost rozhledu lze určit dle tzv. trojúhelníku dosvitu.

Dosvit tlumených světlometů (xenon) vozidla AUDI A4 na vozovku při výšce ohniska 65 cm nad vozovkou a sklonu světlometů 1,0 % činí 65 metrů.

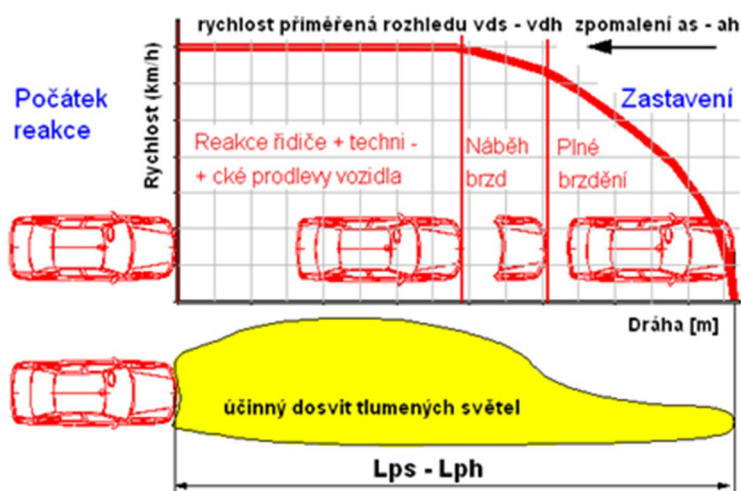


Obr.1 Trojúhelník dosvitu dle Kropáče, [5]

4 Vlastní výpočet rychlosti přiměřené rozhledu, [1], str. 413, vztah 17.13

Pokud znalec jakýmkoli způsobem stanoví dráhu rozhledu řidiče, potom není problémem vypočítat rychlost přiměřenou rozhledu řidiče. Dráha rozhledu vozidla je určitou celkovou zákonnou dispoziční dráhou na zastavení vozidla vzhledem k rozhledu řidiče. Část této dráhy ujede vozidlo během reakce řidiče konstantní rychlostí a poté vozidlo na zbytkové dispoziční dráze snižuje svou rychlost jízdy až do zastavení v rámci tzv. náběhu brzd a plného brzdění. Pokud vpodstatě sečteme dráhu vozidla ujetou za reakci řidiče (*rychlost v první mocnině vůči ujeté dráze*) a dráhu ujetou během brzdění (*rychlost v druhé mocnině vůči ujeté dráze*), potom vyjádření neznámé rychlosti přiměřené rozhledu z takto uspořádaného vztahu přirozeně vede na řešení kvadratické rovnice. Vlastní výpočet rychlosti přiměřené rozhledu vyjádřené v mezích technicky přijatelných veličin je transparentním způsobem prezentován na obr. 2.

Výpočet rychlosti přiměřené rozhledu resp.
účinnému dosvitu tlumených světel



Zadání vstupních hodnot

Lps := 45 (metr) spodní mez rozhledu řidiče za snížené viditelnosti v daném místě

Lph := 50 (metr) horní mez rozhledu řidiče za snížené viditelnosti v daném místě

as := 5.9 (m·s⁻²) spodní mez zpomalení vozidla při intenzivním brzdění

ah := 7.5 (m·s⁻²) horní mez zpomalení vozidla při intenzivním brzdění

trs := 0.9 (sec) spodní mez reakční doby řidiče + technických prodlev vozidla

trh := 1.1 (sec) horní mez reakční doby řidiče + technických prodlev vozidla

tns := 0.25 (sec) spodní mez času náběhu brzděného účinku

tnh := 0.35 (sec) horní mez času náběhu brzděného účinku

Výpočet vstupních hodnot

$$vds := -as \cdot \left(trh + \frac{tnh}{2} \right) + \sqrt{as^2 \cdot \left(trh + \frac{tnh}{2} \right)^2 + 2 \cdot as \cdot Lps} \quad vds = 16.7 \quad (m \cdot s^{-1})$$

$$vdh := -ah \cdot \left(trs + \frac{tns}{2} \right) + \sqrt{ah^2 \cdot \left(trs + \frac{tns}{2} \right)^2 + 2 \cdot ah \cdot Lph} \quad vdh = 20.8 \quad (m \cdot s^{-1})$$

vds rychlost přiměřená rozhledu odpovídající nejméně příznivé kombinaci reakce a zpomalení

vdh rychlost přiměřená rozhledu odpovídající nejvíce příznivé kombinaci reakce a zpomalení

Výstupní hodnoty - výsledek

$$V_{ds} := v_{ds} \cdot 3.6 \quad V_{ds} = 60.2 \quad (\text{km} \cdot \text{h}^{-1}) \quad \text{spodní mez rychlosti přiměřené dráze rozhledu Lps}$$

$$V_{dh} := v_{dh} \cdot 3.6 \quad V_{dh} = 74.7 \quad (\text{km} \cdot \text{h}^{-1}) \quad \text{horní mez rychlosti přiměřené dráze rozhledu Lph}$$

Obr.2 Výpočet rychlosti přiměřené rozhledu v mezích technicky přijatelných hodnot, [12]

5 Dohledové vzdálenosti na chodce, [5]

Je třeba rozlišovat řidičovo spatření „něčeho“ co „snad“ může být chodcem a vlastní identifikaci chodce. Zejména rozložení typických světelných bodů (*ruce, obličej případně lýtka či boty*) velmi napomáhá řidiči rozpoznat, že nejasně vynořující se silueta tmavého chodce v noční době může být právě chodcem, viz obr. 3.



Obr.3 Uspořádání světelných bodů velmi napomáhá identifikaci tmavého chodce, [5], [12]

Identifikace chodce spadá do oboru tzv. „kognitivní psychologie“, kdy řidič potřebuje vizuálnímu vjemu ve svém mozku přiřadit nějaký objekt, [5], [10]. Často až po identifikaci kritického objektu řidič zahájí naučeným způsobem tzv. obranný manévr, např. intenzivní brzdění.

Na obr. 4 se vlevo nachází stojící chodec ve vzdálenosti 35 metrů a vpravo stejně oblečený chodec ležící ve vzdálenosti 30 metrů. Přestože se ležící chodec nachází k pozorovateli blíže, je pro zahájení reakce limitní postavení chodce. V případě ležícího chodce má řidič značné obtíže vůbec zaznamenat, že se jedná o prostorový objekt a navíc v jeho mozku trvá nepoměrně déle identifikace chodce. To je dáno přirozeně tím, že řidič se běžně nesetkává s ležícími chodci a příslušné „srovnávací“ případy v jeho mozku chybí. V praxi tyto případy zpravidla dopadají tak, že řidič ležícího chodce stejně přejede, ačkoli viděl na vozovce „něco“, co krátce před přejetím neznámého objektu považoval za pytel s odpadky apod. Pokud je podnět k reakci nevyjasněný, projevuje se toto nejen takovou řekněme „vlažnou“ reakcí řidiče, ale rovněž intenzita brzdění bývá zpravidla nevalná. Zejména kombinace tmavého oblečení chodce, mokré vozovky a neosvětlení daného místa veřejným či jiným osvětlením téměř vždy „spolehlivě“ vede k přejetí ležícího chodce. Zejména v případě mokré vozovky řidiči běžně uvádějí, že viděli např. 5 metrů před vozidlem v jeho jízdní dráze nějaký tmavý snad prostorový objekt a vzápětí jim vozidlo nečekaně „nadskočilo“, [5]. Identifikaci

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

ležícího chodce do značné míry spíše napomáhají předměty v jeho okolí, které souvisí s lidskou činností (*ležící jízdní kolo, nákupní taška, pivní přepravka, bota, mobilní telefon či tablet, francouzská hůl, brýle ...atd.*), [12].



Obr.4 Vlevo stojící chodec - odstup 35 m a vpravo ležící chodec - odstup 30 m, [5]

Zejména níže umístěné a pohybující se světlé části chodce velmi napomáhají včasnému spatření a rozpoznání chodce v prostém svitu reflektorů vozidla (*světlé tenisky, světlé nohavice ...*), což je dáno především rozložením intenzity osvětlení před vozidlem, viz obr. 5.



Obr.5 Barva oblečení chodce v jeho dolní části je často limitní jak pro dohlednou vzdálenost na chodce, resp. pro jeho identifikaci, [5]



Měření č. 1 Tmavá, černá bunda do pasu



Měření č. 2 Šedý plášť



Měření č. 3 Červená bunda do pasu



Měření č. 4 Modrá bunda do pasu



Měření č. 5 Zelená bunda do pasu



Měření č. 6 Světle hnědý plášť, „vaťák“

Obr.6 Oblečení chodce - figuranta, měření dohledné vzdálenosti, [5]

Ke klasickým nočním dopravním nehodám (mimo obec, bez vnějšího osvětlení) s tmavě oděnými chodci či neosvětlenými cyklisty dochází téměř výhradně v případech, kdy se řidič pohybuje z určitých dopravních důvodů na tlumená světla, [5], [12]. Na tomto místě však budou i tak uvedeny výsledky měření dohledných vzdáleností na různě oděné chodce, viz obr. 6, přivrácené k pěti pozorovatelům zády. Chodec se blížil k pozorovatelům pozpátku pomalou chůzí a každý z pozorovatelů určil (okamžik) vzdálenost, kdy mohl jednoznačně identifikovat chodce, viz Tab. 1, Tab. 3, Tab. 4, [5]. Při měřeních byla suchá vozovka, úplná noční tma a jen v případě zkoumání identifikace tmavě oděného chodce na tlumená světla byla variována různá konstrukční provedení světlometů na různých vozidlech. Také byla pozorovateli subjektivně určena hranice mezi osvětlenou a neosvětlenou částí vozovky a následně byla tato porovnána s tzv. „trojúhelníkem dosvitu“, viz Tab. 2 a také podrobně [5], Tab. 4.9 - str.119.

Výsledky měření: při jízdě řidiče osobního automobilu se zapnutými dálkovými světlomety může tento na rovném úseku silnice, suchém živичném povrchu, uvidět a rozpoznat chodce v tmavém, černém oblečení na vzdálenost nejméně 100 m. Pokud je chodec oděn ve světlém či barevném oblečení, může jej řidič osobního automobilu uvidět a rozpoznat na vzdálenost asi 130 - 160 m, viz Tab. 1. Pokud je oblečení chodce vybaveno reflexivními prvky, může jej řidič vozidla uvidět na vzdálenost asi 200 m. V případě pohybu chodce v směru příčném přes vozovku je chodec vidět na větší vzdálenost oproti stojícímu chodci o cca 20 - 30 %, [5].

č. m.	Popis oblečení chodce	Rozpoznání (m)
1	Černé kalhoty, černá bunda do pasu	100
2	Černé kalhoty, světle šedý plášť	162

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

3	Černé kalhoty, červená bunda do pasu	140
4	Černé kalhoty, modrá bunda do pasu	132
5	Černé kalhoty, zelená bunda do pasu	133
6	Černé kalhoty, světle hnědý plášť, vaťák	147
7	Černé kalhoty, signální vesta „Policie“	200

Tab.1 Dálková světla - výsledky měření, [5]

Výsledky měření: Pozorovatelé, aby uviděli chodce, museli vidět obrys těla chodce. V případě světlého oblečení chodce (světle šedý plášť) vzdálenost prvního uvidění (identifikace) chodce byla přibližně v úrovni dosvitu světlometů na vozovku. V případě černého, tmavého oblečení chodce vzdálenost prvního uvidění chodce byla kratší než dosvit světlometů na vozovku, a to přibližně o 20-25 %, viz Tab. 4. Aby řidiči-pozorovatelé uviděli chodce v černém, tmavém oblečení, musely být nohy chodce osvětleny do výšky přibližně pod kolena a musel být vidět obrys těla chodce. Vidět chodce na vozovce lze přibližně při kontrastu $K = 3,0$, [5].

Značka vozidla	Vzdálenost dle výpočtu (m)	Vzdálenost dle pozorovatelů (m)	Rozdíl (%)
Fiat Punto 60 SX	50	48	- 4
Opel Vectra 1.6 16 V	54	50	- 2
Š. Octavia 1.9 TDi	53	49	- 8
Š. Fabia 1.4 MPi	56	51	- 9

Tab.2 Dosvit potkávacích světlometů na vozovku, [5]

č. m.	Oblečení chodce	Vzdálenost (m)	Rozdíl (%)
1	Černá bunda do pasu	36	- 25
2	Světle šedý plášť	52	+ 8
3	Červená bunda do pasu	38	- 21
4	Modrá bunda do pasu	36	- 25
5	Zelená bunda do pasu	37	- 23
6	Světle hnědý plášť	42	- 13

Tab.3 Rozpoznání chodce na potkávací světlomety, [5]

Typ vozidla	Vzdálenost dosvitu (m)	Rozpoznání chodce (m)	Rozdíl (%)
Fiat Punto 60 SX	48	36	- 25

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

Opel Vectra 1.6 16 V	50	40	- 20
Škoda Octavia 1.9 TDi	49	40	- 18
Škoda Fabia 1.4 Mpi	51	41	- 20

Tab.4 Rozpoznání chodce v černém oblečení na potkávacích světlometech, [5]



Obr.7 Podmínky, kdy nelze stanovit vzdálenost účinného dosvitu světlometů, tedy ani od něj odvozenou vzdálenost rozhledu řidiče [5]

V případech, kdy nelze určit hranici osvětlené a neosvětlené části vozovky (mokra, jiné zdroje osvětlení, mlha ...), viz obr. 7, je třeba rozhled řidiče určit jako maximální vzdálenost v jeho jízdním směru, kdy řidič vozidla uvidí (identifikuje), že se zde nachází objekt, který může blíže vyhodnotit, rozpoznat, [5]. Jedná se o určité nouzové řešení, kdy navzdory výše uvedenému je nyní obecný zákonný požadavek na rychlost jízdy řidiče „rozhled“ již odvislý od toho, jak bude barevně a jinak nápadný tmavý účastník silničního provozu, který se „odněkud“ vynoří z noční tmy, [12].

Velmi zjednodušeně lze uvést, že na suché nespádované vozovce bez vnějšího osvětlení moderní vozidla vybavená halogenovými žárovkami H7 vykazují v noční době dosvit (tedy dráhu rozhledu) zhruba 50 - 55 metrů. Tomu odpovídá rychlost přiměřená rozhledu cca 75 - 80 km/h. V případě xenonových světlometů činí dosvit cca 60 - 65 metrů. Tomu odpovídá rychlost přiměřená rozhledu cca 85 - 90 km/h, [12].

Praktická poznámka: Nechme prosím nyní stranou případy totálně opilých chodců, kteří na vozovce spí, či vpadávají do jízdní dráhy s cílem „stopnout“ si nějaké vozidlo. Pokud chodec vozovku před vozidlem příčně nepřechází, ale je okrajem vozidla tzv. jen podélně „zachycen“ u okraje vozovky, potom je typickou nehodovou konfigurací dopravní situace s těmito vnějšími znaky: Řidič se pohybuje v noční tmě mimo uzavřenou obec tak, že levými koly přesahuje vyznačený či pomyslný střed vozovky směrem do protisměrného jízdního pruhu. Vozovka je široká kolem 6,5 metrů, nemá zpevněnou krajnici a nezřídka je její povrch mokrá či vlhká. Protože se v protisměru přibližuje jiné vozidlo, vcelku přirozeně se řidič s vozidlem

„stáhne“ směrem k pravému okraji vozovky, aniž by upravil rychlost pro případ, že se u pravého okraje vozovky bude vyskytovat tmavě oděný chodec. Chodec jde proti tomuto vozidlu, je částečně oslněn, vozidlo příliš nesleduje a bez nějakých úskoků stranou pasivně čeká až jej vozidlo mine. Chodec se v daném místě nachází v legálním postavení a stavu (platilo alespoň před zavedením povinnosti být označen reflexními prvky mimo obec), řidič by jej tedy měl respektovat a zvolit rychlost přiměřenou dohledu pro spatření „supertmavého“ chodce, s tím že takováto rychlost přiměřená dohledu bývá u tmavého chodce asi o 25 % nižší než rychlost přiměřená rozhledu. Výsledek si jistě umíte představit ... V mnoha podobných případech nočních dopravních nehod máme jako svědka řidiče z onoho protijedoucího vozidla. Ono to zase tak pozoruhodné není, jedná se spíše o zákonitost. Při každém míjení vozidel v noční tmě a na úzké vozovce vlastně každý z řidičů míjí hypotetického tmavého chodce, tedy chodce, který se v daném místě vlastně nenachází. Až například tzv. „tisíciprvní“ hypotetický chodec se stane chodcem reálným. Řidič by i této eventualitě měl přizpůsobit rychlost jízdy, a to zejména v případě, že chodec se může na okraji jeho jízdní dráhy v daném místě v legálním stavu a poloze vyskytovat (nejsou zde chodníky, ani krajnice, chodec případně nemá povinnost být vybaven reflexními prvky). Analogicky může dojít k zachycení tmavých chodců při předjíždění vozidel. Chodec je navíc vůči předjíždějícímu vozidlu přivrácen zády a není tedy zcela reálný nějaký úskok či vkročení na okraj příkopu. Autor příspěvku se dokonce setkal s případem, kdy na silnici II. třídy s krajnicí cca 30 cm a vozovky široké 730 cm se v jedné úrovni v noční tmě setkala dvě osobní vozidla a dva cyklisté, [12], [13]. Osvětlený cyklista se řádně pohyboval u pravého okraje vozovky ve směru jízdy vozidla předjížděného i předjíždějícího. V protisměru se pohyboval cyklista neosvětlený. Řidič předjíždějícího vozidla zpozoroval na poslední chvíli protijedoucího neosvětleného cyklistu, nouzově vyhnul vpravo, jeho vozidlo tečně zasáhlo vozidlo předjížděné a poté předjíždějící vozidlo ve smyku smrtelně zranilo cyklistu „legálního“ a po několika „kotrmelcích“ skončilo v poli. Předjížděné vozidlo bylo nárazem vychýleno a narazilo do stromu. „Nelegální“ cyklista z místa dopravní nehody ujel a nebyl nikdy vypátrán. Oba řidiči se alespoň jednoznačně shodli na tom, že se neosvětlený cyklista v daném místě skutečně nacházel, [12], [13].

6 Statická a dynamická dohledová vzdálenost, [1], [4]

Po mnoho let panoval vcelku logický názor, že dynamická dohledová vzdálenost (*za pohybu vozidla*) musí být kratší než dohledová vzdálenost statická (*při rekonstrukci dopravní nehody*). Při rekonstrukci dopravní nehody mají pozorovatelé čas, aby pečlivě vyhledávali v zorném poli například figuranta představujícího určitého chodce. Proto by měl být chodec při běžné jízdě zpozorován později, neboť řidič by měl vzhledem ke statickému způsobu vyhledání figuranta ztratit nějaký ten čas zaznamenáním podnětu v periferním zorném poli, přenesením osy pohledu do daného místa, fixací zraku na daný objekt a vyhodnocením tohoto objektu. Literatura [1] uvádí, že staticky zjištěnou dohlednou vzdálenost je třeba ponížít o 20%, abychom obdrželi reálnou dohlednou vzdálenost odpovídající jízdě vozidla, viz obr. 8.

pozorováním se pak zjišťuje pro každou příčnou vzdálenost okamžik prvního spatření. Jedná se přitom o statickou zkoušku; za jízdy je rozpoznatelnost horší, takže je na místě vzdálenost ještě zkrátit (asi o 20%). Vykreslením se získá oblast zakrytého výhledu (obr. 17.73 vpravo).

Obr.8 Korelace mezi statickou a dynamickou dohlednou vzdáleností dle [1], str. 498

Ačkoli se výše uvedené úvahy jeví jako logické, měření provedená Kledusem tento teoretický předpoklad nepotvrzují, [4]. Kledus provedl statická i dynamická měření (viewpointssystem®) dohledových vzdáleností a výsledky vzájemně porovnal. Kledus následně zjistil, že houpání vozidla při jízdě pozitivně ovlivňuje možnosti krátkodobého nahlédnutí řidiče „o něco dále“ než je tomu při statickém měření. Toto „nahlédnutí dále“ má téměř optimálně kompenzovat zpoždění řidiče ohledně upozorování a identifikace podnětu při jízdě. Kledus uvádí následující: **citace** - Dosažené výsledky tedy nepotvrzují předpoklad, že by vzdálenost potřebná pro rozpoznání chodce byla při běžné jízdě kratší, než vzdálenost stanovená statickým měřením. V řadě případů, zejména u světel potkávacích, se ukazuje, že dynamický pohyb vozidla, především jeho houpání (*pitching oscillation*) může v porovnání s měřením statickým tuto vzdálenost i prodloužit. Naopak složitost jízdnicích situací a četnost podnětů při jízdě může podstatným způsobem i zkrátit vzdálenost, na kterou řidič při jízdě rozpozná chodce, - **konec citace**. Ke stejnému závěru dospěl na základě souboru svých vlastních měření Kropáč, [5], kap. 4.4.7.4 - str. 121-123.

7 Konkurence podnětů v zorném poli řidiče, [11]

Řidič při jízdě v noci i ve dne sleduje v zorném poli dopravní scénu a jeho zrak neustále vykonává tzv. sakadické pohyby, [11]. Tyto pohyby jsou nespojité, přičemž řidič pomocí těchto pohybů očí vykonává v prostoru tzv. navigaci (*strategie vedení vozidla dle obrubníků, patníků, budov, vodorovného dopravního značení*) a také tzv. vyhledávání dopravně zajímavých podnětů. Tyto navigační a dopravní podněty si mezi sebou „konkurují“, přičemž se s troškou nadsázky uchází se „o pozornost řidiče“. Řidič tyto opticky zajímavé objekty často i opakovaně přesouvá z oblasti periferního vidění do oblastí ostrého vidění a tyto dle složitosti dopravní scény krátkodobě fixuje (*typicky - opakovaně dle možností*). Nelze zcela exaktně popsat zrakové chování řidiče v určité konkrétní situaci. Obecně lze říci, že dopravně zajímavé podněty jsou zejména pohyblivé dopravní objekty v blízkosti koridoru, kterým se řidič pohybuje. Dále zrak řidiče „přitahuje“ mimo dopravního značení, stavu světelné signalizace, ukazatele rychlosti apod. hranice oblastí s výrazně různým jasnem (*tedy vysoký kontrast*), jako jsou hranice okraje různých stínů či „potenciálně podezřelých“ okrajů objektů v blízkosti jeho budoucí dráhy (*rohby budov, kontejner na sídlišti, okraj přístřešku tramvajové zastávky*)

Pro bližší studium této problematiky lze doporučit práce č. 8, 9, literatury [14] a také práce č. 1, 2, 8 literatury [15]. Lépe než mnoho slovního popisu může konkurenci podnětů v zorném poli řidiče přiblížit šest videí, která se nachází na DVD - ROM nosiči tohoto sborníku. Na videu vnitřní žlutý kruh vždy představuje centrální oblast (ostrého) vidění, vnější žlutý kruh hranici oblasti periferního vidění a zelená linie odpovídá trajektorii přesunu osy pohledu na pozadí optické scény krátce před aktuálním okamžikem, viz obr. 9. Na tomto místě je třeba srdečně poděkovat panu prof. E. Pfliegerovi (EPIGUS Institut Wien, Austria), který poskytl autorovi příspěvek těchto šest velmi zajímavých videí.



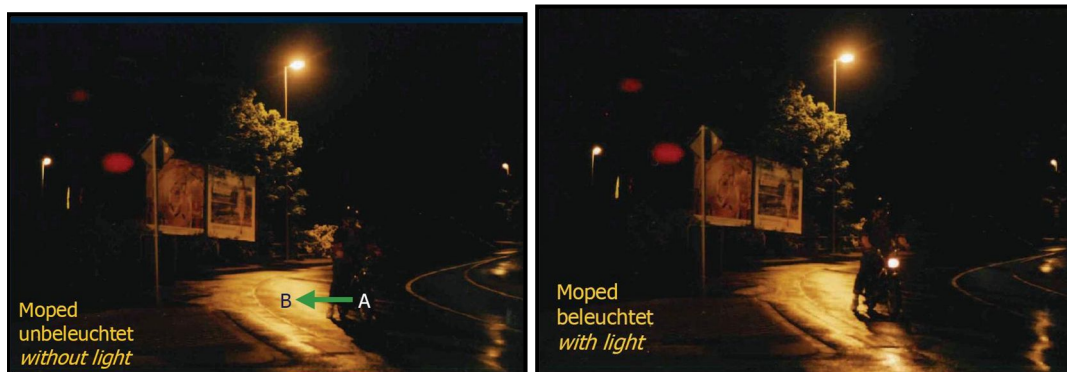
Obr.9 Systém ke zjišťování trasování pohybu oka, [11], nahoře - kamery s postrojem, [10]

8 Nadkriticky nerovnoměrné osvětlení vozovky, [5], [12], [17]

Pokud veřejné osvětlení nevytváří v prostoru vozovky soustavně osvětlenou plochu, potom může řidič nabyt iluze, že jeho rozhled činí například na 120 metrů, avšak ve skutečnosti může vidět jen na nepoměrně kratší vzdálenost. V tzv. „tmavé proluce“ může velmi snadno přehlédnout tmavého chodce či neosvětlené jízdní kolo, viz obr. 9, 10. Na obr. 10 se světelné stožáry nacházejí jen po pravé straně vozovky ve vzdálenosti asi 60 metrů od sebe. Horizontální intenzita osvětlení v místě osvětlovacího tělesa činí přibližně 6 lx, tato postupně klesá se vzdáleností od stožáru a v neosvětleném místě na vozovce je v úrovni 1 lx. Abychom mohli hovořit o nepřetržitém charakteru osvětlení komunikace, intenzita osvětlení vozovky by neměla v žádném místě podkročit hodnotu 5 lx, viz podrobně [5], str. 98.



Obr.10 Nerovnoměrné osvětlení vozovky, chodec v tmavém místě, [5]



Obr.11 Kdo by při zběžném pohledu rozpoznal na levém snímku neosvětlený moped v neosvětleném místě mokré komunikace?, [17]

Chodec má i při použití přechodu pro chodce stále „nějaké ty povinnosti“ vůči jiným účastníkům silničního provozu a neměl by řidiči náhle „vpadnout“ do jízdní dráhy. Na straně druhé, v blízkosti škol, zastávek MHD a například v místech opatřených výstražnou dopravní značkou „A 12 Děti“ má řidič nějaké ty povinnosti „navíc“ a nemůže se spolehnout na to, že se chodci budou chovat korektně podle daných pravidel, viz podrobně problematika rychlosti přiměřené v kap. 2. Například dítě jdoucí z nějakého zájmového kroužku v zimním období může z „hloubi“ chodníku letmo vběhnout na přechod pro chodce, aniž by na tzv. „patě“ přechodu zastavilo a řádně se přesvědčilo o dopravní situaci v jeho okolí. Z tohoto důvodu by mělo být alespoň přibližně rovnoměrně osvětleno i okolí takovýchto přechodů pro chodce, protože i v tomto prostoru mohou ve vybraných případech řidiči vznikat nějaké ty povinnosti „navíc“. Pokud je výrazně osvětlen jen samotný přechod pro chodce, zorničky řidiče se tzv. „přiclóní“ a na sítnici očí řidiče dopadá jen velmi málo optických informací z blízkého okolí „přesvětleného“ přechodu pro chodce. Blízké okolí lokálně „přesvětleného“ přechodu pro chodce může být pro řidiče hůře „čitelné“, než kdyby dané místo nebylo osvětleno vůbec. Jinými slovy, vozidlo řidiče by dokázalo svými potkávacími světlomety osvětlit samotný prostor přechodu pro chodce sice méně intenzivně než vnější osvětlení, ale zase by nevznikly velmi nepříznivé velmi ostré hranice „přesvětlené“ oblasti a oblasti „hluboké tmy“.

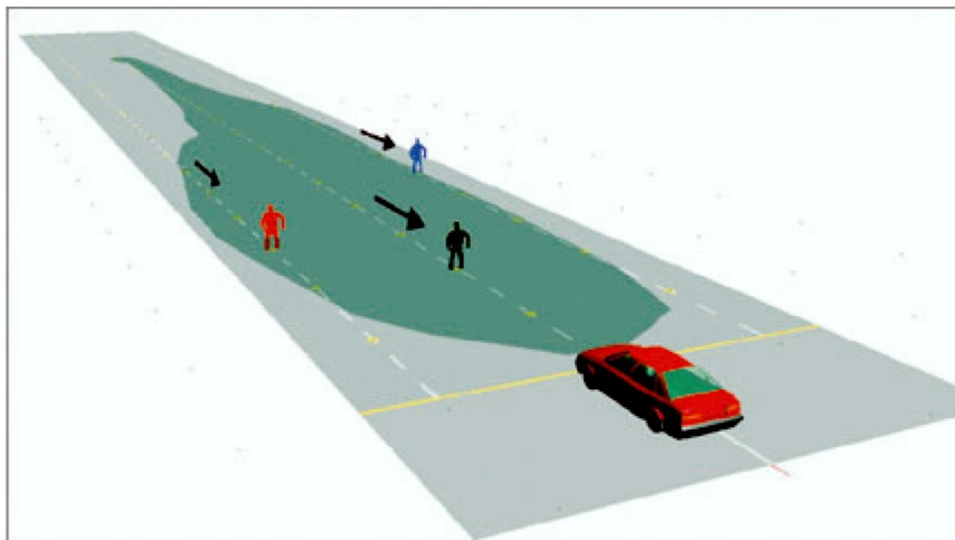
Lokálně přesvětlený přechod pro chodce může být s troškou nadsázky připodobněn k oslnění řidiče protijedoucím vozidlem krátce před jejich minutím, [12]. Také v tomto případě vzniká velmi ostrá hranice mezi oblastí silného přesvětlení a oblastí úplné tmy, ve které toho řidič příliš nevidí, viz obr. 12. Samostatnou kapitolou v této oblasti je mokrá vozovka, což je samozřejmě velmi nepříznivě ovlivňuje možnosti rozpoznání tmavých chodců obecně.



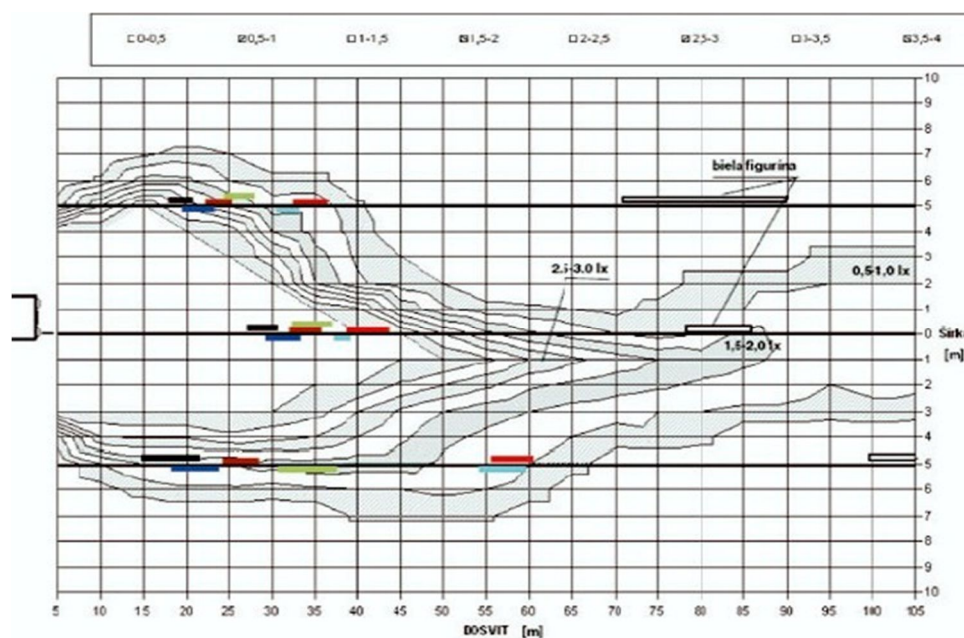
Obr.12 Lokálně přesvětlená oblast komunikace protijedoucím vozidlem, [12]

9 Typické rozložení intenzit osvětlení a možnosti rozpoznání chodců, [9]

Liščák a Dirnbach se zabývali měřením rozložení intenzit osvětlení vozovky vozidlem VOLKSWAGEN PASSAT CL, r.v. 1995, zdroj H1 55W 12V. Bylo sucho, zamračeno, noční doba. Sklon světlometů byl seřízen na výrobcem udávanou hodnotu 1,2 %, krycí skla světlometů i čelní sklo byly čisté. Po měření intenzity osvětlení vozovky byly od osy pravého světlometu vytyčeny tři podélné linie ve vzdálenostech -5, 0 a + 5 metrů. Bylo zhotoveno 6 figurín různých barev s důrazem na tmavé barvy jejich oděvu (*černá, tmavomodrá, tmavohnědá, tmavozelená, červená a modrá*). Na uvedených třech liniích byla poté hledána taková kritická poloha jednotlivých typů figurín, aby tato byla právě viditelná do výšky kolen. Právě tehdy byla obrysově viditelná celá tmavá silueta figuríny. Figurína byla vždy k vozidlu přibližována zezadu, tedy ze tmy až do kritické pozice. Mimo uvedených barevných provedení figurín byla navíc využita i bílá figurína, tak aby byly spolehlivě s figurínou černou ohraničeny extrémní varianty. Na obr. 13 je patrný náhled na uspořádání měření a na obr. 14 se nachází podstatné výsledky obou typů měření. Barevné krátké linie (*resp. obdélníky*) v jednotlivých třech podélných liniích vyjadřují kritické pozice šesti různých typů barevných figurín. Celkem byla provedena měření se třemi řidiči, kdy na obr. 14 se nachází jen měření provedená s řidičem ve věku 51 let bez očních vad.



Obr.13 Náhled na uspořádání měření, [9]



Obr.14 Dohledné vzdálenosti řidiče na různobarevné příčně umístěné figuríny, [9]

10 Dokumentace výsledků měření a rekonstrukcí dopravních nehod, [12], [17]

Jak již bylo uvedeno v kap. 1, znalec zkoumá jen případ konkrétní nehody. V případě rekonstrukce dopravní nehody postačuje jen co nejvěrněji napodobit resp. „zopakovat“ povětrnostní a další podmínky, které panovaly na místě dopravní nehody. Znalec tedy většinou nepotřebuje pomoci nějakého matematického modelu „uchopit“ danou světelnou scénu a na pozadí tohoto modelu zkoumat různé jiné vlivy, jiné podmínky a jejich příslušné kombinace. Znalec tedy určuje kvalitativním a heuristickým způsobem různé kritické pozice stylem, „nyní ještě nevidím a nyní již vidím“. Nemá pro něj tedy smysl „přetavovat“ naměřené veličiny ohledně charakteru světelné scény do nějakého matematického modelu a pak z tohoto modelu nějak pochybně zpětně odvozovat to, co pro lidského pozorovatele může či nemůže být vidět (to by bylo podobné jako „škrábat“ se za levým uchem pravou rukou).

Znalec se však spíše potýká s tím, jak optické vjemy své i vjemy pozorovatelů graficky věrohodně zachytit. Znalecký posudek by totiž měl být transparentní a kterákoli ze stran sporu může cokoli napadnout. Není přitom problémem uspořádat naměřené údaje do nějaké tabulky a tuto tabulku přiložit jako nedílnou součást protokolu o vyšetřovacím pokusu, kterou standardně podepisují zúčastněné osoby, tedy například včetně právního zástupce obviněného. Na straně druhé, například i soudce, který z logiky věci nemůže být přítomen rekonstrukci dopravní nehody před podáním obžaloby, by si později rád učinil vlastní intuitivní úsudek o dohledových poměrech na místě dopravní nehody. Na tomto místě si asi každý řekne: V čem je vlastně problém? K čemu máme digitální fotoaparáty? Odpověď zní: Problém to je, protože různé scénické režimy snímání včetně tzv. automatického módu mohou zachytit celkovou úroveň světelnosti snímku nesprávným způsobem. U klasického fotoaparátu bychom asi řekli, že celková úroveň světelnosti snímku je funkcí expoziční doby, kterou dopředu neznáme, tak abychom pořídili věrohodný snímek světelné scény. Také na levém snímku obrázků 15, 16 je zachycen na hranici jízdních pruhů chodec, avšak tohoto chodce nevidíme na rozdíl od snímku pravého pořízeného za jiných světelných podmínek.



Obr.15 Vliv způsobu zpracování dopadajícího světla fotoaparátem na optickou světelnost snímku, jak je poté vnímána lidským pozorovatelem, [17]



Obr.16 Vlevo je vidět téměř „neviditelný“ chodec - záběr z kamery, vpravo snímek pořízený digitálním fotoaparátem (automaticka) dokonce z větší vzdálenosti, [12]

Jak však máme prakticky na místě dopravní nehody určit, která úroveň světelnosti snímku „je ta pravá“? Lze poříditi ze stativu vícero snímků téhož výjevu s různou světelností. Poté lze snímky uložit do přenosného počítače a ihned na místě samém je třeba se rozhodnout, který ze snímků nejvěrněji dokumentuje z hlediska osvětlení daný optický výjev, [17].

Profesionálním řešením ohledně dokumentace úrovně světelnosti reálné světelné scény dopravních nehod je tzv. HDR fotografie. Zjednodušeně řečeno, s využitím stativu je automaticky pořízena celá sada snímků s různou dobou expozice, kdy doba expozice je variována systematicky po jednotlivých krocích na pomyslné expoziční stupnici. Tato problematika již značně přesahuje poslání tohoto příspěvku a v případě potřeby je třeba odkázat na literaturu [2] - str. 160-176.

11 Shrnutí závěrů výzkumu Kropáče, [5]

1. Definovat pojem rozhled uváděný v Zákonu č. 361/2000 Sb. § 18 odst. 1 v případě jízdy řidiče vozidla za snížené viditelnosti lze takto:

a) Rozhled řidiče vozidla je maximální vzdálenost v jeho jízdě směru, kdy řidič vozidla uvidí (identifikuje), že se zde nachází objekt, který může blíže vyhodnotit, rozpoznat (např. chodce, neosvětleného cyklistu, neosvětlené vozidlo).

b) při zapnutých potkávacích světlometech je to vzdálenost na vozovce před vozidlem, kde je možno určit rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky, respektive je to dosvit světlometů na vozovku. Pokud nelze rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky určit (mokrý vozovka, mlha, vliv jiného zdroje světla), je rozhled řidiče určen dle bodu a).

Dle ustálené právní praxe je priorita dána bodu a), bod b) je speciálním prvkem při zapnutých potkávacích světlometech vozidla, nevyskytující se vždy.

2. Při konkrétní dopravní nehodě střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti je nutno zjistit a v posudku uvést vzdálenost, kdy řidič vozidla prvně mohl uvidět (identifikovat) chodce. V případě zapnutých potkávacích světlometů na vozidle zjistit a uvést speciální parametr, a to vzdálenost dosvitu světlometů na vozovku před vozidlem.

3. Při jízdě řidiče vozidla v noci se jedná o tzv. mezopické vidění. Jasy pozorovaných předmětů jsou v rozmezí $0,001 \text{ cd.m}^{-2}$ až přibližně do úrovně 10 cd.m^{-2} . Uplatňují se oba druhy světločivých buněk oka. Řidič vozidla vidí barevně, může rozlišit kontrast barev.

4. Charakter úseku silnice v místě nehody je významným vstupním údajem pro správné odvození rozhledových poměrů řidiče vozidla ve vztahu k chodci nacházejícímu se na vozovce.

5. Uvidět (identifikovat) chodce na vozovce před vozidlem závisí na těchto parametrech:

Kvalitě zrakového vnímání řidiče vozidla (obecně „jak dobře řidič vozidla vidí“).

Osvětlení vozidla (dálková, potkávací světla, svítivost světlometů).

Okolí místa nehody (osvětlení místa nehody i jiným zdrojem světla, např. veřejným osvětlením).

Velikosti a barvě objektu (v případě chodce jeho oblečení, poloha chodce).

Povrchu komunikace, tj. odrazivost světla od povrchu vozovky (suchá, mokrá vozovka).

Žádný z těchto parametrů není možno v analýze střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti omezit, či se jím vůbec nezabývat.

6. Vzdálenost, kdy řidič vozidla prvně uvidí (identifikuje) chodce na vozovce, případně vzdálenost dosvitu potkávacích světlometů na vozovku, se zpravidla stanovuje na základě vyšetřovacího pokusu.

7. Vyšetřovací pokus je možno provádět v souladu s metodikou Znaleckého standardu č. II. Vždy je nutno se zabývat stanovením vzdálenosti, kdy řidič vozidla mohl prvně uvidět (identifikovat) chodce na vozovce či i mimo ni například na krajnici.

8. Vyšetřovací pokus není nutno provádět, jestliže:

Řidič vozidla měl zapnuty dálkové světlometry, chodec se na vozovce nacházel ve vzpřímené poloze. Oděv chodce může být tmavý, případně i černý.

Úsek silnice je osvětlen veřejným osvětlením (osvětlovací soustavou) rovnoměrné intenzity osvětlení. V žádném místě na silnici (vozovce) nesmí klesnout intenzita osvětlení pod hranici 5 lx. Řidič vozidla může mít zapnuty potkávací nebo dálkové světlometry.

V obou výše uvedených variantách se musí jednat o rovný úsek silnice nebo zakřivení je takové, že umožňuje rozhled řidiči na silnici do vzdálenosti nejméně 100 m (např. mírná zatáčka).

9. Při jízdě řidiče osobního automobilu se zapnutými dálkovými světlometry může tento na rovném úseku silnice, suchém živičném povrchu, uvidět (identifikovat) chodce v tmavém, černém oblečení na vzdálenost nejméně 100 m. Pokud je chodec oděn ve světlém či barevném oblečení, může jej řidič osobního automobilu uvidět a rozpoznat na vzdálenost asi 130 - 160 m.

Pokud je oblečení chodce vybaveno reflexivními prvky, může jej řidič vozidla uvidět na vzdálenost asi 200 m.

10. Při zapnutých potkávacích světlometech na vozidle za obvyklých podmínek v noci (seřizené světlometry, suchá vozovka) je rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky před vozidlem přesně vizuálně určitelné a při vyšetřovacím pokusu dokumentovatelné.

11. Rozhraní osvětlené a neosvětlené části vozovky před vozidlem je v místě, kde vertikální intenzita osvětlení klesne na hodnotu 2 lx při vzdalování se od vozidla.

12. Dle výšky vztažného bodu světlometu a předepsaného svislého sklonu světlometu lze vymezit s přesností $\pm 10\%$ vzdálenost dosvitu potkávacích světlometů pro konkrétní vozidlo s účinnými a dle výrobce seřizenými světlometry.

13. Řidič vozidla, aby uviděl (identifikoval) chodce na vozovce při zapnutých potkávacích světlometech, musí vidět obrys těla chodce.

14. Chodce ve světlém oblečení řidič vozidla prvně uvidí (identifikuje) ve vzdálenosti přibližně totožné, jaká je vzdálenost dosvitu potkávacích světlometů na vozovku. Chodce v tmavém, černém oblečení řidič vozidla prvně uvidí (identifikuje) ve vzdálenosti kratší, než je vzdálenost dosvitu potkávacích světlometů, a to o 20-25 %.

15. Řidič vozidla může prvně uvidět (identifikovat) chodce při zapnutých potkávacích světlometech v okamžiku, kdy kontrast jasu objektu (chodce) a bezprostředního okolí je v úrovni $K = 3,0$. Platí pro jas bezprostředního okolí $0,001 \text{ cd.m}^{-2}$.

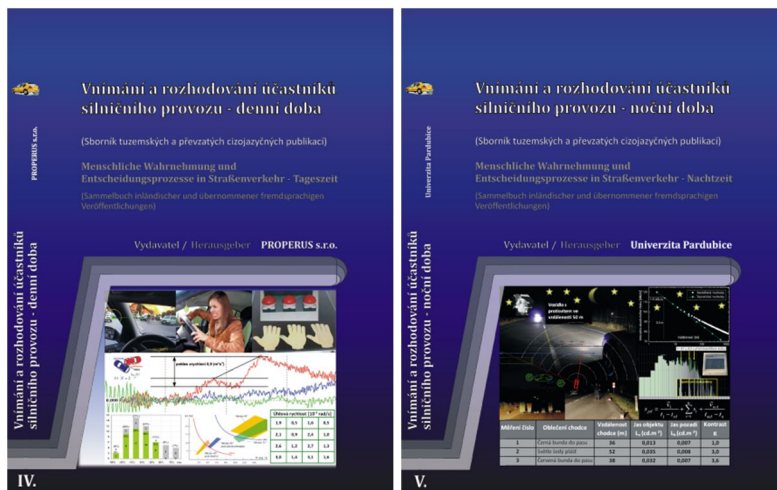
16. Při jízdě řidičů rychlostí do 80 km.h^{-1} , kteří byli soustředěni na jízdu, se neprojevil vliv rychlosti jízdy na vzdálenosti uvidění rozpoznání siluety chodce na vozovce před vozidlem. Nejistěna ani rozdílnost vzdáleností oproti statickým podmínkám měření.

17. Osvědčilo se měřit intenzitu osvětlení chodce světlometry vozidla ve vertikální rovině, kdy měřicí sonda je natočena směrem ke zdroji světla, k vozidlu. Intenzita osvětlení se měří v úrovni vozovky, v úrovni asi $1,0 \text{ m}$ a $1,7 \text{ m}$ nad povrchem vozovky. Rozmezí vertikální intenzity osvětlení v okamžiku, kdy řidič prvně uvidí (identifikuje) chodce v tmavém, černém oblečení na vozovce před vozidlem, je v úrovni vozovky $(10-20) \text{ lx}$, ve vzdálenosti $1,0 \text{ m}$ nad povrchem vozovky $(2-5) \text{ lx}$, tj. v úrovni pasu chodce a ve výšce $1,7 \text{ m}$ nad povrchem vozovky $(0,5-1,0) \text{ lx}$, tj. v úrovni hlavy chodce.

12 Odborná literatura k problematice vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu, [14], [15]

Jak je již uvedeno v kap. 1, analýza dopravních nehod má své vlastní názvosloví a specifické okruhy zkoumání. Přesto není na škodu získat určitý interdisciplinární odborný přesah do oboru, který se mimo jiné také zabývá problematikou osvětlení dopravního prostoru. V roce 2014 byly autorem tohoto příspěvku vydány dvě odborné publikace, které jsou souborem moderních a současně potřebných prací tuzemských i zahraničních autorů k dané problematice. Odborná literatura obsahuje celkem 23 prací: *např. reakční doba řidičů včetně reakce seniorů, podnapilých osob, optická složka reakce osob s očními vadami a při složených podnětech - např. při telefonování za jízdy, sakadické pohyby očí, fixace, strategie přenášení osy pohledu - typické procesní časy při pohledu řidiče do jednotlivých zpětných zrcátek, základy akustického a taktálně-vestibulárního vnímání včetně kriteriálních veličin zjištěných při testech, problematika „psychologického“ oslnění xenonovými světlometry, kognitivní psychologie, dopravní nehody na křižovatkách řízených soustavou světelných signálů.*

V elektronické podobě sborníku „Kurzu osvětlovací techniky XXXII“ můžete nalézt ve složce „Rábek - videa, učebnice“ pět souborů, které obsahují dostatečně podrobnou informaci o profilu obou odborných publikací (*kompletní obsah kapitol a podkapitol, technická specifikace učebnic a náhledy na několik vybraných stran*).



Obr.17 Náhled na titulní strany odborných publikací „Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu IV. denní doba a V. noční doba“ [14], [15]

Literatura a odkazy

- [1] BRADÁČ, A. sr. a kol.: *ANALYTIKA SILNIČNÍCH NEHOD, PŘÍRUČKA ZNALCE II.*, Dům techniky ČSVTS Ostrava 1985, (str. 413 a 497-498)
- [2] HITTINGER, CH.; ALTHAUS, U.: *Einsatz von HDR Fotografie bei der Analyse von Dunkelheitsunfällen*, Sborník příspěvků první společné konference odborných sdružení ITAI–EVU, 18. Konference EVU, 9. Konference ITAI, Hincley, Velká Británie 2009 (Session 1: Conspicuity and Response, str. 77-83), in [15] - str. 160-176
- [3] KASANICKÝ, G.: *Technicko - právní problematika dopravných nehod pri snížené viditelnosti*, Znalectvo 4/2000, Žilina 1995, ISSN 1335-1133, in [13]
- [4] KLEDUS, R.; BRADÁČ, A. jr.; SEMELA, M.; CUPAL, M.: *Experimental research of differences in driver's perception of objects from stationary and moving vehicles*, 13. EAEC 2011 European Automotive Congres 13.-16.6. 2011 (Valencia - Spain), ISBN 978-84-615-1794-7, s.1-11, in [15] - str. 32-51
- [5] KROPÁČ, F.: *Disertační práce „Problematika znaleckého posuzování střetu vozidla s chodcem za snížené viditelnosti*, ÚSI VUT Brno 2003, in [15] - str. 72-135
- [6] KUČEROVÁ, H.: *Zákon o silničním provozu s komentářem a judikaturou, 2. aktualizované vydání*, Nakladatelství Leges, s.r.o., 2011, ISBN 978-80-87576-01-4
- [7] LEITNER, M.; LUKÁŠEK, V.; KOPECKÝ, Z.: *Zákon o provozu na pozemních komunikacích: a předpisy prováděcí a souvisící s komentářem*, 1. vydání. Praha: LINDE, 2001, 487 s., ISBN 80-7201-280-0 (strana 46)
- [8] LEITNER, M.; LUKÁŠEK, V.; KOPECKÝ, Z.: *Zákon o provozu na pozemních komunikacích: a předpisy prováděcí a souvisící s komentářem*, 3. přepracované vydání podle právního stavu k 1.7. 2006, Praha: LINDE, 2006, 572 s., ISBN 80-7201-616-4 (strana 98)
- [9] LIŠČÁK, Š.; DIRNBACH, I.; DIRNBACH, R.: *Dosvit a dohľadnosť na chodca*, Znalectvo 3-4/2002, Žilina 2002, ISSN 1335-1133, str. 33-45, in [13]
- [10] MÖHLER, W.: *Cognitive Psychological Aspects in Pedestrian Accidents*, Sborník příspěvků 17.Výroční konference EVU, Nice Francie 2008 (Session 4: Offenes Forum, str. 409-414), in [15] - str. 198-211

- [11] PFLEGER, E.: *Die Gefahrerkennung und Reaktion in der Praxis - exakter zeitlicher Nachweis durch Blickanalysen*, 2. Annual Congress Nr. 21 of the European Association for Accident Research and Analysis (EVU) 27th - 29th September 2012, Brasov, România ISBN 978-973-013536-7, Tagungsband 2012, Deutsche Version, in [14] - str. 148-184
- [12] RÁBEK, V.: *Archív řešených a konzultovaných dopravních nehod*, 1996 - 2016
- [13] RÁBEK, V. a kol.: *Databáze informací a postupů z analýzy dopravních nehod 2013*, Vydavatelství PROPERUS, s.r.o., Olomouc, 2013, ISBN 978-80-904944-1-1
- [14] RÁBEK, V.: *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu - denní doba*, Vydavatelství PROPERUS s.r.o., 2014, ISBN 978-80-904944-2-8, 350 s.
- [15] RÁBEK, V.: *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu - noční doba*, Univerzita Pardubice, 2014, ISBN 978-80-7375-816-9, 319 s.
- [16] RÁBEK, V.: *Zamyšlení nad povinností dát přednost v jízdě ve vztahu k porušení povinnosti pohybovat se dovolenou rychlostí jízdy*, Znalec 2-3/2016, ISSN 1805-6881
- [17] SCHMEDDING, K.: *Practical Examples of Visual Perception Problems in Night-time Accidents*, Sborník příspěvků první společné konference odborných sdružení ITAI-EVU, 18. Konference EVU, 9. Konference ITAI, Hincley, Velká Británie 2009 (Session 1: Conspicuity and Response, str. 61-70), in [15] - str. 52-71

Na co si dát pozor při sjednávání smlouvy o zhotovení veřejného osvětlení

JUDr. Petra Nováková, Ph.D., Mgr. Ondřej Mikula, Kocián Šolc Balaščík, advokátní kancelář, s.r.o.,
pnovakova@ksb.cz, omikula@ksb.cz, www.ksb.cz

*Abstrakt: Cílem následujícího příspěvku je poskytnout základní přehled témat, která je nutné řešit při přípravě a uzavírání smluv o zhotovení veřejného osvětlení **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** v souladu s novým občanským zákoníkem. Chcete-li, aby smlouva sloužila jako účinný nástroj k vynucení řádného zhotovení díla, jeho zaplacení a veškerých dalších povinností a aby v důsledku ní nevznikaly zbytečné spory, je potřeba dbát na některá základní pravidla.*

1 Obecné otázky a základní zásady

Každá ze smluv uzavíraná ohledně výstavby veřejného osvětlení po roce 2014 se již plně řídí tzv. novým občanským zákoníkem, tj. zákonem č. 89/2012 Sb. („NOZ“). Obchodní zákoník se tak již neuplatní, neboť byl s účinností ke dni 1. 1. 2014 zrušen a nahrazen právě NOZ. Většina smluv o výstavbě, rekonstrukci či údržbě veřejného osvětlení přitom v praxi bude povahově odpovídat smlouvě o dílo, proto se bude řídit zejména ustanoveními § 2586 až § 2635 NOZ.

Jako každá smlouva se bude i smlouva o výstavbě veřejného osvětlení řídit některými klíčovými zásadami, na kterých je NOZ postaven. Jedná se například o tzv. zásadu autonomie vůle, která se projevuje v řadě směrů. Zejména platí, že téměř veškerá ustanovení NOZ dopadající na uzavírané smlouvy jsou tzv. dispozitivní. To znamená, že zákon sice upravuje některá pravidla, kterými se strany řídí, avšak pouze podpůrně. Pokud si strany ve smlouvě dohodnou něco jiného, tato ustanovení se nepoužijí a uplatní se svobodná vůle smluvních stran. To neplatí bezvýhradně, neboť některá ustanovení NOZ zůstávají naopak z různých důvodů kogentní (tj. nelze se od nich odchýlit), byť je jich minimum. To je třeba případ § 2629 NOZ, dle kterého k námitce protistrany nelze účinně před soudem uplatňovat vady staveb, které objednatel neoznámil bez zbytečného odkladu poté, co je mohl při dostatečné péči zjistit, nejpozději do pěti let od převzetí stavby.

Jinou důležitou zásadou, na kterou je třeba v souvislosti s NOZ upozornit je zásada ochrany slabší strany. Projevuje se v řadě pravidel, která mohou mít dopad i na smluvní vztah založený smlouvou o zhotovení veřejného osvětlení v případech, kdy některá ze stran bude mít postavení tzv. slabší strany. Jelikož je za slabší stranu dle NOZ považována vždy osoba, která vůči podnikateli v hospodářském styku vystupuje mimo souvislost s vlastním podnikáním[2], může být slabší stranou zejména objednatel coby příslušná veřejnoprávní entita. Typickým pravidlem, které se v takovém případě uplatní, je pak § 2629 odst. 2 NOZ, dle kterého nelze ujednat zkrácení reklamační doby týkající se skrytých vad, je-li objednatel slabší stranou. K takovému ujednání by se ze zákona nepřihlíželo. V neposlední řadě je třeba zmínit zásadu „pacta sunt servanda“, tj. že smlouvy a sliby se mají plnit, resp. tomu odpovídající výslovně zakotvené pravidlo, že na smlouvy je třeba hledět spíše jako na platné, než na neplatné.[3] V souladu s tímto je nutné mít na paměti, že soud by se v případném sporu měl vždy snažit najít výklad, dle kterého jakékoliv ustanovení smlouvy z hlediska své platnosti obstojí. Ačkoliv bylo uvedené pravidlo již dříve formulováno v soudní rozhodovací praxi, je možné předpokládat, že v budoucnu budou soudy podle něj postupovat ještě více, než doposud.

Při uzavírání smluv, včetně smluv o zhotovení veřejného osvětlení, je třeba mít také na paměti, že na vztah mezi stranami nemusí v daném případě dopadat pouze pravidla vyplývající ze zákona a z uzavřené smlouvy. Zákon totiž předpokládá, že roli mohou hrát také zvyklosti dodržované v příslušném odvětví nebo obecně[4], popřípadě i předchozí praxe zavedená mezi konkrétními stranami.[5] Vzhledem k tomu, že může být při uzavírání smlouvy stranám v praxi nejasné, jak konkrétně budou taková pravidla vykládána, může být podle okolností vhodné aplikaci takových pravidel ve smlouvě výslovně vyloučit.

2 Vymezení díla a jeho ceny, účel smlouvy

Jednou z nejdůležitějších součástí smlouvy o zhotovení veřejného osvětlení je vymezení (specifikace) samotného díla. Jde o tzv. podstatnou náležitost smlouvy, bez níž nemůže být smlouva řádně uzavřena. V praxi je třeba této pasáži věnovat zvýšenou pozornost, neboť riziko, že dílo bude vymezeno nejasným, resp. neurčitým způsobem, je poměrně vysoké. V takovém případě by totiž byla smlouva považována za nicotné právní jednání. Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.

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.). Nestací 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. Podstatné je rovněž vymezení správně závazek zhotovitele jako takový, tj. zda je předmětem díla samotné zhotovení, oprava (renovace) či údržba příslušného veřejného osvětlení. V charakteru závazku zhotovitele tkví rozdíl mezi typem smlouvy o dílo a smlouvou kupní. Vzhledem k tomu, že veřejné osvětlení bude mít v praxi zpravidla podobu stavby, bude mít smlouva o uvedených závazcích nejčastěji právě formu smlouvy o dílo s poukazem na § 2587 NOZ.

Vedle vymezení díla je podstatnou náležitostí smlouvy o dílo také cena díla, o níž musí být ve smlouvě pojednáno rovněž. Ta přitom může být stanovena v zásadě několika způsoby. Klasiku představuje cena pevná, která zásadně nemůže být v průběhu provádění díla překročena. To platí i na cenu určenou podle rozpočtu. Nastane-li však zcela mimořádná nepředvídatelná okolnost (například některý přírodní jev, apod.), která dokončení díla podstatně ztěžuje, může soud v souladu s § 2620 odst. 2 NOZ na návrh zhotovitele rozhodnout o spravedlivém zvýšení ceny za dílo, anebo o zrušení smlouvy a o tom, jak se strany vypořádají. Pokud chce objednatel předejít riziku, že cena bude takto zvýšena, měl by do smlouvy prosadit prohlášení zhotovitele, že na sebe bere nebezpečí změny okolností a toto ustanovení se neuplatní. Jinou variantou je určení ceny dle rozpočtu s výhradou, že se nezaručuje jeho úplnost nebo s výhradou, že je nezávazný. V takovém případě zákon zvýšení ceny připouští za podmínek dle § 2622 NOZ. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

S vymezením díla v zásadě úzce souvisí také popis samotného účelu smlouvy. Ten sice není zákonem považován za podstatnou náležitost kontraktu, ale jeho zahrnutí do textu smlouvy lze téměř vždy doporučit. Takovým účelem může být například zhotovení veřejného osvětlení, které bude zajišťovat dostatečnou bezpečnost na konkrétním přechodu pro chodce, přispěje ke schůdnosti a sjízdnosti pozemní komunikace, apod. Uvedení účelu může být důležité zejména v případě sporu týkajícího se vad díla. Může totiž usnadnit výklad

smlouvy, pokud jde o sjednané vlastnosti díla jako takového. Platí přitom, že pokud účel není ve smlouvě výslovně sjednán, bude v případě sporů soud vykládat smlouvu podle účelu, který se zpravidla dílo (veřejné osvětlení) o daných vlastnostech hodí, což může být problematické a do vztahu mezi stranami to může vnést značnou nejistotu.

3 Další důležitá práva a povinnosti

Smlouva o zhotovení veřejného osvětlení by měla v praxi obsahovat řadu dalších více či méně konkrétních práv a povinností týkajících se fáze od uzavření smlouvy do dokončení a předání díla, resp. fází dalších (reklamace vad, apod.) tak, aby vztahy mezi stranami byly jasné a aby rizika vzniku případných sporů byla v co nejvyšší možné míře eliminována.

Strany by si tak měly upravit například způsob vzájemné komunikace po dobu plnění závazků ze smlouvy, aby byly vyloučeny případné spory ohledně toho, zda dané oznámení (např. reklamace, odstoupení od smlouvy, různé výzvy, apod.) bylo učiněno řádně a může tedy vyvolávat účinky smlouvou předvídané. V tomto smyslu lze doporučit trvat na povinné písemné formě sdělení a na specifikaci jednotlivých adres (emailových, poštovních, popř. kontaktních osob), kam by tato sdělení měla být zasílána. V této souvislosti je třeba upozornit na zákonnou domněnku doby dojití dle § 573 NOZ, podle které se má za to, že došla zásilka odeslaná s využitím provozovatele poštovních služeb došla třetí pracovní den po odeslání, resp. patnáctý pracovní den po odeslání, pokud byla odeslána na adresu v jiném státu. Uvedené pravidlo má zjednodušit prokazování doručení příslušných sdělení s tím, že strany si jej mohou upravit, popř. vyloučit tak, aby byl nastaven mechanismus odpovídající jejich potřebám.

Rovněž může být v některých případech vhodné, aby strany ve smlouvě upřesnili některé neurčité pojmy vyplývající ze zákona, jako je třeba lhůta „bez zbytečného odkladu“, „přiměřená lhůta“, apod. Tak například bez zbytečného odkladu musí zhotovitel objednateli oznámit nutnost překročení rozpočtované částky při určení ceny díla na základě rozpočtu daného s výhradou, že se nezaručuje jeho úplnost nebo s výhradou, že je rozpočet nezávazný. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Přiměřenou lhůtu může pak zhotovitel určit objednateli, je-li k provedení díla nutná jeho součinnost. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Podle § 2593 NOZ pak platí, že zhotovitel musí zajistit v přiměřené době nápravu, pokud jej objednatel po zjištění, že zhotovitel porušuje svou povinnost, vyzve, aby prováděl dílo řádným způsobem. Neučiní-li tak v této době, může objednatel odstoupit od smlouvy. Tyto výrazy je vhodné si ve smlouvě konkrétně definovat, a to stanovením konkrétní délky lhůt, ve kterých musí strany příslušné právní jednání učinit. Pokud tak strany ve smlouvě neučiní, určí tyto lhůty v případě sporu soud podle konkrétních okolností případu.

Důležité je také vymežit si ve smlouvě jasná pravidla týkající se kontroly provádění díla objednatelem (tj. zda k provádění díla zhotovitelem dochází v souladu se smlouvou a se všemi relevantními technickými parametry stranami sjednanými), tj. kupříkladu v jakých fázích provádění díla bude dílo objednatelem kontrolováno a v jakém rozsahu. Podle § 2626 odst. 1 NOZ platí, že stanoví-li smlouva, že objednatel zkontroluje předmět díla na určitém stupni jeho provádění, zhotovitel pozve objednatele ke kontrole. Nepozve-li jej včas nebo pozve-li jej ve zřejmě nevhodné době, umožní objednateli dodatečnou kontrolu a hradí náklady s tím spojené. Uvedené lze pochopitelně ve smlouvě modifikovat. Podle konkrétních okolností lze doporučit zejména konkretizaci jednotlivých lhůt, resp. doby, kdy lze

objednatel ke kontrole pozvat. Odchylně lze rovněž upravit režim úhrady nákladů spojených s prováděním kontroly, resp. dodatečné kontroly.

4 Předání a převzetí dokončeného díla a vady plnění

Předpokladem splnění závazku zhotovitele provést dílo je jeho řádné dokončení a předání objednateli. Proces předání a převzetí veřejného osvětlení coby prováděného díla by měl být ve smlouvě rovněž podrobně upraven.

Podle § 2605 odst. 1 NOZ je dílo dokončeno (tj. je splněn první předpoklad splnění závazku zhotovitele), je-li předvedena jeho způsobilost sloužit svému účelu. Uvedené pravidlo lze ve smlouvě samozřejmě modifikovat a upravit například přísnější standard dokončení díla, tj. například dokončení díla bez jakýchkoliv funkčních vad, apod. Lze jej rovněž upřesnit, a to třeba tím, že smlouva bude definovat, co se rozumí způsobilostí veřejného osvětlení sloužit svému účelu. Smlouva by v tomto smyslu měla stanovit zejména technické parametry, které musí veřejné osvětlení při předvedení způsobilosti a vyzkoušení funkčnosti splňovat (stran osvětlenosti, jasů nebo rovnoměrnosti osvětlení na silnici, apod.). Zde může být vhodné 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.[10] Důležité bude rovněž vymezení, jakým způsobem bude plnění parametrů způsobilosti ověřováno, zda k tomu bude docházet na základě měření nezávislého odborníka, zda a jaké osoby se takového ověřování budou účastnit, apod. V konkrétním případě může být praktické dohodnout si způsob vyzkoušení a ověření vlastností veřejného osvětlení nezávislým odborníkem tak, aby se předešlo případným sporům. V této souvislosti by strany měly současně upravit, kdo, a v jakém rozsahu, bude hradit náklady na takové posouzení. Smlouva by měla také podrobně specifikovat, jaké manuály a jiné materiály k ovládání zařízení budou objednateli poskytnuty.

Předání a převzetí by mělo být následně dokumentováno příslušným protokolem, jehož formu i náležitosti by měla smlouva, např. odkazem na přílohu, upravovat. Veškerá uvedená pravidla by měla být ve smlouvě upravena také pro jednotlivé fáze díla, připustí-li smlouva, aby docházelo i k převzetí jeho jednotlivých částí (tj. např. vybraných úseků silnic se zhotoveným veřejným osvětlením, apod.).

Kapitolou samou pro sebe je pak režim vad díla.[11] Vadou se rozumí jakýkoliv nedostatek díla oproti stavu sjednaného ve smlouvě.[12] V této souvislosti se uplatní i výše zmíněný účel smlouvy, tj. typicky bude třeba považovat dílo provedené zhotovitelem za vadné, pokud se v důsledku různých nedostatků nezvyšuje bezpečnost a sjízdnost a schůdnost pozemní komunikace, kde mělo být veřejné osvětlení používáno. I problematiku vad si lze ve smlouvě ve značné míře při zachování základních zásad upravit po svém, a to zejména stanovením konkrétních reklamačních lhůt[13], definováním nedostatků, které se budou za vady považovat nebo vymezením reklamačních nároků při jejich zjištění.

5 Závěr

Přípravě smlouvy o zhotovení veřejného osvětlení je třeba věnovat náležitou pozornost, a to nejenom ohledně pasáží naznačených v tomto článku. Je potřeba pamatovat zejména na to, že jen kvalitně připravená smlouva může efektivně bránit vzniku řady případných sporů mezi stranami a tím jím šetřit zbytečně vynaložené náklady na jejich řešení.

Literatura a odkazy

- [1] Resp. smluv o údržbě či opravě veřejného osvětlení. Pro zjednodušení bude v tomto článku používán zásadně pojem smlouva o zhotovení veřejného osvětlení.
- [2] Viz § 433 odst. 1 NOZ, dle kterého: „Kdo jako podnikatel vystupuje vůči dalším osobám v hospodářském styku, nesmí svou kvalitu odborníka ani své hospodářské postavení zneužít k vytváření nebo k využití závislosti slabší strany a k dosažení zřejmé a nedůvodné nerovnováhy ve vzájemných právech a povinnostech stran.“
- [3] Viz § 574 NOZ, dle kterého „na právní jednání je třeba spíše hledět jako na platné než jako na neplatné.“
- [4] Viz § 558 odst. 2 NOZ, dle kterého: „V právním styku podnikatelů se přihlíží k obchodním zvyklostem zachovávaným obecně, anebo v daném odvětví, ledaže to vyloučí ujednání stran nebo zákon. Není-li jiné ujednání, platí, že obchodní zvyklost má přednost před ustanovením zákona, jež nemá donucující účinky, jinak se může podnikatel zvyklosti dovolat, prokáže-li, že druhá strana určitou zvyklost musela znát a s postupem podle ní byla srozuměna.“
- [5] Viz § 545 NOZ, dle kterého: „Právní jednání vyvolává právní následky, které jsou v něm vyjádřeny, jakož i právní následky plynoucí ze zákona, dobrých mravů, zvyklostí a zavedené praxe stran.j. zákon č. 531/1991 Sb., obchodní zákoník, ve znění pozdějších předpisů.“
- [6] Viz § 553 odst. 1 NOZ, dle kterého: „O právní jednání nejde, nelze-li pro neurčitost nebo nesrozumitelnost zjistit jeho obsah ani výkladem.“
- [7] Viz § 2622 odst. 1, dle kterého: „Byla-li však cena určena na základě rozpočtu daného s výhradou, že se nezaručuje jeho úplnost, nebo s výhradou, že rozpočet je nezávazný, může zhotovitel požadovat zvýšení ceny, objeví-li se v případě rozpočtu s výhradou nezaručené úplnosti při provádění díla potřeba činností do rozpočtu nezahrnutých, pokud nebyly předvídatelné v době uzavření smlouvy, a v případě rozpočtu s výhradou nezávaznosti, oč nevyhnutelně převyšší náklady účelně vynaložené zhotovitelem náklady zahrnuté do rozpočtu. Nesouhlasí-li objednatel se zvýšením ceny, určí zvýšení ceny na návrh zhotovitele soud.“
- [8] Viz § 2622 odst. 2 NOZ, dle kterého: „Zhotoviteli zaniká nárok na určení zvýšení ceny podle odstavce 1, jestliže neoznámí nutnost překročení rozpočtované částky a výši požadovaného zvýšení ceny bez zbytečného odkladu poté, kdy se při provádění díla ukázala jeho nevyhnutelnost.“
- [9] Viz § 2591 NOZ, dle kterého: „Je-li k provedení díla nutná součinnost objednatele, určí mu zhotovitel přiměřenou lhůtu k jejímu poskytnutí. Uplyne-li lhůta marně, má zhotovitel právo podle své volby si buď zajistit náhradní plnění na účet objednatele, anebo, upozornil-li na to objednatel, odstoupit od smlouvy.“
- [10] K podrobnějšímu rozboru problematiky závaznosti technických norem ve veřejném osvětlení srov. SEQUENS, Tomáš, Petra NOVÁKOVÁ, Richard HAMRAN. Normy ve veřejném osvětlení z pohledu práva, uveřejněný v: Kurz osvětlovací techniky XXIX, Dlouhé Stráně 2012
- [11] Viz Petra NOVÁKOVÁ, Ondřej MIKULA. Jak postupovat při vadném zhotovení veřejného osvětlení, uveřejněný v Kurz osvětlovací techniky XXXI, Dlouhé Stráně 2012 který pojednává o pravidlech týkajících se řešení vad při zhotovení veřejného osvětlení podrobněji.
- [12] Srov. § 2615 odst. 1 NOZ, dle kterého: „Dílo má vadu, neodpovídá-li smlouvě.“
- [13] Jak ovšem bylo uvedeno výše, u staveb se uplatní omezení § 2629 NOZ.

Jak prodávat efektivně

Martin Čuba, Ing., ETON Business Consulting, s.r.o., martin.cuba@etonbc.cz, www.etonbc.cz

Abstrakt: Mít obchodně úspěšnou firmu je cílem každého podnikatele. Důsledně stanovená obchodní strategie, dobře zvolený a definovaný obchodní model, popsané a implementované obchodní procesy jsou nezbytným předpokladem prodejních úspěchů. Tento příspěvek pojednává o tom, jak lze mít firmu po obchodní stránce dobře zorganizovanou a pod kontrolou.

1 Úvod do strategie prodeje

1.1 Co prodávat

Prvotním předpokladem obchodního úspěchu je srozumitelné popsání produktu nebo služby. Jaké problémy a komu problém nebo služba řeší. Proč by měl zákazník koupit, co tím získá. Je důležité soustředit se zejména na popis přínosů, užitků a benefitů právě pro zákazníka, který by měl být na prvním místě. Často se setkáváme s tím, že je popis produktu nebo služby omezen na výčet technických inovací. Méně se setkáváme s popisem výhod a přínosů pro potenciální zákazníky. Jaké to bude, až budou produkt nebo službu využívat, co tím získají, v čem jim to pomůže. Dobrý popis usnadní jak získávání nových zákazníků, tak i nových spolupracovníků.

1.2 Komu prodávat

Důležité je stanovit si cílové segmenty (skupiny zákazníků), na které budu v obchodní a marketingové komunikaci mířit. Dobře si popsat typické skupiny potenciálních zákazníků, tedy jaké trhy existují pro uplatnění mých produktů a služeb. Budu tak vědět, na koho se v komunikaci zaměřit, jaké komunikační kanály mohu využít, kde se mé cílové skupiny nachází. Měl bych též umět popsat, jaké výhody na těchto trzích budu mít např. oproti konkurenci. Dobrá analýza trhu mi pomůže i při správném stanovení ceny produktu nebo služby.

1.3 Jak prodávat

Pokud chceme mít obchodně úspěšnou firmu, musíme umět rozpoznat a popsat základní obchodní procesy. Mít definovaný sled opakujících se činností, které přispívají k dosahování obchodních cílů. Vycházíme z předpokladu, že můžeme řídit a mít pod kontrolou jen to, co máme popsané. Přijmu-li nové spolupracovníky, kteří nebudou vědět, co a proč mají dělat, nebudou zorientovaní a brzy se dostaví jejich demotivace. Ani zákazník nebude umět předvídat, co se bude po jeho objednávce dít. Budu-li mít dobře popsané procesy, mohu vydefinovat, kdo se bude na obchodu podílet, kolik kolegů a jaké budu potřebovat. Mohu pracovní pozice ve firmě dobře popsat, stanovit jejich hlavní odpovědnosti a konkrétní aktivity. Příkladem firem, které mají dobře popsané procesy, jsou některé řetězce poskytující rychlé občerstvení. Zákazník vždy ví, co dostane, umí odhadnout za jakou dobu, za jakou cenu, jak bude vypadat servis okolo.

1.4 Pomocí koho prodávat

Správně zvolený model distribuce je základem obchodního úspěchu. Měl by vycházet z charakteru poskytované služby. Budu mít na trzích, které jsou pro mě cílové, distribuční partnery, kteří jsou již na trzích etablovaní, mají kontakty a mohou flexibilně poskytovat následný zákaznický servis? Nebo budu mít síť vlastních obchodních zástupců (vnější službu) a vnitřní službu, která bude na práci akvizičních obchodníků navazovat? Nebo budu obchod realizovat ze sídla firmy, zákazníci si budou službu sami objednávat na internetu? Co se bude v takovém případě dít dále? Budu využívat call centrum? Apod. Pro rozšíření týmu je klíčová osobnost manažera. Z výzkumu, který byl prováděn začátkem roku 2016, vyplynulo, že 56 % spolupracovníků mění svou práci z důvodu nekompetentnosti nadřízeného manažera. Také, když se na různých workshopech zaměstnanců firem ptáme, co bylo jejich motivem, že do společnosti přišli, nejčastěji uvádí právě osobnost manažera, za kterým šli a který je pro společnost získal.

2 Prodej prostřednictvím obchodních zástupců

2.1 Jak získat nové obchodníky

Přestože společnosti vynakládají nemalé zdroje na vybudování stabilního obchodního týmu, nebývají vždy s výsledkem spokojené. Z jakého důvodu nemají noví obchodníci takovou produkci, kterou firma očekává? Jedna z možných příčin může být v nastavení systému získávání a zpracování nových obchodníků.

Kompetenční model obchodníka by měl zahrnovat takové dovednosti, které vychází přímo z konkrétních situací každodenní praxe. Spolupracovník, který nového kolegu do firmy získává a provází ho prvními týdny, bývá pro motivaci a úspěšnost nového kolegy rozhodující. Přesto se stále setkáváme se situací, kdy má firma kompetenční model obchodníka sice definovaný, méně času se však již věnuje kompetencím samotné osoby, která nábor, výběr a zpracování nového kolegy provádí.

Možností, kde lze najít nové obchodníky je velké množství. Zmiňme jen takové, které využívají moderní technologie. Nejčastěji využívaným zdrojem je dnes profesní sociální LinkedIn obsahující v ČR již téměř 1 milion osobních profilů. Zajímavá jsou též krátká recruitment videa z prostředí firmy dobře promovaná na internetu, šířená např. na sociálních sítích s výzvou k přidání se do týmu společnosti. Specializované inzertní weby jsou dnes již spíše doplňkem, neboť počet a kvalita kandidátů reagujících na inzerát se stále snižuje.

První týdny po nástupu do společnosti rozhodují o obchodníkově motivaci a jeho produktivitě. Nejen manažer se v prvních týdnech utvrzuje, že vybral správně. I obchodník musí nabýt pocit, že je reálné dosahovat dobrých obchodních výsledků a tím i adekvátních příjmů. V prvních týdnech je stěžejní osobnost manažera a jeho vůdčí schopnosti. Začínáme vizí a vysvětlením, kam firma směřuje. Pokračujeme týmovými cíli a konkrétními aktivitami, které budou obchodníka v nejbližším období čekat. V praxi se osvědčil jednostránkový plán zpracování/ adaptace s konkrétními činnostmi a dovednostmi, které si obchodník osvojí v prvních týdnech po svém nástupu. Jedná se např. o systém akvizice nových klientů, systém správy stávajícího klientského kmene, plán vzdělávání a osobního rozvoje apod.

Tým dlouhodobě produktivních obchodníků je pro firmu významnou konkurenční výhodou. Najít, vybrat a udržet správné spolupracovníky je přitom jedním z nejnáročnějších úkolů. Obchodníci patří mezi nejčastěji poptávané profese na trhu práce. Současně však i mezi profese, které vykazují vysokou míru fluktuace. Důsledně stanovený a praktikovaný systém

získávání a zapracování nových obchodníků může firmě pomoci v dosahování vytčených cílů.

2.2 Řízení výkonu obchodníků

Schopnost navazovat kontakty a budovat důvěryhodný vztah je nejčastěji postrádanou kompetencí u dnešních obchodních zástupců. Vyplývá to z výsledků průzkumu realizovaného naší společností. Řízení výkonu obchodníků je minimálně stejně důležité jako rozvoj jejich dovedností a znalostí. Nedostatečný počet obchodních aktivit bývá jedním z nejčastějších důvodů neúspěchu obchodníků. Občas se setkáváme ve firmách se situací, kdy jsou přesně definovány systémy vzdělávání a osobního rozvoje, výkon obchodníků je však řízen nedostatečně. Síť kontaktů a kvalita budovaných vztahů odlišuje nejlepší obchodníky od méně úspěšných. Manažer obchodního týmu by se měl ptát svých spolupracovníků, jak budou získávat nové zákazníky, jak budou pracovat se stávajícími zákazníky, co je třeba zlepšit a udělat, aby byly splněny vytčené obchodní cíle. Podporující průběžná komunikace manažera směrem k obchodníkovi spolu s důsledností podpoří skutečnou realizaci naplánovaných aktivit.

Ať už se jedná o telefonování nebo vedení prodejních rozhovorů, obchodník si musí být svým projevem jistý. Důležité je využívání prodejních nástrojů (ideálně vytvořených společně s obchodníky) jako jsou call scripty, scénáře jednání, otázky na zapojování klientů, banky argumentů a užitků, banky námitek a odpovědí, zákaznické karty apod. Vedle praktických instrukcí mají nezastupitelnou roli tréninky s rozvojovou zpětnou vazbou. V bezpečném prostředí i přímo v praxi „on the job“.

Aktivní správa stávajícího zákaznického kmene je pro obrat firmy stejně důležitá jako získávání nových zákazníků. Mnohdy se setkáváme s případem, kdy obchodníci kontaktují nové zákazníky a současně nesystematicky komunikují se stávajícími klienty. Nevyužívají dostatečně prodejní potenciál, nenabízejí aktivně další služby a produkty. Na jedné straně firma tržní podíl nákladně získává a na druhé straně ho ztrácí. Ve firmách by měl být definován postup pro kontaktování nových zákazníků i plán komunikace se stávajícími zákazníky. S vhodnými komunikačními nástroji, intenzitou kontaktování a jasně definovanými cíli. Stejně jako je měřen výkon v nových obchodech, měla by být sledována i úspěšnost práce se stávající dobře vedenou zákaznickou databází.

Měření a výpočty UGR ve vnitřních prostorech

Richard Baleja, Ing., Peter Bos, Ing., Tomáš Novák, Ing., Ph.D., Karel Sokanský, prof., Ing., CSc.,
VŠB TU Ostrava, bal0034@vsb.cz, www.vsb.fe.i.cz

Abstrakt: Součástí našeho každodenního života je umělé světlo, které však zcela nemůže nahradit osvětlení denním světlem. Přesto ale umělé osvětlení ve velké míře ovlivňuje naši bezpečnost a produktivitu při práci. Kvalitu umělého osvětlení posuzujeme pomocí kvantitativních a kvalitativních parametrů, a tenhle článek se zabývá problematikou jedním z těchto parametrů. Jedná se o index oslnění neboli UGR, z anglického názvosloví (Unified glare rating). Tenhle parametr soustavně trápí výrobce svítidel a světelné techniky, kteří musí pro dodržení normových hodnot indexu oslnění používat různá opatření.

1 Úvod

Hlavním cílem tohoto článku je přiblížit problematiku výpočtu a měření UGR a poukázat na možnosti jeho vyhodnocování pomocí jasového analyzátoru zejména v rámci problematiky nových LED svítidel. O oslnění můžeme hovořit v případě, když se ve zorném poli oka vyskytnou příliš velké jasy neboly jejich rozdíly, případně velké prostorové kontrasty jasů, které výrazně překračují meze adaptability lidského oka. Oslnění ve vnitřních prostorech může být buď přímé (způsobené zdroji světla) nebo nepřímé (odrazem zdrojů světla od lesklých povrchů). Oslnění ztěžuje příjem světlem přenášených informací do oka, a tím pádem negativně ovlivňuje činnost zraku. Samozřejmě tento jev negativně ovlivňuje i zrakovou pohodu. Oslnění tedy můžeme charakterizovat jako nepříznivý stav zraku, který nastává v případě, kdy je sítnice, neboli její část vystavené většímu jasů jako je jas, na který je oko adaptováno. Z hlediska světelné techniky, je nejdůležitější oslnění kontrastem, protože v tomhle případě se v zorném poli vyskytnou jasy (vlivem primárních nebo sekundárních zdrojů), které jsou v porovnání s jasnem, na který je oko adaptováno příliš vysoké.

2 Oslnění svítidel s LED světelnými zdroji

V posledním desetiletí proběhlo několik významných změn ovlivňujících návrh osvětlení. Zejména se jedná o aplikace nových světelných zdrojů (LED) a nových typů svítidel. Radikálně se změnilo i různé pracovní postupy, využívání technologií a pracovišť. LED světelné zdroje, mají daleko vyšší jasy (až stovky kcd/m^2) než klasické lineární zářivky. Nové konstrukce LED svítidel, používají nové technologie pro směřování světla, jako jsou například čočkové optiky. Použití samostatných LED zdrojů jako svítidel například v kancelářích nebo ve školských prostorech není proto možné. Světlo z LED zdrojů je nutné správně rozptýlit, směřovat a stínit vhodnou konstrukcí prvků svítidel. Mnohdy, jsou LED svítidla zkonstruována tak, aby měly vysokou světelnou účinnost a uživatelům poskytovaly maximální světelný výkon avšak za cenu vysoké míry rušivého oslnění. Oslnění zásadním způsobem ovlivňuje zrakový výkon a zrakovou pohodu a proto je možné při návrhu osvětlovacích soustav použít několik opatření, kterými je možné rušivé oslnění eliminovat. Jedná se hlavně o clonění svítidel, použití speciálních optických systémů, nepřímé osvětlení, antireflexní úprava povrchu, zvýšení adaptačního jasů přisvětlením a podobně. Všechny

uvedené způsoby ale znamenají snížení účinnosti osvětlovací soustavy, a tím pádem zvýšení energetické náročnosti. Při návrhu osvětlení by tedy projektant měl zvolit optimální návrh, který bude brát v potaz výše popsanou problematiku.

3 Hodnocení a výpočet oslnění

V praxi se v rámci evropských norem používá pro hodnocení přímého rušivého oslnění index oslnění UGR. Index oslnění je bezrozměrnou veličinou a stanoví se dle vztahu:

$$UGR = 8 \cdot \log \left[\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{L_p} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{L_z^2 \cdot \omega_i}{P_i^2} \right] \quad (1)$$

kde: L_p - je adaptační jas oka pozorovatele neboli jas pozadí (cd/m^2),

L_z - je jas svíticích částí i -tého oslňujícího svítidla ve směru k oku pozorovatele (cd/m^2),

ω_i - je prostorový uhel, pod nímž pozorovatel vidí svíticí část i -tého oslňujícího svítidla vůči ose pohledu pozorovatele (-),

P_i - činitel polohy podle Luckieshe a Gutha charakterizující vliv polohy i -tého oslňujícího svítidla vůči ose pohledu pozorovatele (-),

n - počet svítidel, která pozorovatele v dané pozici oslňují (-).

Z uvedeného vztahu je patrné, že míra oslnění roste se zvětšujícím se jasem zdroje oslnění a s jeho zvětšujícími se rozměry a naopak klesá se zvětšujícím se jasem pozadí a se zvětšujícím se posunem oslňujícího zdroje směrem od osy pohledu pozorovatele.

Hodnoty indexu oslnění (UGR) se prioritně určují v místech pracovního úkolu při obvyklých směrech pohledů. V praxi se index oslnění počítá většinou pro dva směry pohledu, které jsou na sobě navzájem kolmé. Pozice měřicích bodů, jako i zvolené směry pohledů by měly být voleny tak, aby zohledňovaly nejkritičtější možnou situaci, to znamená nejvyšší možné oslnění v daném prostoru. Výpočetní programy přitom uvažují, že pozorovatel se nachází na okraji místnosti a to z důvodu maximálního počtu světelných bodů (oslňujících svítidel) v zorném poli pozorovatele. Navržená osvětlovací soustava by přitom neměla překročit hodnoty UGR, které jsou požadovány normou ČSN EN 12 464-1.

Pro představu, rozdíl tří jednotek UGR představuje významnou změnu, kterou je běžný pozorovatel v reálních podmínkách rozlišit. Rozdíl jedné jednotky UGR je možné zjistit jenom v laboratorních podmínkách.

Jas světelného zdroje (kcd/m^2)	Minimální uhel clonění ($^\circ$)
20 až < 50	15
50 až < 500	20
≥ 500	30

Tab.1 Minimální uhly clonění pro uvedené jasy světelných zdrojů

Systém hodnocení přímého oslnění se v praxi doplňuje systémem clonění svítidel dle ČSN EN 12 464-1. Tato norma přesně definuje velikost úhlu clonění, v závislosti na velikosti jasů světelného zdroje svítidla. Úhly clonění svítidel jsou zobrazeny v tabulce 1. a je důležité poznamenat, že tyto podmínky se nevztahují na svítidla s rozptylnými kryty, svítidla s nepřímým vyzařováním a na přímá svítidla, které jsou instalována pod úrovní očí. Avšak v případě, že je světlo osazeno LED zdroji s vysokým jasnem a světelný tok LED zdroje není vhodně rozptýlen optikou, častokrát se vysoké hodnoty jasů objevují i na povrchu rozptylovače svítidla. Proto je nutno svítidla, které vykazují vysoké hodnoty jasů, dle tabulky 1. vybavit stínícími kryty.

Pro výpočet oslnění v normě ČSN EN 12 464-1 je doporučena tabulková metoda. Tuto metodu je možno použít v jednoduchých případech k rychlému stanovení parametrů UGR. Specifickým případem je klasická obdélníková místnost, kde se UGR hodnotí ve dvou základních kontrolních bodech uprostřed stěn a pohledech napříč místností. Tato metoda má však své nevýhody a to, že hodnoty UGR udané výrobcem svítidel je téměř vždy nutné korigovat podle konkrétních parametrů místnosti, osvětlovací soustavy a pozorovatele. Tuto metodu obecně nelze použít pro místnosti různých tvarů s nepravidelným rozmístěním svítidel.

Z výše uvedených důvodů je proto vhodnější použít přímý výpočet indexu oslnění v požadovaných bodech a směr. Pro výpočetní program zpravidla není problém vypočítat hodnotu UGR v několika směrech najednou.

4 Měření oslnění pomocí jasového analyzátoru

Metoda přímého hodnocení oslnění pomocí indexu UGR není univerzální a má určitá omezení. Tato metoda umožňuje hodnotit míru rušivého oslnění od světelných zdrojů, které jsou vidět pod prostorovými úhly v rozsahu od 0,0003 do 0,1 steradiánu. To v běžných vnitřních prostorech odpovídá svítidlům se světelně činnou plochou v rozsahu od cca 0,005 m² do 1,5m². Obecně lze říct, že tato metoda je pro svítidla s menšími rozměry příliš přísná a pro svítidla větší rozměry zas příliš tolerantní.

4.1 Popis postupu měření

Je důležité, aby v době měření byla všechna svítidla a světelné zdroje, které mohou negativně ovlivňovat výslednou hodnotu UGR plně funkční. Osvětlovací soustava musí být v provozu minimálně 20 minut před zahájením měření a to z důvodu stabilizace světelných parametrů. Čas 20 minut je všeobecně daný pro výbojkové světelné zdroje. U zářivek po zapnutí světelný tok narůstá a až po uplynutí zmíněné doby se ustálí na jmenovité hodnotě. U LED zdrojů je situace opačná. Při zapnutí, světelný tok a tudíž i jas vykazuje nejvyšších hodnot, které postupně jako se svítidlo zahřívá klesají. Pro ustálení světelného toku LED svítidel je potřebný čas minimálně 1 hodina, v závislosti od konstrukce svítidla.

V posuzovaném prostoru se zvolí měřící body, ve kterých lze předpokládat nejkritičtější směry pohledu. Většinou se jedná o místa na okraji místnosti, které jsou situovány na střed stěny místnosti. Standardně se měří dva měřící body, to znamená dva směry pohledu, které jsou navzájem na sebe kolmé. Do vytypovaných míst se umístí jasový analyzátor, který je ještě nutno nastavit do požadované výšky.

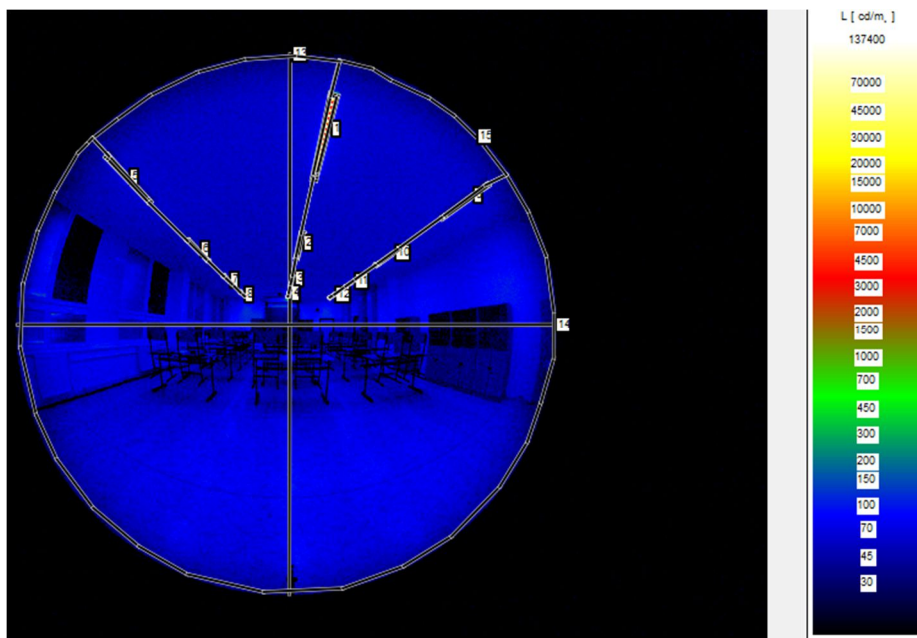
Výšku jasového analyzátoru je nutno nastavit s ohledem na druh pracovní činnosti, která se bude v dané místnosti vykonávat. Norma uvádí dvě normalizované výšky pohledu a to výšku 1,5 metrů pro stojící osobu a 1,2 pro osobu sedící. Na základě porovnání výpočtů UGR pomocí výpočetních programů lze konstatovat, že ve většině případů je míra oslnění pro osobu sedící větší, jako pro stejný případ osoby stojící a to z důvodu, že v případě osoby sedící vidí pozorovatel ve svém zorné poli více oslňujících bodů. Po nastavení správné pozice jasového analyzátoru je v daném místě pořízen jasový snímek místnosti. Pro zachycení co největšího prostoru místnosti a pro lepší výpočet prostorového uhlu je jasový analyzátor vybaven objektivem typu rybí oko. V místě objektivu je nutno změřit i vertikální osvětlenost pro následní výpočet jasů pozadí dle předpisu CIE podle vztahu:

$$L_p = \frac{E_s}{\pi} \quad (2)$$

kde: L_p - je adaptační jas oka pozorovatele neboli jas pozadí (cd/m^2), (bližší popis adaptačního jasů je popsán níže),

E_s - vertikální osvětlenost v místě objektivu (lx).

Je nutné však poznamenat, že v praxi je vhodnější určit jas pozadí pomocí jasové analýzy pořízeného jasového snímku v daném místě než určit tuto hodnotu výpočtem dle výše uvedeného vztahu. Důvod je jednoduchý, jas pozadí je definován jako rovnoměrný jas celého okolí, který vytváří stejnou osvětlenost na svislé rovině procházející okem pozorovatele, jako zorné pole bez oslňujících zdrojů. Při měření vertikální osvětlenosti nejsme schopni eliminovat příspěvky osvětlenosti, které pocházejí od oslňujících zdrojů. Z toho důvodu je vhodnější použít možnosti jasové analýzy snímků, kde je možné tyto plochy eliminovat, jako je to znázorněno na obrázku 1.



Obr.1 Ukázka jasové analýzy prostoru v jenom směře

V případě, že by byl jas okolí vypočten z naměřené hodnoty vertikální osvětlenosti, hodnota jasů okolí by byla o něco vyšší než je v skutečnosti a to díky příspěvku od oslňujících zdrojů. To by mělo za následek nepřesnou výslednou hodnotu UGR, která by byla o něco málo nižší

než v případě, že by se pro výpočet UGR použila hodnota jasu stanoveného pomocí jasové analýzy.

Svítilno	Horizontální úhel od osy pohledu (°)	Vertikální úhel od osy pohledu (°)	Činitel polohy (-)	Jas (cd/m ²)	Prostorový uhel (sr)
1	10,5	60,9	15,8	13790	0,0171771
2	3	26,55	2,8	5065	0,001995

Tab.1 Pomocná tabulka pro výpočet oslnění

V tabulce 2. jsou zobrazeny parametry získané pomocí rozboru jasové analýzy pořízených snímků. Velmi důležité je znát správnou pozici svítidla v prostoru, která se určí odečtením pixelů ve vertikální a horizontální ose a následným přepočtem na úhlové stupně. Na základě polohy oslňujícího zdroje se pak ke každému tomuto zdroji přiřadí činitel polohy, z tabulky činitelů polohy, která je uvedena v publikaci ČSN I - rušivé oslnění při osvětlení vnitřních prostorů. Velikost prostorového úhlu je vypočtená, rovněž z měřených vertikálních a horizontálních úhlů. Táto analýza se provádí pro každý oslňující bod v zorném poli oka, pomocí jasového snímku zachyceného rybím okem. Výpočet míry oslnění se potom provádí dle vzorce pro přímý výpočet indexu rušivého oslnění dle vztahu (1).

5 Závěr

Na základě příkladu měření lze poukázat na možné rozdíly, které mohou nastat u měření a následným vyhodnocování konkrétní osvětlovací soustavy. UGR nabývá různých hodnot pro různé výšky zrakového úkolu, kdy lze konstatovat, že čím jsou oči pozorovatele v menší výšce tím bude příspěvek oslnění vyšší. Další rozdíly i když minimální mohou nastat chybným výpočtem adaptačního jasu L_p , který je třeba hodnotit jako jas bez příspěvků z oslňujících zdrojů. Nejvhodnější metoda pro stanovení velikosti adaptačního jasu je použití jasové analýzy pořízeného snímku v daném místě. Výpočet adaptačního jasu dle vztahu (2) je možné jenom v případě, že oslňující plochy v daném prostoru nejsou přímo vidět. Zde je nutné ale poznamenat, že hodnota UGR je poměrně necitlivá k chybám L_p , a například chyba 33% L_p způsobí chybu UGR rovnající se 1 jednotce. Důležité je ale kontrolovat nejvyšší jas oslňující plochy svítidel, který by měl respektovat hodnoty uvedené v tabulce 1 a v případě jejich překročení, by mělo být svítidlo vybaveno příslušným stínícím prvkem.

Poděkování

Tento článek byl připraven s podporou projektu: „Inteligentní řízení osvětlovacích systémů“. SP2016/151 s pomocí VŠB-TU Ostrava.

Literatura a odkazy

- [1] Ing. Pavel Staněk, Možnosti prezentace výpočtu oslnění, dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/moznosti-prezentace-vypoctu-oslneni--16252>
- [2] Ing. Petr Žák Ph.D., Zábрана oslnění při návrzích osvětlení, dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/zabrana-oslneni-pri-navrzich-osvetleni>
- [3] Ing. Zbynek Carbol, Ing. Barbara Helstynova, Ing. Tomas Novak Ph.D., prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., Measurement and analysis of disruptive glare UGR method by using luminance analyzer, Electric Power Engineering EPE, May 2014

Návrh biologicky optimalizovaného svítidla

Richard Baleja, Ing., Martin Kral, Ing., Tomáš Novák, Ing., Ph.D., Karel Sokanský, prof., Ing., CSc.,
VŠB TU Ostrava, bal0034@vsb.cz, www.vsb.feio.cz

Abstrakt: Přirozené světlo neboli osvětlení má výrazný vliv na to, jak vnímáme své okolní prostředí. Lidský organismus je od přírody zvyklý na dynamické změny osvětlení. Dynamické osvětlení napodobuje přirozené střídání dne i noci, a tím pádem pozitivně ovlivňuje biologické hodiny lidského organismu. Tento způsob osvětlení v současné době nabízí na světelném trhu mnoho výrobců svítidel, avšak díky poměrně vysoké cenové náročnosti tohoto druhu osvětlení je stále v oblibě využívat k osvětlení prostoru klasická svítidla s konstantní teplotou chromatičnosti.

1 Úvod

Teplota chromatičnosti světelného zdroje výrazně ovlivňuje činnost lidského organismu, dalo by se říct, že její změnou jsme schopni řídit bdělost a svěžest organismu. To je zejména hlavní důvod, proč by měly být nové a moderní osvětlovací soustavy realizovány tímto druhem osvětlení. Možnost plynulého řízení teploty chromatičnosti svítidel už v oblasti osvětlovací techniky není žádná novinka, a mnoho výrobců prezentuje tento druh pod svým speciálním názvem. Firma OSMONT by také ráda prezentovala svou vlastní řadu svítidel, které budou schopné měnit intenzitu záření a teplotu chromatičnosti. Této úlohy se podjal řešitelský tým z Vysoké školy Báňské, který dostal za úkol navrhnout jednoduché řízení osvětlovacích soustav, v závislosti na změně intenzity osvětlení a teploty chromatičnosti v daném prostoru.

2 Vliv denního světla na lidský organismus

Vývoj člověka probíhal od dávných dob v podmínkách neustálého pravidelného střídání světla ve dne a tmy v noci v závislosti na rotaci země. Již před lety bylo zjištěno, že celá řada biologických funkcí v lidském těle se výrazně mění v rytmu odpovídajícím tomuto střídání, které se označuje jako cirkadiánní rytmus.



Obr.1 Změna teploty chromatičnosti během dne

V tomto biologickém rytmu mozek programuje funkce celého organismu i jednotlivých orgánů tak, aby co nejlépe vyhovovaly požadavkům kladeným na člověka z hlediska vykonávaných činností v různých denních i nočních dobách. Někdy se tato funkce mozku označuje jako cirkadiánní hodiny. Nejdůležitější přitom ovšem vždy byla a dodnes je co nejlepší připravenost organismu k aktivitám nebo k odpočinku.

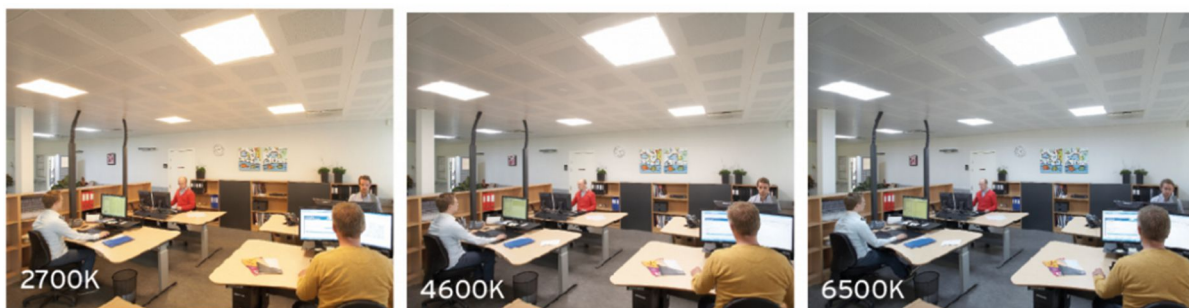
Každému asi neznámější a nejbližší je pravidelné kolísání připravenosti organismu buď k odpočinku anebo ke spánku (ospalost večer), nebo k aktivitám a práci po ranním probuzení a zahájení denních činností. To je řízeno hlavně změnami ve vylučování hormonu melatonin, který se často označuje jako spánkový hormon a jehož kolísání v závislosti na střídání světla a tmy je velmi dobře prozkoumána. Obdobně ovšem kolísají i další tělesné funkce, jako například tělesná teplota, krevní tlak, tepová frekvence a četné jiné.

Zejména to jsou hlavní důvody, proč by měly být osvětlovací soustavy řízeny tímto způsobem.

3 Možnosti využití biologicky optimalizovaného svítidla

Pro upřesnění, tento druh řízení osvětlovací soustav je zejména vhodný do prostoru, kde se předpokládá dlouhý pracovní pobyt osob: kanceláře a konferenční místnosti. Nebo osvětlení místností, které mohou plnit funkci společenských prostorů jako i funkci pracovních prostorů.

Dále je možné změnou teploty chromatičnosti ovlivnit působení různých exponátů v muzeích a galeriích, neboli jednoduše změnit charakter místnosti, například změna pracovny na ložnici a podobně. V konečném důsledku, v průměru člověk stráví přibližně 70% svého života ve vnitřních prostorech, proto stojí za zvážení uvažovat o tomhle druhu osvětlení.



Obr.2 Změna charakteru místnosti pomocí změny teploty chromatičnosti

3.1 Návrh biologicky optimalizovaného svítidla

Řešitelský tým Vysoké školy Báňské pracuje na vývoji dvou typů svítidel, které budou schopny měnit teplotu chromatičnosti. První svítidlo a jeho řízení bude vhodné pro osvětlování místností a větších prostorů. Základ svítidla tvoří speciální předřadník, který je možné řídit buď pomocí DALI protokolu nebo pomocí tlačítek.

Druhé svítidlo, klasická stolní lampa, která je řízena pomocí jednoduchého řídicího systému, který je popsán níže. Návrh řídicího systému byl proveden s ohledem na jednoduchost a spolehlivost zapojení a samozřejmě s ohledem na pořizovací cenu. Tento způsob řízení osvětlení je možné implementovat téměř do jakéhokoliv druhu svítidla a také nabízí i vícero možností ovládání.



Obr.3 Biologicky optimalizované svítidlo pro osvětlovací soustavy

4 Návrh řízení - jednodeskový počítač Arduino

Řízení změny teploty chromatičnosti svítidla je prováděno pomocí jednodeskového počítače Arduino. Nejedná se o počítač ve smyslu stolního počítače nebo chytrého telefonu. Nelze proto k němu přímo připojit monitor ani klávesnici či myš, ale je připraven na připojení LED diod, displeje z tekutých krystalů, servomotorů, senzorů, osvětlení atd.

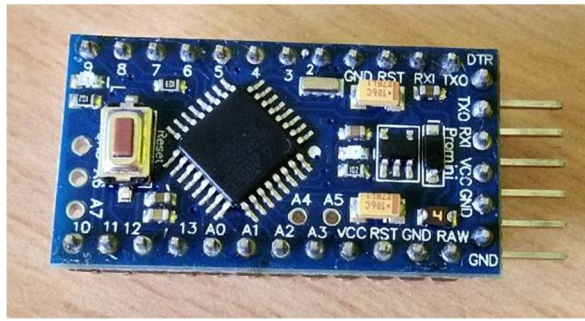
Jedná se o otevřenou platformu s grafickým vývojovým prostředím, které vychází z prostředí Wiring a Processing. Arduino bylo poprvé představeno v roce 2005. Může být použito k vytváření samostatných interaktivních zapojení nebo může být připojeno k software na počítači (např. Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider).

4.1 Platforma

Desky Arduino obsahují 8 bitové mikrokontroléry z rodiny AVR od firmy Atmel a množství dalších podpůrných obvodů. Oficiální vydání Arduina používají čipy ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 a ATmega2560. Arduino Due obsahuje 32 bitový ARM procesor Atmel SAM3X8E. Každá deska má většinu I/O pinů přístupných přes standardizované patice, do kterých se jednoduše připojují další obvody, kterým ve světě Arduina říkáme Shildy. Na deskách bývá několik diod, resetovací tlačítko, konektory pro ICSP programování, napájecí konektor, oscilátor a obvod zprostředkovávající komunikaci po USB. Základní verze Arduina, Arduino Uno, poskytuje celkem 14 I/O digitálních pinů a 6 pinů analogových. Šest digitálních pinů je také možné použít na softwarově řízený PWM výstup.

Hlavní mikrokontrolér, který je uživatelsky programovatelný, již má bootloader (kód, který se po spuštění postará o základní nastavení mikrokontroléru, jako jsou interní časovače, nastavení rozhraní USART a další) a nastavené potřebné fuses bajty (těmi se nízkourovňově nastavují některé vlastnosti čipu). Díky tomu se uživatel nemusí starat o detaily a své programy píše v jazyce podobném C/C++.

Ačkoliv je Arduino připojeno k počítači pomocí rozhraní USB, je softwarově simulována sériová komunikace přes linku RS-232. Ve starších deskách, jako je například Duemilanove nebo Diecimila, se pro tyto účely používaly FTDI čipy, v desce Uno toto obstarává ATmega8U2 s předprogramovaným firmware.



Obr.4 Modul Arduino Pro Mini

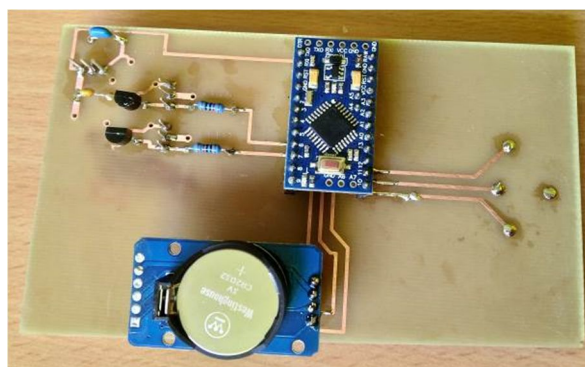
5 Návrh biologicky optimalizovaného svítidla ve formě stolní lampy

O výhodách biologicky optimalizovaného svítidla bylo již psáno v kapitole 0. Bylo zde zmiňováno svítidlo, které je vybaveno speciálním předřadníkem, který je přímo navržen pro řízení změny teploty chromatičnosti. Zmiňované svítidlo je navrženo zejména pro celkové osvětlení místností a prostorů. Pro případ, že by chtěl uživatel měnit teplotu chromatičnosti například jenom v pracovním místě, bylo navrženo řešení využívající stolní lampy. Toto řešení lze použít takřka v jakémkoli svítidle. Pro umístění tohoto řídicího systému jsou limitující pouze rozměry, které jsou však dostatečně malé pro instalaci do stolní lampy.

5.1 Hardwarová konfigurace

V kapitole 4 je zmínka o jednodeskovém počítači Arduino, tato kapitola popisuje základními informacemi platformu řídicího systému stolní lampy. Konkrétně se jedná o modul Arduino Pro Mini, jehož výhodou jsou miniaturní rozměry při schopnosti disponovat parametry rozměrnějších modulů Arduino. Nespornou výhodou využití platformy Arduino je možnost využití kvanta periférií a možnost naprogramování jakéhokoli zdrojového kódu, tedy funkce řídicího systému.

Mimo řídicí modul je v tomto návrhu využito obvodu reálného času, tento obvod slouží pro možnost přistoupení řídicího modulu k přesnému času. V konkrétním prototypu je využito precizního obvodu reálného času, u kterého je přesnost 2 ppm, což při ročním provozu představuje chybu 32 s.



Obr.5 Pohled na prototypovou desku

Na Obr.5 je strana prototypové desky na níž je vidět řídicí modul Arduino Pro Mini (modul s viditelným čipem) a přesný obvod reálného času (modul s viditelnou baterií CR2032).

Samotné spínání dvou modulů led čipů, jeden s teplotou chromatičnosti (6500 K) a druhý s teplejším tónem (3000 K) je provedeno přes obvod obsahující tranzistorové zapojení.

Prozatím nebylo zmíněno žádné vstupní periferie, pomocí které by docházelo ke změně režimů řízení a činnosti prototypu stolní lampy. Pro ovládání funkcí je využito inkrementálního snímače, který je při svých rozměrech výbornou volbou pro složitější ovládání celků.



Obr.6 Inkrementální snímač pro ovládání stolní lampy

5.2 Softwarová konfigurace

Zdrojový kód jednodeskového počítače Arduino je napsán programovacím jazykem Wiring, který je modifikací známého jazyka C++. Tento zdrojový kód je vlastně smyčka instrukcí, které řídicí modul provádí stále dokola. Reakce jednodeskového počítače se tedy řídí instrukcemi (funkcemi) ve zdrojovém kódu a změnou stavu vstupních periférií.

Jak již bylo zmíněno v textu výše, výhodou využití tohoto systému je univerzálnost. Zdrojový kód může obsahovat jakékoli instrukce pro chod řídicího systému, limitní je pouze velikost vnitřní paměti pro tento zdrojový kód. Na základě osobních zkušeností je velikost vnitřní paměti tohoto modulu dostatečná pro zdrojový kód, podle něhož pracuje řízení složitějšího systému obsahujícího mnoho vstupních a výstupních periférií s možností nastavování funkcí přes uživatelské menu.

Modul Arduino Pro Mini disponuje 8 bit čipem, výstup z jednodeskového počítače má tedy schopnost rozlišení v počtu 256 kroků. Tyto vlastnosti má většina řídicích systémů, i proto považují počet kroků za dostatečný. V případě potřeby většího rozlišení výstupního signálu lze zvolit jiný modul Arduino, který obsahuje vícebitový řídicí čip.

5.3 Popis funkce prototypového vzorku stolní lampy

Celý řídicí obvod je umístěn ve standardní stolní lampě, která byla původně napájena střídavým napětím 230 V. Pro bezpečnější provoz je zvoleno napětí stejnosměrné nízké napěťové hladiny 24 V. K napájení lze volit standardní síťový adaptér.

Každý z LED modulů, s teplotou chromatičnosti 3000 K a 6500 K obsahuje dva LED čipy. Rozdělení čipů je voleno s požadavkem na dostatečné mísení obou tónů barvy světla.

Veškeré funkce lampy jsou ovládány pomocí inkrementálního (otočného) snímače s možností volby za pomoci stisku. Stolní lampa pracuje ve dvou režimech, jedná se o tyto režimy:

- automatické řízení teploty chromatičnosti světla v závislosti na čase, který je určen precizním obvodem reálného času. Při tomto režimu se pomocí rolování inkrementálním snímačem mění intenzita světla,

- manuální řízení teploty chromatičnosti světla. Při tomto režimu se teplota chromatičnosti řídí za pomoci rolování inkrementálním snímačem. Po stisku snímače je nastaven režim pro volbu intenzity světla. Při následovném stisku se vrátí nastavování inkrementálním snímačem do režimu manuálního řízení teploty chromatičnosti.

Mezi těmito dvěma režimy, tedy manuální a automatické volbě teploty chromatičnosti lze přecházet za pomoci dlouhého stisku inkrementálního snímače.

Stolní lampa je také pro lepší obsluhu uživatelem vybavená vypínačem, který stolní lampu odpojí od přívodu napětí.

Tranzistorové zapojení, které bylo zmíněné v kapitole 5.1 je voleno s dostatečnou rezervou. Maximální možné spínané napětí je 50 V (stejnoseměrné) s proudovou zatížitelností 20 A, což představuje více než padesátinásobnou rezervu. Tato výkonová rezerva dodává vytvořenému obvodu více než dostatečnou rezervu i při dlouhodobém provozu.



Obr.7 Prototyp biologicky optimalizované stolní lampy

Poděkování

Tento článek byl připraven s podporou projektu: „Inteligentní řízení osvětlovacích systémů“. SP2016/151 s pomocí VŠB-TU Ostrava.

Literatura a odkazy

- [1] Ing. arch. Jiří Matoušek, Vliv světla a osvětlení na člověka, dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1794-vliv-svetla-a-osvetleni-na-cloveka>
- [2] David Matoušek, Práce s mikrokontroléry ATMEL AT89C2051: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002- . sv. μ C & praxe. ISBN 80-7300-048-2.
- [3] Jiří Bumba, Programování mikroprocesorů: praktický návod nejen pro mikroprocesory PIC. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011. 135 s. Učebnice. ISBN 978-80-251-2838-1.

Analýza denního a umělého osvětlení kanceláře se žaluziemi

Ing. Marek Bálský, Ph.D., Ing. Jiří Pavloušek, Ing. Zuzana Panská,
 ČVUT v Praze, FEL, balskmar@fel.cvut.cz, <http://light.feld.cvut.cz>

Abstrakt: Příspěvek se zabývá kompletní analýzou osvětlení skutečné místnosti s venkovními žaluziemi, tj. měřením osvětlení umělého, denního při zatažené obloze a denního při jasné obloze, kde je navíc analyzován vliv různého nastavení venkovních žaluzií. Současně s tímto měřením je vytvořen model místnosti v programu Dialux a porovnány naměřené a vypočtené hodnoty světelně technických veličin s cílem vyhodnotit přesnost výpočtu pro různé stavy denního osvětlení.

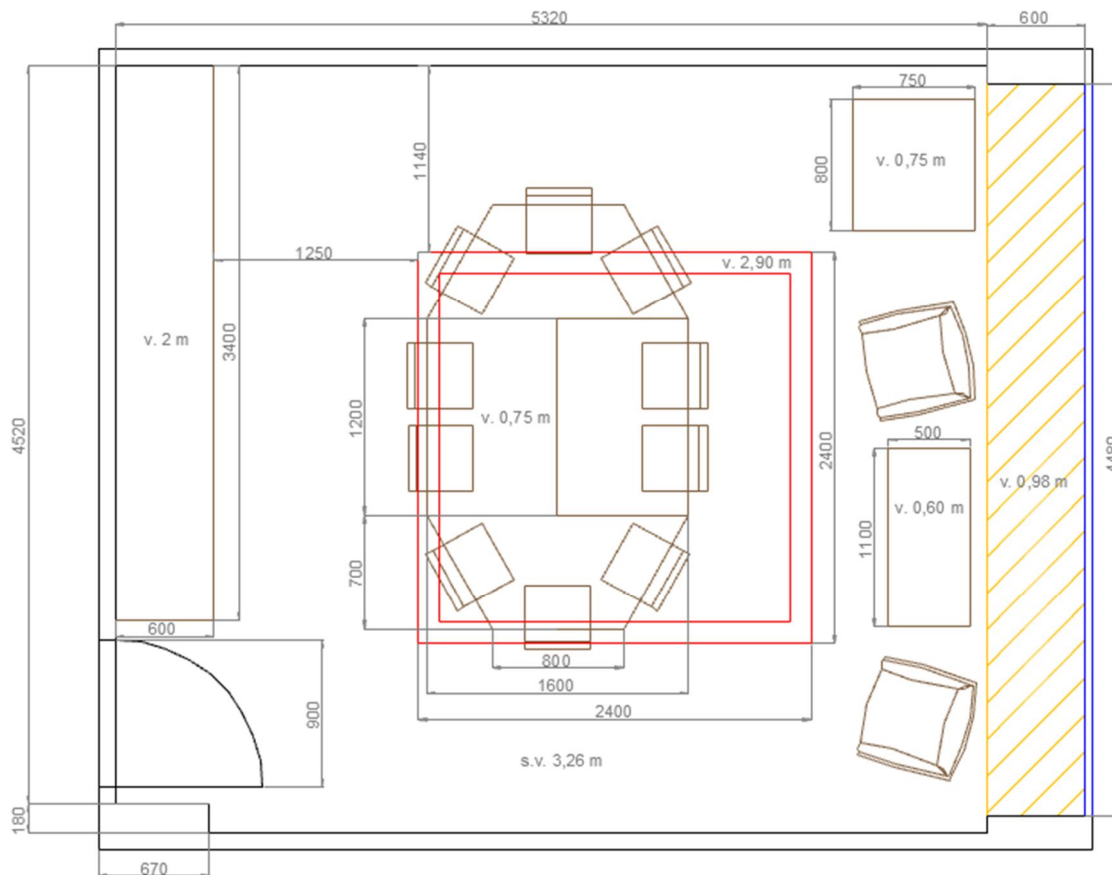
1 Úvod

Pro zajištění odpovídajících světelných podmínek v interiéru je nutné docílit požadované hladiny osvětlenosti současně při zajištění dostatečné kvality osvětlení spočívající v udržení dostatečné rovnoměrnosti a především k dostatečnému omezení oslnění. Pro snížení nákladů a vytvoření odpovídající světelné pohody je vhodné v maximální možné míře využít denní světlo. V současné době se u rekonstruovaných nebo nově stavěných staveb dbá na dostatek denního světla, což je spojené s nutností návrhu regulace denního osvětlení. Vliv denního světla je obvykle regulován za pomoci žaluzií. Základním principem je omezit oslnění denním světlem a zároveň zachovat maximální možný přírůstek denní osvětlenosti. Tento příspěvek popisuje analýzu kombinovaného osvětlení ve vzorové místnosti za různých atmosférických podmínek, především za stavu zatažené oblohy a za stavu jasné či polojasné oblohy s přítomností přímého slunečního svitu.

2 Vzorová místnost

Jako vzorová místnost byla zvolena zasedací a konzultační místnost T2:B3-355 katedry elektroenergetiky FEL ČVUT v Praze. Tato místnost byla zvolena z několika důvodů – především s ohledem na přítomnost relativně moderní osvětlovací i stínící soustavy tvořené vnějšími žaluziemi, které mají dostatečnou regulační schopnost, snadnou přístupnost pro měření a dále z hlediska orientace okenních otvorů a jejich minimálnímu zastínění okolními objekty. Orientace normály roviny okna vzhledem k severu je $A_V = 129^\circ$ (při uvažování rozsahu azimutů $0^\circ - 360^\circ$, $A_{SEVER} = 0^\circ$). Tento azimut míří přibližně jihovýchodním směrem, tudíž vliv přímého slunečního světla se ve zkušební místnosti dá pozorovat především v dopoledních hodinách [1].

Místnost je zařízena jedním velkým stolem přibližně na středu místnosti. Na jedné straně se po téměř celé délce místnosti nachází okno s hliníkovým rámem a izolačním trojsklem. Na druhé straně místnosti zabírá většinu místa podél stěny skříň ve světle hnědé barvě. Místnost je osvětlena pomocí čtyř svítidel s bílou plastovou mřížkou (referenční typ Trevos MO 258) spojených do tvaru čtverce a zavěšených ve výšce 2,9 m. Každé svítidlo je osazeno dvěma zářivkami T8 (840, výrobce Philips) o výkonu 58 W. Před měřením byly ve svítidlech vyměněny všechny zářivky za nové, které byly náležitě zahořeny. Lepší představu o podobě a rozměrech místnosti lze získat z nákresu na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**



Obr.1 Vzorová místnost – půdorys (modře vyznačeno okno, červeně osvětlovací soustava)

3 Analýza umělého osvětlení místnosti

Analýza umělého osvětlení je provedena měřením osvětlenosti na pracovišti (na stole) a jeho okolí pomocí digitálního luxmetru Krochmann Radiolux 111 [1]. Naměřené hodnoty osvětlenosti E_m a rovnoměrnosti U_0 v síti kontrolních bodů jsou vyhodnoceny v Tab.1 a po vynásobení vypočteným udržovacím činitelem $z=0,66$ [1] porovnány s hodnotami vypočtenými pro model vzorové místnosti v programu Dialux 4.12. Dále jsou ještě porovnány naměřené a vypočtené hodnoty pro kontrolní plochy za různých výpočtových předpokladů (index B – hodnoty na základě 19 výpočtových bodů totožných s body měření, index R – hodnoty na základě rastru Dialuxu):

Plocha	E_m výpočet R (lx)	U_0 výpočet R (-)	E_m výpočet B (lx)	U_0 výpočet B (-)
Celý prostor	635	0,29	753	0,59
Pracoviště	887	0,75	852	0,81
Okolí	698	0,60	616	0,72
	E_m měření (lx)	U_0 měření (-)	E_m měření * z (lx)	Výsledek
Celý prostor	698	0,60	461	vyhovuje
Pracoviště	791	0,84	522	vyhovuje
Okolí	571	0,73	377	vyhovuje

Tab.1 Umělé osvětlení místnosti - porovnání vypočtených a naměřených hodnot

Největší shoda panuje mezi naměřenými hodnotami (bez násobení udržovacím činitelem – v místnosti byla provedena údržba osvětlovací soustavy těsně před měřením) a hodnotami vypočtenými v Dialuxu ve shodně umístěných bodech.

4 Analýza denního osvětlení

Analýza denního osvětlení je rozdělena do dvou částí a to měření při zatažené obloze s azimutálně rovnoměrným rozložením jasů a gradací směrem k zenitu (typ oblohy číslo 1 dle CIE, viz [2]) a poté při jasné obloze se slabým zákalem (typ 12 dle CIE, viz [2]). Již z tohoto vyplývá komplikovanost měření, které je náročné na vhodnost a stálost atmosférických podmínek. V souvislosti s měřením za jasné oblohy s přímým slunečním světlem byla také provedena analýza prostupu světla do místnosti při různém nastavení stínící soustavy [1].

4.1 Měření a výpočet denního osvětlení – zatažená obloha

Měření denního osvětlení bylo provedeno za pomoci stejných přístrojů, jako měření osvětlení umělého, pro záznam horizontální osvětlenosti byl navíc použit luxmetr Extech. Měření proběhlo při zatažené obloze, 31. 3. 2016 v dopoledních hodinách ve stejných výpočtových bodech, jako měření osvětlení umělého. Do výpočtu denního osvětlení nezasahuje udržovací činitel, naopak je pro posouzení nutné vypočítat z naměřených hodnot činitel denní osvětlenosti D_m . Pro vyhodnocení požadavků normy [3] je třeba zatřídit místnost do příslušné třídy zrakové činnosti. V případě zasedací místnosti se jedná o středně přesnou zrakovou činnost, tedy třídu IV zrakové činnosti. Pro ni je vyhodnoceno denní osvětlení (jde o boční denní osvětlení - rozhodující je pouze minimální hodnota D_{min} činitele denní osvětlenosti) v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Veličina	Požadavek	Změřeno/vypočteno	Výsledek
D_m (%)	-	4,59	-
D_{min} (%)	1,50	2,22	vyhovuje
U_{0D} (-)	0,2	0,29	vyhovuje
$E_{m\ prac}$ (lx)	500	149	nevyhovuje
U_{0prac} (-)	0,6	0,70	vyhovuje
$E_{m\ okol}$ (lx)	300	143	nevyhovuje
U_{0okol} (-)	0,40	0,50	vyhovuje

Tab.2 Zatažená obloha – vyhodnocení měření

Z **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je patrné, že ve chvíli měření byl splněn požadavek na denní osvětlení daný normou [3], ale osvětlení pracoviště je nutno řešit dodatečným příspěvkem umělého osvětlení.

Výpočet denního osvětlení je proveden na stejném modelu jako výpočet osvětlení umělého [1]. Horizontální osvětlenost byla naměřena $E_H=3200$ lx a vypočtena v programu Dialux $E_{HV}=3017$ lx. Rozdíl v naměřené a vypočtené horizontální osvětlenosti je cca 6 %, což je v případě měření denního osvětlení hodnota velmi přesná. Nejdůležitější naměřené i vypočtené hodnoty denního osvětlení při zatažené obloze (po korekci, tj. po vynásobení vypočtených hodnot koeficientem 1,06 – poměrem mezi E_H/E_{HV}), včetně výpočtu činitele denní osvětlenosti na ploše pracoviště a jeho okolí v rastru 16 x 16 bodů, jsou shrnuty v Tab.3.

Zdroj dat	D_m (%)	D_{min} (%)	D_{max} (%)	$U0_D$ (-)
Měření – body	4,59	2,22	7,63	0,29
Výpočet – body	3,59	1,88	6,72	0,28
Výpočet – plocha	3,42	1,98	6,13	0,32

Tab.3 Vypočtené a naměřené hodnoty činitele denní osvětlenosti při zatažené obloze

Naměřené hodnoty denního osvětlení uvedené v Tab.3 vycházejí mírně lépe, než hodnoty vypočtené, což může být dáno nedokonalou shodou stavu oblohy nebo parametrů okenního otvoru s modelem. Také nelze vyloučit možnost, že výpočet v Dialuxu počítá blíže k méně „optimistické“ variantě, čímž vzniká určitá rezerva, aby byly požadavky dané normou [3], splněny vždy i reálně.

4.2 Měření a výpočet denního osvětlení – jasná obloha

Analýza denního osvětlení při jasné obloze není na rozdíl od údajů z kap. 4.1 součástí dokumentace nutné ke kolaudaci budovy (vyžaduje se pouze posouzení činitele denní osvětlenosti při zatažené obloze). Hlavním cílem měření je tedy získat podklady popisující prostup světla do místnosti při různém nastavení stínící soustavy venkovních žaluzií.

Měření bylo provedeno dne 18. 2. 2016 mezi 9:30 – 10:30 SEČ. Stav oblohy byl pro měření ideální, bylo jasno s jasným slunečním zářením a minimálním rozptylem v atmosféře. Výsledky měření osvětlenosti, činitele denní osvětlenosti a teploty chromatičnosti světla vstupujícího do místnosti okenním otvorem pro různé stavy natočení venkovních horizontálních žaluzií (lamely vodorovně odpovídají 90°) jsou shrnuty v Tab.4. V případě měření s vytaženými žaluziemi lze naměřené hodnoty porovnat s hodnotami vypočtenými v Dialuxu (po nastavení jasné oblohy s přímým slunečním světlem – viz poslední 2 sloupce v Tab.4).

žaluzie (°)	90	65	45	25	10	Vytažené	Vytažené – výpočet v Dialuxu
E_m (lx)	7779	2292	771	545	165	14958	5400
$U0$ (-)	0,28	0,41	0,62	0,62	0,67	0,74	0,95
D_m (%)	21,44	6,06	1,92	1,26	0,38	44,05	-
D_{min} (%)	6,06	2,51	1,19	0,79	0,25	32,69	-
D_{max} (%)	39,13	20,63	2,73	1,92	0,57	51,53	-
Tc (K)	5100	4300	3800	3500	3500	5600	-

Tab.4 Jasná obloha - porovnání vypočtených a naměřených hodnot osvětlenosti a činitele denní osvětlenosti při různém stavu natočení žaluzií

Tab.4 ukazuje postupný pokles osvětlenosti, činitele denní osvětlenosti i teploty chromatičnosti světla se současným nárůstem rovnoměrnosti osvětlení při natáčení (uzavírání) žaluzií. Dále je z Tab.4 patrný propastný rozdíl mezi vypočtenými a skutečně naměřenými hodnotami osvětlenosti a rovnoměrnosti pro situaci s vytaženými žaluziemi (poslední 2 sloupce). Ukazuje se, že v případě přítomnosti přímé složky denní osvětlenosti nelze simulovat osvětlení místnosti s přesností dostatečnou pro další úvahy a výpočty. Problémy s přesností výpočtu byly v tomto případě očekávány, ale že odchylka vypočtených hodnot tak velká, bylo nepříjemným překvapením. Na druhou stranu se tím potvrzuje obtížnost zapracování přímého slunečního světla do světelně technických výpočtů a zároveň se ukazuje, že metody hodnocení denního osvětlení, předepsané normou [3] (a tedy

založené na modelu zatažené oblohy) jsou z hlediska potřeby kontrolního výpočtu s dostatečnou přesností nastaveny vhodně.

Dále je třeba zmínit, že přímé sluneční světlo působilo vysoce oslňujícím dojmem a v neposlední řadě vedlo k růstu teploty v místnosti. Pokud by tedy měla být místnost využívána pro dlouhodobější činnost, je užití stínící soustavy v podstatě nezbytné.

5 Shrnutí výsledků analýzy denního a umělého osvětlení kanceláře se žaluziemi

Z měření a světelně technických výpočtů je patrné, že osvětlovací soustava ve vzorové místnosti splňuje požadavky kladené na umělé osvětlení a denní osvětlení je dostatečné pro třídu IV zrakové činnosti. Model pro simulaci osvětlení v programu Dialux 4.12 je dobře použitelný pro výpočet umělého osvětlení a denního osvětlení při zatažené obloze, ale tentýž model nelze užít pro výpočty za jasné oblohy s příspěvkem přímého slunečního záření, a to z důvodu velké odchylky mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami.

Literatura a odkazy

- [1] PAVLOUSEK, Jiří, Optimalizace kombinovaného osvětlení denním a umělým světlem, Praha, 2016, Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická
- [2] PAVLOUSEK, Jiří, Určení a využití horizontální osvětlenosti v průběhu roku, Praha, 2014, Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická
- [3] ČSN 73 0580-1: Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky, Červen 2007, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007
- [4] HABEL Jiří, Dvořáček Karel, Dvořáček Vladimír, Žák Petr, Světlo a osvětlování, 1, Praha: FCC Public, 2013, 624 s, ISBN 978-80-86534-21-3

Kontrastní analýza ve světelné technice

Petr Baxant, Doc. Ing., Ph.D., Škoda Jan, Ing., Ph.D., Stanislav Sumeč, Ing., Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky
baxant@vutbr.cz, skoda@vutbr.cz, sumec@vutbr.cz,

Abstrakt: Článek popisuje nový pohled na analýzu osvětlovacích soustav, resp. světelného prostředí obecně a to z hlediska hodnocení kontrastů. Díky moderní měřicí technice založené na jasových analyzátoch je možné změřená data dále převádět z jasových map na mapy kontrastu. Existující přístupy ve stanovení kontrastu jsou příliš zjednodušené a lze je aplikovat pouze na omezenou skupinu úloh. V příspěvku se uvádí nejen důvody, proč tomu tak je, ale navrhuje se i nový pohled na metodiku vyhodnocení vzhledem k fyziologii zrakového systému. Článek tak otevírá nové směry možného vývoje v oblasti měření světla, které překonávají dosavadní způsoby. Ty totiž již dlouhou dobu nereflektují technický pokrok v oblasti osvětlování a jejich další využívání je diskutabilní vzhledem k vyčerpání potenciálu.

1 Úvod

Od zavedení umělého osvětlení do komerčního provozu uplynulo již 130 let. Za tu dobu jsme byli svědky mnoha technologických změn a přístupů nejen v oblasti generování světla, ale i v otázce měření. V roce 1931 Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) přijala velice důležitý standard pro fotometrii a tím bylo zavedení normálního fotometrického pozorovatele. I když se dnes již otevřeně hovoří o vážných nedostatcích v tomto směru, přesto se stále používá původní systém starý 80 let. Naučili jsme se měřit osvětlenost a ta tvoří dominantní veličinu v procesu návrhu i posuzování osvětlovacích soustav, zejména vnitřních. Ve venkovních prostorech resp. na komunikacích je větší důraz kladen na měření jasu. Masový rozvoj osvětlovacích soustav si však vyžádal i hledisko kvalitativní a hledaly se způsoby, jak potlačit nežádoucí jevy, zejména pak oslnění. Až v roce 1998 CIE navrhla používat unifikovaný přístup k hodnocení oslnění UGR. Nicméně do národních norem např. v Evropě byl postupně zaváděn několik dalších let, v ČR existuje teprve od roku 2004. Pro UGR je nutné měřit jasy, ale také geometrické rozměry. Metodika jako taková je aplikována zatím pouze v oblasti návrhů osvětlovacích soustav, neboť měřicí technika pro hodnocení již realizovaných soustav je zatím ve vývoji a běžně se nenabízí a pokud ano, je zatím pro běžnou praxi příliš nákladná.

Doplňkově můžeme hodnotit i barevné vlastnosti světla a to především teplotu chromatičnosti a index podání barev. Tyto parametry jsou nezanedbatelné kvalitativní ukazatele a je třeba s nimi počítat. Zde je však možné se spolehnout na data výrobců, kteří údaje uvádějí přímo na výrobcích a není tedy nutné je vždy ověřovat.

Podíváme-li se na problematiku hodnocení vizuální činnosti komplexně, je zřejmé, že ani hodnocení intenzity osvětlení ani hodnocení oslnění není schopno plně obsáhnout funkce zrakového systému. UGR metodika má navíc řadu omezení a technických předpokladů, které nejsou v praxi často dodrženy. Je tedy vůbec otázkou, zda se o tuto metodiku do budoucna opírat, zvláště s rozvojem miniaturních světelných zdrojů jako jsou LED. To, co lidský zrak a oko vnímá, není ani osvětlenost, ani oslnění jako takové, ale kontrasty. A to nejen kontrasty jasu, ale i kontrasty barev. Díky kontrastům jsme schopni vidět, ale také

nevidět. Oko je schopné vnímat kontrast v určitém rozsahu a mimo tento rozsah je již vidění znemožněno. Hranice určuje mez rozlišitelnosti a práh oslnění. Měření kontrastu však není vůbec jednoduchá úloha a od obecné definice se v praxi prakticky vždy značně vzdalujeme. Popíšme si nyní základní teorii měření, resp. výpočtu kontrastu.

2 Kontrast

Zúžíme naše úvahy zatím pouze na jasový kontrast, neboť o barevném kontrastu můžeme uvažovat dále v podobném duchu. Kontrast jasů vzniká ve chvíli, kdy dvě vzájemně sousedící plochy jsou různě jasné. Tyto dvě plochy musí být dostatečně velké, aby byly rozlišitelné a rozdíl jasů musí být větší než minimální hodnota nutná pro detekci zrakem. Obecně se předpokládá, že na určitém pozadí o jasu L_b je umístěn pozorovaný předmět o jasu L_a . Pak můžeme kontrast počítat dle Weberova vztahu

$$C1 = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad (1)$$

Toto je běžně používaný vztah, který má však hned několik nevýhod. Není schopen zaznamenat adekvátní odezvu pozorovatele na kontrast v lineární měřítku a hlavně dává jiné výsledky pro kontrast tzv. pozitivní (světlá na tmavém pozadí) a negativní (tmavá na světlém pozadí). Proto byl definován další vztah kontrastu dle Michelsona, který počítá podíl rozdílu jasů ku jejich součtu.

$$C2 = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}} \quad (2)$$

Sice tento vztah řeší sjednocení výpočtu pro pozitivní a negativní kontrast, nicméně škála vnímání kontrastu stále nekoresponduje s odezvou zrakového systému.

Výpočet kontrastu bychom mohli ještě zjednodušit na pouhý poměr dvou jasů

$$C3 = \frac{L_a}{L_b} \quad (3)$$

Zde bychom mohli ukončit teoretické informace, které máme nyní k výpočtům k dispozici, i když existují i jiné vztahy pro výpočet kontrastu. Limitní hodnoty vidění můžeme vyjádřit tzv. prahovým kontrastem

$$C1_{\min} = \frac{|L_a - L_b|_{\min}}{L_b} \quad (3)$$

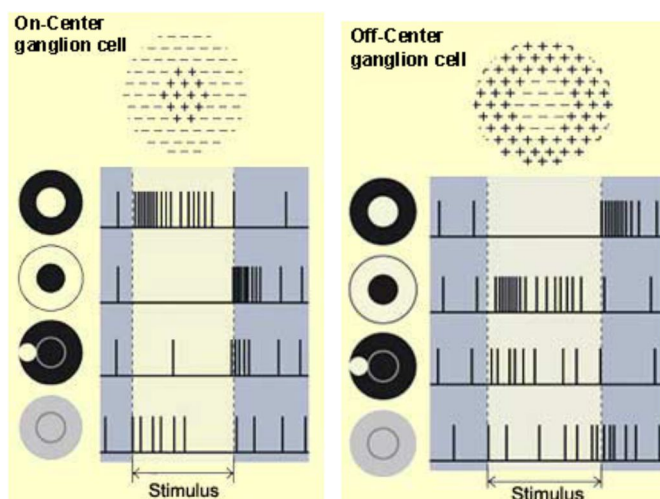
Dominantní nedostatek posledního výrazu je v tom, že je parametrický a to hned ve dvou rovinách – závisí především na tzv. adaptačním jasu a dále pak na velikosti sledovaného detailu. Mohli bychom přidat další subjektivní rozměr a tím je věk pozorovatele a můžeme bez pochyb uvést, že bude záviset i na rychlosti pozorování, tj. na délce trvání podnětu, resp. čase vymezeném pro detekci. Složitější scény s více kontrastujícími objekty budou muset být hodnoceny zcela jinou metodikou. A zde je na místě si položit otázku. Je vůbec možné kontrastní analýzu provést tak, aby byla použitelná jako kvalitativní parametr? S uvedenými

přístupy pravděpodobně ne. Pokud však zavedeme komplexnější aparát, možné to je. Musíme se vyhnout zbytečným zjednodušením, které vždy znamenají ztrátu informace a tedy deformaci celého výpočtu a tím i výsledku. Např. při výpočtu oslnění byly zavedeny taková zjednodušení, aby bylo s tehdejší technikou, zejména výpočetní, vůbec možné činitele, resp. indexy vypočítat. Díky počítačové technice a pokročilým simulačním nástrojům již tyto zjednodušení postrádají smysl. Navíc dnes máme již vysoce pokročilou měřicí techniku, která překonává v mnoha ohledech i zrakové vnímání. Je tedy nasnadě, abychom se pokročilou kontrastní analýzou začali seriózně zabývat.

3 Základy fyziologie zrakového vnímání

Abychom pochopili, jak ke kontrastní analýze máme přistupovat, je potřeba se podívat na základní fyziologické funkce zraku, které jsou zodpovědné za vidění, resp. rozlišování detailů. Sítnice oka obsahuje více než 6 milionů čípků, senzorů pro denní vidění. O nočním vidění (skotopickém) nebo vidění za šera (mezopickém) nyní uvažovat nebudeme, neboť to se vyskytuje pouze v limitních případech a není běžným pracovním stavem zraku.

Těchto 6 milionů světločivých buněk předává informaci do mozku pomocí asi 1 milionu nervových vláken. Je tedy jasné, že nutně musí probíhat komprese signálu a buňky musí vybrat signál významný. Na úrovni sítnice existuje poměrně složitá neuronová síť několik vrstev buněk, které se dokáží adaptovat na různé podmínky vidění a vytvářet výslední signály na základě určitých charakteristik obrazu. Dominantní roli zde hrají tzv. vjemová pole. Vjemové pole si můžeme představit jako komplexní senzor obsahující více světločivých buněk, které vyhodnocují nejen absolutní hodnotu signálu, ale rozdíly signálu v rámci vjemového pole. Existují pole tzv. off středová a on středová a další pole, která rozlišují pohybující se objekty. Zaměříme se zatím pouze na on a off středová vjemová pole.



Obr.1 Reakční signály on/off středových polí na různé podněty

Představme si je jako detektor se středovou a periferní částí. Středová část je tvořena několika buňkami a periferní část tyto buňky obklopuje a odděluje od dalšího vjemového pole. Vjemová pole se mohou vzájemně překrývat, resp. buňky z jednoho pole jsou použity jako zdroj signálu pro více polí. Velikost vjemového pole se navíc mění s adaptačním jasnem. To je nutné kvůli změně citlivosti sítnice a vjemová pole tak rostou při klesajícím jasu a naopak se zmenšují pro rostoucí jasy. Velikost je také závislá na vzdálenosti vjemového pole

od osy vidění, resp. od tzv. fovea centralis – centrální jamky, žluté skvrny. Zde je sítnice mimořádně tenká a hustá na čípky, tyčinky zde prakticky nejsou. Vjemová pole jsou zde nejmenší, resp. čípky jsou propojeny přímo na gangliové buňky, které vysílají svá vlákna a tedy i signál až do mozku. Zrak zde dosahuje největšího rozlišení detailů, ale i zde musí existovat mechanismus na vyhodnocení kontrastů.

Vjemové pole je tedy fyziologickou makrobuňkou schopnou detekovat kontrast. Parametry vjemového pole jsou nastavovány globálně podle úrovně adaptačního jasu a lokálně podle pozice na sítnici. Vjemové pole je však elementární jednotkou, která poskytuje signál pro gangliové buňky. Jaké zpracování pak probíhá dále v mozku je věc další. Naše vědomí pracuje s obrazem velice komplexně a neznamená, že když oči vyšlou signál až do mozku, že je tento celý převeden na úroveň vědomí. Většinu podnětů zpracováváme zcela podvědomě. Náš zrakový systém se dokáže velice dobře přizpůsobit, ale je možné jej také snadno a ve velkém rozsahu oklamat. Mnoho dat je eliminováno záměrně, některá se ztrácejí bez zjevné příčiny, resp. příčinu neznáme. Funkce vyššího zrakového systému však přesahují možnosti a záměr těchto prvotních úvah a proto se jim zatím záměrně vyhýbáme.

Jak využít tyto fyziologické znalosti ve spojení ze současnou měřicí technikou? Co nám nabízejí digitální měřicí přístroje na bázi digitální fotografie, jasové analyzátoři a zejména pak pokročilé softwarové nástroje? Jsme schopni simulovat procesy, které se dějí nejspíš na sítnici oka?

4 Simulace vjemových polí na počítači

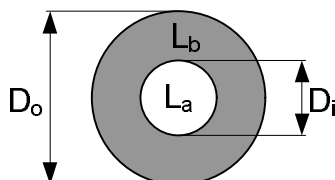
Učiňme následující úvahu: je možné vytvořit odpovídající vjemová pole softwarově pomocí vhodného algoritmu na počítači? Je možné použít digitální snímek pozorované scény jako podklad pro takovou analýzu? Pokud si situaci zjednodušíme na určitý mechanismus s vybranými omezeními, tak to možné je.

Digitální fotoaparáty dnes poskytují snímky s počtem více než 20 milionů bodů. I kdybychom brali pouze skutečné pixely, máme např. u fotoaparátu NIKON D7200 k dispozici 6 milionů modrých a červených buněk a 12 milionů zelených buněk. To je tedy prakticky stejné množství, jako je v oku. Rozdíl digitálního fotoaparátu oproti oku je v tom, že zde jsou buňky uspořádány pravidelně do pravoúhlé sítě a nerespektují polohu vzhledem k ose snímku. Takže v osově části obrazu je oko stále dokonalejší. V periferní části je naopak, co se týká rozlišení detailů, na tom lépe fotoaparát.

Dynamický rozsah fotoaparátu můžeme snadno zvýšit pomocí víceexpozičního snímání a skládání do HDR (High Dynamic Range) snímků. Předpokladem je, že se daná scéna nesmí měnit. U statických scén toho lze dosáhnout. U pohyblivých scén naopak, HDR by zde použít nešlo. Pro naši úvahu ale zatím nemusíme tyto omezení příliš zohledňovat, neboť i tak máme k dispozici mnohem více dat než u klasických fotometrů. Jasoměry s detekčním úhlem 1 stupeň jsou použitelné velice omezeně na vyhodnocení kontrastu velkých ploch a jiné přístroje k dispozici stejně nemáme. Jasové analyzátoři převádějí digitální obraz na jasovou mapu, což je pravoúhlá matice hodnot jasů obvykle vyjádřená ve škále tzv. pseudobarev. Každá barva v obraze odpovídá určité úrovni jasu. Programy dovolují tyto data různě dále analyzovat. Nejběžnější jsou tzv. jasové řezy. Jedná se o průběh jasu na zadané čáře. Program promítne čáru na matici jasů a tyto jasy pak zobrazí jako 2D graf, kde vertikální souřadnice udává jas a horizontální polohu na čáře. Z průběhu jasů pak můžeme

usuzovat na určité kontrasty. Kde se čára rychle mění, jsou přítomny velké kontrasty, kde se naopak nemění anebo jen málo, jedná se o monotónní plochy bez kontrastů. Jenže čára vyjadřuje průběh pouze v jednom směru a navíc vyčísluje data pouze v jedné buňce – jednom bodu obrazu, pixelu. Jak jsme si ale řekli výše, vjemová pole jsou větší útvary a zohledňují jas středu pole vůči jasů periferní části.

Vytvořme tedy matematicky detektor, který bude podobný vjemovému poli. Bude se jednat o spojení dvou detektorů – kruhového a toroidního. Kruhový detektor bude umístěn ve středu a toroidní jej bude obklopot.



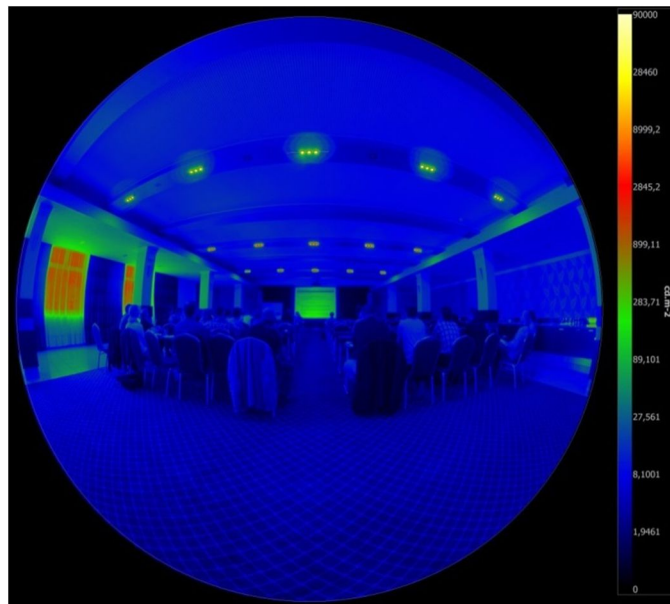
Obr.2 Kruhový detektor pro simulaci kontrastu on/off středových polí

Kruh tedy bude měřit jas uvnitř – středové pole, a toroid jas vně – periferní pole. Poměr jasů vyjádřený některou rovnicí pak bude určovat kontrast. Ve svém důsledku toto bude element kontrastu, resp. signál, který by poskytovala on nebo off středová vjemová pole. Vyhodnocení viditelnosti předmětu budou mít na svědomí vyšší funkce, které tyto signály zpracují. Můžeme však vyzkoušet, jak takové detektory budou reagovat na obraz a jaká data budou poskytovat. Můžeme dále testovat, jak se bude měnit signál, když budeme měnit velikost středové a periferní části. Bude nejspíš existovat určitá optimální velikost pole, kdy pole zachytí největší signál. Při zvětšování pole totiž můžeme zvětšovat kontrast, ale zároveň nám klesá rozlišovací schopnost – velké buňky nejsou schopny detekovat detaily.

5 Komplexní kontrastní analýza

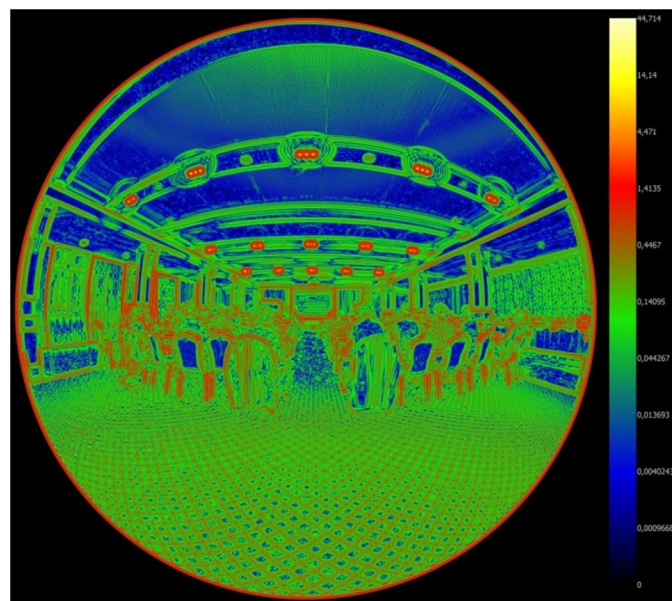
Máme-li vjemová pole a jejich signály modelované na počítači, můžeme nyní provést komplexnější analýzu kontrastu. Jednotlivá vjemová pole nám poskytují mapu signálů – potenciálních hodnot, které by mohly vznikat na úrovni sítnice. Na základě těchto signálů sestavíme mapu rozložení kontrastu. Můžeme provést základní statistiku v podobě histogramu a můžeme sledovat místa s největšími anebo naopak nejmenšími kontrasty. Můžeme také detekovat příliš malé plochy, resp. nejmenší kritické detaily při respektování prahového kontrastu.

Pro testování byl vybrán prostor přednáškové místnosti osvětlené nevhodnými LED zdroji s vysokým kontrastem. Měření jasu bylo provedeno přístrojem LDA-LumiDISP a výsledný HDR jasový snímek je uveden na následujícím obrázku.



Obr.3 Jasová mapa testovaného prostoru a scény

Z analýzy je zřejmé, že se zde vyskytují jasy o velikosti až 90 tis. $\text{cd}\cdot\text{m}^2$. Použitím tohoto obrazu, resp. jasových dat, můžeme vypočítat jiný pohled pomocí kontrastního detektoru. Můžeme umístit kruhový detektor do každého bodu snímku. V prvním případě použijeme jednoduchý kruhový detektor s vnitřním/vnějším poloměrem 12/36 pixelů. Použitím vztahu (1) můžeme spočítat kontrast C1 a zobrazit jej jako kontrastní mapu v logaritmickém měřítku a pseudobarvách. Výsledek je patrný z obrázku.

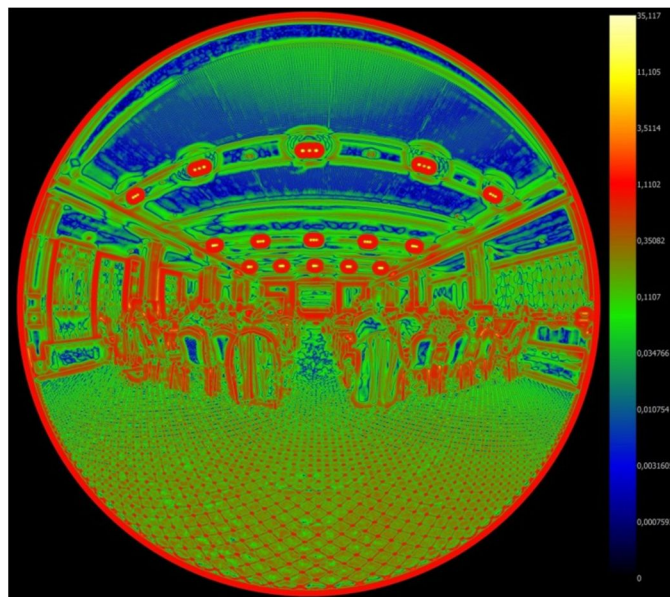


Obr.4 Kontrastní mapa C1 pro kruhový detektor (circle) 12/36

Z obrázku je patrné, že existují místa s velmi malým kontrastem (zelená a modrá barva), která indikují rovnoměrné rozložení jasu. Ale jsou zde i body, resp. hrany, kde kontrast roste. Tyto místa indikují hranice ve scéně a jsou označeny červenou barvou s hodnotou kolem 1.

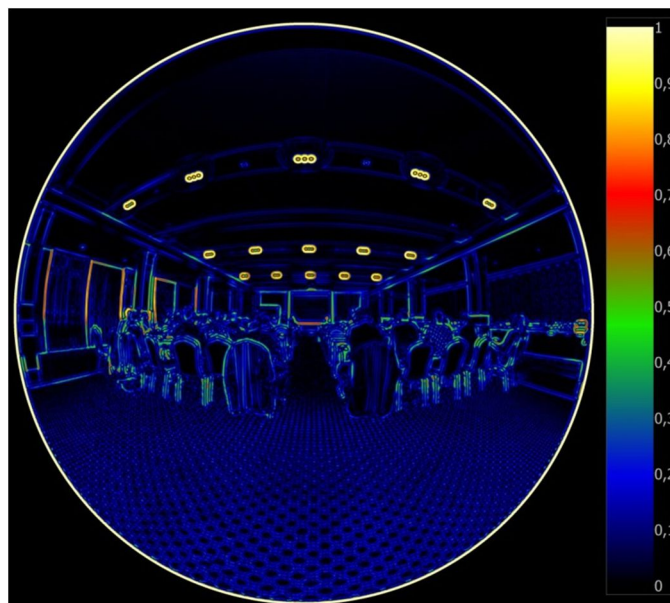
Kritickým místem mohou být plochy označené žlutou barvou s hodnotami více než 40. Jedná se o potenciální problematické detail v zorném poli pozorovatele, zde konkrétně LED svítidla.

Jaký dopad má změna velikosti detektoru? Zkusme nyní podobný detektor s vnitřním průměrem stejným, ale s trojnásobným vnějším průměrem. Výsledek je patrný na dalším obrázku.



Obr.5 Kontrastní mapa C1 pro kruhový detektor 12/72

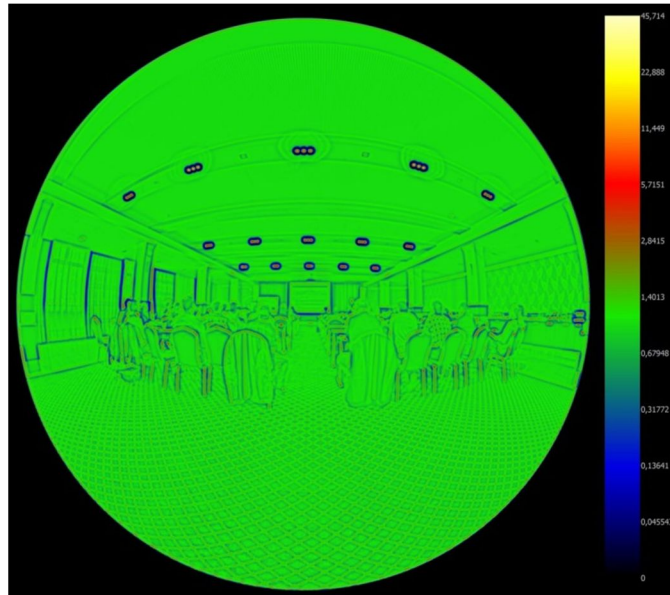
Můžeme vidět, že velikost detektoru dramaticky mění výsledná data a obrazy vypadají rozdílně. S vhodnou velikostí detektoru můžeme experimentovat v další práci. Zkusme ale dále použít jiný vztah pro výpočet kontrastu, nyní podle (2) a vypočítat kontrastní mapu. Chceme tím ukázat srovnání s mapou podle vztahu (1), jaký je mezi kontrasty výsledný rozdíl. Ve vztahu (2) kontrast s hodnotou 1 zobrazuje maximum všech hodnot a nemůže být překročen. Hodnota 0,5 říká, že rozdíl mezi maximum a minimum je polovina jejich sumy, jinými slovy, že hloubka modulace jasu je 50%. Výsledek je patrný z následujícího obrázku.



Obr.6 Kontrastní mapa C2 pro kruhový detektor 12/36

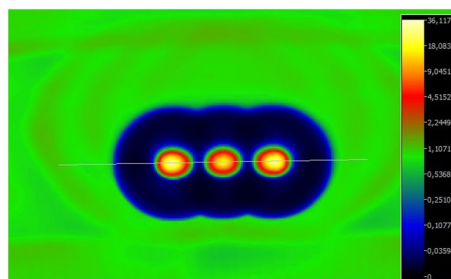
Z tohoto obrázku můžeme velice jasně číst pozici kritických míst, jako jsou svítidla a okna. Tento výsledek nám poskytuje velmi rychlý pohled na potenciální problémy a my se můžeme rychle zaměřit na tyto body.

Na závěr můžeme vypočítat kontrastní mapu podle vztahu (3) se základním detektorem o velikosti 12/36 bodů. Výsledek je vidět na obrázku.



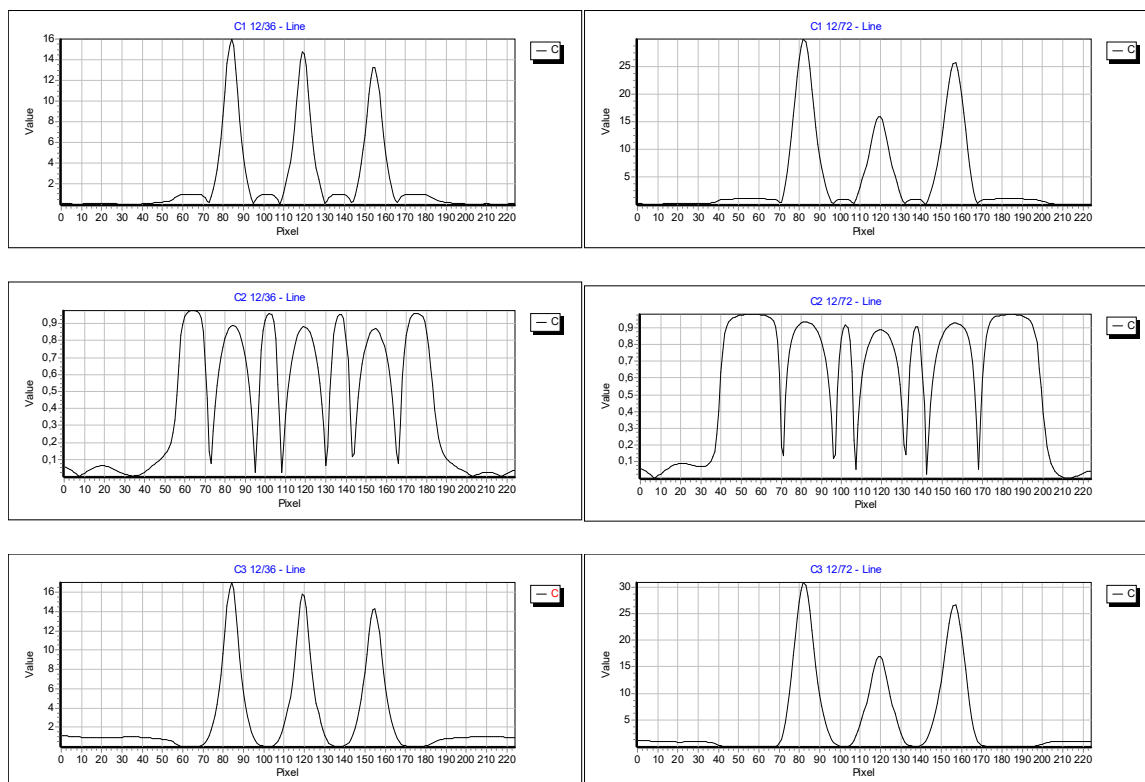
Obr.7 Kontrastní mapa C3 pro kruhový detektor 12/72

V další analýze se můžeme zaměřit na detail, např. Na LED svítidla a průběh kontrastu na určité čáře, tzv. Kontrastní řez. Na následujícím obrázku je zobrazen detail a detekční čára pro řezy.



Obr.8 Detail svítidla LED v kontrastní mapě C3 pro kruhový detektor 12/72

Z tohoto řezu můžeme postupně získat různé průběhy kontrastů a srovnávat, jak se kontrast mění. Na následujících obrázcích je to jasně patrné pro všechny uvedené výpočtové vztahy a dvě velikosti detektorů. Z toho je patrné, že kontrastní analýza je závislá na typu výpočtu a na velikosti detektoru a případně jeho tvaru.



Obr.9 Průběhy kontrastů C1 a C3 pro různé detektory v detailu

Je tedy zřejmé, že pro budoucí použití a výpočty bychom měli pečlivě zvážit výběr vhodného postupu a indikátoru ve vztahu k zakovým funkcím, abychom se vyhnuli případným problémům, jaké dnes představují postupy pro hodnocení oslnění. Je zde podstatně větší prostor pro experimenty a mnohem sofistikovanější analýzu s využitím výpočetní techniky než kdykoliv dříve [6].

6 Závěr

Dosažené výsledky poskytují nový pohled na světelnou scénu a její posuzování. I když se nejedná o normalizovanou a standardizovanou metodiku, bylo by možné ji nasadit pro praxi jako pomocný nástroj pro detekci kritických míst v osvětlovací soustavě. I když vyhodnocené výsledky nebudou normativně srovnatelné, přesto mohou posuzovateli poskytnout komplexnější náhled na osvětlovací soustavy. V této chvíli nemáme žádný jiný aparát, který by danou úlohu řešil lépe. Je proto výzvou pro další výzkum tyto úvahy rozvést do detailů a podrobit širší diskuzi. Ukázková data přinesla pozitivní výsledky a díky implementaci do softwarové podoby je možné algoritmy neustále adaptovat. Můžeme pracovat s již změřenými daty a dále je využívat bez omezení a nutnosti je přeměřovat jiným způsobem. Jasové analyzátoři nám tak poskytují velice bohatý zdroj dat a nabízejí další rozvoj v algoritmech. V tomto smyslu již nemusíme čekat na další zlepšení měřicí techniky, neboť ta je již k dispozici. Jde teď spíše o to, jak upravit algoritmy do všeobecně použitelného tvaru, tak aby byly jednoduché, snadno aplikovatelné, poskytovaly relevantní výsledky a bylo možné je využít v široké škále úloh. Abychom např. mohli stejným algoritmem hodnotit vnitřní i venkovní prostory, což zcela jistě jde, ale dosavadní přístupy to neumožňují. Kontrastní analýza je mnohem blíže podstatě fyziologických funkcí. Blíže než měření jasu a ještě blíže než měření osvětlenosti. Bude tedy pouze otázkou času, kdy nejprve odborná a poté i laická

veřejnost takové analýzy přijmou za standard a využijí tento potenciál pro další rozvoj. Nabídne nám to mnohem lepší podmínky pro návrh nových soustav, neboť již ve fázi výpočtů bude možné dělat stejné analýzy softwarově na modelech a tyto následně prověřit v praxi měřeními. Synchronizování výpočetních a návrhových systémů se systémy měřicími je bezpodmínečně nutné. Bez toho totiž neexistuje zpětná kontrola, zda návrhy skutečně fungují a zda jsou výsledky dobré. Dnes již můžeme ověřovat UGR měřeními. To bylo ještě před několika lety prakticky nemožné. Kontrastní analýza hodnocení osvětlení posune možná i o několik řádů dále. Budeme vděční za věcné připomínky, odbornou kritiku a další nápady, jak dané algoritmy dále rozvíjet.

7 Poděkování

Výzkumné práce na příspěvku vznikly v Centru pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE). Autoři děkují finanční podpoře Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy české republiky v rámci projektu č. LO1210.

Literatura a odkazy

- [1] CIE publication 86-1990: 2° Spectral Luminous Efficiency Function for Photopic Vision, ISBN 3900734232.
- [2] The Brain from Top to bottom, Cited 2016-06-15 from http://thebrain.mcgill.ca/flash/i/i_02/i_02_cl/i_02_cl_vis/i_02_cl_vis.html#3 (online).
- [3] CIE publication 117-1995: Discomfort Glare in Interior Lighting, ISBN 978 3 900734 70 1.
- [4] Dubnička, Roman; Gašparovský, Dionýz: Analysis of visual field of observer in connection with the adaptation luminance determination in mesopic photometry. In Proceedings of CIE 2016 'Lighting Quality and Energy Efficiency': Melbourne, Australia. March 3 5, 2016. Vienna: CIE, 2016, s. 513--522. ISBN 978-3-902842-65-7.
- [5] Škoda, Jan; Sumec, Stanislav; Baxant, Petr; Krbal, Michal; Parma, Mikulas: Measurement of Discomfort Glare Throught the Luminance Analyzer. In Proceedings of 28th CIE Session 2015. 1. Babenbergerstrasse 9, A- 1010 Vienna, AUSTRIA: CIE Central Bureau, 2015. s. 1374-1381. ISBN: 978-3-902842-55- 8.
- [6] Sumec, Stanislav; Škoda, Jan; Baxant, Petr; Krbal, Michal: Realtime Luminance Analyse. In Proceedings of the 21st International Conference LIGHT SVĚTLO 2015. first. Brno, Czech Republic: Brno University of Technology, 2015. s. 277-279. ISBN: 978-80-214-5244- 2.

Řízení venkovních osvětlovacích soustav – energetické úspory

Zdeněk Bláha, Ing. Ph.D., ZG Lighting Czech Republic s.r.o., zdenek.blaha@zumtobelgroup.com,
www.zumtobelgroup.com

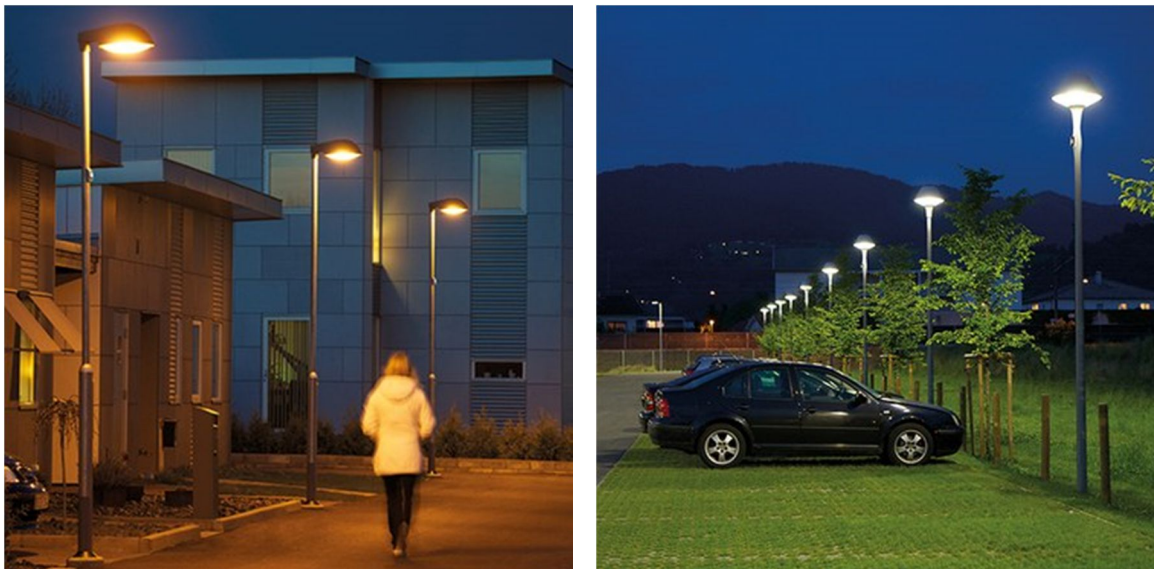
Abstrakt: Trend úspor elektrické energie již zcela pohltil sektor venkovního osvětlování. Pro veřejné osvětlení jsou vyvinuty nejrůznější technologické prvky, které zaručí finanční úsporu nejen snížením elektrické náročnosti osvětlovací soustavy, ale také při použití managementu pro řízení a monitoring svítidel, je dosaženo finanční úspory z provozního hlediska. Tento článek popisuje nejzákladnější typy řízení a kontroly osvětlovacích soustav.

1 Úvod

Řízení svítidel pro veřejné osvětlení je nyní jednodušší díky technologii LED svítidel. Svítidla používají stmívatelné předřadníky, které lze řídit díky použití DALI či Ize předřadníky autonomně naprogramovat.

2 Management řízení a kontroly osvětlovací soustavy OLC-RF

OLC-RF je systém pro venkovní použití, který řídí osvětlovací soustavu a se softwarem pro správu osvětlovacích soustav CMS (Central Management Software) umožňuje dálkové sledování a kontrolu, jak celé osvětlovací soustavy, tak jednotlivých světelných bodů.



Obr.1 Ukázky realizací

2.1 Funkčnost a vlastnosti systému

2.1.1 Řízení osvětlení

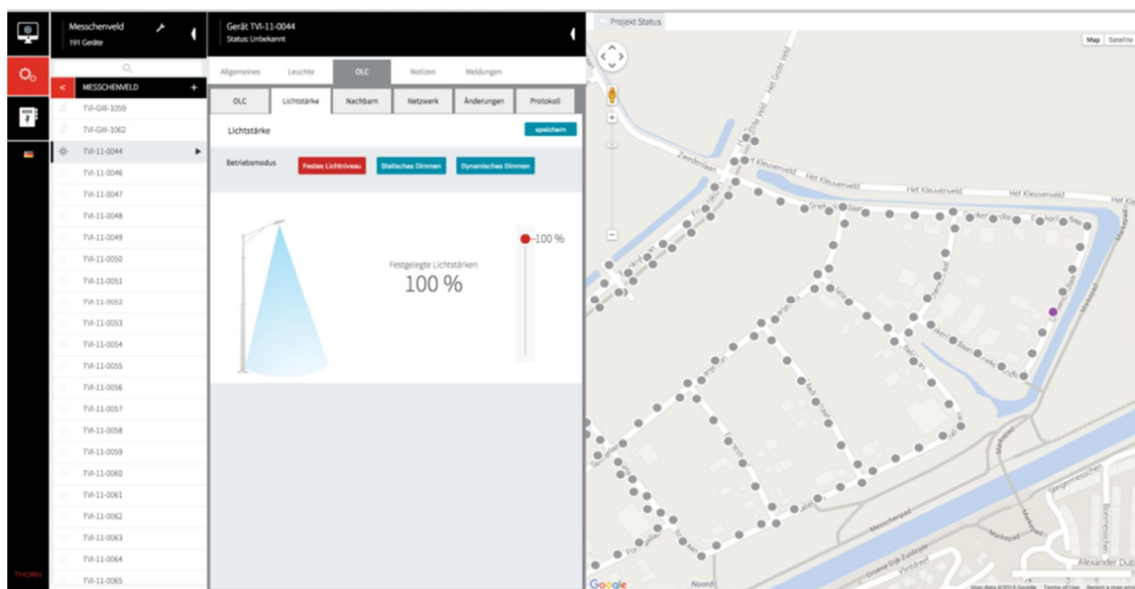
- Individuální spínání a stmívání dokonce i překrývajících se svítidel ve skupinách
- Astronomické hodiny, časové plány, možnost řízení podle výjimečných událostí
- Řízení na základě informací z pohybových senzorů

2.1.2 Monitorovací systém CMS

- Sběr dat ze systému (světelné zdroje, předřadníky, kontroléry)
- Identifikace poruch
- Výpočet energie

Aplikace webového rozhraní, která uživatelsky příjemně a intuitivně nabízí informace o kontrolované osvětlovací soustavě.

- individuální řízení svítidel a provozních profilů
- výpočet spotřeby elektrické energie a úspor
- statistiky a analýzy celé infrastruktury osvětlení
- několik uživatelských profilů s různou úrovní oprávnění
- aplikace pro monitorování dopravy
- Google map vizualizace
- dostupné z PC, notebooku či tabletu



Obr.2 Management řízení a kontroly osvětlovací soustavy

2.1.3 Úspora elektrické energie

Úspora elektrické energie díky přizpůsobení světelného výkonu v závislosti na aktuální potřebě. Například podle času, intenzity dopravy či okolních světelných podmínek.

2.1.4 Úspora nákladů na údržbu

Možnost vzdáleného přístupu ke kompletnímu systému a jeho stavu. Díky informacím o infrastruktuře osvětlovací soustavy lze jednodušeji a rychleji analyzovat poruchu.

2.1.5 Flexibilní systém osvětlovací soustavy

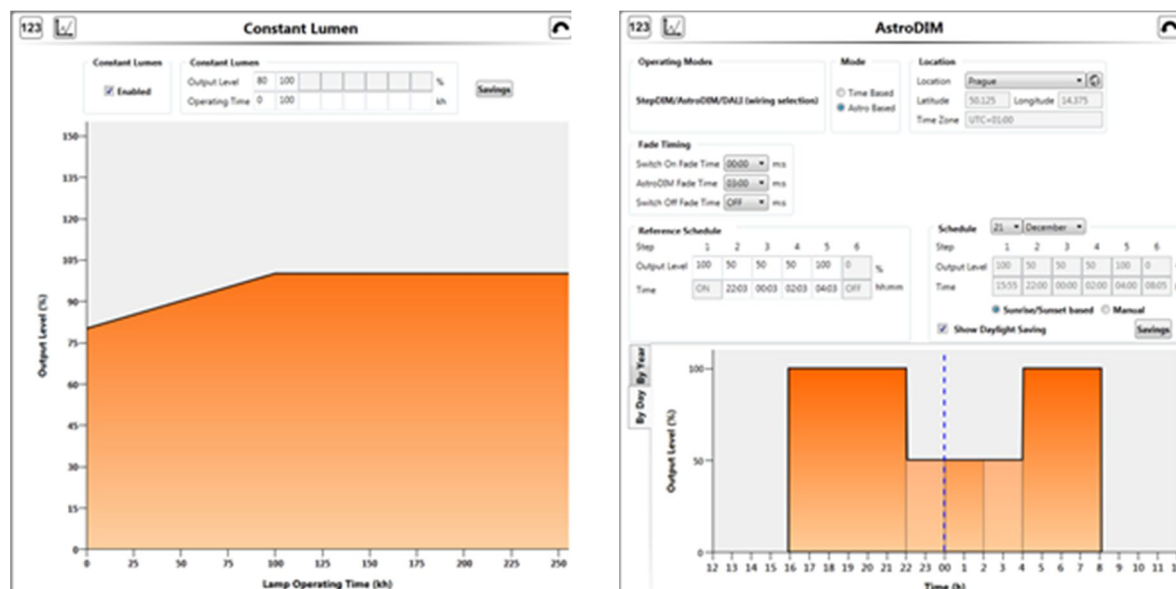
Adaptabilní řízení pro zvláštní městské události nebo během uličních stavebních prací či možnost nouzového režimu.



Obr.3 Aplikovatelná svítidla

3 Autonomní řízení – napájecí zdroj

LED svítidla renomovaných výrobců mají výrazně delší životnost a stálější světelný výstup. Pokud je použito programovatelnosti napájecího zdroje, lze zajistit stálý světelný výstup. Pokud se napájecí zdroj naprogramuje tak, že ze začátku provozu, kdy LED čipy vydávají maximum světelného toku, bude provozován v setmělém režimu a postupně budou LED čipy přibuzovány v závislosti na úbytku světelného toku s časem, dosáhne se toho, že svítidlo bude vydávat stálý světelný tok.

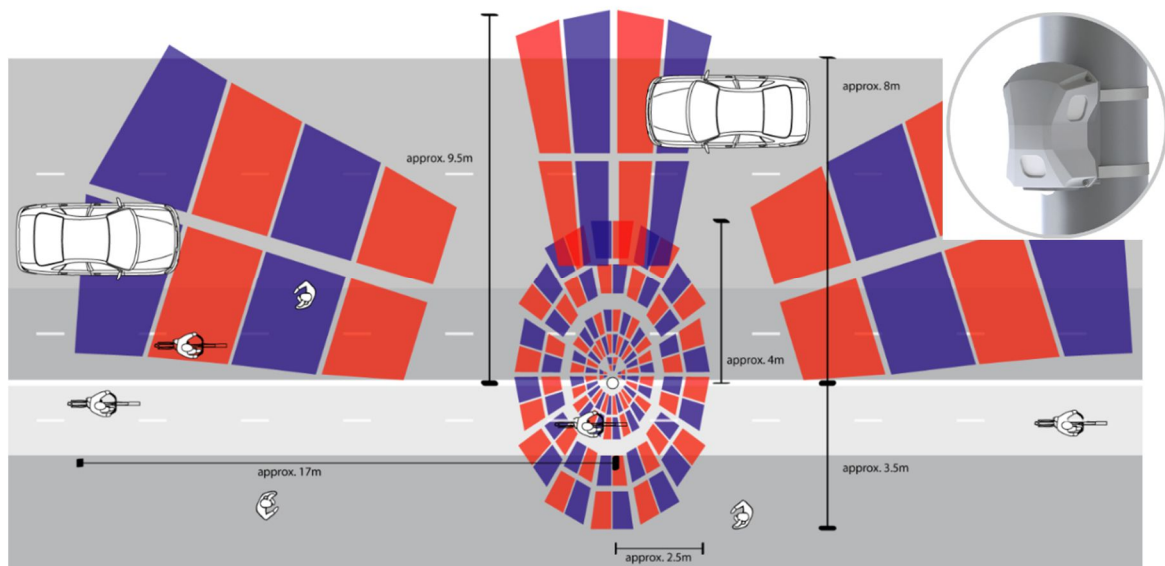


Obr.4 Softwarové prostředí programátoru

Jelikož je provoz na komunikacích proměnný a nejnižší intenzita provozu je před půlnocí a brzkých ranních hodinách, lze napájecí zdroj naprogramovat, aby v době, kdy je nižší provoz

na komunikaci, snížil svůj výkon. Při použití tohoto programování osvětlení přechodů pro chodce je důležité, aby tento systém byl použit i v okolních svítidlech pro osvětlení komunikace, neboť je důležité, aby byly zachovány jasové poměry na komunikaci a přechodu.

Díky jednoduchosti spínání a stmívání LED svítidel je možné využívat osvětlení komunikací pouze v době, kdy je osvětlení opravdu nezbytné. Například použitím pohybového čidla či radaru lze detekovat přítomnost chodců či projíždějících vozidel.



Obr.5 Detekční zóny pohybového čidla

4 Závěr

Nové technologie pro osvětlovací techniku nabízejí jednodušší, přesnější, rychlejší a pohodlnější řízení a monitoring osvětlovacích soustav. Díky těmto technologiím lze uspořit nejen elektrickou energii, ale i finanční prostředky spojené s údržbou osvětlovací soustavy.

Literatura a odkazy

- [1] Zdeněk Bláha, Osvětlování konfliktních oblastí v dopravě, 2015
- [2] <http://www.thornlighting.cz/>
- [3] <http://www.zumtobel.com/>
- [4] <http://www.osram.cz/>

Vyhodnocování udržovacího činitele při měření vnitřních osvětlovacích soustav během jejich provozování

Petr Bos, Ing., Karel Sokanský, prof. CSc. Ing., Tomáš Novák, Ph.D. Ing.
Fakulta Elektrotechniky a Informatiky, VŠB – TU Ostrava
petr.bos@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz, tomas.novak1@vsb.cz

Abstrakt: Příspěvek se zabývá problematikou určování udržovacího činitele vnitřních osvětlovacích soustav, které jsou již v provozu. Pro osvětlovací soustavy v provozu nelze pro přepočítání naměřených hodnot použít udržovací činitel vygenerovaný výpočetním programem na základě předpokladu údržby osvětlovací soustavy. Nelze použít ani hodnotu 1, která popisuje stav na konci doby života osvětlovací soustavy. Důvodem pro sepsání článku bylo měření umělého osvětlení v rámci programu zkoušení způsobilosti, které organizoval státní zdravotnický ústav ve spolupráci s VŠB-TU Ostrava ve dnech 5. až 6. dubna 2016. V rámci ověřování naměřených hodnot osvětleností, bylo po odborných měřících skupinách požadováno také informativní vyhodnocení udržovacího faktoru, který může zásadním způsobem ovlivnit, zda ověřovaná osvětlovací soustava vyhoví či nevyhoví normativním předpokladům.

1 Úvod

Vzhledem k tomu, že udržovací činitelé, které byly dodány jednotlivými měřícími skupinami, vykazovaly značné odchylky, bylo nutné provést ověřovací výpočet na základě dat, které měly měřící skupiny k dispozici. Výsledky udržovacího činitele většiny měřících soustav, byly také výrazně nižší, než námi vypočtená hodnota vygenerovaná na základě normativních předpokladů. Díky tomuto rozporu, by takto vyhodnocená osvětlovací soustava u většiny měřících skupin nesplňovala navrhované a ani normativní požadavky na udržovanou osvětlenost. Proto jsme přistoupili k podrobnému popisu výpočtu udržovacího činitele pro měřící skupiny, které je zdokumentováno na osvětlovací soustavě, které byla ověřována v rámci srovnávacího měření.

2 Výpočet udržovacího činitele

Udržovací činitel je definován jako podíl udržované osvětlenosti vůči aktuální osvětlenosti, ve které se osvětlovací soustava nachází v době měření.

Výpočtem udržovacího činitele v různých časových okamžicích a s ohledem na navržený plán údržby lze předpovědět rozložení osvětlenosti od osvětlovací soustavy po dané době.

Udržovací činitel MF (Maintenance factor) f_M se skládá z několika prvků. A to z činitele poklesu světelného toku zdrojů LLMF (Lamp luminous flux maintenance factor) f_{LLM} , činitele funkční spolehlivosti světelných zdrojů LSF (Lamp survival factor) f_{LS} , činitele znečištění svítidel LMF (Luminaire maintenance factor) f_{LM} , činitele stárnutí materiálu svítidel NRLF (Non-recoverable loss factor) f_{NRL} a činitele znečištění povrchu místnosti RSMF (Room surface maintenance factor) f_{RSM} .

2.1 Činitel poklesu světelného toku zdrojů

Činitel stárnutí světelného zdroje LLMF je nutné zjistit z křivek, které poskytuje výrobce světelných zdrojů. Činitel stárnutí světelného zdroje lze vypočítat jako podíl světelného toku světelného zdroje v dané době jeho života a počátečního světelného toku. Světelný tok všech druhů světelných zdrojů klesá s počtem odsvícených hodin. [1]

2.2 Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů

Předčasná mortalita LSF představuje selhání individuálních světelných zdrojů, jejichž výměna se plánuje až v čase plánované pravidelné údržby. Činitele funkční spolehlivosti světelných zdrojů je potřebné určit z potřebných křivek nebo tabulek. [1]

		Rozdíly 1	Doba svícení v tis. h.														
			0,1	0,5	1	2	4	6	8	10	12	15	20	30			
Žárovky obyčejné	LLMF	střední	1,00	0,97	0,93												
	LSF	velké	1,00	0,98	0,50												
Žárovky halogenové	LLMF	velké	1,00	0,99	0,97	0,95											
	LSF	velké	1,00	1,00	0,78	0,50											
Žárovky s třípásmovými luminofovy	LLMF	střední	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90			
	LSF	střední	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,94	0,50				
Žárovky s třípásmovými luminofovy	LLMF	střední	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90					
	LSF	střední	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50					
Žárovky s halofosfátovými luminofovy	LLMF	střední	1,00	0,98	0,96	0,95	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75					
	LSF	střední	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50					

Tab.1 Činitel stárnutí světelných zdrojů (LLMF) a činitel jejich funkční spolehlivosti (LSF) [1]

2.3 Udržovací činitel svítidla

Udržovací činitel svítidla LMF charakterizuje snížení účinnosti svítidla způsobené nečistotami usazenými na světelných zdrojích a na svítidlech nebo v nich za dané období. Míra snížení závisí na konstrukci svítidla a na povaze a koncentraci nečistot obsažených ve vzduchu. Černé nečistoty a prach způsobují všeobecně největší ztrátu světla. U průmyslových osvětlovacích soustav a při dlouhých intervalech čištění nejsou neobvyklé ani 50% ztráty způsobené znečištěním. Výše ztrát závisí dále na provedení a materiálu svítidla, na jeho povrchové úpravě a na typu světelného zdroje. Větraná svítidla zachycují méně nečistot, pokud otvory jsou orientovány tak, že konvekční proud vzduchu může unášet prach a zabraňuje tak jejich usazování a hromadění na odrazných a svítících plochách. Ulpívání nečistot na odrazných plochách může být minimalizováno utěsněním. Podstatnou výhodou je, pokud svítidlo a jeho optické části mají krytí alespoň IP54. [1]

Interval čištění roky	0	0,5				1,0				1,5				2,0				2,5				3,0																											
	Prostředí																																																
Typ svítidla (viz tab. 2.2)	lib.	VČ	Č	N	Š	VČ	Č	N	Š	VČ	Č	N	Š	VČ	Č	N	Š	VČ	Č	N	Š	VČ	Č	N	Š	VČ	Č	N	Š																				
	A	1	0,98	0,95	0,92	0,88	0,96	0,93	0,89	0,83	0,95	0,91	0,87	0,80	0,94	0,89	0,84	0,78	0,93	0,87	0,82	0,75	0,92	0,85	0,79	0,73	0,96	0,93	0,89	0,83	0,95	0,91	0,87	0,80	0,94	0,89	0,84	0,78	0,93	0,87	0,82	0,75	0,92	0,85	0,79	0,73			
B	1	0,96	0,95	0,91	0,88	0,95	0,90	0,86	0,83	0,94	0,87	0,83	0,79	0,92	0,84	0,80	0,75	0,91	0,82	0,76	0,71	0,89	0,79	0,74	0,68	0,96	0,95	0,91	0,88	0,95	0,90	0,86	0,83	0,94	0,87	0,83	0,79	0,92	0,84	0,80	0,75	0,91	0,82	0,76	0,71	0,89	0,79	0,74	0,68
C	1	0,95	0,93	0,89	0,85	0,94	0,89	0,81	0,75	0,93	0,84	0,74	0,66	0,91	0,80	0,69	0,59	0,89	0,77	0,64	0,54	0,87	0,74	0,61	0,52	0,95	0,93	0,89	0,85	0,94	0,89	0,81	0,75	0,93	0,84	0,74	0,66	0,91	0,80	0,69	0,59	0,89	0,77	0,64	0,54	0,87	0,74	0,61	0,52
D	1	0,94	0,92	0,87	0,83	0,94	0,88	0,82	0,77	0,93	0,85	0,79	0,73	0,91	0,83	0,77	0,71	0,90	0,81	0,75	0,68	0,89	0,79	0,73	0,65	0,94	0,92	0,87	0,83	0,94	0,88	0,82	0,77	0,93	0,85	0,79	0,73	0,91	0,83	0,77	0,71	0,90	0,81	0,75	0,68	0,89	0,79	0,73	0,65
E	1	0,94	0,96	0,93	0,91	0,96	0,94	0,90	0,86	0,92	0,92	0,88	0,83	0,93	0,91	0,86	0,81	0,92	0,90	0,85	0,80	0,92	0,90	0,84	0,79	0,94	0,96	0,93	0,91	0,96	0,94	0,90	0,86	0,92	0,92	0,88	0,83	0,93	0,91	0,86	0,81	0,92	0,90	0,85	0,80	0,92	0,90	0,84	0,79
F	1	0,94	0,92	0,89	0,85	0,93	0,86	0,81	0,74	0,91	0,81	0,73	0,65	0,88	0,77	0,66	0,57	0,86	0,73	0,60	0,51	0,85	0,70	0,55	0,45	0,94	0,92	0,89	0,85	0,93	0,86	0,81	0,74	0,91	0,81	0,73	0,65	0,88	0,77	0,66	0,57	0,86	0,73	0,60	0,51	0,85	0,70	0,55	0,45
G	1	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,96	0,93	0,99	0,97	0,94	0,89	0,99	0,96	0,92	0,87	0,98	0,95	0,91	0,86	0,98	0,95	0,90	0,85	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,96	0,93	0,99	0,97	0,94	0,89	0,99	0,96	0,92	0,87	0,98	0,95	0,91	0,86	0,98	0,95	0,90	0,85

Tab.2 Činitel znečištění a stárnutí svítidel (LMF) [1]

A ... Necloněné

B ... Otevřené svítidlo bez horního krytu (s přirozeným větráním a tzv. samočištěné)

C ... Svítidlo s horním krytem (nevětrané)

D ... Uzavřené IP2X

E ... Svítidlo chráněné proti prachu IP5X

F ... Svítidlo nepřímé (uplight)

G ... Svítidlo s řízenou klimatizací

2.4 Udržovací činitel povrchů

Udržovací činitel povrchů RSMF je podíl činitele odrazu povrchu místnosti v dané době a počátečního činitele odrazu. Udržovací činitel povrchů může být rovněž definován jako podíl světelné účinnosti prostoru pro danou soustavu po určité době provozu ke světelné účinnosti prostoru téže soustavy, když byla nová anebo po jejím posledním čištění (beze změny poměrného rozložení přímých toků na všechny odrazné povrchy). Udržovací činitel povrchů závisí na rozměrech místnosti, na činitelích odrazu všech povrchů a na rozložení přímého světelného toku instalovaných svítidel. Udržovací činitel povrchů závisí rovněž na povaze a koncentraci prachu přítomného nebo vznikajícího v místnosti. Usazování nečistot na površích místnosti během provozu snižuje využitelné množství odraženého světla. Zatímco pravidelné čištění a malování stěn a stropu je žádoucí u všech soustav. [1]

Činitele odrazu strop/stěny/podlaha	doba/roky	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
	prostředí	udržovací činitel povrchů - pracovní rovina												
0,70/0,50/0,20	velmi čisté	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	čisté	1,00	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	normální	1,00	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	špinavé	1,00	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86

Tab.3 Činitel znečištění povrchu místnosti (RSMF) [1]

Výpočtem udržovacího činitele v různých časových okamžicích a s ohledem na navržený plán údržby lze předpovědět rozložení osvětlenosti od osvětlovací soustavy po dané době.

Udržovací činitel je součinem výše popsaných činitelů:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF \quad (1)$$

3 Příklad výpočtu udržovacího činitele

Aby již při návrhu osvětlení bylo vzato v úvahu znehodnocení soustavy, nutno patřičný udržovací činitel zahrnout do všech výpočtů. Hodnota udržovacího činitele významně ovlivňuje počet svítidel, nezbytných k zajištění stanovené osvětlenosti. Vysoké hodnoty udržovacího činitele jsou výhodné a mohou být dosaženy pečlivým výběrem zařízení a rozhodnutím čistit častěji osvětlovací soustavu.

Ukázka výpočtu udržovacího činitele byla provedena na základě nekorektních výsledků profesionálních měřících skupin ze srovnávacího měření. Vzhledem k tomu, že měření probíhalo na osvětlovací soustavě, která již byla v provozu, došlo k výraznému rozptylu při stanovení udržovacího činitele. Výpočty udržovacího činitele, které odpovídají normativním předpokladům, a které neovlivní měřenou osvětlovací soustavu, dodaly pouze 3 z celkových 14 měřících skupin. Zbýlých 11 měřících skupin vyhodnotilo udržovací činitel tak, že došlo k výraznému snížení udržované hodnoty osvětlenosti na konci doby života osvětlovací soustavy.

Ukázka výpočtu vychází z doporučení CIE 97, které respektují i ČSN. Na základě předpisu CIE 97 byly provedeny odhady snížení počáteční osvětlenosti pro situaci, v které byla osvětlovací soustava měřena a udržovací činitel použitý při návrhu osvětlovací soustavy, který respektuje úbytek světelného toku osvětlovací soustavy během celé doby jejího života.

Udržovací činitel uvedený pro měřenou osvětlovací soustavu, která je již nějakou dobu v provozu musí respektovat úbytek světelného toku mezi dobou (situací), kdy byla osvětlovací doba měřena a dobou (situací) kdy se předpokládá ukončení doby jejího života.

3.1 Zadané vstupní údaje pro výpočet udržovacího činitele:

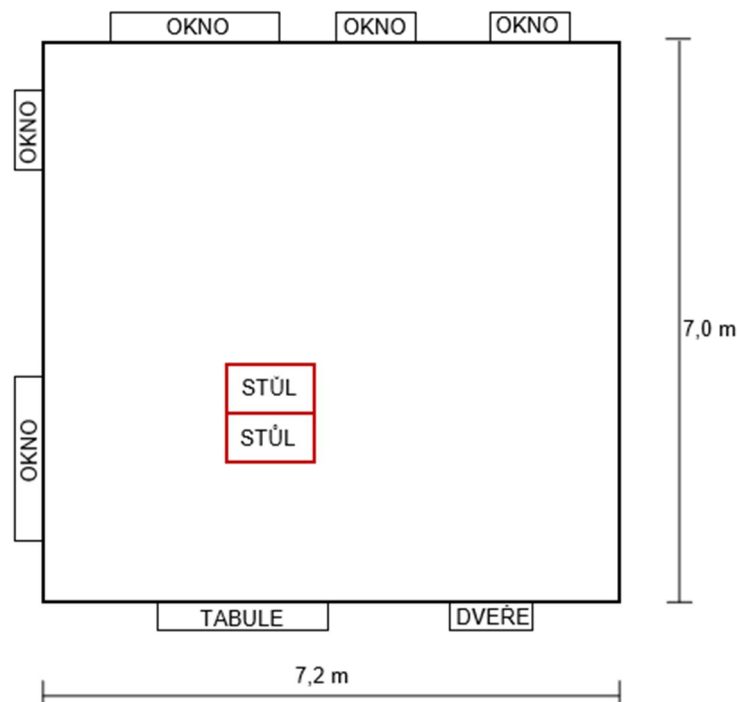
Měřící skupiny pracovaly s následujícími informacemi o osvětlovací soustavě:

svítidlo: MODUS I, typ 249A600EPSDD, počet 12 ks
světelné zdroje: OSRAM LUMILUX Cool White HO 49W/840
stáří osvětlovací soustavy: 2 roky
počet odsvícených hodin: 500 hod

prostor:	vnitřní
druh prostředí:	čisté
interval údržby povrchů:	60 měsíců
odraznost vnitřních povrchů:	stěny 50%, strop 70%, podlaha 20%
charakteristika svítidla:	přímé (světlený tok je dominantně vyzařovaný směrem dolů)
krytí svítidla:	svítidlo s krytím IP20
interval údržby svítidel:	24 měsíců
typ světelného zdroje:	zářivka T5
typ předřadníku:	elektronický
interval údržby světelného zdroje:	24 měsíců
počet provozních hodin za rok:	cca 250
šířka místnosti:	7,2 m
hloubka místnosti:	7 m
výška místnosti:	3 m
výška srovnávací roviny:	ve výšce stolu

3.2 Popis měřené místnosti

Laboratoř POREB109 (I. NP) má stěny bílé s hladkou omítkou, na stropě bílý podhled a na podlaze modré PVC. V místnosti byly okenní otvory zatemněny, po obvodu byly u zdi stoly s židlemi, dva stoly byly i uprostřed místnosti.



Obr.1 Nákres měřené místnosti POREB109 [3]

3.2.1 Výsledky výpočtu udržovacího činitele MF jednotlivými měřicími skupinami

Účastník (kód)	MF [-]	Účastník (kód)	MF [-]
1	0,78	8	0,70
2	0,72	9	0,95
3	0,95	10	0,68
4	0,72	11	0,73
5	0,78	12	0,72
6	0,63	13	0,82
7	0,92	14	0,72

Tab.4 Výsledky výpočtu udržovacího činitele měřicími skupinami [3]

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že jednotlivé měřicí skupiny zvolily odlišně hodnotu udržovacího činitele. Rozptyl volby udržovacího činitele se pohybuje od 0,63 do 0,95, což může vést k negativnímu ovlivnění výpočtu udržované osvětlenosti a poškodit objednatel expertízy.

3.3 Korektní výpočet udržovacího činitele zvolené osvětlovací soustavy

3.3.1 Výpočet úbytku světelného toku zvolené osvětlovací soustavy k datu měření (MF1)
 Úbytek světelného toku se skládá ze čtyř částí, které jsou vypočteny na základě výše uvedených údajů. Následující hodnoty jsou vztaženy ke 2 rokům provozu osvětlovací soustavy, viz. tab. 1, 2 a 3.

Udržovací činitel povrchů (úbytek osvětlenosti vlivem stárnutí povrchů) – RSMF1 - 0,94 (odhad poklesu po 2 letech svícení bez malování)

Udržovací činitel svítidel (úbytek osvětlenosti vlivem stárnutí povrchů) – LMF1 - 0,8 (svítidlo typu C, doposud nečištěno)

Činitel funkční spolehlivosti – LLF1 - 1,00 – všechna svítidla jsou funkční (při výpadku musí být neprodleně vyměněna)

Činitele stárnutí světelného zdroje (úbytek osvětlenosti vlivem stárnutí světelného zdroje) – LLMF1 - 0,99 (po 500 hodinách se předpokládá úbytek světelného toku cca 1 %)

Úbytek světelného toku po 2 letech provozu, tedy v období, kdy byla osvětlovací soustava měřena:

$$MF1 = 0,94 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,99 = 0,744 \text{ (tzn. 74,4 \% počáteční hodnoty osvětlenosti)} \quad (2)$$

3.3.2 Výpočet úbytku světelného toku zvolené osvětlovací soustavy ke konci doby jejího života – standardní výpočet udržovacího činitele (MF2)

Úbytek světelného toku se skládá ze čtyř částí, které jsou vypočteny na základě výše uvedených údajů. Následující hodnoty jsou vztaženy k celkové době provozu osvětlovací soustavy, viz. tab. 1, 2 a 3.

Udržovací činitel povrchů (úbytek osvětlenosti vlivem stárnutí povrchů) – RSMF2 - 0,94 (odhad pro interval údržby cca 3 roky)

Udržovací činitel svítidel (úbytek osvětlenosti vlivem stárnutí povrchů) – LMF2 - 0,8
(svítidlo typu C, čištění cca 1 x za 2 roky)

Činitel funkční spolehlivosti – LLF2 - 1,00 – všechna svítidla jsou funkční (při výpadku musí být neprodleně vyměněna)

Činitele stárnutí světelného zdroje (úbytek osvětlenosti vlivem stárnutí světelného zdroje) – LLMF2 - 0,90 (předpoklad po 15 tisících hodinách)

Úbytek světelného toku na konci doby života osvětlovací soustavy:

$$MF2 = 0,94 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,90 = 0,67 \quad (\text{tzn. } 67 \% \text{ počáteční hodnoty osvětlenosti}) \quad (3)$$

3.4 Výpočet udržovacího činitele MF pro situaci, ve které byla osvětlovací soustava měřena

Udržovací činitel osvětlovací soustavy, která je již nějakou dobu provozována musí vyjadřovat úbytek světelného toku o který tento ještě poklesne do konce doby života osvětlovací soustavy od situace, při které byla měřena. Udržovací činitel takovéto soustavy je tedy vyjádřen jako podíl úbytku světelného toku na konci doby života osvětlovací soustavy vůči úbytku světelného toku do doby měření.

$$MF = \frac{MF2}{MF1} = \frac{0,67}{0,74} = 0,91 \quad (4)$$

4 Závěr

Na základě výše uvedených dat lze důvodně předpokládat, že světelný tok osvětlovací soustavy na konci doby života poklesne ještě o cca 9% vůči naměřeným hodnotám po 2 letech provozu. Správná hodnota udržovacího činitele MF je 0,91. Celkem 11 účastníků vypočítalo udržovací činitel chybně. Chyba v odhadu udržovacího činitele jednotlivých měřících skupin se pohybovala řádově od 10 % do 31 %. Ve správném rozsahu zvolily udržovací činitel pouze 3 měřící skupiny. Nízké hodnoty udržovacího činitele by způsobily negativní hodnocení měřené osvětlovací soustavy a významně by ovlivnily výpočet udržované osvětlenosti a poškodily by objednatel expertízy.

Poděkování

Tento článek byl připraven s podporou projektu: „Inteligentní řízení osvětlovacích systémů“. SP2016/151 s pomocí VŠB-TU Ostrava.

Literatura a odkazy

- [1] TNI 36 0451. Údržba vnitřních osvětlovacích soustav, 2006.
- [2] ČSN EN 12 464 – 1. Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory, 2012.
- [3] Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Program zkoušení způsobilosti: Měření umělého osvětlení PT1 UO-16, 2016.

Modernizácia verejného osvetlenia na báze LED a ochrana proti prepätiu.

Ing. Jozef Černička, CSc., www.kiwa.sk

1 Úvod

Náhrada doterajších svietidiel verejného osvetlenia (ďalej VO) osvetlením na báze LED, je tendencia podporovaná a dotovaná nielen tuzemskými autoritami, ale i z úrovne EÚ. Základným motívom tejto tendencie je, že napriek relatívne vyšším investičným nákladom vzniknú významné úspory el. energie, ktoré pri vysokej životnosti tohto typu osvetlenia, dávajú prijateľnú dobu návratnosti zo strednodobého až dlhodobého hľadiska, i významné úspory nákladov VO.

Uvedené tvrdenia sú pravdivé za jedného dôležitého predpokladu - veľmi nízkej poruchovosti v celom systéme osvetlenia. Keďže sa u VO jedná o distribuovaný systém, v ktorom sa poruchy vyskytujú na rôznych miestach a v rôznom čase, sú náklady na odstraňovanie prípadných porúch veľmi vysoké a môžu podstatným spôsobom ovplyvniť ekonomiku celej modernizácie.

Udávaná životnosť osvetlenia až 100 tisíc prevádzkových hodín, platí len pre bezporuchovú prevádzku.

Systémy VO na báze LED svietidiel sú, napriek snahám konštruktérov o vysokú odolnosť, podstatne citlivejšie na prepätie, v porovnaní s doteraz používanými svietidlami, ktoré boli i investične významne menej náročné.

Vysoká citlivosť na prepätie je u svietidiel na báze LED daná nielen citlivosťou samotných LED prvkov, ale i elektronického systému ich napájania. Táto skutočnosť môže podstatným spôsobom ovplyvniť poruchovosť a teda i životnosť týchto svietidiel, ak nie je táto ich vlastnosť dostatočne eliminovaná adekvátnymi technickými opatreniami – inštaláciou dostatočne dimenzovaných prepäťových ochrán, na správnom mieste v systéme VO.

O LED svietidlách a osvetlení sa toho publikuje pomerne veľa, oveľa menej je však informácií o účinkoch prepätí na svietidlá LED a ich systémy.

Pritom s výskytom prepätí, najmä v súvislosti s búrkovou činnosťou musíme počítať a realizovať potrebné opatrenia. Inak nám hrozia škody z porúch na svietidlách a náklady na ich odstraňovanie.

Letná búrková sezóna v r. 2015 a 2016 spôsobila na viacerých miestach na Slovensku značné škody na VO na báze LED. Analýza možných príčin viedla k jednoznačným záverom.

Búrková činnosť môže závažným spôsobom, samozrejme iba v miestach kde sa búrky vyskytnú, ovplyvniť prevádzkovú spoľahlivosť systému VO a náklady na jeho údržbu.

Vznik škôd v dôsledku búrkovej činnosti má pravdepodobnostný charakter, škody môžu vzniknúť len tam, kde sa vyskytnú búrky, pričom nemôžeme tvrdiť, že každá búrka spôsobí škody.

Výskyt úderov blesku do zeme (v počte na km²) je určený keraunickou mapou, ktorá charakterizuje jednotlivé oblasti Slovenska. Súčasne nám však hovorí, že žiadna oblasť Slovenska (alebo iných stredoeurópskych krajín) nie je z tohto hľadiska bezpečná. Vo všeobecnosti sa dá predpokladať až niekoľko úderov blesku za rok na kilometer štvorcový.

Na Slovensku sa v súčasnosti ešte stretávame aj s tým, že známi výrobcovia svietidiel pre VO predávajú svietidlá bez prepäťových ochrán. Samozrejme sa im potom u niektorých inštalácií nevyhnú ani problémy, spôsobené či už búrkovou činnosťou alebo poruchami v napájacej sieti, hoci konštrukcie svietidiel zodpovedajú platným predpisom a normám. Uvedené platí samozrejme nielen pre Slovensko.

Na príčiny vzniku porúch v systémoch verejného osvetlenia na báze LED (ďalej SVO-LED) v dôsledku impulzných prepätí a možností ich vylúčenia je zameraný tento článok.

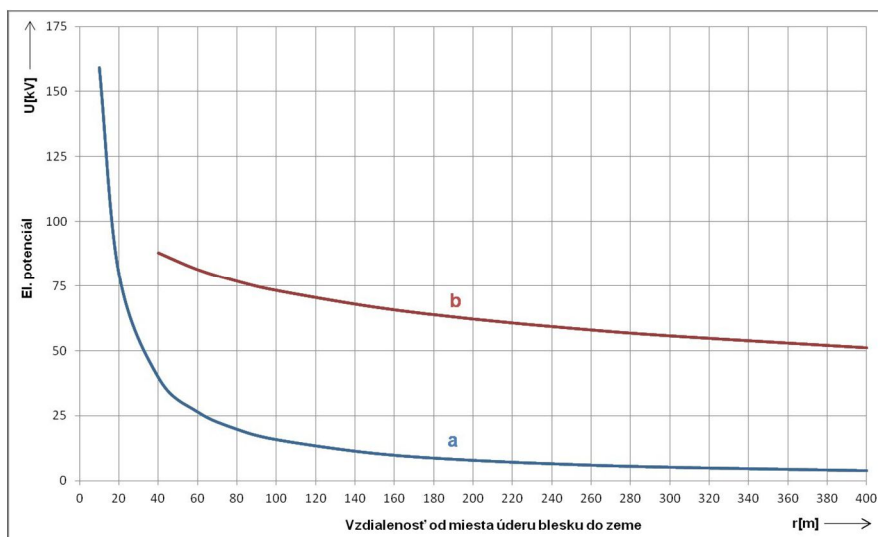
2 Stručná charakteristika SVO – LED.

Sú to rozľahlé systémy, v závislosti na veľkosti obce. I keď od jedného rozvádzača verejného osvetlenia je napájaný iba obmedzený počet svietidiel, celkový počet inštalovaných svietidiel môže dosahovať stovky až tisíce, a viac svietidiel v závislosti od veľkosti obce, či mesta.

Rozľahlosť systému, s ohľadom na jeho členenie predstavuje pavučinu o rozlohe od kilometrov štvorcových až po desiatky, u veľkých miest až stovky kilometrov štvorcových. Blízky úder blesku sa môže prejaviť svojimi účinkami (prepätie) do vzdialenosti desiatok až stoviek metrov od miesta inštalácie svietidla. Rôzne vzdialenosti sú dané nielen prúdovou amplitúdou úderu blesku, ale aj vodivosťou zemného prostredia a hĺbkou vodivej vrstvy zeme.

V prostredí, kde je vodivá vrstva zeme len nízka (napr. 50 m, v horskom prostredí, kde je pod zemou horninové podložie s veľmi nízkou vodivosťou), sú dosahy (vzdialenosti) účinkov prepätia výrazne vyššie, ako v prípadoch, keď sa bleskový výboj rozptyľuje všetkými smermi približne rovnomerne. Rozdiel medzi uvedenými alternatívami je znázornený na obr. 1.

Priebehy vyznačené na obr.1 boli vypočítané pre zvolenú amplitúdu prúdu úderu blesku a merné odpory zemného prostredia. Keďže parametre reálneho prostredia v danom mieste, vrátane amplitúdy úderu blesku sa môžu od znázornených priebehov na obr.1 značne líšiť, či už smerom k vyšším alebo nižším hodnotám zemného potenciálu, majú znázornené priebehy pre čitateľa tohto článku iba orientačný charakter, približujúci skutočné priebehy.



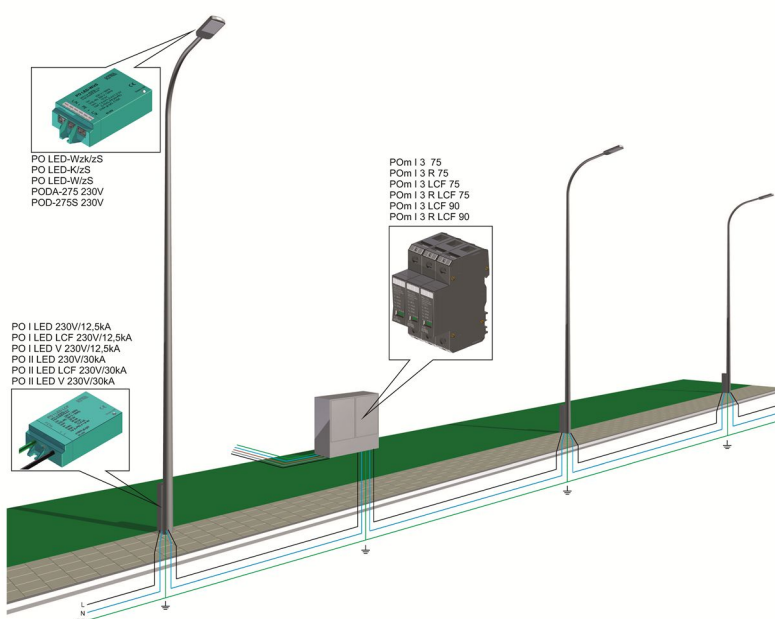
Obr.1 Potenciál zeme v závislosti od prostredia - a) homogénny polpriestor, b) vodivá vrstva hrúbky 50m

Keďže svietidlá sú umiestnené na stožiaroch, je svietidlo (jeho kryt) prostredníctvom tohto stožiaru spojené so zemným prostredím v danom mieste.

Toto spojenie je samozrejme čo do veľkosti odporu medzi zemou a krytom svietidla rôzne, v závislosti na podmienkach inštalácie SVO-LED.

Napájacím vedením sú svietidlá (ich živé časti), spojené s rozvádzačom, ktorý môže byť od svietidla vzdialený niekoľko metrov, ale aj stovky, ba až tisíce metrov.

Rozvody NN a rozvody napájania SVO – LED môžu byť usporiadané súbežne (na tých istých stožiaroch), alebo oddelene, kedy sa napájanie VO nekryje s rozvodom NN.



Obr.2 Usporiadanie systémov verejného osvetlenia na báze LED pre jedno napájacie miesto

Na obr. 2 – je schematicky znázornené usporiadanie SVO – LED pre jedno napájacie miesto (rozdávzač).

Dôležitou charakteristikou SVO – LED je tiež skutočnosť, že sú podstatne „zraniteľnejšie“ v porovnaní s doteraz prevádzkovanými SVO, na báze iných (tradičných) typov svietidiel.

3 Podmienky inštalácie SVO – LED.

Vo väčšine prípadov sa využíva už vybudovaná infraštruktúra existujúceho VO.

Táto infraštruktúra nepredstavuje jednotný systém, má celý rad špecifických znakov a to i v tej istej obci, v závislosti na období budovania VO a špecifických vlastnostiach jednotlivých častí obce.

Najvýznamnejšie špecifické znaky z pohľadu prepätia sú nasledujúce:

3.1 Rozvod od napájacieho rozvávzača:

- a) v zemi
- b) na stožiariach spravidla paralelne s rozvodom NN v obci.

3.2 Stožiare, na ktorých je inštalované VO:

- a) betónové
- b) oceľové
- c) najnovšie už i plastové (táto zahraničná novinka sa u nás ešte nevyrába)
- d) zemnené alebo nezemnené.

3.3 Spôsob zemnenia VO:

- a) zemnený len napájací rozvávzač
- b) lokálne zemnenie stožiaru VO
- c) zemnenie lokálne i v napájacom rozvode.

3.4 Zemniace systémy objektov (napr. obytné vežiaky) v blízkosti rozvodu VO.

3.5 Zemné prostredie v mieste inštalácie VO, z hľadiska šírenia prepätia (viď obr. 1).



Obr.3 Príklady inštalácie LED svietidla na rozvode NN v obci

Na obr. 3 je ako príklad foto inštalácie LED svietidla na rozvode NN v obci.

4 Prepätie ako zdroj poruchovosti v SVO – LED.

Zdrojom vzniku prepätia je celý rad a rôznym spôsobom sa prejavujú na vzniku porúch.

Ak sú svietidlá konštruované na odolnosť napr. 10 kV, samozrejme všetky zdroje, generujúce napätie na svietidle medzi krytom a živými časťami pod touto hodnotou nevyvolávajú poruchové stavy. Uvedená hodnota odolnosti je však nevyhovujúca pre prepätie, ktoré môže generovať úder blesku v okolí SVO - LED . Keďže tieto systémy kopírujú komunikácie (cesty, ulice, chodníky), predstavujú rozľahlý systém, ktorý je podstatne viac vystavený riziku blízkeho úderu blesku, ako napríklad samostatná budova – rodinný dom, kde sa už v súčasnosti pokladá prepäťová ochrana (ďalej PO) za obvyklé opatrenie.

Trasy VO vedú veľmi často v blízkosti vysokých budov a objektov (komunikačné veže, kostoly a pod.), ktoré sú prakticky vždy chránené bleskozvodným systémom, ktorý síce spoľahlivo zvedie úder blesku do zeme, táto však v dôsledku toho vystúpi na vysoký potenciál (voči vzdialenej zemi) na ktorý sa dostane i zemnenie osvetlenia a samotný stožiar, na ktorom je svietidlo umiestnené. Je známy prípad, kedy úder blesku do kostolnej veže spôsobil poruchy na viacerých svietidlách, nachádzajúcich sa na uliciach, ústiacich pri kostole.

Mylná je tiež predstava, že svietidlá umiestnené na betónových stožiaroch zabezpečujú dobré (izolačné) oddelenie svietidla od zeme. Meraním na betónových stožiaroch bolo preukázané, že el. odpor betónového stožiaru umožňuje, aby sa zemný potenciál nachádzal i na výložníku a kryte svietidla. Je to spôsobené tým, že stožiar je armovaný oceľovou výstužou, ktorá podstatným spôsobom znižuje jeho odpor. Oceľové stožiare majú samozrejme odpor podstatne nižší.

Rozdiel medzi betónovým a oceľovým stožiarom je z pohľadu prepätia v tom, že v prípade betónového stožiaru tečú cez PO nižšie prúdy, ako u stožiara oceľového, za podmienky rovnakého zemného potenciálu u päty stožiara.

Analýzou porúch na svietidlách bolo preukázané, že príčinou týchto porúch je prepätie, pričom došlo v jednotlivých prípadoch k zničeniu predradníka, alebo LED svetelných prvkov.

Tento záver bol potvrdený tiež výsledkami skúšok svietidiel a ich komponentov na skúšobni KIWAsk.

Uvedené zistenia viedli k potrebe analýzy príčin a podmienok vzniku porúch v SVO – LED v dôsledku prepätia a tejto téme bude venovaný odst. 5.

Samozrejme, blízke údery blesku sa prejavujú poruchami napájajúcich rozvádzačov (RVO), alebo svietidiel, len v prípadoch, keď tieto nie sú osadené dostatočne dimenzovanými a správne umiestnenými PO.

Vzhľadom k rôznorodosti konštrukcií rozvádzačov a najmä svietidiel, je možné z hľadiska umiestnenia PO formulovať len obecné zásady pre ich správne použitie.

Charakteristiky a podmienky realizácie SVO - LED sú rôznorodé a v súhrne predstavujú tiež rôzne požiadavky na dimenzie PO, chrániace svietidlá a RVO.

Dôležitou podmienkou pre výrobcov svietidiel je skutočnosť, že spravidla im nie je známe, v akých konkrétnych podmienkach budú ich svietidlá použité. Z toho vyplýva, že inštalácia PO nedostatočnej dimenzie, nevyklučuje možnosť vzniku porúch. Porucha PO síce vyžaduje len výmenu PO a poistky, ale v každom prípade si vyžaduje drahý opravárenský zásah v teréne.

5 Prečo dochádza k poruchám v SVO – LED ?

Odpoveď na túto otázku vyžaduje v prvom rade posúdiť SVO – LED z pohľadu odolnosti voči prepätiu.

Pri projektovaní týchto systémov sa v rade prípadov prejavuje istá zotrvačnosť, ktorá vychádza zo skúseností s doteraz používanými svietidlami založenými na iných princípoch ako LED osvetlenie. Tieto svietidlá sa vyznačovali podstatne vyššou odolnosťou voči prepätiu, ako LED svietidlá. Často používaný parameter napäťovej odolnosti (U_{oc}) ako kritérium odolnosti proti prepätiu je nedostačujúci.

Prieraz (prekročenie napäťovej pevnosti) nemusí mať za následok zničenie svietidla ak jeho konštrukčné riešenie (tlmivky v obvodoch) vyžaduje pre deštrukciu väčšie množstvo energie, teda väčšiu amplitúdu pretekajúcej prúdovej vlny. Uvedené je podstatou vyššej odolnosti doteraz používaných svietidiel.

Iná je situácia u LED svietidiel, kde sú zraniteľné či už elektronické obvody predradníkov alebo LED svetelné prvky už pri podstatne nižšom množstve energie, ako v predchádzajúcom prípade.

Nie je bez zaujímavosti, že poruchy predradníkov alebo LED prvkov vznikajú nezávisle na sebe. Sú určené podmienkami inštalácie (bod 3), ktoré určujú tiež poruchový mechanizmus.

Uvedené tvrdenie bolo experimentálne overené a potvrdené tiež analýzou porúch LED svietidiel.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že musíme ako základné kritérium odolnosti svietidla vziať jeho napäťovú odolnosť, ktorá musí vylúčiť preskok iskry zo živých častí na kryt svietidla, alebo naopak, preskok iskry z krytu svietidla do živých častí.

Zvyšovanie napäťovej pevnosti svietidla je v značnej miere limitované, pretože je dosiahnuteľné len za cenu zvyšovania izolačných pevností a vzdialeností u použitých prvkov konštrukcie svietidla, čo má za následok zvyšovanie rozmerov, tým i hmotnosti svietidla a v dôsledku uvedeného i ceny svietidla.

Riešenie problému spočíva v použití prepäťovej ochrany (PO), s dostatočnou zaťažiteľnosťou a minimálnymi rozmermi, pričom je vhodné, aby táto PO bola umiestnená priamo v svietidle.

Uvedené tvrdenie je pochopiteľne potrebné vysvetliť, v ďalšom texte budú rozobrané jednotlivé faktory, vedúce k uvedenému záveru.

5.1 Čo spôsobuje prepätie, a ako sa dostane k svietidlu (napätie medzi krytom svietidla a živými časťami).

Prepätie ohrozujúce SVO – LED vzniká hlavne pri blízkom údere blesku, či už priamo do zeme, alebo do objektu so zemou spojeného (napr. bleskozvodný systém ochrany budov pri komunikácii).

Ďalším zdrojom prepätia môže byť prírodné vedenie do rozvádzača RVO (rozdávateľ verejného osvetlenia), ktorý môže byť ohrozený tiež od zemnenia, v prípade blízkeho úderu blesku.

Vzhľadom k vzdialenostiam RVO od stožiarov osvetlenia a skutočnosti, že úder blesku (vlna 10/350) reprezentuje frekvencie o niekoľko rádov vyššie ako je sieťová frekvencia, chovajú sa „zemnenia“ navzájom ako značne autonómne, a to i v prípade vzájomného prepojenia zemniacim vodičom.

Pri posudzovaní vplyvu zemnenia je potrebné vziať v úvahu, že okrem zemnenia RVO, je systém „zemnený“ na každom stožiar, na ktorom je umiestnené svietidlo a to i v prípade, kedy je stožiar betónový a bez kovového zemnenia svietidla spojeného s „lokálnou“ zemou.

5.2 Prepätie od RVO.

Účinky prepätia od napájania, alebo blízkeho úderu blesku do zeme, môžu spôsobiť v RVO, ktorý je bez PO

a) poškodenia rozvádzača, ktorý vyradí SVO – LED z funkcie

b) šírenie prepäťovej vlny po vedení, napájajúcom osvetľovacie telesá.

Táto vlna môže mať za následok poškodenie LED svietidiel, ak amplitúda napätia prekročí napäťovú pevnosť živých častí voči krytu svietidla, alebo prípustné napätie v elektronických obvodoch predradníka.

Doplnenie prepäťovej ochrany do RVO zabezpečí rozvádzače pred poškodením, teda napájanie SVO – LED zostane zachované.

PO však nezabráni šíreniu prepäťovej vlny po napájacom vedení v smere k svietidlám, (samozrejme i v smere k napájaniu zo strany NN rozvodu), ak prepätie vstupuje do RVO cez zemnenie (blízky úder blesku). Tým, že PO vyrovnáva napätie medzi zemou a napájacím vedením, dostáva sa toto približne na napäťovú úroveň zeme a po el. vedení sa šíri smerom k svietidlám na značnú vzdialenosť vzhľadom k impedancii el. vedenia a rozptylu energie. Pod pojmom „vyrovnáva“ sú mienené napäťové rozdiely max. na úrovni ochranej hladiny PO, čo je v ďalšom texte charakterizované ako „približne rovnaký potenciál“.

Hoci v RVO sme mali el. vedenie a zem na približne rovnakom potenciáli, s rastúcou vzdialenosťou od RVO sa potenciálový rozdiel medzi el. vedením a zemou podstatne zvyšuje.

Pritom nezáleží na tom, či prívodné el. vedenie k svietidlu je dvoj, alebo trojvodičové. Všetky (či dva, alebo tri) vodiče vstupujú do svietidla na približne rovnakom potenciáli. Tvrdenie, že predradník je chránený varistorom na vstupe (medzi L a N) a tým je chránené i svietidlo, je mylné, tento varistor nechráni ani predradník, ani LED, pretože hlavná príčina možného poškodenia svietidla, je v potenciálovom rozdieli medzi lokálnou zemou (miesto, kde je stožiar svietidla ukotvený v zemi) a el. napájaním svietidla.

5.3 Prepätie od lokálnej zeme.

Úder blesku do zeme, alebo do bleskozvodného systému objektu v blízkosti svietidla spôsobí, že zem sa v mieste kotvenia stožiaru VO dostane na vysoký potenciál voči prívodnému el. vedeniu.

Tento potenciál sa cez stožiar (oceľový alebo betónový) a kotviace rameno svietidla dostane až na kryt svietidla (spravidla kovový). Samozrejme za predpokladu, že prúd tečúci

stožiarom nabije kapacitu krytu svietidla voči živým častiam v čase danom prietokom vlny 10/350 (normalizovaná vlna bleskového prúdu) na potenciál zeme, resp. napäťovej pevnosti medzi krytom a živými časťami svietidla.

Ak je svietidlo umiestnené na betónovom stožiaru zemnené „lokálne“ (teda v mieste kotvenia betónového stožiaru do zeme), vzniká obdobná situácia ako u ocelového stožiaru.

Konštrukčne sa jednotlivé typy stožiarov (či už ocelové, alebo betónové) líšia, a v tej súvislosti je i el. odpor jednotlivých typov rozdielny. Preto je rozdiel medzi ocelovým a betónovým stožiarom možné charakterizovať iba rámcovo – betónový stožiar má odpor o 5-8 rádov vyšší ako ocelový, z čoho vyplýva, že z hľadiska hodnotenia účinku prepätia ide o dva, významne odlišné prípady.

5.3.1 Betónový stožiar

Je častý prípad, že betónový stožiar nie je zemnený, zvlášť ak sú svietidlá napájané z vzdušného rozvodu, vedeného paralelne s rozvodom NN.

Meraním sme overili veľkosť odporu „suchého“ a „mokrého“ (t. zn. zmáčaný dažďom) betónového stožiaru. Mokrý vykazoval odpor podstatne nižší ako „suchý“, pričom obe hodnoty sa prípad od prípadu značne líšili.

Meranie kapacity krytu svietidla voči živým častiam potvrdilo jej veľmi nízku hodnotu, z čoho vyplýva (potvrdené výpočtom pre konkrétny prípad), že kryt svietidla sa nabije na hodnotu blízku potenciálu zeme i pri vysokom el. odpore betónového stožiaru. Samozrejme vysoký odpor betónového stožiaru dovoľuje prietok iba nízkeho prúdu.

Ak potenciál krytu voči živým častiam prekročí ich napäťovú pevnosť, dôjde k prierazu, ktorý (v závislosti na konštrukcii svietidla) poškodí LED, alebo predradník, prípadne oboje. Hoci je hodnota prúdu nízka, (viď el. odpor betónového stožiaru) k poškodeniu dochádza v oblasti elektroniky predradníka, alebo LED.

V praxi sa pri poškodení LED vyskytli i prípady, že iba časť LED svietidla bola zničená. Je to už hraničný prípad, kedy množstvo energie uvoľnené prierazom nebolo dostatočné na úplnú deštrukciu svietidla a poškodené boli iba najmenej odolné prvky svietidla.

5.3.2 Kovový stožiar

Vysoký prieraz stožiaru a relatívne nízky merný odpor umožňujú prietok veľkého prúdu zo zemného prostredia. Ak dôjde k prierazu medzi krytom svietidla a jeho živými časťami, môže medzi nimi tiecť i pomerne vysoký prúd a to po dobu, ktorá je reprezentovaná vlnou 10/350, teda podstatne dlhšie, ako pri vlne 8/20. Touto skutočnosťou je tiež podmienené dostatočné dimenzovanie prepäťových ochrán svietidiel SVO-LED, inštalovaných na kovových stožiaroch.

Je známy prípad, kedy bolo svietidlo chránené PO nedostatočnej dimenzie, čo malo za následok prieraz varistora a tým i vyradenie svietidla z prevádzky. (Dôsledkom je potom drahý zásah na odstránenie závady).

Zmienené prúdové vlny 8/20 a 10/350 vyjadrujú, v súlade s STNEN 61643-11, časové charakteristiky prúdového impulzu. Čísla vyjadrujú časový interval v mikrosekundách. Prvé číslo vyjadruje dobu dosiahnutia amplitúdy prúdového impulzu, druhé číslo vyjadruje dobu poklesu amplitúdy na polovičnú hodnotu. Podstatný rozdiel medzi týmito prúdovými

impulzami je v obsahu energie, ktorú impulz predstavuje. Dlhá vlna – 10/350 má energetický obsah viac ako o rád vyšší, ako vlna 8/20, pri rovnakej prúdovej amplitúde. Preto je v hore uvedenej norme zavedené členenie prepäťových ochrán na typ I – ktorý je určený pre pohltie energie a zvod prúdového impulzu vlny 10/350 a typ II – ktorý je určený pre pohltie energie a zvod prúdového impulzu vlny 8/20.

V odstavci 5 sme stručne vysvetlili pôvod a účinky prepätia na SVO – LED.

Vo výklade nebol zmienený priamy úder blesku do SVO - LED. Takýto úder spôsobuje samozrejme rozsiahlu deštrukciu, ale efektívna ochrana proti nemu nepredstavuje ekonomicky prijateľný variant. Oveľa častejšie ako priamy úder blesku, sa vyskytujú blízke údery blesku, ktoré v prípadoch, že systém nie je chránený proti prepätiu, môžu spôsobiť značné škody.

Sú známe prípady, že po jednej búrke v obci, boli poškodené desiatky svietidiel.

Z hľadiska zavádzania SVO - LED sme na Slovensku zatiaľ iba na začiatku. Ako bude rozsah inštalácií narastať, budú narastať i škody v dôsledku prepätia a užívatelia SVO – LED budú stále častejšie klásť otázku o poruchovosti týchto systémov, alebo inými slovami o vybavenosti SVO - LED ochranou proti prepätiu. Na túto otázku budeme odpovedať v odstavci 7.

6 Ako rieši problematiku prepätia norma ČSN EN 60598-1 ed.6 : Svietidlá – časť 1: obecné požiadavky a skúšky.

Pod bodom 4.32 uvedenej normy „Přepětová ochrana zařízení“ sú formulované požiadavky na prepäťové ochrany pre ochranu svietidiel:

„Přepětová ochrana zařízení musejí být v souladu s IEC 616 43-11. Přepětová ochranná zařízení, která jsou vně ovládacího zařízení a jsou uzemněna, se smějí používat pouze u stacionárních svítidel a musejí být připojena pouze k ochrannému uzemnění.“

Pod bodmi 1.2.22 a 1.2.23 uvedená norma definuje svietidlo triedy I (1.2.22) a svietidlo triedy II (1.2.23). Podstata rozdielu je v tom, že svietidlo triedy I je uzemnené, svietidlo triedy II uzemnené nie je, má však vyššiu úroveň izolácie živých častí.

Podstatným parametrom svietidiel je ich „Elektrická pevnosť“, formulovaná v odst. 10.2.2., ako minimálna požiadavka podľa normy. Pretože pre svietidlá na báze LED je táto normová požiadavka veľmi nízka, sú tieto svietidlá (na trhu bežne dosiahnuteľné), spravidla konštruované na vyššiu pevnosť - až 10 kV.

Hoci vysoká elektrická pevnosť znižuje výskyt poškodenia svietidla prepätím, v žiadnom prípade mu nezabraňuje, pretože ako vyplýva z obr. 1, prepätie môže dosiahnuť hodnoty aj niekoľko desaťtisíc Volt.

Opatrenia uvedené v norme pod bodom 4.10.4, nepredstavujú žiadnu účinnú ochranu proti impulznému prepätiu.

7 Ako chrániť SVO – LED proti prepätiu?

Ako vyplýva z predchádzajúcich odstavcov, v praxi môžu vzniknúť viaceré kombinácie špecifických znakov SVO - LED (viď odst. 3).

Působení prepětí s ohledem na konkrétné uspořádání SVO - LED bude mít také různé účinky a vyžadovat rozdílnou míru (dimenze) ochrany proti prepětí, včetně správné volby její umístění.

Firma KIWAask má v nabídce prepětí ochrany pro SVO - LED různých typů a vyhotovení pokrývajících všechny potřeby ochrany SVO - LED proti prepětí podle EN 616 43-11. Závěrečník se může s nimi seznámit na www.kiwa.sk, v případě potřeby, konzultovat konkrétní aplikaci s autorem tohoto článku.

Dále uvedené doporučení mají jen rámcový charakter, protože nemohou zohlednit případné specifické znaky konkrétní instalace.

7.1 Ochrana RVO

Je nejdůležitější v celém SVO – LED, protože porucha RVO má za následek vyřazení z prevádzky celé větvy VO, napájené z tohoto rozváděče, včetně poškození světlíků, které prepětí, šířené od rozváděče, zasáhne s dostatečnou napětí amplitudou, ak světlíky nie sú chránené PO.

Z důvodu klíčového postavení RVO v SVO - LED, je vhodné RVO chránit proti prepětí na vysoké energetické úrovni.

Pro ochranu RVO doporučujeme v každém případě PO typu I, přičemž v závislosti na důležitosti, RVO (počet napájených světlíků, důležitost osvětlovaného úseku komunikace a pod.) je možné, v rámci nabídky KIWAask, volit limp od 12,5 kA do 30 kA/pól (vid www.kiwa.sk), případně pro zvlášť exponované instalace použít také BD vyhotovení s amplitudou impulzního proudu limp 38 kA/pól.

7.2 Ochrana světlíků

Tato problematika je předmětem mnohých zjednodušujících představ, které často očekávají od „ochrany proti prepětí na nízké energetické úrovni (vlna 8/20 s amplitudou max. 10 kA)“ vyřešení problému na „vysoké úrovni“.

Podstatný rozdíl v požadavcích na kvalitní (správnou) ochranu světlíků mohou představovat jejich instalační podmínky. Z hlediska celého řádu možných kombinací tu zmíníme dvě, vyznačující se rozdílným vztahem „lokální země – světlík“, přičemž tento vztah je určen velikostí odporu mezi lokální zemí a krytem světlíka.

7.2.1 SVO – LED jako samostatná instalace, nezávislá na systému rozvodu NN.

Obvykle se realizuje na ocelových stožárech s rozvodnicou umístěnou v patě stožáru.

Napájení je realizované zemním rozvodem od RVO. Ak je RVO chránený proti prepětí, je hlavné ohrozenie světlíka od „blízkeho úderu blesku“ do země. Samozřejmě je vhodné toto ohrožení eliminovat v místě, které je jednoduše (bez žeriavové plošiny) dostupné pro instalaci i kontrolu, tedy na rozvodnici v patě stožáru. Pro tuto ochranu jsou nejvhodnější PO I LED 230V/12,5 kA, které dokážou zachytit značné množství energie či už od země, alebo od rozvodnej siete. Je tiež možné použiť PO II LED 230 V/30 kA, ktorej dimenzia zaručuje vyššiu úroveň ochrany, ako PO typu III, pričom je ju možné inštalovať nielen do päty stožáru, ale i do světlíka. V takom prípade PO v patě stožáru nie je potrebná. Uvedené typy PO sú chránené prihláškou vynálezu.

7.2.2 SVO – LED inštalovaný súbežne s rozvodom NN, na železobetónových stožiaroch. Toto usporiadanie je veľmi častý prípad, najmä v obciach s nadzemným rozvodom NN.

Stožiare nie sú spravidla uzemnené, rozvod napájania svietidiel je iba dvojvodičový, bez zemnenia.

Svietidlá sú spravidla triedy ochrany II (podľa ČSN EN 60598-1 ed.6). U týchto svietidiel, ktoré nie je možné pripojiť na zemnenie, riešia výrobcovia svietidiel zvýšenú odolnosť svietidla voči prepätiu konštrukčnými opatreniami, ktoré zvyšujú priernú pevnosť kryt – živé časti až na 10 kV, prípadne i viac.

Ako bolo vysvetlené v odstavci 2, môže potenciál lokálnej zeme dosiahnuť i podstatne vyššie hodnoty, ako je prierná pevnosť svietidla. Táto skutočnosť, ktorá má za dôsledok poškodenie svietidla, je známa z celého radu realizovaných inštalácií.

Vzniká otázka, či je možné pri danom type inštalácie, ako je vyššie popísané, dosiahnuť účinnú ochranu proti prepätiu, keď samotná norma ČSN EN 60598-1 ed.6, v odstavci 4.32 požaduje:

„Přepětová ochranná zařízení musejí být v souladu s IEC 61643-11. Přepětová ochranná zařízení, která jsou vně ovládacího zařízení a jsou uzemněna, se smějí používat pouze u stacionárních svítidel a musejí být připojena pouze k ochrannému uzemnění.“

Táto požiadavka svojou formuláciou vylučuje použitie prepäťovej ochrany u svietidiel triedy ochrany II.

Vzhľadom k vlastnostiam prvkov SVO - LED podľa tohto odstavca (7.2.2.) a vzhľadom k požiadavkám vyššie uvedených noriem, nie je štandardné vyhotovenie PO, vyhotovené pre obvyklé napájacie pomery svietidla (230 V AC), pre dané usporiadanie vhodné.

Vo firme KIWA sk bol vyvinutý ochranný prístroj, ktorý pri správnej inštalácii v rámci podmienok, formulovaných v odst. 7.2.2., zabezpečuje ochranu proti prepätiu a teda rieši problém najčastejších porúch v SVO – LED na území Slovenska.

Pretože v tomto prípade ide o riešenie, ktoré predstavuje nový koncept ochrany pre vyššie uvedené prevádzkové podmienky a z hľadiska uplatnenia tohto prístroja (chránené pat. prihláškou) je potrebný podrobnejší výklad, bude táto téma predmetom samostatného článku.

8 Záverom

Problematika impulzného prepätia sa nevyhýba ani tejto pomerne novej oblasti osvetľovania, SVO – LED.

Vzhľadom k charakteru problematiky, ktorá spadá do oblasti neperiodických elektrodynamických javov, generovaných nielen ľudskou činnosťou ale i samotnou prírodou, je pre zabezpečenie bezporuchovej prevádzky SVO – LED dôležité správne porozumieť týmto javom, súvislostiam ich pôsobenia a spôsobom zamedzenia vzniku prípadných škôd.

Použitie PO pre SVO – LED je odporúčané viacerými autormi, pričom názory na dimenzie PO sa niekedy rôznia, zvlášť ak neberú do úvahy zemniace pospájanie umiestnené v zemi, ktoré v prípade blízkeho úderu blesku do zeme slúži ako „zberač“ el. náboja zo zemného

prostredia a môže u oceľových stožiarov spôsobiť i značné prúdy v systéme PO. Preto firma KIWAsk vyvinula aj vysoko zaťažiteľné PO pre SVO – LED, ktoré umožňujú ich spoľahlivú ochranu aj pre najnáročnejšie podmienky zaťaženia, pričom dovoľujú ich jednoduchú dodatočnú inštaláciu (u oceľových stožiarov VO).

Rozsah vyhodnotení terénnych výsledkov (porúch), pokusov na skúšobni na konkrétnych používaných svietidlách a ich výsledky, predstavujú rozsiahly dokumentačný materiál, ktorý je v článku využitý vo forme záverov, vyplývajúcich z vykonaných prác, a s využitím zovšeobecnenia získaných výsledkov.

Použitie PO – LED firmy KIWAsk v iných prostrediach a podmienkach, ako uvádza tento článok je samozrejme tiež možné, optimálne nasadenie je však potrebné dôkladne posúdiť, aby sa eliminovali situácie, kedy problematika ochrany proti prepätiu nebola dostatočne zvládnutá.

Zainteresovaným čitateľom môže v tomto článku chýbať podrobnejšie rozvedenie celého radu použitých záverov. To však nebolo z dôvodu vymedzeného rozsahu článku možné urobiť.

V prípade záujmu o ďalšie podrobnosti, je možné obrátiť sa priamo na autora článku.

Literatúra a odkazy

- [1] Elektromagnetické vlastnosti hornín, Vojtech Gajdoš, UKF Bratislava, 2013
- [2] STN EN 61643-11 Nízkonapäťové ochranné prístroje. Časť 11: Prepäťové ochranné prístroje.
- [3] ČSN EN 60598-1 ed.6.: Svietidlá – časť 1: obecné požiadavky a skúšky

Regulácia svietidiel na určenú hodnotu svietivosti pre použitie v umelej oblohe

Doc. Ing. Stanislav Darula, CSc.*, Ing. Anton Paus[†], Ing. Marta Malíková**

*Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava, usarsdar@savba.sk, + iLumTech, Dojč, anton.paus@ilumtech.eu,** Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava, malikova.marta@savba.sk

Abstrakt: Návrh osvetľovacích sústav sa už nezaobíde bez regulácie svietidiel. Táto môže využívať rôzne elektronické prvky, protokoly riadenia a zabezpečovať osvetlenie priestorov alebo nasvietenie vybraných objektov. Podľa druhu zadania úlohy regulovaná osvetľovacia sústava obyčajne zabezpečuje požadovanú úroveň osvetlenosti prípadne dobré vnímanie objektu alebo jeho detailov. V umelej oblohe na Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave sa realizuje obnova osvetľovacej sústavy. Zámerom úlohy je simulovať rozloženie oblohových jasov podľa normy ISO/CIE 15469:2004 LED svietidlami. Príspevok diskutuje možnosti stmievania svietidiel a jeho využitie na nastavenie štandardných oblôh v umelej oblohe.

1 Úvod

V svetelno-technickej teórii a praxi sa najčastejšie vyskytujú úlohy, pri ktorých postačuje osvetliť detail predmetu tak, aby bol ľudským zrakom vnímaný, rozoznateľný a podával informáciu, ktorá je mu určená. V takýchto prípadoch, pri návrhu osvetľovacej sústavy, špecialista – svetelný technik vystačí s bežnými výpočtovými postupmi a programami určujúcimi osvetľovanie scény. Zložitejšia úloha nastáva, keď sa pri osvetlení detailu, prípadne plochy, požadujú presne zadefinované hodnoty jasov na jej rôznych častiach.

Na svete je postavených viacej umelých oblôh, v ktorých je možné pri štandardných i neštandardných podmienkach realizovať merania denného osvetlenia v modeloch miestností. Jedným z kľúčových faktorov reprezentatívnosti modelových meraní je simulovanie rozloženia oblohových jasov. To si vyžaduje vytvoriť na vnútornom povrchu umelej oblohy hodnoty vypočítaných jasov. Môže sa to dosiahnuť pomocou stmievateľných svietidiel osadených na vnútornom povrchu kupoly, ktoré osvetľujú model miestnosti, alebo sústavou svietidiel s regulovateľnou svietivosťou, ktoré osvetľujú vnútornú plochu kupoly a vytvárajú difúzne svetlo pre osvetlenie meracieho stola [1] - [5].

Na Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave je od roku 1974 v prevádzke umelá obloha s betónovou konštrukciou, hemisférického tvaru a s osvetľovacou sústavou osadenou na podlahe pódia. Na osvetlenie jej vnútorného povrchu boli v tom čase použité scénické žiarovkové reflektory s vysokou spotrebou elektrickej energie. Nové LED technológie okrem zníženia spotreby elektrickej energie prinášajú tiež nové kvalitatívne možnosti vytvárania svetelného prostredia.

Pri obnove umelej oblohy na Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave je zámer pomocou LED osvetľovacej sústavy simulovať rozloženie jasov ISO/CIE všeobecných oblôh [6]. Podobne ako v prírode, keď hodnoty jasov elementárnych plôch oblohy sa plynule menia, je potrebné i v laboratórnych podmienkach umelých oblôh zabezpečiť plynulý

prechod jasov medzi osvetľovanými plochami, čo kladie špeciálne požiadavky na výkon a reguláciu svetidiel.

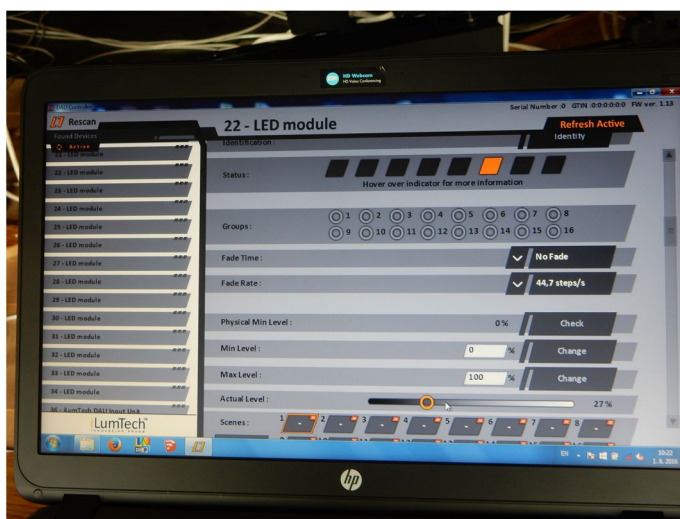
2 Regulácia svetidiel

Koncept obnovy umelej oblohy vychádza z jej pôvodného funkčného usporiadania. Namiesto žiarovkových reflektorov budú osadené LED svetidlá osvetľovacej sústavy na stojanoch v pódii, ktorého vnútorná časť je určená pre vedenie silových a dátových rozvodov. Pôvodné parabolické zrkadlo umelého slnka sa opäť využije. Sviečkové žiarovky koróny slnka sa zamenia troma 24 V LED pásmi. Vlastný zdroj umelého slnka bude tvoriť keramická halogenidová výbojka. Jednotlivé svetidlá sú vybavené predradníkmi a riadené DALI riadiacim prvkom.

Každý typ ISO/CIE oblohy vytvára samostatnú scénu, t. j. zadané rozloženie jasov na vnútornom povrchu kupoly. Na nastavenie úrovne svetivosti svetidiel sa používa program iLumTech DALI Controller, ktorý komunikuje s DALI riadiacim prvkom prostredníctvom interface DALI USB Bridge. Kľúčovým faktorom obnovy osvetľovacej sústavy v umelej oblohe je výkon svetidiel, uhol ich vyžarovania, farebné podanie zdrojov a elektronika umožňujúca reguláciu intenzity a jemné stmievanie. Použité svetidlá majú výkon 31 W s teplotou chromatickosti 4000 K.

3 Popis programu iLumTech DALI Controller

DALI Controller je program, Obr. 1, špeciálne vyvinutý na konfiguráciu iLumTech zariadení využívajúcich DALI protokol ako aj štandardných DALI predradníkov od iných výrobcov. Nevyhnutnou súčasťou použitia programu je zariadenie DALI/USB Bridge, ktoré slúži ako komunikačné rozhranie medzi počítačom (a programom) a DALI zbernicou. DALI zbernica je rozšírený komunikačný štandard pre ovládanie stmievateľných predradníkov, ale tiež iných prvkov osvetľovacích sústav, ako sú pohybové senzory, tlačidlá, alebo iné ovládacie prvky. Komunikácia pre predradníky a iné zariadenia priamo ovládajúce svetelný zdroj (control gears) je štandardizovaná v rámci normy IEC 62386 [9], preto je zaručená kompatibilita medzi predradníkmi a ovládacími prvkami rôznych výrobcov. Program DALI Controller umožňuje konfigurovať akýkoľvek DALI predradník, ktorý je v súlade s DALI normou. Iná situácia je ale pri ovládacích prvkoch, ako sú tlačidlá alebo senzory, pri ktorých doteraz nedošlo ku štandardizácii, a preto každý výrobca týchto prvkov používa odlišný komunikačný protokol založený na DALI. Z tohto dôvodu aj ovládacie prvky iLumTech je možné konfigurovať len pomocou programu DALI Controller, a ovládacie prvky iných výrobcov je možné konfigurovať len pomocou ich programov a rozhraní.



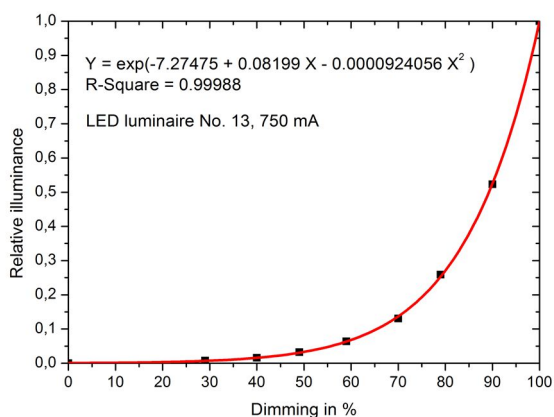
Obr.1 Program iLumTech DALI Controller, nastavenie parametrov svetidla

DALI Controller je program určený

hlavne na konfiguráciu DALI zariadení. Je možné pomocou neho konfigurovať všetky parametre DALI predradníkov. Z najpoužívanejších parametrov možno spomenúť minimálnu a maximálnu úroveň stmievania, nastavenie scény, skupinové adresy alebo časy prechodu. Všetky hodnoty parametrov sú potom uložené v pamäti v rámci predradníka. Podobne je možné konfigurovať DALI ovládacie prvky, ako je iLumTech DALI Input Unit – rozhranie pre tlačidlá. Jedno DALI Input Unit zariadenie dokáže snímať pokyny až zo štyroch rôznych tlačidiel a dokáže rozlišovať dlhé a krátke stlačenie. Je teda možné nastaviť až 8 rôznych funkcií. Pod funkciou si možno predstaviť prakticky akýkoľvek príkaz definovaný v DALI norme. Medzi najpoužívanejšie patria vyvolanie scény, maximálny jas, minimálny jas, vypnutie, stmievanie nahor a stmievanie nadol. Príkazy je možné posilať jednotlivým svietidlám, skupine svietidiel alebo celej sústave súčasne – rozlišuje sa pomocou adresy. Ďalšie informácie o programe DALI Controller a rozhraní DALI/USB Bridge, prípadne iných iLumTech zariadeniach možno nájsť na webových stránkach [9].

4 Možnosti stmievania svietidiel

Prvé testy LED svietidiel v umelej oblohe ukázali, že úzky uhol vyžarovania umožňuje zdvihnúť úroveň jasov na jej povrchu, ale na zabezpečenie homogenity jasovej vzorky oblohy vytvára vyššie požiadavky na množstvo svietidiel. Pri použití svietidiel so širším uhlom vyžarovania sa dosahujú nižšie intenzity osvetlenia na meracom stole a umožňujú sa



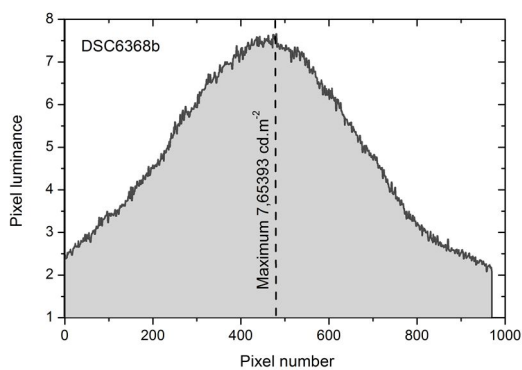
Obr.2 Zmeraná exponenciálny priebeh stmievania LED svietidla

rôznych úrovniach stmievania a porovnávala sa odozva osvetlenej plochy pomocou CCD fisheye optiky. Merania sa vyhodnotili v relatívnych hodnotách. Na Obr. 2 je zobrazený priebeh exponenciálneho režimu stmievania LED svietidiel v umelej oblohe.

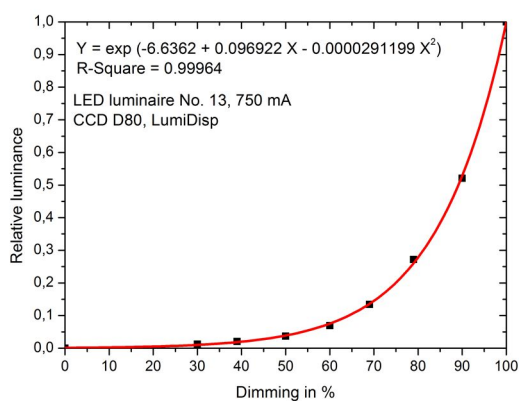
Odozva stmievania osvetľovanej plochy sa zisťovala zo snímky, ktorá sa získala CCD fisheye optikou kalibrovanou na meranie jasov a vyhodnotila sa programom LumiDisp, [10]. Zaviedol sa koeficient KI pre hodnotenie vplyvu funkcie stmievania svietivosti svietidiel na úroveň hodnôt jasov v umelej oblohe:

$$KI = \int_0^{970} L_e dx \quad \text{cd.m}^{-2} \quad (1)$$

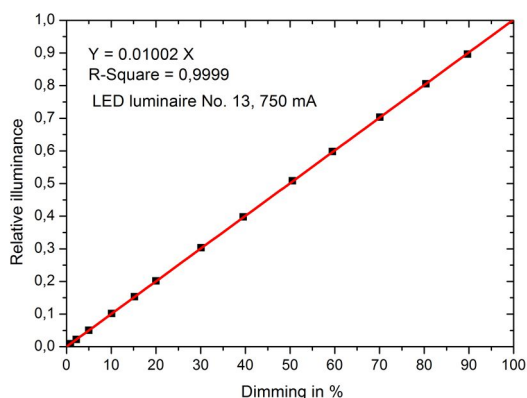
Numerické vyčíslenie koeficienta vplyvu funkcie stmievania je nasledovné:



Obr.4 Profil jasov osvetlenej plochy oblohy jedným LED svetidlom č. 13, stmievanie na 69%



Obr.3 Vplyv exponenciálneho stmievania svetidla na úrovně oblohových jasov



Obr.5 Lineárny priebeh stmievania LED svetidla

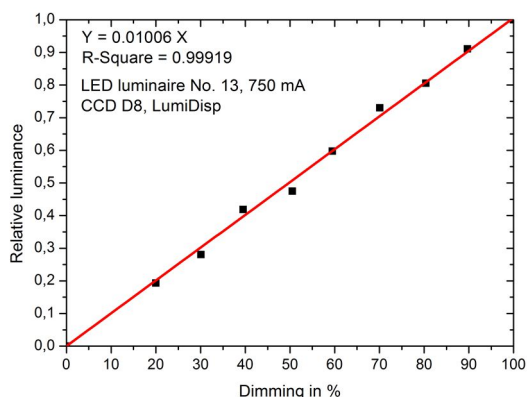
na požadovanú hodnotu, nakoľko nie je potrebné do tohto procesu vnášať dodatočné korekcie.

$$KI = \sum_0^{970} L_e \Delta x \quad \text{cd.m}^{-2}$$

Tým, že reflektory svetidiel sú rotačne symetrické, je aj plocha osvetľovaná jedným svetidlom symetrická, ako je zobrazené na Obr. 3. Pre stanovenie hodnoty KI sa ako normalizačný člen použila maximálna hodnota v jasovom profile, ktorého rozsah 0 - 970 pixelov bol odčítaný z fisheye snímky. Na Obr. 2 a Obr. 4 vidno veľmi tesnú koreláciu medzi stmievaním svetidla a získanými jasmi na

povrchu kupoly, čo dokumentujú koeficienty preložených exponenciálnych funkcií. V profile jasov, Obr. 3, možno tiež postrehnúť nepravidelnosti medzi susednými hodnotami, ktoré je zapríčinené nedokonalosťou nanášania nového difúzneho náteru na vnútornom povrchu umelej oblohy. Exponenciálny priebeh stmievania svetidiel poskytuje obmedzené možnosti pre jemnejšie nastavenie svetivosti svetidiel na určité/presne požadované hodnoty, aby sa dosiahlo vernejšie simulovanie rozloženia oblohových jasov.

Úpravou softvéru na lineárny priebeh stmievania sa značne vylepšili možnosti regulácie svetidiel na požadované hodnoty. Na Obr. 5 je zobrazený zmeraný priebeh stmievania svetidla v lineárnom režime. Preloženie zmeraných bodov lineárnou závislosťou ukázalo, že namerané hodnoty svetivosti svetidla a tiež získané úrovne oblohových jasov, Obr. 6, sú v priamej závislosti od percentuálnych hodnôt stmievania. Toto zistenie značne zjednodušuje proces kalibrácie požadovaných rozložení jasov v umelej oblohe a nastavovanie svetivosti svetidiel



Obr.6 Vplyv lineárneho stmievania svietidla na úrovne oblohových jasov

svetla, kde rozdiely hodnôt pri vyšších úrovniach sa vnímajú menej citlivo ako pri nižších úrovniach. Pri kalibrácii rozloženia jasov v umelých oblohách je potrebné mať dostatočný rozsah na nastavenie predurčených hodnôt oblohových jasov. Prezentovaná štúdia ukázala, že pre tieto účely je výhodnejšie používať lineárny režim stmievania, ktorý dovoľuje regulovať svietivosť svietidiel zodpovedajúcu priamo percentám stmievania.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory projektu APVV-0118-12.

Literatura a odkazy

- [1] Croghan, D. Transilluminated domical artificial sky. *Light and Lighting*, 1964, 57, 10, 290-293.
- [2] Kittler, R. A new artificial 'Overcast and Clear Sky' with artificial sun for daylight research. *Lighting Res. Technol.*, 1974, 6, 4, 227-229.
- [3] Navvab, M. Scale model photometry techniques under simulated sky conditions. *Journ. of IES*, 1996, 25, 2, 160-172.
- [4] Michel, L, Roecker, C, Scartezzini, JL. Performance of a new scanning sky simulator. *Lighting Res. Technol.*, 1995, 27, 4, 194-207.
- [5] Aghemo, C., Pellegrino, A. and Lo Verso, V.R.M. The approach to daylighting by scale models and sun and sky simulators:A case study for different shading systems. *Build. Environ.*, 2008. 43, 5, 917-927.
- [6] ISO 2003. ISO 15469:2004/CIE SO11/E:2003: Spatial distribution of daylighting - CIE Standard General Sky. Geneva: ISO.
- [7] IEC 62386-102:2014 Digital addressable lighting interface - Part 102: General requirements - Control gear.
- [8] IEC 62386-101:2014 Digital addressable lighting interface - Part 101: General requirements - System components.
- [9] iLumTech: DALI/USB Bridge – User Guide 2016. <http://www.ilumtech.eu/portfolio/dali-usb-bridge> .
- [10] Baxant, P., Sumeč, S., Škoda, J. 2006. LumiDisp. <http://www.lumidisp.eu> .

5 Záver

V súčasnosti sa svietidlá bežne regulujú stmievaním na vytváranie požadovaných scén, úrovní osvetlenia v mieste zrakovej práce alebo rôznych svetelných efektov. Obyčajne pri riešení spomenutých úloh nie je režim stmievania významným faktorom. Ak sa požaduje dosiahnuť v priestore osvetlenú plochu s určenou vzorkou jasov, režim stmievania môže nadobudnúť významnú úlohu.

Exponenciálne stmievanie umožňuje reagovať na prirodzené vnímanie zmien

Poznatky z porovnávacích měření UO aneb Achillova pata mnoha měřících skupin

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

1 Úvod

V roce 2014 získal Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě **Osvědčení o akreditaci** jako poskytovatel zkoušení způsobilosti č. 7013. Od té doby se začala psát novodobá historie porovnávacích měření. Přibylo spousty papírování a nebytných kontrol, co ale zůstalo, je perfektní spolupráce s týmem kolem prof. Sokanského, jakožto odborného garanta za VŠB-TU Ostrava a paní Marušky Juklové za Českou společnost pro osvětlování, RS Ostrava. I nadále využíváme nepřeberné studnice různých druhů prostorů v rámci areálu VŠB-TU a nejinak tomu bude jistě i nadále. V nedávné minulosti jsme měřili výdejnu jídel v místní menze, prostory v knihovně, učebny (tabule, lavice), přednáškovou místnost, kanceláře, atd., atd. Trvalou součástí porovnávacích měření již 3 roky po sobě zaujímá přednáškový blok na vybraná témata vztahující se k měření UO, jenž se těší čím dál většímu zájmu měřících skupin.

Díky porovnávacímu měření byla v minulosti zjištěna vada u zcela nového luxmetru s platným ověřovacím listem, nesčetně krát měřící skupiny měřily v nesprávné výšce srovnávací roviny a dokonce se objevily i problémy s výpočtem udržované osvětlenosti. Co je ta pověstná Achillova pata mnoha měřících skupin? Praxe ukázala, že největší problém je s výpočtem udržovacího činitele MF. Důkazem toho jsou poslední 3 ročníky porovnávacího měření.

2 Rok 2014

Tento rok byl prvním rokem se získanou akreditací. Využili jsme toho, že byl nedlouho předtím otevřen zcela nový pavilón Fakulty elektrotechniky a informatiky a samotné nás zajímalo, jak se projektantovi podařilo osvětlit kanceláře. Vybrali jsme tu s označením EA 216 od prof. Sokanského a úkolem bylo změřit pracovní stůl, jeho blízké okolí, válcovou osvětlenost a vypočítat udržovací činitel MF. Porovnávacího měření se zúčastnilo 28 měřících skupin.



Obr.1 Kancelář EA 216 a měřený stůl

2.1 Výsledky udržovacího činitele MF

Měřící skupiny dostaly za úkol vypočítat udržovací činitel půl roku staré osvětlovací soustavy. Především, že správná hodnota MF je 0,9. Níže uvedený rozptyl hodnot 0,72 – 1 byl pro nás překvapující. Nesprávný výpočet MF je pro celkové hodnocení zásadní a může tak poškodit objednatele expertízy.

Účastník (kód)	MF [-]	Účastník (kód)	MF [-]
1	0,72	15	0,79
2	0,73	16	0,75
3	0,87	17	0,84
4	1,00	18	0,81
5	0,74	19	0,72
6	0,80	20	0,73
7	1,00	21	0,80
8	0,88	22	0,88
9	0,80	23	0,89
10	0,83	24	0,92
11	0,80	25	0,81
12	0,78	26	0,80
13	0,85	27	0,90
14	0,79	28	0,80

3 Rok 2015

V loňském roce jsme se rozhodli měřit v místní menze a využít zdejší bezokenní prostory. Skupiny dostali za úkol změřit osvětlenost a vypočítat rovnoměrnost osvětlení vymezené plochy podlahy komunikačního prostoru a stěny. Dále měli spočítat udržovací činitel 25 let staré osvětlovací soustavy, která zde byla. Porovnávacího měření se zúčastnilo 16 měřících skupin.



Obr.2 Vymezená plocha komunikace a stěny

3.1 Výsledky udržovacího činitele MF

Při zadání tohoto úkolu s vědomím 25 let staré osvětlovací soustavy jsme spíše počítali s formalitou. Nicméně se ukázalo, že nás i v tomto případě dokážou měřicí skupiny překvapit. Rozmezí hodnot MF 0,33 – 1. Především, že správná hodnota MF je samozřejmě 1.

Účastník (kód)	MF [-]	Účastník (kód)	MF [-]
1	0,76	9	232, 102*
2	0,65	10	1,00
3	0,62	11	1,00
4	1,00	12	1,00
5	1,00	13	1,00
6	0,61	14	1,00
7	1,00	15	1,00
8	0,33	16	0,84

* pravděpodobně došlo k překlepu nebo nepochopení významu udržovacího činitele MF.

4 Rok 2016

V letošním roce jsme se opět vrátili do nové budovy Fakulty elektrotechniky a informatiky. Vybrali jsme k měření Laboratoř POR EB109. Měřicí skupiny měly za úkol změřit celkovou osvětlenost a vypočítat rovnoměrnost osvětlení a rovněž vypočítat udržovací činitel 2 roky staré osvětlovací soustavy. Porovnávacího měření se zúčastnilo 14 měřících skupin.



Obr.3 Laboratoř POR EB109

4.1 Výsledky udržovacího činitele MF

Po zkušenostech s předchozími dvěma ročníky jsme už zázraky nečekali a ani se nekonaly. Správná hodnota udržovacího činitele MF je 0,91 (lze souhlasit i s 0,92 a 0,95). Celkem 11 účastníků ze 14 vypočítalo udržovací činitel chybně. Tímto ročníkem byla Achyllova pata zpečetěna.

Účastník (kód)	MF [-]
1	0,78
2	0,72
3	0,95
4	0,72
5	0,78
6	0,63
7	0,92

Účastník (kód)	MF [-]
8	0,70
9	0,95
10	0,68
11	0,73
12	0,72
13	0,82
14	0,72

Standard pro flexibilní řízení osvětlení u BMW

Ondřej Dolejš, Ing., Ph.D., WAGO-Elektro spol.s r.o., ondrej.dolejs@wago.com, www.wago.cz

Abstrakt: Stále více se zvyšující požadavky na kvalitu a energetickou bilanci při osvětlování výrobních/skladovacích hal zásadně mění přístup pro použití řídicích systémů pro osvětlení. Hlavními rysy jsou kombinace klasického způsobu ovládání zapnout/vypnout se sběrnice digitálním řízením po sběrnici DALI s regulací na konstantní úroveň. Dalším fenoménem je flexibilita výrobních prostor, která je jedním z hlavních témat Průmyslu 4.0.

1 Úvod

Německá rodinná společnost BMW je po dlouhá léta proslulá svou technikou u vyráběných automobilů a motocyklů. Důležitým prvkem v podnikání této společnosti je důraz na udržitelný rozvoj, od roku 1999 na indexu „Dow Jones Sustainability Group Index“. I z tohoto důvodu je prioritou nejen finální výrobek, ale i optimalizovaný celý výrobní proces. Významnou součástí je osvětlení výrobních / skladovacích hal. Již před rokem 2010 vznikl tým odborníků, kteří se začali touto problematikou zabývat. Úkolem bylo analyzovat požadavky pro dosažení 30% úspor pro již využívané objekty, ale i pro novostavby.

2 Řešený úkol

Z analýzy skutečného stavu vyplynula potřeba flexibilního ovládání již realizovaných osvětlovacích soustav (převážně zapnout/vypnout) s možností flexibilního přeuspořádání dle požadavku výroby. Bylo potřeba zakomponovat vypínání osvětlení při přestávkách dle časových plánů a mít možnost doplnění jak drátových, tak bezdrátových ovladačů, bez nutnosti změny kabeláže. V některých případech při rekonstrukcích vzniká i požadavek na zakomponování sběrnice DALI s možností stmívání, regulací na konstantní úroveň a řízení od čidla přítomnosti. DALI sběrnice je používána jako standard u nových instalací. Systém má shromažďovat informace o provozních hodinách jednotlivých světelných zdrojů a jejich poruchách. V každém rozvaděči pro osvětlení je zapotřebí měřit spotřebovanou energii a hodnoty předávat do podnikového systému (SAP). Celkově navržené řešení má umožňovat snadnou flexibilní rekonfiguraci dle požadavků jednotlivých směn z PC přímo příslušnými zaměstnanci BMW. Koncepce řízení by měla být stejná jak pro rekonstrukce, tak pro novostavby.



Obr.1 Příklad osvětlení ve výrobní hale

3 Koncepce řízení

Požadavky na řízení osvětlení ve výrobních halách znamenaly výběr modulárního řídicího systému, který umožňuje flexibilní konfiguraci hardwaru s předpřipraveným aplikačním softwarem pro parametrizaci jednotlivých světelných okruhů. Pro toto řešení byl vybrán řídicí systém WAGO (PLC), který umožňuje připojit rozličné druhy signálů, jakými jsou např. drátová tlačítka a bezdrátová tlačítka (EnOcean), sběrnici DALI, měření spotřeby energie a senzory přítomnosti a intenzity osvětlení. Jako rozhraní k uživateli byl zvolen integrovaný webový server, který umožňuje zobrazit jednotlivé konfigurační obrazovky v jakémkoliv internetovém prohlížeči. Z tohoto důvodu nebylo zapotřebí vybavovat každý rozvaděč zobrazovacím panelem a tím bylo umožněno spravovat systém i na dálku. Rozhraní Ethernet je použito i pro propojení s ostatními systémy jakými jsou Building Management System (BMS) přes protokol Modbus TCP a podnikový systém postavený na databázi Oracle SQL, který dále poskytuje data pro údržbu a SAP.

3.1 Použité technologie - standardy

Celkový koncept řízení je postaven na standardizovaných komunikačních protokolech používaných při automatizaci budov.

3.1.1 Ethernet a Modbus TCP

Komunikační architektura je postavena na fyzické vrstvě Ethernet a pro napojení na BMS je použit protokol Modbus TCP, který je díky své jednoduchosti jedním z nejrozšířenějších protokolů.

3.1.2 DALI (Digital Addressable Lighting Interface), IEC 62386

Pro připojení elektronických předřadníků a čidel intenzity osvětlení spolu s přítomností je použit protokol DALI (viz. [1]). Sběrnice DALI umožňuje připojení až 64 svítidel a 64 adres od zařízení typu slave (čidla, tlačítka), kdy spotřeba na jedné větvi nesmí přesáhnout 200mA. Standard DALI je již za více než 10 let své existence používán všemi významnými výrobci elektronických předřadníků, čidel a tlačítek. Naadresovaná zařízení umožňují vytváření různých variant logického propojení s tlačítky, vytváření skupin a světelných scén. Každé zařízení je schopno na dotaz zaslat svůj stav (intenzita osvětlení, případně porucha světelného zdroje).

3.1.3 Enocean, ISO/IEC 14543-3-10

Bezbatériový a bezdrátový systém Enocean (viz.[2]) byl zvolen pro možnost flexibilního doplnění tlačítek pro ovládání. Enocean je mezinárodní standard, dle kterého vyrábějí rozliční výrobci zařízení: tlačítka, ovladače teploty, okenní kontakty, pohybová čidla a další. Velkou výhodou tohoto komunikačního systému je provoz bez baterií. Vysílací elektronika je navržena tak, aby spotřebovala co nejméně elektrické energie (řádově 50uW). Pro získání energie pro tlačítka se například využije integrované cívky (přeměna mechanické energie na elektrickou) a u ovladačů teploty a okenních kontaktů je použit solární článěk. Enocean je za více než 10 let používání ověřenou technologií nejen v České republice, ale také ve světě, kde si našel svou pozici v automatizaci kancelářských prostor.

3.2 Systém řízení osvětlení

Řídicí systém je navržen pro řízení max. 1070 DALI předřadníků, spínání 72 světelných okruhů, připojení 32 konvenčních a 16 bezdrátových tlačítek, ze kterých je možno libovolně vytvořit až 30 řízených zón. Softwarové vybavení v sobě obsahuje zahoření světelných zdrojů s nastavitelnou dobou (např. 100h), která se automaticky nuluje při jejich výměně. Do nadřazeného systému pro řízení budovy jsou předávány informace o stavu jednotlivých svítidel, jejich provozní hodiny, poruchy, spotřeba elektrické energie po jednotlivých rozvaděčích a další. Ve velkých halách je možné propojit více rozvaděčů pro osvětlení mezi sebou a tím umožnit ovládání celého prostoru, jakoby bylo vše připojeno do jednoho rozvaděče. Bezdrátová tlačítka Enocean umožňují dodatečné rozšíření způsobu ovládání bez nutnosti montáže kabelů, žlabů, svorek a hlavně místa v již funkčním rozvaděči (např. při rozšíření/rekonstrukci systému). Webové rozhraní vytváří prostředí pro mistra provozu, kde může nastavit režimy/scény osvětlení pro různé prostory a časy během směny. Jako scény si můžeme představit osvětlení pro výrobu, odstávku, úklid, údržbu, pochůzku, kdy je vyžadována jiná úroveň osvětlení. Po nastavení, či kdykoliv při změně, je možné veškeré parametry systému automaticky zdokumentovat přímo v řídicím systému a zálohovat je na serveru.

3.3 Úspory

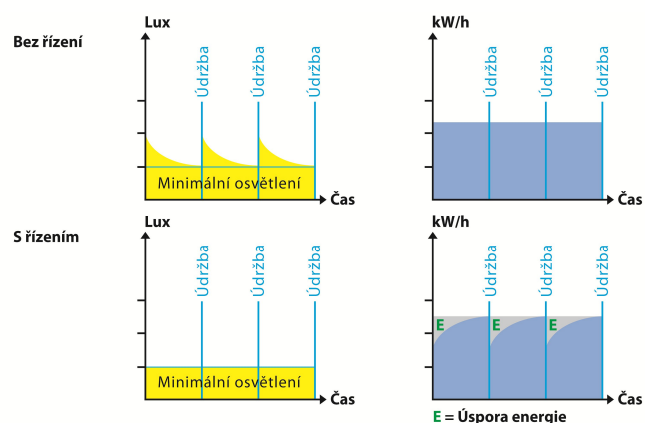
Úspory se mohou rozdělit do základních dvou složek: instalace a provoz.

3.3.1 Úspory při instalaci

V těchto nákladech se při rekonstrukcích významně promítne výhoda využití stávajících elektrických rozvodů včetně světelné soustavy, na které se napojí řídicí systém s potřebnými rozhraními. U nových realizací se systémem DALI, který ze své podstaty umožňuje vytvoření jednodušší struktury elektrického rozvodu a logické rozčlenění do příslušných zón pouze za pomoci konfigurace ve webovém serveru řídicího systému, stal již požadavkem.

3.3.2 Úspory při provozu

Během provozu vznikají úspory energie z různých důvodů. Prvním z nich je kompenzace stárnutí světelných zdrojů (viz. Obr.2), kdy se u klasického návrhu osvětlovací soustavy předimenzují světelné zdroje tak, aby požadované parametry osvětlení byly splněny i po daném počtu let provozu. Opakem je řízení osvětlení, kdy je možno nastavit hned od začátku požadovanou úroveň osvětlení a během stárnutí světelného zdroje přidávat energii tak, aby byla zachována požadovaná intenzita osvětlení.



Obr.2 Úspora energie při kompenzaci stárnutí světelných zdrojů

Samozřejmě úsporou energie je princip: „svít, jen když je potřeba a tam, kde je potřeba“. Díky rozdělení do menších řízených zón a jejich časovému ovládní dojde samozřejmě k úspoře energie.

Do provozních úspor je potřeba zahrnout i jednoduchost rekonfigurace přes webové rozhraní přímo obsluhou v daném výrobním závodě, ale také možnost konfigurace na dálku. Dále pak nesmíme zapomenout na hlášení poruch a následnou výměnu konkrétního prvku dle zaslání poruchy do BMS systému. Modulární řešení se skládá ze standardních komponent a jejich počet se odvíjí od požadavků v jednotlivých výrobních halách. Je tedy jen pár komponent, které jsou stejné jak pro malé, tak i velké počty řízených svítidel a tím se snižují požadavky na náhradní díly.

4 Závěr

Několikaletým vývojem v reálné praxi se vytvořilo flexibilní řešení pro řízení osvětlení výrobních hal BMW se systémem WAGO, které je dnes nasazováno na všech výrobních halách této společnosti po celém světě. Dosáhlo se funkčního systému, který je díky modulární koncepci snadno škálovatelný a rozšiřitelný i v budoucnu. Parametrizace přinesla obrovskou úsporu času při ožívování systému, jelikož odpadlo složité programování v jazycích PLC.

Požadované úspory 30% elektrické energie bylo dosaženo s rezervou dokonce i pro rekonstruované rozvaděče, bez výměny světelné soustavy.

Ze zkušeností posbíraných na této realizaci vznikl flexibilní koncept pro řízení výrobních hal „Lighting management“, který je schopen uřídit přes 600 DALI svítidel, 32 spínaných okruhů z celkem 64 ovladačů (drátových, bezdrátových, či přes Ethernet), včetně měření spotřeby. Systém je univerzálnější a pojme více typů výrobních a skladovacích hal.

Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] DALI standard, <http://www.dali-ag.org/discover-dali/dali-standard.html>
- [2] EnOcean standard, <https://www.enocean.com/en/>

Návrh vs. realizácia osvetľovacej sústavy vo vnútornom pracovnom prostredí

Roman, Dubnička, Mgr. - Lukáš, Lipnický, Ing.
STU, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky,
roman.dubnicka@stuba.sk

Abstrakt: Kvalitný svetelnotechnický návrh sa nezaobíde bez riadnej úvahy vstupných parametrov, ktoré vstupujú do svetelnotechnického výpočtu pri fáze prípravy realizačného projektu navrhovanej osvetľovacej sústavy. Tieto vstupné parametre je nutné uvažovať tak, aby zodpovedali čo najviac realite ako je napr. odrazivosť povrchov, priestupnosť osvetľovacích otvorov a pod. To však v reálnom prostredí nie je jednoduché. Tento článok sa zaoberá porovnaním reálnej navrhutej osvetľovacej sústavy so svetelnotechnickým návrhom osvetľovacej sústavy s ohľadom na vstupné parametre, ktoré boli uvažované pri návrhu.

1 Úvod

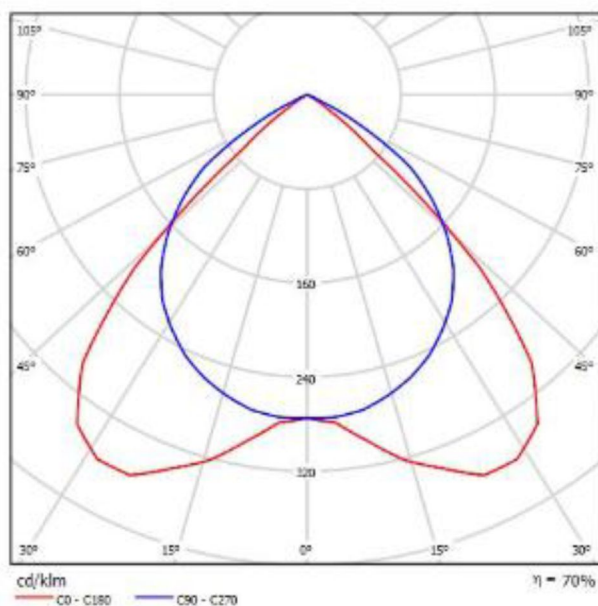
Jeden z dôležitých vstupných parametrov, na ktorý sa projektant pri návrhu musí spoľahnúť je fotometrický výmenný súbor, do ktorého sa zadávajú namerané údaje svietidiel (svetelných zdrojov). Tieto výmenné fotometrické súbory obsahujú informácie o fotometrických parametroch svietidla, ktoré musia obsahovať základné informácie a to svetelný tok svietidla ako aj jeho distribúcia do priestoru, ktorú reprezentujú priestorové charakteristiky vyžarovania svietidla vyjadrené krivkou svietivosti svietidla ako aj v neposlednom rade je nutné uvažovať spektrálne zloženie vyžarovaného svetla svietidlom. Vlastnosti svietidiel ovplyvňujú výsledný návrh a následnú realizáciu interiérových osvetľovacích sústav. Spomínané informácie sa následne používajú vo svetelnotechnickom výpočte ako vstupné parametre pri návrhu novej osvetľovacej sústavy. V praxi sa však často stáva, že reálne fotometrické parametre zmerané pri verifikácií vypočítaných fotometrických parametrov praktickým meraním nie vždy celkom korešpondujú so svetelnotechnickým návrhom. Cieľom porovnania bolo poukázať ako sa môžu líšiť hodnoty parametrov osvetľovacej sústavy navrhnuté výpočtovým programom pri úvahe vstupných parametrov a zároveň vplyv použitia výmenných fotometrických súborov reálne zmeraných svietidiel vo svetelnotechnickom laboratóriu s ohľadom na pozíciu svietidiel pri realizácii osvetľovacej sústavy. Navyše bol porovnaný návrh za použitia výmenných fotometrických súborov bežne dostupných poskytovaných výrobcami svietidiel a výmennými fotometrickými súbormi, ktoré boli namerané vo svetelnotechnickom laboratóriu.

2 Experiment

Uvažovaný priestor, pre ktorý sa porovnanie svetelnotechnického návrhu vo výpočtovom programe a realizácie osvetľovacej sústavy vykonalo bola kancelária v administratívnej budove s osvetľovacími otvormi. Parametre osvetľovacej sústavy, ktoré boli predmetom porovnania uvažovaná bola celková intenzita osvetlenia a rovnomernosť osvetlenia uvažovaného priestoru.

2.1 Svietidlá

V rámci tejto práce boli reálne zmerané všetky krivky svietivosti svietidiel vo svetelnotechnickom laboratóriu za pomoci goniofotometra, ktoré boli neskôr použité pri realizácii osvetľovacej sústavy uvažovaného priestoru. Do priestoru boli inštalovaných svietidlá do podhľadu s vysoko leštenou dvojitou parabolickou mriežkou s rozmermi (60 x 60) cm bežne dostupných od viacerých výrobcov svietidiel. Vo svietidlách boli inštalované lineárne žiarivky lineárne žiarivky 4xT5 14W s náhradnou teplotou chromatickosti 4000 K a indexom farebného podania Ra 80. Krivka svietivosti použitých svietidiel je znázornená na obrázku Obr.1.



Obr.1 Krivka svietivosti použitých svietidiel

Svetelné zdroje v každom svietidle boli zahorené v súlade s normou STN EN 13032-1. Svietidlá po zmeraní boli označené číslami, kvôli identifikácii pozície každého svietidla osvetľovacej sústavy spolu s označením C-rovín na každom svietidle.

2.2 Svetelnotechnický návrh

Následne s týmito svietidlami bola navrhnutá osvetľovacia sústava uvažovaného kancelárskeho priestoru, kde pozícia každého svietidla bola do návrhu zakomponovaná s ohľadom na vykonané merania kriviek svietivosti vo laboratóriu. Pri inštalácii svietidiel bola pozícia ako aj orientácia C-rovín každého svietidla uvažovaná v súlade so svetelnotechnickým návrhom. Vizualizácia kancelárskeho priestoru je znázornená na obrázku Obr.2.



Obr.2 3D vizualizácia navrhovanej osvetľovacej sústavy kancelárskeho priestoru

Pri svetelnotechnickom výpočte boli zadefinované všetky typy povrchov ako aj osvetľovacie otvory v súlade s ich rozmiestnením v priestore. Pre každý povrch resp. osvetľovací otvor bola zadefinovaná odrazivosť resp. priestupnosť reálne zmeraných počas merania pred realizáciou osvetľovacej sústavy pri uvážení nasledovných vzťahov pre odrazivosť a priestupnosť materiálov

$$\rho = \frac{L_v \cdot \pi}{E_v} \quad \text{a} \quad \tau = \frac{L_{\text{okno}}}{L_0} \quad (1)$$

kde

L_v je jas vychádzajúci z plochy meraného materiálu v cd.m^{-2} ;

E_v je intenzita osvetlenia na plochu meraného materiálu v lx;

L_0 je jas meranej plochy bez okna v cd.m^{-2} ;

L_{okno} je jas meranej plochy s oknom cd.m^{-2} ;

Do namodelovanej miestnosti boli vložené ako vstupné fotometrické dáta výmenné fotometrické súbory svietidiel zmeranými na základe meraní vykonaných vo svetelnotechnickom laboratóriu a navyše pre porovnanie aj výmenné fotometrické súbory, ktoré sú bežne dostupné každému používateľovi poskytnutých od výrobcov svietidiel.

2.3 Meranie osvetľovacej sústavy po realizácii

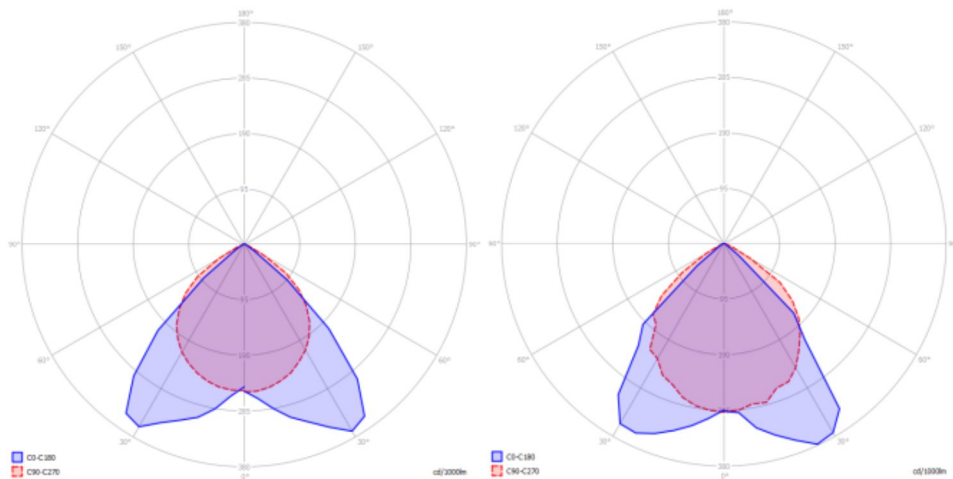
Meranie fotometrických parametrov, ktoré boli predmetom porovnania boli realizované v miestnosti ešte pred zariadením priestoru nábytkom. Na začiatku merania bola navrhnutá a vyznačená v miestnosti meracia sieť meracích bodov v súlade s normou STN EN 12464-1, ktorá korešpondovala s výpočtovou sieťou použitou pri návrhu osvetľovacej sústavy. Taktiež boli zakreslená priestorová dispozícia celého priestoru a zmerané boli všetky rozmery v miestnosti, rozmery okien, rozmery dverí, rozstup svietidiel od stien ako aj rozstup medzi jednotlivými svietidlami, rozmery nosných stĺpov od stien a od okien. Následne bola zmeraná celková intenzita osvetlenia v miestnosti určená ako aritmetický priemer zo všetkých hodnôt osvetleností v jednotlivých meracích bodov a takisto z merania bola určená rovnomernosť podľa vzťahov

$$\bar{E}_m = \frac{\sum_i E_i}{n} \cdot MF \quad \text{a} \quad r = \frac{E_{\min}}{\bar{E}_m} \quad (2)$$

Výška porovnávacej roviny bola stanovená vo výške 85 centimetrov nad podlahou za použitia statívu a luxmetra PRC Krochmann Radiolux 111 s triedou presnosti L podľa dokumentu CIE 69:1987. Odrazivosti každého typu materiálu a priestupnosť osvetľovacích otvorov v priestore boli zmerané pomocou jasomeru Minolta LS 100 a luxmetra za použitia vzťahov (1).

3 Výsledky

Na obrázku Obr.3 je možno vidieť reálne namerané krivky svietivosti vytypovaných svietidiel vo svetelnotechnickom laboratóriu svetelnotechnických veličín FEI STU za pomoci goniofometra pri uvážení všetkých korekcií.



Obr.3 Krivky svietivosti namerané vo svetelnotechnickom laboratóriu

V tabuľke Tab.1 sú uvedené výsledky meraní jednotlivých svietidiel vykonaných v laboratóriu, kde svetelný tok bol vypočítaný z nameranej krivky svietivosti a navyše jeho hodnota bola validovaná meraním svetelného toku vybraných svietidiel v guľovom fotometrickom integrátore. V treťom stĺpci tabuľky sú uvedené účinnosti jednotlivých svietidiel zmeraných vo fotometrickom integrátore.

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

Číslo svietidla	Svetelný tok (lm)	LOR (%)
1	3246	68
2	3288	69
3	3206	67
4	3345	70
5	3073	64
6	3168	66
7	3311	69
8	3288	69
9	3345	70

Tab.1 Výsledky merania jednotlivých svietidiel v laboratóriu

V tabuľke Tab.2 sú uvedené vypočítané intenzity osvetlenia v navrhnutej výpočtovej sieti s použitím laboratórnych výmenných fotometrických súborov spolu s vyznačením maximálnej hodnoty (červeným) a minimálnej hodnoty (zeleným) intenzity osvetlenia. Obdobne v tabuľke Tab.3 sú uvedené výsledky vypočítaných hodnôt osvetleností za použitia výmenných fotometrických súborov výrobcu svietidla a v tabuľke Tab.4 sú uvedené namerané hodnoty intenzity osvetlenia po realizácii osvetľovacej sústavy v miestnosti.

782	984	1063	1012	1046	1038	849	707
784	1002	1091	1050	1080	1061	858	722
805	1030	1119	1068	1110	1092	888	753
803	1037	1128	1072	1115	1101	898	769
828	1049	1138	1079	1123	1106	898	761
822	1036	1130	1065	1114	1106	905	748
825	1027	1111	1052	1100	1097	911	752
805	1010	1095	1040	1085	1084	913	747
771	973	1050	1003	1037	1039	885	735
744	943	1012	968	998	1005	868	723

Tab.2 Vypočítané hodnoty intenzity osvetlenia priestoru (výmenné súbory laboratória)

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

816	892	954	969	970	933	883	783
895	989	1060	1079	1083	1035	965	852
974	1081	1161	1170	1177	1133	1048	910
971	1071	1150	1164	1168	1121	1042	907
952	1040	1113	1123	1126	1081	999	866
949	1033	1113	1126	1130	1081	999	850
997	1070	1151	1164	1170	1119	1033	883
878	966	1036	1051	1052	1009	931	814
785	868	933	945	946	913	855	759

Tab.3 Vypočítané hodnoty intenzity osvetlenia priestoru (výmenné súbory výrobcu)

638	661	651	663	660	676	669	640
743	759	744	761	762	750	734	703
862	895	909	911	904	882	853	809
945	1011	1040	1055	1055	1040	1005	945
1002	1061	1085	1097	1099	1073	1039	969
937	999	1024	1052	1061	1061	1055	1014
979	1039	1065	1089	1098	1096	1085	1047
981	1045	1076	1095	1102	1097	1080	1036
885	933	965	982	980	968	963	926
729	773	822	843	840	807	796	774

Tab.4 Namerané hodnoty intenzity osvetlenia po realizácii osvetľovacej sústavy

V tabuľke Tab.5 je vidieť porovnanie medzi vypočítanými hodnotami a nameranými hodnotami, kde sú uvedené priemerná hodnota osvetlenosti E_{av} , minimálna hodnota osvetlenosti E_{min} , maximálna hodnota osvetlenosti E_{max} a rovnomernosť osvetlenosti r .

	\bar{E}_{av} (lx)	E_{min} (lx)	E_{max} (lx)	r
Návrh Idt laboratórium	965	707	1138	0,73
Návrh Idt výrobcu svietidla	1004	759	1177	0,76
Meranie	925	638	1102	0,69

Tab.5 Výsledky porovnania návrhu a meranie

4 Závěr

Z výsledkov porovnania z tabuľky Tab.5 možno vidieť, že najvyššiu priemernú, minimálnu, maximálnu hodnotu a rovnomernosť osvetlenosti dosahujú vypočítané hodnoty pri návrhu použitím výmenných fotometrických súborov od výrobcu svietidla. Potom nižšie hodnoty sú pri vypočítaných hodnotách návrhu s laboratórnymi výmennými fotometrickými súbormi. Pri porovnaní týchto hodnôt, nemožno povedať o významnom rozdiely s ohľadom na neistotu merania fotometrických parametrov svietidiel vykonaných vo svetelnotechnickom laboratóriu. Rozšírená neistota merania uvažovaná pre meranie svetelného toku bola stanovená na 9 % ako aj meranie svietivosti v jednom smere pri meraní kriviek svietivosti bola ocenená rozšírenou neistotou merania 8,7 % pri uvážení normálneho rozdelenia a intervalu pokrytia približne 95%. Čo však je nutné si všimnúť je variabilita svetelných tokov jednotlivých svietidiel vyplývajúcich z merania v laboratóriu. Rozdiely vo vypočítaných hodnotách rovnomernosti osvetlenia taktiež nemožno považovať za významné s ohľadom na rozšírenú neistotu merania rovnomernosti v praxi, ktorá sa pohybuje približne okolo hodnoty 0,04. Menšie rozdiely v hodnotách vypočítaných rovnomerností možno prisúdiť rozdielnosť priestorových charakteristík charakterizovaných krivkami svietivosti vyžarovania jednotlivých svietidiel voči jednotnej krivke svietivosti uvažovanej pri návrhu s výmenným fotometrickom súbore poskytnutého výrobcem svietidla. Rozdiel medzi nameranými hodnotami a vypočítanými hodnotami svetelnotechnických návrhov nepresahuje mieru pokrytia stanovenú rozšírenou neistotou merania intenzity osvetlenia, ktorá bola stanovená na 8,6 % za predpokladu zákona šírenia neistôt v kombinácii s nameranými hodnotami fotometrických parametrov za použitia uvedeného prístrojového vybavenia. Príčina rozdielu medzi nameranými hodnotami a vypočítanými môže navyše byť dôsledkom chybou spôsobenou výpočtovým algoritmom použitého programu. Z výsledkov práce vyplýva, že dobrý odhad vstupných parametrov je nutné zväžiť už pri návrhu tak, aby bola dosiahnutá dobrá zhoda medzi návrhom a reálnym stavom po realizácii osvetľovacej sústavy.

5 PodĎakovanie

**This publication is the result of the project implementation:
Research centre of light and lighting technology, ITMS 26220220150,
supported by the Research & Development Operational Programme funded by ERDF.**



Operačný program
VÝSKUM a VÝVOJ



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ



Európska únia
Európsky fond regionálneho rozvoja

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/
Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Literatura a odkazy

- [1] CIE 1996. CIE 121:1996. The Photometry and Goniophotometry of Luminaires. Vienna: CIE
- [2] CEN 2012, EN 12464-1. Lighting of workplaces Part 1: Indoor workplaces. Brussels: CEN TC 169 Light and Lighting

Odhad neistoty merania pri praktických meraniach umelého osvetlenia v praxi

Roman, Dubnička, Mgr. - Lukáš, Lipnický, Ing.
STU, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky,
roman.dubnicka@stuba.sk

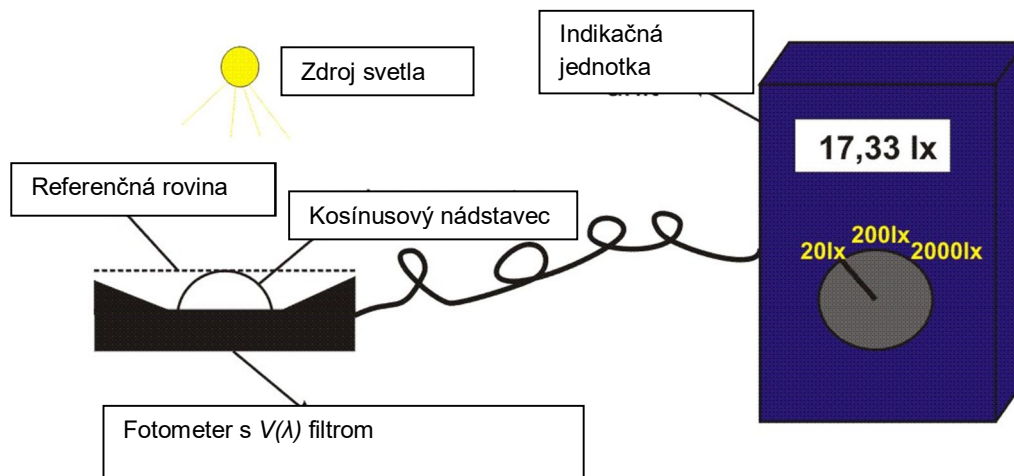
Abstrakt: Meranie osvetlenia v praxi je dôležitou súčasťou verifikácie navrhovaného stavu svetelnotechnickým projektom po realizácii osvetľovacej sústavy. Na území Slovenskej republiky je meranie fotometrických parametrov osvetľovacej sústavy nutné zmerať pre kolaudačné účely nových ako aj rekonštruovaných priestorov, ktoré musia spĺňať zákonné požiadavky dané vyhláškou ministerstva zdravotníctva v rámci verejného zdravia. Najčastejšie sú merania udržiavanej intenzity osvetlenia ako aj jasových pomerov. Tieto merania je možné vykonávať rôznymi prístrojmi ako aj rôznymi spôsobmi a do týchto meraní je vnášaná aj nepresnosť kvantifikovaná neistotou merania. Tento článok sa zaoberá zásadami, ktoré by mali byť použité pri odhade neistoty merania v praxi umelého osvetlenia so zameraním na meranie intenzity osvetlenia osvetľovacích sústav za pomoci luxmetrov v pracovnom prostredí podľa STN EN 12464-1 ako aj náčrt možnosti ako by mal byť tento parameter uvažovaný pri vyhodnotení meraní.

1 Úvod

Pri každom meraní je nutné vyjadriť parameter na základe ktorého možno kvantifikovať s akou presnosťou bolo meranie vykonané a taktiež aby výsledky merania bolo možné porovnať keď merania boli vykonané dvoma rôznymi osobami alebo laboratóriami. Momentálne je vo svetových kruhoch odbornej verejnosti v oblasti merania často diskutovaná téma ohľadne vyjadrenia neistoty merania v reálnom prostredí či vyjadrovať alebo nevyjadrovať tento parameter pri praktických meraniach v teréne. Častokrát sa naráža na problém zjednotenia prístupu odhadu neistoty merania v dôsledku rôznorodosti vstupných parametrov akými sú napr. meracia sieť, teplota prostredia a pod., ktoré do merania vstupujú na rozdiel od prípadu merania v dobre zadefinovaných laboratórnych podmienkach.

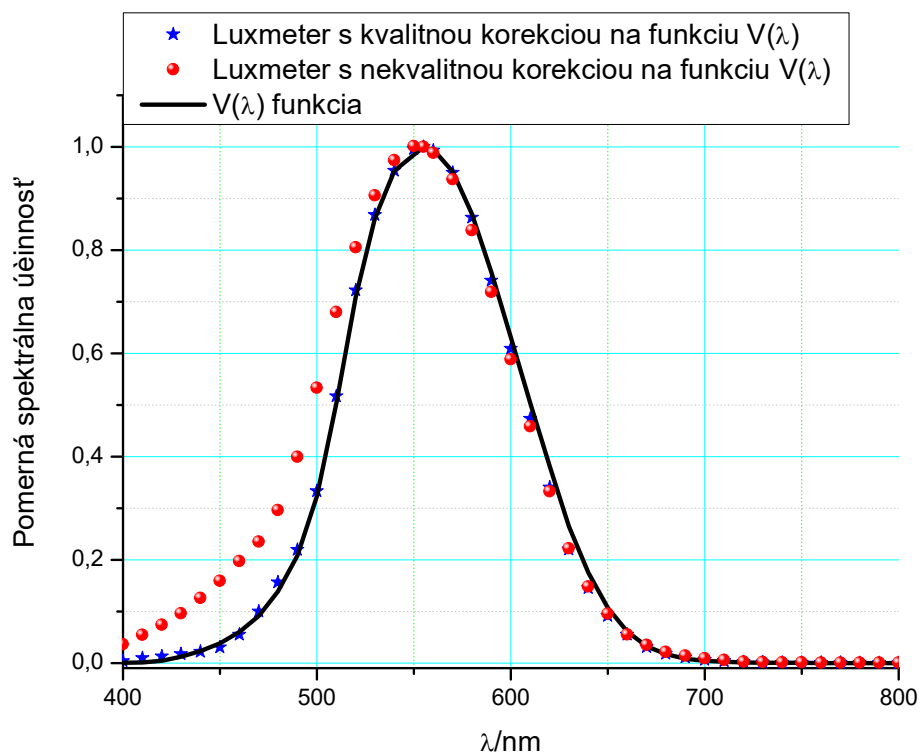
2 Luxmetre

Sú to meracie prístroje (meradlá) fotometrickej veličiny intenzita osvetlenia (osvetlenosť) definovanej v predchádzajúcej časti. Radiometre, ktorých relatívna spektrálna citlivosť je blízka k CIE funkciám fotopického alebo skotopického pozorovateľa s indikačnou jednotkou a nádstavcom pre daný typ osvetlenosti ktorý chceme merať (kosínusovým) nazývame luxmetre. Najčastejšie sa u nás používajú luxmetre pre meranie horizontálnej osvetlenosti. Tieto zariadenia sú v drvivej väčšine integračné meracie prístroje, citlivosť detektora na CIE funkcie sú zabezpečené optickými filtrami a kosínusovým nádstavcom pre korigovanie svetla dopadajúceho z iného ako kolmého smeru. Pri týchto prístrojoch treba venovať pozornosť najmä prispôbeniu detektora k citlivosti fotopického alebo skotopického pozorovateľa, ktorá by mala byť čo najtesnejšia s hodnotami CIE, pretože v dnešnej dobe existuje nespočetné množstvo svetelných zdrojov ako výbojky, LEDky a iné, ktoré majú rozličné spektrálne vyžarovanie.



Obr.1 Luxmeter pre meranie horizontálnej osvetlenosti

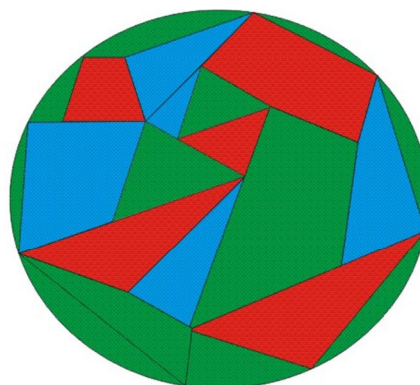
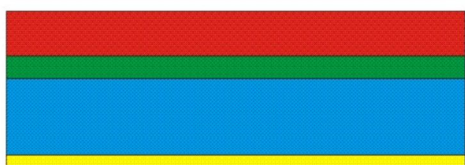
Čím nepresnejšie je prispôsobenie tohto filtra tým sa väčšej chyby pri meraní užívateľ dopúšťa. Porovnanie takejto citlivosti možno vidieť na obrázku Obr.2.



Obr.2 Porovnanie prispôsobenia luxmetrov rôznej kvality používaných pri meraní

Špeciálne $V(\lambda)$ filtre možno rozdeliť na dve skupiny. Prvý typ je označovaný ako sendvičový typ, pretože filtre s rôznou spektrálnou priepustnosťou sú poukladané na sebe čím sa dosahuje priblíženie priebehu spektrálnej priepustnosti tohto filtra s priebehom $V(\lambda)$ funkcie. Ďalším typom $V(\lambda)$ filtrom využívaným pri korigovaní fotoelektrických snímačov je tzv. mozaikový typ filtra, kde parciálne (čiatočné filtre s maticou RGB – červená) so spektrálnymi priepustnosťami a s rôznymi hrúbkami sú usporiadané v rovine do najvhodnejšej kombinácie tak, aby sa dosiahla čo najväčšia zhoda jeho spektrálnej priepustnosti s ideálnym priebehom funkcie $V(\lambda)$. Ak ide o porovnanie týchto typov korekčných filtrov, väčšia presnosť dosahujú luxmetre s mozaikovým filtrom, ktoré sú aj cenovo drahšie.

Sendvičový $V(\lambda)$ filter



Mozaikový $V(\lambda)$ filter

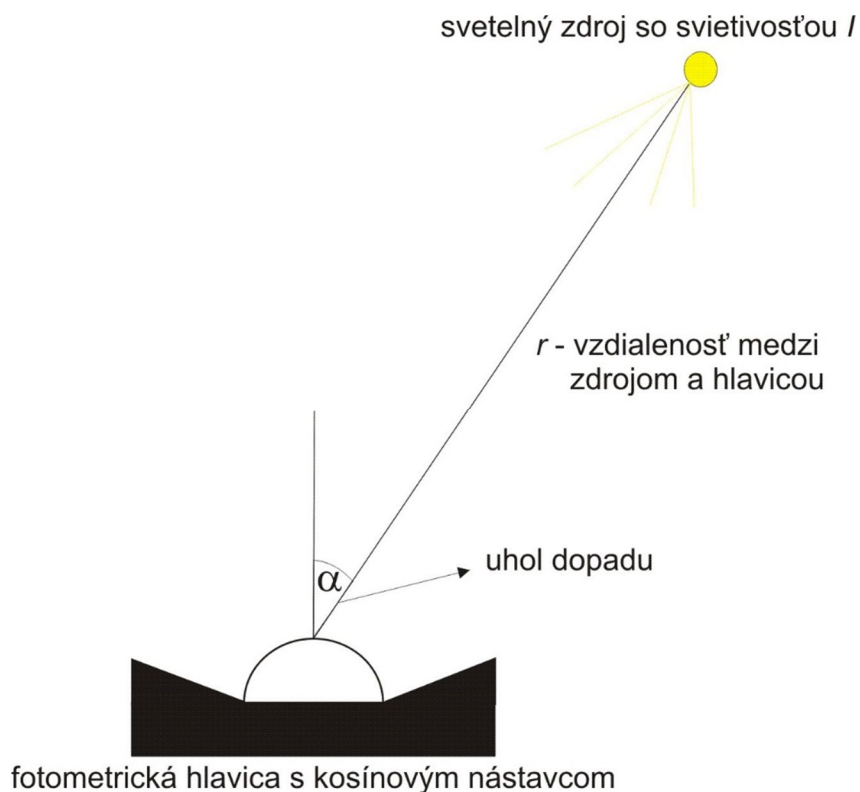
Obr.3 Náčrt sendvičového a mozaikového typu $V(\lambda)$ filtrov

Výstupom z fotoelektrického snímača je pri bežnom zapojení hradlovej fotónky alebo fotodiódy fotoelektrický prúd (ďalej „fotoprúd“). Táto závislosť je pri bežnom zapojení nelineárna. Lineárnosť od vstupnej veličiny, ktorú predstavuje svetelný tok, je vo veľkej miere závislá od elektrického odporu vonkajšieho elektrického obvodu. Čím väčší je odpor tým nelineárnejšia je závislosť výstupného fotoprúdu snímača v závislosti od vstupného svetelného toku.

Pri meraní rovinatej osvetlenosti je potrebné venovať pozornosť kosínovému nástavcu luxmetra, ktorý je súčasťou fotometrickej hlavice a koriguje osvetlenie svetla dopadajúceho pod uhlom α . Pri šikmom dopade svetla pri konštantnej svietivosti zdroja a pri rovnakej vzdialenosti zdroja od miesta merania je osvetlenie úmerné kosínusu uhla dopadu od normály plochy fotoelektrického snímača podľa vzťahu

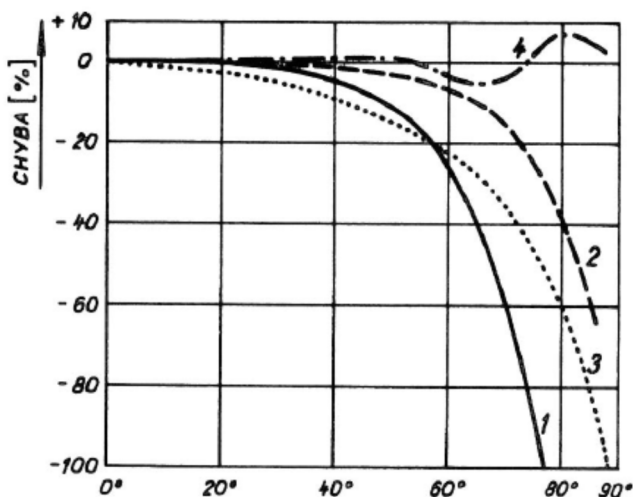
$$E_{\alpha} = \frac{I}{r^2} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

ako je to znázornené na obrázku Obr.4.



Obr.4 Dopadu svetla pod uhlom α na fotometrickú hlavicu luxmetra

U obvyklých fotoelektrických snímačov boli totiž zistené odchýlky od tohoto zákona zvlášť pri uhloch dopadu väčších než 30° čo znázorňuje obrázok Obr.5.

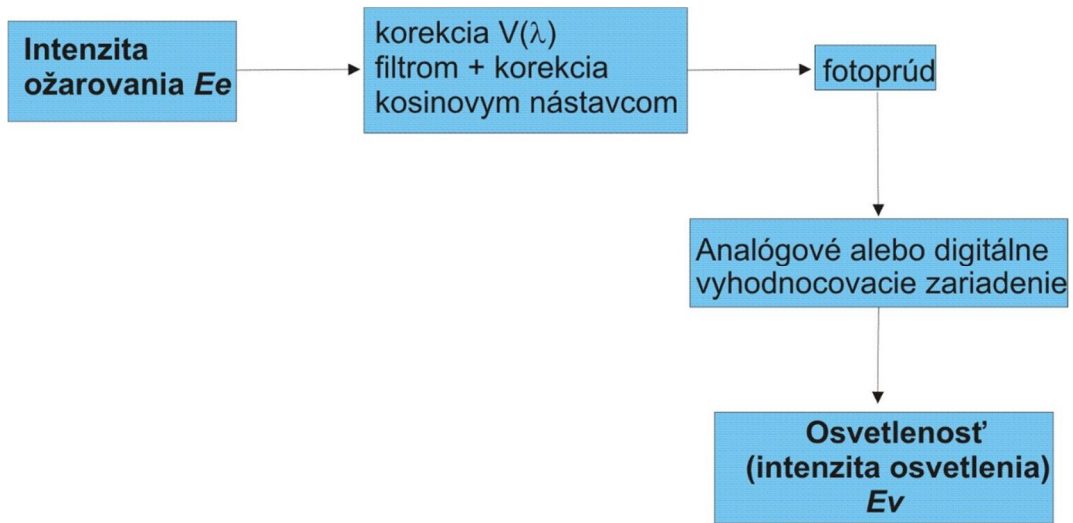


Obr.5 Závislosť smerovej chyby od uhla dopadu svetla

Chyba je spôsobená čiastočným zrkadlovým odrazom, zníženou priepustnosťou hornej vrstvy, polarizáciou a clonením okraja snímača obrubou. Smerová (uhlová) chyba sa odstraňuje tzv. kosinusovým nástavcom s rôznym prevedením.

Výstupný signál luxmetrov sa následne spracováva vo vyhodnocovacom analógovom alebo digitálnom zariadení, ktorý sa taktiež nemalou mierou môže podieľať na chybe merania

osvetlenosti dokonca aj u kvalitných luxmetrov. Princíp merania sa dá znázorniť nasledujúcou jednoduchou schémou znázornenou na obrázku Obr.6.



Obr.6 Názorná schéma princípu merania luxmetra

3 Neistoty a chyby pri meraní osvetlenia

Skutočné podmienky pri meraní akejkoľvek veličiny vo všeobecnosti sa vždy viacej alebo menej líšia od podmienok ideálnych. Z toho dôvodu je každé meranie zaťažené chybami.

Chybu merania označenú ako ε môžeme definovať ako rozdiel hodnoty zmeranej x a jej skutočnej hodnoty x_0

$$\varepsilon = x - x_0 \quad (2)$$

Takúto chybu nazývame absolútnu alebo skutočnú chybu. Podiel absolútnej chyby a skutočnej hodnoty meranej veličiny nazývame ako chyba relatívna, ktorú vyjadrujeme často v percentách. Chyby pri meraniach sú vyvolané rôznymi príčinami. Preto základné chyby, ktoré vznikajú pri meraniach delíme na

- **systematické chyby**
- **náhodné chyby**

3.1 Chyby systematické

Systematické chyby sú chyby, ktoré pri meraní tej istej veličiny za podmienok opakovateľnosti stále. Do tejto kategórie chyby sa zahŕňa chyba meradla, chyba metódy, chyby rôznych údajov použitých pri meraní a chyby osobné. Z nameraného výsledku je možné tieto chyby vhodnými korekciami odstrániť. Hodnota týchto korekcií môže byť kladná alebo záporná.

Chyba meradla – je chyba spôsobená jeho nedokonalosťou. **Základnú chybu** nazývame systematickú chybu spôsobenú meradlom pri meraní za stanovených podmienok. **Vedľajšia chyba** je spôsobená odchýlkou ovplyvňujúcich veličín od predpísaných hodnôt. Chyby meradla možno vylúčiť jeho pravidelným kalibrovaním alebo overovaním.

Chyby metódy – je spôsobená predovšetkým nepresnosťou pri aplikáciách niektorej metódy alebo nedokonalosti metódy samotnej

Chyba osobná – je spôsobená vplyvmi ľudského činiteľa (operátora). Chyba odčítania na analógovej stupnici meradla a pod. Túto chybu možno odstrániť napr. špeciálnym školením alebo automatizáciou niektorých úkonov pri meraní.

3.2 Chyby náhodné

Náhodné chyby – sú pri meraniach spôsobené rôznymi vplyvmi náhodného charakteru (teplota, tlak, nestálosť svetelných zdrojov a pod.) Takýto typ chýb nemožno korigovať, ale na ich spracovanie je nutné použiť metódy matematickej štatistiky na zpracovaní radu opakovaných meraní.

Výsledkom merania – nejakej veličiny (napr. osvetlenosti) rozumieme zpravidla číselnú hodnotu ku ktorej pripájame neistotu merania a meráciu jednotku. Opakovaným meraním zisťujeme **rozptyl** jednotlivých údajov merania a tak možno získať názor na hodnovernosť výsledku. Pri meraní akejkoľvek veličiny si treba uvedomiť, že jeho výsledkom nemôže byť pre existenciu chýb jej pravá (skutočná) hodnota, ale len **najpravdepodobnejšia hodnota**, ktorú berieme najčastejšie ako **aritmetický priemer** vypočítaný z N meraní. Pretože pravú (skutočnú) hodnotu nepoznáme a ani poznať nemôžeme, zavádza sa pojem pri zpracovaní merania namiesto chýb pojem **odchýlka** s označením Δ od najpravdepodobnejšej hodnoty výsledku (aritmetický priemer, pri nesúmernosti sa môže uvažovať aj o mediáne alebo moduse).

Aritmetický priemer – z N opakovaných meraní (tej istej veličiny) s hodnotami $x_1, x_2 \dots x_N$ vypočítame podľa vzťahu

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} \quad (3)$$

Obecné vlastnosti náhodných chýb možno vyjadriť dvoma zákonmi štatistického charakteru:

- malé chyby sú početnejšie ako chyby veľké
- počet kladných chýb je rovnaký ako počet chýb záporných (predpoklad rovnomernosti rozloženia chýb)

3.3 Neistoty pri meraniach osvetlenia

Pri rozbere neistôt meraniach osvetlenia je treba zohľadniť jednotlivé príspevky neistôt vyplývajúcich z týchto možných zdrojov odchýlok :

- I. Neistota kalibrácie prístroja (uvádzané v certifikáte o kalibračnom alebo certifikáte o overení)

- II. Neistoty vyplývajúce z možných odchýlok meradiel, zvlášť vplyvom chyby spektrálnej, smerovej, linearity, displeja (alebo indikačného zariadenia), únavy fotometrického snímača, teploty, modulácie svetla, citlivosti na UV a IR žiarenie
- III. Neistoty vyplývajúce z chýb metódy (postupu) merania, najmä vplyvom chyby plošného a výškového umiestnenia fotometrickej hlavice luxmetra, časového súbehu odčítania meraných hodnôt osvetlenosti, nestability napájacieho napätia osvetľovacej sústavy, počet a umiestnenie meracích bodov
- IV. Neistoty vyplývajúce z postupu vyhodnocovania, najmä vplyvom chyby zaokrúhľovania, korekcie na kalibračnú krivku, korekcie na druh meraného svetelného zdroja.

Príspevky štandardnej neistoty vyplývajúce z jednotlivých možných zdrojov neistôt možno vyhodnocovať buď ako neistoty typu A s označením u_A alebo typu B s označením u_B .

Pokiaľ pre určitý zdroj neistoty má užívateľ luxmetra k dispozícii dostatočne veľký súbor (> 20) súbor dát získaných z opakovaných meraní vykonaných za rovnakých podmienok, možno tento príspevok neistoty vyhodnotiť ako neistotu typu A s označením u_A z rovnice pre smerodatnú odchýlku strednej hodnoty z daného súboru dát podľa vzťahu

$$u_A = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{1}{N \cdot (N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

kde

x_i – je nameraná hodnota

\bar{x} – stredná (najpravdepodobnejšia) hodnota z daného súboru

N – počet opakovaných meraní

V ostatných prípadoch sa príspevky neistoty jednotlivých chýb stanovujú ako štandardné neistoty typu B s označením u_B podľa vzťahu

$$u_B = \frac{z_{\max}}{\kappa} \quad (5)$$

kde

z_{\max} je predpokladaná maximálna odchýlka pre uvažovaný zdroj príspevku neistoty %

κ je bezrozmerný koeficient daný pravdepodobnosťou štatistického rozdelenia sledovaného príspevku danej chyby. Pre normálne Gaussovo štatistické rozdelenie chýb sa pre užší interval uvažuje $\kappa = 2$, pre rovnomerné rozdelenie $\kappa = \sqrt{3} = 1,73$

Výsledná kombinovaná neistota u sa zo všetkých zistených jednotlivých prídavkov neistôt určí podľa vzťahu

$$u = \sqrt{u_{A1} + u_{A2} + \dots + u_{B1} + u_{B2} + u_{B3}} \quad (6)$$

Aby sa zvýšila pravdepodobnosť, že sa správna hodnota zisťovanej veličiny vyskytuje vo vymedzenom intervale $< -u; +u >$ danom stanovenou neistotou na 95 %, štandardná neistota sa vynásobí príslušným koeficientom, čím sa stanoví **rozšírená neistota U** . Pre 95 % pravdepodobnosť, že nameraná veličina sa nachádza vo vymedzenom intervale sa štandardná neistota u vynásobí koeficientom 2 (za predpokladu normálneho rozdelenia)

$$U = 2 \cdot u \text{ (\%)} \quad (7)$$

Bližšie informácie o teórii neistôt sa môže čitateľ dozvedieť v literatúre BIPM (GUM, 1993) v znení neskorších korektúr.

4 Výsledky merania

Výsledky meraní fotometrických veličín by mali byť zrozumiteľne interpretované, aby podľa oblasti merania bolo kompetentným osobám jasné čo bolo merané, akou meracou metódou to bolo merané, podľa akého postupu sa postupovalo, v akých podmienkach, akým meracím prístrojom (prístrojmi) bolo meranie vykonané a kým bolo meranie vykonané. Toto by malo byť spracované do vhodnej formy protokolu, v ktorom sú podrobne popísané všetky okolnosti čo sa merania týkali. Výsledok merania tak ako je definovaný v metrologickom slovníku je výsledok merania s priradenou hodnotou (odhadu) neistoty s požadovaným intervalom pokrytia. To znamená, že výsledok a okolo definovaný interval pokrytia by mal obsahovať s 95 % pravdepodobnosťou konvenčne pravú hodnotu fotometrickej veličiny. Neistota merania sa na záver pri vyhodnotení a interpretácii výsledkov odčíta od nameraných hodnôt jednotlivých fotometrických parametrov, ktoré boli predmetom merania osvetlenia z dôvodu pokrytia najhoršieho prípadu, ktorý v reáli môže nastať pri konkrétnej inštalácii osvetlenia.

5 PodĎakovanie

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

Literatura a odkazy

- [1] Zákon vlády SR 142/2000 Z.z. o metrológii v znení neskorších predpisov
- [2] Príloha č. 57 k vyhláške ÚNMS SR 133/2001 Z.z. v znení neskorších predpisov
- [3] Grum F., Becherer R. J., "Optical radiation measurements vol.1.: Radiometry," Academic Press, 1979
- [4] STN 25 9510 Luxmetre, 2002
- [5] STN 01 0115:2001, „Terminológia v metrológii,“ SÚTN
- [6] OSA/AIP, Handbook of Applied Optics, Edited by Casimer DeCusatis, Chapter 1 (1997)

Príspevok k štandardizácii dennej osvetlenosti v školských budovách

Mária Ferenčíková a Stanislav Darula*

M & P creative studio s.r.o., Martin, Slovensko, mariaferencik@gmail.com, * Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava, Slovensko, usarsdar@savba.sk

Abstrakt: Denná osvetlenosť v interiéroch budov (vrátane školských budov) sa v súčasnosti navrhuje a posudzuje na jediný stav rovnomerne zamračenej oblohy CIE. V priebehu roka sa s rôznou frekvenciou vyskytujú oblačné a slnečné situácie, ktoré sa zatiaľ nezohľadňujú pri návrhu denného osvetlenia budov. V CEN TC 169 pracuje pracovná skupina WG11, ktorá má za úlohu vypracovať normu pre denné osvetlenie budov umiestnených v krajinách Európskej únie. Jedným z navrhovaných parametrov pre exaktné určenie svetelných exteriérových podmienok je medián exteriérovej difúznej osvetlenosti, ktorý sa dá získať zo satelitných alebo z pravidelných pozemných meraní. Príspevok poskytuje výsledky testovania nového klimatického kritéria pre budovy škôl a školských zariadení, ktorý bol štatisticky odvodený z jedinomínútových nameraných údajoch dennej osvetlenosti počas jednoročného obdobia. Spracovávané dáta boli snímané a zaznamenávané prístrojmi na CIE IDMP stanici umiestnenej na ÚSTARCH SAV v Bratislave.

Kľúčové slová: denná osvetlenosť, dostupnosť difúznej osvetlenosti, medián, školské budovy.

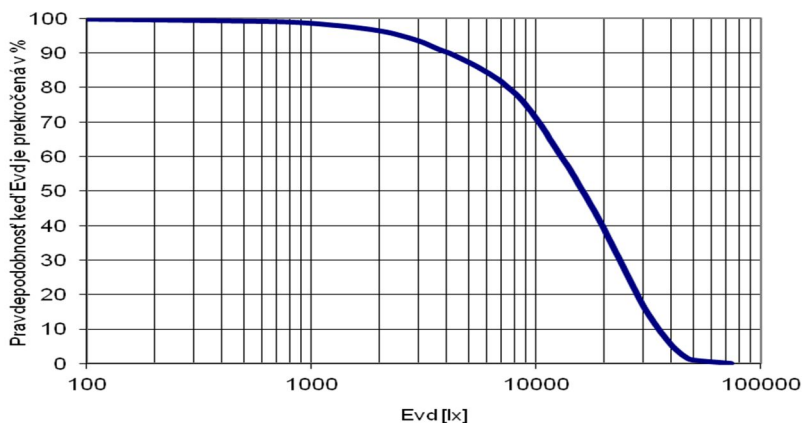
1 Úvod

V Slovenskej republike sa denné osvetlenie interiérov budov navrhuje a posudzuje podľa súboru technických noriem, ktoré sú zozáväznené právnymi predpismi (Vyhláškou č. 532/2002 Ministerstva životného prostredia SR a Vyhláškami č. 541/2007, 259/2008 a 206/2011 Ministerstva zdravotníctva SR a ďalšími). V zmysle týchto noriem a právnych predpisov sa úroveň denného osvetlenia vo vnútornom priestore budov zisťuje pomocou činiteľa dennej osvetlenosti D [%]. Pri jeho určovaní sa vychádza z modelu rovnomerne zamračenej oblohy s normovým rozložením jasů na oblohe v pomere 1:3 od horizontu k zenitu. Výskyt CIE rovnomerne zamračenej oblohy [1] na Slovensku nie je dominantný a je problematické na základe tohto modelu oblohy zodpovedne hodnotiť denné osvetlenie interiérov v priebehu celého roka, keďže sa nezohľadňujú iné situácie exteriérovej osvetlenosti. V zimných a jesenných mesiacoch počas zamračených dní, keď je nízka úroveň vonkajšej osvetlenosti, dochádza v interiéroch budov k nedostatku denného svetla a naopak počas jasných slnečných dní spôsobujú slnečné lúče oslnenie zraku vysokým jasom [2]. Docieliť dobrú zrkovú pohodu v interiéroch budov za veľmi rôznych podmienok exteriérovej osvetlenosti patrí k najzložitejším problémom pri návrhu osvetlenia. Spôsob hodnotenia denného svetla, ktorý je navrhovaný v európskej norme, bude vychádzať zo štatistických charakteristík popisujúcich klimatické podmienky lokality zohľadňujúcich čas pobytu/obsadenosti vnútorných priestorov budov.

2 Metóda

Metóda ako navrhnúť a posúdiť denné svetlo optimálnejšie, ako umožňuje súčasný spôsob odvíjajúci sa od CIE zamračenej oblohy podľa [1] je preskúmanie výskytu úrovni difúzných exteriérových osvetleností v priebehu celého roka (keďže interiéry sú osvetľované prevažne difúznym svetlom od oblohy) [2], a štatistické odvodenie nového klimatického parametra mediánu exteriérovej difúznej osvetlenosti $E_{v,d,med}$ a ďalších štatistických charakteristík – percentilov. Medián exteriérovej difúznej osvetlenosti $E_{v,d,med}$ je jedným z kľúčových parametrov pripravovanej novej európskej normy Denné osvetlenie budov [3].

Výskum úrovni difúzných exteriérových osvetleností na Slovensku nám umožňuje zriadenie meracej stanice CIE IDMP na streche ÚSTARCHE SAV v Bratislave. Na stanici sa od januára 1994 systematicky v jednominútových intervaloch snímajú a zaznamenávajú okamžité hodnoty horizontálnych osvetleností, ožiareností a zenitného jasu [2]. Pri spracovaní nameraných údajov exteriérovej difúznej horizontálnej osvetlenosti E_{vd} bol použitý softvér Microsoft Excel, ktorému predchádzali testy kontroly kvality nameraných údajov podľa CIE 108-1994 [4]. Okrem klimatických podmienok lokality návrh denného svetla determinuje aj dostupnosť denného osvetlenia v čase obsadenosti interiérov budov užívateľmi, keďže denné svetlo by malo byť využívané v takom čase, keď je najviac požadované. Rôzne kategórie budov majú odlišnú dennú a týždennú prevádzku (obsadenosť) a tiež celoročnú prevádzku, napr. nemocnice alebo hotely majú nepretržitú ročnú prevádzku, budovy škôl a školských zariadení sú využívané iba počas školského roka, teda maximálne 10 mesiacov. Normalizované prevádzkové časy pre osvetlenie podľa kategórií budov sú pre Slovenskú republiku uvedené v [5]. Štandardná denná prevádzka škôl a školských budov začína o 7:00 a končí o 14:30, prevádzkové dni sú pondelok až piatok.

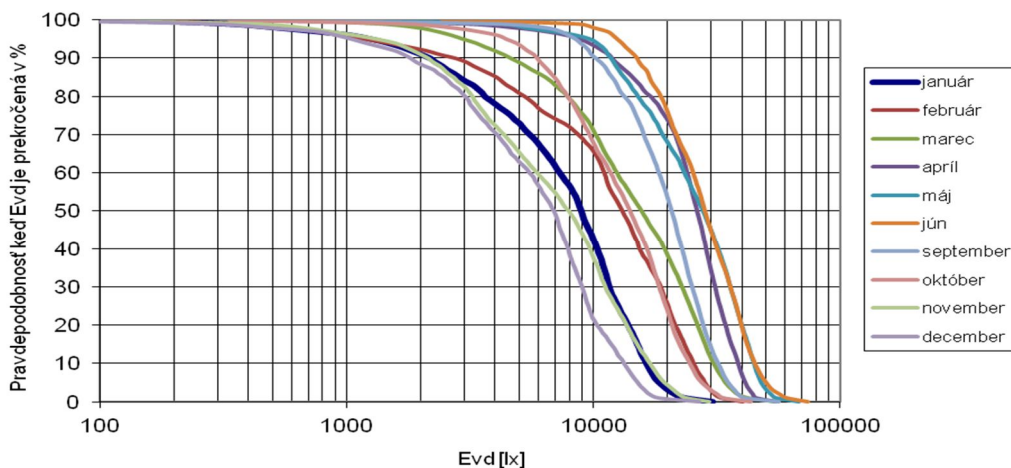


Obr.1 Pravdepodobnosť celoročných výskytov úrovni E_{vd} v roku 1994 v prevádzkovom čase škôl a školských zariadení

Vhodný spôsob ako vystihnúť nestacionárne podmienky svetelnej klímy je vymodelovaním charakteristických priebehov exteriérovej difúznej osvetlenosti E_{vd} na základe štatistického spracovania dlhodobých meraní a ich analýzy. Výsledkom parametrizácie nameraných hodnôt je grafické zobrazenie formou kumulatívnej krivky, ktorá udáva pravdepodobnosť výskytu exteriérovej difúznej osvetlenosti E_{vd} , keď je táto prekročená. Vymodelovaná krivka zároveň umožňuje odvodenie mediánu difúznej exteriérovej osvetlenosti $E_{v,d,med}$ a aj ďalších štatistických charakteristík – percentilov. Charakteristické priebehy exteriérovej difúznej osvetlenosti aj s odvođením mediánov a percentilov môžeme vymodelovať pre rôzne

skúmané časové úseky (deň, mesiac, rok, viacročné obdobie ...) a pre rôzne kategórie budov podľa ich účelového využitia v ich štandardných pracovných časoch.

Exaktné vymodelovanie charakteristického priebehu exteriérovej difúznej osvetlenosti pre kategóriu školských budov a školských zariadení zohľadnilo ich využitie len počas štandardných pracovných časoch v pracovných dňoch pondelok až piatok s vylúčením štátnych sviatkov, dní pracovného pokoja a prázdnin.



Obr.2 Pravdepodobnosť mesačných výskytov úrovni E_{vd} v roku 1994 v prevádzkovom čase škôl a školských zariadení

3 Výsledky

Na základe výskumu dostupnosti exteriérovej difúznej horizontálnej osvetlenosti E_{vd} počas šesťročného obdobia 1994 až 1999 sme zistili, že pre školské budovy výskyt úrovni exteriérových difúznych horizontálnych osvetlení E_{vd} z celého tohto obdobia najviac koreluje s celoročným výskytom úrovni exteriérových difúznych horizontálnych osvetlení E_{vd} v roku 1994. Na obrázku č. 1 je graficky znázornený vymodelovaný celoročný a na obrázku č. 2 mesačný výskyt úrovni exteriérových difúznych horizontálnych osvetlení E_{vd} v roku 1994 v tvare krivky, ktorá udáva pravdepodobnosť výskytu, pri ktorej je úroveň osvetlenosti prekročená.

Percentil	40%	$E_{v,d,med}$	60%	70%	80%	90%
Január	10390	8954	7324	5537	3639	2187
Február	15381	13128	11086	8714	5288	2777
Marec	19394	15671	12465	10199	7859	4644
Apríl	28707	26395	24085	21500	17141	11934
Máj	31981	27773	23337	19021	15135	11778
Jún	31574	28201	25312	21642	18708	15010
September	22851	20733	18410	15992	13359	10246
Október	16535	14125	11774	9672	7883	5937
November	9700	7987	5937	4357	3246	2155
December	7888	6906	5506	4070	3016	1819

■ Štatistické mesačné hodnoty mediánu difúznej exteriérovej osvetlenosti $E_{v,d,med}$ v luxoch podľa percentilov 40% až 90% v roku 1994 v štandardnom prevádzkovom čase škôl a školských zariadení

Posuny medzi farebnými krivkami na obr. č. 2 graficky dokumentujú vplyv výšky Slnka a oblačnosti v jednotlivých mesiacoch školskej prevádzky. Mesiace s najvyšším výskytom oblačnosti a s nízkou polohou Slnka znázorňujú krivky na spodnom okraji obrázku č. 1 (november, december, január a február) – pod zelenou čiarou (marec), školské mesiace s nižším výskytom oblačnosti a vyššou polohou Slnka (apríl, máj, jún a september) sú znázornené krivkami nad zelenou čiarou. V tabuľkách č. 1 a 2 sú uvedené výpočtom zistené hodnoty mediánu a vybraných percentilov difúznej exteriérovej osvetlenosti $E_{v,d}$ v skúmanom roku 1994 v štandardnom prevádzkovom čase pre budovy škôl a školských zariadení. Pri porovnávaní mesačných hodnôt mediánu difúznej exteriérovej osvetlenosti $E_{v,d,med}$ a percentilov 40% až 90% (v tab. č. 1) a rovnakých celoročných hodnôt (v tab. č. 2) zistíme, že hodnoty ročných štatistických parametrov sa najviac približujú hodnotám marcových štatistických parametrov a potom aj októbrovým hodnotám. Túto koreláciu graficky vidíme aj na obr. č. 2, kde sa krivky znázorňujúce mesiace marec a október čiastočne prelínajú a možno nájsť tiež výraznú podobnosť (zelenej) krivky znázorňujúcej výskyt marcových úrovní exteriérových difúzných horizontálnych osvetlení $E_{v,d}$ na obrázku č. 2 s tvarom modrej krivky na obrázku č. 1 vystihujúcej jednoročný výskyt úrovní $E_{v,d}$. Ďalej z tabuľky č. 2 vidieť, že napr. úroveň exteriérovej difúznej osvetlenosti viac ako cca 4000 lx možno očakávať s pravdepodobnosťou viac ako 90% prevádzkového času škôl, úroveň viac ako cca 7400 lx s pravdepodobnosťou viac ako 80%.

Percentil	40%	$E_{v,d,med}$	60%	70%	80%	90%
Rok 1994	19683	16088	12904	10253,6	7484	4070

■ Štatistické ročné hodnoty mediánu difúznej exteriérovej osvetlenosti $E_{v,d,med}$ a percentilov 40% až 90% za rok 1994 v štandardnom prevádzkovom čase škôl a školských zariadení

4 Záver

Výskumom výskytov úrovní difúznej exteriérovej osvetlenosti $E_{v,d}$ v roku 1994 sme získali prehľad o ich výskyte v normalizovanom prevádzkovom čase škôl a školských zariadení v sledovanom roku. Prezentovaná štúdia metodicky ukázala, že v štandardnom prevádzkovom čase škôl a školských budov (od 7:00 do 14:30) bude 50% výskyt úrovní $E_{v,d}$ vyšších ako 16088 lx (medián $E_{v,d,med}$ za ročné obdobie) a 50% úrovní $E_{v,d}$ bude nižších. Kľúčovým parametrom pripravovanej novej európskej normy Denné osvetlenie budov [3] je medián exteriérových difúzných horizontálnych osvetlení $E_{v,d,med}$, ktorý bol odvodený zo satelitných údajov nameraných počas celého dňa (od východu po západ slnka). V literatúre [6] sa hodnota mediánu difúznej exteriérovej osvetlenosti pre Slovenskú republiku (Bratislavu) uvádza medián $E_{v,d,med} = 16300$ lx, ale pre dennú dobu od východu po západ slnka. Pri zavedení mediánu difúznej exteriérovej osvetlenosti ako kritéria pri návrhu denného osvetlenia školských učebni možno očakávať, že polovicu roka budú vnútorné priestory učebni osvetľované úrovňami vyššími ako 16300 lx a druhú polovicu roka úrovňami nižšími ako je medián, čo znamená, že túto polovicu roka budú interiéry nevyhovujúco osvetľované denným svetlom a bude sa musieť používať združené alebo umelé osvetlenie. V súčasnosti sa pri určovaní úrovne denného osvetlenia vo vnútornom priestore budov vychádza z modelu rovnomerne zamračenej oblohy, ktorá prezentuje úroveň exteriérovej difúznej osvetlenosti v rozsahu $E_{v,d} = 5000 - 7000$ lx. Na túto úroveň sú navrhnuté aj rozmery okien v školských učebniach. V skutočnosti na Slovensku úroveň vonkajších osvetlení

prevyšujú predpokladanú minimálnu úroveň $E_{vd} = 5000$ lx z cca 80 - 90% prevádzkového času škôl. Aby sa denné svetlo v interiéroch mohlo využívať maximálnu dobu, štatistické parametre nám ukazujú, že je veľmi dôležité, aký percentil, ako kritérium, sa použije pri návrhu okien. Percentily nám hovoria o využiteľnosti osvetlenosti počas roka a určujú úroveň osvetlenosti, ktoré možno využívať v školských budovách bez použitia umelého osvetlenia. V prezentovanej štúdii sa zistilo, že ak by kritériom pre návrh školských učební bola hodnota úrovne 80. alebo 90. percentilu (tab. č. 2):

$$E_{vd}^{(80)} = 7484 \text{ lx,}$$

alebo

$$E_{vd}^{(90)} = 4070 \text{ lx,}$$

potom by bolo využitie denného svetla porovnateľné s dnešným stavom a s tendenciou navrhovania rovnakých rozmerov okien. Na základe výsledkov analýzy vymodelovaného charakteristického priebehu difúzných exteriérových osvetleností v štandardnom prevádzkovom čase škôl v roku 1994 sme zistili vhodnú štatistickú metódu z hľadiska efektívnej využiteľnosti denného osvetlenia v školách.

Pri novom spôsobe hodnotenia denného osvetlenia interiérov je potrebné mať na zreteli okrem energetického hľadiska denného osvetlenia aj iné aspekty denného osvetlenia, pre ktoré je nenahraditeľným hlavným zdrojom zdravého osvetlenia.

Literatúra a odkazy

- [1] CIE 016-1970: Daylight. Vienna: CIE Bureau.
- [2] Darula, S. Štatistické charakteristiky exteriérovej osvetlenosti v Bratislave podľa meraní počas rokov 1994 a 1995. Světelná technika, 1997, roč. 30, č. 3-4, s. 42-46.
- [3] prEN Daylight: 2015. Daylight of Buildings. CEN/TC 169/WG11 N 0117, draft 2015-07.
- [4] CIE 108-1994:2004: Guide to recommended practice of daylight measurement.
- [5] Vyhláška č. 364/2012 Z. z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, 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] Mardaljevic, J., Christoffersen, J., Raynham, P.: A proposal for a European standard for daylight in buildings. Proc. Int. Conf. Lux Europa 2013, Krakov, p. 237-250.

Architekturní osvětlení pylonu a táhel Hradní lávky v Ostravě

Petr Gavlovský, Ing., PTD Muchová, s.r.o., gavlovsky@ptdov.cz, www.ptdov.cz

1 Úvod

Hradní lávka, dříve nazývaná také lávka Unie, se nachází nad řekou Ostravicí u soutoku s řekou Lučinou v Ostravě. Samotná konstrukce byla původně navržena jako nosný most pro chemické potrubí v prostorách dolu Jan Šverma, kde nad řekou Odrou propojovala břehy mezi Hošťákovcemi a Mariánskými Horami. V roce 2003 byla konstrukce opravena a přesunuta na současné místo, kde od roku 2004 slouží jako lávka pro pěší mezi Slezskoostravským hradem a Výstavištěm Černá louka. Původní název „lávka Unie“ z roku 2004, vycházel ze spojitosti mezi Slezskou Ostravou a Moravskou Ostravou, avšak z důvodu matení návštěvníků, kteří si název spojovali s Evropskou unií, byla v roce 2007 Ostravskými výstavami přejmenována na Hradní lávku.

2 Návrh osvětlení

Na Obr.1 a 2 je zobrazena konstrukce lávky, která je opatřena veřejným osvětlením se zářivkovými svídkly Obr.3.



Obr.1 Hradní lávka – pohled směrem ke Slezskoostravskému hradu



Obr.2 Hradní lávka – pohled směrem k Černé louce

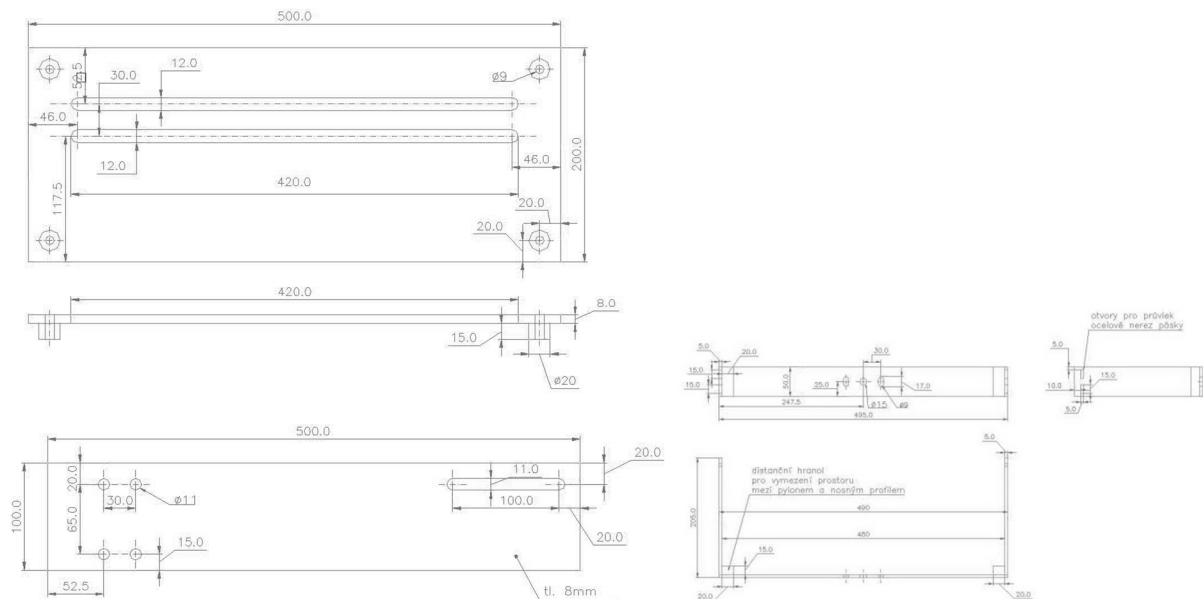


Obr.3 Hradní lávka za provozu veřejného osvětlení

Architekturní osvětlení bylo navrženo pro pohledy z Havlíčkova nábřeží a z Frýdecké ulice. Pro tento účel bylo vhodné provést osvětlení zbylé neosvětlené části konstrukce, a sice pylonu a táhel, které by vyzdvihlo celkový obrys lávky. Samotnému návrhu předcházela večerní zkouška osvětlení, kde se upřesňovalo umístění svítidel, jejich typ, množství a barva světla. Pro nejefektivnější osvětlení byla vybrána LED svítidla Contrast 2 LED M s neutrální

barvou světla (4000 K) pro táhla a studenou barvou světla (6000 K) pro pylony. Světelný tok svítidla je 2467 lm, příkon 46 W. Celkový instalovaný příkon svítidel činí 368 W. Svítidla jsou dále opatřena stínícími mřížkami pro minimalizaci možného oslnění chodců při přímém pohledu do svítidla.

Vzhledem k minimálnímu možnému zásahu do samotné konstrukce lávky a vrtání množství otvorů pro přichycení svítidel, bylo nutné navrhnout vhodné konzoly, které by umožňovaly při finálním směřování posun samotného svítidla a jeho aretaci v konečné poloze. Na Obr. 4 je zobrazena jedna z konzol sloužící tomuto účelu a konečné umístění na lávce na Obr. 5.



Obr.4 Návrh provedení nosných konzol

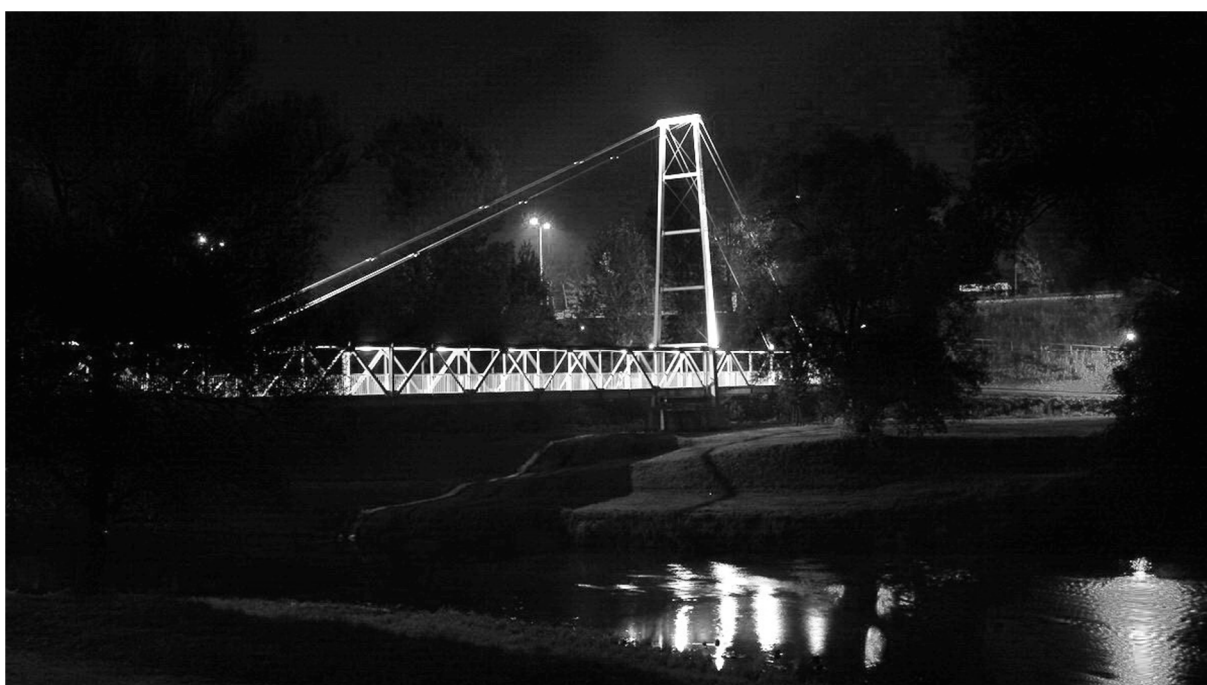


Obr.5 Finální upevnění svítidel

Celkový počet použitých svítidel Contrast 2 LED M je 8 ks a jsou napojeny svodovými kabely CYKY-J 3x1,5 mm² na hlavní rozvod provedený kabelem CYKY-J 5x1,5 mm², který je

přiveden do stávajícího rozváděče umístěném v betonovém nosníku lávky. V rozváděči jsou kromě potřebných jistících prvků osazeny i programovatelné spínací hodiny, které umožňují samostatný spínací režim ve vyhrazenou dobu, v souladu s Generelem veřejného osvětlení Statutárního města Ostravy.

Po montáži svítidel a jejich finálnímu nasměrování je výsledná podoba architekturního osvětlení Hradní lávky uvedena na obr. 6 a 7.



Obr.6 a 7 Architekturní osvětlení lávky

Osvětlení přechodů pro chodce v Ostravě

Radim Gřes, Ing., PTD Muchová, s.r.o., gres@ptdov.cz, www.ptdov.cz

Abstrakt: Cílem příspěvku je stručné seznámení posluchačů s koncepcí a metodikou osvětlování přechodů pro chodce v Ostravě a ukázka konkrétní realizace místního přisvětlení přechodů pro chodce na frekventované komunikaci.

1 Úvod

Pro vytvoření bezpečného dopravního prostředí bývá nutno realizovat mnoho opatření. Mezi ně patří např. systematické vyhledávání a odstraňování míst častých nehod a jinak dopravně nebezpečných míst, osvětlová činnost zaměřená na všechny účastníky dopravního provozu, tj. na řidiče i chodce, s apelem na bezpečnost dopravy a v neposlední řadě realizace dopravně inženýrských opatření pro zvýšení bezpečnosti dopravy.

Místní přisvětlení přechodů pro chodce je významnou částí dopravně inženýrských opatření pro zvýšení bezpečnosti chodců na přechodech v době snížené viditelnosti. Přisvětlení musí být provedeno tak, aby bylo dosaženo viditelnosti chodce na přechodu a v jeho blízkém okolí a zároveň aby nedošlo k nadměrnému oslnění řidičů.

Dobré viditelnosti chodců na přechodech v době snížené viditelnost ve večerních, nočních a časných ranních hodinách je možno dosáhnout jednak dobře navrženou celkovou osvětlovací soustavou s tzv. negativním kontrastem, jednak místním přisvětlením s tzv. pozitivním kontrastem při využití speciálních svítidel.

Zatřídění pozemních komunikací do tříd osvětlení a požadavky na osvětlení pro jednotlivé třídy osvětlení jsou řešeny v ČSN CEN/TR 13201-1 a ČSN EN 13201-2. Hlavní zásady osvětlování pozemních komunikací jsou řešeny v TKP 15 (Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací, 02/2015), metodika a požadavky na přisvětlování přechodů jsou řešeny v Příloze č. 1 TKP 15.

2 Okolnosti návrhu osvětlení přechodů pro chodce

Před rozhodnutím o přisvětlení konkrétního přechodu pro chodce je nutno zvážit mnoho okolností a souvislostí, zejména pokud se jedná o stávající přechod.

Jedná se např. o:

- zatřídění příslušné pozemní komunikace do třídy osvětlení
- zjištění existence a stavu stávající osvětlovací soustavy a dodržení požadavku na osvětlení dle zatřídění pozemní komunikace do třídy osvětlení
- ověření barvy světla stávající osvětlovací soustavy
- ověření, zda stávající osvětlovací soustava je či není stmívána či jinak regulována

- ověření, zda příslušný přechod pro chodce splňuje všechny požadavky z hlediska své konstrukce a umístění
- posouzení dopravní nebezpečnosti a nehodovosti na příslušném přechodu pro chodce a v jeho okolí
- výskyt jiných přechodů pro chodce na dotčené komunikaci či v okolí, jejich vzdálenost od dotčeného přechodu a způsob jejich osvětlení
- umístění zařízení SSZ u přechodu pro chodce
- ověření plánovaných staveb, stavebních úprav a záměrů v dotčené lokalitě souvisejících s pozemní komunikací a dopravou na ní
- místní podmínky a možnost umístění světelných míst
- možnost napojení nových světelných míst

Další podmínky návrhu a požadavky na správné osvětlení přechodů pro chodce jsou uvedeny v Příloze č. 1 TKP 15.

Návrh osvětlení přechodu pro chodce musí být proveden kvalifikovaným odborníkem. Samotné osvětlování přechodů pro chodce, podmínky osvětlování a požadavky apod. již byly předmětem mnoha příspěvků, proto tato problematika nebude dále v tomto článku řešena.

3 Koncepce zvýšení bezpečnosti přechodů pro chodce v Ostravě

Správce veřejného osvětlení v Ostravě, Ostravské komunikace, a.s., se v rámci své činnosti mj. vyjadřuje ke všem projektovým dokumentacím veřejného osvětlení a jeho úprav. V poslední době se čím dál častěji začaly objevovat požadavky jednotlivých městských obvodů, PČR, občanů atd. na doplnění osvětlení přechodů, součástí projektů dopravních staveb, staveb veřejného osvětlení a jeho rekonstrukcí se staly projekty osvětlení přechodů atd. Jelikož se v Ostravě nachází velké množství přechodů pro chodce (celkový počet přechodů na silnicích I., II. III. třídy a místních komunikacích v roce 2011 přesáhl 1100 ks), vyvstal požadavek na zpracování dokumentu, který by koncepčně řešil osvětlování přechodů pro chodce a stanovil jednotná pravidla pro investory, správce a projektanty.

Z výše uvedených důvodů bylo Ostravskými komunikacemi, a.s. zadáno zpracování „Koncepce zvýšení bezpečnosti přechodů pro chodce v Ostravě místním nasvětlením“. Tato koncepce byla schválena radou města Ostravy jako prováděcí předpis „Generelu veřejného osvětlení statutárního města Ostravy“ v roce 2014.

Tento dokument (dále „koncepce“) obsahuje tři části:

- analytickou část
- metodickou část
- přílohovou část

Podkladem pro zpracování koncepce byly podklady o stávajících přechodech, jejich umístění, osvětlení, bezpečnosti a dopravní nehodovosti, umístění SSZ, požadavky odboru

dopravy Magistrátu města Ostravy, Dopravně inženýrské kanceláře Ostravských komunikací, a.s. PČR a městských obvodů na osvětlení přechodů a přehled všech nerealizovaných projektových dokumentací zahrnujících osvětlení přechodů.

Výsledkem je souhrn požadavků, jak přechody pro chodce osvětlovat, jaké náležitosti musí obsahovat projektová dokumentace a jak osvětlení přechodů pro chodce vyhodnocovat. Hlavním přínosem koncepce je však výběr přechodů pro chodce doporučených k nasvětlení, stanovení postupu pro objektivní sestavení plánu realizací staveb nasvětlení přechodů a dále rozčlenění přechodů pro chodce podle míry nebezpečí pro chodce a návrh termínů realizací staveb dle zmíněných priorit včetně odhadu finanční náročnosti. Při sestavování seznamu přechodů doporučených k nasvětlení a jejich rozčlenění do jednotlivých staveb bylo zohledněno to, aby na souvislých komunikacích nebyl řešen pouze jeden přechod, ale všechny přechody v souvislém úseku dané komunikace.

4 Osvětlení přechodů pro chodce na hlavní třídě v Ostravě - Porubě

Jedna z prvních komunikací, na které bylo osvětlení přechodů řešeno koncepčně v celém rozsahu, je Hlavní třída v Ostravě, městském obvodu Poruba.

Jedná se o frekventovanou komunikaci v centru Poruby se směrově rozděleným provozem se středovou zelení s chodníky pro pěší a cyklostezkou a s četným výskytem přechodů pro chodce. Projektová dokumentace řešila návrh osvětlení všech přechodů pro chodce v celém úseku komunikace včetně přechodů pro chodce v křižovatce s ul. Porubskou – celkem 32 ks přechodů pro chodce.

Kromě technického řešení osvětlení přechodů musel být zohledněn fakt, že celá dotčená komunikace je situována v památkové zóně Ostrava – Poruba. Návrh světelných míst, tj. stožárů, výložníků a svítidel, musel být proveden nejen s ohledem na technické vlastnosti, nýbrž musel být i v souladu s požadavky příslušného orgánu státní památkové péče.

Hlavní technické parametry osvětlovací soustavy:

Zatřídění Hlavní třídy do třídy osvětlení dle přílohy Generelu VO SMO – ME3c.

Základní požadavky na osvětlení přechodů dle Přílohy č. 1 TKP 15:

udržovaná průměrná svislá osvětlenost - základní prostor 75 lx až 200 lx

udržovaná průměrná svislá osvětlenost - doplňkový prostor 50 lx až 200 lx

celková rovnoměrnost svislé udržované osvětlenosti v jednotlivých prostorech: 0,4*

** Pozn.: v doplňkovém prostoru se vyhodnocuje pouze tehdy, jedná-li se o prodloužený doplňkový prostor*

Počet osvětlovaných přechodů: 32 ks

Počet světelných míst celkový: 34 ks

Instalovaný příkon nové osvětlovací soustavy: 5,7 kW

Spotřeba el. energie: cca 23526 kWh/rok

Stávající světelné zdroje: vysokotlaké sodíkové výbojky (cca 2000 K)

Zdroje svítidel pro nasvětlení přechodů: LED (cool white, 5700 K)

Závěsná výška svítidel: 6 m

Délky výložníků: 1,5 m až 2 m

V rámci zpracování PD stavby byly provedeny kompletní světelně technické výpočty pro každý z řešených přechodů pro chodce a na základě těchto výpočtů byly stanoveny pro každý přechod vhodné vzdálenosti stožárů od přechodů, délky výložníků a potřebné světelné toky svítidel.

Po realizaci stavby byly na určených přechodech navržené parametry osvětlení přechodů ověřeny světelně technickým měřením a ve všech případech bylo potvrzeno dodržení předepsaných parametrů osvětlení.

5 Ukázka realizace osvětlovací soustavy



Obr.1 (přechod Hlavní třída – směr ul. 17. listopadu, pohled z pozice řidiče ve dne)



Obr.2 (přechod Hlavní třída – směr ul. 17. listopadu, pohled z pozice chodce ve dne)



Obr.3 (přechody Hlavní třída – směr ul. 17. listopadu, pohled v noci z pozice řidiče)



Obr.4 (přechody Hlavní třída – směr ul. 17. listopadu, pohled v noci, chodec u přechodu z pohledu řidiče)



Obr.5 (přechody Hlavní třída – směr ul. 17. listopadu, pohled v noci z pozice chodce)

Literatura a odkazy

- [1] Ostravské komunikace, a.s., Koncepce zvýšení bezpečnosti přechodů pro chodce v Ostravě místním nasvětlením, 2011
- [2] Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací, Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Kapitola 15 – Osvětlení pozemních komunikací, 2015

Světelně technické výpočty v praxi

P. Žák, J. Habel, ČVUT FEL v Praze, zakpetr@fel.cvut.cz, habel@fel.cvut.

Abstrakt: Návrh osvětlení se s nástupem počítačové techniky výrazně proměnil. Na jedné straně počítačová technika umožnila modelovat složité prostory i osvětlovací soustavy a rychle ověřovat chování světla v prostoru. Na druhé straně se došlo k odklonu od jednoduchých ručních metod, spojených se základními principy osvětlení. Používání ručních metod výpočtu umožňovalo těsný kontakt se základními principy osvětlení a rychlý náhled na řešený problém. Tato absence znalostí základních principů světlené techniky má vliv na kvalitu návrhů osvětlení. Příspěvek popisuje základní veličiny a principy světlené techniky a jejich aplikaci ve výpočtech světelně technických veličin.

1 Úvod

Nástup počítačové techniky v 80. letech minulého století znamenal pro obory z oblasti projektování staveb, včetně světelné techniky, velmi rychlý vývoj. Začalo se relativně rychle přecházet od ručních výpočetních postupů, tabulek a grafických pomůcek k počítačovým programům. Počítačová technika se ve světelné technice využívá ve dvou odlišných oblastech. První je oblast dimenzování a návrhu osvětlovacích soustav na základě hygienických a bezpečnostních požadavků technických norem a právních předpisů. Druhou je obrazové znázornění osvětlovaného prostoru (vizualizace), které dává představu o podobě osvětleného prostoru a používá se jako komunikační prostředek mezi projektantem a architektem nebo investorem. I přesto, že se řada základních výpočetních metod používá v obou oblastech, výsledné výpočetní postupy se vzhledem k jiným prioritám a cílům liší. Původně samostatně vyvíjené vizualizační programy (např. Lightscape, Inspirer) jsou v současné době často integrovány do 3D programů pro projektování staveb. Vývoj programů pro dimenzování a návrh osvětlovacích soustav probíhal ze začátku izolovaně, kdy většina výrobců svítidel měla vlastní výpočetní programy i formáty fotometrických dat. Tento přístup byl nepraktický, jelikož neumožňoval v rámci výpočtu řešeného prostoru kombinovat svítidla více výrobců. Proto nejprve došlo k dohodě o podobě elektronického formátu fotometrických údajů (ldt, ies) Následně vznikly programy (Wils, Dialux, Relux, Oxytech, AGI32) od firem zabývajících se vývojem software. Výpočty světelně technických parametrů a vizualizace světelných scén jsou náročné na čas i kapacitu počítačů. Z tohoto důvodu byly na počátku světelné scény zjednodušovány. Se zrychlováním a zvyšováním kapacity počítačové techniky se začaly zvyšovat požadavky na přesnější výpočet parametrů osvětlení i na vizualizaci. Od původní jednoduché geometrie místností se svítidla ve tvaru kvádru, umožnily novější verze programů zadávat libovolný tvar půdorysu místnosti a modelovat skutečnou podobu prostoru (klenby, kupole, konstrukční sloupy, průvlaky apod.). V současné době lze do programů vkládat reálné modely svítidel i vybavení interiéru. Povrchům lze přiřazovat reálné optické vlastnosti i textury. Počítačové modely se začínají svými vlastnostmi i vizuální podobou blížit realitě. Uvedený vývoj, na první pohled progresivní, má jednu podstatnou slabinu. V minulosti, kdy se návrhy osvětlení prováděly ručně, byl projektant velmi blízko k podstatě řešeného problému. S nástupem počítačové techniky došlo poměrně rychle k odklonu od základních ručních metod a do popředí se dostala problematika složitého

procesu modelování reálného prostoru. Tím se častě zakryla potřeba znalostí základních principů světelné techniky s tím, že vše je schopna vyřešit počítačová technika. To značně omezilo schopnost ve vnímání a řešení problémů a problematika návrhu osvětlení se ve většině případů zúžila na výběr svítidel. Je třeba si uvědomit, že smyslem výpočtů ve světelné technice nejsou čísla, ale práce se světlem skrze interakci s prostorem. Vnímání výpočtů pouze řečí čísel může vést k chybným interpretacím a řešením problémů. Základy světelné techniky tvoří jen několik málo základních principů a veličin. Nicméně jejich znalost a správné pochopení je nezbytným základem, ovlivňující kvalitu návrhu osvětlení.

2 Základní veličiny

Základem všech světelně technických veličin je světelný tok. Světelný tok Φ (lm) je veličina odvozená z hodnoty zářivého toku Φ_e (W), tím, že se vyhodnocuje v závislosti na jeho účinku na standardního fotometrického pozorovatele CIE (1). Pro světelný tok $\Phi(\lambda)$, odpovídající monochromatickému zářivému toku $\Phi_e(\lambda)$ jedné vlnové délky λ a pro podmínky denního vidění platí vztah:

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) = K_m \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) \quad (\text{lm}) \quad (1)$$

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} = \frac{K(\lambda)}{683} \quad (-) \quad (2)$$

kde $K(\lambda)$ je světelný účinek záření, resp. z hlediska pozorovatele je to absolutní hodnota spektrální citlivosti oka standardního fotometrického pozorovatele při denním vidění (lm/W);
 K_m je maximum světelného účinku pro denní vidění $K(\lambda)$, které leží na vlnové délce $\lambda_m = 555 \text{ nm}$ a nabývá hodnoty 683 lm/W;
 $V(\lambda)$ je poměrná spektrální světelná účinnost standardního fotometrického pozorovatele (-).

Další světelně technické veličiny vycházejí ze světelného toku a představují jeho plošnou, nebo prostorovou hustotu. Plošná hustota dopadajícího světelného toku se nazývá osvětlenost a označuje se E_p . Je to podíl světelného toku $d\Phi_d$ dopadajícího na elementární plochu dA obsahující bod P a velikosti dA tohoto elementu plochy (3). Plošná hustota vyzařovaného světelného toku se nazývá světlení a označuje se M_p . Je to podíl světelného toku $d\Phi_v$, který vychází z elementu plochy dA obsahující bod P a velikosti dA tohoto elementu plochy (4). Prostorová hustota světelného toku se nazývá svítivost a označuje se I . Je to podíl světelného toku $d\Phi_v$, který zdroj vyzařuje ve směru elementu prostorového úhlu $d\Omega$ a velikosti tohoto prostorového úhlu (5). Prostorová a plošná hustota světelného toku se nazývá jas a označuje se L . Je to světelný tok přenášený elementárním svazkem, procházejícím bodem P a šířícím se daným prostorovým úhlem $d\Omega$, který obsahuje daný směr (6).

$$E_p = \frac{d\Phi_d}{dA} \quad (\text{lx}) \quad (3)$$

$$M_p = \frac{d\Phi_v}{dA} \quad (\text{lm/m}^2) \quad (4)$$

$$I = \frac{d\Phi_v}{d\Omega} \quad (\text{cd}) \quad (5)$$

$$L = \frac{d\Phi_{\Omega}}{d\Omega \cdot dA_S \cdot \cos \beta} \quad (\text{cd/m}^2) \quad (6)$$

- kde $d\Phi_d$ je světelný tok dopadající na element plochy dA (lm);
 $d\Phi_v$ je světelný tok vyzařovaný z elementu plochy dA (lm);
 $d\Phi_{\Omega}$ je světelný tok vyzářený ve směru elementu prostorového úhlu $d\Omega$ (lm);
 dA je element plochy obsahující bod P (m^2).
 $d\Omega$ je prostorový úhel, kterým se šíří sv. tok $d\Phi_{\Omega}$ a který obsahuje daný směr (sr);
 dA_S je plocha příčného řezu svazkem, který obsahuje daný bod P (m^2);
 β je úhel mezi normálou plochy řezu dA_S a směrem paprsků ($^{\circ}$).

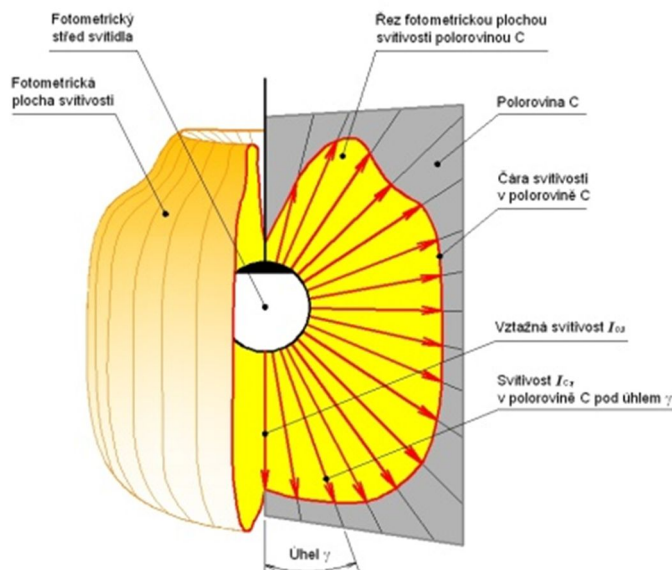
Světelný tok Φ se používá pro popis světelných zdrojů a svítidel a uvádí celkové množství vyzařovaného „světla“. Osvětlenost E , která charakterizuje množství světelného toku dopadající na určitou plochu. Osvětlenost je základní veličina, kterou se hodnotí kvantitativní úroveň osvětlení v řešených prostorech. Světlení M charakterizuje množství světelného toku vyzařované z určité plochy a používá se například při stanovení povrchového jasu prosvětlovaných materiálů. Svítivost I se používá se pro popis vyzařování svítidel. Vzhledem k tomu, že prostorový úhel je vymezen kuželovou plochu vycházející z určitého bodu, je svítivost definována pouze pro zdroje nulových rozměrů (tzv. bodové zdroje). Jas L popisuje jaké množství světelného toku je z plochy povrchu vyzářeno do daného prostorového úhlu. Je to veličina, která například vystihuje světelný tok odražený od určité plochy do oka pozorovatele. Uvedené veličiny a vztahy jsou základem všech metod výpočtů pro stanovení světelně technických parametrů v reálných podmínkách.

3 Zdroje světla

Základními vstupními informacemi pro výpočty osvětlení jsou světelně technické parametry zdrojů světla, kterými mohou být svítidla, světelné zdroje, obloha nebo Slunce. Základním parametrem popisujícím „výkonové“ vlastnosti umělých zdrojů světla je jejich celkový vyzářený světelný tok. Tato informace však není pro světelně technické výpočty dostačující a je třeba ji rozšířit o popis prostorové rozložení světelného toku.

3.1 Prostorové rozložení svítivosti

Nejobvyklejším popisem prostorového vyzařování svítidel jsou tzv. fotometrické plochy svítivosti (obr. 1). Fotometrická plocha svítivosti je plocha, která vznikne spojením konců jednotlivých radiusvektorů svítivosti, vycházejících ze světelného středu svítidla. V praxi se pak používají řezy touto fotometrickou plochou svítivosti ve vybraných rovinách, tzv. čáry svítivosti svítidel, v praxi častěji nazývané křivky svítivosti. Hodnoty svítivosti se uvádějí pro určitý počet polorovin a úhlů v tabulkové podobě. Tyto údaje jsou součástí elektronických souborů fotometrických dat (.ldt, .ies apod.), které se využívají ve výpočetních programech. Prostorovým rozložením svítivosti lze, vzhledem k definici svítivosti, popisovat pouze svítidla bodového typu, jejichž rozměry svítící plochy jsou zanedbatelné vůči vzdálenosti, ze které jsou měřena.



Obr.1 Fotometrická plocha svítivosti rotačně souměrně vyzařujícího svítidla a čára svítivosti v soustavě fotometrických rovin c- γ

3.2 Pásmové toky

Křivky svítivosti sice popisují prostorové vyzařování svítidel, ale nedávají názornou představu o množství světelného toku, které je vyzářeno do dílčích částí prostoru. Z tohoto důvodu se z čar svítivosti stanovují tzv. kumulativní pásmové toky, což jsou světelné toky vyzařované svítidlem do prostorových úhlů, nejčastěji definovaných vertikálně orientovanou osou a vrcholovým úhlem. V tab. 1 je uveden systém pro uvádění kumulativních pásmových toků do vybraných prostorových úhlů, používaný u svítidel pro osvětlování vnitřních pracovních prostorů.

Tab.1 Kumulativní pásmové toky svítidel pro vnitřní pracovní prostory

Poloprostor	Označení	Prostorový úhel Ω (sr)	Vrcholový úhel δ (°)	Zobrazení
dolní	FCL1	$+1/2\pi$	82,8°	
	FCL2	$+\pi$	120°	
	FCL3	$+3/2\pi$	151°	
	FCL4	$+2\pi$	180°	
horní	FCU1	$-1/2\pi$	82,8°	
	FCU2	$-\pi$	120°	
	FCU3	$-3/2\pi$	151°	
	FCU4	-2π	180°	

4 Vlastnosti materiálů a prostředí

Při šíření světla prostředím dochází k interakci mezi světelnými paprsky, povrchy, materiály i vlastním prostředím. Světelný tok Φ_c dopadající na určitý materiál se obecně rozdělí na tři části (7). Na část Φ_r , která se odrazí, na část Φ_t , která projde materiálem a na část Φ_a , která se pohltí. Světelné technické vlastnosti materiálů charakterizují tři integrální činitele

odpovídající zmíněnému rozdělení světelného toku, a to integrální činitel odrazu $\rho = \Phi_r / \Phi_c$, integrální činitel prostupu $\tau = \Phi_t / \Phi_c$ a integrální činitel pohlcení $\alpha = \Phi_a / \Phi_c$ (8).

$$\Phi_c = \Phi_r + \Phi_t + \Phi_a \quad (\text{Im; Im, Im, Im}) \quad (7)$$

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \quad (-; -, -, -) \quad (8)$$

kde Φ_c je celkový světelný tok dopadající na povrch (Im);
 Φ_r je odražený světelný tok (Im);
 Φ_t je prošlý světelný tok (Im);
 Φ_a je pohlcený světelný tok (Im).

Pro neprůsvitné materiály platí že $\rho + \alpha = 1$. Pro materiály pohlcující veškeré dopadající záření (černé těleso) platí, že $\alpha = 1$. V praxi se při výpočtech osvětlení předpokládá, že prostředí, kterým se šíří světelné paprsky je nepohlcující ($\tau = 1$) a nerozptylující. Tento předpoklad je splněn pro většinu vnitřních i venkovních prostorů. Činitele odrazu, prostupu a pohlcení nezávisí pouze na vlastnostech látky samotné, ale i na vlnové délce dopadajícího záření. Proto se kromě integrálních hodnot definují i spektrální hodnoty $\rho(\lambda)$, $\tau(\lambda)$, $\alpha(\lambda)$.

Z pohledu praktických výpočtů osvětlení je nejdůležitější světelně technickým parametrem materiálů odraz, který ovlivňuje jas povrchů a velikost nepřímé složky osvětlení v prostředí s mnohonásobnými odrazy. Podle charakteru odraženého světelného toku se odraz dělí na zrcadlový, rozšířený a difúzní. Pro výpočty osvětlení má zásadní význam skutečnost, že většina povrchů v interiéru vykazuje odraz, který se blíží ideálnímu difúznímu odrazu. Difúzní odraz se chová tak, že jas osvětleného povrchu nezávisí na směru pohledu ani na směru dopadu paprsků, je ve všech směrech stejný. To značně zjednodušuje světelně technické výpočty v prostředí s mnohonásobnými odrazy.

5 Základní modely

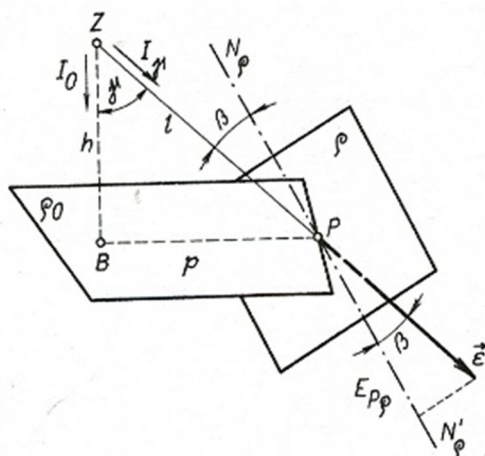
Základní modely pro stanovení světelně technických veličin na srovnávací rovině vycházejí ze situace, kdy je k dispozici zdroj světla a srovnávací rovina, na které se hodnotí parametry osvětlení (osvětlenost, popř. jas).

5.1 Model hodnocení parametrů osvětlení v okolí kontrolního bodu

První model vyhodnocuje parametry osvětlení pro elementární část srovnávací roviny v okolí určitého kontrolního bodu (bodová metoda). Nejčastější veličinou, která se používá pro kvantitativní hodnocení úrovně osvětlení v kontrolních bodech, je osvětlenost rovinné plochy E_p v okolí kontrolního bodu P (viz obr. 2). Ze základních vztahů pro osvětlenost, svítivost a prostorový úhel lze pro výpočet osvětlenosti odvodit vztah:

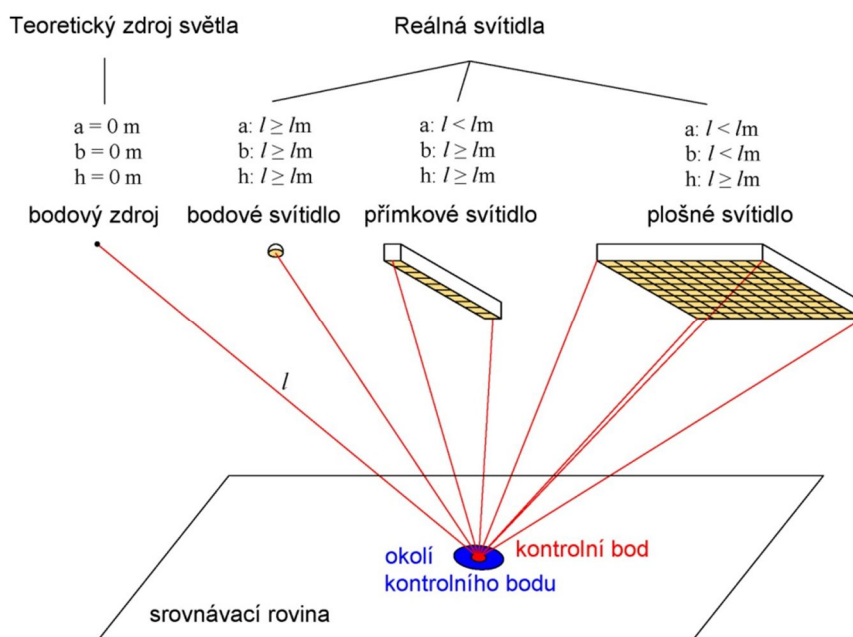
$$E_p = \frac{d\Phi_d}{dA} = \frac{I_{c,\gamma} \cdot d\Omega}{dA} = \frac{I_{c,\gamma} \cdot dA}{dA \cdot l^2} \cdot \cos \beta = \frac{I_{c,\gamma}}{l^2} \cdot \cos \beta \quad (\text{Ix}) \quad (9)$$

kde $d\Phi_d$ je světelný tok dopadající na elementární plochu dA srovnávací roviny (Im)
 dA je elementární část plochy srovnávací roviny obsahující kontrolní bod P (m^2)
 $I_{c,\gamma}$ je svítivost svítidla ve směru spojnice svítidlo - kontrolní bod P (cd)
 l je vzdálenost mezi optickým středem svítidla a kontrolním bodem (m)
 β je úhel mezi normálou plochy dA a spojnici svítidlo - kontrolní bod P ($^\circ$).



Obr.2 Základní uspořádání bodového zdroje světla a kontrolního bodu P v rovině ρ

Při této metodě se k popisu svítidel používají čáry svítivosti. Svítivost je, ale definována pouze pro bodový zdroj světla se zanedbatelnými rozměry vyzařovací plochy. Ve skutečnosti má vyzařovací plocha každého reálného svítidla určité rozměry, podle nichž dělíme svítidla na svítidla bodového, či přímkového nebo plošného typu (obr. 3). Splnění podmínky o bodovém charakteru se váže na vzdálenost mezi svítidlem a kontrolním bodem l , která musí být větší než tzv. mezní fotometrická vzdálenost l_m . Její hodnota závisí na požadované maximální chybě výpočtu. V praxi to zpravidla znamená, že pokud je vzdálenost mezi svítidlem a kontrolním bodem větší než 5-ti násobek největšího rozměru vyzařovací plochy svítidla, je chyba výpočtu způsobená odchylkou od bodového charakteru svítidla menší než 2%. Pokud tato podmínka není splněna, je třeba svítidlo rozdělit na menší počet rozměrově shodných částí „n“. Všechny části mají stejný tvar fotometrické plochy svítivosti a její absolutní velikost je „n“ krát menší než celého svítidla. Toto dělení platí jak pro přímkové, tak plošné zdroje světla.



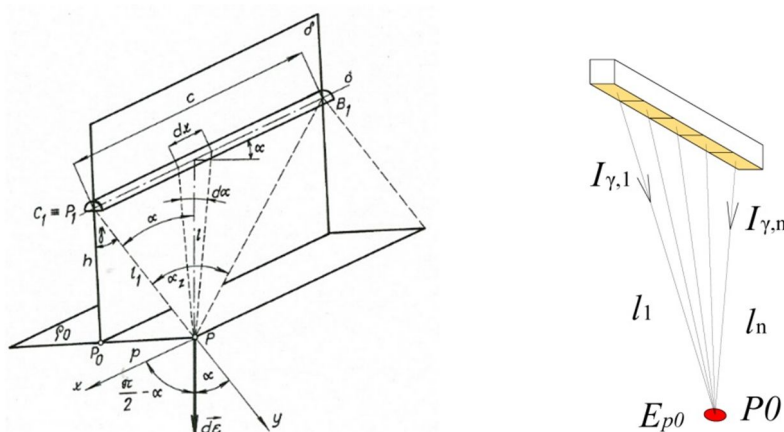
Obr.3 Výpočet parametrů osvětlení v kontrolním bodě od reálných svítidel

Výsledná hodnota sledované veličiny (např. osvětlenosti) v kontrolním bodě od svítidel přímkového nebo plošného typu se získá součtem příspěvků od jednotlivých částí svítidla. Tento postup je možné provést numerickou (10) nebo analytickou (11) integrací. Na obr. 4 je uveden příklad přímkového svítidla. Vztahy pro výpočet osvětlení v bodě P_0 analytickou integrací platí pro kosinusový tvar čar svítivosti.

$$E_P = \sum_{i=1}^n E_{P,i} = \sum_{i=1}^n \frac{I_{C90,\gamma_i}}{l_i^2} \cdot \cos \alpha_i \quad (\text{IX}) \quad (10)$$

$$E_{P_0} = \frac{I_0}{2 \cdot c \cdot h} \cdot \left(\alpha_z + \frac{c \cdot h}{(c^2 + h^2)} \right) \quad (\text{IX}) \quad (11)$$

- kde $E_{P,i}$ je příspěvek osvětlenosti do bodu P_0 od i -té části přímkového svítidla (IX);
 I_{δ, α_i} je svítivost i -té části přímkového zdroje v rovině δ v úhlu α_i (cd);
 l_i je vzdálenost mezi i -tou částí přímkového zdroje a bodem P_0 (m);
 α_i je úhel mezi normálou roviny ρ_0 a spojnicí i -té části svítidla a bodu P_0 (°);
 I_0 je svítivost přímkového svítidla ve vztáženém směru (cd);
 c je délka přímkového svítidla (m);
 h je vzdálenost bodu P_1 přímkového zdroje a bodu P_0 (m);
 α_z je úhel vymezený úsečkami P_0, P_1 a P_0, B_1 (°).



Obr.4 Geometrické uspořádání přímkového svítidla a kontrolního bodu při analytické (vlevo) a numerické (vpravo) integraci

V době, kdy nebyla k dispozici počítačová technika nebo její rychlost a kapacita byla na nízké úrovni, byla snaha popisovat křivky svítivosti analytickými funkcemi a provádět analytickou integraci. To významně zjednodušovalo, zpřesňovalo i zrychlovalo ruční výpočty. V dnešní době dostatečné rychlé počítačové techniky se používá výhradně numerická integrace.

5.2 Hodnocení průměrných hodnot parametrů osvětlení na srovnávací rovině

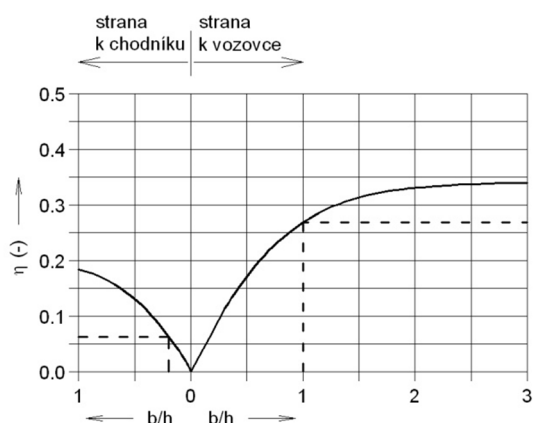
Druhou možností jak vyhodnocovat parametry osvětlení na srovnávací rovině je stanovení jejich průměrných hodnot. V případě osvětlenosti je průměrná hodnota E_A dána podílem světelného toku dopadajícího na srovnávací rovinu a plochy A této roviny (12). Tímto postupem lze stanovit „přesně“, průměrnou hodnotu sledované veličiny, ale nelze určit

rovnoměrnost jejího rozložení. Při této metodě se k popisu svítidel používají pásmové, nebo kumulativní pásmové, toky.

$$E_A = \frac{\Phi_d}{A} = \frac{\eta \cdot \Phi_z}{A} \quad (\text{lx}) \quad (12)$$

kde Φ_d je světelný tok dopadající ze zdroje přímo na plochu A (lm);
 Φ_z je celkový světelný tok vyzařovaný zdrojem světla (lm);
 η je činitel využití svítidla (-);

V praxi se z kumulativních pásmových toků svítidel stanovují tzv. činitelé využití η , používané pro rychlé výpočty tokovou metodou. Činitel využití uvádí, jaké množství světelného toku vyzážené svítidlem dopadne při určitém uspořádání osvětlovací soustavy a geometrii osvětlovaného prostoru na srovnávací rovinu. Na obr. 4 je uveden příklad průběhu činitele využití η v závislosti na poměru šířky vozovky b k výšce zavěšení svítidla h nad komunikací, který se používá k výpočtu průměrné osvětlenosti na vozovce.



Obr.5 Průběh činitele využití η uličního svítidla v závislosti na šířce vozovky b a výšce zavěšení h

6 Světelná scéna

Při návrhu osvětlení reálného prostoru obsahuje světelné prostředí pravidla více zdrojů světla, resp. svítidel, která mohou mít různý charakter vyzařování. Geometrie vlastního prostoru i vybavení interiéru představuje pro určité situace překážky, které zamezují přímému šíření světla prostorem. Při dopadu světelných paprsků na překážky nebo povrchy vymezující prostor, dochází k jejich odrazu zpět do prostoru. Odražená část světelného toku dopadá na další povrchy, od kterých se odráží, a dochází k procesu tzv. mnohonásobných odrazů. Výsledné světelně technické parametry, například osvětlenost srovnávací roviny E_c (13), mají dvě složky, přímou E_p a nepřímou E_n . Pro výpočet těchto složek se zpravidla používají odlišné výpočetní postupy.

$$E_c = E_p + E_n \quad (\text{lx; lx, lx}) \quad (13)$$

kde E_p je přímá složka osvětlenosti (lx);
 E_n je nepřímá složka osvětlenosti (lx);

V reálních prostorech dochází při provozu osvětlovací soustavy k jejímu stárnutí, které se projevuje poklesem hodnot parametrů osvětlení v čase. Tyto světelné ztráty je třeba v rámci návrhu osvětlení respektovat. Stárnutí osvětlovací soustavy se projevuje poklesem světelného toku světelných zdrojů, zašpiněním svítidel a jejich optických částí, zašpinění povrchů hlavních ploch místností a funkční spolehlivostí světelných zdrojů. Tento vliv se popisuje udržovacím činitelem (14). Parametry osvětlení u nově navržené osvětlovací soustavy (E_0) musí být takové, aby v průběhu provozu neklesly pod parametry požadované. Například osvětlenosti od navržené osvětlovací soustavy nesmějí v průběhu provozu nikdy klesnout pod hodnoty požadované například technickými normami.

$$z = z_z \cdot z_s \cdot z_p \cdot z_{fs} \quad (-; -, -, -) \quad (14)$$

$$E_m = E_0 \cdot z \quad (\text{lx}; \text{lx}, -) \quad (15)$$

kde z je udržovací činitel (-);
 z_z je udržovací činitel světelných zdrojů (-);
 z_s je udržovací činitel svítidel (-);
 z_p je udržovací činitel povrchů (-);
 z_{fs} je udržovací činitel funkční spolehlivosti (-);
 E_m je udržovaná osvětlenost na konci intervalu údržby (-);
 E_0 je osvětlenost na začátku provozu osvětlovací soustavy (-).

V závislosti na využití prostoru a vykonávaných zrakových činnostech se parametry osvětlení hodnotí v různě umístěných a orientovaných srovnávacích rovinách a kontrolních bodech.

6.1 Ruční výpočty

Ruční výpočty umožňují rychlé dimenzování kvantitativních a omezeně i kvalitativních parametrů osvětlovací soustavy. Pro dimenzování některých typů osvětlovacích soustav, (např. celkové osvětlovací soustavy nebo soustavy uličního osvětlení), byla vytvořena tzv. toková metoda, která umožňuje pro požadovanou průměrnou udržovanou hodnotu osvětlenosti velmi rychle stanovit potřebný světelný tok světelných zdrojů Φ_z , příp. svítidel (16). Z této informace lze pak stanovit potřebný počet svítidel a i příkon osvětlovací soustavy.

$$\Phi_z = \frac{\bar{E}_m \cdot A}{z \cdot \eta} \quad (\text{lx}; \text{lm}, \text{m}^2, -, -) \quad (16)$$

kde E_m je udržovaná průměrná osvětlenost srovnávací roviny (lx),
 A je plocha srovnávací roviny (m^2),
 z je udržovací činitel (-),
 η je činitel využití (-).

Pro výpočty osvětlení v osvětlovací soustavě se světlometry se používá bodová metoda (9). Dimenzování světlometů se zpravidla provádí na základě požadované osvětlenosti a velikosti osvětlované plochy. Pro výpočet reálné situace je třeba započítat udržovací činitel z . Z těchto informací se stanoví potřebná osová svítivost I_0 (17) a úhel poloviční svítivosti $\gamma_{1\text{max}/2}$.

Při návrhů světlometů pro architekturní osvětlení se mohou vyskytnout situace, kdy mezi svítidly a osvětlovaným objektem a mezi osvětlovaným objektem a polohou pozorovatele jsou relativně velké vzdálenosti. V takovém případě je třeba ověřit vliv činitele pohlcení venkovního prostředí na světelný tok šířící se prostorem.

$$I_0 = \frac{E_m}{z \cdot l^2} \cdot \cos \beta \quad (\text{cd; lx, -, m, } ^\circ) \quad (17)$$

kde E_m je požadovaná hodnota udržované osvětlenosti v kontrolním bodě (lx)
 z je udržovací činitel (-)
 l je vzdálenost mezi optickým středem svítidla a kontrolním bodem (m)
 β je úhel mezi normálou osvětlované plochy a spojnicí svítidlo - kontrolní bod ($^\circ$).

6.2 Výpočty s využitím počítačové techniky

Pro popis parametrů osvětlení ve světelné scéně (prostoru) vznikly dvě metody popisující šíření světla prostorem, „ray tracing“ (sledování paprsku) a „radiosity“ (zářivý přenos). U metody „ray tracing“ se sledují jednotlivé paprsky vycházející se zdroje světla a řeší se jejich interakce s povrchy a materiály prostoru. U metody „radiosity“ se řeší přenos světelného toku z bodu resp. plochy na plochu na plochu. Pro výpočet přímé složky lze použít obě výše zmíněné metody (ray tracing i radiosity). Pro výpočet nepřímé složky lze použít opět obě metody, ale metodu radiosity lze použít pouze za předpokladu difúzního vyzařování sekundárních zdrojů světla (povrchů).

7 Hodnocení světelně technických veličin

V dnešní době lze s využitím počítačové techniky vyhodnotit velké množství veličin v libovolných kontrolních bodech řešeného prostoru. Při volbě veličin, které se mají hodnotit, je třeba zohlednit dva aspekty:

- použité veličiny umožňují vyjádřit (ocení) potřebné kvantitativní a kvalitativní nároky osvětlení pro vykonávanou zřakovou činnost;
- použité veličiny musí mít jasnou vazbu na technické prostředky, musí být predikovatelné;
- použité veličiny musí být kontrolovatelné.

Vazbou veličin na technické prostředky je například to, že pokud je průměrná hodnota osvětlenosti nedostačující, dosažení požadované hodnoty se zajistí zvýšením světelného toku svítidel. Pokud je nevyhovující rovnoměrnost osvětlení, zajistí se její dosažení použitím většího počtu svítidel. Pokud nevyhovuje oslnění použijí se svítidla s lepším cloněním. Pokud by hodnotícím kritériem byl například světelný vektor v síti kontrolních bodů, jeho výsledný průběh není jasně predikovatelný a není zřejmé, jakými úpravami osvětlovací soustavy lze dosáhnout požadovaných hodnot.

7.1 Průměrná hodnota

Nejpoužívanějším kritériem pro hodnocení osvětlení je průměrná hodnota osvětlenosti příp. jasů na srovnávací rovině. V případě, že je vyzařování svítidla popsáno pásmovými toky lze průměrnou hodnotu stavit přímo z velikosti světelného toku dopadajícího na srovnávací rovinu. Při výpočtu osvětlenosti v síti kontrolních bodů na srovnávací rovině, se průměrná

hodnota určí z hodnot osvětleností v jednotlivých kontrolních bodech. Přesnost stanovení průměrné hodnoty při tomto postupu závisí na počtu kontrolních bodů a na rovnoměrnosti rozložení osvětlenosti, resp. jasů. Průměrná osvětlenost je měřítkem kvantitativních požadavků na osvětlení a umožňuje výkonově dimenzovat osvětlovací soustavy. Toto kritérium, ale neumožňuje zajistit kvalitu spojenou s rozložením resp. rovnoměrností parametrů na srovnávací rovině. Například u srovnávací roviny osvětlené na $E_m = 500 \text{ lx}$ s 10 kontrolními body mohou nastat následující extrémní situace:

- 10 bodů: $E = 500 \text{ lx}$, $E_m = 500 \text{ lx}$
- 9 bodů: $E = 0 \text{ lx}$; 1 bod: $E = 5\,000 \text{ lx}$, $E_m = 500 \text{ lx}$

7.2 Minimální a maximální hodnota, rovnoměrnost

Pro kvalitativní hodnocení rozložení světelně technických veličin se používá rovnoměrnost osvětlení. V případě osvětlenosti se rovnoměrnost stanovuje z průměrné a minimální, příp. maximální hodnoty osvětlenosti na srovnávací rovině. Maximální a minimální hodnoty jsou důležitým indikátorem kvality návrhu osvětlení, zvláště v případech kdy se významně odchylně od požadované průměrné hodnoty. Rovnoměrnost se často vyjadřuje jako poměr dvou hodnot. Příkladem jsou maximum k minimu, maximum k průměru a průměr k minimu. Různé situace při návrhu osvětlení vyžadují odlišné použití těchto veličin. Hodnocení rozložení pouze jako poměr minimální a maximální osvětlenosti má své nedostatky dané relativně velkým rozptylem možného řešení. Příklad je srovnávací rovina s požadovanou průměrnou osvětleností $E_m = 500 \text{ lx}$ a rovnoměrností $U_o = E_{min}/E_m = 0,6$ hodnoceno v 10 kontrolních bodech. Situace, které tyto podmínky splňují, se pohybují v následujícím rozsahu:

- 10 bodů: $E = 500 \text{ lx}$, $E_m = 500 \text{ lx}, U_o = 1,0$;
- 9 bodů: $E = 300 \text{ lx}$, 1 bod: $E = 2\,300 \text{ lx}$, $E_m = 500 \text{ lx}, U_o = 0,6$
- 5 bodů: $E = 300 \text{ lx}$, 5 bodů: $E = 7\,000 \text{ lx}$, $E_m = 500 \text{ lx}, U_o = 0,6$

Je zřejmé, že i při dodržení předepsaných parametrů technickými normami mohou teoreticky vzniknout značně kvalitativně rozdílné varianty řešení. Tuto situaci by bylo možné vyřešit doplněním požadavku na rovnoměrnost, kde by byla použita maximální hodnota, nebo jiné veličiny jako je například variační koeficient hodnotící směrodatnou odchylku od průměrné hodnoty nebo kritérium hodnotící počet bodů splňující dané kritérium k celkovému počtu kontrolních bodů.

Literatura a odkazy

- [1] DiLaura D. L., Houser K.W., Mistrick R.G., Steffy G.R. The Lighting Handbook, IES, New York, 2011
- [2] Habel J., Dvořáček V., Dvořáček K., Žák P. Světlo a osvětlování, FCC Public, Praha, 2013

Statistické vyhodnocení atmosferických vlivů na osvětlenost způsobenou noční oblohou v Ostravě

Tomáš Hanusek, Ing., VŠB-TUO, tomas.hanusek.st@vsb.cz

Abstrakt: Tato práce navazuje na výsledky článku pod názvem Dlouhodobé měření rušivého světla v areálu VŠB-TUO [2]. Zabývá se statistickým vyhodnocením naměřených hodnot osvětlenosti noční oblohy, které byly ovlivněny atmosférickými změnami. Světelná emise oblohy je stejně jako všechna prostředí závislá na třech základních činitelích. Patří zde spektrální činitel popisující světelnou odraznost prostředí $\rho(\lambda)$, pohltivost prostředí $\alpha(\lambda)$ a propustnost prostředí $\tau(\lambda)$. Změnou atmosférických podmínek, dochází ke změně těchto činitelů, což má za následek zvýšení nebo snížení odrazných vlastností oblohy. V práci jsou využita data z měřicí soustavy, která byla umístěná na střeše budovy NK VŠB TU Ostrava a data z Českého hydrometeorologického ústavu, ve kterých jsou zahrnuty typy a časy probíhajících meteorologických jevů a hodnoty oblačnosti v požadovaném časovém úseku. Ty byly získány z pozorovací stanice Ostrava – Mošnov, která je vzdálená od měřicího místa přibližně 15 km vzdušnou čarou.

1 Měřicí soustava

Pro dlouhodobé měření osvětlenosti od noční oblohy bylo nutné splnit požadavky na měřicí techniku. Očekávají se hodnoty osvětlenosti v rozsahu desetin až setin luxů, je tedy nutné použít mobilní přístroje, které jsou schopné měřit v oblasti mililuxů. Malý problém byl v tom, že veškeré typy přístrojů jsou kalibrovány na křivku citlivosti lidského oka pro fotopické vidění $V(\lambda)$ a ne na křivku citlivosti lidského oka pro skotopické vidění $V'(\lambda)$. Nezbytnou součástí luxmetrů (mililuxmetrů) je také výstup kterým lze načítat a dále zpracovávat naměřené hodnoty. K měření intenzity osvětlení byl použit luxmetr MINI-LUX od německé firmy MX-Electronic, který má následující parametry:

- Analogový výstup s rozsahem 0-200mv
- 6 přepínatelných rozsahů od 2 lx do 200 klx
- Křemikový fotosnímač s $V(\lambda)$ korekcí
- DA převodník s displejem
- Citlivost 2nA/lx

Další zpracování naměřených dat je prováděno v aplikaci naprogramované pomocí softwaru LabVIEW a 12-ti bitové, 16-ti kanálové měřicí karty od firmy NATIONAL INSTRUMENTS. Tato sestava umožňuje velkou variabilitu v rámci dlouhodobého měření dalších parametrů oblohy (nejen světelně-technických), ale také k připojení svítidla XENON 1500 W HDG, které poslouží jako generátor rušivého světla o známých parametrech. Toto svítidlo je osazeno halogenovou žárovkou OSRAM HALOLINE 1500 W, 10 A; $\Phi = 36$ k lm. Toto svítidlo vyzařuje světelný tok přímo do horního poloprostoru a je umístěno v blízkosti měřicí aparatury. [1]



Obr.1 Měřicí soustava na střeše budovy NK.

2 Vstupní data a zpracování

Hodnoty osvětlenosti byly snímány kontinuálně a ukládány po třiceti sekundách. V práci jsou zpracovány hodnoty za rok 2011 a to pro měsíce: leden, únor, březen, duben, září, říjen a listopad. Jako vstupní data byly vybrány hodnoty naměřené od půlnoci do jedné hodiny ranní. Byl tak jednoznačně eliminován vliv západu slunce i svítání. Těchto 120 hodnot bylo následně rozděleno na 80 hodnot bez uměle vygenerovaného rušivého světla a 40 hodnot s vygenerovaným rušivým světlem. Průměrné hodnoty těchto souborů byly následně od sebe odečteny a tím jsme získali průměrný přírůstek osvětlenosti za danou hodinu pro každý den v měsíci. Vypočítané hodnoty průměrného přírůstku osvětlenosti za jednu hodinu byly použity, ke statistickému zpracování.

Tab.1 Výsledky Post-hoc analýzy.

|tr -ts| (kritická hodnota)							
	Leden	Únor	Březen	Duben	Září	Říjen	Listopad
Leden	-	13,288 (25,24)	10,171 (24,32)	32,369 (24,32)	33,519 (24,75)	32,313 (24,987)	39,44 (25,512)
Únor	13,288 (25,24)	-	2,571 (24,818)	45,657 (24,818)	46,807 (25,24)	45,602 (25,472)	26,152 (25,988)
Březen	10,171 (24,32)	2,571 (24,818)	-	43,086 (23,881)	44,236 (24,32)	43,031 (24,561)	28,723 (25,094)
Duben	32,369 (24,32)	45,657 (24,818)	43,086 (23,881)	-	1,149 (24,32)	0,056 (24,561)	71,809 (25,094)
Září	33,519 (24,75)	46,807 (25,24)	44,236 (24,32)	1,149 (24,32)	-	1,205 (24,987)	72,958 (25,512)
Říjen	32,313 (24,987)	45,602 (25,472)	43,031 (24,561)	0,056 (24,561)	1,205 (24,987)	-	71,753 (25,742)
Listopad	39,44 (25,512)	26,152 (25,988)	28,723 (25,094)	71,809 (25,094)	72,958 (25,512)	71,753 (25,742)	-

2.1 Vliv ročního období na přírůstek osvětlenosti

Nejprve byl statisticky ověřen vliv ročního období na přírůstek osvětlenosti při zapnutém svítidle bez zahrnutí meteorologických jevů a oblačnosti. Byla provedena exploratorní analýza pro vybrané měsíce a následně byly provedeny testy normality a homoscedasticity

vybraných výběrů. Na základě výsledků těchto testů byl zvolen Kruskal-Wallisův test, který porovnává mediány vybraných souborů. Výsledkem toho to testu je zamítnutí hypotézy, že mezi vybranými měsíci není statisticky významný rozdíl. Z Post-hoc analýzy vyplývá, že v souboru existují dvě skupiny, mezi kterými nejsou statisticky významné rozdíly. První skupina zahrnuje měsíce leden, únor a březen. Druhá skupina zahrnuje měsíce duben, září a říjen.

2.2 Vliv oblačnosti na horizontální osvětlenost

K vypočteným hodnotám průměrných osvětleností byly přiřazeny hodnoty oblačnosti, které byly naměřeny v pozorovací stanici ČHMÚ Ostrava -Mošnov v časovém rozmezí od 0:00h do 1:00h. Z těchto hodnot je možné pozorovat závislost světelné emise na stavu oblohy. Informace o oblačnosti jsou udávány v číselné podobě a pohybují se v rozmezí 0-9. Tato hodnota vyjadřuje stupeň pokrytí oblohy v osminách a podle ní rozlišujeme následující stavy: jasno, skoro jasno, polojasno, oblačno, skoro zataženo, zataženo a nelze rozeznat. Při určování oblačnosti nehraje roli, jestli se oblaky překrývají nebo jsou ve více vrstvách nad sebou, určuje se pouze poměr oblaků k modré obloze. Rozdělení dle číselných hodnot je následující:

- Oblačnost 0 – obloha je bez mraků – jasno
- Oblačnost 1 až 2 – většina oblohy je bez mraků – skoro jasno
- Oblačnost 3 až 4 – polovina oblohy je zakrytá mraky – polojasno
- Oblačnost 5 až 6 – většina oblohy je zakrytá mraky – oblačno
- Oblačnost 7 – téměř celá obloha je pokrytá mraky – skoro zataženo
- Oblačnost 8 – obloha je úplně zakrytá mraky – zataženo
- Oblačnost 9 - nelze rozeznat

[2]

Pro ověření závislosti a určení regresního modelu musely být naměřené hodnoty oblačnosti zprůměrovány a odstraněny hodnoty, které byly ovlivněny probíhajícím meteorologickým jevem. Výsledný soubor tak obsahoval 172 hodnot splňující stanovená kritéria. Pro hledání nej přesnějšího regresního modelu byl použit software STATGRAPHICS a byly testovány tyto tři závislosti:

2.2.1 Závislost průměrné osvětlenosti při vypnutém svítidle na oblačnosti.

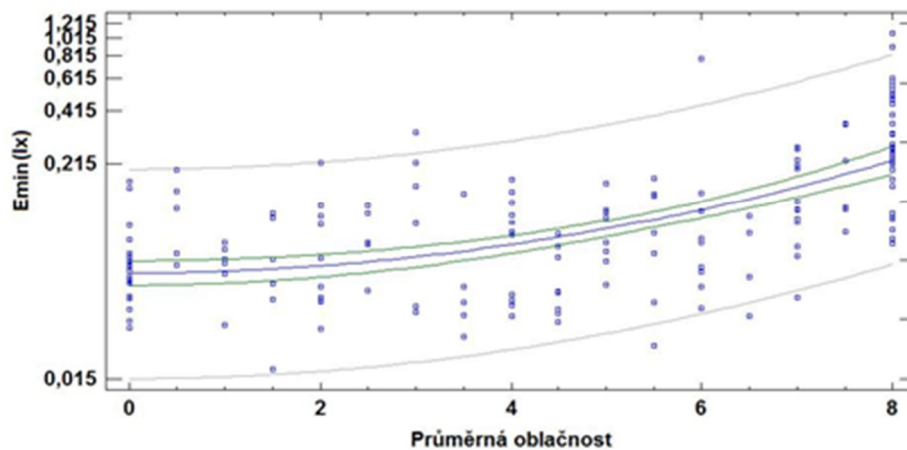
Regresní křivka, která nejvíce vystihuje závislost průměrné osvětlenosti bez příspěvku svítidla na oblačnosti je funkcí Logarithmic-Y squared-X:

$$Y = \exp(a + b \cdot X^2).$$

Výsledný model je popsán rovnicí (1) a její průběh je zobrazen v grafu.

$$E = \exp(-2,89605 + 0,0219427 \cdot [\text{průměrná oblačnost}]^2) \quad (1)$$

Korelační koeficient je 0,64 a indikuje středně silný vztah mezi těmito proměnnými. Tento model popisuje 40,8% variability všech hodnot průměrné osvětlenosti.



Obr.2 Graf průběhu regresní křivky.

2.2.2 Závislost průměrné osvětlenosti při zapnutém svítidle na oblačnosti.

Regresní křivka, která nejvíce vystihuje závislost průměrné osvětlenosti s příspěvkem od svítidla na oblačnosti je opět funkcí Logarithmic-Y squared-X. Výsledný model je popsán rovnicí (2). Korelační koeficient je 0,578 a indikuje středně silný vztah mezi těmito proměnnými. Model popisuje 33,2% variability všech hodnot průměrné osvětlenosti.

$$E_{\max} = \exp(-2,22981 + 0,0158666 * [\text{průměrná oblačnost}]^2) \quad (1)$$

2.2.3 Závislost přírůstku osvětlenosti od zdroje světelného toku umístěného v blízkosti měřicí aparatury na oblačnosti.

Korelační koeficient je 0,195 a indikuje relativně slabý vztah mezi těmito proměnnými. Výsledný model popisuje pouze 3,8% variability průměrného přírůstku osvětlenosti. Z těchto poznatků je možné usoudit, že stupeň oblačnosti nemá přímý vliv na přírůstek osvětlenosti od přídatného svítidla.

3 Závěr

Ze souboru dat, získaného dlouhodobým měřením osvětlenosti, způsobené odrazem světelného záření od noční oblohy jsem byl schopen za pomoci statistických metod ověřit vliv ročního období na průměrný přírůstek osvětlenosti (ΔE). Z výsledků exploratorní analýzy je patrné, že variabilita přírůstku osvětlenosti klesá s přechodem od zimního období k období letnímu a naopak vzrůstá s přechodem od letního období k období zimnímu. Maximální přírůstek osvětlenosti byl 0,216 lx a minimální hodnota byla 0,0042 lx. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ byla zamítnuta nulová hypotéza, tedy testované výběry mají mezi sebou statisticky významné rozdíly. Z toho to lze vyvodit, že roční období má vliv na průměrný přírůstek osvětlenosti způsobený odrazem světelného záření od noční oblohy. Dále byla v příspěvku popsána závislost mezi průměrnými hodnotami osvětlenosti (bez příspěvku uměle vygenerovaného světla, s uměle vygenerovaným světlem a samotný přírůstek osvětlenosti) na průměrné oblačnosti. Nejsilnější vztah těchto proměnných byl při vypnutém přídatném svítidle. Regresní model popisující chování osvětlenosti v závislosti na oblačnosti vysvětlí 40,8% variability a je popsán rovnicí (1). Také bylo zjištěno, že samotný přírůstek osvětlenosti vyvolaný přídatným svítidlem není ovlivňován stupněm oblačnosti. Jeho velikost tedy nezávisí na aktuální oblačnosti. V této práci se bude pokračovat a bude

rozšířená o údaje imisních hodnot ovzduší. Získané hodnoty by měly upřesnit navržený regresní model a mohly by také vysvětlit změnu velikosti přírůstku osvětlenosti od přídavného svítidla.

Poděkování

Tento článek byl připraven s podporou projektu: „Inteligentní řízení osvětlovacích systémů“. SP2016/151 s pomocí VŠB-TU Ostrava.

Literatura a odkazy

- [1] DOSTÁL, František, Karel SOKANSKÝ a Tomáš NOVÁK. Dlouhodobé měření rušivého světla v areálu VŠB-TUO. 2009.
- [2] Český Hydrometeorologický Institut, Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/informace-pro-vas/meteorologicka-terminologie>
- [3] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [4] Litshmannová, M. Úvod do statistiky (interaktivní učební text), Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava Západočeská univerzita v Plzni, 2012. Dostupné z: http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/interaktivni_uvod_do_statistiky.pdf
- [5] Šimonová, L. *Průvodce programem Statgraphics, část 1*, VŠB – TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ostrava, 2006, 36s.
- [6] Šimonová, L. *Průvodce programem Statgraphics, část 2*, VŠB – TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ostrava, 2006, 70s.

Přepět'ové ochrany v osvětlovací technice

Ladislav Juchelka, Ing., REPOS TECHNIK s.r.o., www.repostechnik.cz, ladislav.juchelka@repostechnik.cz

1 Přepět'ové ochrany pro sítě nn

1.1 Typ 1 (svodiče bleskových proudů) – vyhovují zkouškám třídy I

SPD určená ke svedení vysoké energie bleskového proudu a současně zajišťující vyrovnání potenciálu v případě přímého úderu blesku. Instalují se obvykle v hlavním rozvaděči (na rozhraních LPZ 0/1).



Obr.1 Jiskřiště



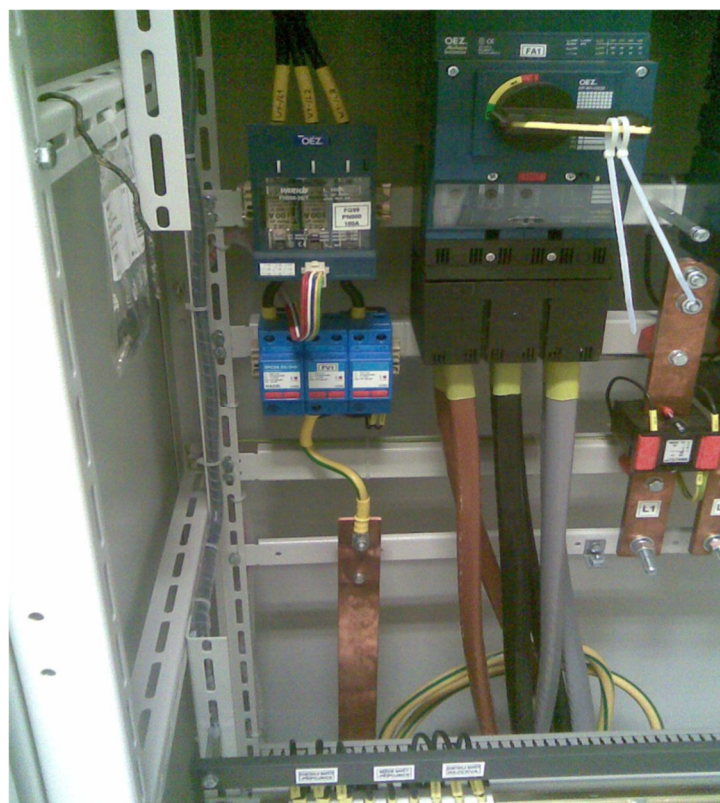
Obr.2 Zapojení jiskřiště v rozvaděči

1.2 Typ 1+2

Označení pro SPD vyhovující zkouškám třídy I a třídy II.



Obr.3 Kombinovaná ochrana typu 1+2



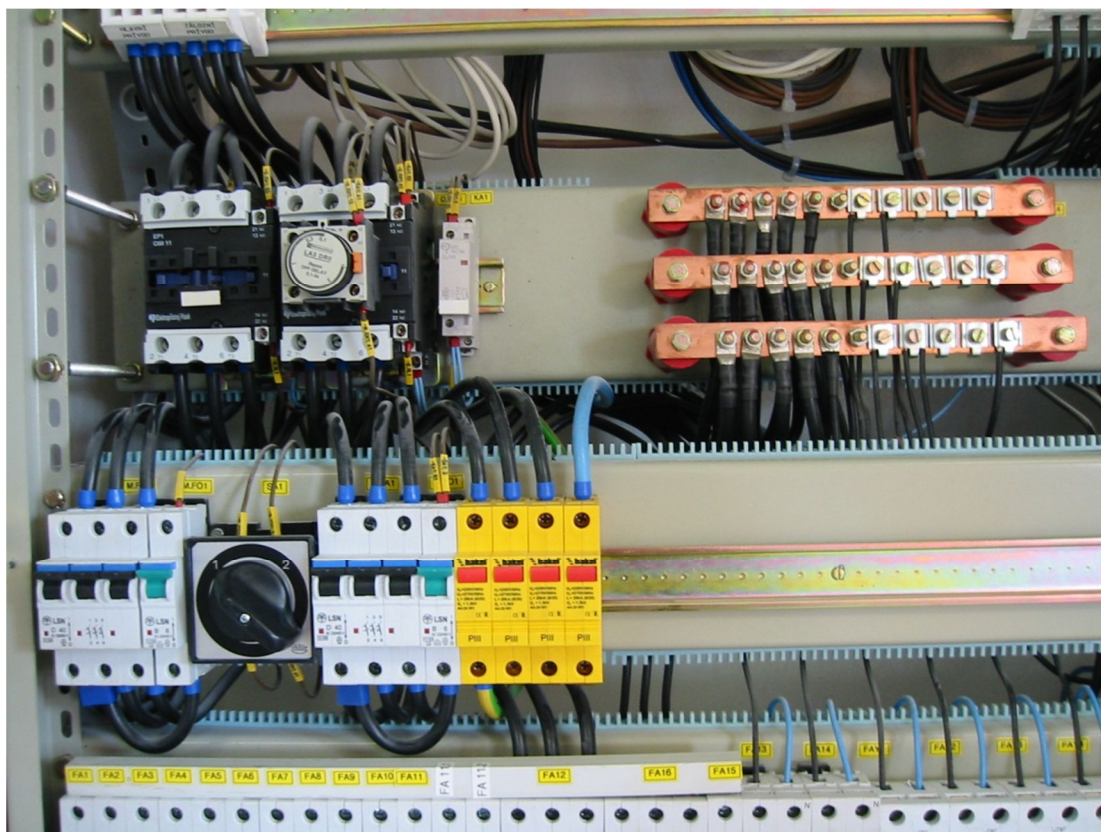
Obr.4 Zapojení kombinované ochrany v rozvaděči

1.3 Typ 2 (svodiče přepětí) – vyhovují zkouškám třídy II

SPD určená k vyrovnání potenciálů a svedení energeticky méně náročných impulzů (spínací přepětí, indukované přepětí, zbytkové přepětí za SPD typu 1). Mají nižší (lepší) napěťovou ochrannou hladinu. Instalují se blíže k chráněnému zařízení (na rozhraní LPZT 1/2), obvykle v podružných rozvaděčích.



Obr.5 Ochrana typu 2

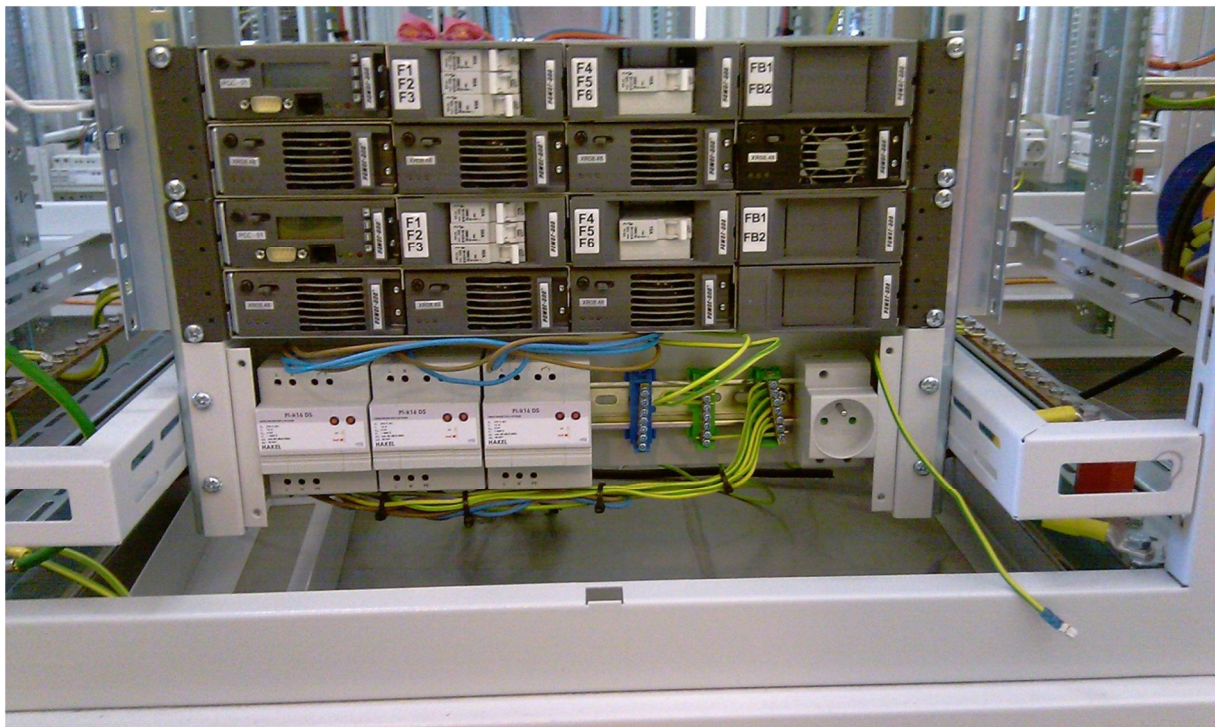


Obr.6 Příklad zapojení ochrany typu 2

1.4 Typ 3 (svodiče přepětí) – vyhovují zkouškám třídy III
Nejjemnější stupeň kaskády SPD, instaluje se u chráněného zařízení. Často bývá kombinován s vf (RFI/EMI) filtrem.



Obr.7 Ochrana typu 3



Obr.8 Ukázka zapojení ochrany typu 3

2 Rázové oddělovací tlumivky

Rázové oddělovací tlumivky pro jmenovité proudy 16, 32, 63, 80 a 120A. Tyto tlumivky, někdy též označované jako oddělovací impedance, zabezpečují tzv. energetickou koordinaci mezi svodiči typu 1 a typu 2. stupně ev. mezi svodiči typu 2 a typu 3 podle normy IEC 1024-1 a ČSN EN 61643-11 tam, kde není mezi nimi zajištěna dostatečná vzdálenost (týká se případů, kdy v jednom rozvaděči jsou umístěny 2 následné stupně).

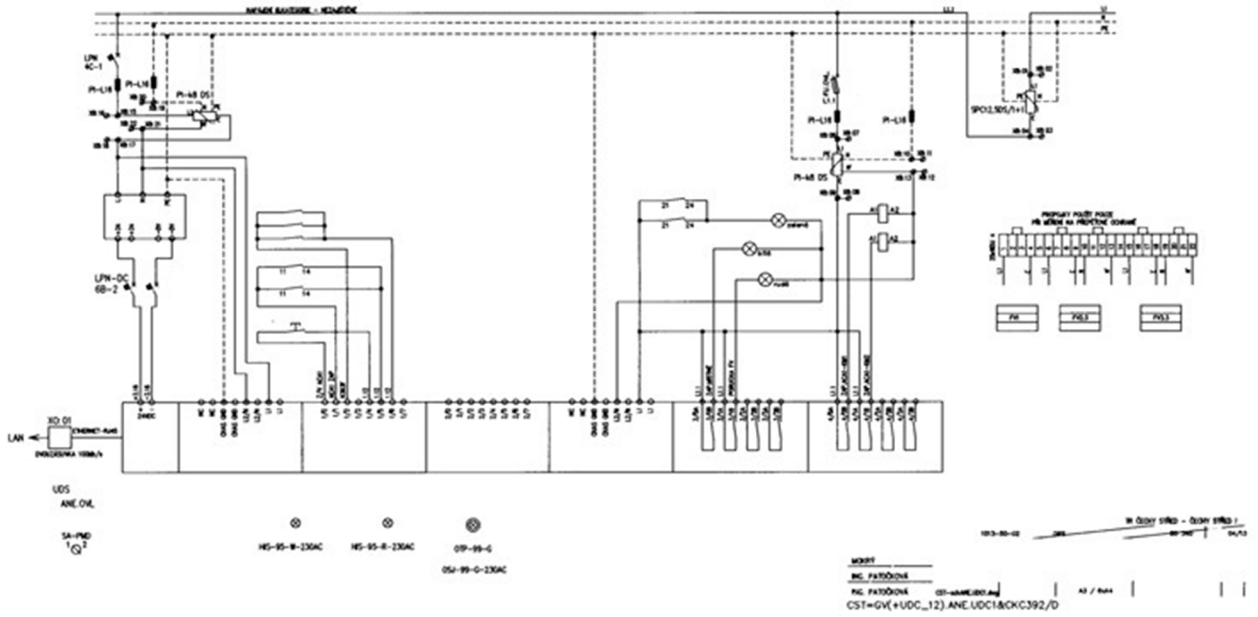


Obr.9 Rázová tlumivka

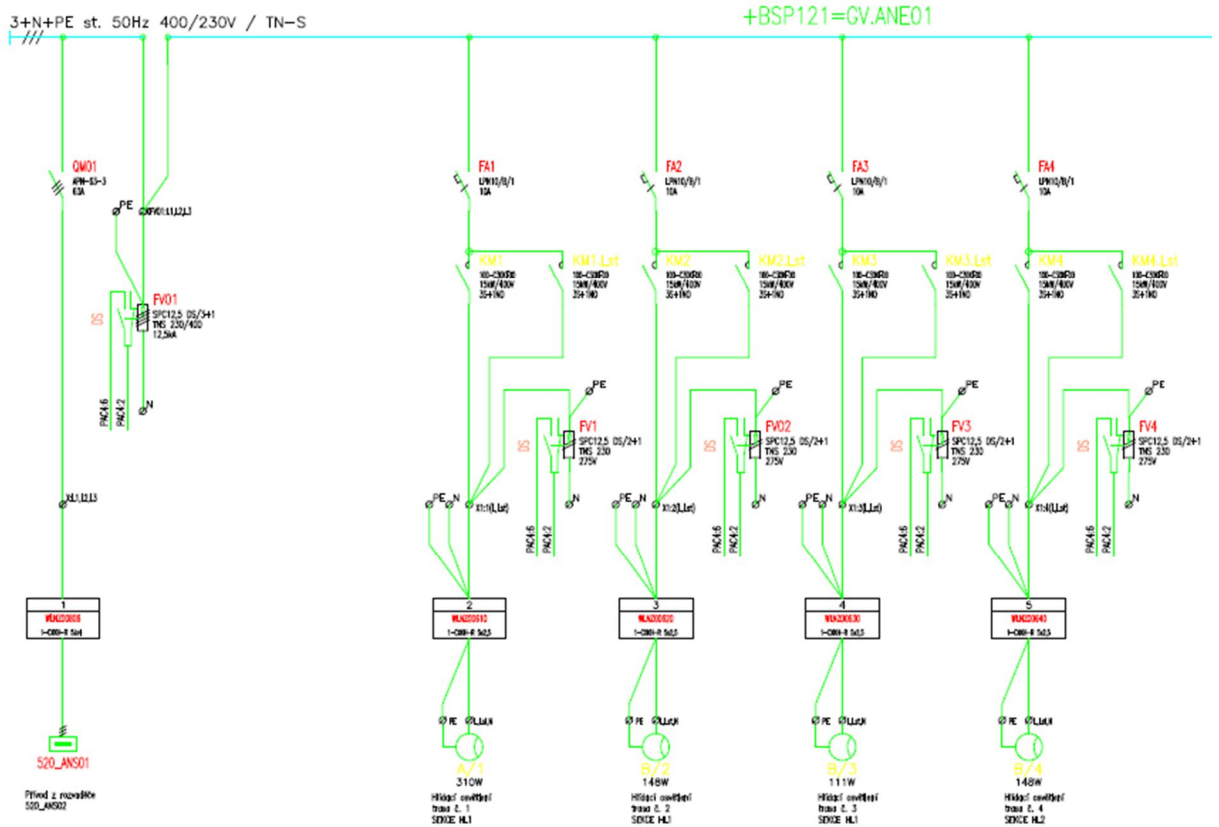


Obr.10 Příklad zapojení rázové tlumivky

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII



Obr.11 Konkrétní příklad ochrany napájení ovládání osvětlení v rozvodně ČEPS, a.s.

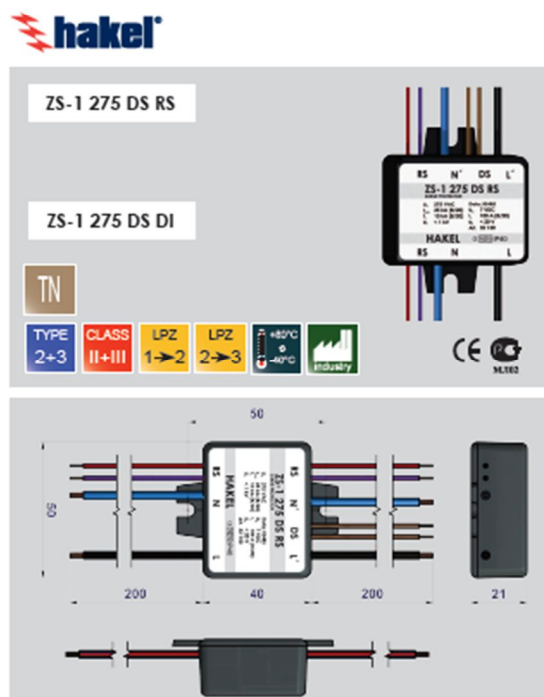


Obr.12 Příklad ochrany rozvaděče, který napájí venkovní osvětlení

SVODIČE PŘEPĚTÍ

ZS-1 275 DS RS a ZS-1 275 DS DI jsou svodiče přepětí typu 2+3 podle norem ČSN EN 616 43-11, ČSN EN 616 43-21 a ČSN EN 62305 určené pro ochranu svítidel LED využívaných především pro osvětlení tunelů, objektů a pouličního osvětlení. Chrání účinně jak přívody napájecího napětí, tak i datové vodiče komunikačních linek pro dálkové ovládání svítidel (protokol RS 485 event. DALI). Oba typy jsou vybaveny interním rozpojovacím signalizačním kontaktem (DS) aktivovaným při přehřátí vestavěného varistoru nad 136°C. Způsob připojení k dané aplikaci je lankovými přívody.

Typ	ZS-1 275 DS RS	ZS-1 275 DS DI	
Síťová část			
Jmenovitá provozní napětí	U_N	230 V AC	
Nejvyšší trvalé provozní napětí	U_C	275 V AC	
Maximální výbojový proud (8/20)	I_{max}	25 kA	
Jmenovitý výbojový proud (8/20)	I_n	10 kA	
Kombinovaný impulz	U_{OC}	10 kV	
Napěťová ochranná hladina při I_n	U_p	<1,1 kV	
Napěťová ochranná hladina při U_{OC}	U_r	<1 kV	
Doba odezvy	t_A	<25 ns	
TOV výdržnost	U_T	335V/5 s	
Životnost		mín. 100,000 h	
Indikace poruchy (DS)		Bezpotenciálový kontakt max. 230VAC/0,5A	
Krytí		IP45 (standard) IP 65 (pouze na zvláštní objednávku)	
Datová část			
-max. trvalé napětí	U_C	7 VDC	28 VDC
-max. svodový proud	I_{SW}	200 A/8,3 ms	200 A/8,3 ms
-jmenovitý svodový proud (8/20)	I_n	100 A	100 A
-ochranná úroveň při I_n	U_p	<20 V	<40 V
-protokol datového přenosu		RS 485	DALI
Hmotnost	m		55 g
Délka přívodních vodičů	l	200 mm (vodiči 1,5 mm ² a 0,35 mm ²)	
Pracovní poloha		libovolná	
Montáž		Na stěnu či montážní desku dvěma šrouby (vruty) #4mm	
Katalogové číslo (verze IP 40)		32 150	32 152
Katalogové číslo (verze IP 65)		32 154	32 155



Obr.13 Ukázka přepětivé ochrany pro ochranu LED svítidla

Aplikace LED svítidel do extrémních průmyslových prostor

Aleš Kaňa, Ing., ales.kana@zumtobelgroup.com, www.zumtobel.cz,
ZG Lighting Czech Republic s.r.o.,

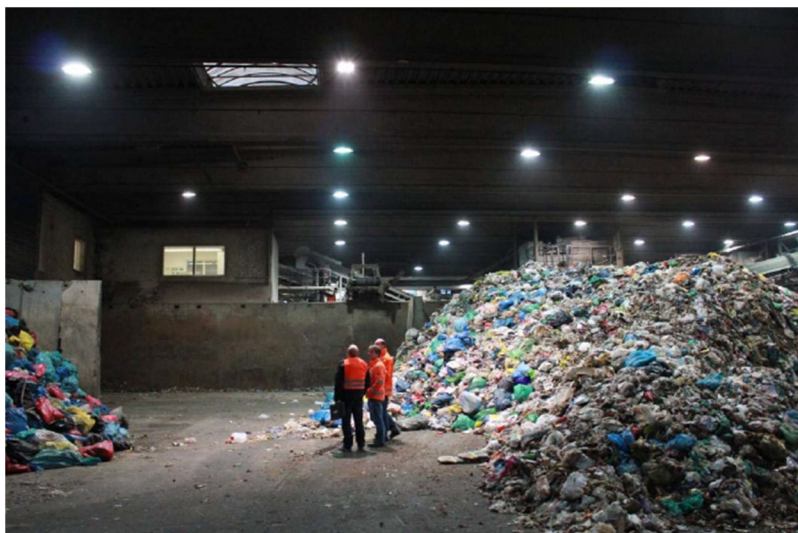
Abstrakt: Článek se zabývá problematikou návrhu LED osvětlovacích soustav v průmyslových prostorech s vysokými rozdíly teplot a extrémní prašností. V těchto prostorech je velmi důležitá správná volba LED svítidla s minimální údržbou, termálním managementem a samočisticím efektem pro udržení maximálního výkonu po dobu garantované životnosti svítidla.

1 Úvod

Na základě častého řešení osvětlení ve velkých průmyslových prostorech s různými specifikami si dovoluji prezentovat užití dnešních LED svítidel, jejich možnosti a výhody. Splnit základní požadavky světelně-technických parametrů jako osvětlenost, rovnoměrnost, podání indexu barev, zvolit vhodnou teplotu chromatičnosti je základem kvality světelného návrhu každého projektanta.

2 Problematika průmyslových prostor

Ve vysokých halách je nutné řešit problematiku rušivého oslnění a problematiku velmi špatného přístupu ke svítidlům, které negativně ovlivňuje vykonávání pravidelné údržby na svítidlech.

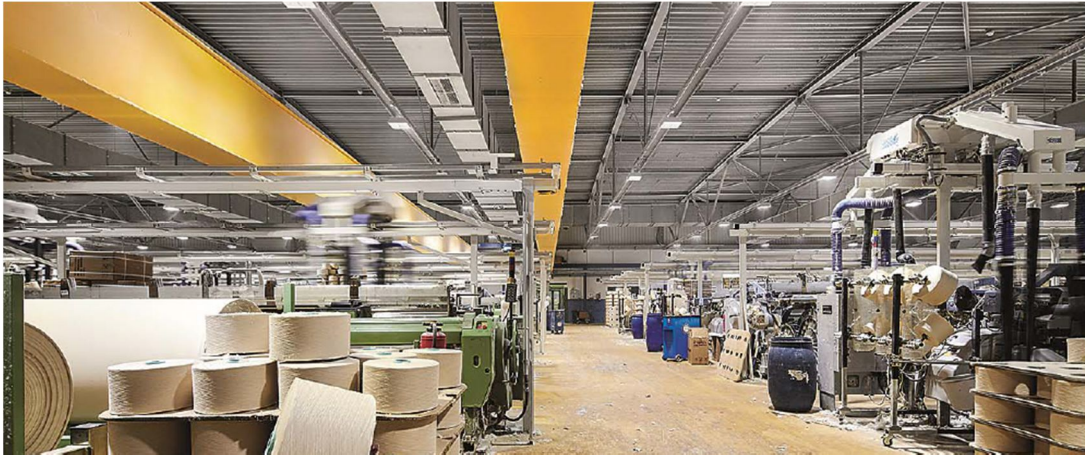


Obr.1 Příkladová fotografie prostoru s vysokou prašností

V průmyslových areálech se dále často potýkáme s problematikou vysokých teplot, vysokých nároků na možnosti čištění svítidel, s vysokou prašností a s různými chemickými částicemi

ve vzduchu, které mohou způsobit rychlejší degradaci materiálu, ze kterých je svítidlo vyrobeno. Mnohdy jsou ve vysokých halách různé stroje, jeřáby nebo linky, které způsobují větší či menší otřesy či vibrace, které také negativně působí na svítidla.

Na druhou stranu existují provozy s velmi čistými prostředím jako mikroelektronika nebo obecně potravinářské provozy.



Obr.2 Příkladové řešení prostoru s požadavkem na vysokou osvětlenost

2.1 Požadavky na osvětlovací soustavu ve vysokých průmyslových halách

Každý projekt a hala má své specifické požadavky a je proto nutné ke každému návrhu osvětlení přistupovat individuálně. Mezi časté světelné, technické nebo speciální požadavky na svítidla, které je nutno splnit patří:

- Kompaktnost, celistvost svítidla - snadné čištění
- U LED svítidel kvalitní užití komponenty
- Vysoké krytí minimálně IP65
- Vysoká mechanická odolnost IK08 a vyšší
- Optimalizovaný termální management s autonomní řídicí elektronikou
- Světelné výkony např. 13 klm / 26 klm / 34 klm
- Měrný výkon začínající na 131 lm/W
- Index podání barev Ra > 80

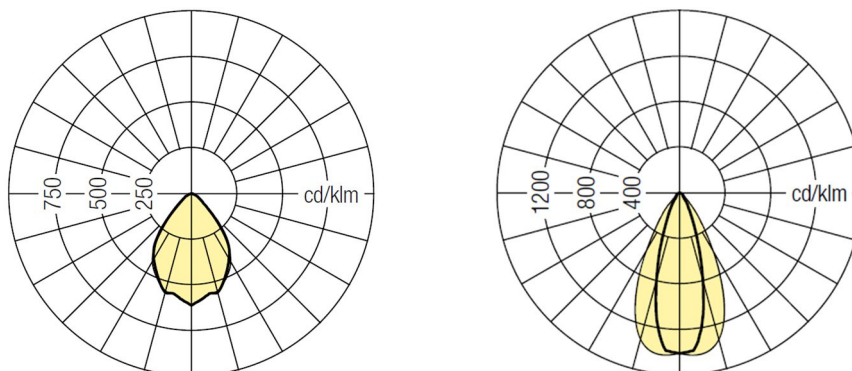
A velmi důležité parametry životnosti obecně udávané jako „střední doba života“ např.:

- 50000h L85 v toleranci teploty -40°C až 50°C

Často se setkáváme požadavky na možnost užití LED svítidel do prostor s okolní teplotou přes 65°C. pro takový prostor nutno zabezpečit technické parametry svítidel např.:

- 50000h L85 v toleranci teploty -30°C až 70°C

Světelný technik dle charakteru prostoru musí řešit vhodné užití optiky. Základním rozčleněním je širokozářící optika (s optimalizovanou charakteristikou pro udržení činitele oslnění UGR pod hodnotu 22) a úzkozářící optika. Tuto nutno dávat do velmi vysokých hal, nebo zejména mezi regály.



Obr.3 Křivky svítivosti: „široká“ vlevo a „úzká“ vpravo

2.2 Potravinářský průmysl

Dalším složitým odvětvím je problematika potravinářského průmyslu. To znamená prostory s velkými požadavky na čistotu prostředí. Dále s požadavky na vysokou kvalitu osvětlení a nízkou úroveň oslnění. Nad výrobní linky v potravinářském průmyslu je navíc nutný certifikát: standardy DIN 10500 spadající pod HACCP pro IFS.

Vhodná volba svítidel s uvedenými certifikáty a parametry má zajistit provoz při havarijním stavu svítidla to, že se za žádných okolností nedostane žádné částice svítidla do výrobní linky nebo do prostoru pod svítidlem.

3 Dimenzování kabeláže

Protože se stále bavíme o svítidle s LED zdrojem, je pro elektroprojektanta důležité, aby pamatoval a náběžné proudy. Většina LED svítidel je vybavena spínanými zdroji, které mají tyto hodnoty násobně vyšší, než je proud provozní. Proto je nutno pamatovat na dimenzování jištění a kabeláže.

CONV PH Xit 75W 0,12-0,4A 220V 230V

Miniature circuit breaker

miniature circuit breaker type	B10	B13	B16	B20	B25	C10	C13	C16	C20	C25
Quantity	15	19	24	30	37	24	32	40	49	62

Inrush current 19 A

Pulse duration 280 μ s

Obr.4 Příkladová tabulka LED napáječů Philips

Tzv. náběžový proud u 75W předřadníku je 19A. nutno se vždy řídit podobnou tabulkou jak pro jištění, tak pro stykačové či jiné impulzní spínání.

4 Svítidlo do vysokých teplot

Volba LED svítidla do vysokých teplot okolí může být složitá. Obecně platí, že technologie LED potřebuje mít velmi dobré chlazení. Už teplota vyšší o 10°C nad doporučenou teplotu okolí může snížit životnost LED o 30%. Proto by měl být kvalitní termální management u LED nepodceňovaný a měl by sloužit k udržení vysoké životnosti LED svítidla i napáječe.

4.1 Chlazení

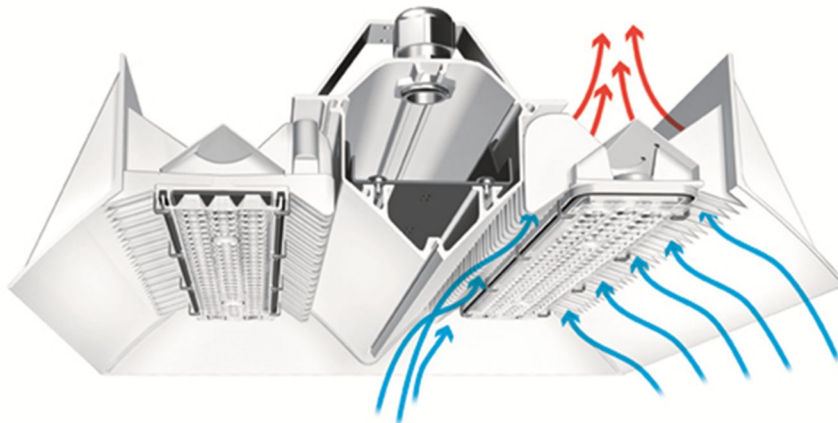
Základní princip chlazení je co nejlépe odvézt co největší tepelnou energii od LED-čipu do okolního prostoru. Zpravidla dělíme chladiče na aktivní: LED svítidlo je chlazeno ventilátorem prouděním vzduchu nebo prouděním kapaliny pomocí aktivního nebo pasivního pohonu.

Z dlouhodobého hlediska a z praktického hlediska se aktivní chlazení jakéhokoli typu nedoporučuje. Velmi amatérsky řečeno – ke svítidlu je dopojeno jakési další zařízení, které může generovat další chyby a následné problémy.

Pasivní chlazení je druhou a určitě vhodnější volbou. Odvádění tepla od LED-čipu je pomocí vhodně užitého kovu, který dobře vede teplo. Zpravidla to bývá lehká slitina hliníku. Teplo je pomocí kovu odváděno do prostoru a správným výpočtem objemu hliníku nenastane přehřátí LED nebo předřadníku.

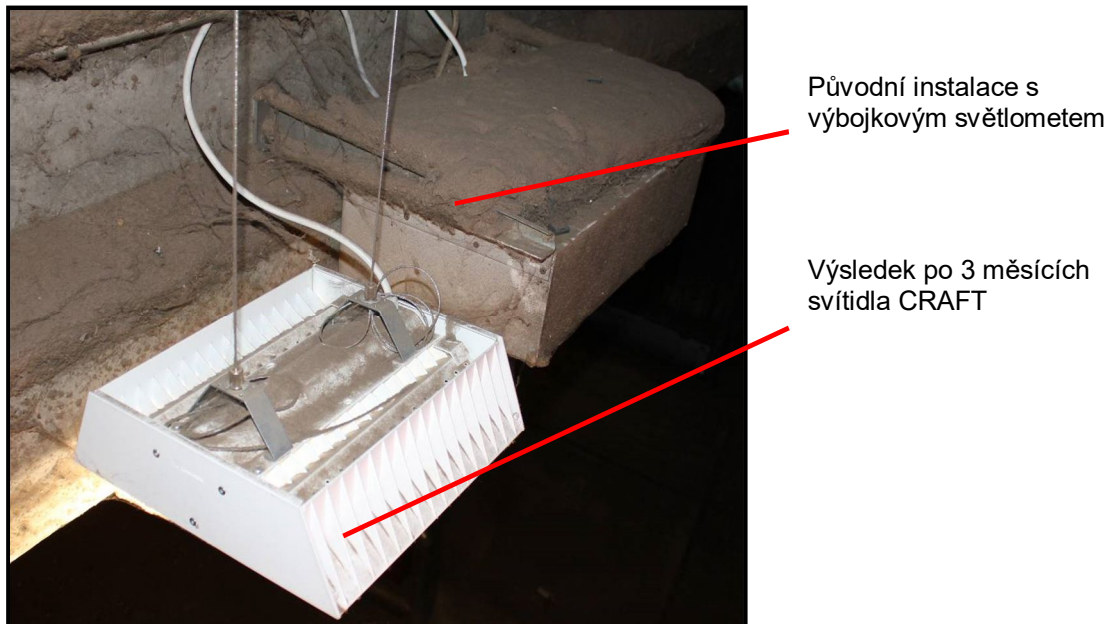
Nutno podotknout, že předřadník vydá také nějaké teplo. Obecně se doporučuje termálně tyto dva tepelné členy oddělit.

Fyzikální vlastnost teplého vzduchu je taková, že proudí do oblastí s nižší teplotou. Na tomto principu je založeno chlazení svítidla CRAFT. Teplo vznikající svícením LED je odváděno do prostoru skrze hliník. A díky designu vertikálního žebrování je minimalizován objem kovu a zlepšen odvod tepla do okolí. Přiložený obrázek č.5 názorně zobrazuje princip chlazení svítidla.



Obr.5 Barevné znázornění proudění vzduchu: studený vzduch je nasáván zespod svítidla a prouděním vyhání teplý vzduch shora svítidla

4.2 Realizace svítidla v prostoru s vysokou teplotou okolí a velmi vysokou prašností
Zákazník ve velmi problematickém objektu řešil výměnu osvětlení, kde vstupní podmínky byly, že za jeden měsíc se může usazovat okolo 3cm vrstvy prachu. Byla instalována první polovina haly a po 3 měsících byly kontrolovány výsledky.



Obr.6 Instalace svítidla CRAFT v průmyslovém prostoru s vysokou prašností

Proudění vzduchu nejen že zlepšuje odvod tepla, ale způsobilo, že prach z okolí se ani neusadil na vertikální žebrování. Zákazník si vyžádal nezávislé měření teploty a na povrchu svítidla a teplota nikde nepřesáhla 35°C

5 Závěr

Problematika osvětlování špinavých průmyslových hal s extrémními požadavky na svítidla je na denním pořádku každého světelného technika. V předmětu článku nebylo obsaženo inteligentní hlídání osvětlenosti celé haly, to ale nebylo předmětem článku a vyžadovalo by to samostatnou diskuzi. Vhodnou kombinací kvalitních svítidel, dobrého tepelného managementu a optimalizaci řízení tepla v celé budově je možné dosáhnout každým rokem nižší a nižší spotřeby elektrické energie a tím pádem dosáhnout vyšších finančních úspor.

Literatura a odkazy

- [1] Zumtobel [online]. Zumtobel: ©2016 [cit. 10.8.2015]. Dostupné z: <http://www.zumtobel.cz/>
- [2] Thorn [online]. Thorn: ©2016 [cit. 1.1.2016]. Dostupné z: <http://www.thornlighting.cz/cs-cz>

ČSN 360035 Denní osvětlení (1968)

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

Abstrakt: ČSN 360035 Denní osvětlení z roku 1968 jako první použila k hodnocení zataženou oblohu s gradovaným jasem (CIE 1:3, CIE 1:2) a jako první zavedla hodnocení zrakových činností pomocí poměrné vzdálenosti. Stanovila požadavky na denní osvětlení, které jsou dodnes v platnosti. Tuto normu lze právem považovat za základ, na kterém stojí technická normalizace denního osvětlení v našich zemích dodnes.

Sluneční světlo, střídání dne a noci, provází život na naší planetě po miliony let a je jedním ze základních atributů, které podmiňují život člověka stejně tak, jako gravitace, magnetické pole, atmosféra, voda a potrava. Ve svém dlouhodobém působení je denní světlo nenahraditelné. Vědomí nezbytnosti denního světla a přímého slunečního záření v životním prostředí člověka našlo svůj odraz v základním dokumentu moderního urbanismu – v Athénské chartě z roku 1933, která byla reakcí na neutěšené zdravotní podmínky většiny obyvatel měst v období tzv. průmyslové revoluce od konce 18. a v 19. století. V česko-slovenské technické normalizaci se požadavky na osvětlení interiérů budov denním světlem začaly objevovat již těsně po druhé světové válce.

V ČSN ESČ 70–1949 *Osvětlování domovů* je dennímu osvětlení věnována kapitola 2.02. Denní světlo má být účelné, má mít dostatečnou intenzitu a má být rovnoměrné po celé osvětlované ploše. Vliv na rovnoměrnost má poloha okna (co nejbližší u stropu), šířka pilířů mezi okny (mají být co nejužší), výška místnosti (co nejvyšší) a vhodná volba rozptylujícího materiálu pro okno (záclony).

ČSN 73 0511 *Denní osvětlení průmyslových budov* z roku 1955 již používá kritérium činitele denní osvětlenosti. Potřebné osvětlení je určeno druhem vykonávané práce, která se dělí podle toho, jak velké podrobnosti je třeba rozeznávat. Součástí této normy jsou také metody pro stanovení činitele denní osvětlenosti výpočtem a předpokládá se také možnost měření této veličiny. Definice činitele denní osvětlenosti v té době ještě vycházela z představy oblohy s konstantním jasem. Na tuto normu z roku 1955 navázala ČSN 36 0048 *Osvětlování obytných budov* z roku 1960. Hodnoty činitele denní osvětlenosti požadované v této normě jsou v porovnání se současnými požadavky vyšší, což souvisí s konstantním jasem tehdy uvažované normové oblohy.

Pro poznání principů a cílů normalizace denního osvětlení v České republice a na Slovensku je klíčová ČSN 36 0035 *Denní osvětlení budov* z roku 1968. Tato norma u nás zavedla hodnocení pomocí modelu zatažené oblohy s gradací jasu mezi horizontem a zenitem 1:3, resp. 1:2 pro nadmořské výšky nad 600 m, zavedla pojem „trvalý pobyt“ a poprvé použila k hodnocení obtížnosti zrakové práce poměrnou pozorovací vzdálenost. Také stanovila požadavky na denní osvětlení, z nichž většina je platná dodnes. Pro uvědomění si podstaty oboru stavební světelná technika je užitečné si připomenout některé důležité články této normy (*citují*):

11. Účel normy. Norma stanoví požadavky a podmínky pro návrh, realizaci, provoz, údržbu a kontrolu denního osvětlení budov a tím podporuje dosažení zrakové pohody.

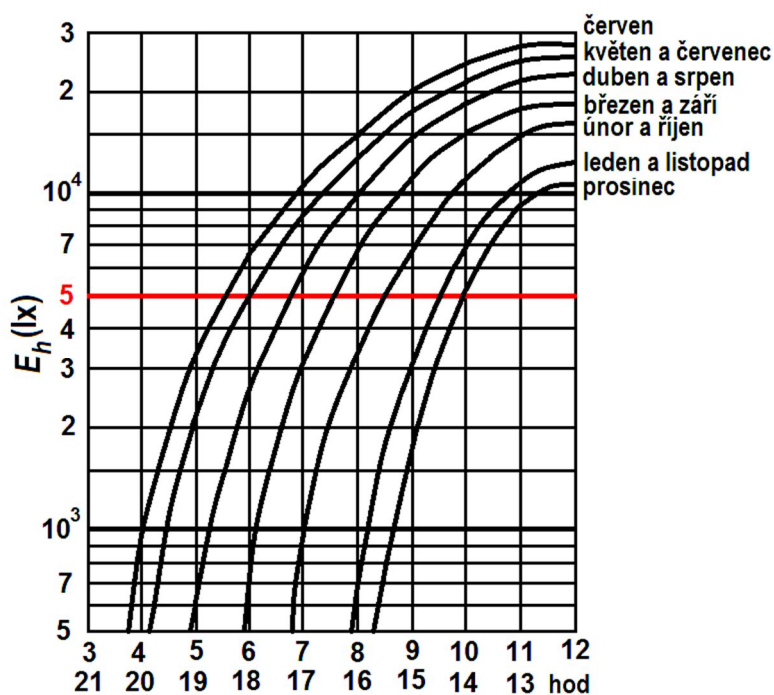
12. Vztah k jiným normám. Norma se týká všech druhů budov.

14. Podmínky vidění. Vidění je podmíněno těmito základními činiteli:

- a) pozorovaným předmětem a jeho okolím,
- b) zrakovým orgánem a jeho stavem,
- c) osvětlením,
- d) časovými činiteli.

Činitele uvedené v bodech a), b) a d) lze ovlivnit jen v omezené míře a proto se příznivých podmínek vidění dosahuje hlavně vhodně voleným osvětlením, vytvářejícím přiměřené jasné kontrasty jasů ploch v zorném poli pozorovatele.

15. Z denní světlo se považuje všechno sluneční světlo, jehož část dopadá na zemi jako přímé sluneční světlo, část je rozptýlena atmosférou a dopadá na zemi jako oblohové světlo. Charakteristickým znakem denního světla je jeho neustálá proměnlivost podle roční i denní doby a podle atmosférických podmínek. Množství denního světla, jeho spektrální složení a rozložení světelného toku se mění v širokých mezích.



Obr.1: Hodnoty srovnávací osvětlenosti E_h (lx) vodorovné nestíněné roviny zatažené oblohou během dne i roku

23. Požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti jsou v normě stanoveny tak, aby při srovnávací osvětlenosti $E_n = 5000$ lx byla osvětlenost vnitřního prostoru dostačující pro předpokládanou činnost.

26. Denní osvětlení se hodnotí kromě osvětlenosti hlavně podle těchto hledisek:

- a) rovnoměrnost osvětlení,
- b) rozložení světelného toku a hlavní směr osvětlení,
- c) rozvržení jasu ploch v zorném poli a jejich kontrasty,
- d) vliv nepříznivých jevů, zejména oslnění.

28. Podle náročnosti zrakového úkolu a z toho vyplývající náročnosti na osvětlení se zařazují jednotlivé činnosti do tříd. Hlavním vodítkem pro zařazení činnosti je poměrná vzdálenost nejmenší pozorované podrobnosti, nezbytné pro splnění zrakového úkolu. Vyjadřuje se jako podíl pozorovací vzdálenosti a rozměru pozorované podrobnosti. Převrácenou hodnotou poměrné vzdálenosti je poměrná velikost pozorované podrobnosti, která může být též stanovena velikostí zorného úhlu nejmenší pozorované podrobnosti.

29. Pro zařazení činností do tříd jsou kromě poměrné vzdálenosti pozorované podrobnosti rozhodující zejména tato hlediska:

a) kontrast jasů, barev nebo obojího mezi pozorovanou podrobností a jejím pozadím. Při malých kontrastech jasů (1:2 až 1:5) jsou vyšší nároky na osvětlení. Mění-li se kontrasty jasů nebo barev během činnosti, je třeba vzít v úvahu nejméně příznivý případ.

b) čas, který je pro postřehnutí pozorované podrobnosti k dispozici, a pohyb a charakter pohybu pozorovaného předmětu, pozorovatele nebo obojího. Pro neomezený nebo delší čas pozorování jsou menší nároky na osvětlení, než je-li doba pozorování omezena na krátký časový úsek (např. 1 sekunda a méně). V klidu nebo při rovnoměrném pomalém pohybu bývají nároky na osvětlení menší, než při rychlém pohybu a změnách rychlosti nebo směru pohybu.

c) činnosti, u kterých záleží na zcela přesném nebo velmi rychlém rozlišení podrobnosti a chyba může mít vážné nepříznivé následky (úraz, havárie a podobně) mají větší nároky na osvětlení.

d) stav zrakového orgánu. Nároky na osvětlení se zvětšují při stáří nadpoloviční většiny pozorovatelů nad 45 let a při některých vadách zraku nebo nemocech většiny pozorovatelů.

e) doba, po kterou je třeba činnost vykonávat. Krátkodobé úkoly mají menší nároky na osvětlení, než dlouho trvající činnosti (např. větší část nebo celou pracovní dobu).

30. Činnosti se zařazují do tříd na základě poměrné vzdálenosti pozorované podrobnosti podle tab. 1. Uplatní-li se některá okolnost s většími nároky na osvětlení z čl. 29, kromě bodu e), zvýší se příslušný činitel denní osvětlenosti o polovinu rozdílu s nejbližší vyšší třídou. Při dvou nebo třech takových okolnostech se zařadí činnost o jednu třídu výše, při čtyřech okolnostech se zvýší činitel denní osvětlenosti o další polovinu rozdílu třídy.

Třída	Poměrná vzdálenost pozorované podrobnosti
I.	větší než 3500
II.	3500 až 1150
III.	1150 až 350
IV.	350 až 35
V.	menší než 35
VI.	pouze celková orientace

Tab. 1: Třídy činností podle nároků na denní osvětlení

31. Vnitřní prostory budov se z hlediska nároků na denní osvětlení třídí obdobně jako činnosti v nich prováděné. Jsou-li činnosti ve vnitřním prostoru zařazeny do různých tříd, pak se vnitřní prostor zařadí podle nejnáročnější činnosti.

32. Jsou-li činnosti zařazené do vyšších tříd omezeny trvale jen na část vnitřního prostoru, odstupňuje se zařazení částí vnitřního prostoru podle příslušných činností.

41. V budovách musí mít všechny prostory určené pro trvalý pobyt lidí během dne vyhovující denní osvětlení, nejde-li o případy podle čl. 42 a 43. Trvalým pobytem během dne se rozumí pobyt po celý den nebo podstatnou část dne v prostoru opakovaně užívaném, na příklad po celou nebo větší část pracovní doby.

42. Vnitřní prostory s trvalým pobytem lidí bez denního osvětlení se v budovách dovolují jen výjimečně se souhlasem příslušného orgánu hygienické služby tam, kde je to odůvodněno funkčně i ekonomicky, za předpokladu dodržení hygienických zásad.

43. Sdružené osvětlení (tj. přisvětlování umělým světlem během dne) je jako trvalé celkové osvětlení dovoleno jen výjimečně se souhlasem příslušného orgánu hygienické služby v případech odůvodněných nejen ekonomicky, ale i funkčně (např. technologicky).

44. Nejmenší hodnoty činitele denní osvětlenosti při největším znečištění konstrukcí osvětlovacích otvorů musí pro jednotlivé třídy činností odpovídat údajům podle tabulky 2.

Třída činnosti	Nejmenší dovolené hodnoty činitele denní osvětlenosti v %		
	při bočním osvětlení e_{\min}		při horním a kombinovaném osvětlení $e_{\text{prům}}$
	minimální hodnota	doporučená hodnota	
I.	3,5	4,0	10,0
II.	2,0	3,0	7,0
III.	1,5	2,0	5,0
IV.	1,0	1,2	3,0
V.	0,5	0,8	2,0
VI.	0,25	0,4	1,0

Tab. 2: nejmenší hodnoty činitelů denní osvětlenosti

71. Návrh denního osvětlení budovy a příslušných zařízení musí být u budov s denním osvětlením nedílnou součástí komplexního návrhu budovy od jeho koncepční fáze. Denní osvětlení musí být řešeno jako jedna z podmínek společenské užítelnosti budovy a hospodárnosti její výstavby i užívání.

89. Má-li vnitřní prostor budovy denní osvětlení, zapíná se v něm umělé osvětlení v době, kdy klesne venkovní srovnávací osvětlenost pod hodnotu 5000 lx a vypíná se, když srovnávací osvětlenost tuto hodnotu přestoupí. Při kolísání srovnávací osvětlenosti okolo této hodnoty (např. při proměnlivé oblačnosti) se ponechává umělé osvětlení v činnosti. *(konec citací)*

V tomto příspěvku zdaleka nebylo možno ocitovat všechny důležité články normy. Řada článků se ve stejné nebo mírně pozměněné formě zachovala v textu platných norem dodnes. Jiné zanikly, ale zasloužily by znovu v normalizaci připomenout – např. články o návrhu oken. Celkově byla norma z roku 1968 oproti dnešním požadavkům přísnější. Zejména v navrhování sdruženého osvětlení. Členění činností do tříd bylo v té době trochu jiné (naší nejvíce užívané IV. třídě tehdy odpovídala třída označená jako III.), ale požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti a celý smysl normalizace zůstal zachován až do dnešních dnů.

Mírou zrakové náročnosti byla stejně jako dnes poměrná pozorovací vzdálenost. Požadavky na denní osvětlení v hodnotách činitele denní osvětlenosti důsledně vycházely z náročnosti zrakové činnosti a byly stanoveny tak, aby při hodnotě horizontální exteriérové osvětlenosti $E_h = 5000$ lx a vyšší nebylo třeba svítit umělým světlem. Z diagramu na obr. 1 lze například vyčíst, že splnění požadavků normy předpokládá v březnu možnost vypnutí umělého osvětlení po dobu od cca 7,30 do 16,30 hodin. Text ČSN 36 0035 *Denní osvětlení budov* z roku 1968 jednoznačně vypovídá o podstatě a zaměření technické normalizace

denního osvětlení u nás a na Slovensku. Cílem od počátku bylo, a dosud je, alespoň po část dne zajistit dostatečné množství denního světla pro zrakovou práci, kterou uživatelé budov v interiérech vykonávají. Zjednodušeně řečeno: Naší starostí je, aby lidé při denním světle dobře viděli na to, co musí (nebo chtějí) v interiérech budov dělat. O nic více, ale také o nic méně, nám nejde. V této souvislosti jsou deklarace o zrakové pohodě a o příznivém dojmu z dobře osvětleného prostoru nadbytečné. Pokud lidé při denním světle uvidí dobře předmět své činnosti, budou jejich dojmy a jejich pohoda ve vztahu k dennímu světlu optimální. Ale nebudou-li mít v místnostech, kde trvale pobývají, dostatek denního světla pro svou konkrétní zrakovou práci, zraková pohoda a příznivý dojem z dobře osvětleného prostoru se nedostaví.

V Praze srpen 2016

Pokročilá interpretácia SQM-meraní jasu nočnej oblohy

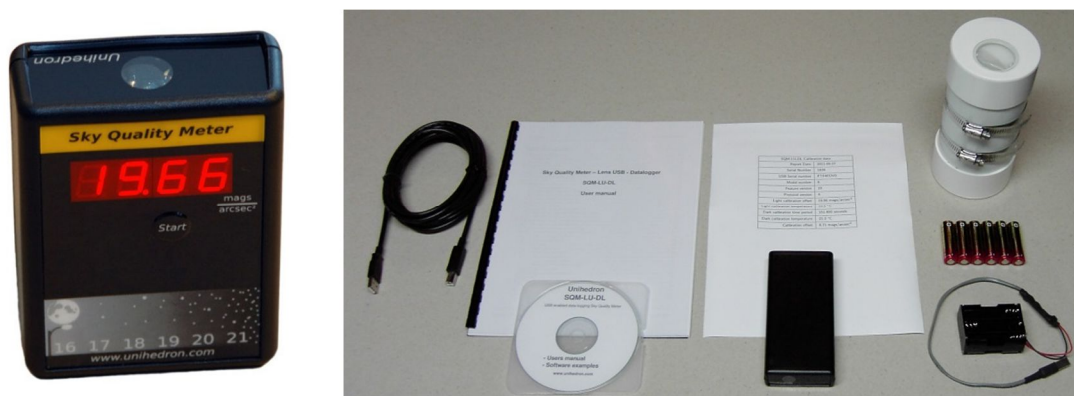
Miroslav Kocifaj, PhD., ICA SAV – Bratislava, Slovensko, kocifaj@savba.sk
 Ladislav Kómar, PhD., ICA SAV – Bratislava, Slovensko, usarlako@savba.sk
 Jaromír Petržala, PhD., ICA SAV – Bratislava, Slovensko, usarjape@savba.sk

Abstrakt: Sky quality meter (SQM) je jednoúčelové prenosné zariadenie pre monitoring difúzneho svetla nočnej oblohy, ktoré dopadá na detektor v malom priestorovom uhle. Ide teda o smerovú charakteristiku. SQM je používaný na celom svete, ale aj napriek rutinnej kalibrácii je porovnanie dát z dvoch rôznych prístrojov zaťažené chybou, ktorá nezriedka robí takto získané dáta nekompatibilné. V príspevku referencujeme a použijeme metodiku, ktorá tieto problémy eliminuje a navyše dokáže lepšie využiť informačný obsah meraných dát na stanovenie pomernej emisie umelého svetla do horného polpriestoru.

1 Úvod

Zavedenie jednotných princípov monitorovania nočnej oblohy je nevyhnutným predpokladom k úspešnej analýze dát a k vzájomnej kompatibilitate meraných údajov. V súčasnosti sa rutinne používa tzv. Sky-Quality-Meter (SQM), ktorý je dostupný vo viacerých verziách v závislosti na účele použitia. SQM funguje podobne ako jasomer a obyčajne sa inštaluje tak, aby zachytával svetlo z blízkeho okolia zenitu. SQM zariadenie (Obr.1a) je vhodné chrániť voči vplyvom počasia, k čomu sa používa tzv „housing“ (Obr.1b).

SQM pracuje pri nízkych úrovniach jasu, pričom množstvo zachytených fotónov závisí od tzv, field-of-view, teda od veľkosti zorného poľa prístroja. Pokiaľ na to nie je iný dôvod, je vhodné použiť SQM s najmenším zorným poľom, pretože sa tým zlepšuje korelácia medzi meraným signálom a zenitným jasom.

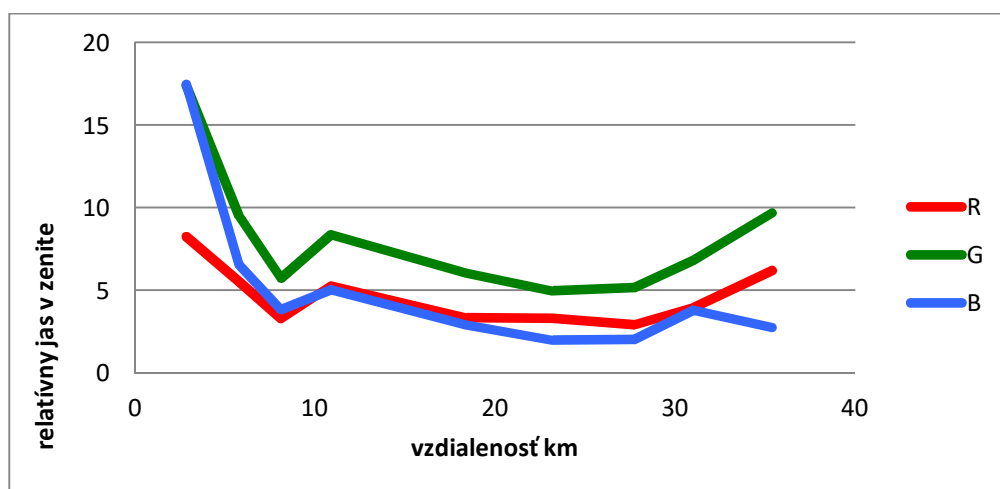


Obr.1 Sky Quality Meter: (a) SQM zariadenie je na obrázku vľavo, (b) inštaláčne CD, SQM a krytka (housing) sú na obrázku vpravo (prebraté z <http://unihedron.com>).

Známa je verzia SQM-L s akceptačným uhlom menším ako 20° (t.j. $\pm 10^\circ$), zatiaľčo tradičné SQM pracujú v rozsahu až 84° (t.j. $\pm 42^\circ$). Očakáva sa, že merania získané tým istým typom prístroja budú navzájom porovnateľné, čo by umožnilo komparatívnu analýzu stavu oblôh v rôznych častiach sveta. Napriek kalibrácii a zohľadnení smerových [1] a spektrálnych [2] charakteristík, sú dáta získané z dvoch rôznych prístrojov stále zaťažené rôznymi úrovňami chyby, čo napokon môže viesť k problémom pri porovnaní výsledkov. Tieto nedostatky sa dajú eliminovať použitím relatívnych dát, ktoré stále obsahujú dostatočné množstvo informácií pre ďalšie spracovanie.

2 Relatívne dáta a ich interpretácia

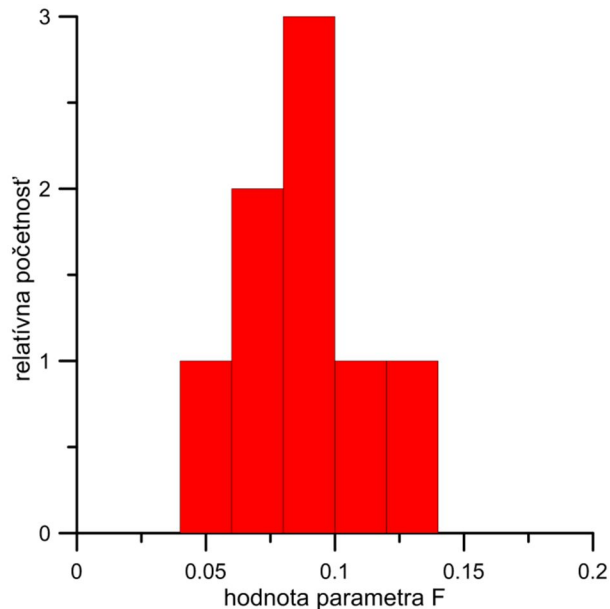
Meranie fyzikálnych veličín v absolútnych jednotkách vyžaduje presnú kalibráciu prístroja a taktiež zohľadnenie prostredových podmienok, napr. teploty vzduchu a pod. Mnohým chybám vyplývajúcich z nedostatočne presnej alebo neaktuálnej kalibrácie sa dá predísť ak namiesto absolútnych hodnôt budú merané dáta porovnané s referenčnou hodnotou zaznamenanou tým istým prístrojom. V takom prípade sa vyhneme potrebe stanoviť kalibračnú konštantu, ktorá je špecifická pre daný prístroj a závisí od použitého detektora, optiky, priepustnosti „housingu“, veľkosti vstupnej apertúry a pod. Relatívne hodnoty nám umožnia vyhnúť sa stanoveniu vplyvu týchto prístrojových komponent na výsledný signál. Pri garancii linearity prístroja sú relatívne hodnoty jasú ideálne pre ďalší procesing a sú tiež porovnateľné s dátami získanými inými prístrojmi toho istého typu. Ukážka takých dát z okolia Bratislavy pre červenú (R), zelenú (G) a modrú (B) časť spektra sú uvedené na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** dole.



Obr.2 Relatívne hodnoty zenitného jasu získané v okolí Bratislavy pre červenú (R), zelenú (G) a modrú (B) časť spektra.

V práci [3] bola vyvinutá metóda spracovania relatívnych dát zenitného jasu meraného v aspoň dvoch vzdialenostiach od mesta. Táto metóda umožňuje určiť pomernú svetelnú emisiu do horného polpriestoru. Ide o tú časť z celkového vyžiareného svetla, ktorá smeruje priamo nahor. Vo vedeckej literatúre sa táto hodnota zvykne označovať ako F , pričom prípustný rozsah je od 0 do 1. V prípade ideálne tieněných zdrojov ($F=0$) je všetko svetlo smerované k zemskému povrchu. Opačný extrém $F=1$ zodpovedá prípadu, kedy je svetlo emitované len nahor.

Zvyčajne sa hodnoty F pohybujú medzi 0.05 a 0.15, typicky medzi 0.08 a 0.1. Sú však lokality, kde prevažuje starší typ osvetľovacích sústav s nedostatočným tienením alebo kde je veľké množstvo zdrojov emitujúcich do horného polpriestoru (reklamy, bytovky, úrady,...) a hodnota F môže vzrásť až na 0.2. Takéto zvýšené hodnoty sú indikátorom najhorších prípadov, ktoré vyžadujú aktívny prístup k znižovaniu produkcie nežiadúceho svetla. Štatistika výskytov F pre niekoľko lokalít na Slovensku je na Obr.3.



Obr.3 Štatistika podielu priamych emisií do horného polpriestoru (F) pre niekoľko miest na Slovensku.

Metodika spracovania dát zenitného jasu pracuje s údajmi o odrazivosti zemského povrchu v teritoriu mesta a bude podrobne prezentovaná na prednáške. Matematické riešenie pre výpočet F z meraných relatívnych hodnôt zenitného jasu možno nájsť v [3] a [4]. Toto riešenie bolo použité aj v Obr.3, kde je uvedená štatistika z deviatich vybraných lokalít.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantového projektu APVV-14-0017, pričom bola použitá výpočtová kapacita vrámci projektu MVTs „Skyglow and air pollution relationships”.

Literatura a odkazy

- [1] P. Cinzano, Report on Sky Quality Meter, version L. Tech. Rep. ISTIL (2007). Dostupné na: <http://unihedron.com/projects/sqm-l/sqmreport2.pdf> (získané: 3.9.2016).
- [2] F. Giubbilini, A. Giacomelli, Working paper: Sky Quality Meter cross-calibration in the BMP project www.attivarti.org/bmp/out/docsito/BMPcrosscalibration2011.pdf (získané: 3.9.2016).
- [3] M. Kocifaj, H. A. Solano Lamphar, F. Kundracik, Retrieval of Garstang's emission function from all-sky camera images. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 453, 819-827 (2015).
- [4] M. Kocifaj, H. A. Solano Lamphar, Skyglow: a retrieval of the approximate radiant intensity function of ground-based light sources. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 439, 3405-3413 (2014).

VIIRS - Satelitné dáta ako zdroj pre modelovanie svetelného znečistenia

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

Miroslav Kocifaj – USTARCH SAV, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava, kocifaj@savba.sk

Jaromír Petržala – USTARCH SAV, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava, usarijape@savba.sk

Abstrakt: Žiara nočnej oblohy vznikajúca rozptylom elektromagnetického žiarenia umelých pozemných zdrojov na molekulách vzduchu a častočkách aerosolu nazývame svetelné znečistenie. Toto preukázateľne pôsobí negatívne nielen na ekosystém nočných živočíchov, ale aj na karcidiálny rytmus človeka a v neposlednom rade aj na kvalitu astronomických pozorovaní. Modelovanie svetelného znečistenia má preto praktický význam pre komfort človeka počas spánku, ako aj pre navrhovanie efektívnejších a úspornejších osvetľovacích sústav verejného osvetlenia a ďalších rušivých pozemných zdrojov (svietenie v interiéroch, reklamy, ...). Určenie žiary nočnej oblohy je možné buď pomocou priebežných pozemných meraní a získavaní vstupov pre modelovanie zmien jasů pri zmenách vyžarovania zdroja, alebo pomocou vzdialeného prieskumu pomocou satelitov na obežnej dráhe. Do súčasnej doby operovalo na obežnej dráhe niekoľko satelitov, ktorých dáta boli/sú využiteľné pre modelovanie vyžarovania miest, napr. MODIS alebo Suomi-NPP. Príspevok sa venuje získavaniu, filtrovaniu a „pre-processing-u“ satelitných dát z databázy VIIRS pre potreby modelovania svetelného znečistenia v alebo mimo obývaných oblastí.

1 Úvod

Metódy vyhodnocovania a modelovania svetelného znečistenia pomocou diaľkového prieskumu Zeme sú čoraz populárnejšie pre relatívnu dostupnosť dát o vyžarovaní miest. V súčasnej dobe nie je problém získať dáta o vyžarovaní osídlených oblastí, odrazivosti terénu, alebo parametroch atmosféry s dostatočným plošným rozlíšením. Všetky tieto údaje sú totiž nevyhnutné pre presné a fyzikálne korektné modelovanie svetelného smogu v rôznych vzdialenostiach od osídlených oblastí. Na polárnu obežnú dráhu bol 28.11. 2011 vyslaný satelit Suomi-NPP (Suomi National Polar-orbiting Partnership) prevádzkovaný United States National Oceanic and Atmospheric Administration (US NOAA) vybavený sadou prístrojov, ktoré snímajú povrch Zeme zo vzdialenosti 832 km. Satelit obehne Zem 14 krát za deň a na palube nesie rôzne prístroje: mikrovlnný rádiometer, Michelsonov interferometer, sadu spektrometrov, rádiometer merajúci v 22 rôznych kanáloch a prístroj na detekciu tepelnej radiácie planéty [1]. Satelit Suomi-NPP je znázornený na Obr.1. Satelit dokáže zabezpečiť nielen dáta potrebné pre modelovanie svetelného znečistenia, ale aj komplexné monitorovanie zemského povrchu s častými javmi ako sú požiare, hurikány, oblačnosť, plankton v oceánoch, či rozširovanie púští [2]. Niektoré z detektorov sú určené pre sledovanie Zeme počas dňa (VIIRS Imagery), iné počas noci (DNB Imagery). Pre modelovanie svetelného znečistenia nás zaujímajú predovšetkým dáta o žiare vybraného pixla v nočnom režime, údaje o odrazivosti povrchu, ktorý je meraný v dennom režime a tiež aktuálny údaj o aerosolovej optickej hrúbke v danom mieste.



Obr.1 Satelit Suomi-NPP

Získané dáta prechádzajú celým radom korekcií, kým je možné ich použiť [3]. V príspevku popisujeme formu získania, filtrovania a korekcie dát a tiež načrtujeme možnosť ich využitia pri modelovaní svetelného znečistenia.

2 Databáza VIIRS

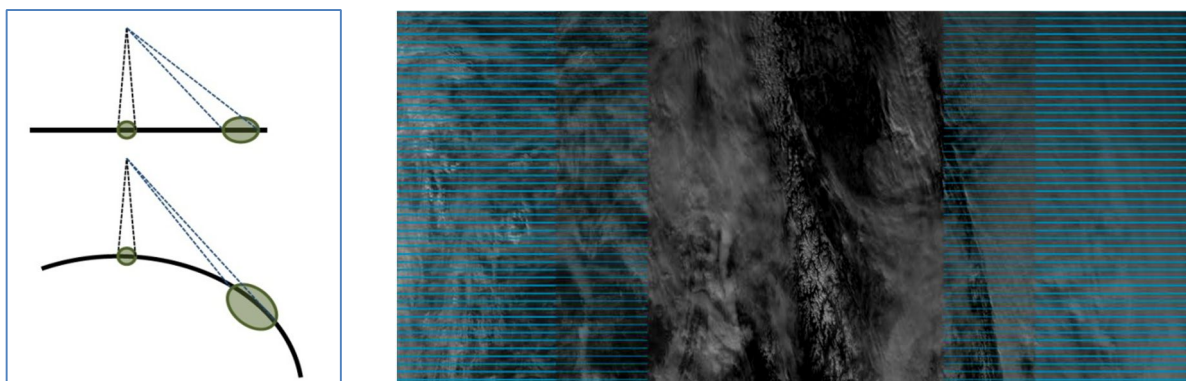
Údaje zozbierané satelitom Suomi-NPP sa s jednoduchým oneskorením ukladajú do databázy VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer), odkiaľ sú dostupné pre širokú verejnosť aj prostredníctvom stránky <http://www.class.ncdc.noaa.gov>, ktorú prevádzkuje NOAA (Národný úrad pre oceány a atmosféru). Po registrácii na stránke si môže užívateľ vybrať zo širokého spektra dát, ktoré dodávajú aj iné satelity monitorujúce zemský povrch, oceány a atmosféru. Užívateľ si na mape zvolí oblasť, pre ktorú chce dáta stiahnuť, zvolí si tiež dátum a čas, z ktorého dáta požaduje a pri nájdení príslušného dátového typu stiahne súbor vo formáte HDF5 (hierarchical data file). S príslušným programom pre zobrazenie a extrakciu požadovaných hodnôt má užívateľ k dispozícii potrebné vstupy pre modelovanie svetelného znečistenia. VIIRS obsahuje dáta pre 5 kanálov (spektrálnych pásiem) s vysokým rozlíšením (371 x 378 m), 16 kanálov pre stredne veľké rozlíšenie (742 x 259 m) a jeden kanál pre nočné vyžarovanie (DNB) s rozlíšením 742 x 742 m. Spektrálne pásma využiteľných kanálov s ich stenou vlnovou dĺžkou a plošným rozlíšením sú uvedené v Tab. 1. Každý zo súborov ďalej obsahuje presné geolokačné súradnice miesta na zemskom povrchu odkiaľ sú dáta vyčítavané, polohu satelitu (azimut a zenitný uhol) voči danému miestu na Zemi, polohu Slnka a Mesiaca na oblohe (ich azimuty a zenitné uhly v momente snímania), ako aj fázu Mesiaca (hrá úlohu pri korekcii žiary daného pixelu).

Senzor (pásma)	Stredná vlnová dĺžka (μm)	Rozlíšenie pixelu (km x km)	Využitie
M3	0,488	0,742 x 0,259	Odrazivosť
M4	0,555	0,742 x 0,259	Odrazivosť
M5	0,672	0,742 x 0,259	Odrazivosť
M6	0,746	0,742 x 0,259	Odrazivosť
DNB	0,700	0,742 x 0,742	Žiara

Tab.1 Využiteľné spektrálne pásma satelitu pre účely modelovania svetelného znečistenia.

3 Výber a korekcia dát

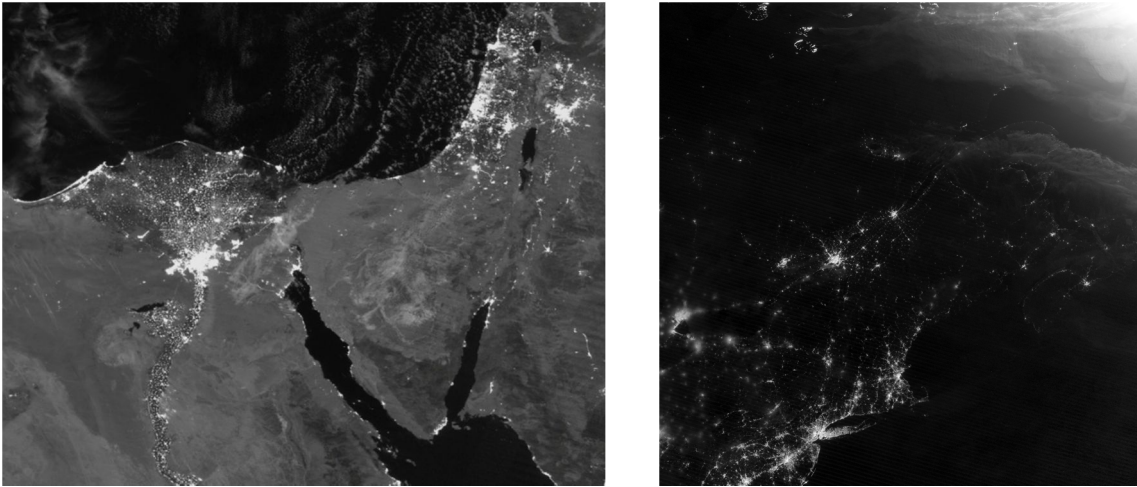
Surové dáta priamo zo satelitu sa ukladajú v databáze VIIRS ako RDR súbory (Raw Data Records), ktoré sú následne upravované na základe algoritmov pre odstránenie najčastejších chýb, ktoré vznikajú po kalibrácii senzorov alebo počas prenosu dát (prenos neúplných paketov). Jednotlivé dátové polia (granule) sú v tejto fáze úprav agregované, aby vytvárali ucelený súbor hodnôt pre vybranú lokalitu. Zvyčajne sa spájajú (agregujú) 3 samostatné RDR súbory do jedného výstupného dátového poľa. K hodnotám o žiare resp. odrazivosti sú pridané geolokačné dáta s korekciou na terén a ďalšie údaje spomenuté v predošlej kapitole. Následne tak vzniká SDR súbor (Sensor Data Record), ktorý si užívateľ z databázy stiahne vo formáte HDR5. Tento súborový formát je veľmi populárny pri distribúcii satelitných dát najmä pre jeho schopnosť ukladať informácie po vrstvách, čím sa docíli menšia konečná veľkosť súboru. Tým, že je rozmer senzora konečný a satelit z výšky 832 km „vidí“ zemský povrch zakrivený, dochádza k tzv. bow-tie efektu. Ten spôsobuje, že sú okraje snímanej oblasti širšie (pretiahnutejšie) než oblasti, nad ktorými satelit priamo prelietava (viď. Obr.2 vľavo). Vznikajú tak chýbajúce pásy pixelov na okrajoch snímky, ako je to zobrazené na Obr.2 vpravo. V prípade DNB (Day/Night Band) súborov sa tieto pixle odstraňujú už vo fáze prípravy SDR súboru, avšak pri ostatných kanáloch (M3-M6) je potrebné ich manuálne odstrániť.



Obr.2 Vysvetlenie (vľavo) a ukážka (vpravo) bow-tie efektu.

Po stiahnutí SDR súboru je potrebné, aby boli dáta dôkladne vyberané podľa ich použitia. V mnohých prípadoch sú dáta nepoužiteľné kvôli oblačnosti nad skúmanou oblasťou (viď. Obr. 3 vľavo). V tomto prípade nám neostáva nič iné, ako vyhľadať dáta pre iný deň v roku a dúfať, že natrafíme na bezoblačný stav nad záujmovou lokalitou. Ďalším problémom pri výbere dát môže byť, ak natrafíme na dáta z času, kedy sa ku skúmanej lokalite blíži terminátor (rozhranie medzi osvetlenou a neosvetlenou časťou zemského povrchu). Vtedy je časť dát znehodnotená presvitajúcim slnečným žiarením (viď. Obr. 3 vpravo). Tomuto javu sa dá ale vyhnúť správnou voľbou súboru, ktorého názov obsahuje aj údaje o dátume a presnom čase snímania (v UTC). Riešením by bolo využívanie tzv. geotiff súborov, ktoré vznikajú priemerovaním mesačných dát, pri ktorom sa vynechávajú dáta s oblačnosťou, svitom Mesiaca a tiež snímky s terminátorom. Vznikne tak snímka vyčistená od nežiaducich efektov (viď. Obr.4). Nevýhodou takýchto dátových typov je ich veľkosť na úložisku (súbor pre jeden kontinent zaberá viac ako 4GB). Ďalšou nevýhodou je priemerovanie dát počas jedného mesiaca, pričom hodnota každého pixelu musí byť pri surových dátach váhovaná uhlom, pod akým vidí satelit daný pixel. Pri geotiff súboroch teda nie je jasné, aká je reálna hodnota žiary daného pixelu a môžeme pracovať iba s pomernými veličinami. Geotiff súbory doposiaľ existujú iba pre nočné snímkovanie Zeme (DNB) a pre dáta o odrazivosti povrchu a

tiež aerosolovej optickej hrúbke musíme naďalej používať surové dáta z VIIRS (SDR súbory).

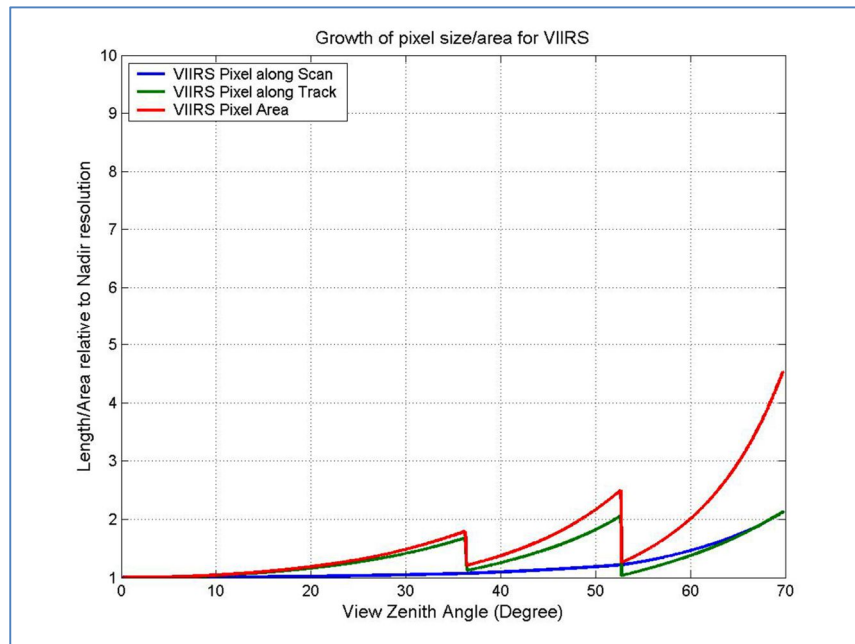


Obr.3 Ukážka nevhodných dát v dôsledku prítomnosti potrhanej oblačnosti (vľavo) a v dôsledku prítomnosti rozhrania medzi neosvetleným a osvetleným zemským povrchom (vpravo).



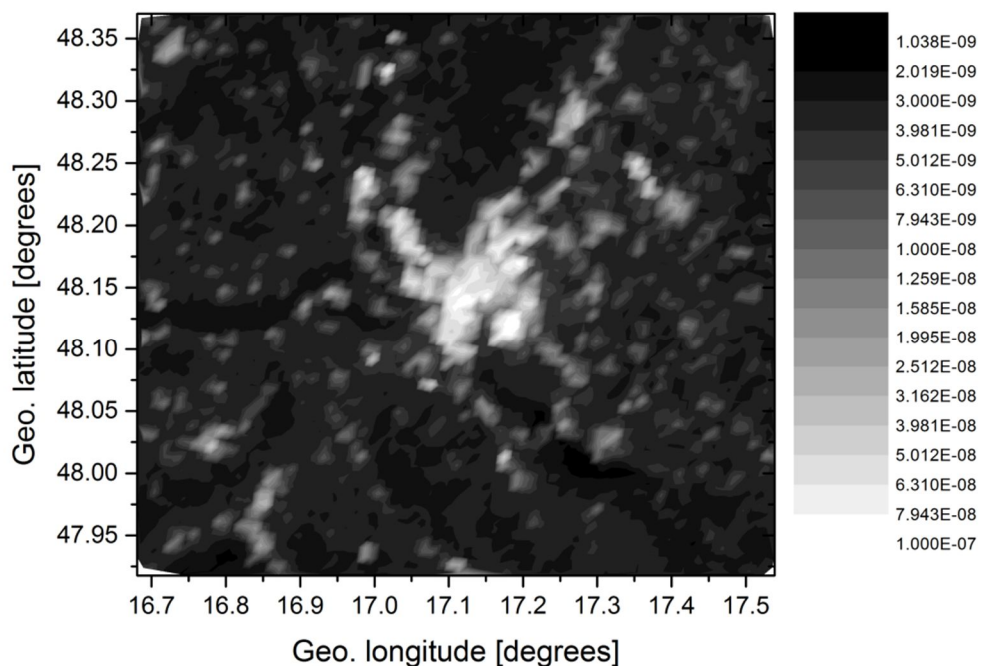
Obr.4 Geotiff snímok časti Európy očistený o nežiaduce efekty (oblaky, bow-tie, ...).

Presná rozloha snímanej oblasti je daná rozlíšením senzoru na satelite a zorným poľom, pod ktorým vidí senzor každý jeden element zemského povrchu. Ideálnu (neskreslenú) veľkosť má plocha, ak sa nachádza presne pod snímajúcim satelitom, teda v jeho nadire (satelit je vtedy pri pohľade zo Zeme v zenite). Veľkosť oblasti zachytenej na jednom pixeli je uvedená v Tab. 1. Nie je to však konštanta, ale závisí na zenitnom uhle satelitu v momente snímania. To má za následok zmenu plochy, z ktorej zemský povrch vyžaruje, čo sa zákonite prejaví pri výpočte žiarivého toku. Satelit Suomi-NPP však disponuje troma pootočenými senzormi rovnakého typu, kde každý z nich sníma pod presne vymedzeným zorným uhlom. Tým sa z časti koriguje nezrovnalosť pri vyčítavaní zo stredu snímky a z jeho okraja. Predošlý satelit MODIS touto technológiou nedisponoval a tak boli jeho dáta výrazne skreslené smerom ku okraju snímky. Obr. 5 zobrazuje relatívnu zmenu plochy snímaného pixelu v závislosti na zenitnom uhle satelitu. Z uvedeného tiež vyplýva, že všetky vyhodnocované dáta musia byť váhované zenitným uhlom satelitu ešte pred ich použitím pri modelovaní svetelného znečistenia.



Obr.5 Relatívna zmena plochy snímaného pixla v závislosti na zenitnom uhle satelitu [5].

Po vhodnom výbere dát pre danú lokalitu a eliminácii všetkých nežiaducich efektov je možné vykresliť jasovú mapu danej lokality (v tomto prípade Bratislavy a okolia), ako je uvedené na Obr. 6 a s dátami pracovať podľa potrieb modelovania. Je treba ale dodať, že senzory majú danú citlivosť a tiež danú úroveň šumu. V prípade DNB dát (nočné vyžarovanie) dokáže senzor zachytiť signal v rozmedzí $0,02 - 3 \cdot 10^{-9} \text{ W.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}$, pričom minimálny zachytiteľný signal je na úrovni $5 \cdot 10^{-11} \text{ W.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}$ [6]. Preto je potrebné data pod úrovňou $3 \cdot 10^{-9} \text{ W.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}$ už považovať za šum.



Obr.6 Nočná jasová mapa Bratislavy a okolia. Rozmer oblasti je 50 x 50 km.

4 Závěr

Svetelné znečistenie spôsobené nočným vyžarovaním umelých zdrojov na zemskom povrchu 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, či už za použitia pozemných meraní alebo za pomoci diaľkového prieskumu Zeme. V práci sa venujeme možnostiam využitia druhej zo spomínaných metód, teda získavaniu a filtrácii satelitných snímok. Ako zdroj vstupov pre modelovanie nám slúži databáza VIIRS, ktorá obsahuje informácie o nočnom vyžarovaní zemského povrchu, odrazivosti horizontálnych plôch v zastavaných oblastiach a tiež lokálnych vlastnostiach atmosféry (aerosolová optická hrúbka). V príspevku sú uvedené najčastejšie problémy pri získavaní a výbere satelitných dát, ktoré sú následne využité ako vstupy pre modelovanie svetelného znečistenia.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantového projektu APVV-14-0017, pričom na vizualizáciu satelitných dát bola použitá výpočtová kapacita v rámci projektu MVTs „Skyglow and air pollution relationships”.

Literatura a odkazy

- [1] Cao, C., F.J. De Luccia, X. Xiong, R. Wolfe, F. Weng, 2014. Early On-Orbit Performance of the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Onboard the Suomi National Polar-Orbiting Partnership (S-NPP) Satellite, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 52, 1142-1156.
- [2] Cao, C., X. Shao, S. Uprety, Detecting Light Outages After Severe Storms Using the Suomi-NPP/VIIRS Day Night Band Radiances, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 10 (2013) 1582-1586
- [3] Seasman, C., 2013. Beginner's Guide to VIIRS Imagery Data CIRA/Colorado State University, PPT Presentation.
- [4] Cao, C, Xiong, X., Wolfe R., DeLuccia, F., Liu, Q., Blonski S., Lin, G., Nishihama, M., Pogorzala, D., Oudrari, H., 2013. Visible/Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS) Sensor Data Record (SDR) User's Guide. NOAA Technical Report NESDIS 142.
- [5] Sei, A., 2013. VIIRS Gridding and Granulation Algorithms for NPOESS. Northrop Grumman Space Technology (poster).
- [6] Miller, S., Straka, W., Mills, S., Elvidge, C., Lee, T., Solbrig, J., Walther, A., Heidinger, A., Weiss, S. Illuminating the capabilities of the Suomi National Polar-Orbiting Partnership (NPP) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) day/night band. Remote Sens. 2013, 5, 6717–6766.

The Future of Measuring Light Budoucnost měření světla

Christian Krause, B.Sc.EE, VISO Systems, Denmark, christian.krause@visosystems.com, www.visosystems.com
Michal Mazanec. Ing., Safibra, s.r.o., michal@safibra.cz, www.safibra.cz

Abstract: In our presentation we introduce some ideas of the future for measurement of light sources and luminaries with respect to the changes in technology and in products used for illumination purposes.

Abstrakt: V prezentaci představujeme úvahy o budoucnosti měření světelných zdrojů a svítidel v návaznosti na měnící se technologie a výrobky používané pro účely osvětlování.

1 Introduction

Úvod

The emerging technological advancement and an increasing application of LED light sources require smart methods of their characterization. The presentation is going to explore the differences between measuring methods, particularly the utilization of integration spheres and goniometer systems.

Vznikající technologický pokrok a zvyšující se používání LED světelných zdrojů vyžadují chytré metody jejich charakterizování. Prezentace zkoumá rozdíly mezi měřicími metodami, zejména využití integračních koulí a goniometrických systémů.

2 Goniometer measurement technology

Goniometrická technologie měření

The focus on energy efficiency yields new regulations, which influence our perception of the old measurement methods and make upgrade the existing ways. New goniometer technology offers ways of measuring light faster and even more efficiently than with using older integration sphere technologies. Goniometers using fast spectrometer sensors give nearly unlimited measurement data, as the both beam shape with the spectra combined will give you Lumen, peak candela, CRI, TM30, colour temperature, beam angle, IES and LDT files for 3D rendering program. The goniometer does not rely on reflective surfaces, but measures the light directly there. It nearly requires no setup process. On the other hand, the integration sphere requires a form calibration before each measurement, as the physical shape of the lamp itself affects the reflection ratio inside the sphere.

Ultimately the higher demand from lighting designers has demanded a more advance technology. It has also meant that the new goniometer systems are becoming more popular for getting the right photometric data in a fast way to customers.

Read a comparison report between the goniometer and integration sphere performed by the Danish technical university, laboratory of photonics here:

<http://www.visosystems.com/portfolio/university-of-photonics-tests-the-lightspion/>

Zaměření na energetickou účinnost přináší nové předpisy, které ovlivňují naše chápání starých měřicích metod a vyvolávají modernizaci stávajících způsobů. Nová technologie měření na bázi goniometru nabízí rychlejší a účinnější způsoby měření světla než při použití starších technologií s integrační koulí. Goniometry používající rychlé spektrální senzory dávají téměř neomezené množství naměřených dat, kdy kombinací tvaru paprsku a spektrálních dat dostanete světelný tok, svítivost, CRI, TM30, teplota chromatičnosti, úhel paprsku, IZS a LDT soubory pro 3D vykreslování ap. Goniometr není závislý na reflexních površích, ale měří světlo přímo. Nevyžaduje tedy téměř žádný proces nastavování. Na druhé straně měření v integrační kouli vyžaduje provedení kalibrace na tvar před každým měřením, protože fyzický tvar lampy sám o sobě má vliv na poměry v odrazivosti uvnitř koule.

V konečném důsledku vyšší požadavky od světelných designérů také vyžadují pokrokovější technologie. To také znamená, že nové goniometrické systémy jsou mezi zákazníky stále populárnější pro rychlé získávání správných fotometrických dat.

Přečtěte si zprávu srovnávající goniometr a integrační kouli vypracovanou Dánskou technickou univerzitou, laboratoří fotoniky zde:

<http://www.visosystems.com/portfolio/university-of-photonics-tests-the-lightspion/>



Obr.1 Goniometr versus integrační koule

Literatura a odkazy

- [1] DTU Fotonik, RISO, <http://www.visosystems.com/portfolio/university-of-photonics-tests-the-lightspion/>

Řízení nejen světelných scén využitím systému KNX

Ing. Josef Kunc, sekretář spolku KNX národní skupina České republiky, www.knxcz.cz, www.knx.org/cz/

Abstrakt: Systém KNX je jediným celosvětově normalizovaným systémem určeným pro řízení všech funkcí v budovách, popř. i v jejich okolí. Proto také snadno dokáže řídit jakkoli rozsáhlé světelné (a nejen světelné) scény, navíc se vzájemným provázáním řízení jednotlivých funkcí tak, aby v objektu fungovaly správně a jen tehdy a tam, kde je to právě potřebné. Samozřejmě také s možností vzdálených přístupů a současně s maximální energetickou efektivitou.

1 Úvod

Osvětlení je pouze jednou z celé řady funkčních oblastí potřebných pro požadované způsoby provozu objektů během jejich řádného využívání. Je také zcela běžné, že činnost osvětlení bývá vázána na provoz jiných funkcí či funkčních oblastí. I v klasické instalaci je řízení osvětlení na chodbách, schodištích, ale také na přístupových komunikacích nebo v jiných, krátkodobě navštěvovaných prostorách, poměrně často svázána s pohybem nebo přítomností osob, mnohdy navíc se závislostí na úrovni přirozeného osvětlení.

Takovéto způsoby řízení provozu osvětlení jsou zcela běžnými i v KNX systémových instalacích. Navíc je ovšem možné provázat ovládání osvětlení s prakticky libovolným počtem dalších závislostí, dalších funkcí. Takovéto vazby vyžadují určité logické uspořádání, které již v klasických instalacích lze uskutečnit pouze s příliš složitým zapojením a při skutečně nadměrných nákladech.

2 Sběrníkový programovatelný KNX systém

Funkce ovládané systémovou KNX elektrickou instalací zajistí v budovách na jedné straně vysoký komfort při řízení funkcí, na straně druhé je možné vzájemně provázat řízení všech těchto funkcí tak, aby nedocházelo prakticky k žádnému plýtvání energií. Konečně, mnozí z nás jistě zaznamenali značné plýtvání tepelnou energií v prostorech vybavených na sobě nezávislými systémy vytápění a klimatizace. V těchto případech není totiž nic až tak mimořádného, když oba systémy jsou současně v provozu. Přitom pro zajištění potřebného vnitřního klimatu by v dané chvíli stačilo, aby oba tyto vzájemně nespolupracující systémy byly v naprosté nečinnosti, tedy bez spotřeby energie.

Při použití KNX systémové instalace lze dosáhnout skutečně až nečekaně vysokých úspor provozních nákladů, především ve srovnání s instalací klasickou. Je tomu tak proto, že i při použití sice dokonalých, avšak pouze na jednu funkční oblast specializovaných řídicích systémů, často dochází ke zbytečné spotřebě energie. Bude tomu tak především v právě nepoužívaných prostorách anebo v místnostech sice používaných, ale třeba nadměrně zahříváných přímým slunečním svitem.

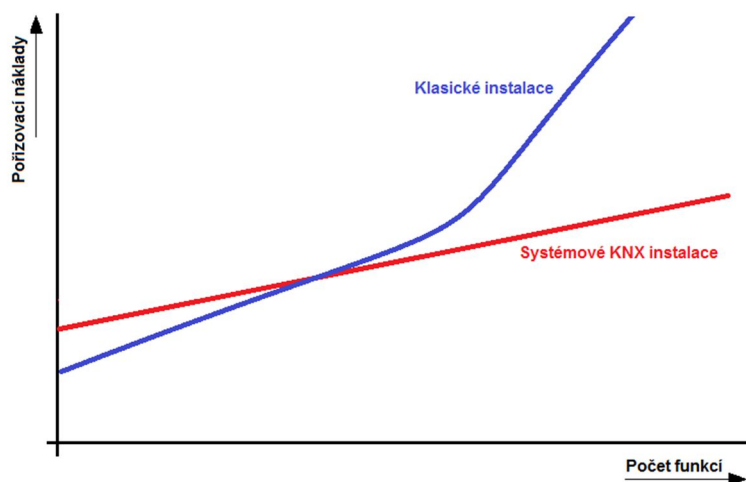
Decentralizovaný, stavebníkový systém KNX je určen pro účelné využití v objektech jakékoli velikosti. Čím vyšším počtem různých funkcí je objekt vybaven, tím výhodnější bude využití programovatelného systému KNX. Pro plně porovnatelný způsob ovládání funkcí v klasické a systémové KNX instalaci je potřebné danou instalaci vybavit potřebnými přístroji nejen pro

jejich samostatné ovládání, ale i pro zajištění jejich součinnosti. Vzhledem k tomu, že vzájemná spolupráce funkcí je v systémové instalaci zajišťována ponejvíce softwarovými vazbami, zatímco v klasických instalacích je k tomuto účelu zcela nezbytné vybavení vazbami hardwarovými, můžeme poměrně snadno dospět k závěru ověřenému praxí: Čím vyšší počet dílčích funkcí je v objektu využíván, tím je ekonomicky výhodnější použití KNX systémové instalace, jak je graficky znázorněno na obr. 1.

Základní výhodou KNX instalace je možnost komplexního individuálního řízení jednotlivých místností, nezávisle na ostatních prostorách. To si můžeme ukázat např. na řízení osvětlení, které patří k funkčním oblastem, bez nichž se neobejde žádná budova.

3 Řízení osvětlení s vazbami na další funkce

Bude-li v budově požadováno pouze spínání osvětlení, pořizovací náklady na ovládací prvky budou nižší v klasické instalaci, než v instalaci KNX. Ovšem na druhou stranu je nutné poznamenat, že jen výjimečně se vyskytují objekty, v nichž je pro systémovou instalaci požadováno jen prosté spínání osvětlení.



Obr.1 Čím více funkcí, tím jsou KNX instalace relativně levnější

Ke spínání osvětlení v KNX systémových instalacích přistupuje řada dalších funkcí, jakými jsou:

- Stmívání osvětlení
- Řízení na stálou osvětlenost
- Vazba provozu osvětlení na přítomnost osob
- Centrální funkce

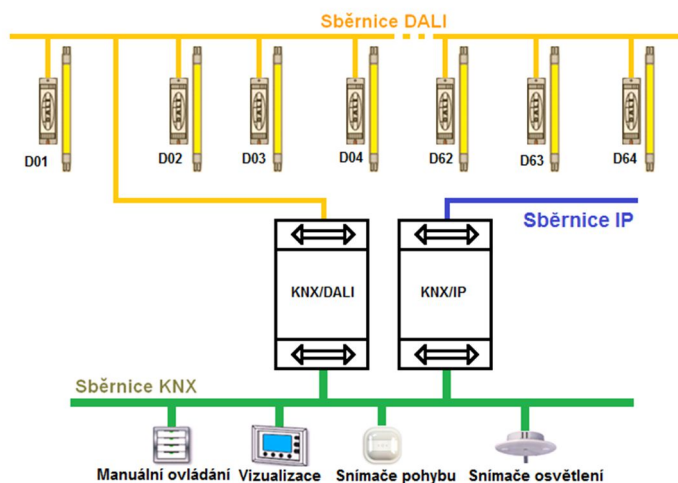
Předem nastavené hodnoty intenzity osvětlení pro různé účely (pro běžný provoz, pro úklid, pro strážní službu)

- Scénický provoz
- Logické vazby

- Časově zpožděné samočinné vypnutí
- Zablokování v předem určeném stavu
- Vazba na určité měřené hodnoty
- Odesílání aktuálních hodnot

Nejen zmíněné, ale i mnohé další funkce lze realizovat při použití současných KNX přístrojů jejich vhodným naprogramováním. K nastavení jejich součinnosti s dalšími prvky v KNX systémové instalaci často nejsou potřebné přídavné komponenty, postačí využít možností aplikačních programů již nainstalovaných přístrojů.

Řízení na stálou osvětlenost v kancelářských a podobných objektech je zdrojem významných úspor energie na osvětlování. Ještě vyšší úspory energie zajistí přidaná vazba na přítomnost osob v takto osvětlovaných prostorách. A ihned se nabízí vazby na řízení dalších funkcí, především na vytápění a chlazení. V klasických anebo jednoduchých systémových instalacích byl režim řízení teploty navázán pouze na časové programy. Ovšem ty nemohou snadno postihnout fakt, že až 30% časově řízených místností v komerčních a podobných budovách zůstává prázdných. A v nich je zbytečně udržována teplota na úrovni vytvořené pro příjemné pracovní prostředí, přičemž by plně stačilo teplotu udržovat na pohotovostní hodnotě, tedy s nižší energetickou náročností. V KNX instalaci se proto podle časového programu přepínají individuálně nastavené termostaty pouze mezi úsporným a pohotovostním režimem, přepnutí do komfortního režimu provozu zajišťuje vazba na přítomnost. Potom lze např. na vytápění ušetřit nejméně dalších 8% z provozních nákladů.



Obr.2 Energeticky úsporné řízení světlidel využitím spolupráce sběrnic KNX a DALI

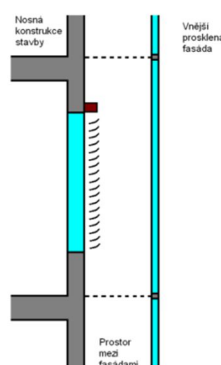
Kancelářské a podobné místnosti bývají běžně vybavovány i stínicími prostředky – především venkovními žaluziemi pro zabezpečení osob před oslněním přímým slunečním světlem. Pro zajištění maximální energetické efektivity je ale potřebné, aby žaluzie byly řízeny zcela automaticky – lamely se samočinně natáčejí a do vnitřního prostoru směřují co nejvíce přirozeného světla, ovšem bez oslnování, přičemž současně odrážejí tepelné záření dovnitř (při spolupráci s topením – úspora energie na vytápění až 15%) nebo do venkovního prostoru (při spolupráci s chlazením – úspora energie na chlazení až 30%).



Obr.3 Kombinovaný snímač povětrnostních údajů předává měřená data KNX systému pro další zpracování

Při řízení venkovních žaluzií, ale také markýz, střešních oken apod. je důležité svázat činnost těchto zařízení s okamžitými povětrnostními podmínkami, aby nedošlo k jejich poškození silným větrem, namrzajícím deštěm a současně pro zabránění případným škodám na majetku vzniklých do objektu vnikajícím deštěm apod. K tomu jsou mj. potřebné povětrnostní stanice. Ty svými snímači (příklad na obr. 3) sledují okamžité povětrnostní podmínky a předávají potřebné informace na sběrnici. Začne-li foukat silnější vítr, než je stanovená mez pro venkovní žaluzii nebo markýzu, tento stínicí prostředek se svine do zabezpečené polohy a v ní zůstane zablokovaný, dokud trvá větrný poplach.

Je-li budova vybavena dvojitým pláštěm a žaluzie jsou namontovány v takto vzniklém prostoru mezi fasádami (obr. 4), prostředky stínění jsou chráněny před přímými účinky nepříznivých povětrnostních vlivů (vítr, déšť, mráz). Tyto klimatické vlivy není potom zapotřebí uvažovat během provozu takto umístěných žaluzií. Kromě toho, žaluzie mohou být lehčí konstrukce, než by musely být při montáži na vnější fasádu.



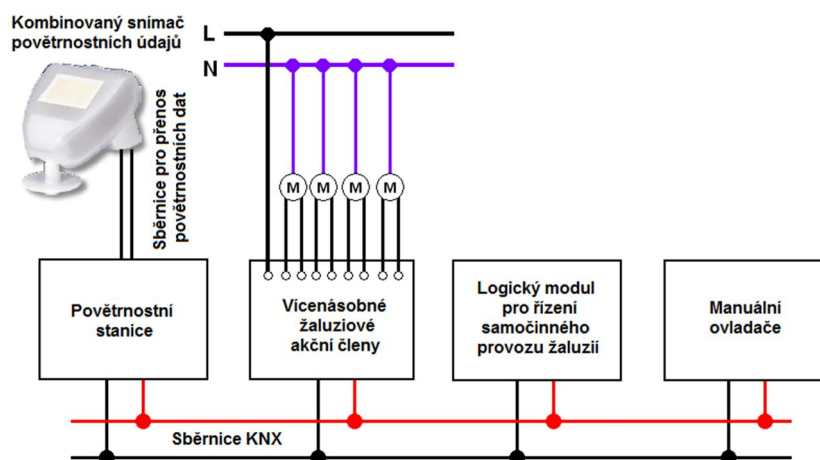
Obr.4 Žaluzie namontovaná v prostoru mezi nosnou konstrukcí a vnější fasádou



Obr.5 Budova s dvojitým pláštěm

V prostoru mezi oběma fasádami se ovšem hromadí odpadní teplo. To může být bez užitku vypouštěno do venkovního prostoru, anebo lépe, použito např. pro ohřev užitkové vody, čímž se dále zvýší energetická efektivita budovy.

V nejjednodušším případě jsou žaluzie ovládány manuálně (tlačítkovými ovladači, dotykovými panely apod.), samozřejmě s blokováním provozu při silném větru, mrznoucím dešti apod. Pro automatický provoz je ale nezbytné instalaci doplnit o logický modul specializovaný na řízení stínicí techniky ve spolupráci s údaji o povětrnostních podmínkách (obr. 6), obsahující i data týkající se okamžité vzájemné polohy Slunce a budovy. Potom budou zastíněna pouze osluněná okna, žaluzie na ostatních oknech budou svinuty, aby vůbec nebránily přístupu denního světla do místností (obr. 7).



Obr.6 Principiální znázornění řízení provozu žaluzií



Obr.7 Na zastíněných oknech jsou žaluzie svinuty

V KNX instalacích je poměrně snadné naprogramovat libovolně složité vazby pro řízení všech funkcí a do regulačních procesů zahrnout veškeré fyzikální veličiny, které mohou mít dopad na spotřebu energie v budově. Jen je nezbytné umět správně definovat požadavky. Teprve podle toho je projektant schopen správně navrhnout celé řešení KNX instalace.

Ovšemže velice efektními jsou světelné scény, které jsou využívány pro různé speciální účely v muzeích, galeriích, na výstavách, ale rovněž v dalších prostorách pro určité, specifické účely (např. v obývacím pokoji to mohou být scény pro návštěvu, odpočinek, sledování TV, pro úklid apod.). Provoz světelných scén bývá také svázán se souvisejícími audiovizuálními pořady pro návštěvníky expozic.

System KNX je jedinou celosvětově normalizovanou soustavou pro řízení všech funkcí v budovách – viz soubory norem ČSN EN 50090, ISO/IEC 14543.



Obr.8 Část expozice významného archeologického naleziště v jeskyni Kůlna

4 Závěr

I přes stále se vyskytující nedůvěru ke všemu progresivnímu se i v České republice systém KNX využívá stále častěji. Vždyť se jedná o jedinou celosvětově normalizovanou soustavu určenou pro řízení všech funkcí v budovách. A její neocenitelnou výhodou je možnost spolupráce prvků různých výrobců (jichž je více než 400) ve společné instalaci, s programováním jedním společným softwarem ETS®. K dalšímu rozvoji využití KNX napomáhá také činnost spolku KNX národní skupina České republiky např. svou účastí na letošním veletrhu AMPER anebo účastí na konferencích a výstavách či pořádáním workshopů.



Obr.9 Účastníci workshopu pořádaného na VUT FEKT Brno

Literatura a odkazy

- [1] Kunc J.: Elektroinstalace krok za krokem, 2. Zcela přepracované vydání, GRADA 2010
- [2] Kunc J.: Rekonstrukce elektroinstalace, GRADA 2013
- [3] Kunc J.: Články v časopisech AZ Elektro, Elektroinstalatér, Elektrotechnika v praxi, Světlo
- [4] www.knx.org, www.knx.org/cz/, www.knxcz.cz

Denní osvětlení ve školách

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

Abstrakt: Přednáška bude pojednávat o problematice denního osvětlení ve školách. S jakými problémy se školy a hygienici setkávají? U dětí je velmi důležité dbát na správné osvětlení hlavně z důvodu vyvíjejícího se zraku. Pokud se již v dětském věku naučí využívat světlo k svému užitku, budou ho používat i v dospělosti. Ve středních a základních školách se dříve jednalo převážně o činnosti čtení, psaní, dnes k tomu přibývá i práce na PC a interaktivních tabulích. V mateřských školách se činnost z hlediska zraku tolik neměnila. Problémy s denním osvětlením jsou téměř identické. Kolik může stínit strom? V prezentaci budou ukázány skutečné zjištěné stavy v učebnách.

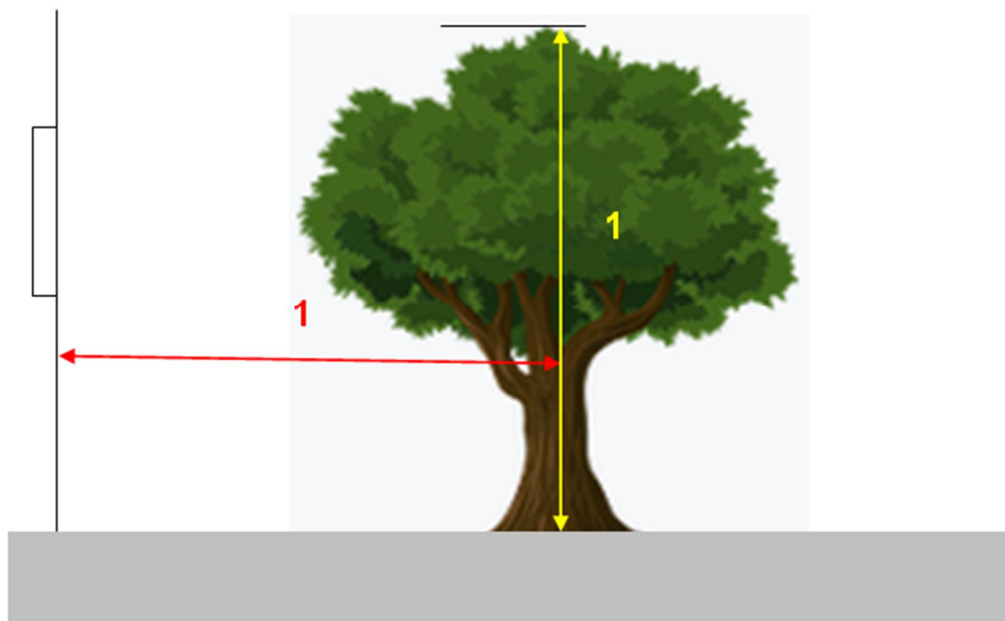
1. Požadavky legislativy

Požadavky na denní osvětlení ve školách jsou obsaženy v těchto předpisech:

1.1 Vyhláška MZd. č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých novela č. 343/2009 Sb.

- d) dlouhodobým pobytem pobyt ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne 4 hodiny a déle a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně; za dlouhodobý pobyt se považuje i pravidelné střídání krátkodobého pobytu v různých vnitřních prostorech tak, že celková doba pobytu v nich má trvalý charakter,
- e) krátkodobým pobytem pobyt v místnosti během jednoho dne po dobu kratší než 4 hodiny,
- g) zobrazovací jednotkou zařízení, které mění elektronické informace na optické a je určeno pro zrakovou komunikaci s člověkem,
- h) zrakovým úkolem zraková činnost potřebná k práci, případně místo s vizuálními prvky vykonávané práce,
- i) místem zrakového úkolu místo, kde se nachází předmět zrakové činnosti (zrakového úkolu),
- j) normovou hodnotou nebo normovým požadavkem konkrétní technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě ČSN, jehož dodržení považuje konkrétní ustanovení za splnění jím stanovených požadavků.

§3 (4) Při volbě **rostlin a dřevin** vysazovaných na pozemky určené pro zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu a vzdělávání musí být zohledněna ochrana zdraví dětí a žáků. **Dřeviny nesmí způsobit snížení parametrů denního osvětlení** ve výukových a pobytových místnostech **pod požadovaný limit** (ČSN 73 0580-1,2,3). **Vzdálenost sázené dřeviny od obvodové zdi budov musí být stejná, jako je její předpokládaná maximální výška.** Vysazené rostliny, travnaté plochy a dřeviny musí být řádně udržovány.



§ 4 (4) Ve výukových místnostech musí být podlahové krytiny matné a světlé.

§ 11 (1) Pracovní stoly musí mít matný povrch. Při používání tabule musí být dodržena vzdálenost minimálně 2 m od přední hrany prvního stolu žáka před tabulí.

(3) Rozsazení žáků - při jiném než obvyklém uspořádání lavic se dbá na to, aby u žáků nedocházelo k jednostrannému zatížení svalových skupin a aby byly dodrženy požadavky na úroveň osvětlení. Při uspořádání lavic jiným než čelem k tabuli je nutné zajistit pravidelné stranové střídání sezení žáků.

§ 12 Osvětlení

(1) Ve vnitřních prostorech budov zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozoven pro výchovu a vzdělávání, určených k dlouhodobému pobytu žáků, **musí být vyhovující denní** osvětlení odpovídající normovým požadavkům (ČSN 73 0580-1,2,3). **U užívaných staveb** je **po předchozím projednání** s orgánem ochrany veřejného zdraví výjimečně možné použít celkové sdružené osvětlení. Toto osvětlení musí být v souladu s normovými požadavky české technické normy upravující sdružené osvětlení (ČSN 360020). Místa žáků v lavicích musí být v učebnách orientována tak, aby žáci nebyli v zorném poli oslňováni jasem osvětlovacích otvorů a ani si nestínili místo zrakového úhlu.

*(Pozn. Při uspořádání lavic do **U** dochází u jedné strany ke stínění si sešitu, u druhé k siluetovému efektu, případně k oslňení. Z tohoto důvodu se stáhnou žaluzie nebo zatemní, a děti pak nemají denní osvětlení, ale umělé.)*

(2) V prostorech určených pouze ke krátkodobému pobytu je možné použít celkového sdruženého osvětlení (ČSN 360020). Dále je možné celkové sdružené osvětlení použít v případech s jiným uspořádáním lavic než čelem k tabuli nebo v dílnách při potřebě osvětlit

stíněné povrchy. Pro žáky se zrakovým postižením nebo zrakovými vadami je nutné zajistit denní i umělé osvětlení odpovídající specifickým potřebám podle stupně jejich postižení (ČSN 73 0580-1,2,3, ČSN EN 12464-1). V soustavě sdruženého osvětlení denní i doplňující umělé osvětlení musí vyhovovat příslušným normovým hodnotám a požadavkům (ČSN 360020).

- (4) 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.

§ 13

- (1) Úroveň denního i umělého osvětlení prostorů se zobrazovacími jednotkami musí být v souladu s normovými hodnotami a požadavky (ČSN 73 0580-1,2,3, ČSN 36 0020, ČSN EN 12464-1).
- (2) Pracoviště u zobrazovacích jednotek musí být umístěna tak, aby žáci nebyli oslňováni jasným osvětlovacím otvorem a ani se jim tyto otvory nezrcadlily na zobrazovací jednotce. Svítidla musí být vhodně rozmístěna a mít takové rozložení jasů a úhly clonění, aby se nezrcadlila na zobrazovací jednotce a nedocházelo ke ztížení zrakového úkolu.

§ 14 V ložnicích ubytovacích zařízení musí denní osvětlení vyhovovat normovým hodnotám pro obytné místnosti (ČSN 73 0580-1,2,3).

§ 15

- 1) Pro většinu zrakových činností v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání se vyžaduje směr denního osvětlení zleva a shora.
- (2) Při zrakově obtížných a náročných činnostech je nejvhodnější orientace osvětlovacích otvorů na neslunečnou stranu.
- (3) **Výška horizontálních srovnávacích rovin** pro návrh a posouzení osvětlení místa zrakového úkolu
- a) u denního osvětlení v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku je **0,45 m** nad podlahou,
- b) u denního osvětlení v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání žáků je **0,85 m** nad podlahou,
- (5) Osvětlovací soustavy a části vnitřních prostorů odrážející světlo musí být čištěny a obnovovány ve lhůtách daných plánem údržby v souladu s projektem osvětlení a musí být udržovány v takovém stavu, aby požadované vlastnosti osvětlení byly splněny po celou dobu života osvětlovací soustavy. Není-li zpracován v projektu osvětlení plán údržby, postupuje se v souladu s ustanovením § 22 písm. e) až g)

§ 16

- (1) **Regulace denního osvětlení**, rozložení světla a zábrana oslnění musí být řešena v souladu s normovými požadavky (ČSN 73 0580-1,2,3).

§ 21

(1) Při výuce je třeba dbát na prevenci jednostranné statické zátěže vybraných svalových skupin výchovou žáků ke správnému sezení a držení těla.

§ 22 **Úklid v prostorách zařízení** pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání se provádí:

a) denně setřením všech podlah a povrchů na vlhko, u koberců vyčištěním vysavačem,

e) nejméně **dvakrát ročně umytím oken včetně rámu**, svítidel a světelných zdrojů,

f) nejméně dvakrát ročně celkovým úklidem všech prostor a zařizovacích předmětů,

g) **malováním jedenkrát za 3 roky** nebo v případě potřeby častěji

1.2 Vyhláška MMR. č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, novel č.20/2012

§ 11 Denní a umělé osvětlení, větrání a vytápění

(1) U nově navrhovaných budov musí návrh osvětlení v souladu s normovými hodnotami řešit denní, umělé i případné sdružené osvětlení, a posuzovat je společně s vytápěním, chlazením, větráním, ochranou proti hluku, prosluněním, včetně vlivu okolních budov a naopak vlivu navrhované stavby na stávající zástavbu.

4) V obytných místnostech musí být navrženo denní, umělé a případně sdružené osvětlení v závislosti na jejich funkčním využití a na délce pobytu osob v souladu s normovými hodnotami.

§ 49 Stavby škol, předškolních, školských a tělovýchovných zařízení

(1) Nejmenší světlé výšky místností a prostorů musí být

a) 3000 mm u mateřských škol a speciálních mateřských škol; snížení na světlou výšku 2500 mm lze připustit, pokud je dodržena kubatura vzduchu 12 m³ na jedno dítě,

b) 3300 mm u základních, středních, vyšších a speciálních škol; při dodržení všech podmínek denního osvětlení na pracovní plochy je možné snížení na světlou výšku 3000 mm, pokud je dodržena kubatura vzduchu 5,3 m³ na jednoho žáka,

c) 6000 mm u tělocvičen rozměrů 12 m x 18 m a 12 m x 24 m, 7000 mm u tělocvičen rozměrů 18 m x 30 m a větších,

d) 2500 mm u šaten.

(2) V budově každé školy, předškolního, školského a tělovýchovného zařízení musí být zřízeny šatny žáků. Prostory šaten musí být osvětlené a větrané. Odkládání oděvu pedagogických a nepedagogických pracovníků se musí řešit odděleně od šaten žáků.

1.3 ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov Část 1: Základní požadavky

4.2 Základní požadavky na denní osvětlení

4.2.1 **Vyhovující denní osvětlení** musí mít vnitřní **prostory určené pro trvalý pobyt lidí** během dne. Případy, kdy lze použít sdruženého osvětlení, vymezuje ČSN 36 0020. Vnitřní prostory bez denního světla s pobytem lidí **se řídí hygienickými předpisy**.

4.2.2.V nově navrhovaných budovách **musí mít vždy vyhovující denní osvětlení:**

b) **ložnice a pokoje** zařízení pro dlouhodobé ubytování (domov mládeže, koleje, ubytovny atd) ...

c) **denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu** (jeslí a mateřských škol)

d) **učebny škol** kromě speciálních učeben a poslucháren (viz ČSN 73 850-3)

1.4 ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov Část 3: Denní osvětlení škol

3.1.2 Denní osvětlení ... se navrhuje s ohledem na všechny uživatele (žáky, vyučující i ostatní pracovníky).

3.1.3 **srovnávací rovina** - ve výukových prostorech - **0,85 m**

- v denních místnostech předškolních zařízeních - **0,45 m**

- ve vnitřních prostorech pro **tělesnou výchovu v úrovni podlahy**.

3.2.1 **Vyhovující DO** dle ČSN 73 0580-1 - s trvalým pobytem lidí dle tabulky 1 a 2.

- kde uživatelé pravidelně střídají krátkodobý pobyt v různých vnitřních prostorech (např. odborných nebo speciálních učebnách, laboratořích, dílnách) tak, že **celková doba pobytu v nich má trvalý charakter**.

3.2.2 Sdružené osvětlení – (trvalý pobyt) lze použít krátkodobě v odůvodněných případech dle ČSN 36 0020 – rekonstrukce modernizace škol.

3.2.3 Odstupňované osvětlení

3.2.4 Minimální a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti – ČSN 73 0580-1 tabulka 1.

Tabulka 1 - Požadavky na denní osvětlení ve školách

Druh vnitřního prostoru	Trvalý pobyt ³⁾	Třída zrakové činnosti	Činitel denní osvětlenosti v %		Rovnoměrnost bočního denního osvětlení
			D _{min}	D _m	
Učebny víceúčelové a kmenové, pracovní kouty, posluchárny, víceúčelové prostory, družiny ¹⁾	+	IV	1,5	5	0,2
Studovny, čítárny	+	IV	1,5	5	0,2
Pracovny výtvarné výchovy, rýsovný	-	III	2,0	6	0,2
Ostatní odborné pracovny a učebny, velké učebny, cvičný byt	-	IV	1,5	5	0,2
Laboratoře a dílny pro - běžné práce	-	IV	1,5	5	0,2
- jemné práce	-	III	2,0	6	0,2
Tělocvičny, plavecké učebny a haly - pro výuku	-	V	1,0	3	0,15
- pro závodní sporty	-	IV	1,5	5	0,2
Shromažďovací prostory, auly	-	V	1,0	3	0,15
Kabinety, pracovny vyučujících, kanceláře	+	IV	1,5	5	0,2
Sborovny - bez trvalého pobytu ²⁾	-	V	1,0	3	0,15
- s trvalým pobytem	+	IV	1,5	5	0,2
Kuchyně, přípravný jídel, umyvárny nádobí	+	IV	1,5	5	0,2
Šatny, hygienická zařízení	-	VI	0,5	2	-
Ordinace lékaře, vyšetřovny	+	IV	1,5	5	0,2
Klubovny, společenské místnosti, jídelny	-	V	1,0	3	0,1
Komunikace	-	VI	0,5	2	-
<p>POZNÁMKY</p> <p>1 V běžných učebnách je rozhodujícím zrakovým úkolem čtení a psaní. Přitom se bere v úvahu jak čtení a psaní na pracovním místě žáka, tak na tabuli nebo jiném zařízení, pozorovaném ze všech pracovních míst.</p> <p>2 V případě, že vyučující nemají k dispozici samostatné pracovny nebo kabinety, považují se sborovny za vnitřní prostory s trvalým pobytem.</p> <p>3 Trvalý pobyt je vyznačen znaménkem +; vnitřní prostory bez trvalého pobytu znaménkem -.</p>					

Tabulka 2 - Požadavky na denní osvětlení v předškolních zařízeních

Druh vnitřního prostoru	Trvalý pobyt ²⁾	Třída zrakové činnosti	Činitel denní osvětlenosti v %		Rovnoměrnost bočního denního osvětlení
			D _{min}	D _m	
Denní místnosti, herny, pracovní dětí, ložnice, pracovní kouty ¹⁾	+	IV	1,5	5	0,2
Kouty klidu	-	V	1,0	3	0,15
Víceúčelové sály	-	IV	1,5	5	0,2
Šatny a hygienická zařízení	-	VI	0,5	2	-
Izolace	-	V	1,0	3	0,15
Kanceláře	+	IV	1,5	5	0,2
Kuchyně, přípravný jídel, umyvárny nádobí	+	IV	1,5	5	0,2
Prádelny, žehlírny	+	IV	1,5	5	0,2
Komunikace	-	VI	0,5	2	-

POZNÁMKY

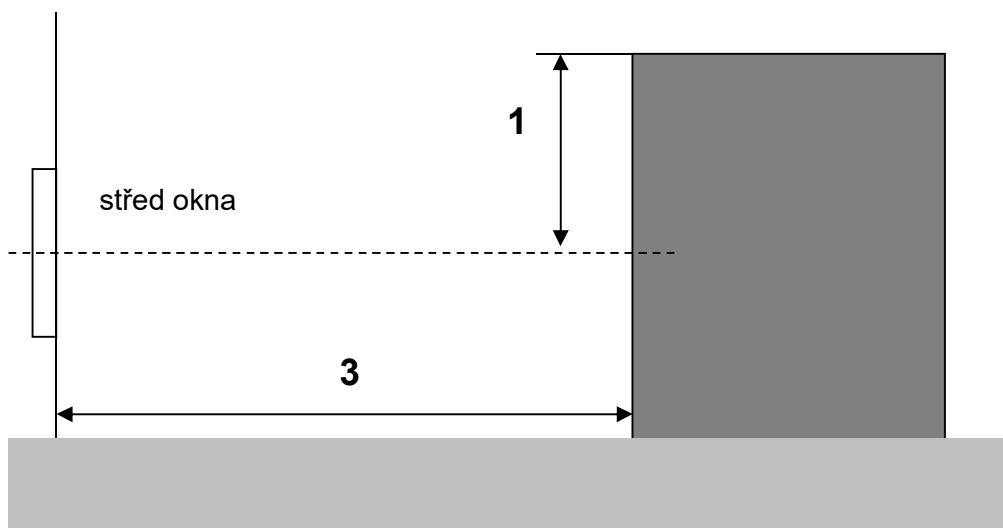
1 V denních místnostech předškolních zařízení jsou rozhodujícími zrakovými činnostmi dětské hry jak pohybové, tak s hračkami rozmanitého charakteru a hry s výtvarnými prvky, kreslením, malováním, i jednoduché ruční práce. Pozorované podrobnosti jsou převážně větší, ale závažnou úlohu zde hraje skutečnost, že zrakový orgán dětí se teprve vyvíjí.

2 Trvalý pobyt je vyznačen znaménkem +; vnitřní prostory bez trvalého pobytu znaménkem -.

3.2.6 únikové cesty – z bezpečnostních důvodů se zachovává minimální hodnota činitele denní osvětlenosti nejméně 0,1 %, a to i při případném zatemnění.

4.1. Venkovní podmínky

4.1.1 **odstup stínících překážek** - vyjádřený jako poměr převýšení stínící hrany překážky nad osou oken ke kolmé půdorysné vzdálenosti hrany od průčelí se považuje **průměrná hodnota 1:3**.



4.1.2 Venkovní povrchy – světlejší 0,3 – 0,6 světlejší dlažba, písek, světlejší odstíny průčelí. Tam, kde by mohlo docházet ke zhoršování tepelné pohody – omezen činitel odrazu nejvýše na 0,4.

4.1.3. lesklé povrchy – nemají odrážet sluneční světlo směrem k osvětlovacím otvorům výukových prostorů.

4.2. Vnitřní povrchy

4.2.1 Povrchy pracovních ploch – rozptýlné, nelesklé – činitel odrazu – 0,3 – 0,45

4.2.2 Tabule – činitel odrazu nejméně 0,1; snadno čistitelná s rozptýlným povrchem.

4.2.3 Lesklé povrchové úpravy – výjimečně. Dbát – podlahy výukových prostorů, tělovýchovných a komunikací měly rozptýlný povrch.

4.2.4 Soustředěná práce - chladnější, klidné barevné odstíny. V prostorech pro mladší věkové skupiny a v prostorech určených pro společenské a rekreační činnosti jsou vhodnější teplejší, živější barevné odstíny.

4.3. Osvětlovací otvory

4.3.1 Vnitřní prostory pro hromadnou výuku a denní místnosti předškolních zařízení se při větší hloubce navrhuje přednostně s kombinovaným nebo vícestranným bočním denním osvětlením. Pokud mají jednostranné boční osvětlení (zejména ve vícepodlažních budovách), navrhuje se průběžné osvětlovací otvory s minimálními rozměry dělicích konstrukcí a meziokenních pilířů, aby se docílilo dostatečné úrovně denního osvětlení a potřebné rovnoměrnosti osvětlení v podélném směru.

4.3.2 Dobré zrakové spojení s vnějším prostředím – vodorovný výhled oknem pro sedící i stojící osoby. Spodní hrana zasklení: do 6 let – 0,75 m; od 6 do 14 let – 1,05 m; vyšší věkové skupiny – 1,2 m.

4.3.3 Zasklení – čiré, nezkrslující bezbarvé. Reflexní nebo absorpční materiál v odůvodněných případech

4.3.4 Konstrukce osvětlovacích otvorů – bezpečná (proti vypadnutí), snadno ovladatelná i menšími osobami.

4.3.5 Rýsovný, kreslírny, pracovní výtvarné výchovy, laboratoře, dílny pro jemné práce podle možnosti s kombinovaným denním osvětlením (boční i horní).

4.3.6 Speciální učebny – výpočetní technika, fyzika ... – dává se přednost orientaci osvětlovacích otvorů na neslunečnou stranu.

4.4. Vnitřní prostory s obrazovkami.

4.4.1 PC, přístroje s displeji se navrhuje osvětlovací otvory tak, aby:

- na nich nevznikaly rušivé odrazy zrcadlením osvětlovacích otvorů

- nevznikalo oslnění velkým jasem osvětlovacích otvorů v blízkosti obvyklého směru pohledu na obrazovku.

4.4.2 Umístění PC – denní světlo převážně ze strany nebo shora.

4.4.4 Prostory s PC – plynulá regulace denního osvětlení.

4.5. Sledování úrovně denního osvětlení

4.5.1 regulace denního osvětlení pomocí čidel

4.5.2 Ovládání – ruční nebo automatické

4.5.3. Umístění čidla, aby nebylo ovlivněno – pravidelně kontrolovat a čistit.

1.5 ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení

3.1 sdužené osvětlení - záměrné současné osvětlení denním a doplňujícím umělým osvětlením.

3.2 celkové sdužené osvětlení - současné osvětlení denním osvětlením a doplňujícím celkovým nebo odstupňovaným umělým osvětlením.

3.3 místní sdužené osvětlení současné osvětlení denním osvětlením a doplňujícím místním umělým osvětlením na zastíněném místě vnitřního prostoru.

3.4 siluetový efekt - jev vznikající při pozorování předmětu proti pozadí s velkým jasem, při kterém zrak při malém jasu předmětu vnímá jen jeho siluetu (obrys).

4 Technické požadavky

4.1.1 **Sdružené osvětlení** při dlouhodobém působení **není z hlediska vlivu na člověka rovnocenné** v plném rozsahu dennímu osvětlení, ale je podstatně příznivější, než osvětlení pouze umělé.

4.1.2 Denní složka sduženého osvětlení se navrhuje a posuzuje podle zásad uvedených v ČSN 73 0580-1, doplňující umělá složka podle zásad uvedených v ČSN EN 12464-1.

4.1.3 Při návrhu a posuzování úrovně a rovnoměrnosti sduženého osvětlení se u denní složky vychází ze stavu rovnoměrně zatažené oblohy s gradací jasu podle ČSN 73 0580-1 za dvou kritických úrovní venkovní srovnávací osvětlenosti:

a) 5 000 lx při posuzování úrovně (kvantity) osvětlení;

b) 20 000 lx při posuzování kvality osvětlení, zejména rovnoměrnosti.

4.1.6 Hodnoty osvětlenosti sduženým osvětlením za určitého stavu oblohy a venkovní osvětlenosti jsou součtem složky denní osvětlenosti a doplňující umělé složky a vyjadřují se v luxech.

4.1.7 Ve vnitřních prostorech se sduženým osvětlením mohou být pásma:

c) s vyhovujícím denním osvětlením podle ČSN 73 0580-1;

d) se sdruženým osvětlením s úrovní denního osvětlení nižší, než požaduje ČSN 73 0580-1, ale vyhovující požadavkům této normy;

e) s osvětlením pouze umělým s úrovní denního osvětlení nižší, než požaduje tato norma.

4.2 Použití sdruženého osvětlení

4.2.1 Celkové sdružené osvětlení - pouze v odůvodněných případech

4.2.2 **Celkové sdružené osvětlení se nesmí použít v nových stavbách** v těch vnitřních prostorech, ve kterých je vyhovující denní osvětlení součástí podmínek **důležitých pro zdraví jejich uživatelů** a které jsou uvedeny v ČSN 73 0580-1. Je však možné použít v nich krátkodobě doplňujícího umělého osvětlení pro časově omezené činnosti, je-li to odůvodněno (například pro docílení odlišného rozložení a převažujícího směru osvětlení, než poskytuje v daném případě denní světlo).

4.2.3 **Při rekonstrukcích a modernizacích** je možné v odůvodněných případech použít celkového sdruženého osvětlení i ve vnitřních prostorech uvedených v ČSN 73 0580-1 za předpokladu, že se sdruženým osvětlením zlepší dosud nevyhovující podmínky denního osvětlení.

4.4 Úroveň denní složky sdruženého osvětlení

4.4.1 Ve vnitřním prostoru se sdruženým osvětlením nebo v jeho funkčně vymezené části musí být zachován dostatečný podíl denní složky; v závislosti na obtížnosti zrakových činností, vyjádřené zařazením do tříd podle 3.7 ČSN 73 0580-1, **musí být splněny minimální** a případně (u horního osvětlení) průměrné (viz ČSN 73 0580-1) **hodnoty činitele denní osvětlenosti, uvedené v tabulce 1** této normy. **Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti 1% musí být splněna ve všech případech, tedy i při bočním nebo kombinovaném osvětlení.**

Tabulka 1 – Hodnoty činitele denní osvětlenosti

Třída zrakové činnosti	Hodnota činitele denní osvětlenosti v %	
	Minimální D_{\min}	průměrná D_m
I, II	1,0	2,5
III	0,7	2,0
IV	0,5	1,5
V až VII	0,5	1,0

4.8.1 Sdružené osvětlení - co nej Hospodárněji využilo denního světla a aby se co nejméně muselo nahrazovat umělým světlem.

4.8.3 Denní složka sdruženého osvětlení - zamezit oslňování příliš velkým jasným oblohou i nepříznivým vlivům přímého slunečního světla na zrakovou pohodu, zejména přímému oslňování uživatelů vnitřních prostorů a nadměrným kontrastům jasů.

4.8.4 Boční osvětlovací otvory mají mít výplně z průhledného materiálu, aby byl zachován nezkraslený výhled do okolního prostředí a nezvyšoval se jas otvorů při osvětlení přímým slunečním světlem. Neprůhledné výplně se používají pouze ve zvlášť odůvodněných případech.

4.11 Regulace a ovládání doplňujícího umělého osvětlení

4.11.1 Doplňující umělé osvětlení se při sdruženém osvětlení reguluje v závislosti na podmínkách venkovní osvětlenosti. Přitom musí být respektovány kvantitativní i kvalitativní požadavky na osvětlení i požadavky na hospodárnost provozu.

4.11.2 V rozsáhlejších stavbách a ve vnitřních prostorech s větším počtem uživatelů (například **ve školách**) se doporučuje ovládání doplňujícího umělého osvětlení na základě sledování stavu denního osvětlení **pomocí čidel**, které současně zabezpečuje potřebnou úroveň i kvalitu osvětlení a hospodárné využití energie. Podle podmínek může být ovládání buď **automatické**, které je náročnější na technické řešení i investice, nebo ruční na základě signalizace z čidel. Při automatickém ovládání se vždy zachová i možnost ovládání **ručního**.

4.11.6 Čidla sloužící ke sledování úrovně denní složky sdruženého osvětlení se umístí tak aby byla

- namířena ke světelně činné části oblohy, která nejvíce ovlivňuje denní složku v daném vnitřním prostoru;
- chráněna před rušivými vlivy doplňujícího umělého osvětlení;
- chráněna před rušivými vlivy venkovního umělého osvětlení;
- chráněna před přímým slunečním světlem;
- chráněna před škodlivými vlivy vnějšího prostředí.

4.13 Provoz a kontrola sdruženého osvětlení

4.13.2 **Čidla** - se pravidelně **čistí** a jejich funkce se **kontroluje nejméně dvakrát ročně**, ve zvlášť znečištěném prostředí (velký spad prachu, významné zdroje znečištění vzduchu) **čtyřikrát ročně**.

Literatura a odkazy

- [1] Vyhláška MZd. č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých; novela č. 343/2009 Sb.
- [2] Vyhláška MMR. č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby; novela č. 20/2012
- [3] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov Část 1: Základní požadavky
- [4] ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov Část 3: Denní osvětlení škol
- [5] ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení

Osvetlenie futbalových štadiónov podľa nových požiadaviek UEFA

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

Futbal patrí medzi najobľúbenejšie a najrozšírenejšie kolektívne hry na celom svete. Prešiel zložitým vývojom a získal si popularitu všetkých vrstiev obyvateľstva vo väčšine krajín. Kvalitné osvetlenie je preto dôležité z hľadiska zabezpečenia optimálnych podmienok pre samotných hráčov ako aj kvalitného televízneho záznamu pre divákov. Na medzinárodnej úrovni sa zaoberá požiadavkami na osvetlenie Medzinárodná federácia futbalových zväzov (FIFA), ktorá združuje 208 národných futbalových zväzov sveta. Jednou z konfederácií je aj Únia európskych futbalových zväzov (UEFA), ktorá je hlavná riadiaca organizácia európskeho futbalu. Táto organizácia tak isto určuje svoje vlastné špecifické požiadavky na osvetlenie. Článok sa zaoberá novými požiadavkami pre osvetlenie futbalových štadiónov, ktoré sa týkajú hlavne výpočtovej siete a požiadaviek na kamerové prenosy.

1 Úvod

Osvetlením futbalových štadiónov sa zaoberajú technické normy ale aj rôzne odporúčania a špecifické požiadavky futbalových federácií. U nás sa problematikou osvetlenia futbalových štadiónov zaoberá norma STN EN 12193 v ktorej sú dané základné požiadavky z hľadiska úrovne súťaže a požiadavky na osvetlenie z hľadiska televízneho prenosu. Na medzinárodnej úrovni sa zaoberá požiadavkami na osvetlenie aj Medzinárodná federácia futbalových zväzov FIFA. Tvoria ju šesť futbalových konfederácií a medzi jej hlavné náplne patrí usporadúvanie majstrovstiev sveta. Jednou zo šiestich konfederácií je aj Únia európskych futbalových zväzov UEFA, ktorá je hlavná riadiaca organizácia európskeho futbalu. Táto organizácia tak isto určuje svoje vlastné špecifické požiadavky na osvetlenie. Osvetlením športovísk sa zaoberajú aj dokumenty medzinárodnej komisie pre osvetľovanie CIE. Osvetlením futbalových štadiónov sa zaoberá CIE 057:1983, meraniami osvetlenia športovísk sa zaoberá CIE 067:1986, V CIE 112:1994 je popísaný systém hodnotenia oslnenia pre vonkajšie športoviská a vonkajšie priestory a v CIE 169:2005 sú praktické návody pre návrh osvetlenia športovísk pre farebnú televíziu a filmové systémy. Jednotlivé technické normy a odporúčania majú rôzny systém kategorizovania úrovni súťaže a tak isto rozdielne podmienky na parametre osvetlenia. V tomto roku došlo aj k zmene požiadaviek Únie európskych futbalových zväzov ktoré sa týkajú najmä rozloženia výpočtovej siete, výšky porovnávacích rovín a spôsobov výpočtu a merania vertikálnych osvetleností, ktoré slúžia na hodnotenie kvality osvetlenia pre kamerové prenosy. [1]

2 Požiadavky na osvetlenie

2.1 Úrovne osvetleností

Kategorizácia futbalových štadiónov sa delila podľa doterajších požiadaviek UEFA do štyroch skupín podľa objektívnych kritérií medzi ktoré patria rozmery hracej plochy, osvetlenie, počet miest, zázemie pre médiá a VIP hostí, zabezpečenie. Rôzne európske súťaže organizované UEFA a ich fáza sa potom môže hrať len na štadiónoch s istou minimálnou požiadavkou kategórií. Podľa doterajších požiadaviek bola najnižšia kategória 1 a najvyššia kategória 4 vyžadovaná pre playoff Ligy majstrov, všetky zápasy hlavnej časti a tiež všetky zápasy hlavnej časti Európskej ligy. V UEFA smernici pre infraštruktúru štadiónov z roku 2010 sa nikde neuvádza hodnota horizontálnej intenzity osvetlenia. V požiadavkách pre jednotlivé kategórie štadiónov (tabuľka 1) boli uvedené len hodnoty vertikálnej intenzity osvetlenia vo výške 1,5m pre pevnú hlavnú kameru a pohyblivé kamery. V smernici je uvedená aj požiadavka na hodnotu priemernej vertikálnej osvetlenosti 300lx pre zápasy bez kamerového prenosu.

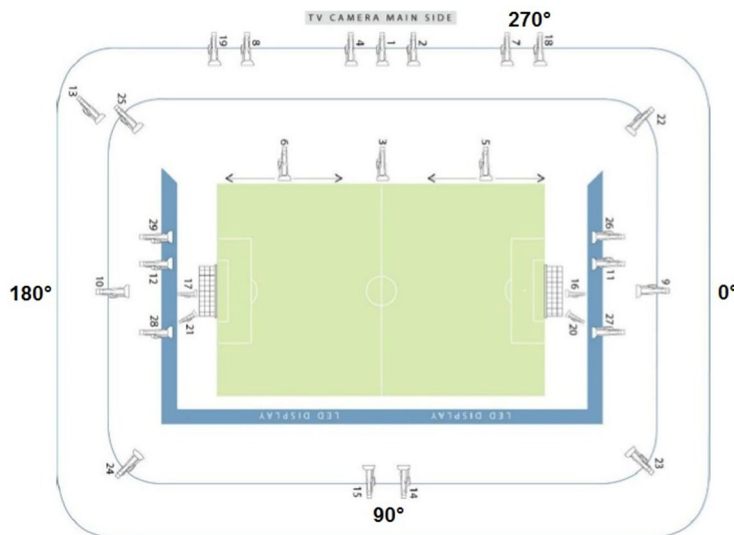
Kategória štadiónu	Pevná kamera Ev (lx)	Pohyblivá kamera Ev (lx)	Ev min/ Ev max	Ev min/ Ev av
I	800 - 1400	500 - 100	0.4	0.6
II				
III	1200 - 1400	800 - 1000		
IV	min 1400	min 1000		

Tab.1 UEFA požiadavky na osvetlenie [2]

V novej smernici z roku 2016 sa uvádza 5 úrovní osvetlenia vzhľadom na typy zápasov s ktorými sa uvažuje pri danej kategórii štadiónu. V tabuľke 2 sú uvedené jednotlivé požadované hodnoty horizontálnych a vertikálnych osvetleností pre dané úrovne osvetlenia ktoré sa nachádzajú v danej smernici. Vzhľadom na veľký počet kamier používaných pri súčasných zápasoch (obrázok 1) sa už nerozlišujú pevné a pohyblivé kamery ale len orientácie k štyrom stranám 0°,90°,180°,270°. Úrovne vertikálnych osvetleností sú vzťahnuté k daným stranám a definované vo výške 1m nad hracou plochou.

Úroveň osvetlenia	Horizontálna intenzita osvetlenia Eh ave (lx)	Eh min/ Eh max	Eh min/ Eh av	Horizontálna intenzita osvetlenia Ev ave (lx)	Horizontálna intenzita osvetlenia Ev ave (lx)	Ev min/ Ev max	Ev min/ Ev av
Elite level A	2000	0.5	0.7	1500	1000	0.4	0.5
Level A	1500	0.5	0.7	1250	700	0.4	0.5
Level B	1400	0.5	0.7	1000	600	0.4	0.5
Level C	1200	0.4	0.6	750	350	0.35	0.45
Level D	800	0.4	0.5	350	200	-	-

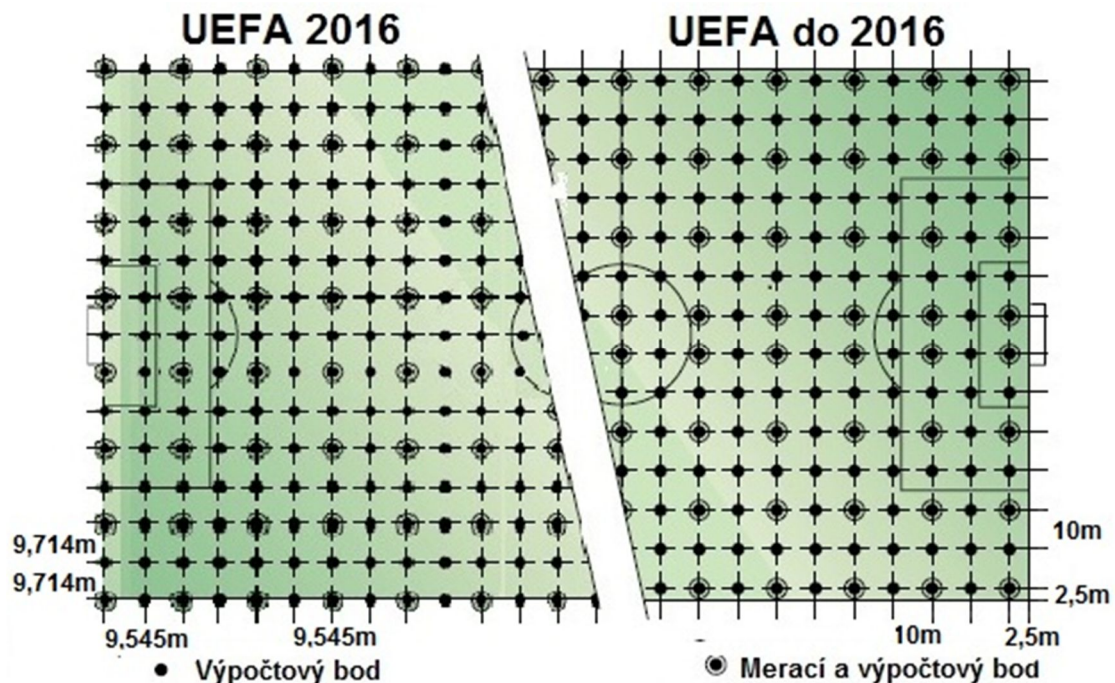
Tab.2 UEFA požiadavky na osvetlenie [3]



Obr.1 Rozloženie meracích bodov podľa UEFA [3]

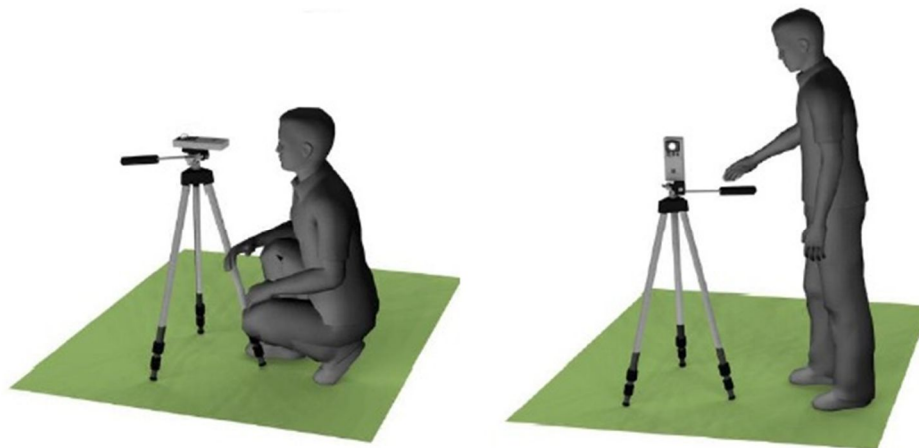
2.2 Meracia sieť

Sieť meracích bodov pre vertikálnu intenzitu osvetlenia bola v doterajších požiadavkách definovaná pomocou pevne daných rozmerov. Rozmery medzi dvomi meracími bodmi v tom istom smere je 10m a body pri postranných čiarach sú od postranných čiar vzdialené 2,5m. Podľa nových požiadaviek sú meracie body pre horizontálnu a vertikálnu intenzitu osvetlenia od seba vzdialené rovnomerne a to pri ihrisku s rozmermi 105x68m predstavuje v priečnom smere 9,714m a v pozdĺžnom smere 9,545m. Porovnanie rozloženia meracích bodov pre ihrisko z rozmermi 105x68m je znázornené na obrázku 2.



Obr.2 Rozloženie meracích bodov.

Horizontálna aj vertikálna osvetlenosť sa meria v daných meracích bodoch vo výške 1 m nad hracou plochou. (obr.3)



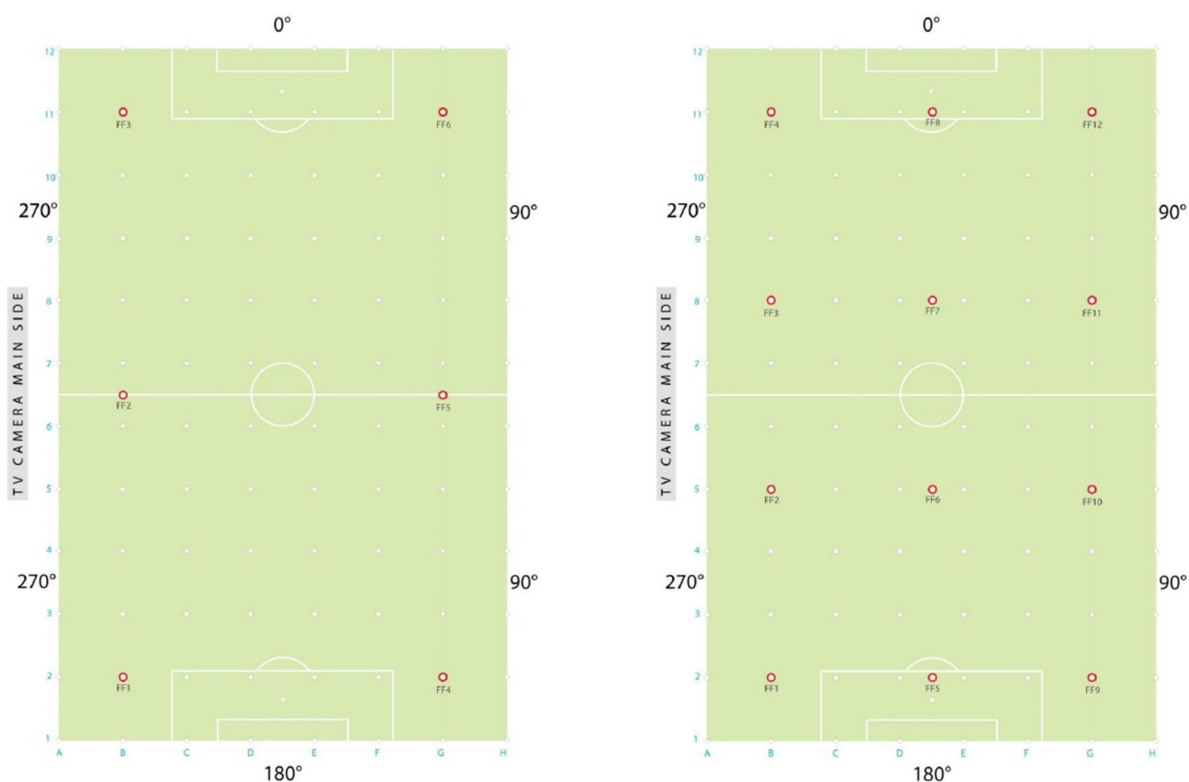
Obr.3 Meranie horizontálnej a vertikálnej osvetlenosti [3]

2.3 Flicker faktor

Počas kamerových prenosov môžu nastať hlavne pri spomalených záberoch rôzne rušivé blikania. Tieto blikania môžu byť spôsobené zmenou napájacieho napätia výbojkových svietidiel s konvenčným predradníkom môže dôjsť k tzv. blikaniu. Flicker faktor sa vypočíta podľa vzťahu (1). Pri súčasne používaných technológiách pre kamerové prenosy je prípustná hodnota flicker faktoru do 5%. Táto hodnota nespôsobuje nepriaznivé blikania ani pri spomalených záberoch pri nasnímaní 300 obrázkov za sekundu. Flicker faktor je možné eliminovať použitím elektronických predradníkov a v obmedzenej miere aj pomocou následného počítačového spracovania.

$$FF = \frac{1}{2} \times \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{average}} \times 100\% \text{ alebo } FF = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} \times 100\% \quad (1)$$

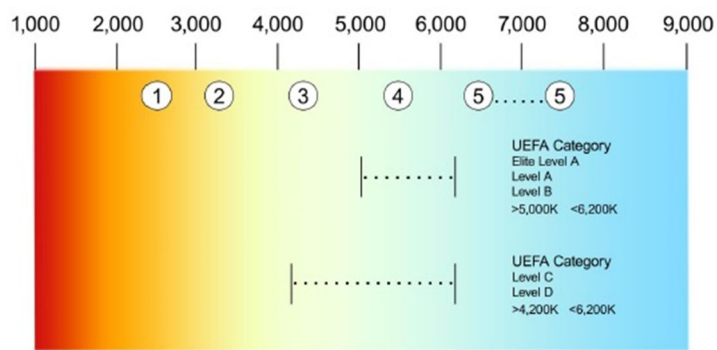
Predpokladá sa že flicker faktor je rovnaký na celej hracej ploche preto sa meria len v určitých bodoch (obr.4). Pri meraní je dôležité určiť typ osvetľovacej sústavy. Pokiaľ sa jedná o osvetľovaciu sústavu s LED svietidlami alebo výbojkovými svietidlami s elektronickým predradníkom použije sa sieť 6 meracích bodov (obr.4) a v každom bode sa zmeria 12 hodnôt k daným referenčným rovinám. Pokiaľ sa ale jedná o osvetľovaciu sústavu so svietidlami s konvenčnými predradníkmi alebo kombináciou rôznych predradníkov je potrebné meranie vykonať v 12 bodoch (obr.4) a v každom bode 24 hodnôt k daným referenčným rovinám. Výsledný flicker faktor sa potom z daných nameraných hodnôt vypočíta pomocou jedného z vyššie uvedených vzorcov.



Obr.4 Rozloženie meracích bodov pre Flicker faktor [3]

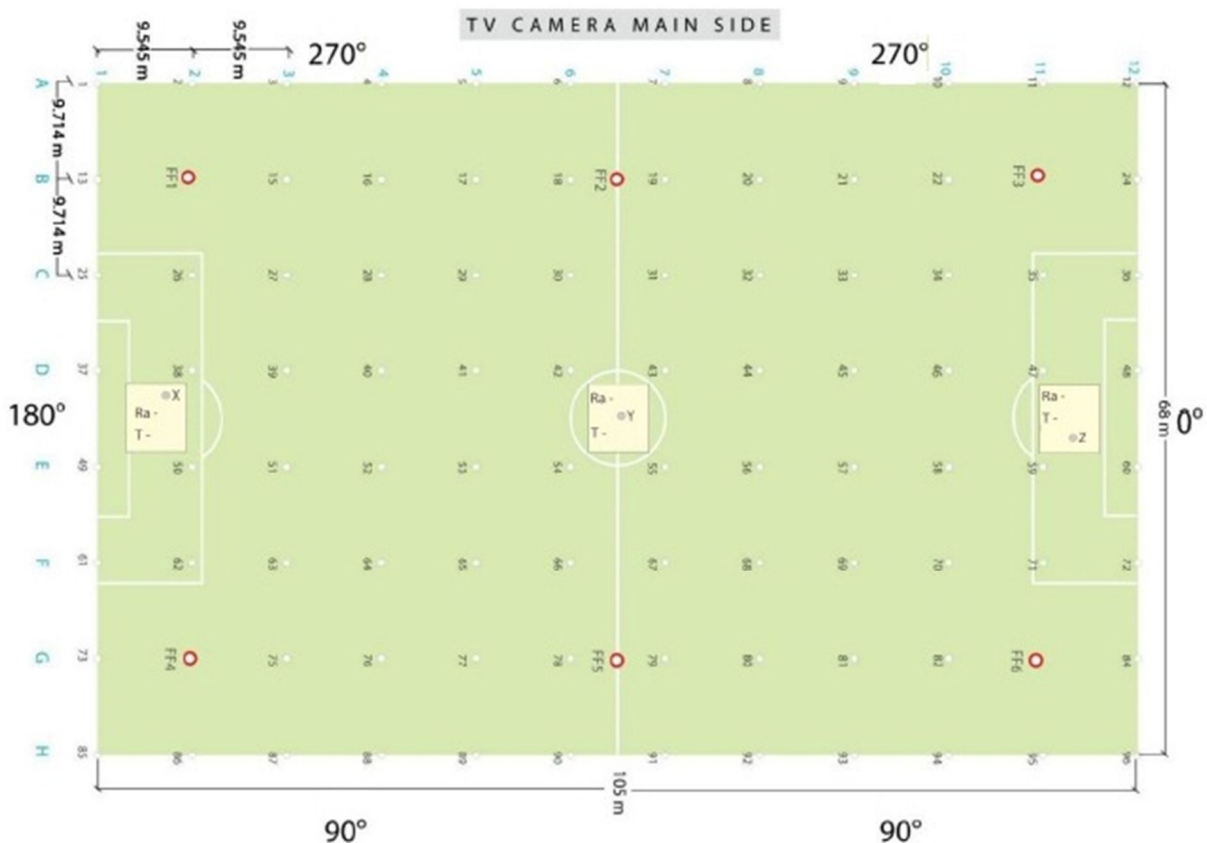
2.4 Teplota chromatickosti a index farebného podania

Teplota chromatickosti sa v závislosti na type štadiónu a charakteru osvetlenia volí od 4200K do 6200K. Odporúčané rozsahy teplôt chromatickosti pre jednotlivé kategórie štadiónov sú znázornené na obrázku 5. Pre dobrú reprodukciu farieb sa odporúčajú indexy farebného podania $CRI \geq 80$ pre štadióny typu A a B, $CRI \geq 70$ pre štadióny typu C a $CRI \geq 65$ pre štadióny typu D.



Obr.5 Odporúčané teploty chromatickosti [3]

Meranie teploty chromatickosti a indexu farebného podania sa odporúča v troch bodoch (X,Y,Z) zobrazených na obrázku 6 spolu zo všetkými meracími bodmi.



Obr.6 Celkové rozloženie meracích bodov pre štadión s rozmermi 105x68m

3 Záver

Futbal je jeden z najrozšírenejších a najpopulárnejších športov na svete, preto sa neustále kladie dôraz na skvalitnenie a zlepšenie podmienok pre jeho vykonávanie. Nároky pre zrakovú činnosť sú prvoradé. Pri hre by nemalo dochádzať k strate kontaktu očí a futbalovej lopty a k tvorbe falošného videnia lopty ako dôsledku zlého osvetlenia. Osvetľovanie futbalových ihrísk a štadiónov je jedna z najrozsiahlejšie spracovaných a zadefinovaných oblastí osvetľovania samotnou medzinárodnou futbalovou federáciou FIFA s ktorej vychádzajú aj požiadavky UEFA. Pri návrhu novej osvetľovacej sústavy alebo meraní osvetlenia existujúcej je vždy potrebné brať v úvahu najnovšie požiadavky a vykonať či už návrh alebo meranie v súlade s nimi. Vzhľadom na to že touto problematikou sa zaoberajú aj iné dokumenty ako sú napríklad technické normy, smernice a dokumenty CIE je vždy potrebné venovať zvýšenú pozornosť na zváženie jednotlivých požiadaviek.

PodĎakovanie

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

Literatura a odkazy

- [1] Guide to the artificial lighting of football pitches
- [2] UEFA stadium infrastructure regulations, Edition 2010
- [3] UEFA Stadium Lighting Guide, 2016

Denní světlo, umělé osvětlení a biorytmy člověka

Ing. arch. Lenka Maierová, Ph.D., Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze
e-mail: lenka.maierova@fsv.cvut.cz

Abstrakt:

Široká nabídka moderních světelných zdrojů umožňuje nejen nastavit intenzitu, ale také zvolit barevnost a dynamiku osvětlení. Osvětlení prostoru je důležité pro zrakovou činnost, prokázány byl také tzv. nevizuální vlivy: na cirkadiánní rytmus, kvalitu spánku, výkonnost a v dlouhodobém důsledku i na zdraví a celkovou kvalitu života člověka. Pro srovnání vlivu různých světelných zdrojů bylo provedeno měření jejich spektrálního složení a určena účinná osvětlenost jak pro fotopické tak i nevizuální fotoreceptory v oku. Výsledky ukazují, jak se světelné zdroje s podobnou vizuální účinností liší v nevizuálním účinku.

1 Úvod

V sítnici oka byl vedle tyčinek a čípků před nedávnem identifikován třetí typ světlocitlivých receptorů – tak zvané ipRGCs (intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells). Na základě impulsů z nich jsou synchronizovány vnitřní biologické hodiny organismu s časem (denní dobou) vnějšího světa. Na rozdíl od tyčinek a čípků, informace z ipRGCs v mozku nevytváří zrakový vjem (obraz okolí), proto je tento systém vnímání světla označován jako „nevizuální“ [1]. Vědecké studie potvrzují výrazný vliv světelného prostředí na spánkovou regulaci, kvalitu spánku, koncentraci a psychické rozpoložení a při dlouhodobé desynchronizaci vnitřních biologických hodin byl prokázán i vliv na vznik obezity a zdraví celkově. K poruše systému může dojít například při časté expozici jasnému světlu v nevhodnou denní (noční) dobu současně s nedostatkem světla ve dne [2, 3, 4]. Podle současných zjištění moderní člověk tráví pouze 10 – 20% času v prostředí se světelnou intenzitou dostatečnou pro zajištění nevizuálních funkcí a současně až 20% populace alespoň částečně pracuje v noci, pod umělým osvětlením [5]. Zato platíme dlouhodobou spánkovou deprivací a poruchami denního rytmu u velké části populace. Častý stav trvalé ospalosti, neschopnost udržet pozornost a výrazné zhoršení kognitivního výkonu během dne, následovaný nekvalitním spánkem v noci [6] mohou být průvodními jevy zhoršené funkce nevizuálního systému. S omezováním pobytu na denním světle prokazatelně souvisí nárůst případů sezónních depresivních poruch. Pozitivní vliv jasného (denního) světla na psychiku i fyziologii člověka byl prokázán v řadě studií, zabývajících uživatelskými preferencemi [7], stejně jako byla zaznamenána výrazná obliba pracovních míst u okna. Zdá se však, že denní světlo nabízí něco, co umělé osvětlení (alespoň prozatím) zajistit nedokáže. Vlastnosti denního světla, které umělému osvětlení chybí, jsou např. proměnlivost intenzity a barevného tónu během dne a zejména jeho časová omezenost, tj. stmívání až do západu slunce a celková nepřítomnost světla v noci. Pro zrakovou činnost nejsou změny kvality a kvantity světla nutné, naopak výrazné rychlé změny mohou být nežádoucí, pro nevizuální systém je zejména 24hodinový rytmus střídání světla a tmy nezbytný podnět, zajišťující cirkadiánní synchronizaci.

Bylo by tedy logické v co největší míře zajistit přístup denního světla do interiéru budov. Nově vytvářená legislativa ale jde spíše opačným směrem a stávající požadavky na proslunění budov a přístup denního světla v budovách spíše snižuje [8]. Nedostatečné prosvětlení interiéru denním světlem se kompenzuje větším využitím umělého osvětlení: zářivky a zejména LED zdroje. V porovnání s klasickou žárovkou i vzájemně mezi sebou se tyto zdroje liší ve spektrálním složení světla. Osvětlovaný prostor může mít díky tomu jiný barevný nádech, ale také různý vliv na nevizuální systém, vnitřní biologické hodiny člověka. Výběr vhodného zdroje může být velmi pozitivním faktorem, nevhodný světelný zdroj, nebo jeho použití v nevhodnou denní dobu může uškodit [9]. S novými možnostmi světelné techniky se volba vhodného osvětlení stala daleko náročnější, než tomu bylo v minulosti. Spektrální složení světla a jeho vliv na nevizuální vnímání a biologické rytmy je jedním z parametrů, který je třeba při návrhu osvětlení posuzovat, a který je v praxi stále často zanedbáván.

2 Nastavení experimentu

Cílem experimentu bylo popsat vlastnosti vyplývající ze spektrálního složení různých, běžně dostupných světelných zdrojů. Vedle určení teploty chromatičnosti (CCT) a indexu podání barev (CRI) bylo cílem vzájemně porovnat také jejich účinnost na vizuální a zejména na nevizuální systém a srovnat je s účinností denního světla.

Měření nevizuálního nelze provádět technikou užívanou pro měření osvětlenosti. V současnosti používané měřicí přístroje (luxmetry) jsou kalibrované pro zrakový vjem pomocí funkce $V(\lambda)$, tj. funkce normalizované citlivosti lidského oka za denního světla s maximem v zelené oblasti spektra kolem 555 nm [10]. Výsledek měření je tedy vizuální (fotopická) osvětlenost (E_V). Vliv na nevizuální systém nelze z E_V jednoznačně určit, neboť citlivost fotopigmentu obsaženého v ipRGCs je posunuta do oblasti kratších (modrých) vlnových délek, s maximem citlivosti kolem 460-480 nm [11, 12]. Pro stanovení vlivu světla na nevizuální vnímání bylo třeba dle vzoru vizuálních (fotopických) odvodit nové, cirkadiánní veličiny. Byla sestavena specifická funkce tzv. cirkadiánní (melanopické¹) spektrální citlivosti $C(\lambda)$ [13]. Pro určení cirkadiánní (melanopické) osvětlenosti (E_C , část světelného toku vnímaná cirkadiánním receptory) je proto nutno provést výpočet dle funkce $C(\lambda)$ z celého světelného spektra zaznamenaného např. spektrometrem, nebo použít přístroje speciálně kalibrované například pomocí barevných $C(\lambda)$ -filtrů.

Pro měření byly zvoleny zdroje bílého světla: denní světlo, klasická žárovka, fluorescentní zářivka a dynamická PowerLED v režimu „teplá bílá“ a „studená bílá“, viz tabulka 1, zdroje 1-5. Dále byly zkoumány vlastnosti barevného světla u dynamické PowerLED v režimech „svíčka“, modré, zelené a červené osvětlení, viz tabulka 2, zdroje 5-10. Pro posouzení biologických aspektů světla je třeba měřit světelný tok dopadající do oka sedícího pozorovatele, na vertikální rovině ve výšce oka cca 120 cm nad podlahou. Pro měření byl použit spektrometr Specbos 1201 (JETI, Jena, Německo).

Pomocí fotopické funkce $V(\lambda)$ byla určena účinná vizuální osvětlenost E_V . Účinná cirkadiánní osvětlenost E_C byla určena výpočtem pomocí $C(\lambda)$. Obojí bylo vyjádřeno jako procento

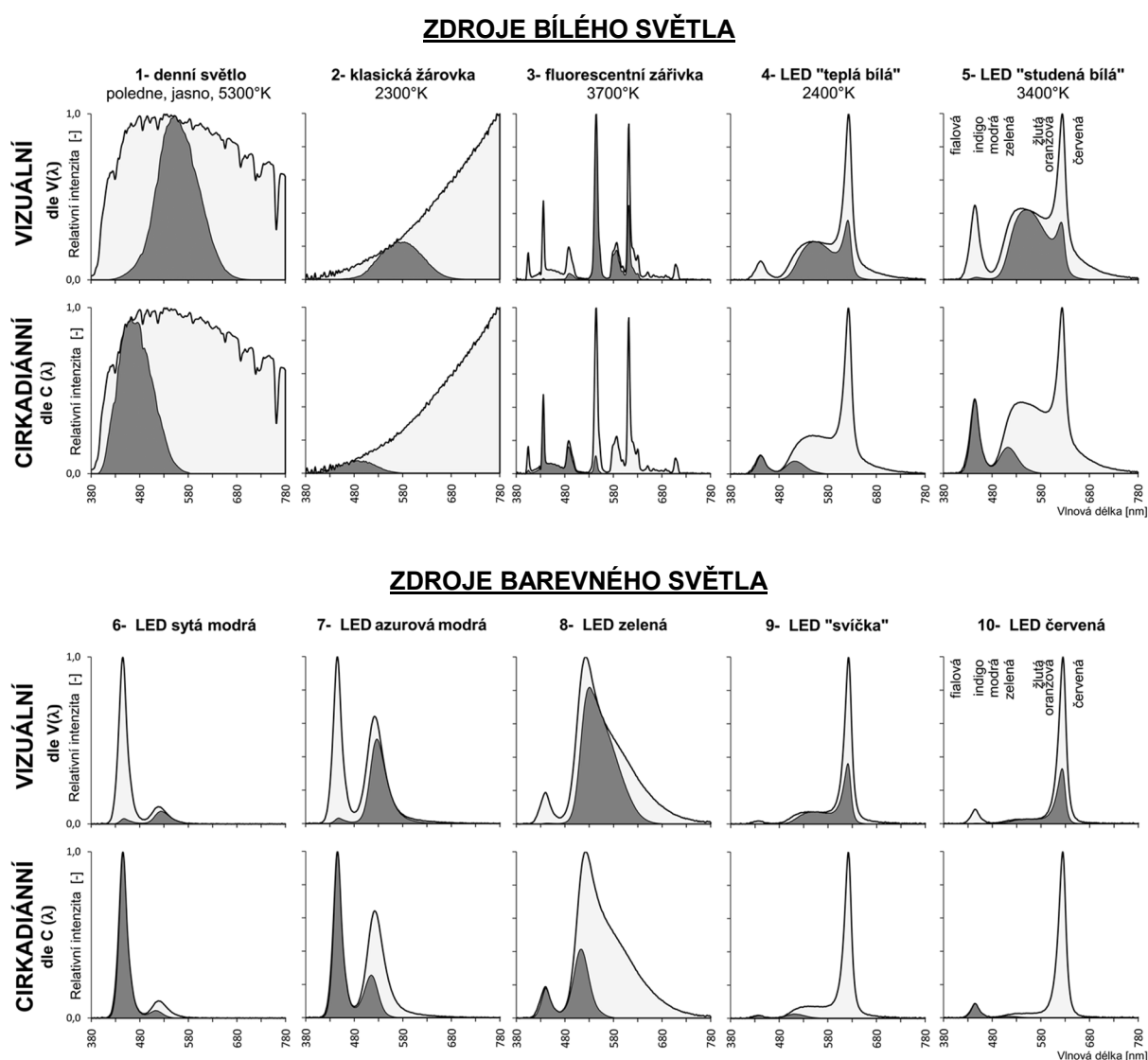
¹ Citlivost fotopigmentu melanopsinu, obsaženého ve fotoreceptorech ipRGC, na polychromatické světlo.

Pozn: Celkový vliv na cirkadiánní systém, tak zvaný cirkadiánní stimulus, CS, [14] je vedle spektrálního složení světla dopadajícího do oka závislý také na jeho intenzitě, délce světelné expozice, světelné historii, za určitých podmínek se spolupodílí také tradiční fotoreceptory. Reakce cirkadiánního systému na světelný podnět se zásadně liší dle denní doby.

z celkové intenzity ozáření (E) od daného světelného zdroje. Pro každý světelný zdroj byl vyjádřen faktor cirkadiánního účinku a_{CV} (circadian action factor), který vyjadřuje vzájemný poměr cirkadiánní a vizuální citlivosti [15]. Dále byla cirkadiánní osvětlenost každého zdroje porovnána s cirkadiánní účinností denního světla. Pro grafické porovnání jednotlivých světelných zdrojů byla data všech vlnových délek v intervalu 380-780 nm vyjádřena jako relativní k maximální dosažené intenzitě zdroje.

3 Výsledky měření

Spektrální složení různých zdrojů světla s graficky vyjádřenou účinnou osvětleností (účinná část spektra) je zobrazeno na obrázku. Cirkadiánně účinná osvětlenost je oproti vizuální zřetelně posunuta doleva, do kratších vlnových délek.



Obr.1 Účinná osvětlenost. Grafické porovnání zdrojů bílého a barevného světla - vizuálně aktivní a cirkadiánně aktivní poměrné části spektra; bílá plocha – celé spektrum zdroje, tmavá plocha – účinná část.

Přehled naměřených a vypočítaných hodnot těchto zdrojů viz tabulka. Měření byl světelný tok dopadající přímo do oka sedící osoby. Zjištěný CRI mohl být ovlivněn (snížen) vlivem okolí. Měření denního světla bylo prováděno v interiéru budovy, spektrálního složení světla bylo ovlivněno vlastnostmi zasklení okenních otvorů a povrchy v interiéru.

světelný zdroj	CT (CCT) [K]	CRI	E_V/E [%]	E_C/E [%]	a_{CV} [-]	E_C/DL	Chromatický diagram s vyznačením měřených zdrojů
1- denní světlo	5300	98	32%	26%	0,79	100%	
2- klasická žárovka	2300	97	17%	5%	0,27	18%	
3- fluorescentní zářivka	3700	81	51%	23%	0,46	92%	
4- LED "teplá bílá"	2400	91	51%	13%	0,25	50%	
5- LED "studená bílá"	3400	89	50%	21%	0,42	83%	
6- LED sytá modrá	CRI neurčen		14%	85%	5,87	332%	
7- LED azurová modrá	CRI neurčen		42%	58%	1,38	228%	
8- LED zelená	CRI neurčen		62%	21%	0,35	84%	
9- LED "svíčka"	1400	73	46%	6%	0,13	23%	
10- LED červená	1000	65	37%	9%	0,23	34%	

Tab.1 Výpočet vizuální a cirkadiánní účinnosti světelných zdrojů. CT= teplota chromatičnosti; CCT = náhradní teplota chromatičnosti; CRI = index podání barev; E_V = účinná vizuální osvětlenost dle $V(\lambda)$; E_C = účinná cirkadiánní osvětlenost dle $C(\lambda)$; E_C/DL = poměr účinné cirkadiánní osvětlenosti zdroje vůči dennímu světlu; E = celková intenzita ozáření; a_{CV} = faktor cirkadiánního účinku.

Pro zdroje bílého světla odpovídá CRI všech zdrojů požadavkům normy. V experimentu byly použity vysoce kvalitní světelné zdroje, např. CRI 90 dosahuje jen málo z LED zdrojů na trhu. Hodnoty naměřené CCT a vypočítaný faktor cirkadiánního účinku (a_{CV}) rozdělují zdroje umělého osvětlení do dvou skupin: 1/ „teplé zdroje“ - žárovky a teplé bílé LED s nižší CCT a nižší a_{CV} ; 2/ „studené zdroje“ - zářivky a studená bílá LED s CCT kolem 3500 K a vyšší a_{CV} . Skupiny zdrojů mají také vzájemně odlišný budivý efekt (výrazně nižší „teplých zdrojů“) pokud jsou porovnány s denním světlem ($E_C/E_{C,DL}$). V tomto případě se liší i zdroje přes podobnou teplotu chromatičnosti: klasická žárovka má v porovnání s denním světlem výrazně slabší vliv na cirkadiánní systém než LED (18% vs. 50%). Toto potvrzuje celkově nízkou účinnost žárovky, její spektrum obsahuje zejména dlouhé vlnové délky, na které není cirkadiánní systém citlivý. Od LED zdroje, přestože velmi kvalitního, se žárovka liší výborným podáním barev.

Zdroje barevného světla nejsou určeny jako primární osvětlení pro zajištění zrakové činnosti. Jejich světelné spektrum obsahuje pouze některé vlnové délky, není požadováno splnění CRI a jejich CCT lze určit jen omezeně. Dle spektrálního složení mezi jednotlivými barvami významně liší jejich účinek na cirkadiánní systém. U modrých zdrojů je cirkadiánní

osvětlenost násobně vyšší než (při stejné intenzitě) denního světla. Naopak světelné zdroje s velkým podílem delších vlnových délek, např. simulující světlo svíčky má cirkadiánní účinnost velmi nízkou.

4 Diskuse

Faktor cirkadiánního účinku a_{CV} je (s výjimkou zdrojů modrého světla) obecně nižší než u denního světla. Cirkadiánní osvětlenost pro běžné osvětlení v interiéru tedy z tohoto pohledu nedosahuje jeho kvality. Pokud bychom chtěli denní světlo zcela nahradit, bylo by nutné pro vytvoření cirkadiánně-zdravého prostředí instalovat výrazně vyšší intenzitu osvětlení, než se běžně děje, včetně všech negativ jako zvýšená spotřeba energie atd. Tomuto se lze vyhnout využíváním denního světla v budovách. Určitý potenciál, jak zvýšit bdělost organismu, mají světelné zdroje s velkým zastoupením krátkých vlnových délek. Jsou testovány osvětlovací systémy, jejichž spektrum je posíleno v modrých vlnových délkách, tzv. „blue-enriched light“. Přestože posílené modré vlnové délky podle řady výzkumů snižují vizuální kvality světla, existují případy, kdy jsou instalace „blue-enriched light“ užívány pro denní osvětlení v pracovním prostředí ke kompenzaci chybějícího nebo nedostatečného denního světla. Také je jejich budivý účinek využíván ve světelné terapii.

Zdroje s nižším CCT poskytují relativně vysokou vizuální osvětlenost s nízkým vlivem na cirkadiánní regulaci. Mohou mít a_{CV} na úrovni čtvrtiny denního světla a pro jeho náhradu z cirkadiánního hlediska nejsou vhodné, popřípadě by jejich užití bylo velmi energeticky náročné. Naopak je jejich užití vhodné v době, kdy v přirozených podmínkách není denní světlo k dispozici a lidský organismus může být přítomností světla rušen, tj. v noci, po západu slunce. Zdroje „teplého“ bílého světla jsou vhodné pro vizuální činnosti. Spektrální složení u světelného režimu typu „Svíčka“, navíc kombinované s velmi nízkou intenzitou osvětlení, jsou vhodným orientačním osvětlením s minimálním dopadem na cirkadiánní systém. Je třeba však zdůraznit, že i přes minimalizovaný budivý účinek těchto zdrojů, prozatím nebyla nalezena hranice, pod níž by světlo (zejména světlo v noci, kdy je nevizuální systém citlivý) nemělo na organismus žádný budivý vliv.

Vysoká či nízká cirkadiánní účinnost světelného zdroje tedy není sama o sobě pozitivní či negativní vlastnost. To, zda je dané osvětlení vhodné, nelze stanovit bez souvislostí - bez znalosti denní doby a fáze vnitřních cirkadiánních hodin organismu, kdy je využíváno. Stejný světelný zdroj, jehož budivý účinek je žádoucí během dne, je nežádoucí nebo dokonce škodlivý v noci a naopak. U zdrojů obsahujících pouze část barevného spektra se může poměr vizuální a cirkadiánní osvětlenosti lišit zásadně a při jejich využívání je třeba zvážit možné důsledky. Použití barevného osvětlení bez souhlasu etické komise v prostorech pro pobyt osob přirovnává Burnett [16] k neautorizovaným medicínským pokusům, kdy testovací objekty jsou lidé.

Všechny výpočty a výsledky měření v tomto příspěvku jsou vyjádřeny relativně, tj. bez ohledu na kvantitu světla. V porovnání s denním světlem mají zdroje umělého osvětlení nejen nižší a_{CV} , lze však také předpokládat, že také intenzita osvětlení u všech zdrojů umělého osvětlení bude výrazně menší než běžná intenzita denního světla v exteriéru, tj. menší než by během dne byla v přirozeném světelném prostředí. Proto i celkový cirkadiánní stimulus (spolupůsobení spektra, intenzity atd.) umělého osvětlení bude během dne nižší než u denního světla a jeho schopnost zajistit synchronizovaný a stabilní rytmus vnitřních

biologických hodin může být omezená. V noci naopak, i před nižší intenzitou osvětlení, bude cirkadiánní stimulus výrazně vyšší než v přirozeném prostředí, tj. za tmy.

5 Závěr

Různé spektrální složení mění tzv. „barvu světla“ nejen vizuálně, ale působí odlišně na biologické procesy v organismu, například na vnitřní biologické hodiny. Zejména barevná světla v interiéru nutno volit s ohledem na jejich vliv na člověka. Denní doba, pro kterou je osvětlení určeno, hraje nejdůležitější roli při volbě teploty chromatičnosti zdroje. Vytvoření zdravého světelného prostředí znamená zajištění osvětlení s dostatečnou cirkadiánní účinností (zvyšující bdělost organismu) v době předpokládané aktivity a naopak bez tohoto efektu v době očekávaného odpočinku. Typ a intenzita reakce vnitřních biologických hodin na světelný podnět je mj. ovlivněna jeho spektrálním složením.

Široký výběr světelných zdrojů s různými vlastnostmi nabízí možnost simulovat dynamiku osvětlení, která je vlastní přírodnímu prostředí a která v interiérech budov často chybí. Vhodně navržená pokročilá regulace osvětlení, například přizpůsobení kvantity a spektrálního složení světla denní době, může mít pozitivní vliv na synchronizaci biologických procesů v lidském organismu. Na druhou stranu, dlouhodobá izolace od vlivu denního světla v kombinaci s nevhodným osvětlením může mít negativní důsledky na kvalitu života i zdraví.

Poděkování

Výzkum byl podpořen projektem OP VaVpl č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 - Universitní centrum energeticky efektivních budov (Česká Republika).

Literatura a odkazy

- [1] MAIEROVÁ L. (2014). Světlo a biologické funkce člověka. Kurz osvětlovací techniky XXXI. Ostrava: Česká společnost pro osvětlování, p. 1–6. ISBN 978-80-248-3553-2
- [2] FOSTER R. (2011). Body clocks, light, sleep and health. Lecture at Daylight symposium, Lausanne, 4.5.2011. [online 20.3.2014] Dostupné z <http://thedaylightsite.com/symposium/2011-2/presentations/>
- [3] CZEISLER C.A. & GOOLEY J.J. (2007). Sleep and circadian rhythms in humans. Cold Spring Harbor Symposia Quantitative Biology 72:579-97.
- [4] CAJOCHEN C., et al. (2003). Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep. J Neuroendocrinol 15:432-7.
- [5] HUBALEK S., et al. (2010). Office workers' daily exposure to light and its influence sleep quality and mood. Lighting Research & Technology 42, 43-50.
- [6] CZEISLER C. A. (2013) Perspective: casting light on sleep deficiency. Nature 23:497(7450), p13.
- [7] ARIËS M.B.C. (2005). Human lighting demands: healthy lighting in an office environment. Dept Architect, Build Plann 2005:158.
- [8] KAŇKA J. (2014). Denní osvětlení a oslunění bytů v České republice v průběhu desetiletí. Sborník světelné konference visegradských států LUMEN V4. Visegrad, Maďarsko.
- [9] MAIEROVÁ L. (2015). Světelná hygiena in: Světelné prostředí v budovách, nevizuální vnímání světla a inter-individuální rozdíly. Disertační práce, ČVUT v Praze, p 65-68.
- [10] CIE (1926). Commission internationale de l'Eclairage proceedings, 1924. Cambridge University Press, Cambridge.

- [11] BRAINARD G.C. (2002). Photoreception for regulation of melatonin and the circadian system in humans, Proceedings of the Fifth International LRO Lighting Research symposium, Orlando.
- [12] THAPAN K., et al. (2001). An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor. *Journal of Physiology* 535, no. 1 p 261-267.
- [13] LUCAS R.J., et al. (2014). Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends in Neurosciences*, Vol. 37, No. 1 REA
- [14] REA M.S. et al. (2005). A model of phototransduction by the human circadian system. *Brain Research Reviews*,. 50(2): p. 213-228.
- [15] GALL D. & BIESKE K. (2004). Definition and measurement of circadian radiometric quantities, light and health - non-visual effects. In: *Proceedings of the CIE symposium '04 : 30 September–2 October 2004, Vídeň, Rakousko*. 129–132.
- [16] BURNETT D. (2015) First do not harm: Practicing lighting design or medicine ... without licence? Lecture at 6th Velux Daylight symposium, London. Dostupné z <http://thedaylightsite.com/symposium/2015-2/presentations/>

ČSN 36 0455: Osvětlení pozemních komunikací Doplňující informace

Tomáš Maixner, Ing., Institut pro rozvoj měst a obcí, maixner.t@gmail.com, www.dql.cz

Abstrakt: V současné době byl aktualizován soubor technických norem řady 13201 – Osvětlení pozemních komunikací. Jedná se o tyto dokumenty: ČSN CEN/TR 13201 – 1: Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení; a dále (pro přehlednost vynechávám v názvech se opakující „Osvětlení pozemních komunikací – část X“) ČSN EN 13201-2: Požadavky; ČSN EN 13201-3: Výpočty; ČSN EN 13201-4: Metody měření. Připravují se i další normy - 13201-5: Indikátory energetické náročnosti a 13201-6: Činitel využití. Normy jsou v této chvíli pouze v původním znění. To je velice nežádoucí situace, protože bez oficiálního překladu není vyloučený rozdílný výklad některých pasáží.

Současně s novelizovanými předpisy se připravuje také technická norma, ČSN 36 0455: Osvětlení pozemních komunikací: Doplňující informace. Již z názvu vyplývá, že se jedná o národní normu. V současných evropských normách totiž není přípustné jakékoliv doplnění, národní poznámky nebo přílohy, jak tomu bylo dříve. To je možné pouze samostatným národním dokumentem.

V době psaní tohoto textu není ještě známé definitivní znění. Proto je tento text jen velice obecný a více sdělím ve vlastní přednášce – pokud ovšem již bude jasno.

Norma by měla řešit podrobnosti zařazování do tříd osvětlení. Např. co je návrhová rychlost, kdy a jak se použije, pravidla pro rozhodnutí zda na se komunikaci vyskytují nebo nevyskytují parkující vozidla. Atd. atd.

Důležitá jsou pravidla pro volbu třídy osvětlení M vs. P, což je oblíbený úhybný manévr nesolidních firem, které se snaží o uplatnění nekvalitních svítidel.

V této souvislosti poznamenám, že jsem se setkal s požadavkem legalizovat třídu osvětlení P7 (HS4) jako plnohodnotnou třídu osvětlení. Ostatně jsem zaznamenal použití této třídy v zadání výběrového řízení. To je pochopitelně nemožné. Bylo argumentováno, že na dané komunikaci jsou svítidla cloněná stromy, takže na vozovce jsou neosvětlená místa. Pochopitelně, taková situace čas od času nastane. Není to dobře, ale není to důvod k degradaci osvětlení na celé ulici. V případě kontrolního měření se zastíněná místa vypustí z řady.

Návrh normy řeší také podobně oblíbené, leč nepřipustné, převádění komunikací ze skupiny M nebo C do skupiny tříd osvětlení P. Jasně vymezuje rozdíl mezi porovnatelnými a zástupnými třídami osvětlení, mezi nahrazující a navazující.

Také opomíjená adaptační pásma jsou v návrhu zmíněna.

Nové evropské normy se více zabývají změnou osvětlení v průběhu noci. Návrh normy předkládá pravidla pro zavedení regulace. Za určitých okolností doporučuje také zápornou regulaci, tedy navýšení úrovně osvětlení oproti hodnotě odpovídající zatřídění komunikace.

To pro případy, že nastanou důvody. To může být místo dopravní nehody nebo oprav vozovky. Takové navýšení se však musí řešit uvážlivě a musí být případně doplněno dostatečným adaptačním pásem.

S nevolí se jistě setká odstavec věnovaný náhradní teplotě chromatičnosti vyzařovaného světla. Doporučuje použití barevné teploty do 3 000 K na pozemních komunikacích s nízkou intenzitou motorové dopravy, prostory s převažujícím pohybem pěších, obchodní a společenská centra, parky apod. Na ostatních komunikacích v zastavěných územích obcí to je nejvýše 4 000 K a na pozemních komunikacích v mimo zastavěná území obcí a s vysokou intenzitou motorové dopravy připouští nejvýše 5 000 K. S barvou souvisí i svítidla zapuštěná do vozovky na přechodech pro chodce – nedoporučují se, zejména se to týká svítidel s červenou barvou světla.

Další kapitola je věnována volbě udržovacího činitele, geometrii osvětlovacích soustav a ochraně nočního prostředí. Posledně jmenovaná oblast a také přisvětlování chodců na přechodech je řešeno velmi podobně, jako je tomu v TKP-15 [1], což je v současnosti v mnohých případech určitý standard pro osvětlování pozemních komunikací.

Literatura a odkazy:

- [1] ČSN CEN/TR 13201-1: Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení
- [2] ČSN EN 13201-2: Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky
- [3] ČSN EN 13201-3: Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet
- [4] ČSN EN 13201-4: Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření
- [5] ČSN EN 13201-5: Osvětlení pozemních komunikací – Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti
- [6] ČSN EN 13201-6: Osvětlení pozemních komunikací – Část 6: Činitel využití
- [7] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací - kapitola 15 osvětlení pozemních komunikací (TKP-15)

Osvětlování neosvětlitelných komunikací

Tomáš Maixner, Ing., Institut pro rozvoj měst a obcí, maixner.t@gmail.com, www.dql.cz

Anotace: Daleká cesta má, marné volání – Karel Hynek Mácha, Máj [1]

Jsou místa, kde od domu k domu jsou cesty daleké, a marné jest volání po zřízení vyhovujícího veřejného osvětlení. Není to možné bez nepřiměřených investic. Nebo prostě proto, že obecní pokladna zeje prázdnotou a dotační koruny jsou nedosažitelné. Ostatně, někdy by nepomohla ani dotace.

Jiný případ nastává tam, kde sice cesty daleké nejsou, ale není možné změnit nepřiměřené vzdálenosti světelných míst. Ať už z technických důvodů, nebo již uvedených. Neosvětlitelné jsou obce, kde horliví zástupci využili toho, že rozvodné závody překládaly vzdušné vedení do země. Horlivě, byť pochopitelně, se do země přiložila kabeláž pro veřejné osvětlení. Ona nežádoucí snaživost však způsobila to, že se tak událo bez konzultace s někým znalým oboru osvětlování. Místní elektrikář to je jen velice vzácně. K umístění stožárů došlo bez řádné rozvahy – „po citu“. Což se jen zřídka shoduje s realitou. Důsledkem je to, že světelná místa jsou umístěna ve vzdálenostech 50, 60 i více metrů. Takovou komunikaci lze jen těžko slušně osvětlit. Podobná situace nastává i tehdy, když v tak nepříznivých roztečích jsou sloupy odedávna a není síly, která by prosadila jejich zahuštění.

Takové úseky považuji za neosvětlitelné. Neosvětlitelné tak, aby byly splněny normové hodnoty.

Někdy je šance zjednat „administrativní“ nápravu. Například tam, kde je požadované osvětlení na úrovni třídy M technicky nerealizovatelné, ale přitom je možné kritický úsek osvětlit tak, aby byly splněny požadavky některé ze tříd skupiny P. Pak lze někdy provést úpravu takovou, aby bylo změnu zatřídění provést. Aniž by byla ohrožena bezpečnost. Například omezit dovolenou rychlost. To je možné třeba dodatkovou tabulkou omezující maximální rychlost na 40 km za hodinu v době provozu veřejného osvětlení. Obávám se však, že často nebudou splnitelné ani mírné požadavky.

Uvedené je však přípustné jen v některých případech, které dovolují normy [2], [32].

Obec vypisuje výběrové řízení. Nemůže do technického zadání vložit požadavek na dodržení norem. Na to nemá sil, prostředky, žel často ani vůli. Pokud však nebude vyžadovat kvalitní osvětlení, tak se může dočkat toho, že vyhraje nabídka, která snad přinese úspory, ale osvětlení bude horší než to stávající. A nejen to, bude horší než jiná nabídka. Proč by uchazeč nenabídl svítidla s nízkým příkonem, když je naprosto lhostejné, zda na komunikaci bude vidět nebo ne? Korektní dodavatel se bude snažit o co nejkvalitnější osvětlení. Ve srovnání s nesolidním uchazečem bude solida dražší a energeticky náročný – nemá šanci uspět.

Tomu lze zabránit tak, že se do textu vloží podmínka, že osvětlení musí zajistit alespoň stejně kvalitní osvětlení jako je současné. Ovšem, ani to není řešení, pokud obec nebude spolupracovat s kvalifikovanými a nezávislými odborníky. Nedej bože, aby prokázání splnění

této podmínky bylo ponecháno na dodavateli. Viděl jsem nejedno zmanipulované měření, které dokonce autorizovala osoba s akreditací. Samozřejmě, že výsledky byly vyhovující.



50	14	2	1	1	1	1	3	10	39
45	11	5	2	1	1	2	6	10	34
19	9	8	3	1	1	3	18	10	18

E_m	10,96	E_{min}	1	E_{max}	50	E_{min}/E_m	0,09124
-------	-------	-----------	---	-----------	----	---------------	---------

Měření byla provedena na úrovni sloupu, uprostřed a na opačném konci komunikace.

Vzdálenost mezi jednotlivými měřenými body je 10 m.

Nějak se vytrácí profesionální čest. Na obr. 1 je „měření“ stažené z webové prezentace dodavatele osvětlení. "Doložil", že osvětlovací soustavy splnily požadavek zadání. Skutečnost je samozřejmě jiná.

Obr. 1 Vzdušná vzdálenost 10 metrů mezi měřenými body by znamenala, že rozteč stožárů je 100 m. Ve skutečnosti je zhruba 40. Norma připouští rozteč maximálně 3 metry. V příčném směru měření na krajnici a uprostřed vozovky je v rozporu s normou, podle šířky vozovky (odhadem 10 m) by mělo být cca 7 kontrolních míst (neznám přesně šířku vozovky, ale jistě není 4,5 m na hlavní ulici města P.). Uvádět průměrnou hodnotu na setiny a rovnoměrnost na stotísícinu má "ohromit" a přesvědčit zákazníka o přesnosti měření. Opak je pravdou.

Pochopitelně, věrohodné posouzení neposkytne ani subjektivní hodnocení. „Okometrická“ metoda je naprosto zavádějící. Důvodů je více. Oko nemá paměť. Není schopné rozlišit různé hladiny osvětlení. Vnímá jasové kontrasty, nikoliv absolutní hodnoty. Adaptuje se na téměř jakékoliv zrakové podmínky, oslnění si často lidé zaměňují s dostatkem až nadbytkem světla – „krásně“ se tomu říká „přesvětlení“. Nejednou se ukázalo, že scéna je nově osvětlena hůř, než byla osvětlena před rekonstrukcí. Přitom by pozorovatel dal ruku do ohně za to, že je osvětlená lépe. Příklad takové realizace je na obr. 2 a 3.



Obr. 2 Původní osvětlení komunikace – udržovaný průměrný jas je $1,5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Na hranici požadované hodnoty pro komunikaci třídy M2 (tehdy ME2). Jde o jiné město, než z obr. 1



Obr. 3 – Táž komunikace jako na obr. 2 po rekonstrukci osvětlení – udržovaný průměrný jas je $1,0 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Zdí se to až neuvěřitelné, ale opravdu tomu tak je. Dlužno přiznat, že soustava vykazuje lepší celkovou i podélnou rovnoměrnost než ta původní (ale i ta vyhověla). Ovšem průměrný jas je na dvou třetinách požadovaného, tedy naprosto nevyhovující.

Je zřejmé, že je nezbytné nějakým způsobem „donutit“ uchazeče, aby podal nabídku, která zajistí co nejlepší osvětlení obce, byť nenormové.

Jednou z možných cest je navrhnout určité kritérium míry splnění parametrů osvětlení. Obec může, lépe řečeno – musí, požadovat světelně technické výpočty i v situaci, kdy se nedožaduje splnění norem, ale přesto se domáhá se co nejlepšího osvětlení. To je zcela pochopitelné, lépe řečeno, nezbytné.

V případě, že bude spolupracovat s dostatečně kvalifikovanou osobou, tak již z předložených výpočtů je možné odhalit nepoctivé nabídky. Není výjimečné, že mnozí podomní prodáváči LED lamp (to co prodávají nelze mnohdy považovat za svítidla) nejsou sto doložit výpočty. Neznají fotometrické vlastnosti svítidel (pardon, lamp), často ani neumí počítat (teď nemyslím zisky). Případně si jsou vědomi toho, že výpočet prokáže nekvalitu jejich zboží. Vypadnou dobrovolně ze soutěže.

S ověřenými výpočty pak lze pracovat dále. Navzájem porovnat jednotlivé nabídky a najít tu, která předkládá nejméně nedostatečnou osvětlovací soustavu. V rámci výběrového řízení lze jednotlivým kritériím (kvalita, cena, záruky atd.) přiřadit různou váhu.

Bez trochy počtů se nelze obejít. Pro posouzení míry splnění parametrů osvětlení bude zmíněná váha kvality osvětlení označena jako V_S a hodnota, které dosáhne váha nabídky nějakého uchazeče V_{SU} .

Vyhodnocení bude provedeno pro n neosvětlitelných úseků pomocí vztahu:

$$V_{SU} = V_S \cdot \sum_{i=1}^n M_i$$

kde koeficient M_i je dílčí příspěvek pro i -tý úsek délky l_i . Stanoví se, při celkové délce neosvětlitelných úseků v obci IC , takto:

$$M_i = \left(A \cdot \frac{X_U}{X_N} + B \cdot \frac{Y_U}{Y_N} \right) \times \frac{l_i}{l_c}$$

kde X_U, Y_U jsou uchazečem dosažené hodnoty vybraných parametrů osvětlení (např. průměrná udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení),

X_N, Y_N jsou normové hodnoty vybraných parametrů osvětlení,

A, B jsou konstanty určující jaký důraz je kladen na tu kterou veličinu. Platí $A+B=1$.

Aby kritérium neposkytovalo výsledky vyšší, než je zvolená hodnota VSU, tak v případě, že kterákoliv z dosažených hodnot bude vyšší než normová, pak se dosadí do vztahu právě ta normová. Jde o jisté znevýhodnění soustav překračujících minimální požadavky, ale jiné cesty není. Nebo mě alespoň nenapadla. Bude-li například rovnoměrnost osvětlení 0,5 a norma požaduje pouze 0,35, pak se do vztahu zadá hodnota 0,35.

Samozřejmě posuzovaných veličin může být víc (A, B, C, \dots , když $A+B+C+\dots=1$). Potom se ovšem vyhodnocení stává složitějším. Řekl bych, že zbytečně.

Na závěr několik příkladů, které ukazují jak jednoduché je použití uvedených „složitých“ vztahů.

Příklad 1 – Obec se rozhodne, že na komunikacích třídy osvětlení M bude kritériem udržovaný jas a celková rovnoměrnost osvětlení. Zvolí velikost konstant $A = 0,6$ a $B = 0,4$. Pro třídu osvětlení M6 jsou požadovány hodnoty udržovaného jasu $0,3 \text{ cd.m}^{-2}$ a rovnoměrnost 0,35. Vztah pro výpočet M_i bude po úpravách:

$$M_i = (2 \times LU + 1,14 \times UOU) \times l_i / IC$$

Podobně by bylo možné zjednodušit vztahy i pro jiné třídy osvětlení skupiny M nebo pro třídy skupiny P. Například pro stejné A a B ve třídě osvětlení P5 s požadavkem na udržovanou osvětlenost 3 lx a minimální osvětlenost $0,6 \text{ lx}$ bude:

$$M_i = (0,2 \times EU + 0,67 \times EminU) \times l_i / IC$$

„Složitě“ vztahy se tak omezí na prosté počty. Není problém zvládnout vyhodnocení pomocí nějakého jednoduchého tabulkového programu.

Příklad 2 – Úsek dlouhý 100 m, celková délka 1000 m, požadovaná třída osvětlení M6. Udržovaný jas „nabízený“ uchazečem je $0,2 \text{ cd.m}^{-2}$, celková rovnoměrnost 0,3. Když bude kritérium nastaveno podle prvního příkladu, tak dílčí váha bude:

$$M_i = (2 \times 0,2 + 1,14 \times 0,3) \times 100 / 1000 = 0,074$$

Podobně v případě komunikace třídy P5 s vypočtenou průměrnou udržovanou osvětleností $2,5 \text{ lx}$ a minimální $0,5 \text{ lx}$ a délkou 200 m bude:

$$M_i = (0,2 \times 2,5 + 0,67 \times 0,5) \times 200 / 1000 = 0,167$$

Příklad 3 – Stejně zadání jako v předešlém příkladu, pouze udržovaný jas je $0,45 \text{ cd.m}^{-2}$

$$M_i = (2 \times 0,3 + 1,14 \times 0,3) \times 100 / 1000 = 0,094,$$

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

resp. udržovaná osvětlenost pro třídu P5 bude 4 lx

$$M_i = (0,2 \times 3 + 0,67 \times 0,5) \times 200 / 1000 = 0,187.$$

Není složité sestavit tabulku, která vše vyhodnotí – viz tab. 1.

Tab. 1 – Stanovení váhy neosvětlitelné komunikace

Váha V_s (max) 30
 Celková posuzovaná délka: 1000 Takto označená pole vyplní uchazeč

Číslo úseku	Délka úseku [m]	Třída osvětlení	L vypočtený udržovaný jas	U0 rovnoměrnost osvětlení	E Udržovaná osvětlenost	E _{min} minimální udržovaná rovnoměrnost	M _i
1	100	ME6	0,20	0,30			0,074
2	100	ME6	0,45	0,30			0,094
3	36	ME6	0,30	0,20			0,030
4	34	ME6	0,25	0,40			0,033
5	44	ME6	0,15	0,20			0,023
6	54	ME6	0,50	0,40			0,057
7	200	S5			2,50	0,50	0,167
8	200	S5			4,00	0,50	0,187
9	51	S5			4,50	2,00	0,051
10	30	S5			2,00	0,70	0,024
11	66	S5			1,20	0,70	0,042
12	41	S5			2,20	1,10	0,035
13	44	S5			3,80	1,40	0,044

ΣM_i : 0,861

Váha 25,833

Literatura a odkazy

- [1] Mácha, K. H., Máj, nákladem vlastním 1836
- [2] ČSN CEN/TR 13201-1: 2016
- [3] ČSN P 36 0455: připravuje se, v platnosti bude pravděpodobně na podzim 2016

Chytré(?) osvětlení

Tomáš Maixner, Ing., Institut pro rozvoj měst a obcí, maixner.t@gmail.com, www.dql.cz

Abstrakt: Před časem jsem byl „na jednom“ se svým přítelem psychiatrem. Ještě dříve, než došlo k neodvratitelnému odumírání našich mozkových buněk, započal rozhovor o inteligenci lidstva. Na slovo vzatý odborník mě ujistil, že IQ ustavičně roste. Jen se nikde nahlas nehovoří o tom, že neustále klesá náročnost zkušebních testů. A to dokonce rychleji, než vzrůstá onen slavný kvocient.

Existují teorie, proč k onomu odumírání dochází i mimo pohostinská zařízení. Jedna z nich praví, že v minulosti musel člověk vynaložit značný důvtip, aby přežil. Přežil nástrahy přírodních živlů, silnější zvěře nebo kmenů. Ale to je již nad rámec zaměření tohoto periodika i nad rámec mé kvalifikace. Ostatně, každý soudný člověk se jistě nejednou přistihl, jak myšlení nahrazuje rutinou.

Přemýšlím, proč si namlouváme, že naše duševní schopnosti rostou, když je tomu naopak. Snad proto, aby bylo možné kde co nazývat chytrým. Chytré telefony, domy, města. Chytré osvětlovací soustavy. Nevím co je na nich chytrého. Jsou schopny na základě nějakého vnějšího podnětu vykonat pouze to, co jim bylo dáno programem. Chovají se rutinně... jako člověk, který nahradil rutinou myšlení. Zaměřuje se myšlení za nacvičené chování. Za chytrý by bylo možné nakonec považovat i vypínač, který po přepnutí do jedné polohy světlo rozsvítí a po přepnutí do druhé zhasne. A co teprve schodišťák! Ten inteligenci jen srší... Jeho inteligence je však v koncích ve chvíli, kdy je povolena žárovka.

Zanechám lamentování a pokusím se popsat, jak by se měla chovat soustava veřejného osvětlení. Ne jako chytrá, ale jako dobře naprogramovaná.

1 Soustava sdělující

Jednou z vlastností, která se přičítá „chytrým“ osvětlovacím soustavám veřejného osvětlení je sdělování vlastního stavu. Zda jsou všechna svítidla v provozu, zda nehrozí nějaká porucha. Je otázkou, zda je nutné, aby se soustava takto chovala.

Příkladem může být průběh jednoho výběrového řízení. Povýšení soustavy na „chytrou“ bylo provázeno nárůstem investičních nákladů na dvojnásobek. Polovinu navýšení kryla dotace. Když se obec rozhodla ponechat hlášení o nefunkčnosti na občanech, tak pořídila osvětlení o třetinu levněji, než kdyby onu dotaci získala. O poruchách se místní elektrikář dozvídal se zpožděním nejméně několika málo hodin.

2 Chytré veřejné osvětlení – chodci

Obvykle se v souvislosti s veřejným osvětlením hovoří o tom, že je dobré, když se bude spínat v závislosti na přítomnosti či nepřítomnosti uživatelů přílehlé komunikace. Před časem jsem narazil na pěší stezku osvětlovanou garážovými lampami se světelnými diodami (to co bylo na sloupech se nedalo svítidlem nazvat, spíše držákem LED). To vše bylo napájeno fotovoltaickými panely. Pominu neskutečně předraženou dodávku, pominu i nevhodnost kombinace veřejného osvětlení a solárního napájení – to je na samostatný článek. Pozastavím se u toho, že onu soustavu nazýval hrdý dodavatel chytrou. A protože cena jednoho světelného místa byla astronomická, měla postižená obec pouze na čtyři stožáry. To nevádí, pravil dodavatel, dáme je po sto metrech, to bude stačit...

S kolegy jsme onu „soustavu“ jeli změřit. Naštěstí ve třech. Ukázalo se, že jde o nezbytný počet, umožňující provést seriózní měření. Jeden odečítal hodnoty, druhý je zapisoval a třetí poskakoval pod senzorem, zajišťujícím „chytrost“ instalace. Čidla pohybu byla z úsporných důvodů pouze na koncových stožárech.

Z uvedeného je zřejmé, že soustava nebyla nejchytřejší. Soustava, která by se chovala přívětivě k uživatelům stezky, musí být naprogramována poněkud složitěji.

Především by měla rozlišit skutečnost, zda jde po chodníku člověk, nebo peláší kočka. To obvykle zvládne i běžný senzor pohybu. Poněkud obtížnější je rozlišit vzrostlého psa od dítěte nebo osoby menšího vzrůstu. Pokud jde o účastníky znalé situace, tak pomůže když budou usilovně máchat rukama nad hlavou. Skotačivý pes není tak často k vidění.

Čidla obvykle nejsou dostatečně citlivá, aby dokázala vyhodnotit situaci ve větší vzdálenosti od svítidla. Mimo jejich dosah je již jakékoliv mávání či máchání marné. Proto musí řídicí systém pochopit kam se člověk pohybuje a jeho pouť sledovat. Roztržitý profesor, ale nejen on, se může uprostřed pouti zarazit, obrátit a vrátit se zpět. Potkají-li se mezi sloupy dvě místní zpravodajky, tak se jistě zastaví, aby si sdělily nejnovější novinky. Nemusí to být jen drbny, ale i přátelé. Systém musí tuto situaci správně vyhodnotit a neponechat zmíněné napospas tmám.

Pro „chytrý“ systém se nesmí stát nezvěstným ani noční poutník, který se rozhodne v senzorem nepokrytém místě přejít na druhou stranu komunikace, nebo vstoupit do svého obydlí. Nezvěstným, či lépe řečeno nenalezeným, se nesmí stát ani chodec vycházející z domu, nebo opouštějící milenku. I když – v případě druhém by byl záletník rád, že není detekován.

Netřeba snad podotýkat, že je nezbytné, aby svítilo více než jedno svítidlo následující za místem s čidlem. Kolik by jich mělo svítit, to záleží na jejich vzdálenosti. Chodec se musí pohybovat s jistotou, musí vědět co ho na cestě očekává. Jen tak nabude pocitu bezpečí. Je možné, aby vzdálenější svítidla vyzařovala méně, než ta v bezprostřední blízkosti, a se zkracující se vzdáleností příchozího zvyšovala svůj jas. Ale to už je úkol pro supermozek. Podobně jako řešení situace, kdy se po chodníku pohybuje více lidí. K tomu však v pozdějších hodinách dochází jen zřídka. Ve večerních hodinách bude jistě soustava svítit naplno.

3 Chytré veřejné osvětlení – vozidla

Rozpoznání auta od kočky, či psa je nepopsatelně snazší. Ostatně, krom pohybového čidla lze použít i vyspělejší senzory, například indukční smyčku.

Prvotní požadavky na „inteligenci“ soustavy jsou podobné jako v předešlém případě. Jen v našich zeměpisných šířkách nebývá obvyklé, aby protijedoucí řidiči zastavili a dali se do řeči, jako je to zvykem v jižně položených zemích. Také je nepravděpodobné, aby automobilista náhle opustil vozovku. I když i to je možné, aniž by došlo k dopravní nehodě. Mezi body s čidly může být vjezd do dvora či garáže.

Je však třeba důkladně řešit změnu úrovně osvětlení před jedoucím vozidlem. Při nízkých hladinách jasů, jaké jsou na vozovkách obvyklé, se prodlužuje rychlost vnímání. To je čas, který uplyne od okamžiku nějaké změny v zorném poli a chvílí kdy zrak tuto změnu

zpozoruje. Jde o desetiny vteřiny, v tmavém prostředí to je znatelně víc. Co to znamená asi netřeba rozvádět. Důsledky mohou být tragické i při pomalé jízdě.

Pozornost je nutné věnovat adaptaci zraku na změnu jasu pozadí. V dosluhující normě ČSN EN 13201-2 Z1 [1] i v připravované ČSN P 36 0455 [2] jsou řešena adaptační pásma. Jsou to různě dlouhé úseky se sníženou úrovní osvětlení. Tím jsou vytvořeny podmínky pro usnadnění adaptace zraku na tmu. Adaptace na světlo probíhá rychleji, přesto není vhodné, aby řidič vjížděl do úseku, který se bude těsně před ním rozsvěcet. Mám za to, že by měl být osvětlen úsek nejméně v délce odpovídající adaptačnímu pásmu. Tam, kde adaptační pásma nejsou předepsána (nižší třídy osvětlení ME, resp. M a C) je nezbytné osvětlit na potřebné úrovni úsek alespoň sto metrů před vozidlem.

Obávám se však, že ani ta nejchytřejší osvětlovací soustava, potažmo programátor, nemohou odhadnout, kam se bude pohybovat vozidlo na křižovatce. Z toho je zřejmý požadavek na to, aby se zapínalo osvětlení nejen před jedoucím vozem, ale i v odpovídajících úsecích bočních ulic.

4 Klidový stav

V době, kdy se v dosahu „chytré“ osvětlovací soustavy nebudou pohybovat chodci ani vozidla, nastane klidový stav. V té době lze snížit úroveň osvětlení, nelze je však zcela vypnout. Při návrhu řízené soustavy je nezbytné vzít v úvahu i to, jak moc se změny dotknou kvality života obyvatel v přilehlých bytech. Opakované rozsvěcení a utlumování může působit velice nepříjemně. A to i tehdy, když velikost rušivého světla je v souladu s environmentálními pravidly (např. [2], [3]).

Jak málo svítit není možné stanovit obecně, je třeba uvážlivě postupovat případ od případu. Jiné požadavky budou například tam, kde bezpečnost ve městě zajišťuje kamerový systém a jiné tam, kde se nevyužívá.

Jen naprosto hloupá osvětlovací soustava (abych se nedotkl ješitnosti programátora) se v klidové době zcela vypne. Tma vyvolává nejistotu, ztrátu pocitu bezpečí. Ale není to jen pocitová záležitost. Ve tmách se skutečně dobře daří zločinu. I kdyby byly senzory seberaťfinovaněji umístěny, vždy se naleznou slepá místa, kterých mohou lapkové a devianti využít. Město bez osvětlení je mrtvé město.

Věřím, že hloupé soustavy nemají šanci u chytrých starostů. Se souhlasem moudré starostky Třebenic u Litoměřic cituji z naší korespondence: „Zkusmo jsme zhasli na týden část osvětlení mezi půl jednou a půl čtvrtou v noci. Byli jsme překvapeni, kolik lidí se v této době pohybuje venku a co tam dělá. Byla to docela dobrá zpětná vazba a pohled na občanstvo. Dnes už se zase svítí.“

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 13201-2 Z1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky; neplatná
- [2] ČSN P 36 0455 Osvětlení pozemních komunikací – Doplňující informace; připravuje se (možná v době kursu již platí)
- [3] TKP-15 – Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Kapitola 15 – Osvětlení pozemních komunikací

Nejistoty měření v laboratoři světelné techniky

Martin Motyčka, Jan Škoda, Ústav elektroenergetiky, FEKT, VUT v Brně,
xmotyc05@stud.feec.vutbr.cz, tel.:+420 54114 6247
 skoda@feec.vutbr.cz, tel.:+420 54114 6238

Abstrakt: Tento článek má za úkol čtenáře seznámit s aplikováním teorie nejistot v oblasti fotometrie. V první části jsou matematicky popsány jednotlivé typy nejistot včetně metodiky jejich určení. Další část obsahuje podrobný popis jednotlivých dílčích standardních nejistot pro vybrané úlohy v laboratoři světelné techniky. V poslední části jsou uvedeny praktický výpočty výsledných standardních nejistot měření pro vybraná fotometrická měření.

Klíčová slova: nejistoty měření; výsledná standardní nejistota; fotometrie; kulový integrátor; goniofotometr; křivky svítivosti.

Úvod

Měření fotometrických veličin světelných zdrojů není tak přesné jako měření elektrických veličin. Fotometrické přístroje mají značnou nepřesnost měření v terénu až kolem 20 - 30 %. Laboratorní přístroje jsou na tom značně lépe, nicméně jsou ale velice drahé na pořízení i údržbu. Fotometrické laboratorní přístroje se musí pravidelně kalibrovat a všechny naměřené výsledky by se měly uvádět s nejistotou měření. Kalibrace fotometrických přístrojů a normálu jsou velice finančně a časově náročné. Pro porovnání přesností jednotlivých fotometrů se zavádí pojem výsledná rozšířená standardní nejistota. Tato nejistota je nejčastěji uvedena v katalogu přístroje. Nicméně nejistota fotometru není jediným parametrem pro stanovení nejistot výsledného měření. Obsahem tohoto článku je určení výsledných standardních nejistot měření křivek svítivosti na goniofotometru a měření světelného toku v kulovém integrátoru.

1 Teorie nejistot ve zkratce

Nejistota měření obecně udává interval hodnot, ve kterém se nachází skutečná hodnota s určitou pravděpodobností. Existuje více typů nejistot. Nejistota typu A se stanovuje statistickými metodami při kolísání naměřených hodnot, které nelze jednoduše predikovat či odstranit. Velikost této nejistoty do značné míry závisí na počtu měření. Pro použití klasické analýzy je třeba více než 20 naměřených hodnot. Následující vztah je pro výpočet nejistoty typu A jako směrodatné odchytky výběrového průměru:

$$u_A = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot 100 \% \quad (1)$$

kde n je rozsah výběru - počet naměřených hodnot

x_i je i -tá naměřená hodnota

\bar{x} je aritmetický průměr naměřených hodnot

Při výpočtu nejistoty typu A se uvažuje normálního rozložení pravděpodobnosti. Z toho vyplývá, že přibližně jen 68,3 % naměřených hodnot spadá do intervalu ohraničeného touto nejistotou. Při nedostatečném počtu naměřených hodnot lze místo klasické analýzy použít Hornův postup.

Nejistota typu B zahrnuje systematické chyby systému. Tato nejistota neklesá s počtem měření jako nejistota A a skládá se z několika dílčích standardních nejistot. Nejčastěji se projevuje chyba přístroje, metody nebo vyhodnocení měření. Pokud není možné například v terénu opakovat měření, celková nejistota je dána pouze nejistotou typu B. Pokud výrobce uvádí maximální chybu přístroje, lze nejistotu vyjádřit tímto vztahem:

$$u_B = \frac{\delta_m}{k_u} \quad (2)$$

kde δ_m je maximální chyba přístroje, k_u je koeficient rozšíření

U měřicích přístrojů se uvažuje pro maximální chybu měření rovnoměrné rozložení pravděpodobnosti a koeficient rozšíření je roven $k_u = \sqrt{3}$. Tato konstanta rozšiřuje hodnotu směrodatné odchylky pro pravděpodobnost výskytu přibližně 95 %. Nerozšířená nejistota typu B definuje tedy interval ve kterém se nachází náhodně změřená hodnota s pravděpodobností 55 %. Mezi další nejistoty typu B patří nejistota rozlišení přístroje či u starších analogových přístrojů nejistota odečítání ze stupnice.

Pro vyjádření výsledné nejistoty se používá Gaussův zákon šíření nejistot. Pokud jsou dílčí nejistoty na sobě nezávislé, sčítají se dílčí nejistoty kvadraticky.

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_{Bi}^2} \quad (3)$$

V případě, kdy dílčí nejistoty jsou na sobě závislé, použijeme tzv. kovarianční zákon šíření nejistot.

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_{Bi}^2 + 2 \cdot \sum_{i=1, k < i}^n u_{Bi} \cdot u_{Bk} \cdot r_{j,k}} \quad (4)$$

kde $r_{j,k}$ představuje korelační koeficient - míru závislosti dvou nejistot v intervalu $\langle -1, +1 \rangle$

Kombinovaná nejistota typu C představuje výslednou hodnotu nejistot typu A a B pomocí Gaussova zákona šíření nejistot.

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (5)$$

Tato nejistota udává interval, ve kterém se nachází správná hodnota pouze s pravděpodobností přibližně 68,3 % (normální rozdělení). Proto se zavádí tzv. rozšířená nejistota, které pokrývá interval s 95,4 % pravděpodobností výskytu skutečné hodnoty[1].

$$u = k_u \cdot u_C \quad (6)$$

kde koeficient rozšíření je roven $k_u = 2$.

2 Nejistoty v laboratoři světelné techniky

Mezi nejčastější úkoly fotometrických laboratoří patří měření světelného toku v kulovém integrátoru, měření křivek svítivosti ve goniofotometru a měření svítivosti na fotometrické lavici. V následující části jsou uvažovány pouze standardní dílčí nejistoty typu B.

2.1 Kulový integrátor

Kulový integrátor je fotometrický přístroj pro měření světelného toku světelných zdrojů či svítidel. Celková nejistota měření se skládá z velkého počtu dílčích nejistot typu B. Nejistoty lze rozdělit do následujících skupin.

- Nejistoty měřicího systému
 - Nejistota měřicího přístroje
 - Nejistota světelného normálu a testovací žárovky
 - Nejistota měření odlišného spektra, než pro který je přístroj kalibrován.
 - Nejistota stability přístrojů
 - Teplotní stabilita fotočlánku
 - Časová stabilita fotočlánku
 - Nejistota stabilizovaného napájecího zdroje
- Nejistoty konstrukčního charakteru
 - Nestejnoměrný povrch uvnitř koule
 - Absorbance neaktivních částí
 - Netěsnost mechanických částí

Nejistoty měřicího systému

Nejistota kalibrace a nejistota normálu musí být uvedena v každém kalibračním protokolu a to včetně koeficientu rozšíření. Kalibrace by se měla optimálně provádět jednou do roka. Kalibrace světelných normálu se provádí po uplynutí určité doby, ideálně po 25 hodinách provozu.

Dílčí standardní nejistota fotometru:

$$u_{BE} = \frac{u_k}{k_u} \quad (7)$$

kde u_k je rozšířená hodnota nejistoty měření fotometru

k_u je koeficient rozšíření ($k_u = \sqrt{3}$ pro rovnoměrné rozložení)

Dílčí standardní nejistota normálu:

$$u_{Bn} = \frac{u_{kn}}{k_u} \quad (8)$$

kde u_{kn} je rozšířená hodnota nejistoty světelného normálu

Dílčí standardní nejistota měření odlišného spektra, než pro který je přístroj kalibrován [1]:

$$u_{Bz} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{\sum S_Z(\lambda_i) \cdot s(\lambda_i)_{rel}}{\sum S_Z(\lambda_i) \cdot V(\lambda_i)} \cdot \frac{\sum S_A(\lambda_i) \cdot V(\lambda_i)}{\sum S_A(\lambda_i) \cdot s(\lambda_i)_{rel}} - 1 \right| \quad (9)$$

kde $S_Z(\lambda_i)$ je vyzařované spektrum měřeného světelného zdroje Z

$S_A(\lambda_i)$ je vyzařované spektrum normalizovaného typu světla A (2856 K)

$V(\lambda_i)$ je křivka spektrální citlivosti normálního pozorovatele

$s(\lambda_i)_{rel}$ je citlivost fotočlánku

Dílčí standardní nejistota stability přístrojů v sobě zahrnuje krátkodobou časovou nestabilitu, teplotní nestabilitu a nestabilitu napájecího zdroje:

$$u_{Bs} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{Y_{\max}}{Y_{\min}} - 1 \right| \quad (10)$$

kde Y_{\max} je maximální hodnota výstupu během času $t = 0,5$ (po zahoření zdroje)

Y_{\min} je minimální hodnota výstupu během stanoveného testovacího času τ

Nejistota absorpance neaktivních částí se odstraňuje pomocí opakování a zprůměrování testovacího měření, kdy se nejdříve změří ustálený světelný tok testovací žárovky bez přítomného svítidla. Testovací žárovku je nutné nechat dostatečně zahořet. V druhém měření se umístí svítidlo do integrační koule a změří se ustálený světelný tok testovací žárovky. Poměrem získaných hodnot se vyčíslí míra absorpance neaktivních částí svítidla. Nejistota provozní nestability světelného normálu vyjadřuje pokles celkového světelného toku během jeho provozu. V případě, kdy pracoviště nechává světelné normály kalibrovat každých 25 hodin jejich provozu, je tato nejistota menší než 0,2 %. V opačném případě ke konci svého života může tato nejistota nabývat hodnoty až 2,5 % [2].

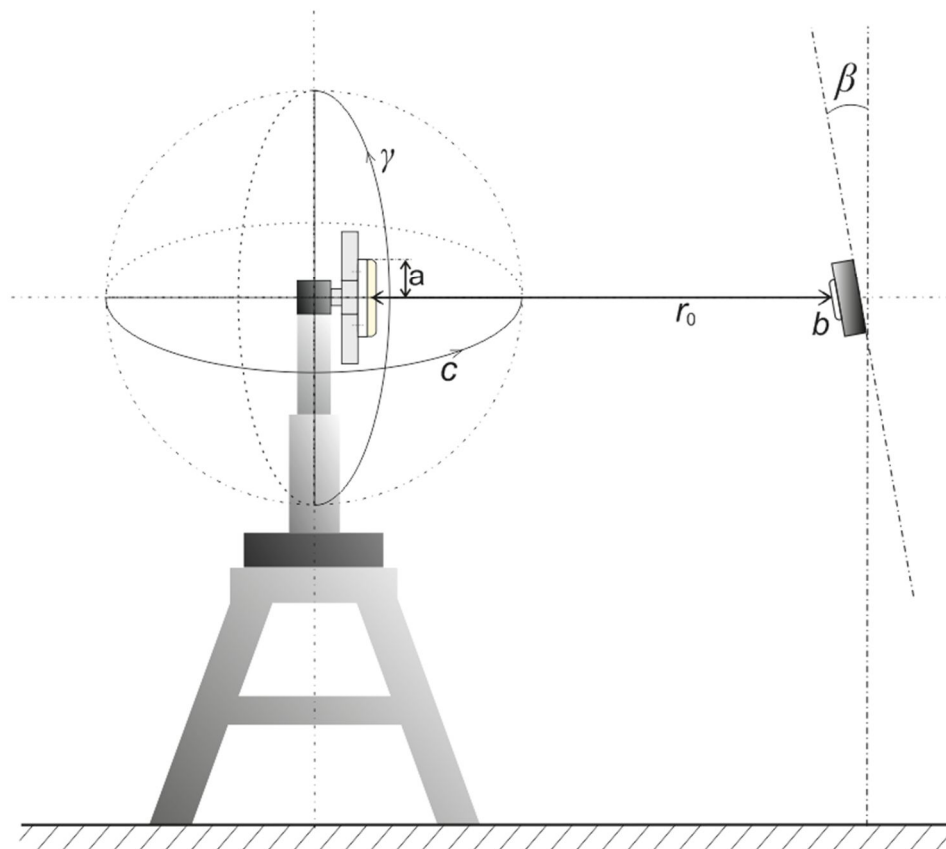
Výsledná dílčí nejistota měření v kulovém integrátoru se určí vztahem:

$$u_{\phi} = \sqrt{u_{BE}^2 + u_{Bn}^2 + u_{Bz}^2 + u_{Bs}^2} \quad (11)$$

2.2 Goniofotometr

Goniofotometr je fotometrický přístroj pro měření křivek svítivosti.. Skládá se z otočného systému, upevnění světelného zdroje a z fotočlátku - luxmetru. Dílčí standardní nejistoty jsou totožné s uvedenými nejistotami pro fotometrickou lavici. Navíc je uvažována pouze nejistota úhlového posunu ramene goniofotometru. Mezi dílčí nejistoty goniofotometru patří nejistoty[1]:

- Úhlového posunu ramene $u_{B\lambda}$
- Měřicího přístroje - luxmetru u_{BE}
- Vlivu konečných rozměrů vyzařovací plochy světelného zdroje a fotočlátku u_{Bk}
- Vzájemné polohy světelného zdroje a fotočlátku u_{Bp}
- Nestability použitých zařízení a světelného zdroje u_{Bs}
- Měření vzdálenosti fotočlátku od světelného zdroje u_{Bl}



Obr.1 Schéma goniofotometru [1]

Dílčí relativní standardní nejistota typu B konečných rozměrů se vypočítá dle vztahu:

$$u_{Bk} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| 1 - \left(\frac{r_0}{\sqrt{r_0^2 + (a+b)^2}} \right)^3 \right| \cdot 100\% \quad (12)$$

kde r_0 je vzdálenost od středu světelného zdroje ke středu přijímacímu povrchu fotočlánku

a je polovina charakteristického (největšího) rozměru světelného zdroje (bez patice)

b je poloměr přijímací části fotočlánku [3].

Tato dílčí nejistota je menší než 1 % při dodržení podmínky, kdy vzdálenost luxmetru od světelného zdroje je více než desetinásobná než je charakteristický rozměr světelného zdroje.

Dílčí standardní nejistota úhlového posunu se vypočítá vztahem:

$$u_{B\gamma} = \frac{\Delta\gamma_{\max}}{\gamma_{vzt} \sqrt{3}} \quad (13)$$

kde $\Delta\gamma_{\max}$ je maximální chyba při posunu o úhel γ

γ_{vzt} je vztažná hodnota úhlu γ

Dílčí standardní relativní nejistota číslicového luxmetru:

$$u_{BE} = \frac{\frac{\delta_1}{100} + \frac{N \cdot R}{X}}{\sqrt{3}} \cdot 100 \% \quad (14)$$

kde δ_1 je maximální chyba udávaná výrobcem
 N je počet platných číslic s možnou chybou
 R je hodnota platné číslice s nejmenší vahou
 X je hodnota zobrazená přístrojem

Dílčí relativní standardní nejistota nastavení polohy fotočlánku [3]:

$$u_{Bp} = \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (15)$$

Například při vyosení fotočlánku o $\beta = 5^\circ$ vzniká dílčí nejistota $u_{Bp} = 0,19\%$.

Dílčí nejistota vzdálenosti světelného zdroje od fotočlánku:

$$u_{Bl} = \frac{Z_{l_{\max}}}{l_d \sqrt{3}} \quad (16)$$

kde $Z_{l_{\max}}$ je největší chyba měření vzdálenosti středu světelného zdroje a přijímací plochy fotočlánku, l_d je vzdálenost středu zdroje po okraj fotočlánku.

Měření vzdálenosti je vždy zatíženo nejistotou, která závisí nejen na systému měření vzdálenosti, ale i na zkušenosti pracovníka. Pomocí laserových odměřovacích přístrojů je možné tuto nejistotu dostatečně minimalizovat. V praxi se u fotometrických lavic používá pravítko s přesností 1 mm. Vzdálenost se odměřuje mezi pojezdem se světelným zdrojem a pojezdem s fotočlánkem.

Výsledná nejistota pro měření křivek svítivosti na goniofotometru:

$$u_{cl} = \sqrt{u_{BE}^2 + u_{Bk}^2 + u_{Bp}^2 + u_{Bs}^2 + u_{Bl}^2} \quad (17)$$

Výsledná rozšířená standardní nejistota je dána vztahem:

$$u_l = k \cdot u_{cl} \quad (18)$$

kde koeficient rozšíření je roven $k_u = 2$.

3 Praktická aplikace

Výsledné a dílčí standardní nejistoty jsou vypočítány pro laboratoř světelné techniky na ústavu elektroenergetiky na VUT v Brně.

3.1 Kulový integrátor

Kulový integrátor má průměr 2,5 m. Měřicí přístroj je spektrometr JeTi SCB 1211 UV. Vnitřní stěna je natřena oxidem hořečnatým. Uvnitř koule jsou dvě clony. První zakrývá fotočlánek a druhá korekční žárovku. V tabulce č.1 jsou znázorněny jednotlivé standardní dílčí nejistoty. Spektrální nejistota zde vyčíslena není. Nejistota nestejnomyšerného povrchu

uvnitř koule byla převzata z doporučení NIST (National Institute of Standards and Technology)[2]. Výsledná standardní nejistota měření je $u_\phi = 2,974 \%$.

Název nejistoty	Symbol	Hodnota nejistoty [%]
Dílčí standardní nejistoty typu B		-
Kalibrace přístroje	u_{BE}	1,386
Časové stability normálu	u_{Bt}	0,200
Nestejnoměrného povrchu uvnitř koule	u_{Bu}	0,500
Kombinovaná nejistota C	u_C	1,487
Rozšířená nejistota měření intenzity osvětlení	u_ϕ	2,974

Tab.1 Přehled dílčích nejistot kulového integrátoru

3.2 Goniofotometr

V laboratoři se nachází goniofotometr s otočným světelným zdrojem a pevně umístěným fotočlánkem. Upevňovací mechanismus je vzdálen 11 metrů od měřicího přístroje PRC Krochmann RadioLux 111, který je upevněn na zdi. Pro úhlový posun jsou použity krokové motory. Uvažované dílčí nejistoty jsou v následující tabulce č.2. Nejistota měřicího přístroje je zde vyjádřena nejistotou světelného normálu, kalibrace přístroje, spektrální a směrové [1]. Nejistota konečných rozměrů je zde spočítána pro světelný zdroj s charakteristickým rozměrem 150 cm.

Název nejistoty	Symbol	Hodnota nejistoty [%]
Dílčí standardní nejistoty typu B		-
Normálu	u_{Bn}	0,300
Kalibrace přístroje	u_{Bk}	0,150
Spektrální	u_{B1}	0,670
Směrová	u_{B2}	0,722
Měření odlišného spektra ,než pro který je přístroj kalibrován	u_{Bz}	0,132
Úhlového posunu	$u_{B\gamma}$	0,317
Konečných rozměrů	u_{Bk}	1,584
Polohy fotometru	u_{Bp}	0,069
Měření vzdálenosti	u_{Bl}	0,052
Kombinovaná nejistota C	u_C	1,930
Rozšířená nejistota měření svítivosti	u_I	3,860

Tab.2 Přehled dílčích nejistot měření křivek svítivosti na goniofotometru s luxmetrem PRC Krochmann RadioLux 111

4 Závěr

Ve všech fotometrických měřeních je výsledná nejistota závislá ve velké míře na celkové chybě fotometrického přístroje. Tato chyba je systematická a skládá se z několika dílčích chyb. Tyto chyby jsou zahrnuty ve výsledné nejistotě typu B. Chyby fotometru jsou uvedeny v dokumentaci přístroje. Dále je nutno počítat s nejistotou kalibrace a nejistotou

použitého normálu. Tyto údaje musí být uvedeny v každém kalibračním listu, společně i s koeficientem rozšíření. Pokud výrobce poskytuje hodnoty spektrální citlivosti kalibrovaného fotočlánku, lze vypočítat nejistotu měření odlišného spektra, než pro který je přístroj kalibrován. U goniometru a fotometrické lavice se projevuje do výsledné nejistoty také zanedbávání konečných rozměrů světelného zdroje a přijímací plochy fotočlánku a přesnost jejich umístění v prostoru.

V laboratoři světelné techniky na Ústavu elektroenergetiky VUT byla na goniometru s luxmetrem PRC Krochmann radiolux 111 zjištěna výsledná nejistota měření křivek svítivosti $u_1 = 3,860\%$. Tato nejistota je vyšší nejen z důvodu nejistoty měřicího luxmetru, ale i nejistoty konečných rozměrů světelného zdroje. Měření celkového světelného toku kulového integrátoru je zatíženo nejistotou $u_\phi = 2,974\%$. Tato výsledná nejistota je zejména tvořena nejistotou světelného normálu, na který se kulový integrátor kalibruje.

Literatura a odkazy

- [1] MOTYČKA, M. *Nejistoty měření ve fotometrii*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 95 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Škoda, Ph.D.. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=124894
- [2] OHNO, Yoshihiro. *NIST MEASUREMENT SERVICES: PHOTOMETRIC CALIBRATIONS* [online]. In: . s. 85 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.nist.gov/calibrations/upload/sp250-37.pdf>
- [3] HABEL, Jiří. *Modernizace goniometru* [online]. , 4 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39390.pdf>

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

Tomáš Novák, Ing., PhD., Barbara Helštýnová, Ing., Karel Sokanský, prof., Ing., CSc.
VŠB – TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky,
tomas.novak1@vsb.cz, barbara.helstynova@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz

Abstrakt: Článek představuje grant, který získala VŠB-TU ve spolupráci s CDV. Tento grant byl vypsaný Ministerstvem vnitra České republiky v rámci programu BV III/1-VS, Program bezpečnostního výzkumu České republiky 2015-202, Podpora opatření a úkolů ochrany obyvatelstva. Práce na grantu budou realizovány v období roků 2017 - 2020. Pracovní skupiny se budou zejména koncentrovat na návrh opatření a řešení na základě zpracovaných dokumentů, které budou jednoznačně charakterizovat příčiny dopravních nehod v nočním prostředí. Výstupy z grantu (metodika) by měly sloužit správcům a vlastníkům komunikací, dopravně správním úřadům, včetně služby dopravní policie ČR pro stanovení nákladů a postupu odstranění zjištěných závad.

1 Hlavní cíle

Mezi hlavní cíle patří:

analýza viditelnosti účastníků silničního provozu na pozemních komunikacích ve vytipovaných kritických oblastech extravilánů a intravilánů měst a obcí, které jsou osazeny veřejným osvětlením

stanovení zásad pro zlepšení jejich viditelnosti a zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

Cílem studie je rovněž analýza viditelnosti chodců při jejich pohybu po veřejných prostranstvích v nočních hodinách (na základě dostupných statistik) za účelem snížení kriminality.

Pro vytipování kritických míst s vysokou intenzitou dopravních nehod v nočním prostředí, v závislosti na hustotě dopravy a ve vztahu k prostředí bude vytvořen software pro shlukování dopravních nehod. Kritické oblasti budou analyzovány z hlediska jejich technického vybavení. Analýza bude zaměřená dominantně na zlepšení viditelnosti pomocí kvalitativních a kvantitativních parametrů osvětlovacích soustav veřejného osvětlení, včetně viditelnosti svíslého a vodorovného značení na dopravních komunikacích. Výsledkem bude návrh opatření a řešení na základě zpracovaných dokumentů, které budou jednoznačně charakterizovat příčiny dopravních nehod v nočním prostředí. U dopravního značení na pozemních komunikacích zejména vhodnost jejich umístění. Bude vytvořena metodika pro tvorbu optimálních osvětlovacích soustav za účelem zvýšení bezpečnosti účastníků silničního provozu a snížení kriminality vlivem optimalizace vidění v nočním prostředí.

Na základě výše uvedených kroků předpokládáme vytvoření materiálů, které budou sloužit správcům a vlastníkům komunikací, dopravně správním úřadům, včetně služby dopravní policie ČR pro stanovení postupů ke zvýšení bezpečnosti na komunikacích v nočních

hodinách. Tyto materiály budou rovněž sloužit jako podklad k vytvoření legislativních opatření pro osvětlování kritických míst.

2 Postupné kroky projektu

Prvním krokem projektu bude vývoj software pro analýzu dopravních nehod na území ČR. Software bude využívat metodu shlukování v závislosti na času východu a západu slunce, dále intenzity dopravy na pozemních komunikacích pro oblast extravilánu a intravilánu zejména na průjezdních silnicích I, II, III tříd a sledovaných komunikacích. Výstupy z programu budou sloužit ke stanovení příčin výskytu dopravních nehod, závad popřípadě jiných okolností na pozemních komunikacích a návrhu možnosti snížení dopravní nehodovosti v daném prostoru.

Dalším bodem bude řešení vlivu spektrálního složení moderních světelných zdrojů (LED) na bezpečnost provozu pod VO v oblasti mezopického vidění a zároveň zhodnocení možností LED ve VO. Tento krok se bude vyhodnocovat pomocí jasových poměrů (oslnění) v dopravě v nočních hodinách. Návrh doporučení bude zohledňovat spektrální vlastnosti světelných zdrojů pro jednotlivé třídy komunikací.

Na veřejných komunikacích dochází k hojně výměně vysokotlakých sodíkových výbojek za LED zdroje. Svítidla se světelnými LED zdroji lze využít ve veřejném osvětlení pro přenos informací v nočních hodinách s cílem možnosti přizpůsobení světelných parametrů aktuální situaci na komunikaci a možnosti komunikace prostřednictvím osvětlovacích soustav veřejného osvětlení s účastníky provozu na komunikacích za účelem zvýšení bezpečnosti provozu.

Mezi další kroky bude patřit audit stavu technické infrastruktury pozemní komunikace v nehodovém místě, rozbor jasových poměrů a viditelnosti technické infrastruktury v nehodovém místě v období od soumraku do svítání v závislosti na atmosférických podmínkách (děšť, mlha, sněžení atd.). Tvorba metodiky pro výběr kritérií pro nastavení optimální varianty obnovy veřejného osvětlení včetně doporučení pro umístování dopravního značení tak, aby jeho viditelnost byla maximální zejména z pohledu příjíždějícího řidiče.

3 Současný stav problematiky řešené oblasti:

V České republice existuje podrobná databáze dopravních nehod, ale informace z ní nelze automaticky vytřídit podle kritérií, která by umožňovala zjištění vlivu veřejného osvětlení na dopravní nehodovost. Pro stanovení souvislostí dopravní nehodovosti s veřejným osvětlením (pracuje téměř polovinu roku – přes 4000 h/rok) a vhodným umístěním svíslého a vodorovného dopravního značení v nočním prostředí bude využito stávajícího software (mapy) vytvořené CDV, na jejímž základě bude vybudována nástavba s možností vyhodnocení shlukování dopravních nehod v nočních hodinách v souvislosti se zjišťováním vlivu viditelnosti v dané lokalitě.

Při zavádění nových světelných zdrojů se zcela jinými spektrálními vlastnostmi, jinou distribucí světelného toku a vysokými jasy, není znám jejich vliv na viditelnost účastníků dopravního provozu při nízkých hladinách osvětlenosti a jasů. Touto problematikou se v současnosti zabývá několik světových renomovaných laboratoří pod záštitou CIE. Publikované výsledky těchto týmů budou využity v oblasti řešení zvýšení viditelnosti na komunikacích.

Díky nástupu LED diod dochází i k masivní výměně klasických svítidel pro veřejné osvětlení, které jsou osazeny vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Současná situace v oblasti vývoje LED je taková, že se již pohybují se svým měrným výkonem nad oblastí měrných výkonů vysokotlakých sodíkových výbojek (nad 150 lm/W). Předpokládá se, že technologický limit cca 250 lm/W bude dosažen v horizontu několika let. Díky těmto vlastnostem se tempo výměny klasických svítidel za svítidla osazená LED ještě zrychlí. Ruku v ruce s výraznou úsporou elektrické energie u osvětlovacích soustav veřejného osvětlení lze začít využívat i ostatní vlastnosti LED. Z těchto vlastností bude využita jejich schopnost rychlého spínání, k přenosu signálu za účelem zajištění komunikace mezi svítidly (stmívání) a ke komunikaci o aktuální dopravní situaci s automobily a zároveň k zajištění osvětlovací funkce.

Bohužel neexistuje jednotná metodika jak optimalizovat soustavy veřejného osvětlení v kritických oblastech dopravního prostoru. Osvětlovací soustavy ve městech a obcích nesplňují ani základní kritéria evropských norem na osvětlování komunikací. Postupy obnovy veřejného osvětlení nerespektují technologický vývoj, který jednoznačně směřuje k dynamickým osvětlovacím soustavám, které se budou schopny automaticky přizpůsobit podmínkám viditelnosti, a které budou moci zároveň sloužit i k přenosu bezpečnostních signálů do vozidel i přímo účastníkům dopravního provozu.

4 Samotná realizace projektu

Software – Na základě specifikace okrajových podmínek bude realizováno rozšíření software pro Identifikaci kritických nehodových lokalit v závislosti na intenzitě dopravy pomocí GIS analýzy polohy dopravních nehod tak, aby bylo možné provádět i výběry kritických nehodových lokalit, které se vyskytují v nočních hodinách a v oblasti působnosti veřejného osvětlení ve městech a obcích a mimo obce na nebezpečných úsecích komunikací v extravilánech.

Paralelně s pracemi na software bude probíhat měření a vyhodnocení vlivů nových světelných zdrojů v laboratořích a také měření osvětlovacích soustav v terénu z pohledu jejich vlivu na změnu viditelnosti objektu ve srovnání s klasickými světelnými zdroji. Při posuzování osvětlovacích soustav v oblastech mezopického vidění budou zavedeny nové parametry pro hodnocení, a to jsou S/P, jas pozadí a náhradní teplota chromatičnosti. Na základě měření budou stanoveny nejvhodnější kombinace světelných zdrojů a osvětlovacích soustav pro jednotlivé třídy komunikací. Tato měření budou realizována jak v oblasti fotopického, tak mezopického vidění.

Budou probíhat laboratorní a terénní testy svítidel osazených moduly pro současný přenos signálu a svícení. Tyto testy budou probíhat i při snížených rozptylových podmínkách (mlha, opar). Výstupem těchto testů bude doporučení na výzbroj svítidel, která by byla schopna zajistit přenos signálu ve viditelném spektru za současného svícení svítidel. Součástí realizace budou i doporučení na úroveň modulace a tvorbu signálu pro přenos tak, aby nedocházelo při přenosech řídicích signálů ke změnám vnímání světelného toku v zorném poli účastníků dopravního provozu.

5 Zapojení jednotlivých účastníků do realizace projektu:

Vzhledem k celkové rozsáhlosti projektu budou dílčí kroky projektu rozděleny takto:

- Software – tato část výzkumu bude probíhat pod taktovkou CDV, která bude rozvíjet možnosti softwaru na identifikaci nehodových lokalit. Toto rozšíření bude probíhat ve spolupráci s VŠB-TU katedra elektrotechniky, kteří budou nastavovat okrajové podmínky pro vyhodnocování kritických nehodových lokalit v souvislosti s veřejným osvětlením a viditelností vodících prvků dopravního značení v extravilánech.
- Měřením a vyhodnocením vlivů nových světelných zdrojů, které mají vliv na bezpečnost dopravního provozu, se budou zabývat pracovníci VŠB-TU Katedra elektroenergetiky.
- Výzkumem možností přenosu signálu, jedná se o výzkum při současném svícení svítidel ve viditelném spektru, se budou zabývat pracovníci VŠB-TU Katedra telekomunikací.
- Nastavením parametrů pro metodiku výběru optimálního světelného řešení kritické situace se budou zabývat pracovníci VŠB-TU Katedry elektroenergetiky a Katedry elektrotechniky.
- K terénním měřením na komunikacích se budou využívat externí spolupracovníci (ve formě služeb) s vazbami na správce veřejných osvětlení a na jednotlivé odbory služby dopravní policie ČR.

Metodika pro stanovení opatření ke zvýšení bezpečnosti provozu v kritických místech opatřených veřejným osvětlením, bude vycházet z výše uvedených postupů realizace. 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 PČR. V metodických pokynech budou zpracovány pilotní projekty 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, snižování energetické náročnosti osvětlovacích soustav a jejich environmentální vliv na okolní prostředí.

6 Předpokládání uživatelé výsledků

Výstup by měl sloužit jako podpora pro tvorbu budoucích legislativních změn. Pomůže k výkladu aplikace stávající právní úpravy provozování veřejného osvětlení. Budou ho využívat správci a vlastníci komunikací, dopravně správní úřady a služba dopravní policie ČR.

7 Závěr

Tento příspěvek byl zpracován jako shrnutí náplně prací na základě získané podpory od MV ČR a jeho cílem bylo upozornění široké odborné veřejnosti na jeho náplň. Zároveň autoři chápou tento článek jako pozvánku ke spolupráci nad jednotlivými oblastmi, které zde byly uvedeny. Cílem je oslovení nejen světelných techniků, ale i správců veřejného osvětlení a v neposlední řadě i zástupců dopravní policie ČR.

Metodika řešení výpadku FVE

Doc. Ing. Jiří Plch, CSc., Světelná technika Brno, jiri_plch@volny.cz

Abstrakt: V příspěvku je řešena metodika řešení výpadku v dodávce elektrické energie FVE, v našich klimatických podmínkách.

1 Úvod

V celé řadě případů je nutné provést výpočet ztrátového výnosu FVE z nefunkčnosti prvků a komponentů, případně havárie po úderu blesku. Ve většině případů se při výpočtu ztrátového výnosu, vychází z dostupné historie 4 kvadrantového elektroměru, který je porovnáván s auditem, provedeným před aplikací PV GIS. Je tak uveden rozdíl v předpokládané výrobě a skutečností.

V těchto souvislostech je nutné konstatovat, že uvedený postup nelze v žádném případě považovat za relevantní pro stanovení ušlého (ztrátového) výnosu z nevyrobené elektrické energie. Hodnoty, které jsou u tohoto systému energetického auditu využívány, představují ve své podstatě průměr průměrů za období 10ti roků, neprokazují však věrohodně skutečnosti v daném místě ČR a čase. Tyto skutečnosti nejlépe vyniknout na praktickém příkladu.

2 Praktický příklad

2.1 Všeobecně

Předpokládejme, že FVE byla v roce 2014 v provozu a v měsíci dubnu se projevila porucha u dvou sinusových modulátorů a kondenzátorů. S ohledem na možnosti dodavatele náhradních dílů, došlo k obnovení výroby elektrické energie v průběhu měsíce června 2014. Od této doby již pracuje FVE v přípustné toleranci, jak je zřejmé z následujících tabulek a grafů.

2.2 Výchozí předpoklady pro řešení

Každá FVE má přesně definovaný počet jednotlivých komponentů, prvků a transformátorů, (při výkonech nad 1 MVA). Pro vlastní řešení ztrátového výnosu, jsou nejdůležitější počty jednotlivých střídačů v sekcích, které byly před uvedenou poruchou v provozu, případně byly ve výpadku při komplexní poruše FVE, jako celku.

2.3 Srovnání výroby elektrické energie s hodnotami dle auditu

Předpokládejme, že FVE byla v provozu od 1. 1. 2014 do 31. 12. 2014 a na počátku roku 2014 se začala projevovat nefunkčnost střídačů (měničů), případně fotovoltaických panelů.

Pro zadanou skladbu komponentů FVE se stanovila možná hodnota výroby elektrické energie dle metodiky GIS a srovnala se s hodnotami, které byly naměřeny na 4 kvadrantovém elektroměru. Již z tohoto prvního srovnání vychází, že dochází k poměrně

značným diferencím. Dále se prokazuje, že skutečně existovalo období, kdy FVE nebyla v plném funkčním stavu a výroba elektrické energie poklesla.

Měsíc	P _V GIS	P _{sk} FVE	Diference Δ			
			MWh	MWh	MWh	%
			(-)	(+)		
Leden	16,3	2,61	13,69		16	84
Únor	26,5	17,06	9,44		64	36
Březen	53,2	31,65	21,55		59	41
Duben	71,4	58,04	13,36		81	19
Květen	76,7	66,25	10,45		86	14
Červen	75,4	80,31		4,91	105	5
Červenec	72,6	82,73		10,13	114	14
Srpen	69,6	64,82	4,78		93	7
Souhrn	461,7	403,47	73,27	15,04		

Tab.1 Srovnání vyrobené elektrické energie dle GIS se skutečnou výrobou.

Při daném počtu střídačů FVE v této modelové situaci, byl 14 a představoval tak 100 % z deklarované hodnoty MWp a v přepočtu je to 7,14 % z celkového výkonu na jeden střídač (při rovnosti jejich výkonů). Vezmeme-li v úvahu, existující diference ve výrobě, potom skutečně mohly být v provozu jen počty střídačů, jak je uvedeno následující tabulce.

Měsíc	Výkonové diference	Výkon na střídač	Počet střídačů		
			minus	plus	v provozu
	(%)	(%)	(ks)	(ks)	(ks)
leden	84	7,14	12		2
únor	36	7,14	5		9
březen	41	7,14	6		8
duben	19	7,14	3		11
květen	14	7,14	2		12
červen	5	7,14		1	15
červenec	14	7,14		2	16
srpen	7	7,14	1		13

Tab.2 Přepočtené hodnoty střídačů FVE v provozu a mimo provoz.

Z uvedených hodnot potom je zřejmé, že výroba elektrické energie dle metodiky PV GIS se výrazným způsobem liší od reálných skutečností a jsou prakticky nepoužitelné.

3 Výchozí údaje pro metodiku

3.1 Globální záření v oblasti FVE

Je nezpochybnitelnou pravdou, že když na naší planetu Slunce neposvítí, ani FVE nic nevyrobí. V tomto směru jsou klíčovými hodnotami údaje globálního záření, např. pro uvedené měsíce leden – srpen roku 2014 a místně příslušnou FVE, které zaznamenávají a registruje vždy místně příslušný ČHMÚ. Údaje jsou uváděné v kJ/m² a přepočtené pro tuto metodiku na kWh/m² případně MWh/m².

Měsíc	Globální záření			Poznámka
	kJ/m ²	kWh/m ²	MWh/m ²	
leden	85750	23819,44	23,8	
únor	174462	48461,67	48,4	
březen	347144	96428,89	96,4	
duben	455657	126571,4	126,7	
květen	554670	154075	154	
červen	662529	184035,8	184	
červenec	637335	177037,5	177	
srpen	479853	133292,5	133,2	
Souhrn			943,5	

Tab.3 Globální záření v oblasti FVE.

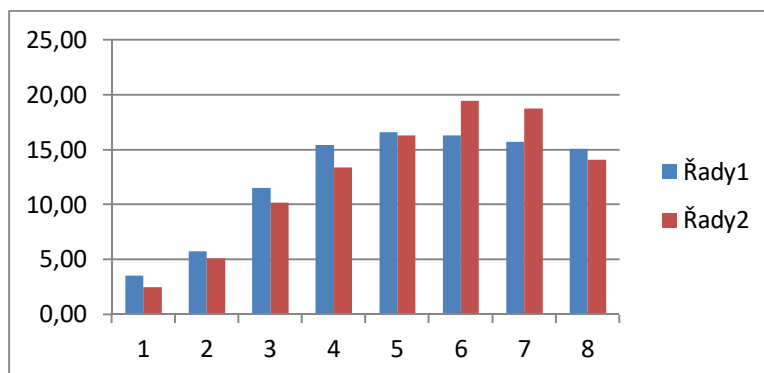
3.2 Srovnání hodnot ze systému PV GIS s hodnotami ČHMÚ

Velmi zajímavé výsledky získáme, když budeme porovnávat hodnoty globálního záření dle ČHMÚ, v uvedeném období od ledna do srpna 2014, s hodnotami, které jsou získány ze systému PV GIS. Dostaneme zásadní obraz o přesnosti tohoto výpočtového systému v našich klimatických podmínkách, a vyjádřit přesnost celého výpočtového systému, případné rozdíly potom vyjádřit v procentech.

	PV GIS		Globál		Diference
	MWh/FVE	%	MWh/m ²	%	%
leden	16,3	3,53	23,8	2,52	1,01
únor	26,5	5,74	48,4	5,13	0,61
březen	53,2	11,52	96,4	10,22	1,31
duben	71,4	15,46	126,7	13,43	2,04
květen	76,7	16,61	154	16,32	0,29
červen	75,4	16,33	184	19,50	-3,17
červenec	72,6	15,72	177	18,76	-3,04
srpen	69,6	15,07	133,2	14,12	0,96
	461,7	100	943,5	100	0,00

Tab.4 Diference mezi PV GIS a globálními hodnotami záření v oblasti FVE.

a grafické provedení diferencí mezi oběma systémy je na obrázku 1.



Obr.1 Procentní znázornění rozdílů mezi PV GIS a hodnotami naměřenými ČHMÚ.

- a. Modrá PV GIS,
- b. Červená ČHMÚ

3.3 Výpočet reálné hodnoty nevyrobené elektrické energie

Metodika vychází z toho, že dopadající globální záření je v jednotlivých měsících značně rozdílná a v první řadě je nutné stanovit, jakou hodnotou skutečně vyrobené elektrické energie se FVE v daném období podílela ve vztahu ke globálnímu záření.

Toto srovnání je uvedeno v tabulce V., přičemž za výchozí bude považována hodnota za sledované období od ledna do srpna 2014 a bude tak v sumární hodnotě činit 100 %.

Měsíc	Globál		P _v		Diference	
	MWh/m ²	%	MWh	%	%	G/P _v
						K _p
leden	23,8	2,52	2,61	0,65	1,87	9,12
únor	48,4	5,13	17,06	4,23	0,90	2,84
březen	96,4	10,22	31,65	7,85	2,37	3,05
duben	126,7	13,43	58,04	14,40	-0,97	2,18
květen	154	16,32	66,25	16,44	-0,12	2,32
červen	184	19,50	80,31	19,93	-0,43	2,29
červenec	177	18,76	82,73	20,53	-1,77	2,14
srpen	133,2	14,12	64,82	16,08	-1,96	2,05
Souhrn	943,5	100%	403,47	100,12	-0,12	2,41

Tab.5 Globální záření a vyrobená elektrická energie FVE.

Diferenční hodnoty v % potom ukazují, jaké jsou odchylky v jednotlivých měsících, ale nejsou ještě relevantním podkladem pro to, aby se z nich dala stanovit nevyrobená elektrická energie.

Nejvýhodnější metodou je parametrická analýza, u které s využitím parametrického činitele, respektující všechny klíčové parametry FVE a úhlů dopadů globálního záření, lze zjistit, ve kterém období FVE pracovala bez výpadku prvků a komponentů technologie, případně na jaké úrovni výpadek byl.

Parametrický činitel se stanoví zvlášť pro jednotlivé měsíce ve sledovaném období leden až srpen, na podkladě tohoto vztahu:

$$k_p = G / P_v$$

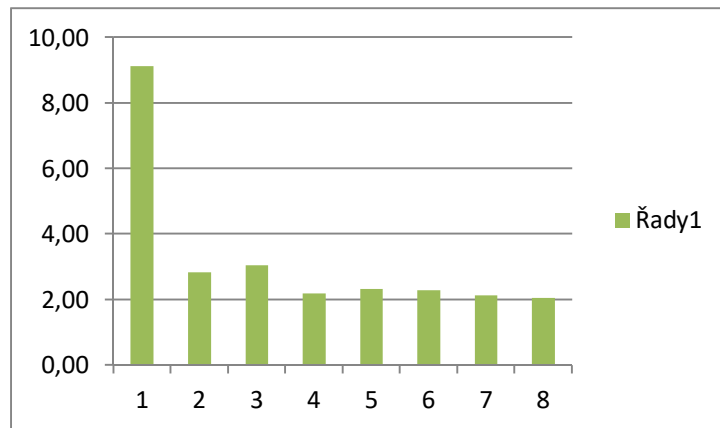
Kde:

G globální hodnota energie za měsíc dle ČHMÚ,

P_v sumární hodnota vyrobené elektrické energie FVE za měsíc

Teoreticky vzato, hodnota tohoto parametrického činitele by měla být téměř konstantní po celé sledované období leden – srpen 2014.

Na obrázku 2 je vidět, že od měsíce ledna do srpna se zcela zásadním způsobem vyvíjela výroba elektrické energie, podle toho, jaký byl skutečný počet komponentů a prvků technologie FVE v provozu či nebyl.



Obr.2 Parametrické hodnocení vyrobené a nevyrobené elektrické energie G/ P_v.

Z tohoto obrázku je tak zcela evidentní, že největší pokles ve výrobě elektrické energie FVE, byl v průběhu měsíce ledna, částečně v průběhu měsíce února a března.

Provedením přepočtů potom získáme skutečnou hodnotu nevyrobené elektrické energie na FVE, jak je zřejmé z následující tabulky.

Měsíc	P v		P kor		P zt
	MWh	%	kp	MWh	MWh
leden	2,61	0,65	4,03	10,52	7,91
únor	17,06	4,23	1,04	17,74	0,68
březen	31,65	7,85	1,065	33,71	2,06
duben	58,04	14,40	1,00	58,04	0,00
květen	66,25	16,44	1,00	66,25	0,00
červen	80,31	19,93	1,00	80,31	0,00
červenec	82,73	20,53	1,00	82,73	0,00
srpen	64,82	16,08	1,00	64,82	0,00
Souhrn	403,47	100,12		414,12	10,65

Tab.6 Souhrn vyrobené a nevyrobené elektrické energie FVE

4 Závěr

Modelový případ řešení nevyrobené elektrické energie při výpadku prvků a komponentů technologie FVE, podle nastíněné metodiky, je evidentní, že u tohoto modelového případu, za uvedené tři měsíce., ve sledovaném období leden – srpen roku 2014, činí nevyrobená elektrická energie v souhrnu 10,65 MWh.

Ze znalosti kalkulačního vzorce příslušné FVE, by se tak vyjádřila celková ztráta z nevyrobené elektrické energie v období leden – srpen 2014.

Literatura

- [1] Plch.J. : Slunce na Moravě a v Čechách, Světlo, časopis pro světelnou techniku, 2013, číslo 5, ISSN: 1212-0812

Udržovací činitel OS se světelnými diodami

Doc. Ing. Jiří Plch, CSc., Světelná technika Brno, jiri_plch@volny.cz

Abstrakt: V příspěvku jsou řešeny pohledy na udržovací činitel osvětlovacích soustav se světelnými diodami.

1 Úvod

Od okamžiku uvedení osvětlovací soustavy, jak ve vnitřních prostorech, tak i venkovních, do provozu, nastává proces znehodnocování jejich užitných vlastností. Má-li být požadovaná hladina osvětlení dodržena ve stanoveném období, musí být zajištěna odpovídající údržba, která je předdefinována projektantem světelně technického návrhu.

V technické praxi se souhrnné působení negativních vlivů vyjadřuje tzv. udržovacím činitelem – MF a je určen podílem hladin osvětlení v době, kdy je nezbytný zásah údržby, tak, aby byla dosažena hladina osvětlení, podle normových hodnot, uvedených v technickém předpise.

Analytické vyjádření je zřejmé z následujícího vztahu

$$MF = \frac{E_{pk}}{E_p}$$

a ve svém důsledku, pro různé hodnoty udržovacího činitele, jsou vypočteny počáteční hodnoty hladin osvětlení a uvedeny v následující tabulce.

Poř. číslo	Činitel údržby MF	Výchozí hladina osvětlení	Poznámka
0	1,0	100 %	Udržovaná
1	0,9	111 %	
2	0,8	125 %	
3	0,7	143 %	
4	0,6	167 %	
5	0,5	200 %	

Tab.1 Počáteční hladiny osvětlení pro různé hodnoty činitele údržby.

Z uvedených hodnot v tabulce 1. vyplývá, že udržovací činitel se zásadní způsobem podílí na celkové ekonomické náročnosti provozu osvětlovacích soustav a je mu proto nutné věnovat zvýšenou pozornost.

2 Udržovací činitel

Udržovací činitel MF(z angl maintenance factor), se stanoví podle následujícího vztahu a to v obecné rovině jak pro interiérové či venkovní osvětlení a všechny úvahy budou směřovat ke světelným diodám.

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

kde jednotlivé složky jsou:

LLMF činitel stárnutí světelných diod,

LSF činitel funkční spolehlivosti světelných diod,

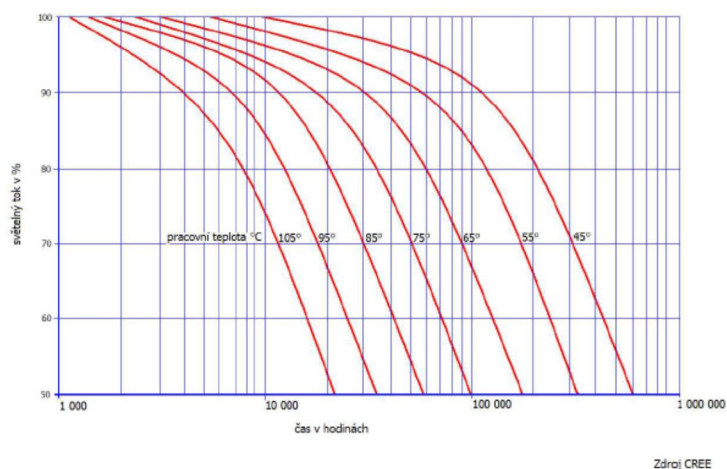
LMF udržovací činitel svítidel,

RSMF činitel stárnutí odrazných vlastností ploch v prostoru

3 Činitel stárnutí světelných diod (LLMF)

První složka, která má primární roli u světelných diod, je spojena s výsledky provozních zkoušek u jednotlivých výrobců a stanovuje ze zkušebního souboru, kolik procent světelných diod je funkčních, za definovaných podmínek zkoušek.

Pokud vyjdeme z dostupných podkladů od společnosti CREE, potom stanovená životnost v závislosti na provozních teplotách přechodu PN, je uvedena na následujícím obrázku.



Obr.1 Závislost životnosti světelných diod na provozní teplotě.

Je tak evidentní, že je to otázka na výrobce světelných diod, aby definovali činitel LLMF - stárnutí světelných diod pro svoje výrobky.

4 Činitel funkční spolehlivosti světelných diod

Druhá složka představuje činitel funkční spolehlivosti světelných diod a ta je odvislá od řady faktorů, tedy nejen kdo světelné diody vyrábí.

Pokud budeme vycházet z praktických zkušeností získaných u nás, lze konstatovat, že pokud světelné diody ve svítidlech jsou od jediného výrobce – společnosti OSRAM, potom

ze statistických údajů vyplývá, že k výpadku dochází u 3 – 4 ks diod na 100 ks svítidel, a při individuální a preventivní údržbě OS, bude činitel funkční spolehlivosti světelných diod LSF = 1.

5 Udržovací činitel svítidel

Tím největším problémem je udržovací činitel svítidel, u kterého se projevuje nejen stárnutí odrazných vlastností ploch, ale i a vnitřním znečištěním svítidla. Ve většině případů je nutné také zohlednit i změny vlastností difuzorů.

Udržovací činitel svítidel (činitel znečištění svítidel) je popisován v různých technických podkladech - materiálech. Poslední pohled je uveden v Z1 , změny normy ČSN EN 13 201-2, kde je uvedena tabulka s hodnotami pro různé stupně krytí optické části

Svítidla a např. pro stupeň IP 6x jsou uvedeny následující hodnoty.

Stupeň krytí	Stupeň znečištění ovzduší	Interval čištění					Poznámka
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
IP 6x	Doba provozu	1,0. 10 ³					
	malé	0,93	0,92	0,91	0,9	0,9	
	střední	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	
	velké	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83	

Tab.2 Udržovací činitel svítidel pro stupeň krytí IP 6x

Poznámka:

Jak již bylo uvedeno, v Z1 , změny normy ČSN EN 13 201-2, je uvedena tabulka s hodnotami pro různé stupně krytí optické části. Svítidla, která mají stupeň IP 6x, jsou uvedeny hodnoty intervalu čištění od 1 000 do 3 000 provozních hodin s poklesem až o 17 %, přitom IP 6x je svítidlo prachotěsné, bez možnosti vniknutí prachu.

Stupeň krytí IP 6x , zajišťuje, že svítidla jsou prachotěsná! Přesto dochází u svítidel s tímto stupněm krytí k tomu, že do vnitřního prostoru – optické části se dostávají prachové částice. Jejich množství a tím i změny jsou odvislé od toho, jaká je provozní teplota uvnitř optické části svítidla, a to i přes deklarovaný stupeň krytí.

Svítidla pro venkovní osvětlování během provozu „dýchají“ a stupeň degradace bude tak vyšší v závislosti na parametrech, lze vyjádřit tuto degradaci vztahem

$$LMF = f_c (IP, \vartheta_p, t_p, n)$$

Kde:

IP je odpovídající stupeň krytí optické části svítidla,

ϑ_p ustálená provozní teplota optické části svítidla,

- t_p doba provozu svítidla do jeho opětovného vyčištění,
 n stupeň znečištění ovzduší.

Obecně tedy je nutné konstatovat, že svítidla se světelnými diodami mají světelný zdroj, který patří mezi zdroje s nižší produkcí tepla a tím i nižšími teplotní režimy uvnitř svítidla. Praktické zkušenosti ukazují, že se znečišťují podstatně méně, než svítidla s vysokou provozní teplotou světelného zdroje.

Bude žádoucí, aby tyto skutečnosti byly brány v úvahu, a hodnoty udržovacího činitele svítidel se světelnými diodami, v závislosti na době provozu od 16 000 do 20 000 provozních hodin, byly stanoveny korektně.

6 Závěr

V přítomné době se aplikují u svítidel se světelnými diodami moderní měniče, které umožňují, na jedné straně provoz celé osvětlovací soustavy v rozmezí napájecího napětí od 160 – 240 V, se změnou příkonu kolem 1 % a na druhé straně umožňují jednoduchým způsobem nastavit příkon celého svítidla. Tím se může snadno eliminovat stárnutí světelné diody.

Tato skutečnost potom povede k tomu, že bude možné počítat s takovou hodnotou činitele stárnutí světelné diody, která bude odpovídat reálné hodnotě navržené údržbě osvětlovací soustavy.

Z nevrátne složky činitele stárnutí světelného zdroje (LLMF) se tak stává vratná složka. Za zcela reálnou hodnotu činitele údržby osvětlovacích soustav se světelnými diodami, lze počítat s hodnotami MF = 0,85 – 0,88.

Literatura

- [1] Pich, J.: Světelná technika v praxi, INEL Praha 2000, stran 210, ISBN 80-86230-09-0

SMART spektrometr

Eduard Polák, Ing.
Lightdrop, s.r.o., polak@lightdrop.cz, www.lightdrop.cz

Abstrakt:

SMART spektrometr je vysoce citlivý ultra kompaktní spektrometr s rozsahem vlnových délek VIS komunikující s mobilními zařízeními a PC bezdrátově přes Bluetooth 4.0 nebo USB 2.0. Je navržen pro každodenní provoz profesionálů v různých průmyslových odvětvích. SMART spektrometr je používán v potravinářském průmyslu, chemickém průmyslu, biometrii, při testování světelných zdrojů, při měření světelných parametrů prostředí. Přináší nové možnosti měření v medicíně v oboru fototerapie. Je pozoruhodně malý, ultra kompaktní, ideální pro provozní měření. SMART spektrometr splňuje optické rozlišení, stabilitu, citlivost a další kritéria spojená s většími a cenově náročnějšími přístroji. Pro měření radiometrických a fotometrických parametrů lze přístroj nastavit a kalibrovat v rozsahu 340–780 nm. Tato kalibrace je provedena na konkrétní sestavě a je nutno ji provádět minimálně jednou ročně dle firemní metrologie kalibrovaným VIS světelným zdrojem. Komplexní software Lightdrop Multi Soft umožňuje provádět měření, archivaci a reporting. Díky dostatečné kapacitě akumulátoru je možno kontinuálně měřit 9 hodin.

1 Úvod

Projekt SMART spektrometr reaguje na absenci podobného přístroje na trhu za přijatelnou cenu. Měřicí systém dokáže měřit parametry světla v rozsahu viditelného spektra v oblastech spektrometrie, radiometrie, fotometrie a kolorimetrie. Tento inovační projekt si kladl za cíl vyvinout modulární inovativní měřicí systém, který díky svým rozměrům a flexibilní koncepci nalezne uplatnění jak v oblasti zdravotnické měřicí techniky tak i v řadě průmyslových odvětví.

2 Projekt SMART spektrometr

Po celosvětové iniciativě vědeckých a vzdělávacích institucí, UNESCO, neziskových organizací a sdružení, technologických platforem a komerčních subjektů vyhlásilo [Valné shromáždění](#) Organizace spojených národů rok 2015 za **Mezinárodní rok světla a technologií založených na světě**.

Projekt je realizován u příležitosti „Roku světla UNESCO 2015“ <http://www.roksvetla.cz/>, <http://www.light2015.org/Home.html>.



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Éclairage
Internationale Beleuchtungskommission

Cílem roku 2015 bylo připomenout občanům celého světa výraznou roli světla a optických technologií v jejich každodenním životě a při budoucím rozvoji společnosti. Aktivity plánované v průběhu roku 2015 byly využity k tomu, aby inspirovaly, vzdělávaly a propojily nejen „světelné fandy“ po celém světě.

Projekt je primárně zaměřen na vývoj Unikátního měřicího systému SMART spektrometr. Jedná se o jeden z nejmenších SMART přístrojů na světě, který se vejde do dlaně. Dokáže měřit parametry světla v rozsahu viditelného spektra v oblastech spektrometrie, radiometrie, fotometrie a kolorimetrie. Přístroj komunikuje s jinými systémy, typicky s tablety, notebooky, stolními a průmyslovými PC pomocí Bluetooth 4.0 a USB 2.0.

Projekt vznikl v rámci [Operačního programu „Podpora podnikání v Moravskoslezském kraji 2015 \(RRC/03/2015\)“](#) a za účinné pomoci týmu laboratoře měření barevnosti a vzhledu katedry materiálového inženýrství na Technické univerzitě v Liberci (dále LCAM) pod vedením Doc. Ing. Michala Vika, Ph.D. Projekt získal cenné Know-how v oblasti fotometrie, kolorimetrie, spektrofotometrie a byly použity metody evaluace SMART spektrometru s měřicími postupy LCAM.



Měřicí systém SMART spektrometr byl prezentován na odborných konferencích, z nichž jednu pořádalo právě pracoviště LCAM v rámci [„Roku světla UNESCO 2015“](#).

2.1 Použití přístroje

2.1.1 Zdravotnická zařízení

Společnost Lightdrop, s.r.o. se zaměřuje především na odvětví lékařské přístrojové techniky, v tomto odvětví má nejvíce zkušeností, osobních vztahů a také dostatečný přehled o stavu trhu. Unikátní měřicí systém SMART spektrometr by měl proto v první řadě sloužit zdravotnickým zařízením zejména nemocnicím. Biomedicínské inženýři v nemocnicích nemají v současné době vhodné nástroje, pomocí kterých by mohli kontrolovat a diagnostikovat stav fototerapeutických přístrojů, které jsou používány na novorozeneckých, kožních a dalších odděleních. Pokud měřicí techniku mají, tak se v zásadě vždy jedná o zastaralé a nevyhovující radiometrické přístroje, které jsou výrobcem kalibrovány na specifický zdroj světla. V nemocničním provozu se však vyskytují výrobky rozličných druhů a výrobců, každý takový přístroj pak obsahuje jiný druh terapeutického zdroje světla. Je tedy nemožné pomocí jednoho radiometrického přístroje kontrolovat více druhů techniky. Pro nemocnici by bylo velmi nákladné vždy po pořízení nové techniky koupit nový měřicí přístroj a kalibrovat jej jen pro jeden účel. Vzniká tak situace, kdy biomedicínské inženýři musejí preventivně měnit terapeutické zdroje bez toho, aniž by k tomu měli technické podklady. Další situace v nemocnicích vzniká na operačních sálech, kdy je chirurgem vyžadována stejná teplota barvy operačních světel pro zachování vždy stejného podání operační rány. Pomocí SMART spektrometru bude biomedicínský inženýr schopen změřit přesnou CCT a v případě nutnosti operační světla na sále kalibrovat (v souvislosti s provozní dobou se světelné vlastnosti operačních světel mění a proto je třeba toto pravidelně kontrolovat). Toto bylo doposud

prováděno výhradně výrobcem operačních světel, což výrazně zvyšuje náklady na provoz nemocnice.

2.1.2 Výrobci zdrojů světla

Mimo zdravotnické odvětví se předpokládá nasazení do malosériové i velkosériové výroby svítidel a zdrojů světla. Pomocí SMART spektrometru mohou kontrolovat výstupní kvalitu svých produktů, mohou také prezentovat vlastnosti svých výrobků před svými obchodními partnery.

2.1.3 Veřejné osvětlení

Další využití lze nalézt u realizátorů veřejného osvětlení, osvětlení přechodů pro chodce, křižovatek apod. Zde je potřeba klást důraz na jednotné světelné parametry, aby bylo zaručeno, že budou v rámci ČR jednotné světelné podmínky veřejného osvětlení. Pomocí SMART spektrometru, který je zcela mobilní, je možno provádět tato měření velmi elegantním způsobem.

2.2 Ostatní možnosti využití

Je předpokládáno použití SMART spektrometru v textilním průmyslu a to zejména pro měření reflexních prvků.

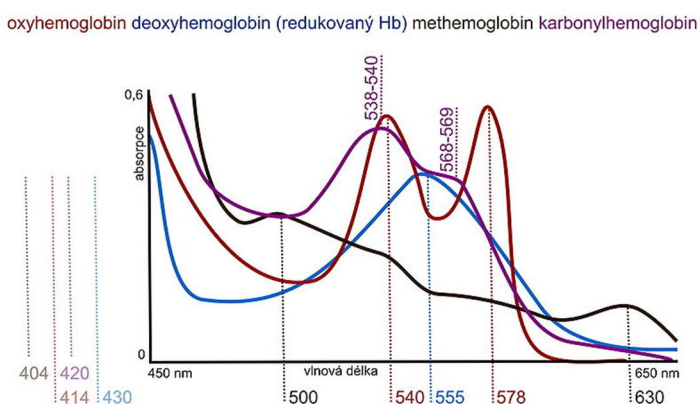
V neposlední řadě může být Lightdrop spectormeter využíván pro výstupní kontrolu v automobilovém průmyslu, k měření teploty barev, světelných podmínek a parametrů na výstavách, vernisážích, v muzeích, prodejnách apod.

3 Všechna měření v jednom přístroji

SMART spektrometr v sobě sdružuje čtyři přístroje spektrometr, radiometr, fotometr a kolorimetr.

3.1 Spektrometrie

Spektrometrie se zabývá vznikem, měřením a interpretací energetických spekter, která vznikají při absorpci nebo emisi zářivé energie se vzorkem.



Obr.1 Absorbční spektra hemoglobinu

SMART Spectrometer poskytuje úplnou spektrální analýzu s vysokým poměrem signálu k šumu v rozsahu VIS. Spektra světelných zdrojů záření ve viditelné oblasti (VIS) 340~780nm (možnost rozšíření spektra pro pásmo 340~850nm).

Spektrometrické veličiny:

Český název [jednotka]	English title [unit]
Špičková vlnová délka λ_{peak} [nm]	Peak wavelength λ_{peak} [nm]
Plná šířka v polovině maxima FWHM [nm]	Full Width Half Maximum FWHM [nm]
Centrální vlnová délka [nm] Vlnová délka, která se nachází ve středu šířky pásma (mezi body A a B)	Centre wavelength [nm]

Tab.1 Spektrometrické veličiny

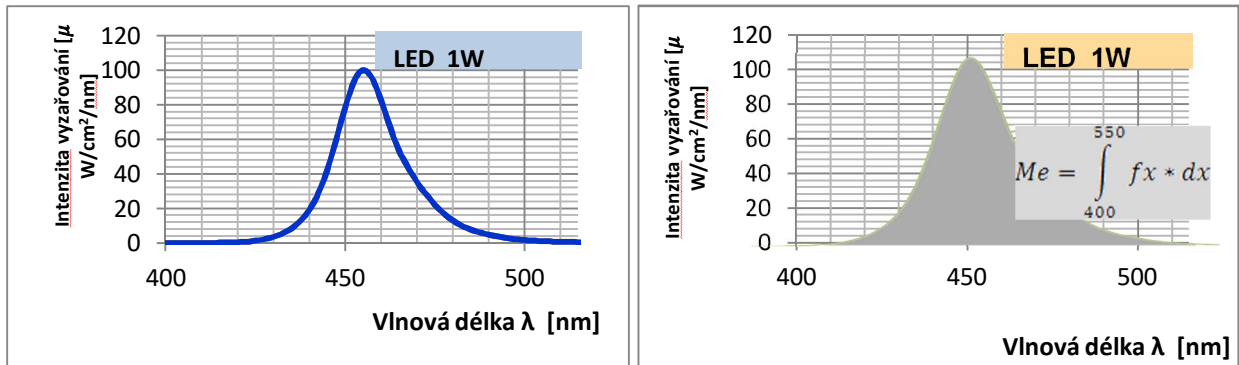
3.2 Radiometrie

Radiometrie je část optiky, která se zabývá měřením elektromagnetického záření, včetně viditelného světla. Radiometrie se zabývá měřením elektromagnetického záření v prostoru a používá tedy absolutní veličiny. Radiometrické veličiny (energetické veličiny) charakterizují množství energie přenesené na ozařovaná tělesa. SMART spektrometr z celého spektra VIS poskytuje veličiny, které charakterizují množství energie přenesené na ozařovaná tělesa.

Poznámka: Každý radiometrický výraz může být rovněž vyjádřen jako spektrální kvantum definováním přes jednotku vlnové délky $\lambda = [\text{nm}]$

Český název [jednotka]	English title [unit]
Ozáření E_e [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$], [$\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$]	Irradiance [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$],[$\mu\text{Watt}/\text{cm}^2/\text{nm}$]
Zářivý tok Φ_e [μW]	Radiant Flux [μWatt]
Zářivost I_e [$\mu\text{W}/\text{sr}$]	Radiant Intensity [$\mu\text{Watt}/\text{sr}$]
Energie na cm^2 [$\mu\text{J}/\text{cm}^2$]	Energy/ cm^2 [$\mu\text{Joule}/\text{cm}^2$]
Energie [μJ]	Energy emitted [μJoule]
Energie vyzářená do prostorového úhlu [$\mu\text{J}/\text{sr}$]	Radiant Energy [$\mu\text{Joule}/\text{sr}$]
Počet fotonů [$\text{mol}/\text{s}\cdot\text{m}^2$]	Photon Flux/ m^2 [$\text{Mol}/\text{s}\cdot\text{m}^2$]

Tab.2 Radiometrické veličiny



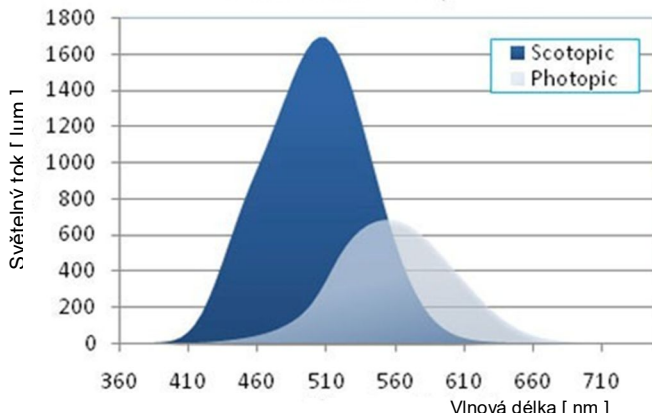
Intenita vyzařování: $M_e = \mu W/cm^2/nm$
 $M_e = 100.0 \mu W/cm^2/nm$
 M_e je hodnota při vlnové délce 455nm

Intenita vyzařování: $M_e = \mu W/m^2$
 $M_e = 2386 \mu W/cm^2$
 M_e v pásmu od 400 do 550 nm
 M_e je plocha pod křivkou

Obr.2 Radiometrie při vlnové délce 455nm a pro světlené spektrum 400 do 550 nm

3.3 Fotometrie

Fotometrické veličiny jsou analogické radiometrickým. Fotometrické veličiny zohledňují citlivost oka na různé vlnové délky. Fotometrie se zabývá měřením pouze viditelného spektra elektromagnetického záření. SMART spektrometr poskytuje veličiny z části spektra VIS, která je vnímána lidským okem jako viditelné světlo.



- denní (fotopické, uplatňují se především čípky) vidění
- noční (skotopické, uplatňují se především tyčinky) vidění
- maximální amplituda odpovídající $\lambda = 555,2$ nm pro čípky

Obr.3 Spektrální citlivost lidského oka

Český název [jednotka]	English title [unit]
Světelný tok Φ [Lumen = lm]	Luminous Flux [Lumen = lm]
Svitivost I [lm · sr-1 = Kandela = cd]	Luminous Intensity I [Candela = cd]
Osvětlenost E [lm · m-2 = Lux = lx]	Illuminance E [Lux = lx]
Svitivost L [cd/m2]	Luminance L [cd/m2]
Osvit H [Lux · s]	Exposure H [Lux · s]

Tab.3 Fotometrické veličiny

3.4 Kolorimetrie barev

SMART spektrometr poskytuje veličiny primárních světlených zářičů (chromatičnost) i sekundárních zářičů (kolorita)

Zkratka [jednotky]	Komentář
CIE x, y Chromaticity coordinates	Trichromatické souřadnice x, y pro vyjádření barvy v diagramu chromatičnosti CIE xyY 1931.
CT [K] Color temperature	Teplota barvy (chromatičnosti) - teplota absolutně černého tělesa tehdy, kdy emituje záření, jež vyvolá v lidském oku stejný barevný vjem, jako námi pozorovaný zdroj. Jednotkou je Kelvin [K]. Vyšší teploty od 5000 K přísluší studeným barvám (modrá, bílá), nižší teploty 2700 až 3000 K teplým barvám (žlutá, červená)
CCT [K]'' Correlated color temperature	Náhradní teplota barvy (chromatičnosti) – pokud je ideální černé těleso (tj. těleso pohlcující veškeré dopadající elektromagnetické záření) ohříváno, vyzařuje s rostoucí barevnou teplotou [K] světlo barvy červené, žluté, bílé až modré. Křivka barev emitovaných černým tělesem se nazývá čára teplotního zářiče (z angl. Blackbodylocus). Mnoho světelných zdrojů ovšem vyzařuje na náhradních barevných teplotách, které neleží přímo na čáře černého tělesa, ale na izotermních křivkách. Diference od čáry tepelného zářiče se označuje Δuv .
CRI, Ra [%] Color rendering index	Index podání barev - je hodnotou udávající věrnost podání barev, v porovnání s denním světlem. Nabývá hodnot 0 až 100, a platí, že čím je číslo vyšší, tím je zdroj kvalitnější. Při hodnotě CRI = 100 bude lidské oko schopno vnímat barvy stejně, jako za denního světla. CRI má smysl počítat pouze tehdy, je-li světelný zdroj přibližně bílý.

Tab.4 Kolorimetrické veličiny

Zkratka [jednotky]	Komentář
R1-R15 Test ColorSamples	Speciální indexy podání barev - sada kontrolních barevných vzorků (TCS = Test Color Samples) pro stanovení CRI, od nichž se odráží světlo zkoumaného zdroje. V rovnoměrném diagramu chromatičnosti (u, v) se zaznačí dva body – jeden odpovídá vjemu barvy vzorku tehdy, když ho osvětlíme referenčním zdrojem, a druhý tehdy, když ho osvětlíme zkoušeným zdrojem. Mezi těmito body se naměří diference ΔE_i , která se dále využívá při výpočtu CRI.
CIE u', v', (CIE Luv)	Souřadnice u', v' - pro vyjádření chromatičnosti v rovnoměrném kolorimetrickém trojúhelníku (diagramu chromatičnosti) CIE 1976 - LUV

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

Purity [%]	Čistota barvy - umožňuje posoudit, z jaké části se podílí čistá pestrá barva na celkovém vjemu sledované barvy. Psychofyzikálnímu pojmu čistota barvy odpovídá psychosenzorický pojem sytost barvy. Syté barvy neobsahují bílou složku vůbec, naopak nesyte barvy jsou vlastně bílé s barevným nádechem.
CIE 1976 (L*a*b*) (CIE LAB, CIE Lab) (barevný prostor)	CIE 1976 L*a*b* - standardní barevný pravouhlý prostor. Osy tohoto prostoru tvoří měrná světlost L*, která nabývá hodnot z intervalu 0 (černá) až 100 (bílá), a dvě chromatické osy a* a b*. Osa a* probíhá od zelené barvy k červené, osa b* od modré ke žluté.

Tab.5 Kolorimetrické veličiny - pokračování

SMART spektrometr poskytuje zobrazení ve formě grafů:

Zkratka [grafy zobrazení]	Komentář
CIE 1931 Chart Chromaticity diagram	Diagram chromatičnosti CIE xyY 1931 - monochromatické barvy jsou umístěny na obvodu a bílé světlo se nachází ve středu diagramu
CIE 1976 Chart CIE LUV (u', v')	Diagram chromatičnosti CIE 1976– LUV spočítaný s použitím standardního pozorovatele CIE 1931
ANSI C78.377 Chart – CCT tolerance zone quadrangle	ANSI C78.377 graf - Toleranční čtyřúhelníkové zóny CCT– pro polovodičové světelné zdroje (LED)
IEC-SDCM Chart International Electrotechnical Commission - Standard Deviation of Color Matching	Mezinárodní elektrotechnická komise - Standardní odchylka shody barev = McAdamovy elipsy - definují v diagramu CIE 1931 zóny, ve kterých se nachází barvy, které není schopno lidské oko rozlišit od odstínu, který leží ve středu dané elipsy.
CRI/ CQS Bar Chart	Vyjádření CRI/CQS sloupcovým grafem
CRI/ CQS Radar Chart	Vyjádření CRI/CQS v souřadném systému

CQS Color Quality Scale	Škála pro hodnocení kvality barvy - alternativa k CRI. Metoda hodnocení kvality světla emitovaného LED a OLED, čili světelných zdrojů, které produkují světlo syté barvy.
Q1 ~ Q15	Q1 ~Q15 - 15 vzorků pro hodnocení CQS
S/P Ratio	S/P poměr - poměr světelného toku zdroje při skotopických a fotopických podmínkách vidění
Duv, Δuv, delta uv	Δuv - diference od čáry tepelného zářiče u CCT

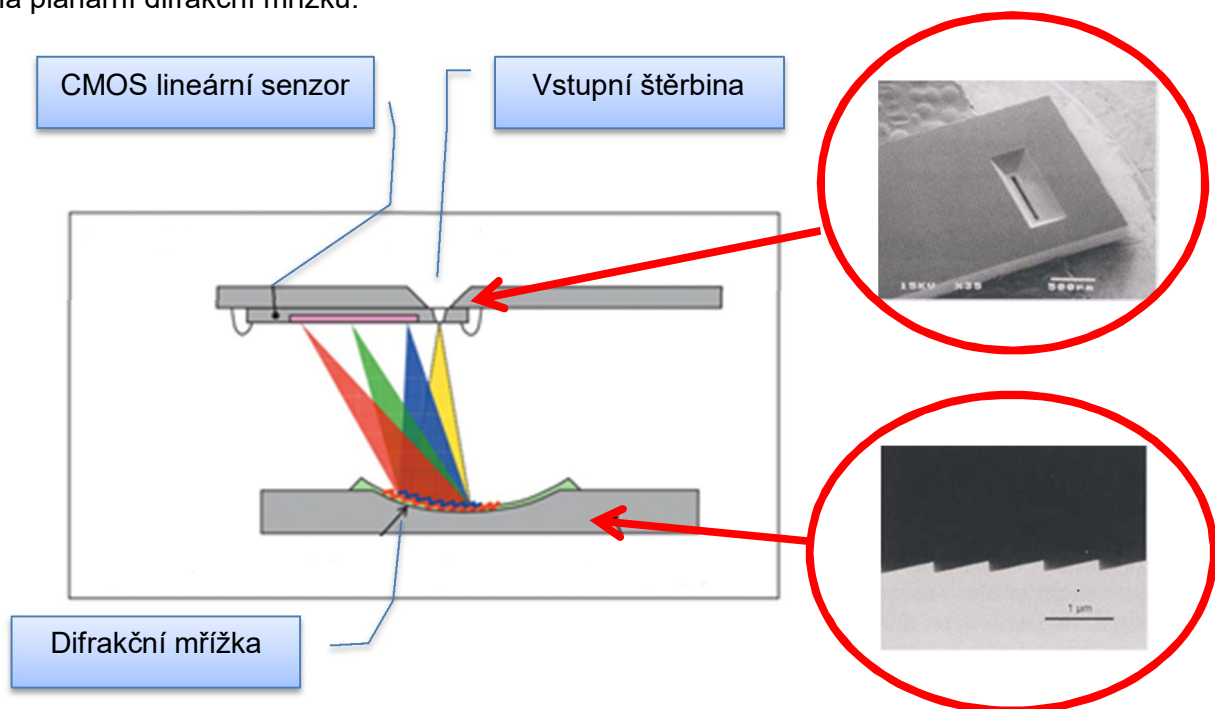
Tab.6 Zobrazované grafy kolorimetrických veličin

4 Princip senzoru světla

4.1 CMOS senzor spektrometru

CMOS (anglicky Complementary Metal–Oxide–Semiconductor) je nejrozšířenější druh snímacího čipu v digitálních fotoaparátech. CMOS čipy se vyrábějí stejným způsobem jako např. mikrokontroléry, takže jejich výroba je mnohem jednodušší a levnější. CMOS čipy mají na každém pixelu vlastní tranzistor, který zesiluje elektrický náboj.

Na obrázku je znázorněna vnitřní architektura měřicí části SMART spektrometru, která využívá konkávní difrakční mřížky, proto není potřeba konkávní zrcadlo, které je obvykle používáno v tzv. kompaktních spektrometrech pro zaostření (paralelizaci) snímaného světla na planární difrakční mřížku.

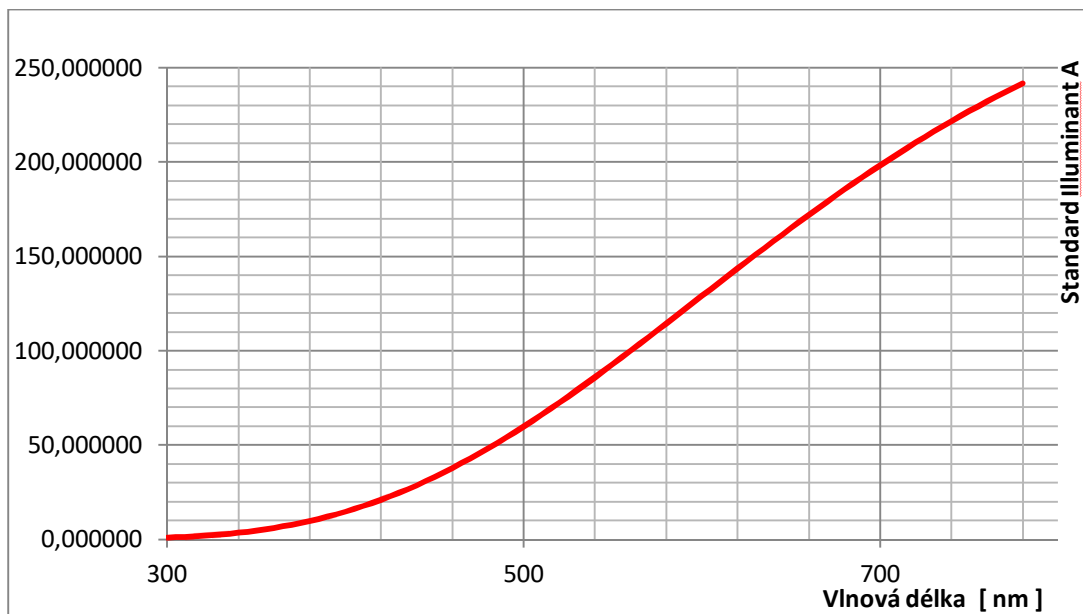


Obr.4 Princip měřicí části SMART spektrometru

Pro měření a kalibraci jsou používány kalibrační zdroje, které mají níže uvedené spektrální průběhy:

Standard Illuminant A

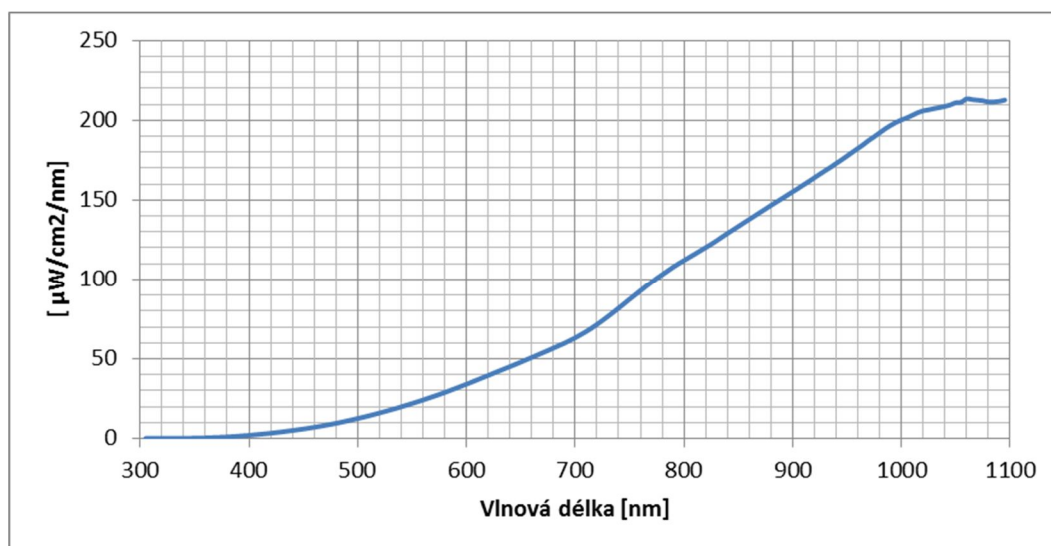
Tento zdroj je používán pro kalibraci fotometrických parametrů.



Obr.5 Kalibrační standard fotometrický Illuminant A

Kalibrační soubor halogenového kalibračního halogenového zdroje AVANTES AVA CAL

Tento kalibrační zdroj je používán pro kalibraci radiometrických parametrů.



Obr.6 Kalibrační standard radiometrický

4.2 Přesnost a opakovatelnost měření SMART spektrometru

Spektrální rozsah	340 nm až 780 nm
Spektrální citlivost	typicky 11 nm
Rozlišení	2 nm
Digitální rozlišení	16 bit ADC
Reprodukovatelnost vlnové délky	± 0.5 nm
Závislost vlnové délky na teplotě	±0.09 nm/°C
Spektrální rozptýlené světlo	-25dB
Integrační čas	2 ms až 60 sec
Počet měření (vysílaná data přes rozhraní)	30 měření/sec přes USB 2.0, Bluetooth 4.0
Rozsah měření osvětlenosti	20 až 200 000 lx
Přesnost měření osvětlenosti	± 5%
Přesnost měření svítivosti	± 5 % (@ 1000cd/ m ² a illuminant A)
Opakovatelnost měření svítivosti	± 1 %
Přesnost měření kolorimetrických souřadnic	± 0.002 x, y (@ illuminant A)
Opakovatelnost měření kolorimetrických souřadnic	± 0.0005 x, y (@ illuminant A)
Přesnost měření náhradní teploty chromatičnosti	± 25 K (@ illuminant A)

4.3 Teplotní rozsah měření SMART spektrometru

SMART spektrometr pracuje v teplotním rozsahu +5°C až +50°C. Optická MOEMS měřicí část je teplotně svázána s teplotním senzorem, který měří teplotu s přesností ±0,5°C v rozsahu -25°C do +85°C.

Podle tohoto teplotního senzoru jsou:

- kalibrované veličiny korigovány (pokud se změní teplota okolí o 5°C od teploty kalibrace, SMART spektrometr vyžaduje (vyzve obsluhu) automaticky znovu k načtení DARK)
- spektrální veličiny jsou stabilní v rozsahu +5°C až +50°C
- závislost vlnové délky na teplotě ±0.09 nm/°C

4.4 Kalibrace a měření radiometrických veličin SMART spektrometru

Pro kalibraci a měření radiometrických veličin se využívá vzorec:

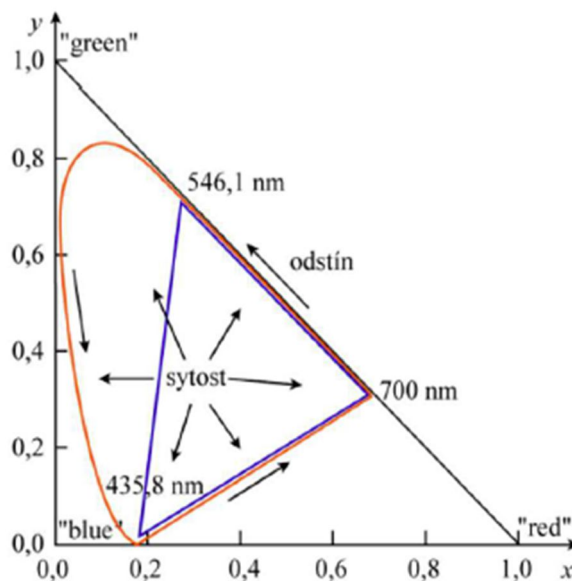
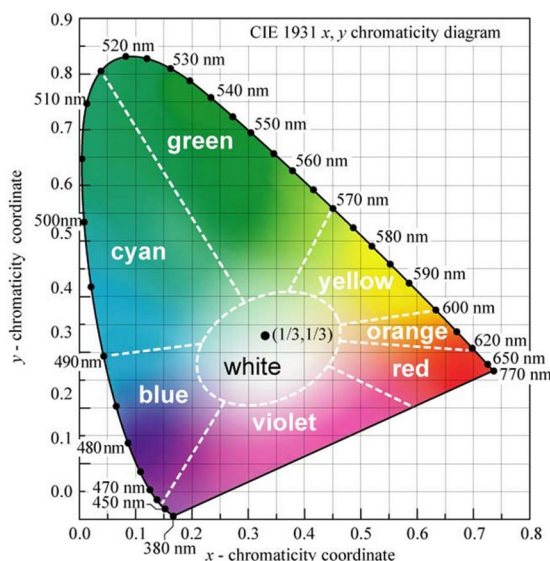
$$I_n = CalData_n * \left(\frac{sample_n - dark_n}{refCal_n - darkCal_n} \right) * factor$$

I_n	Zářivost [$\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$]
$CalData_n$	kalibrační data zdroje světla ze souboru
$Sample_n$	měřený vzorek světla, výstup z ADC
$Dark_n$	odstranění okolního světla, výstup z ADC
$RefCal_n$	referenční světlo z kalibrátoru, výstup z ADC
$DarkCal_n$	referenční tma z kalibrátoru, výstup z ADC
factor	konstanta, reprezentuje změnu citlivosti rozsahu
Kalibrátor	zdroj světla kalibrovaný od výrobce

5 Kolorimetrie

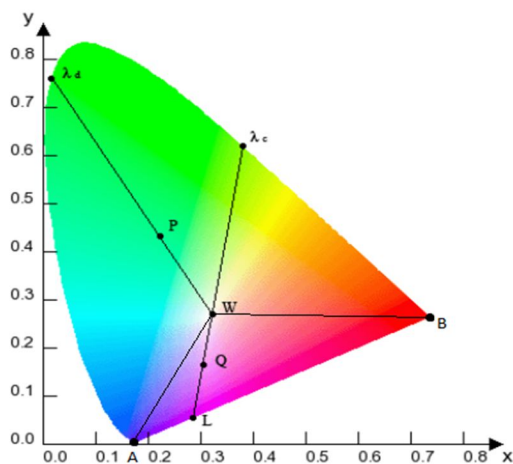
V oblasti kolorimetrie je věnována pozornost následujícím tématům.

5.1 Diagram chromatičnosti CIE1931 x,y



Obr.7 Diagram CIE 1931 x,y

5.2 Dominantní vlnová délka λ_d



Dominantní vlnová délka λ_d se určuje tak, že se úsečkou spojí barevný bod P (daný souřadnicemi x, y) a standardní bílý bod W. Tato úsečka se následně prodlouží, a v místě, kde se protne s obalovou křivkou diagramu, se nalézá λ_d .

Komplementární vlnová délka λ_c se určuje pro odstíny, které na diagramu leží v trojúhelníkové oblasti WBA.

Obr.8 Grafické znázornění dominantní vlnové délky λ_d

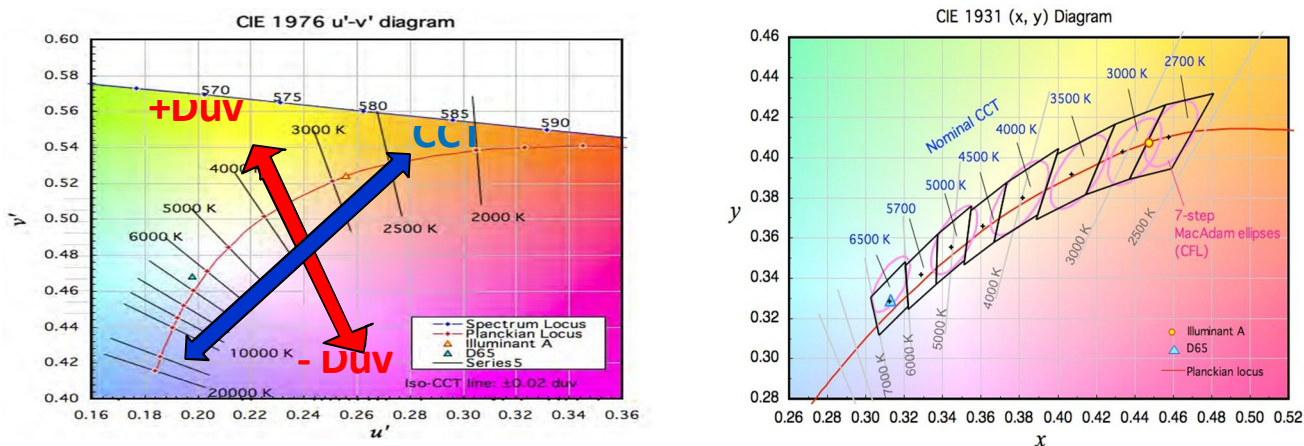
Sytost barvy je dána poměrem úseček W - P a W - λ_d . Tento poměr je následně vynásoben 100, protože se výsledek uvádí v procentech.

5.3 CCT (ANSI C78.377-2008) + Duv

Duv = vzdálenost od Plankovy křivky (Black Body Curve)

CCT je přesný pouze tehdy, když je v blízkosti Plankovy křivky ($DUV \pm 0,002$)

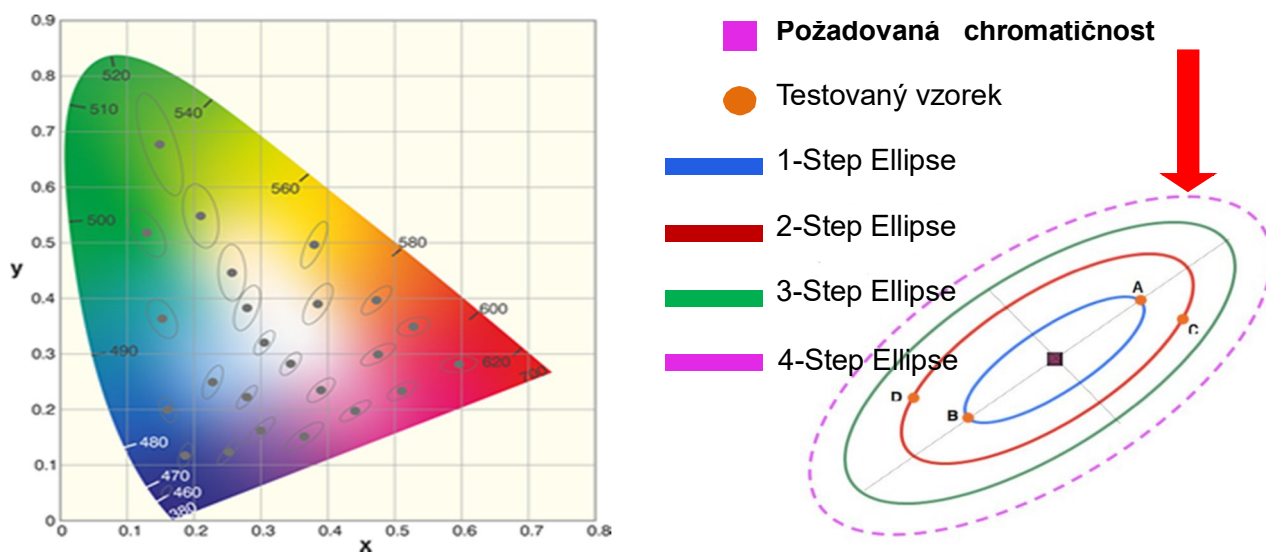
Nižší hodnoty Duv indikují větší přesnost v reprodukci barev CCT a Duv určují chromatičnost světelných zdrojů, stejně jako trichromatické souřadnice (x, y). Tato dvě čísla (CCT a Duv) poskytují intuitivně informaci o barvě, nejsou to souřadnice x,y.



Obr.9 Znáznornění CCT a Duv ve dvou digramech CIE 1976 u' , v' a CIE 1931 x, y

5.4 CCT - ANSI C78.377- 2008 specifikace chromatičnosti pro SSL (Solid-state lighting) světlených zdrojů

MacAdam Ellipse - tvůrce **Mac Adamse** publikoval systém v rámci CIE 1931 založený na fyziologických vlastnostech lidského oka, který sdružuje barvy vnímané subjektivně jako stejné. Rozmístění elips na diagramu chromatičnosti podle tvůrce **Mac Adamse** je na obrázku.



Obr.10 Poloha Mac Adamsových elips v CIE 1931 a příklad tolerančního pole chromatičnosti 4 Mac Adamsových elips

MacAdam elipsy v SCDM (Standart Deviation Color matching)			
Velikost McAdamsovy elipsy	1 SCDM (MacAdam krok)	2 SCDM (MacAdam krok)	> 2 SCDM (MacAdam krok)
Kvalita homogenity barvy uvnitř elipsy	žádný viditelný barevný rozdíl	drobně viditelný barevný rozdíl	viditelný barevný rozdíl

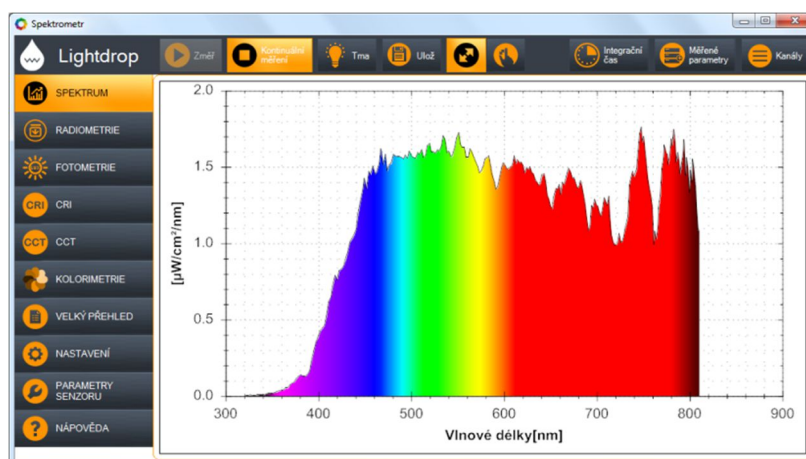
Tab.7 Tabulka udává práh lidského oka vnímat rozdíly v barevnosti

6 Ukázky ovládacího software SMART spektrometru

Ovládací software je koncipováno pro použití na tabletu, proto je celé ovládání přesunuto na *boční a horní* menu.

Je vybrán popis jen částí celého menu.

První menu s názvem SPEKTROMETRIE zobrazuje spektrum v rozsahu 340 až 780 nm



Obr.11 Spektrum denního slunečního záření

Menu CRI zobrazuje parametry CRI (Color rendering index) a CQS (Color Quality Scale) ve dvou zobrazeních grafu sloupcovém a radarovém. Příklad je zobrazení Ci, sloupcový graf



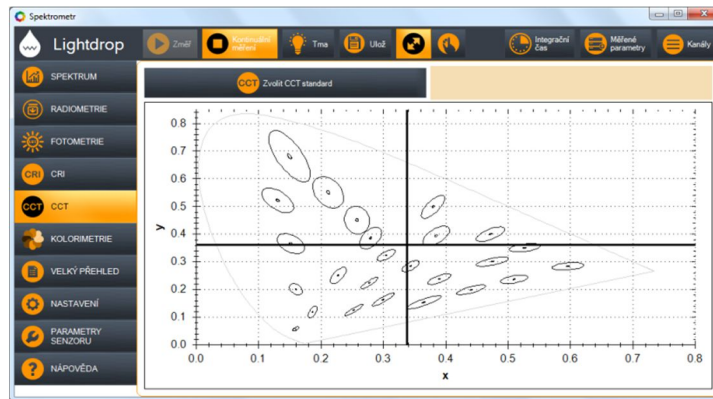
Obr.12 CRI denního slunečního záření

Menu CCT zobrazuje MacAdam elipsy v digramu CIE 1931 x,y.

Zde je možno nastavit toleranční pole pro kontrolu trichromatických souřadnic x,y světlených zdrojů podle různých norem, např. normy Proměnné dopravní značky

ČSN EN 12966-1,

Železniční aplikace - Vnější výstražná světelná a zvuková zařízení pro vysokorychlostní vlaky ČSN EN 15153-1



Obr.13 MacAdam elipsy v digramu CIE 1931 x,y

Pro nastavení toleranční čtyřúhelníkové zóny CCT pro polovodičové světelné zdroje (LED) a pro nastavení toleranční zóny MacAdamsovy elipsy. Čtyřúhelník se nastavuje čtyřmi vrcholy pomocí souřadnic $x_1 - 4$, $y_1 - 4$.

MacAdamsova elipsa se nastavuje:

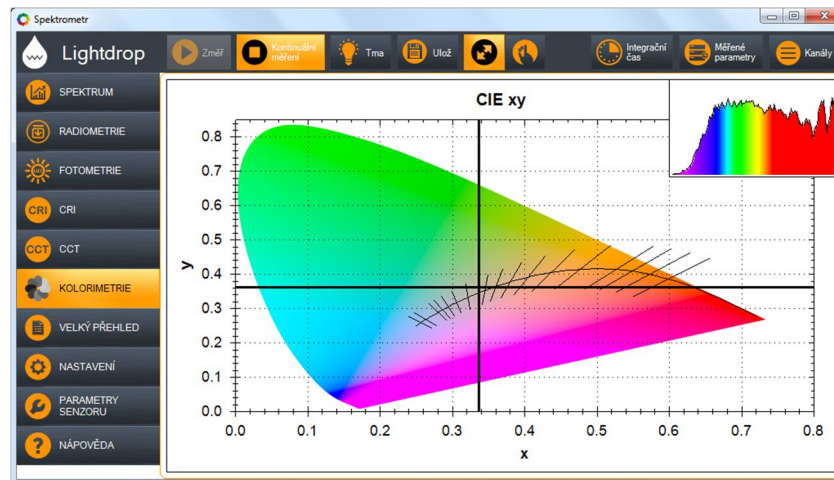
- středem souřadnicemi x a y
- velikosti elipsy a , b
- úhlem natočení.

ANSI_C78.377		Jméno		Lextar4000	
Čtyřúhelník body x y	X1	0.4006	Y1	0.4044	
	X2	0.3736	Y2	0.3874	
	X3	0.3670	Y3	0.3578	
	X4	0.3898	Y4	0.3716	
McAdamsovy ellipsy	Ellipsy x y	X	0.3818	Y	0.3797
	Velikost Ellipsy a b	A	0.0031	B	0.0013
	Úhel Ellipsy Θ	Θ	53.72		

zpet OK

Obr.14 Tabulka pro nastavení tolerančních zón

Menu kolorimetrie umožňuje zobrazení trichromatických souřadnic x a y ve třech různých soustavách: CIE 1931, CIE Luv, CIE Lab



Obr.15 Zobrazení trichromatických souřadnic x,y v diagramu CIE 1931

Menu VELKÝ PŘEHLED umožňuje nastavit zobrazení počítaných parametrů ve zvětšené velikosti, např. pro měření při chůzi nebo při vzdáleném tabletu. Parametry v tabulce volí uživatel.

Vlnová délka maxima	748.91 [nm]
x	0.3362 [-]
y	0.3616 [-]
CCT	5358.5 [K]
Ra	96.3 [%]
Dominantní vlnová délka	558.50 [nm]
Δuv	0.00859 [-]

Obr.16 Tabulka s přehledem počítaných parametrů

Literatura a odkazy

[1] Michal Vik, Měření Barevnosti a Vzhledu – Barevné Odchytky

[2] Color Conversion Algorithms

<http://cs.haifa.ac.il/hagit/courses/ist/Lectures/Demos/ColorApplet2/convert.html>

Inteligentní řízení osvětlení – nové trendy

Jan Půlpytel, Ing., ZG Lighting Czech Republic s.r.o., jan.pulpytel@zumtobelgroup.com, www.zumtobel.cz

Abstrakt: Článek se zabývá vývojem technologií v oblasti řízení umělého osvětlení, novou verzí DALI protokolu a mapuje aktuální trend přesahu řídicích systémů do oblasti IT.

1 Úvod






První inteligentní systémy řízení osvětlení s podporou digitální komunikace mezi svítidly a jádrem systému se objevily na trhu již v 90. letech 20. století. Jejich aplikace a zpětná vazba od uživatelů vedla k dalšímu rozvoji technologie a funkčnímu záběru. První jednoduchý digitální protokol DSI (broadcast) brzy doplnil adresný protokol DALI, který se stal běžným standardem. Jeho potenciál se začal využívat kromě řízení normálního osvětlení v řízení a monitoringu nouzového osvětlení a s nástupem LED technologií se rozšířil i do řízení veřejného osvětlení. Samotné řízení a jeho nejnižší instalační vrstva přestává být klíčovým parametrem kvality systému. Těžiště zájmu uživatel se přesouvá do aplikační úrovně, její flexibilitě, rozsahu a přístupu k ní odkudkoli. Tento trend dovedl inteligentní systémy řízení osvětlení k prolnutí s technologií IT.

2 DALI 2

Definice protokolu DALI byla vytvořena v roce 1990 a od té doby prodělala řadu revizí. Klíčovou vlastností protokolu je interoperabilita, která byla dotčena individuálními implementacemi specifických příkazů jednotlivými výrobci předřadníků a řídicích systémů. Tento stav dovedl DALI k zásadní revizi, jež vyústila v definici DALI 2.

DALI 2 přidává nové vlastnosti, oficiálně implementuje vstupní zařízení a definuje základ pro jejich budoucí integraci při zachování zpětné kompatibility se stávající verzí. Změny doznala IEC 62386 v částech 101 (Obecné požadavky) a 102 (Předřadníky) a vznikla část 103 (Vstupní zařízení). Nejdůležitější změnou v části 101 je stanovení pravidel pro multi-master provozní režim. Část 102 definuje nové příkazy a zavádí nové maximum pro fade time (rychlost změny výkonu min-max) na 16 minut, což ve vybraných aplikacích povede ke zvýšení komfortu a zjednodušení práce programátorům systémů. Část pak 103 definuje parametry pro vstupní zařízení, požadavky na single-master a multi-master režim a zavádí aplikační kontroléry. Mezi vstupní zařízení patří kromě ovladačů i senzory a ovladače s relativní změnou akční veličiny. Aplikační kontrolér, jako nový typ ovladače, pak zpracovává informace ze vstupů a na základě definované vnitřní logiky rozhoduje, jaký příkaz bude odeslán do předřadníků.

Přestože konečná verze definice DALI 2 ještě není hotova, stojí za náhled nově plánované funkce, zejména pak ty, jež se týkají LED světelných zdrojů. Pro přehlednost jsou všechny plánované části normy IEC 62386 uvedeny v Obr. 1.

IEC 62386										
101 – General requirements – System (V1 & V2)										
102 – Control gear (V1 & V2)						103 – Control devices (V2)				
										
in progress (control gear functions):			in progress (input devices):							
207 LED (V2 in progress)	208 Switching	209 Colour Control	222 Thermal lamp information	223 Light compensation over time	22x xy colour type T _c colour type	307 Relative input devices	332 Feedback	333 Manual configuration		
204 LV Halogen	205 Incandescent Dimmer	206 Conversion to DC (0/1-10 V)	219 Power measurement	220 Central emergency	221 Load shedding	304 Light sensor	305 Colour sensor	306 Remote Interface		
201 Fluorescent (V1 & V2)	202 Self-contained Emergency (V2 in progress)	203 HID	216 Load referencing	217 Thermal gear information	218 Dimming curve selection	301 Push Buttons	302 Absolute input devices	303 Occupancy Sensors		

Obr.1 Norma IEC 62386

DALI 2 je příslibem funkčně bohatého základu pro aplikační vrstvu a další rychlý rozvoj technologie inteligentního řízení osvětlení.

3 Aplikační vrstva

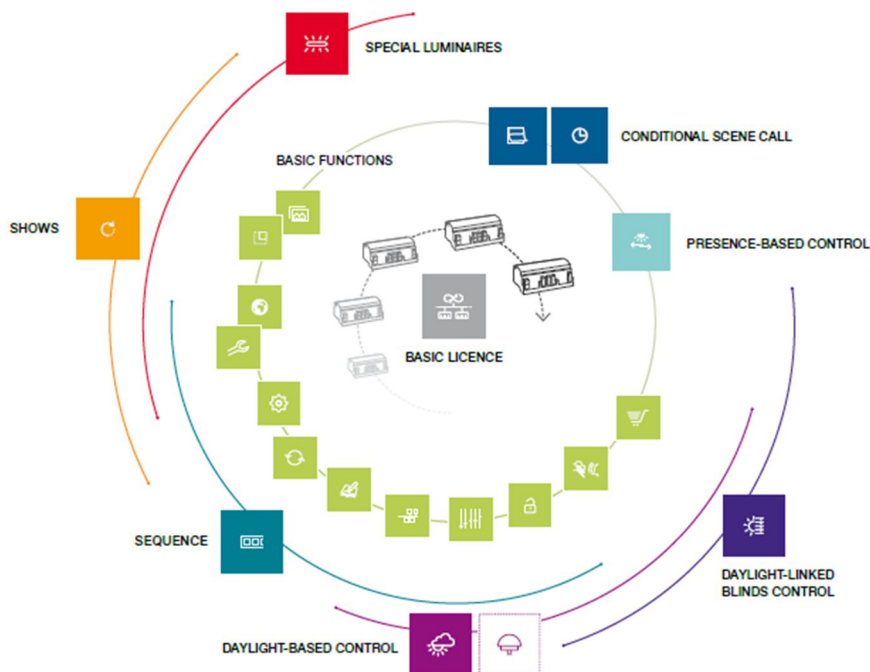
Vývoj systémů řízení osvětlení se dostává do fáze, kdy uživatelům nevyhovuje konkrétní řídicí platforma jako celek. Buď je to z důvodu přílišné komplexnosti, ale zejména z důvodu cenové náročnosti. Hardwarová stránka konkrétní platformy pak v tomto ohledu hraje minimální roli a veškerá pozornost se přesouvá k aplikační vrstvě.

Řídicí systém tak pro uživatele začíná nabízet stejný přístup, jako je tomu u chytrých telefonů. Funkcionalita systému je rozdělena do samostatných aplikací, které si klient kupuje podle potřeby a rozsahu. Platí tedy pouze za to, co skutečně při nasazení systému na své instalaci využije. Jednotlivé aplikace se dají aktivovat přímo v kontrolérech systému online. Navíc každý kontrolér v instalaci může obsahovat jiné funkce, přičemž společně tvoří jeden celek.

Aplikační koncept otevírá do budoucna dveře externím programátorům, kteří budou moci na otevřené platformě vytvářet vlastní aplikace a po schválení výrobcem systému se stanou další součástí řídicího systému. Jde o tzv. future-proof koncept, kdy již běžící instalace bude možné zpětně upgradovat a přinést stávajícím klientům nové funkce.

Aplikační vrstva pro svou funkci předpokládá integraci systémových kontrolérů do IT infrastruktury budovy. Síť LAN přenosovou rychlostí minimálně 1Gb/s je dnes již standardem, takže komunikační zátěž aplikační vrstvy nijak zásadně neovlivní výkon lokální sítě.

Princip sdílení funkcí a schéma aplikačního konceptu je znázorněno na Obr. 2.



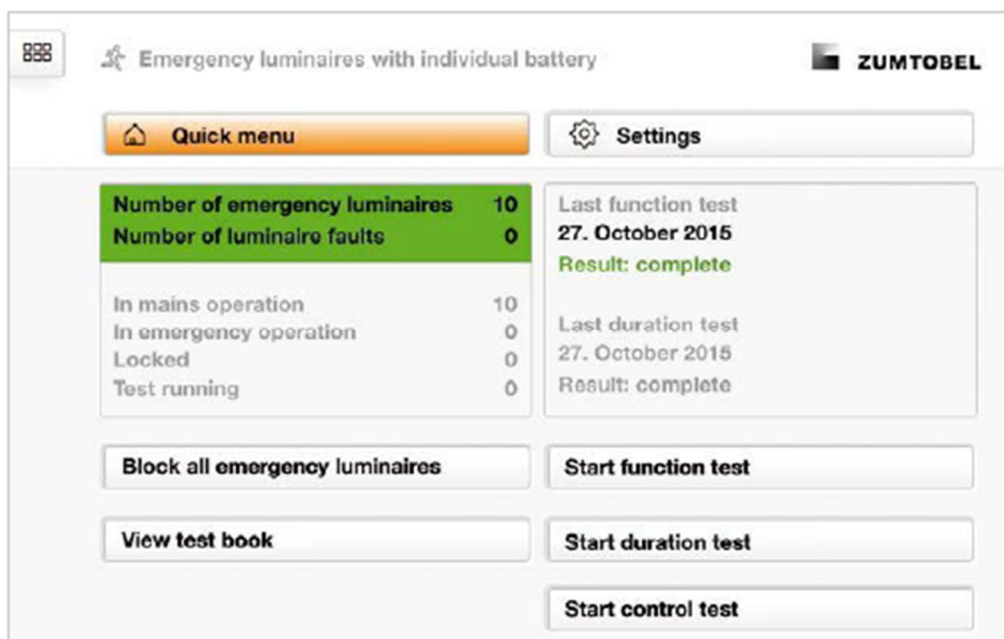
Obr.2 Aplikační koncept

4 Nouzové osvětlení

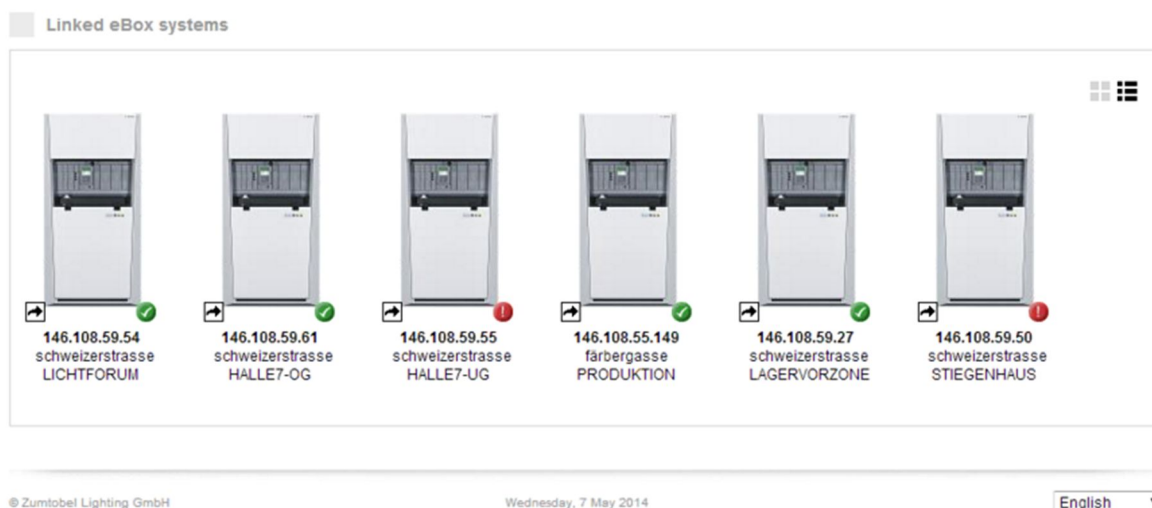
Nedílnou součástí skupiny inteligentních systémů řízení osvětlení jsou systémy pro řízení, monitoring a centrální napájení nouzových svítidel. Nouzová svítidla jsou výrobci systémů často chybně chápána jako samostatná osvětlovací soustava, kterou je třeba spravovat odděleně od normálního osvětlení.

Naopak integrace nouzových svítidel do systému řízení normálního osvětlení přináší klientům řadu výhod. Nejmarkantnější je úspora nákladů při realizaci, kdy jsou využity společné systémové prostředky a není nutné instalovat vlastní hardware. Dalším aspektem je jednodušší údržba technologie, neboť normální i nouzové osvětlení je integrováno do jednoho uživatelského rozhraní. Typicky monitoring nouzových svítidel s vlastní baterií je otázkou samostatné aplikace v rámci aplikačního konceptu. Hardware i kabeláž jsou pak sdílené prostředky pro monitoring nouzového osvětlení. Nouzové svítidlo se tak stává nedílnou součástí systému řízení osvětlení a lze s ním z hlediska ovládání za běžného provozu nakládat jako se standardním svítidlem. Ukázka takovéto aplikace je na Obr. 3.

V případě centrálních napájecích zdrojů nouzového osvětlení došlo díky LED technologii ke snížení maximálních výkonů centrálních zdrojů, zmenšení centrálních zdrojů a jejich decentralizaci v rámci instalace. Nové topologie vedou k úspoře nákladů na instalaci požárně odolných tras, redukci objemu funkční kabeláže, čímž se snižuje požární zátěž objektů. Na druhou stranu vzniká požadavek vzájemné komunikace dílčích centrálních za využití IT infrastruktury objektu. Tímto způsobem lze propojit až 100 centrálních. Uživatel díky aplikační vrstvě přistupuje k systému jako jednomu celku a pracuje s jedním uživatelským rozhraním, na němž má informaci o všech centrálních. Náhled na část GUI zobrazující dílčí centrální instalace je na Obr. 4.



Obr.3 Aplikace monitoringu nouzových svítidel s vlastní baterií



Obr.4 Uživatelské rozhraní integrované instalace více centrál NO

5 Veřejné osvětlení

Rozvoj mobilních datových sítí a neustálé zvyšování přenosových rychlostí byly hybným momentem vývoje systémů řízení veřejného osvětlení. Tuto specifickou skupinu umělého osvětlení lze nyní díky rychlé bezdrátové komunikaci centrálně spravovat a ovládat prakticky odkudkoli, bez ohledu na fyzické umístění osvětlovací soustavy.

Možnostem centrálního managementu samozřejmě značně napomohl i vývoj výkonné LED technologie venkovních svítidel a možnost implementace DALI protokolu do LED driverů svítidel. Obousměrná komunikace umožnila výrobcům vytvoření systému dynamického řízení veřejného osvětlení, které není závislé pouze na denní době, ale reflektuje i intenzitu pohybu osob a vozidel na komunikaci, či meteorologické podmínky v daném místě. Zmíněná

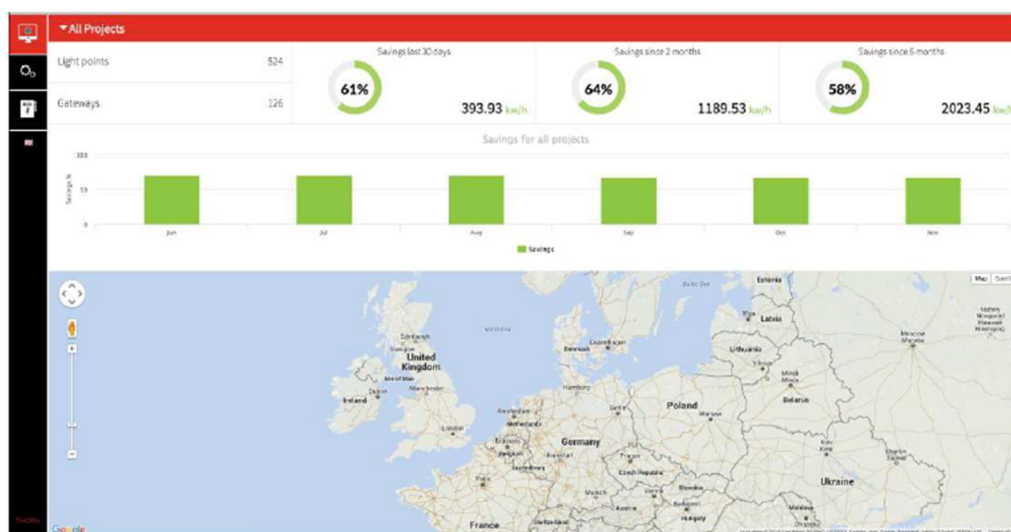
detekce pohybu je zdrojem dat pro analýzu četnosti pohybu osob a vozidel v dané lokalitě a je základem pro tzv. heat-maps, jenž vyhodnocuje centrální management.

Primárním účelem nasazení inteligentního řízení veřejného osvětlení je snížení energetické náročnosti, z čehož plynou úspory nákladů na provoz osvětlovací soustavy. Druhým neméně důležitým cílem je úspora nákladů na údržbu veřejného osvětlení. Díky online informacím ze svítidel lze výrazně zefektivnit výměny světelných zdrojů, neboť jde o cílené opravy konkrétních svítidel bez potřeby časově náročné pravidelné revize osvětlovacích soustav servisními četami.

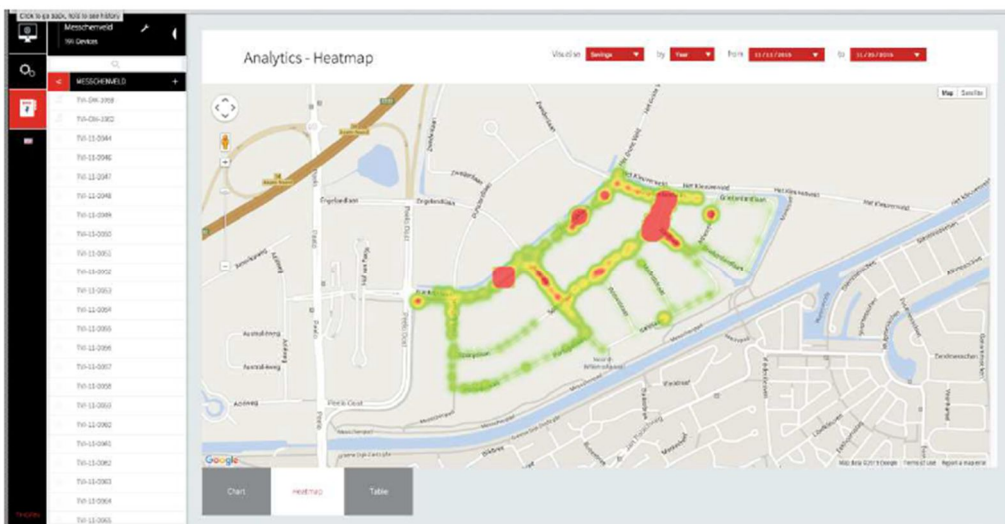
Spojité řízení výkonu svítidel veřejného osvětlení přináší jako pozitivní vedlejší efekt lepší rovnoměrnost osvětlení komunikací, což zlepšuje zrakový výkon chodců i řidičů a zvyšuje pocit bezpečí při pohybu po komunikaci.

Prolnutí IT technologií do řízení veřejného osvětlení je nejmarkantnější ze všech doposud jmenovaných řídicích systémů. Centrální dohled běží na aplikacích provozovaných v Cloudu, jednak z hlediska dostupnosti služby v režimu 24/7 a rovněž z důvodu bezpečnosti dat. Systém řízení veřejného osvětlení je z bezpečnostních důvodů postaven na principu distribuované inteligence. Základní provozní parametry a profily chování svítidel jsou centrálním managementem ukládány přímo do driverů ve svítidlech. Drivery mezi sebou komunikují bezdrátově, přičemž jsou navázány např. v rámci ulice na komunikační gateway. Teprve gateway zajišťuje přenos dat mezi aplikací v Cloudu a svítidly. Další zvýšení spolehlivosti komunikace mezi svítidly na velké vzdálenosti zajišťuje tzv. mesh síť, kterou si drivery svítidel vytváří sami mezi sebou, a která má schopnost automatické náhrady komunikačních vazeb při výpadku jednoho či více driverů.

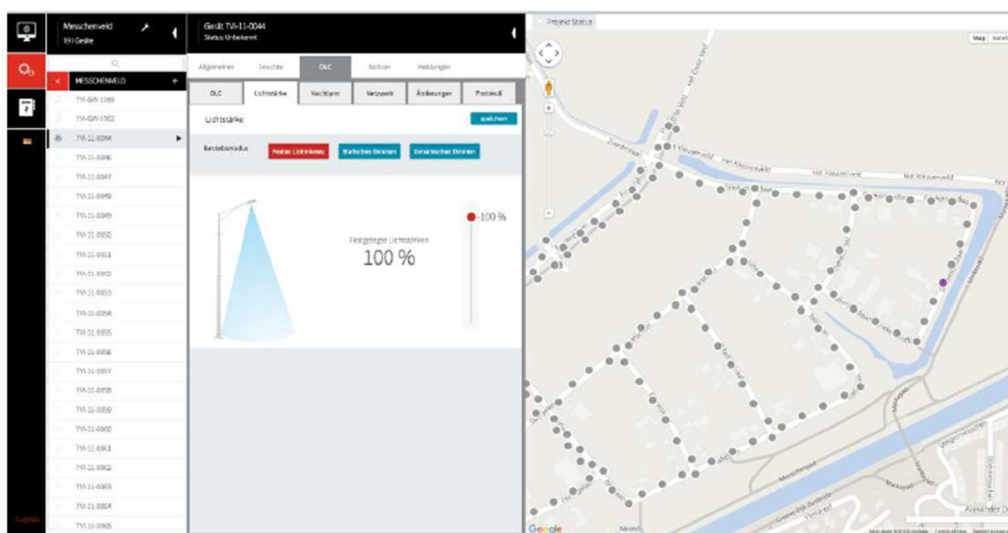
Aplikace v Cloudu tak může sbírat data z libovolného počtu instalací, lze k ní přistupovat odkudkoli na světě a z jakéhokoli zařízení, které disponuje webovým prohlížečem. Provozovatel veřejného osvětlení má neustále k dispozici aktuální informace o provozu všech osvětlovacích soustav, jejich účinnosti a provozním stavu. Náhledy centrálního managementu jsou na Obr. 5, 6 a 7.



Obr.5 Veřejné osvětlení – centrální management – energetické bilance



Obr.6 Veřejné osvětlení – centrální management – heat-map



Obr.7 Veřejné osvětlení – centrální management – monitoring

6 IoT

Internet of Things – internet věcí – vstupuje rovněž do oblasti řízení umělého osvětlení, přičemž zásadním způsobem ovlivní způsob využívání stávajících a budoucích instalací. IoT dokáže propojit veškeré technologie řízení osvětlení, zpracovat z nich hromadně data a navzájem mezi systémy sdílet potřebné informace. Půjde o vytváření nových služeb, které vzniknou na základě informací dostupných v dílčích systémech. Lze očekávat vznik služeb jako je např. sdílená daylight regulace, sledování využití budovy, na jejímž základě dostane nájemce zpětnou informaci o ekonomičnosti využití pronajatých prostor, nebo služba navigace osob v objektu prostřednictvím aplikace v chytrých telefonech.

V současnosti jsou dostupné služby monitoringu energetické bilance osvětlení, sledování pohybu osob v objektu a vyhodnocování využití prostor, přičemž další funkce jsou pouze otázkou tvorby aplikací a jejich služeb.



Obr.8 Potenciál IoT při využití dat ze systémů řízení osvětlení

Platforma inteligentního managementu se tak přesouvá z lokální aplikace v konkrétním objektu do Cloudového řešení, jenž dává uživatelům volné ruce v přístupu a využívání poskytovaných služeb a zbavuje je nároků na provoz a údržbu nosné hardwarové platformy.

Literatura a odkazy

- [1] <http://www.dali-ag.org/discover-dali/dali-2-the-new-version.html>, DALI 2: the new version of the standard
- [2] http://www.zumtobel.com/PDB/Ressource/teaser/en/com/Litecom_infinity.pdf, LITECOM infinity brochure

Osvětlení chodců na přechodech zvyšuje bezpečnost kvalitně nasvětleného dopravního prostoru

Ing. Jiří Skála, predseda@srvo.cz JUDr. Sabina Burdová, pp.rsdp@pcr.cz

1 Úvod

Již samotný název článku navozuje určitou rozporuplnost a tím je společné dodržování koncepčního přístupu k bezpečnosti silničního provozu ve městech a obcích. Ambicí tohoto článku není detailní představení konkrétních parametrů pro kvalitní osvětlování chodců na přechodech, které jsou uvedeny v TKP 15 – příloha č. 1, ale koncepční pohled na zajištění bezpečného dopravního prostoru v noční obci. Je však nutné důrazně podotknout, že instalace jakýchkoli svítidel v okolí přechodu pro chodce neznamena automaticky splnění požadavků TKP 15. Problematika osvětlování chodců na přechodech je mnohdy skutečným technickým oříškem. Základním pravidlem pro osvětlení chodce na přechodu je zajištění viditelnosti chodce z pozice příjezdějícího řidiče a to po celou dobu přecházení přechodu – od místa vstupu na přechod, pohyb po přechodu a nakonec místa pro opuštění přechodu pro chodce. Splnění tohoto pravidla a tím i soulad s hodnotami TKP 15 předem potvrdí světelný výpočet. Zároveň se doplňkovým osvětlením chodců na přechodu nesmí snížit schopnost orientace řidiče za přechodem, abychom jedním bezpečnostním opatřením nezpůsobili vznik konfliktní oblasti za přechodem.



Obr.1 Osvětlení chodců na přechodu podle TKP 15.

Na samém počátku je zajímavé si položit otázku: „Proč se diskutuje o doplňkovém osvětlení chodců na přechodech více jak o kvalitně nasvětleném dopravním prostoru jako celku?“ Nejsou to pouze finance, jak se na první pohled může zdát. Na průjezdných úsecích silnic může být důvodem například i nesystémové řešení zodpovědnosti za kvalitně osvětlený dopravní prostor v noční obci. Na místních komunikacích zase nedostatek financí v obecních kasách.

Schází-li v koncepčním řešení bezpečnosti silničního provozu nejen shoda všech zainteresovaných institucí a zodpovědných osob ale i potřebné finance, dochází k realizaci dílčích opatření vytržených z celkového konceptu, které v mnohých případech nejsou tím nejlepším řešením (jak technicky, tak i ekonomicky) a v mnohých případech stávající situaci z pohledu bezpečnosti mnohde zhoršují. Instalace doplňkového osvětlení chodců na přechodech v nedostatečně osvětleném dopravním prostoru je právě jedno z těchto řešení. Nezaujatý čtenář si může pomyslet, proč by to tak nešlo! Nejde však jen o chodce (ten je na přechodu pro chodce zvýrazněn) ale zejména o řidiče, který je po projetí bílou stěnou v prostoru přechodu uvězněn po dobu několika sekund v naprostém šeru – jeho oko se totiž adaptovalo na mnohonásobně vyšší hladinu osvětlení, než jaká je na pozemní komunikaci za přechodem. Jakákoli překážka na nedostatečně osvětlené pozemní komunikaci je v takových případech řidičovu oku skryta. Než dojde k adaptaci oka na nižší hladinu osvětlení, uběhnou drahocenné sekundy, které mohou rozhodnout.

Reakce lidského zraku nelze diktovat!

Člověk prostřednictvím svého zraku získává asi 80 až 90% všech informací o prostředí, které ho obklopuje. Platí přímá úměra, že se zvyšující se osvětleností stoupá také informační výkon. Důraz na kvalitně osvětlený dopravní prostor jako celek je uveden v ustanovení §25 vyhlášky č.104/1997 Sb., které definuje povinnost osvětlovat průjezdní úseky silnic. Navíc se tato vyhláška odkazuje na platné normy pro osvětlování komunikací.

Lidské oko není programovatelný stroj, který se bude chovat tak, jak se někteří domnívají. Lidské oko je výsledkem dlouhodobého evolučního vývoje a jeho funkčnost je předem dána s určitými tolerancemi závislými na každém jedinci. Na kvalitním osvětlení jsou citlivé prakticky všechny zrakové funkce. Při denním osvětlení stačí řidič rozpoznat většinu vzniklých podnětů během jízdy. V nočním prostředí je příjem informací omezen nejen snížením hladiny osvětlení ale zejména také snížením schopnosti lidského oka rozpoznávat rozdílnost jasů předmětů v dopravním prostoru.

V případě nedostatečně osvětleného dopravního prostoru, případně osvětleného prostoru střídáním světla a tmy jsou vytvořeny podmínky pro zvýšený vznik nehodových situací a ke skutečné dopravní nehodě pak stačí jen maličkost.

Příčinou je skutečnost, že lidské oko se nestačí adaptovat rychlým změnám osvětlení čímž je podstatně snížena schopnost rozlišovat překážky na silnici. Situace se podstatně zhorší v situacích, kdy do tohoto nedostatečně či nekvalitně osvětleného dopravního prostoru vjede protijedoucí vozidlo, které způsobí zúžení čočky lidského oka. V takových případech se dopravní prostor pro řidičovo oko mění na temnou hlubinu, z které září reflektory automobilu.

2 Koncepční řešení bezpečnosti silničního provozu v noční obci

Bezpečnost silničního provozu stojí na třech pilířích – lidském faktoru, dopravní infrastruktuře a vozidlech. Veřejné osvětlení, jehož posláním je kvalitní osvětlení dopravního prostoru v obcích a městech, se tak řadí do jednoho z výše citovaných pilířů a to do pozemní komunikace.

Koncepčním řešením bezpečnosti silničního provozu v noční obci se rozumí vytvoření takových podmínek pro všechny účastníky silničního provozu, aby byli schopni rychle a včas reagovat na podněty, které jsou součástí dopravního prostoru a zabránili tak případné dopravní nehodě. Pro vytvoření kvalitně nasvětleného dopravního prostoru doporučujeme postupovat v následujících třech krocích.

Již z výše citovaného vyplývá, že prvním a nejdůležitějším krokem je zajištění kvalitního osvětlení dopravního prostoru, v kterém budou zajištěny podmínky pro bezpečné a včasné rozpoznání překážky silničního provozu z pozice každého účastníka silničního provozu a to jak na přechodech tak v jeho okolí - blízkém i vzdáleném. Výsledkem prvního kroku by měl být dokument shrnující základní požadavky na osvětlování dopravního prostoru v dané obci či městě. Jednotlivými částmi dokumentu je pasport veřejného osvětlení, definování hladiny osvětlení v souladu s ustanovením normy pro osvětlování komunikací ČSN EN 13 201, stanovení barvy světla, výběr typů a tvarů vzhledem k urbanistickému řešení, způsob osvětlení prostoru, prověření aktuálního stavu osvětleného dopravního prostoru a případně další části související s činnostmi na zařízení. Zpracováním dokumentu a zajištěním dodržování zásad v dokumentu obsažených se postupně dopravní prostor v dané obci či městě změní na bezpečný dopravní prostor.

V obci se však mohou nacházet i takové přechody, na které je vhodné účastníky silničního provozu předem důrazněji upozornit a to díky členitosti komunikace, hustotě provozu nebo významu přechodu (například u školy). Druhým krokem je analýza nehodových přechodů pro chodce, které je vhodné vybavit právě doplňkovým osvětlením chodců na přechodu v souladu s výše citovaným TKP 15.

Třetí krok je zaměřen na mimořádné lokality. Pokud existuje mimořádný důvod pro vyšší zvýraznění přechodu pro chodce, lze přechod vybavit doplňkovým zařízením (prosvětlená značka IP6 – přechod pro chodce, zvýraznění přechodu žlutým signalizačním světlem – dopravní zařízení č. S7 či LED svítidla v komunikaci před vlastním přechodem). Na tomto místě je vhodné opřít se o vyjádření ministerstva dopravy z roku 2010, které nabádá k určité střízlivosti v zavádění nových opatření, aby nedošlo ke snížení pozornosti řidičů přemírou různých podnětů.

3 Jak podpořit koncepční řešení?

Podle výše uvedeného koncepčního řešení se zdá, že se jedná v podstatě o velmi jednoduchou záležitost. Pozemní komunikace se osvětlí podle norem a v místech, kde je potřeba zvýšit bezpečnost chodců se zajistí doplňkové osvětlení. Opak je však pravdou. V praxi se realizuje osvětlení chodců na přechodu i na místech, kde je naprosto neuspokojivě osvětlen dopravní prostor. Pozorný čtenář je již jistě seznámen s tím, že zvýšení bezpečnosti na přechodu, kde není zajištěno osvětlení dopravního prostoru dle normy, zavádává vzniku konfliktním lokalitám.

Nejhorší situace je na průjezdných úsecích silnic, které jsou z pohledu dopravy nejvíce zatíženy. Největší překážkou ve výše uvedeném postupu je rozdílné vlastnictví veřejného osvětlení (obce) a silnice (stát, kraj). Z pochopitelných důvodů se ani jednomu vlastníkovi nechce věnovat finanční prostředky na něco, co není v jeho gesci a tak se kvalita osvětlení dopravního prostoru postupně snižuje. Na nebezpečných místech se pak pod tlakem veřejnosti dodatečně instaluje doplňkové osvětlení a to v mnohých případech za podpory dotačních programů či grantů. V případech, kdy je na daném přechodu zvýšený výskyt dopravních nehod, instalaci doplňkového osvětlení samozřejmě výrazně podpoří.

Koncepční řešení může tedy podpořit v první řadě legislativní stanovení zodpovědné instituce pro zajištění požadované kvality (průjezdní úseky silnic), v druhé řadě zajištění financování pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu v noční obci.

Z výše citovaného je zřejmé, že pro zvýšení bezpečnosti dopravního prostoru bude nutná podpora státu a to jak v otázkách legislativních tak i finančních.

4 Závěr

V roce 2015 pokračovaly diskuse se zástupci ministerstva dopravy, Svazu měst a obcí ČR i s členy komise Rady Asociace krajů ČR pro dopravu na téma vlivu kvality osvětlení průjezdných úseků silnic na dopravní nehodovost. Pozitivní skutečností je vyslovená podpora nejen v rámci bezpečnosti silničního provozu ale i v nutnosti dořešení zodpovědnosti za kvalitní osvětlení průjezdných úseků silnic.

Pevně věřím, že rok 2016 přinese tomuto tématu pozitivní posun a podaří se naplnit cíle, které pomohou zahájit proces vedoucí k dodržování koncepčního řešení bezpečnosti silničního provozu v noční obci.

Praktické zkušenosti z hodnocení denního osvětlení stávajících vnitřních prostorů budov

Iveta Skotnicová, doc. Ing., Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB, iveta.skotnicova@vsb.cz

Abstrakt: Příspěvek se zaměřuje na praktické zkušenosti z praxe při hodnocení denního osvětlení stávajících vnitřních prostorů obytných budov v důsledku rekonstrukce nebo vlivem stínění okolní novou zástavbou nebo překážkou. Upozorňuje na některé sporné případy, které technické normy pro hodnocení denního osvětlení nezahrnují a které většinou vyřeší až soudní rozhodnutí.

1 Úvod

Postupy a požadavky pro hodnocení denního osvětlení obytných budov jsou popsány v příslušných technických normách [1,2]. Závaznost dodržení uvedených požadavků je předepsána v právních předpisech [3], které se odkazují na normové hodnoty. Ale v praxi se potkáváme také s případy, které technické normy pro hodnocení denního osvětlení nezahrnují a nejsou řešeny ani ve stavebních právních předpisech [3]. Jedná se většinou o sousedské spory z důvodů stínění pozemku a budov, omezení přístupu denního světla (i přímého slunečního záření) do vnitřního prostoru obytných místností nebo omezení výhledu z okna. Takové případy spadají do kategorie občansko – právních sporů a vyřešit je lze v souladu s občanským zákoníkem [4] pouze soudní cestou.

1.1 Hodnocení venkovního stínění obytných místností

V souladu s požadavky norem [1] a [2] se způsob hodnocení vlivu venkovního stínění na obytné místnosti budov liší podle stavu hodnocené místnosti.

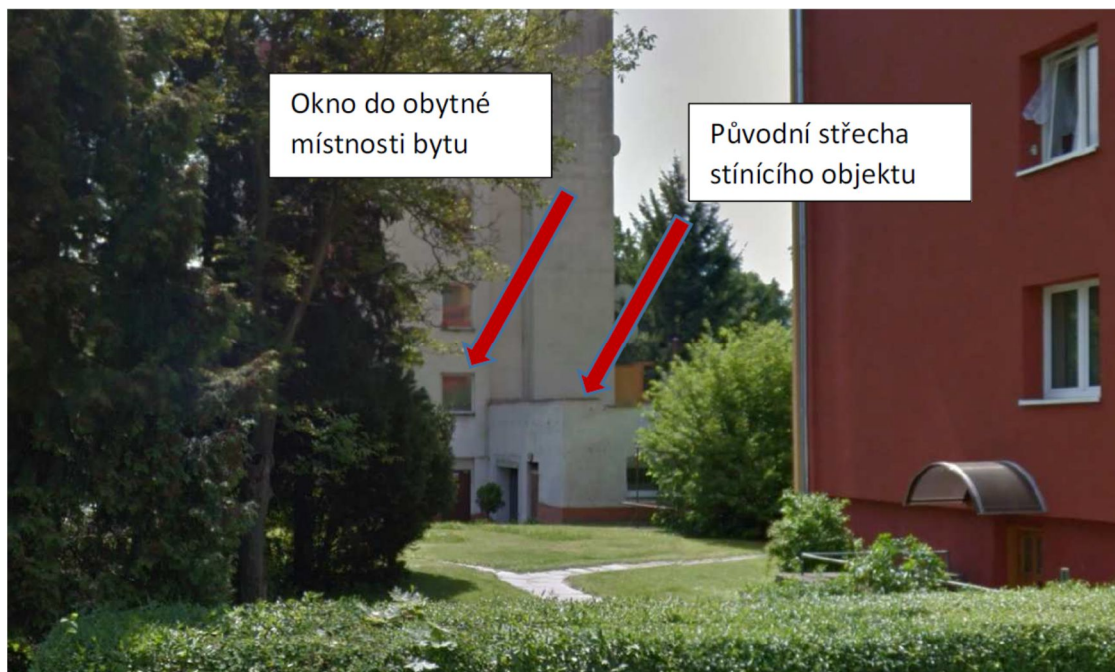
V případě nově navrhovaných obytných místností, musí venkovní stínění umožnit splnění požadavků na úroveň denního osvětlení (pomocí činitelů denní osvětlenosti) uvnitř místnosti dle normy [2].

V případě hodnocení stínění stávajících obytných místností novými stavbami nebo jejich novými částmi, se postupuje v souladu s přílohou B normy [1]. A jako hodnotící kritérium slouží činitel denního osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna z vnější strany. Hodnotící kritérium se použije v případě, že stávající obytné místnosti po zastínění nevyhoví požadavkům dle normy [2].

2 Hodnocení stínění stávajících obytných místností

V tomto příspěvku bych ráda uvedla dva případy stínění stávajících obytných místností, které se v praxi objevují a jejich řešení nemusí být vždy jednoznačné.

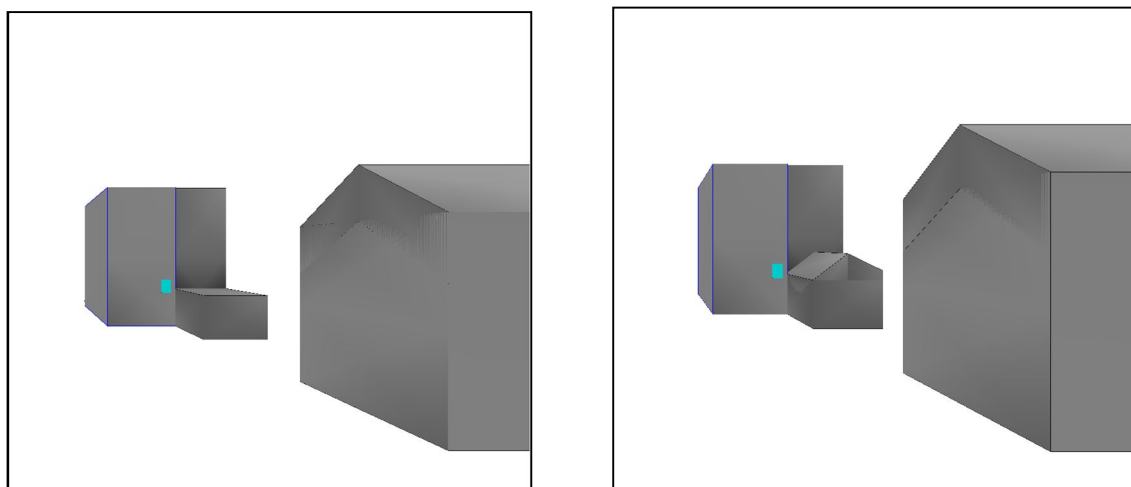
2.1 Hodnocení stínění stávající obytné místnosti v důsledku rekonstrukce střechy
První případ se týká zastínění stávající obytné místnosti bytu v důsledku rekonstrukce střechy navazující stávající budovy garáže. Na obr. 1 je fotografie bytového domu s oknem do obytné místnosti a původního stavu garáže před rekonstrukcí střechy.



Obr.1 Fotografie stávajícího stavu zastínění [zdroj: www.google.mapy.cz]

Jak je patrné z Obr. 1 je stínící objekt garáže umístěn kolmo na okno vedoucí do obytné místnosti bytu. Stávající výšková úroveň atiky ploché střechy je + 4,25 m nad terénem, výšková úroveň parapetu okna je + 3,85 m nad terénem. Plánovaná rekonstrukce garáže bude zahrnovat střešní nástavbu s výškou hřebene střechy +6,600 m.

Na Obr. 2 je znázorněný simulační model stávajícího stavu a stavu po provedení střešní nástavby.



Obr.2 Simulační model stávajícího stavu stínění a stavu po rekonstrukci střechy [5]

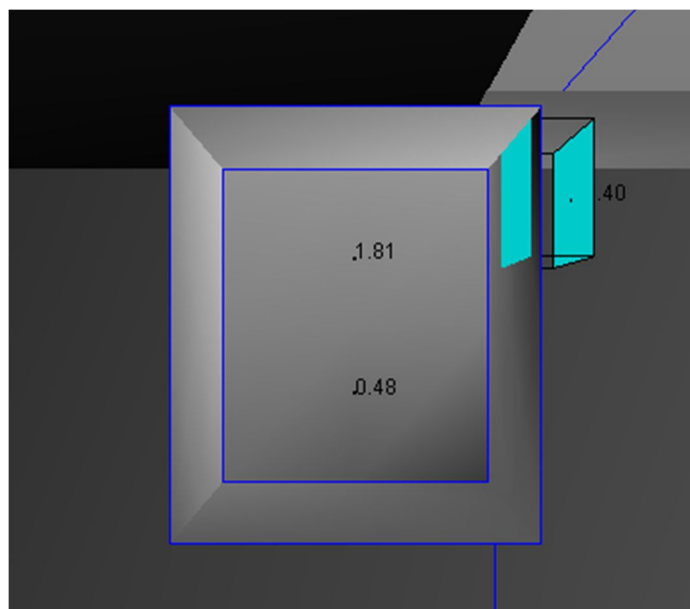
Jak je zmíněno v kapitole 1.1, bude se hodnotit takováto situace stínění podle přílohy B normy [1]. Hodnotící kritérium pomocí činitele denní osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna z vnější strany se má použít v případě, že stávající obytná místnost po zastínění nevyhoví požadavkům dle normy [2].

V Tab. 1 jsou uvedeny výsledky hodnocení úrovně denního osvětlení ve stávající obytné místnosti bytu podle požadavků normy [2].

Obytná místnost	Činitel denní osvětlenosti vypočtený			Činitel denní osvětlenosti požadovaný			Hodnocení
	kraj. bod	kraj. bod	průměr	kraj. bod	kraj. bod	průměr	
	D_1 [%]	D_2 [%]	D_m [%]	D_1 [%]	D_2 [%]	D_m [%]	
Stávající stav	1,8	0,5	1,2	0,7	0,7	0,9	Nevyhovuje v jednom krajním bodě
Nový stav s navrhovanou střešní nástavbou	1,8	0,4	1,1	0,7	0,7	0,9	Nevyhovuje v jednom krajním bodě

Tab.1 Výsledky hodnocení denního osvětlení dle [2]

Z výsledků posouzení denního osvětlení je zřejmé, že úroveň denního osvětlení ve stávající obytné místnosti nespĺňuje požadavek na minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti v jednom ze dvou krajních bodů již při stávajícím stavu. Posuzovaná obytná místnost má nevyhovující denní osvětlení. Na Obr. 3 je vidět, že nerovnoměrné rozložení světelného toku uvnitř místnosti je způsobeno nevhodným umístěním okenního otvoru. Vliv stínění navrhovanou nástavbou střechy garáže se projeví snížením hodnoty činitele denní osvětlenosti v jednom z krajních bodů o cca 6,2 %.



Obr.3 Grafický výstup výpočtu DO z programu [5]

V Tab. 2 jsou uvedeny výsledky výpočtu úrovně denního osvětlení pomocí hodnotícího kritéria B dle normy [1].

Podlaží	KB	Stávající stav	Nový stav s navrhovanou střešní nástavbou	Požadavek	Vyhodnocení
		Činitel denní osvětlenosti D_w [%]	Činitel denní osvětlenosti D_w [%]	Činitel denní osvětlenosti požadovaný $D_{w,N}$ [%]	
2. NP	KB1	40,4	35,8	32	Vyhovuje

Tab.2 Výsledky hodnocení denního osvětlení dle [1]

Jak je patrné z výsledků výpočtů denního osvětlení v Tab. 2, požadavek na činitel denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany bude po provedení střešní nástavby střechy na garáž splněn. Stínění stávajících vnitřních prostorů se tímto v souladu s normou [1] považuje za vyhovující. Ale zároveň je zřejmé, že vlivem stínění navrhovanou stavbou dojde ke zhoršení hodnoty činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany o cca 11,4 %.

A nyní vyvstává otázka, jak tuto situaci správně řešit. Jak postupovat v případech hodnocení vlivu stínění stávající obytné místnosti novou stavbou, pokud má stávající obytná místnost nevyhovující denní osvětlení již v původním stavu stínění.

Pokud se budeme řídit podobnými případy, které byly v minulosti řešeny, můžeme citovat Rozsudek Městského soudu v Praze ze dne 13. 10. 2011, č. j. 10 A 138/2010-101, uvedeném ve Sbírce rozhodnutí NSS č. 5/2012 č. 2577: „*Při posuzování vlivu stavby na stavby okolní platí zásada, že obytné místnosti, které normovým hodnotám vyhovují před realizací, musí těmto hodnotám vyhovovat i po realizaci stavby a v obytných místnostech, které již před realizací stavby normovým hodnotám nevyhovují, se nemá po realizaci navrhované stavby tento stav zhoršit. Norma nedává v případě prohloubení současného nevyhovujícího stavu prostor pro posouzení, zda lze toto zhoršení označit za přiměřené, nebo nikoli; zakazuje zhoršení jakékoliv*”.

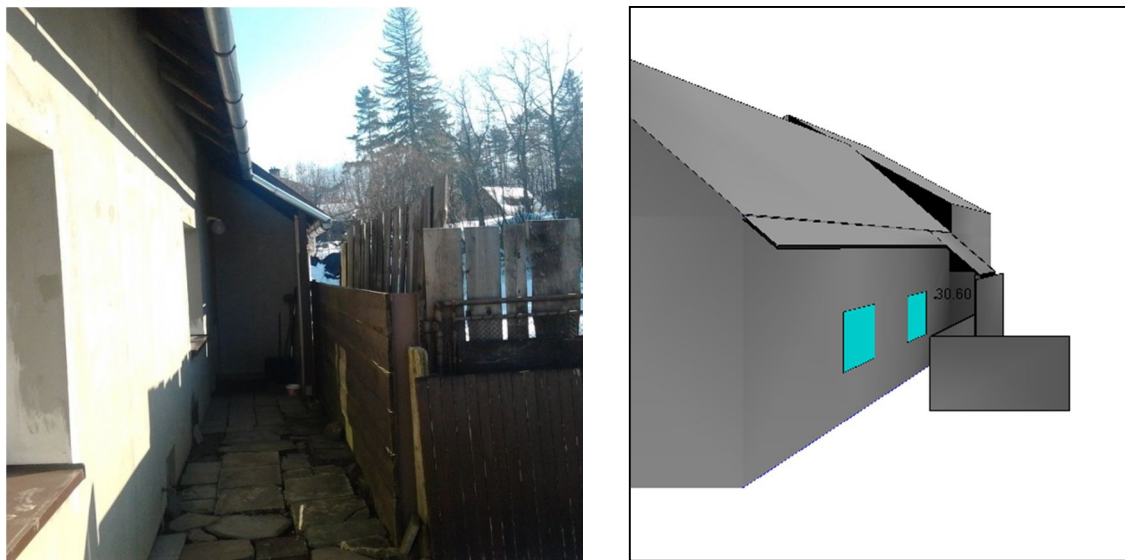
2.2 Hodnocení stínění stávající obytné místnosti v důsledku venkovní překážky

Dalším případem je hodnocení stínění stávající obytné místnosti v důsledku vybudování dřevěného bednění na sousedním pozemku. Dřevěné bednění s výškou 2,7 m je umístěno ve vzdálenosti 0,5 m od oplocení na hranici obou pozemků a 2 m od fasády a okna vedoucí do obytné místnosti stávajícího objektu. Příslušný stavební úřad konstatoval, že na základě ohledání na místě, toto bednění nepovažuje za stavbu, zařízení ani za výrobek plnicí funkci stavby, který by spadal pod povoloovací režim dle stavebního zákona. A stížností uživatele na zastínění obytné místnosti touto překážkou se dále nezabýval.

V takovém případě je nutné řešit danou situaci jako občansko – právní spor v souladu s § 1013 občanského zákoníku [4], který v daném odstavci uvádí: “*Vlastník se má zdržet 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.“

Na obr. 4 je vlevo uvedena fotografie obytného domu a dřevěného bednění umístěném za oplocením na sousedním pozemku. Vpravo je simulační model dané situace stínění zpracovaný v programu [5].



Obr.4 Fotografie skutečného stavu stínění [zdroj: vlastník pozemku] a simulační model [5]

Ačkoli stínící překážku netvoří stavba, ale dřevěné plnostěnné bednění, bylo pro výpočet stanovení přístupu světla k průčelí objektu zvoleno hodnotící kritérium B podle normy [1], aby bylo možné objektivně stanovit míru zavinění nevyhovujícího stavu denního světla. V tab. 3 je uveden výpočet činitele denního osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna z vnější strany pro původní stav a nový stav po umístění dřevěného bednění. Kontrolní bod byl zvolen v ose hodnoceného okna 2 m nad povrchem terénu a na svislou rovinu vedenou lícem převislé střešní konstrukce (z důvodu vyloučení vlivu stínění touto konstrukcí). Z výsledků výpočtu je zřejmé, že vliv stínění dřevěným bedněním na okno vedoucí do obytné místnosti se projeví snížením činitele denní osvětlenosti o cca 28 % , což znamená pokles pod požadovanou minimální hodnotu [1].

Podlaží	KB	Stávající stav	Nový stav s dřevěným bedněním	Požadavek	Vyhodnocení
		Činitel denní osvětlenosti D_w [%]	Činitel denní osvětlenosti D_w [%]	Činitel denní osvětlenosti požadovaný $D_{w,N}$ [%]	
1. NP	KB1	42,5	30,6	32	nevyhovuje

Tab.3 Výsledky výpočtu denního osvětlení

3 Závěr

Jak již bylo výše zmíněno, lze se bránit v podobných případech soudní cestou. To není zrovna nejlevnější řešení a pro žalujícího vlastníka nemusí být vždy výsledek řízení v jeho prospěch. Pouze soud může totiž posoudit, zda daná situace (např. stínění pozemku nebo budovy překážkou nebo stromy ze sousedního pozemku) odpovídá míře nepřiměřené daným poměrům. Ze zdroje [6] lze citovat: „*Pokud soud vyhodnotí, že existence stavby (překážky) by vyvolala relevantní imise (§ 1013 odst. 1 o. z.), zejména stínění či odnětí volného přístupu vzduchu, které by mohlo vést k zavlhání jiné stavby; samotnému odnětí vyhlídky, není-li právně zajištěna, takto patrně nelze zabránit. I zde je ponechána volnost uvážení soudu.*“

Literatura a odkazy

- [1] ČSN 73 0580 -1 – Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky. Červen 2007, změna Z1/2011.
- [2] ČSN 73 0580 - 2 – Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov. Červen 2007, Opr. 1/2014.
- [3] Vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, se změnami 20/2012 Sb.
- [4] Zákon č. 89/2012 Sb. ze dne 3. února 2012, občanský zákoník. In: Sběrka zákonů 22. 3. 2012, roč. 2012, částka 33. ISSN 1211-1244.
- [5] Program Wdls 4.1. Výpočet denního osvětlení dle ČSN 73 0580. ASTRA 92 a.s. Zlín
- [6] Zdroj: <http://www.bulletin-advokacie.cz/sousedska-prava-imise>

Řešení vnějšího osvětlení drážních vozidel na bázi LED technologií

Blahoslav Socha, Ing., MSV elektronika s.r.o., blahoslav.socha@msvelektronika.cz, www.msvelektronika.cz

Neustálý pokrok v technologiích svítivých LED diod umožňuje jejich stále širší nasazení do nejrůznějších aplikací. LED diody již nevnímáme jako pouhé barevné indikátory informující o stavu zařízení, poloze spínacích prvků, či jiných běžných notifikací, ale stále častěji se jejich uplatnění přesouvá i do oblastí přímých světelných zdrojů a náhrad tradičních žárovek, zářivkových trubíc a jiných konvenčních zdrojů. Tyto nejsou používány jen ve venkovním veřejném nebo interiérovém osvětlení, ale také pro světla na dopravních prostředcích. Nebude zde však řeč o automobilovém průmyslu, jehož produkce LED světel je nepřehlédnutelná, ale o světlech pro drážní vozidla, o které se rozhodla firma MSV elektronika s.r.o. rozšířit své portfolio výrobků.

1 Úvod

V posledních letech jsou hlavním předmětem diskuzí především světla ve veřejném a interiérovém osvětlení a využití moderních prvků v automobilovém průmyslu. Pojďme se podívat na jiný sektor dopravy, který má v českých zemích dlouholetou tradici. Řeč je o železnici a drážních vozidlech. V tomto sektoru průmyslu se téměř dvacet let angažuje česká firma MSV elektronika s.r.o.. Sídlo firmy i výrobní prostory se nalézají ve městě Studénka, nedaleko Ostravy, která více než sto let patřila mezi výrobce různých kolejových vozidel pro nákladní i osobní dopravu. Bohužel tato výroba ve městě již skončila. Tradice však přetrvává. Jak už název firmy vypovídá, je páteřním předmětem podnikání firmy MSV elektronika právě výroba širokého sortimentu elektronických komponent pro aplikace na kolejových vozidlech, kde můžeme zařadit řídicí a ovládací systémy, informační a zobrazovací jednotky, výrobu rozváděčů a také vnějších svítidel, o kterých bude dále řeč.

Proč světla? Při pohledu do statistik zjistíme, že dominantní český železniční dopravce, České dráhy, mají k dispozici více než 2500 hnacích vozidel. Při pohledu na klasickou lokomotivu si uvědomíme, že neexistuje přední a zadní část vozu, jak je známo u automobilů. Obě čela pak musí být vybavena dálkovými, obrysovými i koncovými světly. Podobně na tom jsou také vlakové jednotky (například Pendolino), kde rovněž oba konce vlaku jsou shodně vybaveny všemi povinnými světly. Krom Českých drah existuje také řada dalších soukromých dopravců, osobních i nákladních, kterých je v ČR necelých sto, kteří jsou schválení pro provoz v dopravní síti SŽDC. Prostor pro podnikání zde tedy je. V době kdy byl započat vývoj drážních světél, používaly se jako světelný zdroj žárovky, jejichž světelný tok byl usměřován parabolickým zrcadlem. Tato soustava pak byla kryta transparentním sklem, které pro zlepšení světelných vlastností, bylo různě upravováno – nestejnou tloušťkou, zakomponování optických segmentů nebo použitím Fresnelovy čočky. V případě barevného světla se používalo filtrů nebo konstrukcí rozdělenou na dvě stejně velké části. Starší konstrukce tedy skýtaly mnoho nevýhod - krátká životnost světelných zdrojů, nutnost časté obsluhy, snižování světelně-aktivní části a podobně. Tyto nevýhody byly potlačeny použitím LED diod.

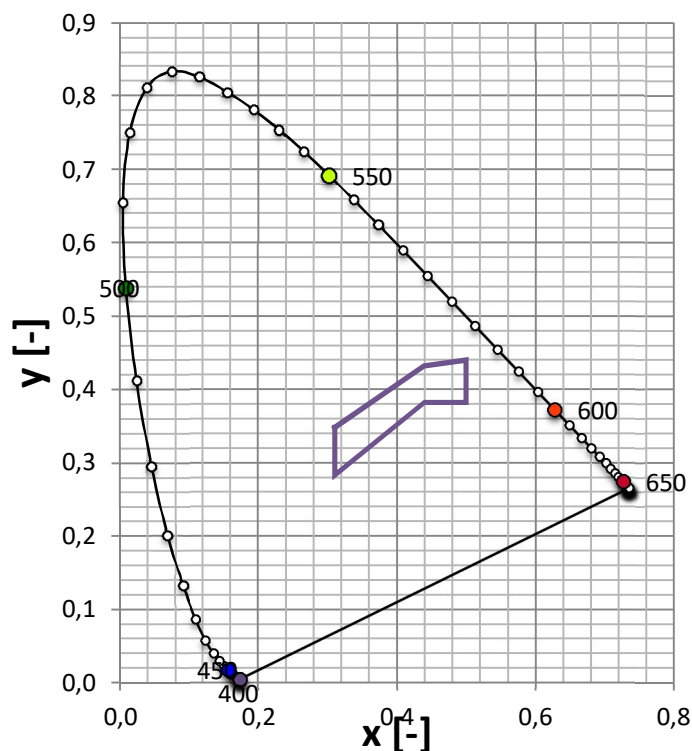
Smyslem příspěvku bude základní představení problematiky drážních světel a prezentace originálního řešení. Hned na začátku byl zmíněný automobilový průmysl, jehož produkce v ČR dosahuje desítek miliónů světel ročně a staví náš stát do role světového lídra v této oblasti. MSV elektronika s.r.o. začala s vývojem svítidel pro kolejová vozidla počátkem první dekády nového tisíciletí a k vývoji přizvala firmu, která má dlouhodobé zkušenosti s návrhem světel pro automotive. Cílem vývoje byla originální a moderní koncepce světla, kterou se podařilo uvést na trh.

2 Drážní světla z pohledu norem

Základní evropskou normou specifikující světelné a barevné požadavky na drážní světla je ČSN EN 15153-1. V ní jsou popsány náležitosti, které musí splňovat čelní dálková, obrysová i koncová světla pro konvenční (s maximální rychlosti do 190 km/h) a vysokorychlostní (nad 190 km/h) vlaky. Není však platná pro silniční vozidla, metra, autonomní systémy a přenosná světla. Do předmětu normy jsou zahrnuty používané standardy, například CIE 15, CIE 69, CIE 70 a ISO 11664-1, popisující normálního kolorimetrického pozorovatele. Pro posouzení barvy je použit kolorimetrický systém CIE (1931). Norma rovněž předepisuje požadavky na zkoušení a posuzování shody. Dále si popíšeme jednotlivé typy vnějších světel z pohledu zmíněné normy.

2.1 Čelní světlomety

Každé čelo vlaku musí mít dva dálkové reflektory, které jsou umístěné ve výšce 1,5-2,0 m nad temenem kolejnice a jejich osová vzdálenost není menší než 1 m. Dle norem je možné použití i třetího reflektoru, který se instaluje nad čelní sklo. Svítící plocha je v rozsahu 17 650 – 33 400 mm² a minimální rozměr svítící plochy 110 mm.



Obr.1 Barevná specifikace čelního světlometu a obrysového světla v prostoru CIE (1931)

Na obrázku výše je znázorněna část povoleného barevného prostoru pro dálkové čelní světlomety. Stejný barevný prostor je pak vyhrazen i pro bílá obrysová světla.

Dalšímu normativním požadavkem je svítivost světlometů podél optické osy a také v daných úhlech ve vodorovné a svislé rovině, jak je uvedeno ve dvou následujících tabulkách.

Funkce čelního světlometu	Tlumený čelní světlomet a horní světlomet	Netlumený čelní světlomet
Svítivost (cd) měřená podél optické osy čelního světlometu	12 000 – 16 000	40 000 – 70 000
Svítivost (cd) při všech úhlech do 5° na obě strany od optické osy ve vodorovné rovině	> 3 000	>10 000

Tab.1 Svítivost čelních světlometů [1]

Vertikální úhel nad horizontální osou čelního světlometu (°)	Maximální svítivost čelního světlometu v určeném úhlu nad optickou osou (cd)
0,25	58 400
0,50	14 600
1,00	3 650
1,50	1 620
2,00	912

Tab.2 Svítivost podle úhlu seřízení pro netlumené a tlumené čelní světlomety [1]

Z tabulek lze vyčíst poměrně vysoké hodnoty svítivosti v optické ose (Tab.1). Vysoké nároky jsou kladeny na omezení svitu do horní části, což je patrné z tabulky (Tab.2). V optické ose je maximální hodnota svítivosti 70 000 cd a o půl stupně výše je již maximální hodnota pouhých 14 600 cd. V úhlu dvou stupňů nad optickou osou je svítivost více než 70x nižší. Hlavní světelný kužel je směřován do spodní části, pod optickou osou.

2.2 Obrysová světla

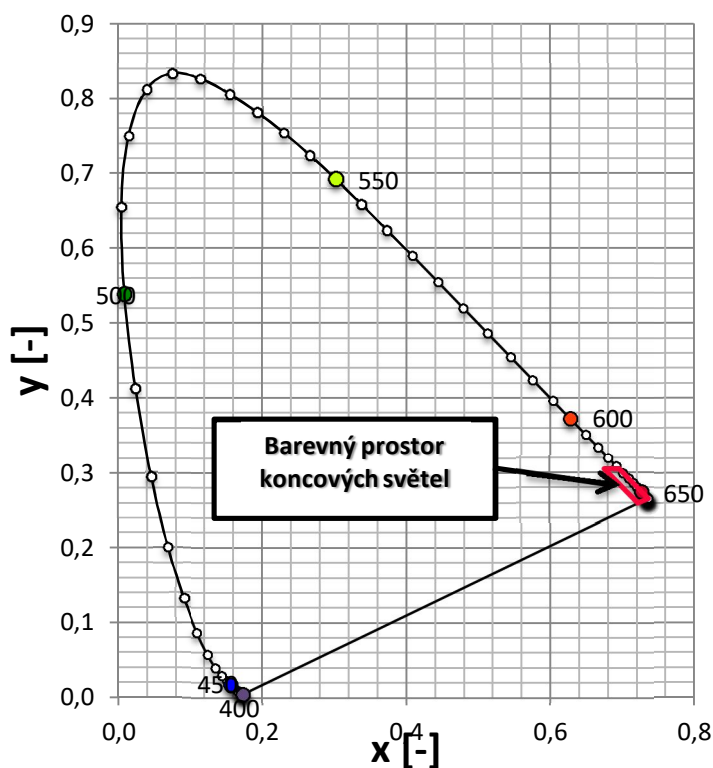
Druhým typem používaných světel jsou bílá obrysová světla umístěná na voze s kabinou strojvedoucího. Ty jsou na čele vozu umístěné tři kusy. Dvě nižší a jedno horní. Střední nižších světel jsou opět umístěny ve výšce 1,5 – 2 m nad temenem kolejnice a jejich vzájemná vzdálenost není menší než 1 m. Středová vertikální vzdálenost horního a nižšího světla musí být minimálně 0,6 m. Svítící plocha je v rozsahu 9500 – 22700 mm². Vymezená barevná oblast v kolorimetrickém trojúhelníku CIE (1931) je shodná s výše zmíněným prostorem pro dálkové reflektory. V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty svítivosti pro všechny funkce obrysových světel.

Funkce obrysových světel	Netlumené nižší obrysové světlo	Netlumené horní obrysové světlo	Tlumené nižší obrysové světlo	Tlumené horní obrysové světlo
Svítivost (cd) měřená podél optické osy	300 - 700	150 - 350	100 - 300	50 - 150
Svítivost (cd) při všech úhlech do 10° na obě strany od optické osy ve vodorovné rovině	Bez požadavku	30 – 350	Bez požadavku	10 – 150
Svítivost (cd) při všech úhlech do 45° na obě strany od optické osy ve vodorovné rovině	15 – 40	Bez požadavku	3 – 40	Bez požadavku

Tab.3 Svítivost obrysových světel [1]

2.3 Koncová světla

Posledním povinným typem jsou světla koncová v červené barvě označující konec vlaku. Na čelo vozu se umísťují dvě koncová světla. Vzdálenost osy světla k temeni kolejnice, měřeno ve vertikálním směru, je v rozmezí 1,5 – 2,2 m a vzájemná vzdálenost obou středů pak není menší než 1 m. Velikost svítící plochy je shodná s obrysovými světly. Pro červenou barvu jsou definovány hranice, které jsou označeny v kolorimetrickém trojúhelníku níže.



Obr.2 Barevná specifikace koncového světla v prostoru CIE (1931)

U tohoto typu světel je normou stanoven pouze jeden režim a jeho požadavky na svítivost jsou uvedeny v tabulce níže.

Funkce koncového světla	Intenzita koncového světla
Svítivost (cd) podél optické osy	15 – 100
Svítivost (cd) v rozmezí $\pm 7,5^\circ$ k optické ose v horizontální rovině	7,5 – 100
Svítivost (cd) v rozmezí $\pm 2,5^\circ$ k optické ose ve vertikální rovině	7,5 - 100

Tab.4 Svítivost koncových světel [1]

Všechny typy světel je možné integrovat do jednoho v případě, že budou dodrženy požadavky pro jednotlivá světla a režimy. Například je možné skloubit koncové a obrysové světlo (červené a bílé). Názorný příklad je patrný na obrázku lokomotivy 753-604, která je vybavena novými LED světly z produkce MSV elektronika s.r.o.. Nad čelním sklem je umístěno vyšší obrysové světlo. Níže se pak nacházejí dvě dvojice světel – levé a pravé. V každé dvojici je jeden dálkový reflektor (blíže ke středu) a jedno kombinované světlo – koncové + obrysové (na okraji vozu). Světla je možno instalovat přímo na kabinu, avšak v uvedeném příkladu jsou světla zapuštěna do kabiny za dodatečným ochranným sklem.



Obr.3 Lokomotiva 753-604 s novými LED světly

2.4 Režimy světel

Při pohledu do tabulek požadovaných svítivostí narazíme na více režimů, pro které jsou světla konstruována. U čelních dálkových reflektorů a bílých obrysových světel se objevuje tlumený a netlumený režim. U dálkových světel je při noční jízdě použit netlumený plný režim svícení (analogie dálkové světla v automobilu). Při míjení se s protijedoucím vlakem se dálkové světlo pouze ztlumí a nedochází k úplnému vypnutí reflektoru. Pokud je použit horní dálkový světlomet, dochází při tlumení k jeho vypnutí.

U obrysových světel dochází k tlumení pouze ve zvláštních případech, například pokud železniční cesta vede paralelně se silniční. Zde může docházet k oslnování řidičů. Při průjezdu takovým místem se obrysové světlo tlumí. Začátek vlaku při jízdě je označen třemi bílými obrysovými světly do trojúhelníku tvořící návěst „Začátek vlaku“. Spodní světla svítí v netlumeném režimu a horní v netlumeném režimu horního světla (teoreticky poloviční

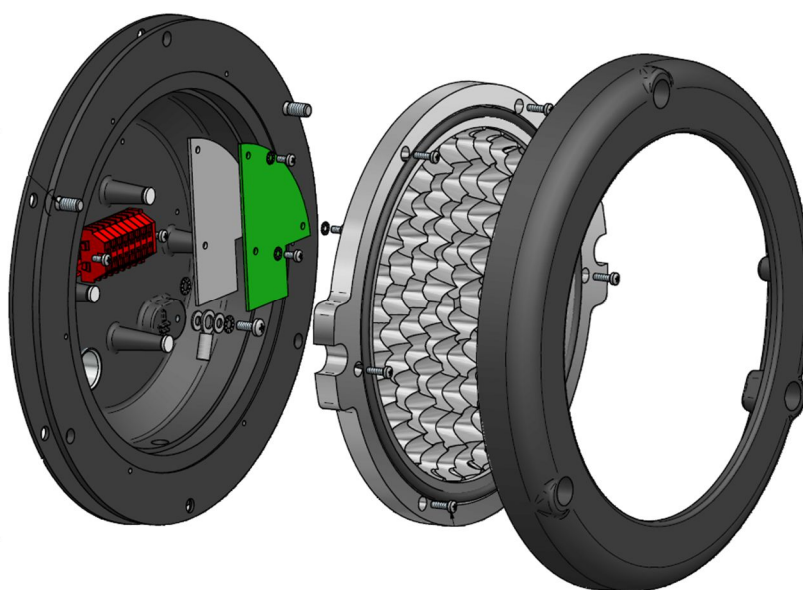
svítivosti). Při ztlumení dolního páru obrysových světel je i horní světlo přepnuto do režimu tlumeného horního světla (také teoreticky poloviční svítivost). Konec vlaku je označen návěstí dvou červených koncových světel. Obrysová světla fungují i přes den (analogie denního svícení na silnici) a svými režimy informují o stavu a způsobu provozu drážního vozidla (vlaková návěst). Například při posouvání jsou rozsvíceny pouze spodní obrysová světla a horní obrysové světlo je vypnuto. Při odstaveném vozidle obsazeném strojvedoucím svítí pouze pravé bílé obrysové světlo (z pohledu kabiny strojvedoucího). Tyto i ostatní funkce jsou předmětem vnitřního ovládání vozidla.

Ačkoliv je popisovaná základní norma harmonizovaná v EU, mohou se vyskytovat odchylky v rámci jednotlivých členských zemí, aby došlo k souladu s vnitřními provozními předpisy.

3 Vývoj a výroba

3.1 Obrysová a koncová světla

Aby bylo možné získat unikátní místo na trhu, bylo potřeba najít originální produkt. Společně s externí firmou byla navržena světelná soustava, kde se využily SMD LED diody. Byla tak zjednodušená výroba, kdy nebylo nutné používat klasické LED diody s drátovými vývody a ohýbat je pod různými úhly, aby byly splněny požadavky normy. V našem případě se SMD LED diody jednoduše a přesně osadí na desku plošných spojů (DPS). Ovšem usměrnit světelný tok je i tak nutné. S tím pomohl externí dodavatel, který přenesl zkušenosti z automobilového průmyslu, a aplikoval do drážního. Byl navržen a vyroben odolný plastový, pokovený odražeč, jež plní funkci pro vymezení osvětlovaného prostoru. Každá LED dioda má v odražeči vlastní místo, kolem které je parabolická odrazná plocha. Krom technické stránky tak plní světlo i designovou funkci, jelikož není na první pohled viditelná samotná deska plošného spoje, ale pouze LED diody zakryté lesklým odražečem. Světelná soustava kompletně s veškerou elektronikou, jsou zavřeny v hliníkovém pouzdře. V přední části je světlo překryto hladkým transparentním sklem, které je ve všech místech stejně široké a neobsahuje žádné optické úpravy.



Obr.4 Rozložené obrysové světlo BKS02

V předchozí kapitole byly vyjmenovány používané typy světel. V případě klasické lokomotivy, může být těchto světel hodně. Světla BKS02 existují ve více variantách a je možné vyrobit pouze bílé, nebo červené světlo, ale také kombinaci obou (červené + bílé). Každé varianta světla také splňuje požadavky na režimy světel (netlumené a tlumené režimy pro horní a dolní světla).

Vysoce svítivé LED diody jsou rozděleny do několika skupin, které jsou rovnoměrně rozloženy po ploše odražeče. Při poruše některé z LED diod přestane svítit pouze příslušná skupina, což způsobí jen určité snížení svítivosti, přičemž světlo zůstává funkční. Výpadek některé ze skupin LED diod nebo celková porucha světla je signalizována prostřednictvím indikačního obvodu.



Obr.5 Obrysově a koncové světlo BKS04

S vývojem LED diod došlo i k upgradu stávajících světel BKS02. Ty byly nahrazeny typem BKS04. Úprava se týkala především elektronické části světla. Nové typy LED dosahují vyšších svítivostí při menších proudech a současně dochází k menšímu oteplování. Stejně světelné vlastnosti tak lze nabídnout společně s nižší spotřebou elektrické energie, delší životností a spolehlivějším provozem.

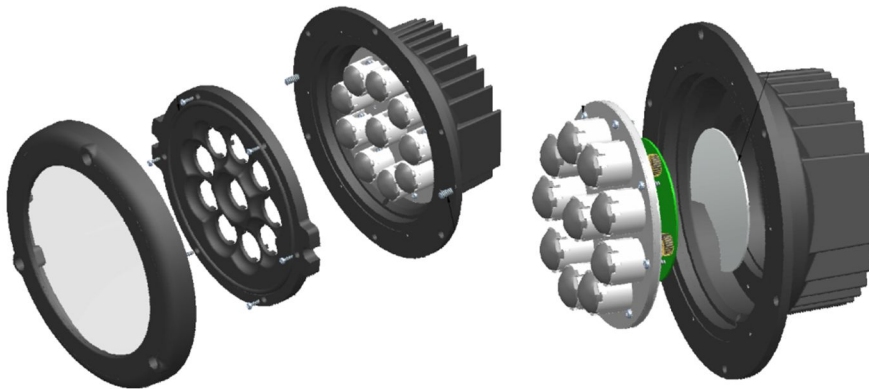
3.2 Čelní světlomety

Prvními světly v produkci firmy MSV elektronika s.r.o. byly obrysově a koncové světla, kde není kladen důraz na vysokou svítivost. Docházelo ke konstrukcím, kde se spojily dvě technologie – klasický žárovkový reflektor a nové LED obrysově a koncové světla. To je možné vidět například na jednotkách Českých Drah 680 Pendolino, kde pro rekonstrukci spodních světel byla vybrána právě firma MSV elektronika s.r.o.. Na obrázku níže lze vidět žlutý komplet spodního světla, konkrétně pravého, který je vybaven ještě klasickým dálkovým reflektorem a moderním LED světlem BKS02. Vedle něj je také světlo pro Pendolino, které je však určeno pro instalaci do horní středové části čela vozu. Toto světlo bylo vyvinuto nedávno a je již kompletně s technologií LED diod. Ale začněme od začátku.



Obr.6 Světla pro 680 Pendolino. Žlutý komplet pravého spodního světla (starší) a černý komplet horního světla

Boom v LED technologiích přinesl nové možnosti, vyšší výkony, účinnosti a tak možnosti stále širšího uplatnění. V roce 2011 se rozhodlo o vývoji nového typu světel, dálkových čelních světlometů. Tým řešitelů byl stejný jako v prvním případě, tedy opět spolupráce s externí firmou. U dálkových světel byla vybrána jiná konstrukce a použití skleněných optických čoček. Nebyly použity sériově vyráběné čočky, ale vyvinuto originální řešení, které splňuje požadavky normy ČSN EN 15153-1. Opět zde máme desku plošných spojů (DPS) osazenou vysoce svítivými LED diodami, jejichž tok je usměrněn skrze čočku držící na plastovém válcovém držáku. Světelné zdroje jsou mechanicky orientovány do prstence s jednou středovou LED. Vše bylo umístěno do hliníkového krytu, jenž je v zadní části žebrován z důvodu chlazení výkonových LED diod. Celé světlo nese označení BKS11.



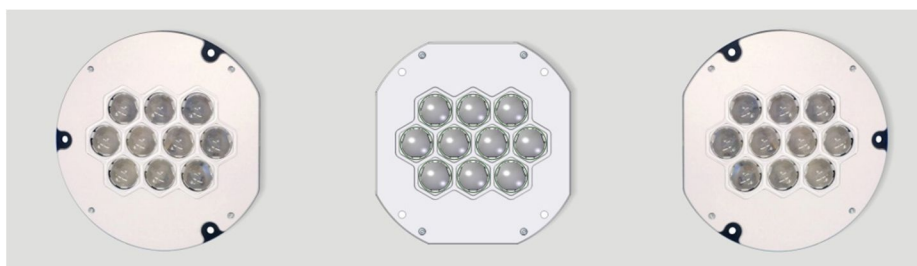
Obr.7 Dálkový čelní reflektor BKS11

Při vývoji byla zvažena také kombinace světla dálkového, obrysového a koncového v jednom. Toto bylo umožněno úpravou odražeče obrysových světel, který se opatřil otvory pro optickou soustavu dálkových reflektorů. Pod odražeč byla umístěna druhá DPS s bílými a červenými LED diodami a předsunuta do roviny optických čoček, místo původního černého krycího plechu. Rozdíl je patrný na obrázku níže.



Obr.8 Zleva: Pouze dálkový reflektor; kombinace dálkového, obrysového a koncového světla v jednom

Opět jsou všechna světla opatřena všemi potřebnými režimy svícení a je možné je univerzálně umístit na kteroukoliv pozici na čele vlaku. Původní světla BKS11 měly pouze jeden univerzální tvar. Stejně jako došlo k úpravě světel BKS02 na BKS04, byl tento upgrade proveden také na dálkových světlech. Výsledkem jsou světla BKS12, které se nedočkaly pouze elektronických úprav, ale také mechanických, aby bylo umožněno širší použití při zabudování světel do čela vozidla. Světla BKS12 nyní fungují pouze jako dálkové světlomety.



Obr.9 Některé z mechanických verzí světla BKS12

Všechna uvedená světla jsou v konstrukci podle evropských norem. Firma MSV Elektronika již představila také funkční vzorek LED dálkového reflektoru RLG01 vyvíjeného dle norem GOST, tedy pro aplikace do vozidel širokého rozchodu RŽD (Ruské železnice) a postsovětských zemí. U těch jsou totiž požadovány hodnoty svítivosti reflektorů pro normální světlo v rozmezí od 640 000 do 960 000 cd, pro tlumené pak od 70 000 do 120 000 cd, což je oproti evropským standardům zhruba desetinásobek! Jako zdroj světla je u tohoto reflektoru použito 120 vysoce svítivých LED diod v kombinaci s originálně navrženou optikou.

Současně je vyvíjen také prototyp reflektoru, na kterém je použito jen 96 vysoce svítivých LED diod. Mechanická část reflektoru je tvořena masivním hliníkovým rámem, který mimo jiné slouží jako chladič k odvedení ztrátového tepla z LED, driverů a napájecích zdrojů. K hlavní mechanické hliníkové části je připevněn rám, určený k montáži reflektoru na vůz a k následnému nastavení světelného toku v požadovaném směru.

RLG01 je přizpůsoben pro provoz na napájecí síti 110 V. Reflektor disponuje dvoustavovým diagnostickým výstupem (1/0), kterým jsou signalizovány případné poruchy.

4 Závěr

Světla BKS úspěšně obstávají na trhu, kde za jejich kvalitu vypovídají jejich reference. Níže jsou obrazově uvedeny některé z nich. Jejich uplatnění je jak u nových železničních vozidel, tak u oprav a repasí již provozovaných.

V článku nejsou záměrně zmíněné konkrétní konstrukční detaily světel. Cílem je uvést čtenáře do problematiky světel použitých na drážních vozidlech, základní orientaci ve světelně-technických požadavcích norem a prezentaci moderního řešení, které bylo v ČR registrováno jako užitný vzor.



Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 15153-1. Železniční aplikace - Vnější výstražná světelná a zvuková zařízení pro vlaky: Část 1: Čelní světlomety, obrysová světla a koncová světla. 2013.
- [2] SŽDC D1: Dopravní a návěstní předpis [online]. 2013 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <http://provoz.szdc.cz/portal/ViewDirective.aspx?oid=870001>
- [3] Interní dokumentace MSV elektronika s.r.o. (www.msvelektronika.cz)
- [4] Dopravci působící na síti SŽDC. SŽDC [online]. [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/dopravci.html>
- [5] Statistická ročenka. České dráhy a.s. [online]. [cit. 2016-08-30]. Dostupné z: <http://www.ceskedrahy.cz/pro-investory/financni-zpravy/statisticka-rocenka/-5599/>

Výpočet a posouzení zastínění objektů

Ing. Pavel Staněk, www.astrasw.cz, pavel.stanek@astrasw.cz

Prohlášení, že kvalitní přirozené denní osvětlení interiérů budov a to zejména prostorů s trvalým pobytem osob je nezbytným předpokladem zdravého a příjemného pobývání ve vnitřních prostorech, je na této konferenci zcela jistě nošením dříví do lesa. Rovněž využití přímého slunečního záření je nejen v obytných prostorech, ale i celé řadě dalších objektů zcela jistě žádoucí. Aby bylo možno naplnit lidské potřeby s tím související a jistě nejen z těchto důvodů, je nutno se při plánování nové výstavby zamyslet nad vlivem, které tato bude mít na stávající objekty v okolí.

Takové zamyšlení nám rovněž ukládá současná legislativa a některé technické normy. Nebudu se zde zabývat legislativními požadavky, to bych rád přenechal jiným odborníkům. Rád bych ovšem krátce poukázal na technické normy, které se této oblasti týkají. Jedná se zejména o ČSN 73 0580-1 – Denní osvětlení budov, která v příloze B definuje kritérium přístupu denního světla k průčelí objektu a dále pak ČSN 73 4301 – Obytné budovy, která v čl. 4.3 definuje kritéria na proslunění obytných místností v souvislosti s ČSN 73 0581 – Metoda stanovení hodnot oslunění budov a venkovních prostor.

Co se týče denního osvětlení, je kritériem zastínění činitel denní osvětlenosti zasklení okna z vnější strany. Je to vlastně činitel denní osvětlenosti plochy fasády, tedy zpravidla vertikální plochy. Použití tohoto činitele má tu výhodu, že umožňuje stanovit míru zavinění případného nevyhovujícího stavu denního osvětlení venkovním stíněním (bez vlivu konstrukcí vlastní budovy). Požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti zasklení okna jsou dle následující tabulky.

Kategorie	Typ posuzovaného prostoru, charakter lokality	min D_w [%]
1	Prostory s vysokými nároky na denní osvětlení	34, doporučuje se 37
2	Ostatní prostory s trvalým pobytem lidí	32
3	Prostory s trvalým pobytem lidí v souvislé řadové zástavbě v centrech měst	29
4	Prostory s trvalým pobytem lidí v mimořádně stíněných podmínkách historických center měst	24

Pokud by se zařazením do příslušné kategorie prostoru byl problém, rozhodující slovo by měl mít pravděpodobně příslušný stavební úřad.

Co se týče proslunění, kritériem je zde doba, po kterou dopadá slunce do obytné místnosti jejími okny. Přitom norma definuje podmínky, za kterých lze okno v místnosti k proslunění použít. Aby byl byt prosluněn, musí být součet podlahových ploch prosluněných obytných místností roven alespoň jedné třetině plochy obytných místností, pokud se jedná o samostatně stojící objekt, pak se jedná o minimálně jednu polovinu. Základním požadavkem je, že minimální doba proslunění musí být alespoň 90 minut pro den 1. března, další porobnosti uvedu v přednášce.

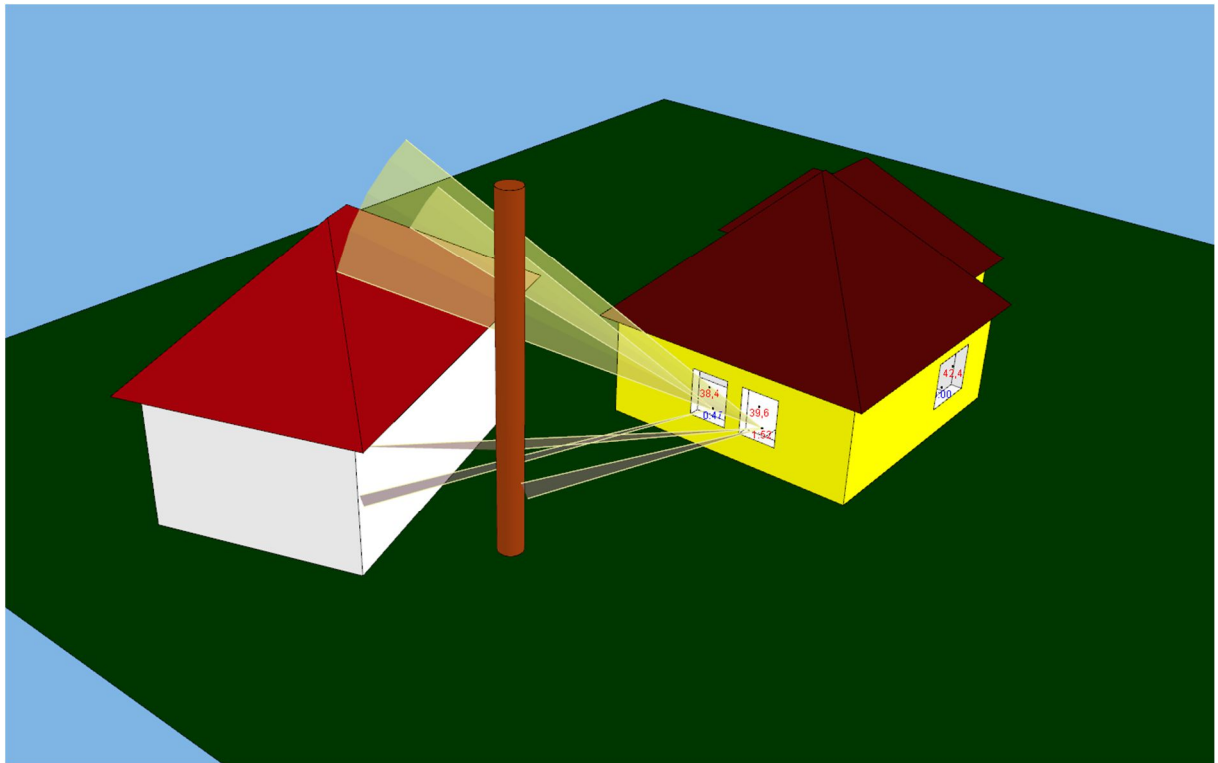
Na tomto místě je rovněž vhodné uvést i to, že existují objektivní problémy s ověřením výsledků výpočtu zastínění měření. U výpočtu proslunění takové měření, se kterým by bylo možno výsledky výpočtu porovnat, udělat vůbec není možné. Dráha slunce se stále mění, a proto se výpočet provádí pro smluvní, v normě empiricky definovanou dráhu, která se samozřejmě od skutečnosti liší. Zastínění denního osvětlení měřit možné sice je, ale dnů, kdy obloha vyhovuje kritériím rovnoměrné „zataženosti“, je během roku jen několik, a tak se takové měření z praktických důvodů provádí jen zřídka.

Z výše uvedených důvodů pochopitelně musí existovat metody, jak stanovit, zdali nově navrhované stavby požadovaným kritériím vyhovují, neboli zdali ony nezastíní stávající budovy nad míru normami stanovenou. Takových metod samozřejmě existuje celá řada od jednoduchých grafických až po podrobné, implementované do výpočetních programů. Oba tyto protipóly mají své výhody a nevýhody. Výhodami grafických metod je rychlé stanovení výsledků v geometricky jednoduchých situacích, nevýhodou jsou pak některá nutná zjednodušení při výpočtu a zejména použití ve složitých geometriích. Použití výpočetních programů pak obvykle předpokládá sestavení geometrického modelu stavby a na něm je pak získání výsledků výpočtu už snadné. Jistě chápete, že se ve svém příspěvku zaměřím na použití metod aplikovaných v počítačovém programu.

Výhody použití počítačového programu jsou zejména následující:

- lze vytvořit společný model stavby a na něm pak snadno počítat zastínění denního osvětlení i oslunění
- snadno lze spočítat zastínění všech otvorů najednou, rovněž tak i ve větším počtu bodů na stíněné fasádě
- snadno lze vyhodnotit i zastínění objekty nepravidelných, šikmých i oválných tvarů, kde je použití grafických metod obtížné

Na následující obrázku uvádím grafickou ukázkou výsledku výpočtu zastínění rodinného domku. Z obrázku je jasně patrné, které části stínících objektů a v jakém rozsahu stíní, takový obrázek lze pak použít i k případnému návrhu opatření.



Kritéria zastínění není třeba podle obou uvedených norem aplikovat, pokud se jedná o doplnění proluk ve stávající souvislé zástavbě. Je zřejmé, že problematika hodnocení zastínění objektů je poměrně široká a dovolím si přinést více podrobností i diskusí k uvedenému obrázku i použitému programu ve své přednášce.

A není jistě bez zajímavosti, že je v současné době v průběhu příprava nové evropské normy, která bude stanovovat požadavky na denní osvětlení a proslunění budov. I když příprava evropské normy jistě ještě nějakou dobu potrvá, je zřejmé, že důraz na co nejširší použití přirozeného slunečního světla roste, protože k tomu vedou důvody nejen hygienické, ale také ekonomické a ekologické.

Čarování ve světelně-technických výpočtech

Pavel Stupka, Ing., ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, Plzeň - Oddělení faktorů prostředí

Abstrakt: Příspěvek pojednává o situacích, kdy si autor světelně-technických výpočtů nekorektním způsobem pomáhá.

1 Úvodem, neboli kameny úrazu

Pro světelně-technické výpočty jsou k dispozici výkonné výpočetní programy, které umožňují modelovat prostor, osvětlovací soustavy i stínící překážky do nejmenších detailů. Výpočetní programy nejsou drahé, resp. často zcela zdarma - první kámen úrazu.

Uživatelské rozhraní těchto výpočetních programů je navrženo tak, aby jejich obsluha byla co možno nejjednodušší a pohodlná. Zkrátka aby s nimi mohl pracovat kdokoli - druhý kámen úrazu.

Prakticky všechny výpočetní programy v rámci urychlení zadávání umožňují použít předdefinované parametry (odraznost, udržovací činitel,...) - třetí kámen úrazu.

Světelně-technické výpočty už z principu nemohou být absolutně hodnověrné. Počítáme přesně, avšak s nepřesnými vstupními údaji. Používáme metody mající nejedno omezení - čtvrtý kámen úrazu.

Nebudu na hromadu vršit další a další kameny - je jich více, než bychom se nadáli.

2 Kdo provádí světelně-technické výpočty

Pro zjednodušení vynechám nejrůznější zvědavce, studenty a jiné, zpravidla jednorázové „výpočtáře“. Pojdme se soustředit na osoby zabývající se světlem profesně.

2.1 nezávislý projektant

Není přímo či nepřímo napojený na jakéhokoliv výrobce svítidel. Jedná se o ohrožený, vymírající druh, pro kterého výpočty světla nejsou hlavní obživou. S výpočty kouzlí nerad a jen když není žádná jiná možnost. Umí profesionálně „zamést stopy“ a je těžko odhalitelný.

2.2 projektant - obchodník

Velmi rozšířená kategorie. Jedním z jeho hlavních úkolů je pomoci prosadit produkt konkrétního výrobce. Aby to dokázal, tak čaruje velmi často, nebo vždy. Jeho triky jsou určeny zejména pro naivní, nezkušené a důvěřivé. Výpočtové manipulace jsou kombinací neznalosti s neodborností na jedné straně a cynickou vypočítavostí na straně druhé. Obchodní hledisko má absolutní přednost.

2.3 hygienik či investor

Osoba, která by měla umět překontrolovat výpočet, zda neobsahuje nějaká nepovolená kouzla. Aby se to podařilo, jsou zapotřebí hluboké znalosti a praxe. V ideálním případě by měl být schopen provést kontrolní výpočet.

3 Jaké jsou možnosti čarování ve výpočtech

Výčet známých metod měl být původně těžištěm tohoto příspěvku. Chtěl jsem na příkladech z naší praxe pranýřovat konkrétní zachycené nesrovnalosti. Po zralé úvaze a konzultaci s kolegy však od toho ustupuji. Prosím o odpuštění. Ve sborníku nebude uvedeno nic, v přednášce zazní nejčastěji manipulované oblasti.

Pro výše zmíněnou kategorii 1 by výčet známých kouzel nebyl žádnou novinkou. Všechny je znají a naopak by jistě dokázali repertoár rozšířit.

To posluchači kategorie 2 by rádi své umění ještě zdokonalili. Odborná konference by však neměla sloužit jako učebnice vedoucí k podvodům.

Zástupci třetí kategorie na odborné konference již léta nejezdí. Pár zúčastněných hygieniků (možno spočítat na prstech jedné ruky) patří ke špičce v oboru, které školit netřeba. Zbývající části pracovníků hygienické služby rádi s kontrolou výpočtů pomáháme.

4 Závěr a pozvání na přednášku

Čarování ve světelně-technických výpočtech rozhodně není nový fenomén, který by (jak někteří říkají) přišel až s nástupem „LEDkařů“. Již v devadesátých letech minulého století jsem přednášel příspěvek: „Co trápí světelného technika“, který by se dal velmi snadno „oprášit“. Zdá se mi však, že tehdy byli kouzelníci opatrnější. Také byly dříve méně slibovány zcela nereálné energetické úspory. Kolik ještě triků je třeba vyzkoušet, než bude první kouzelník potrestán odnětím svobody (trestní zákoník, §209 - podvod)?

Porovnávací měření fotometrických parametrů svítidla

Jan Škoda, Ing., Ph.D., Martin Motyčka, Ing., Vysoké učení technické v Brně, FEKT, UEEN, Technická 12, skoda@feec.vutbr.cz, xmotyc05@stud.feec.vutbr.cz, www.svetelnalaborator.cz

Abstrakt: Článek přináší výsledky z celostátního porovnávacího měření křivek svítivosti, světelného toku a dalších parametrů svítidla, které bylo měřeno ve vícero laboratořích v České republice. Cílem měření, má být vzájemné ověření správnosti měření, mezi fotometrickými laboratořemi.

1 Úvod

Na základě diskusí mezi odborníky v oboru měření světla bylo v polovině roku 2016 uspořádáno mezilaboratorní srovnávací měření, jehož smyslem bylo ověření vlastních možností laboratoří a nalezení případných odchylek ve výsledcích měření. Do celé akce bylo zapojeno 11 laboratoří z ČR, které projevily zájem se do této akce zapojit. Celá akce probíhala na přátelské bázi a bez nároků na honorář pro jakoukoliv ze zúčastněných stran. Měření se účastnili laboratoře jak výzkumné, školní tak i firemní. Konkrétně se jednalo o laboratoře těchto společností a subjektů: ČVUT, ELKOVO ČEPELÍK, EZÚ, HALLA, HORMEN, INGE, MODUS, TREVOS, VŠB Ostrava, VUT v BRNĚ a společnost VYRTYCH, která pro potřeby porovnávacího měření vyrobila a zapůjčila svítidlo. Jednalo se o svítidlo s LED světelnými zdroji, které bylo opatřeno dvěma záměnnými skly, opálovým a mikroprizmatickým.



Obr.1 Svítidlo HOOVER 3 LED (foto Ing. Horák)

Toto svítidlo bylo umístěno na plastové desce, která sloužila jak upevňovací tak teplo izolující plocha. Účastníci mezilaboratorního porovnání, měli za úkol změřit křivky svítivosti zadaného svítidla pro obě varianty se dvěma difuzory. Tyto křivky měli změřit s krokem C rovin 15 úhlových stupňů a s krokem 5 úhlových stupňů pro úhel γ . Dále pokud jim to technické zázemí laboratoře dovozovalo změřit příkon svítidla, index podání barev, náhradní teplotu chromatičnosti a vyzážené světelné spektrum. Své výsledky měli shrnout do protokolu o měření a pro každou variantu svítidla vytvořit LDT soubor.

2 Měření

Měření křivek resp. čar svítivosti je poměrně obsáhle popisováno v normě ČSN EN 13032 [1], přičemž její 4. část je věnována měření svítidel s LED zdroji. Norma zde definuje jednak

požadavky na vybavení, okolní prostředí, tak i způsob prezentace výsledků. Pro teplotu okolí je doporučováno ji udržovat na 25 °C s tolerancí $\pm 1,2$ °C. Pro napájení svítidla je doporučeno užít stabilizovaného zdroje AC napětí s tolerancí $\pm 0,4$ %, přičemž k měření je doporučeno užít voltmetru a ampérmetru s nejistotou kalibrace pro střídavý rozsah maximálně 0,2 %. Dále norma zmiňuje, že je vhodné započít s měřením až po stabilizaci světelného toku, kdy odchylka vzájemných po sobě jdoucích hodnot v čase 15 minut nepřekračuje 0,5 %. Pro prezentaci fotometrických výsledků se doporučuje svítidlo s uživatelsky nevýměnnými LED zdroji považovat za světelný zdroj a na takové svítidlo aplikovat absolutní fotometrii. Aby byla u používaných datových formátů zachována kompatibilita mezi svítidly s LED a svítidly s jinými světelnými zdroji, je zde světelná účinnost (LOR - Light Output Ratio) rovna 100 % a křivka svítivosti je zde rovněž přepočítána na hodnotu 1000 lm zdroje.

3 Datový formát EULUMTAT (*.ldt)

V Evropě se pro výměnu fotometrických dat svítidel pro svou jednoduchost rozšířil formát EULUMDAT s příponou *.ldt. Jde o jednoduchý textový soubor, jehož každý řádek nese určitou informaci, proto je nelze vynechávat. Například informace o světelné účinnosti (LOR) je v souboru k nalezení na řádku 23. Pro zápis a odlišení absolutních fotometrických dat v souboru *.ldt se používá zápis, kdy se na řádek 26 reprezentující počet sad světelných zdrojů zapíše "1" a do následujícího řádku se zapíše počet světelných zdrojů se znaménkem "-" mínus. Definice "světelného zdroje" v tomto řádku je nejednoznačná, neboť není jasné zda je za světelný zdroj považován čip nebo celá deska s LED zdroji. V praxi se ustálil stav, kdy se do toho řádku zapíše číslo, které odpovídá počtu odnímatelných modulů, tj. pokud výrobce montuje do svítidla celé desky s LED zdroji, které následně propojí, zapíše počet desek. Jsou-li propojovány COB čipy, zapíše počet COB čipů. Praktický dopad tohoto čísla na výpočet osvětlenosti je ovšem nulový, neboť do souboru *.ldt se zapisuje celkový světelný tok všech zdrojů. Detailní specifikace EULUMDAT formátu je k nalezení pouze na webové stránce [2], neboť tento formát nemá žádný předpis v normě a pod.

4 Protokol o měření

Norma ČSN EN 13032-4 popisuje jednotlivé části, které by měl protokol o měření obsahovat. Jednotlivé části jsou tříděny do čtyřech celků: základní informace, informace o testovaném objektu, informace o měřícím postupu a vlastní naměřená fotometrická a kolorimetrická data. V protokolu by měly být uvedeny zejména tyto údaje: identifikace měřící laboratoře, datum měření, číslo protokolu, identifikace zákazníka, popis měřeného objektu, výrobce a typ svítidla, jeho rozměry a rozměry světelné plochy, informace o napájecím napětí, podmínkách při měření (především teplota okolí), měřících přístrojích, popis měření, informace o kalibraci přístrojů, pracovní poloze svítidla při měření, doba stabilizace před začátkem měření a v neposlední řadě změřené výsledky s vyhodnocením nejistot měření. Detailnější popis je k nalezení ve výše uvedeném dokumentu.

5 Vyhodnocení porovnávacího mezilaboratorního měření

V případě, kdy je nutné navzájem porovnávat změřené vlastnosti testovaného objektu ve více laboratořích, zavádí se tzv. **z-skóre**, které převádí jednotlivé naměřené hodnoty, označované jako hrubé skóre, na standardizované rozložení pravděpodobnosti s předem

danými vlastnostmi [3]. U **z-skóre** se uvažuje pro normální rozložení pravděpodobnosti průměr 0 a odchylka 1. V následující části je uveden postup výpočtu.

Pro soubor hodnot se vypočítá výběrový průměr podle následujícího vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

kde n je rozsah výběru a x_i je i -tá hodnota výběru.

V dalším kroku se stanoví výběrová směrodatná odchylka výběru:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Na závěr lze pro i -tou hodnotu výběru vypočítat z-skóre podle následujícího vztahu:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (3)$$

Výhoda využití z-skóre je v přehlednosti hodnocení jednotlivých naměřených hodnot, které mají odlišné rozptyly. Nicméně pokud obsahuje soubor hodnot špatně naměřené hodnoty, mohou tyto hodnoty značně ovlivnit celkový průměr i rozptyl hodnot. To vede ke špatnému zhodnocení i správně naměřených hodnot. Navíc z-skóre klesá s rozptylem hodnot. V tomto případě lze tedy doporučit případnou selekci zřejmě špatně změřených hodnot. Přijatelný rozsah z-skóre je v intervalu $\langle -2; 2 \rangle$. Laicky řečeno tento interval ohraničuje meze, ve kterých naměříme správnou hodnotu s pravděpodobností 95 %.

Jak už bylo popsáno výše, celé měření probíhalo na přátelské bázi. Tento model je zachován i při vyhodnocení, proto jsou veškeré výsledky anonymizovány.

V první fázi byl hodnocen změřený celkový světelný tok svítidla HOOVER 3 LED pro provedení s oběma druhy krytů. Informace o světelném toku byla přebírána z *.ldt souborů, avšak u některých účastníků byly zjištěny formální chyby v zápisu změřených hodnot. Vzhledem k tomu, že smyslem porovnávacího měření bylo hodnocení absolutních hodnot měření, nikoli zápis dat do souboru, byly zjištěné nedostatky opraveny, aby bylo zajištěno porovnávání korektních hodnot. Následně byly hodnoty seřazeny do Tab. 1, kde se v prvním kroku projevily zjevně špatně změřené hodnoty. Protože výsledek z-skóre je poměrně snadno ovlivnitelný výraznou odchylkou byť jen jediného účastníka čímž by byly znevýhodněni zbylí účastníci, bylo přistoupeno ke tříkolovému hodnocení. V prvním kole se vyhodnotilo z-skóre pro všechny účastníky, kde se projevily ony výrazné odchylky. Účastníci jejichž z-skóre bylo mimo interval $\langle -2; 2 \rangle$, byly z následujícího kola vyřazeny a celý postup hodnocení se opakoval dokud z-skóre zbylých účastníků nebylo ve výše uvedeném intervalu. Velikost dosaženého z-skóre pro každého účastníka v jednotlivých kolech je barevně rozlišena. Za nevyhovující výsledek je považována hodnota označená červeně. Tento výsledek znamená, že účastník se svým výsledkem odchýlil od průměru o více než dvojnásobek směrodatné odchylky. Toto ovšem nutně nemusí znamenat, že je výsledek

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

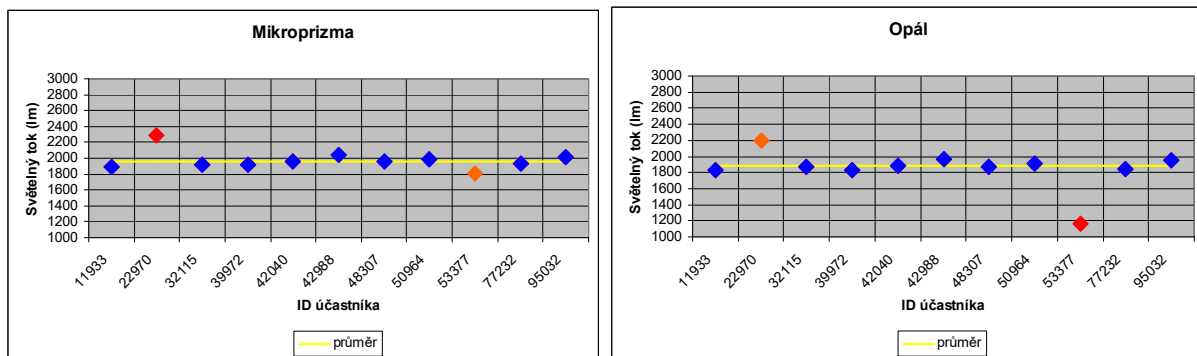
chybný, neboť z-skóre považuje za konvenčně správnou hodnotu tu, která se neodchyluje od průměru. Bude-li drtivá většina účastníků měřit špatně se stejným výsledkem oproti jednotlivci s konvenčně správnou hodnotou, bude touto metodikou výsledek většiny označen jako nejlepší. V praxi je ale takový případ ojedinělý a většinou se výsledky většiny pohybují kolem konvenčně pravé hodnoty.

■ Tabulka výsledků měření světelného toku pro svítidlo HOOVER 3 LED
s mikroprizmatickým a opálovým sklem

	ID účastníka	Mikroprizma		Opál		Legenda
		sv. tok (lm)	z-skóre	sv. tok (lm)	z-skóre	
1. kolo	11933	1892	-0,679	1824	-0,093	(<-2)
	22970	2290	2,592	2195	1,388	(-2 až -1,5)
	32115	1921	-0,441	1875	0,110	(-1,5 až -0,5)
	39972	1914	-0,498	1833	-0,057	(-0,5 až 0,5)
	42040	1965	-0,079	1890	0,171	(0,5 až 1,5)
	42988	2043	0,563	1967	0,479	(1,5 až 2)
	48307	1955	-0,161	1865	0,071	(>2)
	50964	1990	0,127	1915	0,269	(>2)
	53377	1812	-1,341	1161	-2,745	(>2)
	77232	1930	-0,366	1843	-0,017	(>2)
	95032	2009	0,283	1953	0,423	(>2)
	Průměr výběru	1974,6		1847,2		
Směrodatná odchylka	121,6		250,2			
2. kolo	11933	1892	-0,780	1824	-0,842	(>2)
	22970			2195	2,553	(>2)
	32115	1921	-0,337	1875	-0,376	(>2)
	39972	1914	-0,444	1833	-0,760	(>2)
	42040	1965	0,335	1890	-0,237	(>2)
	42988	2043	1,527	1967	0,468	(>2)
	48307	1955	0,182	1865	-0,466	(>2)
	50964	1990	0,717	1915	-0,012	(>2)
	53377	1812	-2,009			(>2)
	77232	1930	-0,198	1843	-0,668	(>2)
	95032	2009	1,007	1953	0,340	(>2)
	Průměr výběru	1943,1		1915,9		
Směrodatná odchylka	65,5		109,1			
3. kolo	11933	1892	-1,335	1824	-1,191	(>2)
	22970					
	32115	1921	-0,746	1875	-0,197	(>2)
	39972	1914	-0,888	1833	-1,015	(>2)
	42040	1965	0,149	1890	0,099	(>2)
	42988	2043	1,735	1967	1,604	(>2)
	48307	1955	-0,054	1865	-0,390	(>2)
	50964	1990	0,658	1915	0,579	(>2)
	53377					

77232	1930	-0,561	1843	-0,820
95032	2009	1,044	1953	1,330
Průměr výběru	1957,7		1884,9	
Směrodatná odchylka	49,2		51,2	

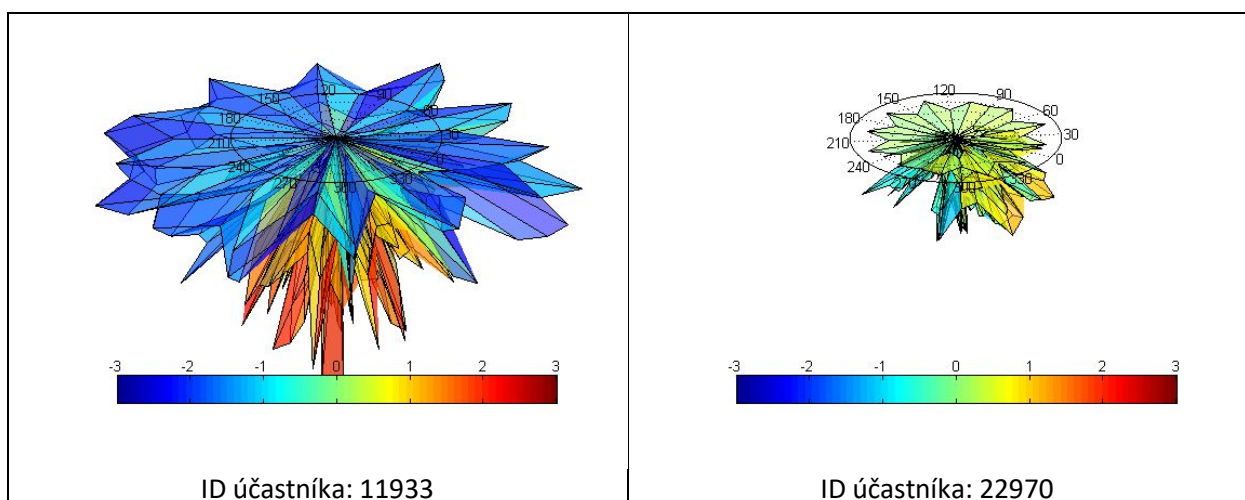
Pokud se vyobrazí naměřená hodnota graficky vypadá výsledek následovně, viz Obr. 2.



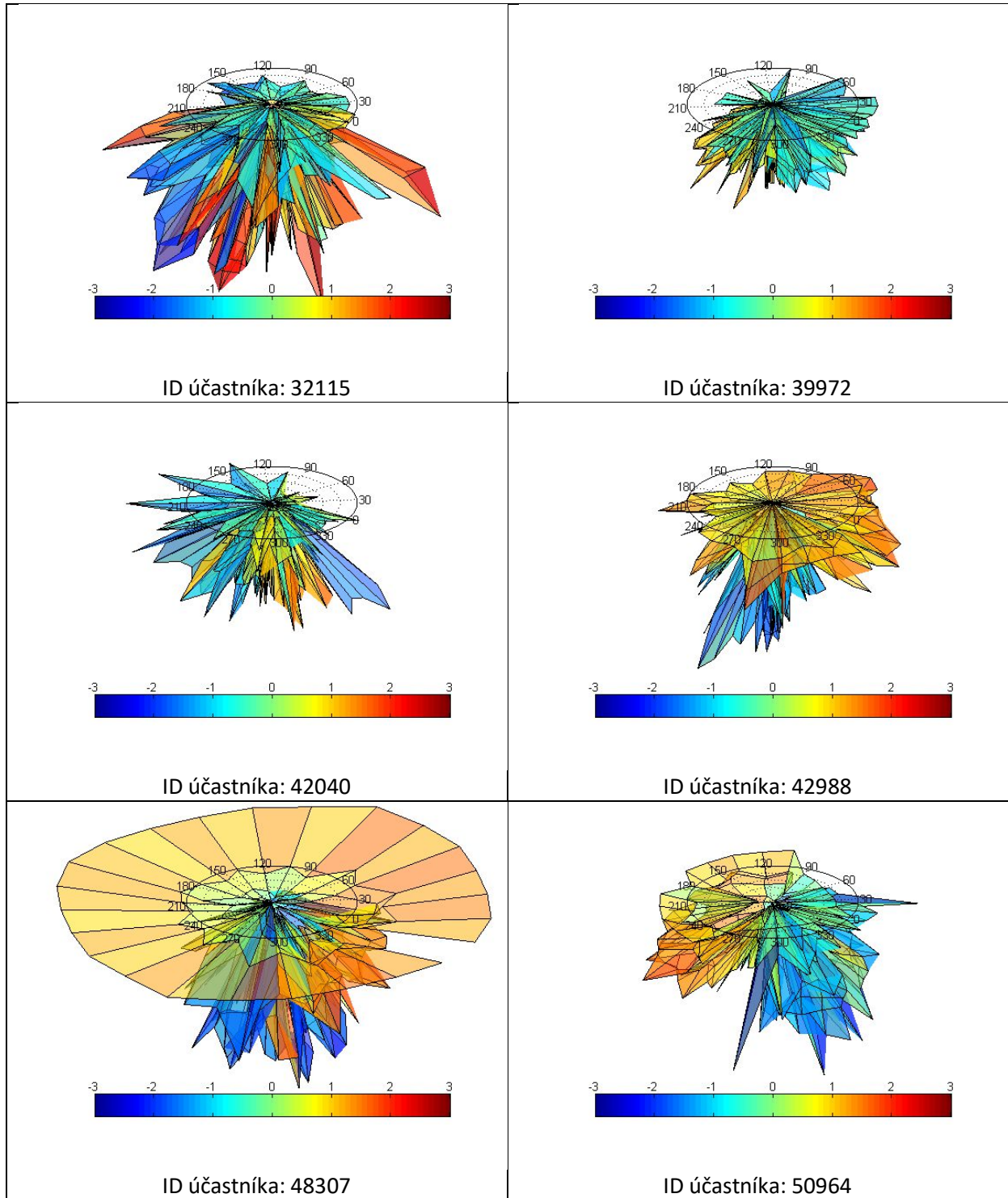
Obr.2 Grafické zobrazení naměřených hodnot světelného toku pro svítidlo HOOVER 3 LED

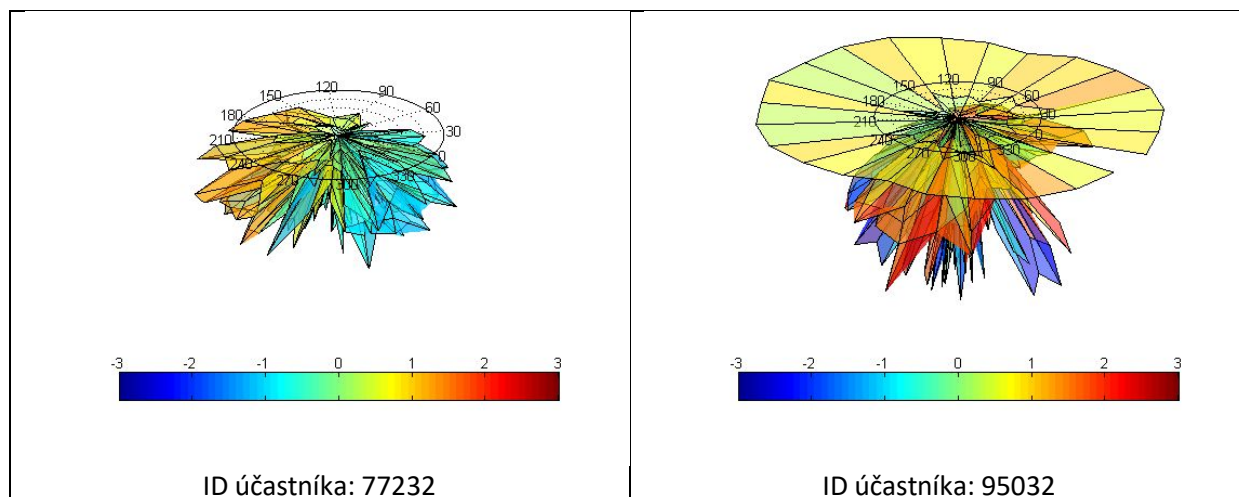
Červeně jsou označeny hodnoty, které byly vyřazeny v prvním kole. Oranžovou barvou jsou označeny hodnoty vyřazené v kole druhém. Obdobně jako pro světelný tok, lze uvést tabulku i pro jednotlivé směry svítivosti. Tyto tabulky by byly pro potřeby tohoto článku příliš obsáhlé. Proto budou výsledky z-skóre zobrazeny pouze formou 3D grafů. Z tohoto vyobrazení byl vyřazen jeden z účastníků, který překračoval z-skóre téměř na všech hodnotách.

Tabulka výsledků z-skóre měření svítivosti pro svítidlo HOOVER 3 LED s mikroprizmatickým sklem



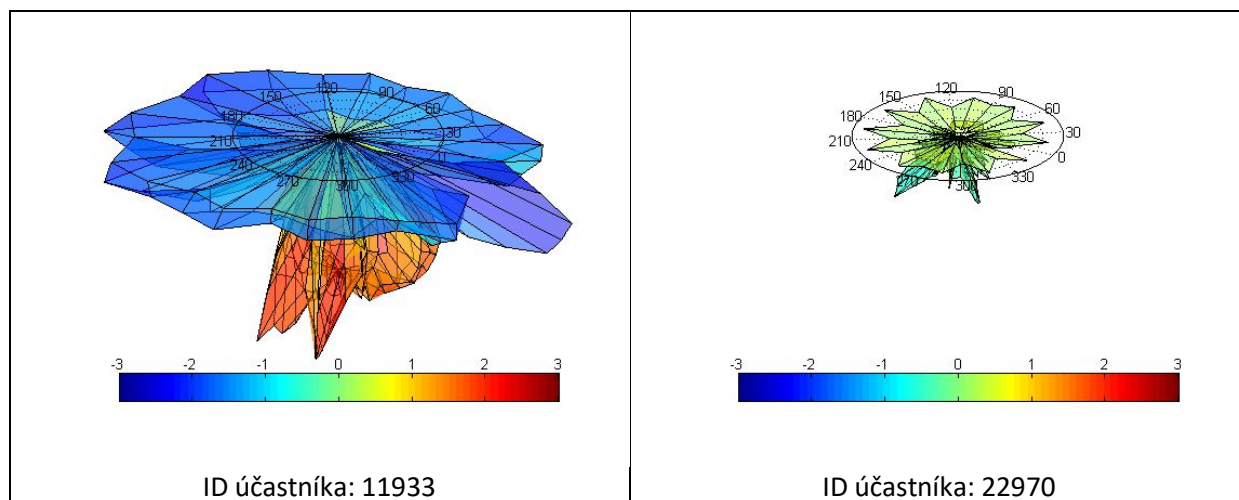
KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII



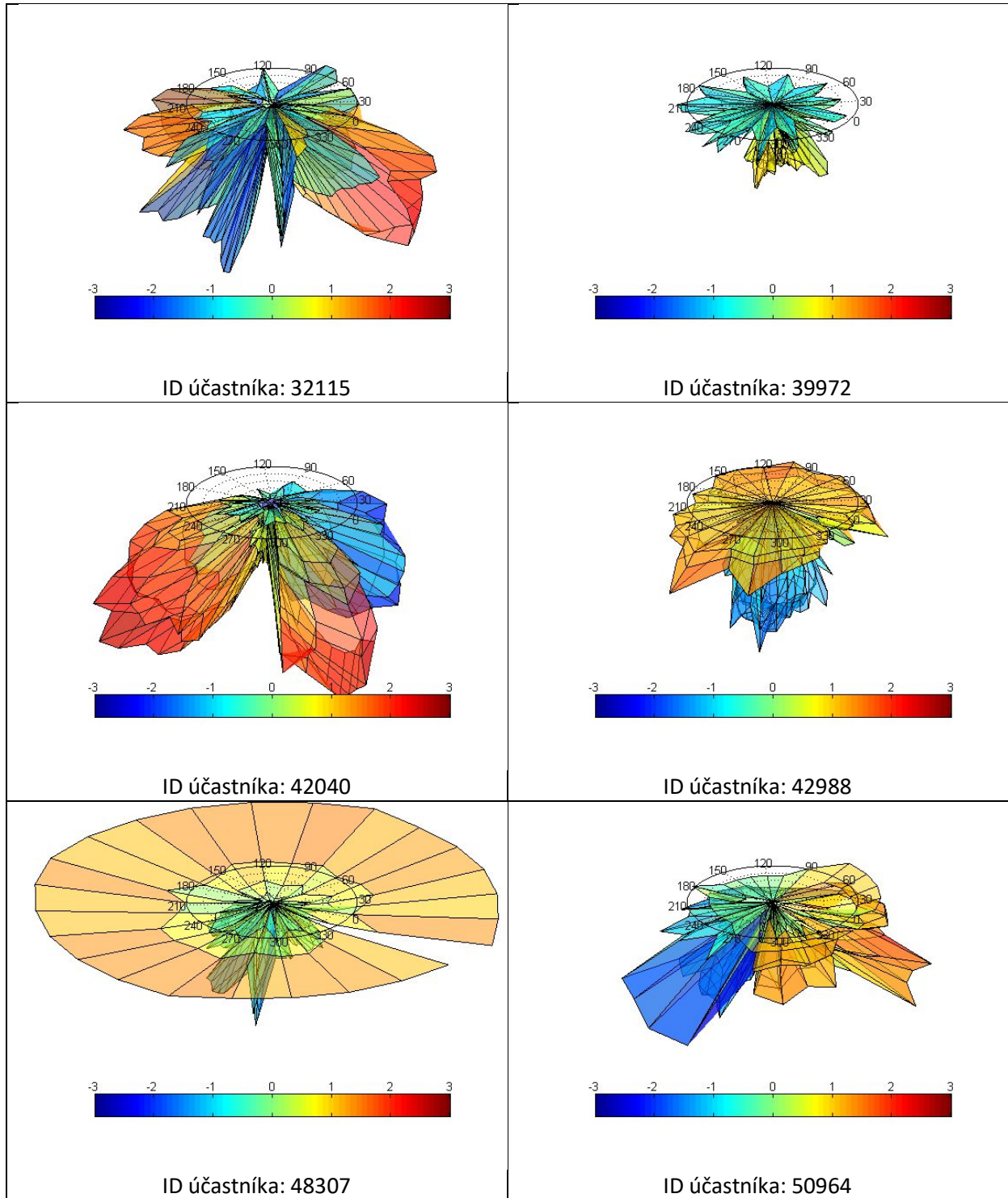


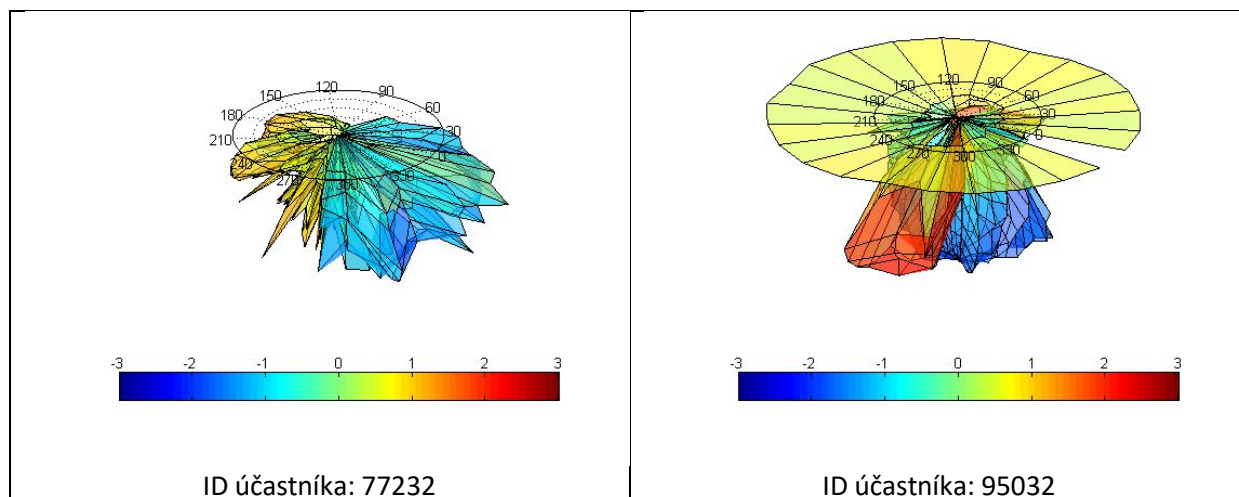
Obdobným způsobem lze vyobrazit z-skóre pro stejné svítidlo, ale s opálovým sklem Tab. 3. Jelikož se jedná o přímo vyzařující svítidlo, je třeba si uvědomit, že hodnoty blíží se úhlu $\gamma = 90^\circ$ jsou velmi malé a proto sebemenší odchylka znamená výrazný dopad na výsledek z-skóre. Konstrukce svítidla neumožňuje v úhlu $\gamma = 90^\circ$ jakoukoliv distribuci světla, proto za správnou hodnotu, byla v tomto případě vzata hodnota 0 cd, nikoliv průměr.

■ Tabulka výsledků z-skóre měření svítivosti pro svítidlo HOOVER 3 LED s opálovým sklem



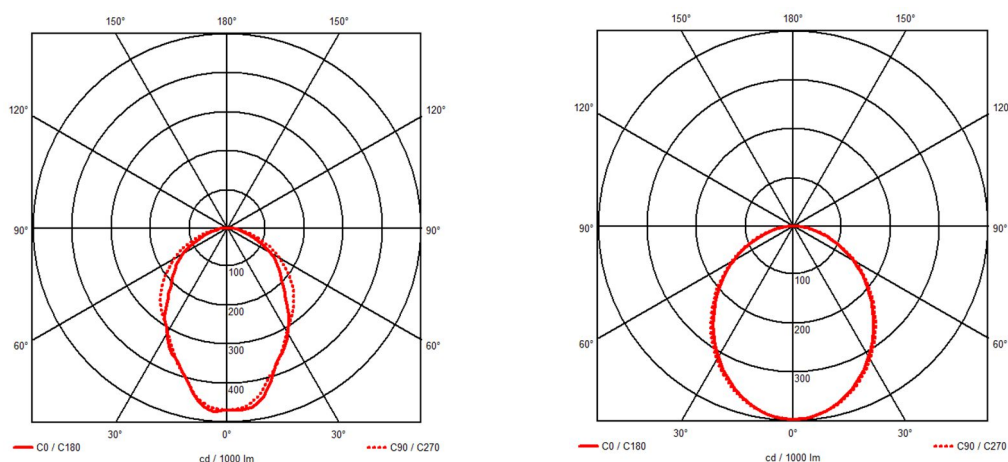
KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII





Klíčovou záležitostí, bylo správné upnutí svítidla na goniofotometr. Nachází-li se na pozici $\gamma = 90^\circ$ nenulová hodnota, je velmi pravděpodobné, že bylo svítidlo na goniofotometr upnuto zkřiva. Objevuje-li se na této pozici nenulová hodnota často, je velmi pravděpodobné, že goniofotometr není vůči fotočlátku kolmo, nebo fotometr indikuje nenulovou hodnotu při nulové intenzitě, případně na fotočlánek dopadá parazitní odražené světlo.

Pro úplnost jsou na Obr. 3 vyobrazeny průměrné křivky svítivosti svítidla pro obě skla.



Obr.3 Průměrné křivky svítivosti svítidla HOOVER 3 LED a) mikroprizma, b) opál

6 Závěr

Závěrem je možné konstatovat, že se díky zapojení poměrně velké skupiny laboratoří podařilo uskutečnit unikátní celorepublikovou akci, která každému zúčastněnému přinese informaci o kvalitách, případně nedostatcích, svého laboratorního pracoviště.

Porovnáním tvaru křivek svítivosti lze konstatovat, že se v tomto ohledu podařilo dosáhnout příjemné shody prakticky u všech zúčastněných, stejně tak i ve změřených příkonech svítidla. Ve výsledku celkového světelného toku byla zaznamenána vcelku široká disperse.

Za nedostatek lze hodnotit to, že většina ze zúčastněných nedodala fundovaný protokol o měření, ze kterého by bylo patrné, např. na jakém zařízení bylo měření uskutečněno, kdy byla provedena poslední kalibrace, při jakých podmínkách probíhalo měření či s jakou nejistotou byly změřeny hodnoty. Toto lze považovat nejen při tomto druhu měření za nezbytné, neboť by se dala v mnoha případech nalézt příčina odchylky.

V plánu bylo hodnotit další parametry svítidla, jako je CCT, CRI, spektrum, teplota a pod., ale pro relevantní hodnocení se nepodařilo sesbírat adekvátní počet dat.

Dalším krokem do budoucna by mělo být odhalení a náprava nedostatků a případně uskutečnění druhého kola měření, které by mohlo být např. zaměřeno na vyhodnocení spolehlivosti výsledků po stránce opakovatelnosti.

7 Poděkování

Autoři článku děkují všem zúčastněným subjektům, za provedenou práci a také 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] ČSN EN 13032, všechny části
- [2] EULUMDAT [online]. 2015 [cit. 2016-09-25]. Dostupné z: <http://www.helios32.com/Eulumdat.htm>
- [3] Z-Score: Definition, Formula and Calculation [online]. 2016 [cit. 2016-09-25]. Dostupné z: <http://www.statisticshowto.com/how-to-calculate-a-z-score/>

Cirkadiánní aktivační index denního světla

Jaroslav Štěpánek, Ing.¹⁾, Jan Škoda, Ing., Ph.D.²⁾

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, xstepa41@stud.feec.vutbr.cz¹⁾, skoda@feec.vutbr.cz²⁾

Abstrakt: Příspěvek se zabývá vyhodnocením denního světla na obsah modrého světla v jeho spektru. Spektrum denního světla je měřeno od východu Slunce po jeho západ. Z tohoto spektra je vypočteno množství modrého světla a také je vypočten cirkadiánní aktivační index, který charakterizuje poměr mezi melanopickou a viditelnou intenzitou vyzařování.

1 Úvod

Bílé světlo může mít různé odstíny. Odstíny s teplotou chromatičnosti okolo 2700 K se nazývají teple bílé a odstíny s teplotou chromatičnosti okolo 6500 K se nazývají studeně bílé. Teplota chromatičnosti odstínu barvy závisí i na obsahu modrého světla ve spektru. Studené odstíny ho mají ve svém spektru mnohem více než odstíny teplé. Sluneční spektrum má také různé odstíny bílé barvy a tyto odstíny se v průběhu dne mění. Na změně intenzity a odstínu slunečního spektra jsou závislé cirkadiánní rytmy a řídí se tak jejich synchronizace.

2 Cirkadiánní rytmy

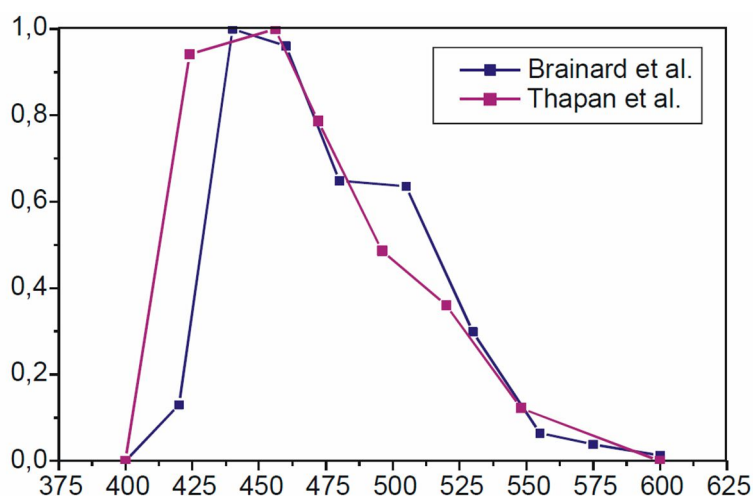
Některé fyziologické pochody probíhají v těle rytmicky. Rytmus střídání těchto pochodů v organismu má různou periodu. Některé pochody trvají v řádu sekund (tlukot srdce), jedné hodiny, jednoho dne, jednoho měsíce či jednoho roku. Pochody, které trvají jeden den, se nazývají cirkadiánní - z latiny circa (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 [7].

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, epifyza 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 [7].

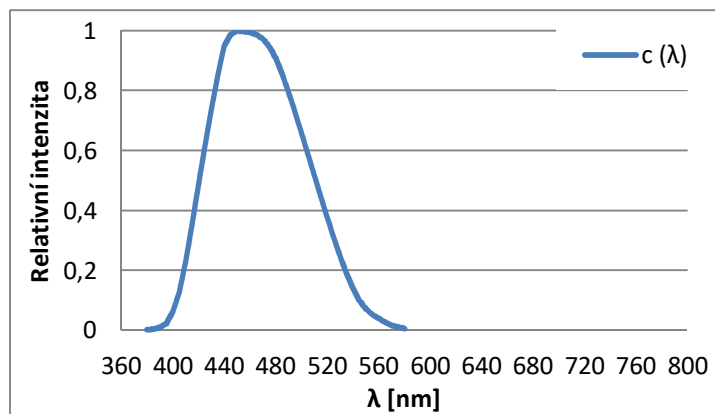
V roce 2001 předložili Brainard [1] a Thapan [2] výsledky svých studií. Obě studie byly zaměřeny na hledání akčního spektra ipRGC buněk. Brainard stanovil akční spektrum srovnáním počtu fotonů potřebných pro stejný biologický účinek pro různé vlnové délky. Pro měření byly použity vlnové délky v rozsahu 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 (cirkadiánní aktivační index) a_{cv} . Je to poměr mezi cirkadiánní intenzitou vyzařování pro určité vlnové délky a fotonickou intenzitou vyzařování pro určité vlnové délky [3]. Vypočte se podle následujícího vzorce:

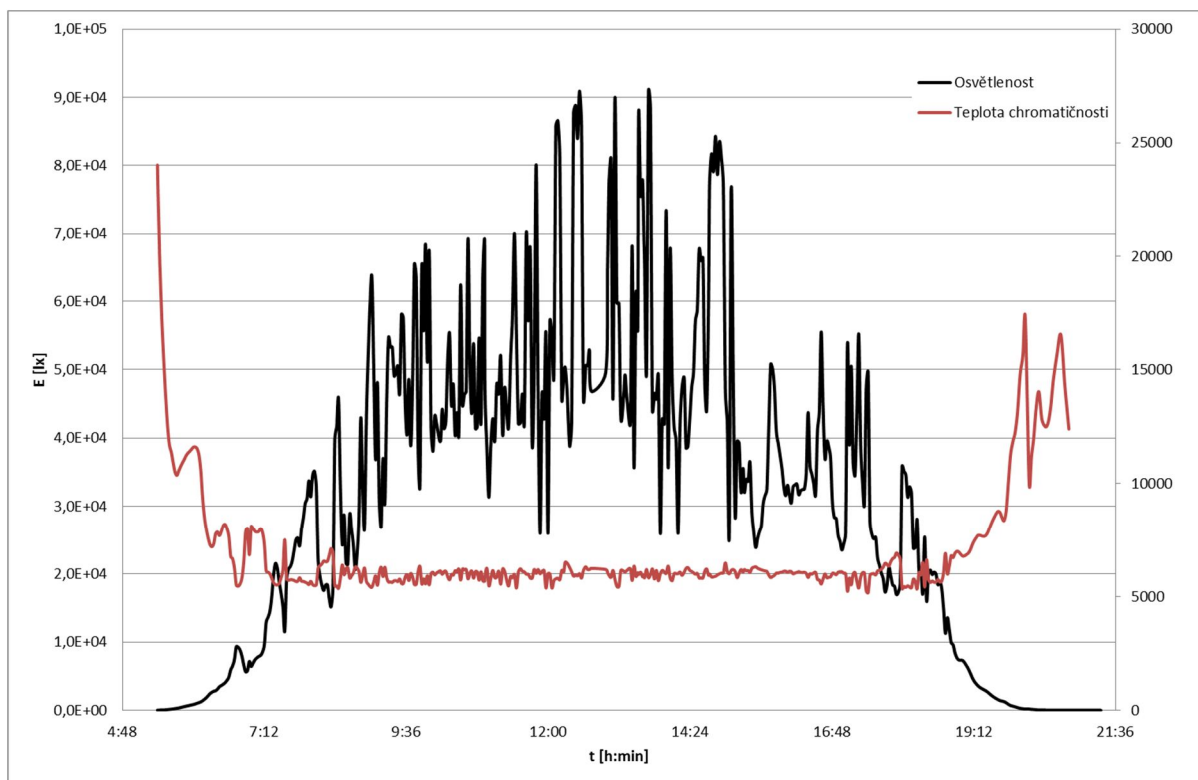
$$a_{cv} = \frac{\int E_{e\lambda} \cdot c(\lambda) \cdot d\lambda}{\int E_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}, \quad (2.1)$$

kde a_{cv} je činitel cirkadiánní účinnosti, $E_{e\lambda}$ je spektrální intenzita vyzařování ve $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$, $c(\lambda)$ 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.

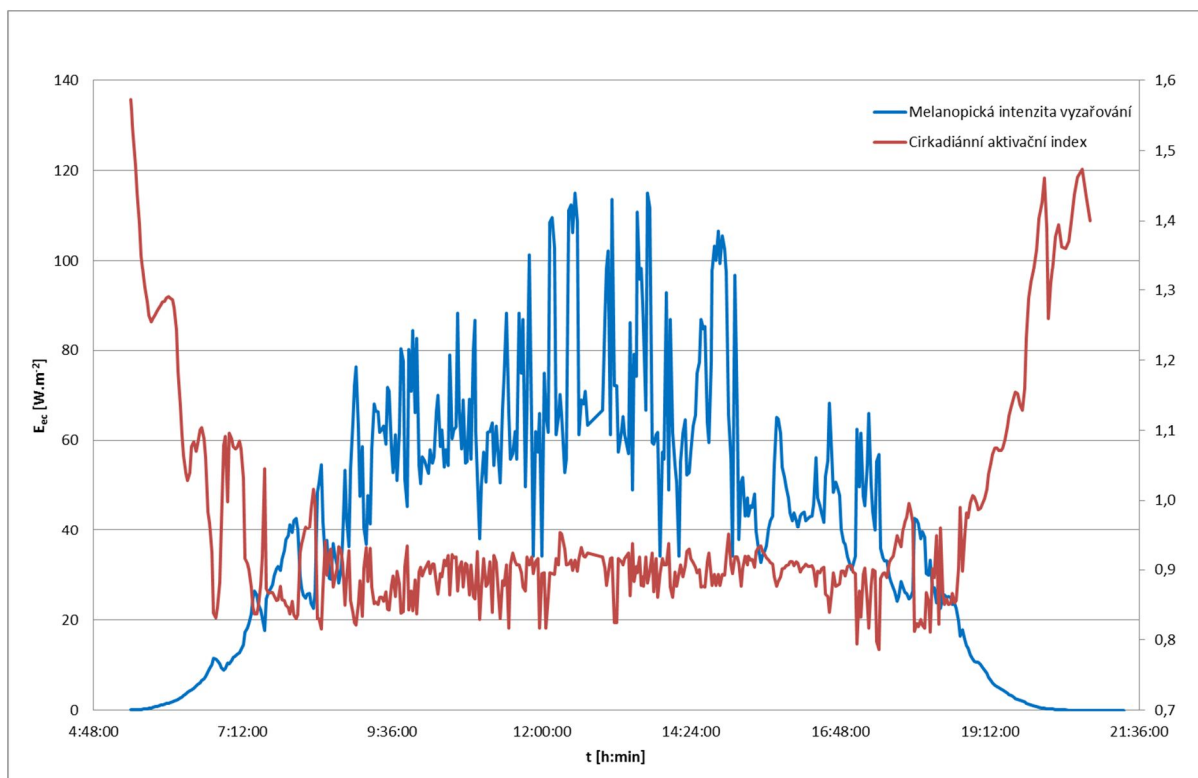
Kromě Gallova činitele cirkadiánní účinnosti existují i jiné ukazatele cirkadiánních indexů, například Lucasova metoda ekvivalentní α -opické osvětlenosti, faktory relativních spektrálních účinností (RSE Factors) od M.L. Amundadottir nebo index cirkadiánního aktivačního účinku A_c od A. Fuksy [5,6].

3 Měření a naměřené hodnoty

Měření probíhalo dne 16.8.2016 od 5:23 (čas před východem Slunce) do 21:21 (čas po západu Slunce). Východ Slunce byl v čase 5:48 a západ Slunce nastal v čase 20:07. Počasí bylo po celý stabilní. Obloha byla zpočátku dne zatažená, po zbytek dne byla oblačná a chvílemi jasná. Měření bylo prováděno na střeše budovy Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií v Brně na adrese Technická 12. Výška měření odpovídala osmému patru. Měření bylo prováděno pomocí spektrometru Jeti Specbos 1211 UV s kosinovým nastavcem. Byla tak měřena spektrální intenzita vyzařování a osvětlenost. Po celou dobu měření byl kosinový nastavec ve vodorovné poloze a s polohou Slunce na obloze se poloha spektrometru neměnila. Z naměřených dat byla vypočtena melanopická intenzita vyzařování E_{ec} a cirkadiánní aktivační index a_{cv} .



Obr.3 Grafické znázornění průběhu osvětlenosti a teplotě chromatičnosti v závislosti na denní době



Obr.4 Grafické znázornění průběhu melanopické intenzity vyzařování a cirkadiálním aktivačním indexu v závislosti na denní době

4 Závěr

Cílem příspěvku bylo změření a vyhodnocení spektra denního světla na obsah modrého světla. Obsah modrého světla byl hodnocen pomocí Gallova cirkadiánního akčního indexu a tzv. melanopické intenzity vyzařování. Naměřené hodnoty jsou vyneseny do grafických průběhů. Z nich je patrné, že průběh melanopické intenzity vyzařování koreluje s průběhem osvětlenosti detektoru a také závisí na teplotě chromatičnosti denního světla. Ranní a večerní průběh osvětlenosti, teploty chromatičnosti a cirkadiánního akčního indexu byly velmi podobné. Jednalo se o nízkou osvětlenost s vysokou teplotou chromatičnosti a vysokým cirkadiánním akčním indexem. Denní průběh teploty chromatičnosti cirkadiánního akčního se pohyboval kolem jedné hodnoty s minimální odchylkou. Tato odchylka záležela na stavu oblohy, zda bylo oblačno nebo jasno.

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] BRAINAD, G. a kol. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans. *Journal of Neuroscience* 21. 2001, pp. 6405-6412
- [2] THAPAN, K. a kol. An action Spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *Journal of Physiology*. 2001, pp. 261-267
- [3] GALL, D., BIESKE, K. Definition and measurement of circadian radiometric quantities. *Proceedings of CIE 2004*. 2004, pp. 129-132
- [4] GALL, D. Die Messung circadianer Strahlungsgrößen. *Technische Universität Ilmenau*. 2006
- [5] AMUNDADOTTIR, M. L., a kol. A Unified Framework for Evaluating non-visual Spectral Effectiveness of Ocular Light Exposure: Key Concepts. *Proceedings of CIE 2015*, Manchester 2015
- [6] FUKSA, A. Světlo a biologické hodiny. *Světlo*, pp. 56-58
- [7] DILAURA, D. A KOL. *IES Lighting Handbook*. 10. vyd., Illuminating engineering society, 2010, 1328 stran, ISBN 978-0-87995-241-9

Perception of night traffic area on the border of the undeveloped parts of the village and the village built. Illuminate or not?

Jiří Tesař

Česká společnost pro osvětlování, region Liberecký
Jablonec nad Nisou, Janáčkova 217/11, Česká Republika

jiri.tesar@artmetal-cz.com

Abstract: Why is it necessary to pay special attention to the transport space in reduced visibility and at night. The human eye is not a programmable machine. Each individual reacts differently in the night environment. Quality light-sensitive virtually all visual functions. In daylight enough to handle most of the central nervous system resulting from stimuli while driving. For night driving creates a visual perception of space constraints receiving information. (Sensitivity to different luminance). Quality of visual function is to be divided into three areas: receive information while driving in daylight, visual perception during night driving and visual perception when driving in fog. Quality visual perception while driving significantly affected by the following factors: movement of the identified object, the size and scale of the identified object, location and change the position of an object in the visual field, an adaptation of the perception of the intensity of light and its timing, brightness, color contrast and intensity of glare. The calendar year is 8760 hours. On the night falls 4200 hours = the average length of operation of public lighting. On the day is 4560 hours. In November, December and January is a night longer than a day. While the density of traffic is twice that day and night

1 Úvod

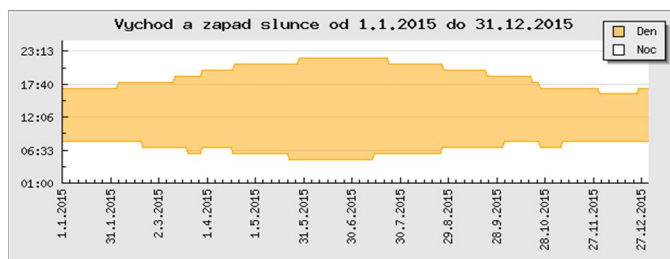
Proč je nutné věnovat zvýšenou pozornost dopravnímu prostoru za snížené viditelnosti a v noci. Lidské oko není programovatelný stroj. Každý jedinec reaguje v nočním prostředí jinak. Na kvalitní osvětlení jsou citlivé prakticky všechny zrakové funkce. Za denního světla výkonnost řidiče při vnímání dopravního prostoru stačí zpracovávat CNS většinu vzniklých podnětů během jízdy. Za noční jízdy vytváří zrakové vnímání prostoru omezení příjem informací (*citlivost na různé jasy*).

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. Kvalita vizuálního vnímání při řízení vozidla, které zásadním způsobem ovlivňují tyto faktory:

- ✓ 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.

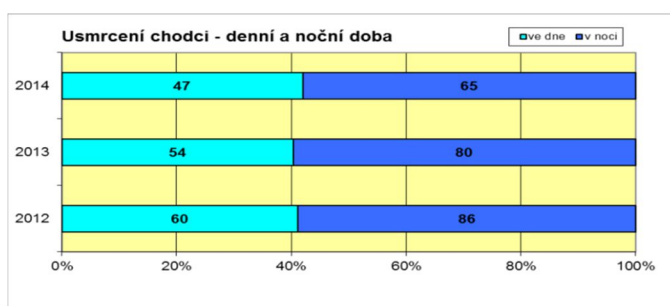
Kalendářní rok má 8.760 hodin, na noc připadá 4.200 hodin (*průměrná délka provozu VO*), na den připadá 4.560 hodin. V listopadu, prosinci a v lednu je noc delší než den. (*Viz graf průběhu dne a noci níže*).

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII



Obr.1 Východ a západ slunce od 1.1.2015 do 31.12.2015

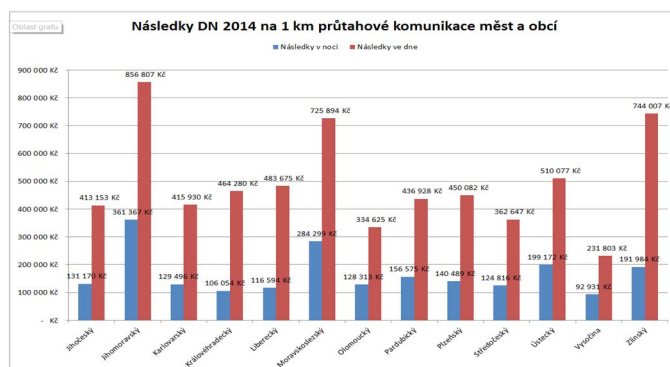
Podle statistických údajů dosahuje hustota dopravy v noci přibližně čtvrtinové úrovně v porovnání s hustotou dopravy ve dne. Přesto je závažnost dopravních nehod v noci výrazně vyšší. Podíl smrtelných dopravních nehod s účastí chodce v nočních hodinách dosahuje až 60% z celkového počtu těchto nehod. Jedním z hlavních důvodů jsou odlišné vizuální podmínky a reakce zraku řidiče motorového vozidla.



Obr.2 Statistika DN policie ČR v jednotlivých letech

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. Jak bylo výše uvedeno, jednotlivé reakční doby mohou být různě dlouhé a tento fakt závisí např. na tom, kam se řidič zrovna podívá, ale i na situaci, kterou vyhodnocuje, a také na jeho zvyklostech 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 extravilánu a intravilánu. Z provedených analýz byl zpracován návrh opatření na zlepšení viditelnosti dopravního prostoru včetně následné realizace.



Obr.3 Následky DN 2014 na 1 km průtahové komunikace měst a obcí

2 Analýza nočního vidění v řešeném dopravním prostoru 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 a těžkým ublížením na zdraví a majetku. Z průběhu zpracovaných analýz nočních dopravních nehod lze odvodit následující výsledky týkající se míst nehod a možného vzniku nebezpečí.

- a) Příčina nehody - nesprávné stanovení pořadí priorit (*nehoda způsobená obráceným pořadím vnímání*).

To znamená neustálý příčinný vztah výrazných vizuálních rysů nebo výrazných pohybů. Jasně oblasti, zřetelný pohyb, nápadné objekty jsou vždy vnímány dříve než ty nenápadné. To vysvětluje maskování – přehlédnutí objektů souvisejících s viditelností a bezpečností.

- b) 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.

- c) 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

3.1 Analýza vzniku nebezpečné situace

Ve většině případů 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*).

3.1.1 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 byly zastíněny méně důležitými, ale viditelnějšími podněty, (porovnání: rozptýlení od bodu nuceného pohledu podněty na periférii).

3.2 Analýzy na místech nočních nehod

Detailní analýza na místech 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 dělicím 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.

3.3 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

4.1 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 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 ovlivněno 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.

4.2 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, získávání informací o nočním dopravním prostoru.

Tyto faktory jsou navzájem v přímé souvislosti a tak je neustále zapotřebí, aby vnímání informací bylo vzájemně koordinované:

a) řidič a jeho vnímání nočního prostoru

- stanovení pořadí priorit – včasná reakce
- vnímání / navigace v dopravní prostoru
- vzájemné vztahy ve výhledu z vozidla v závislosti na okolní dopravní prostoru
- rozpoznání nebezpečí a odhad nebezpečí
- zkušenosti řidiče: "začátečník" vs. "zkušený řidič" atd.

b) Dopravní prostor

- stav povrchu vozovky – viditelnost – odrazné vlastnosti za sucha a mokré vozovky
- kvalitní vodorovné dopravní značení
- silniční zařízení - naváděcí prvky – dobré rozhledové poměry
- design prostředí na silnicích, jasy okolní scény
- podmínky prostředí (složitost dopravního prostoru atd.)

c) Ovládání vozidla

- Technika řízení, vlastnosti vozidla.
- Sekvence odhadu času a vzdálenosti v závislostech uvedení vozidla do klidu

- Rychlost jízdy atd.

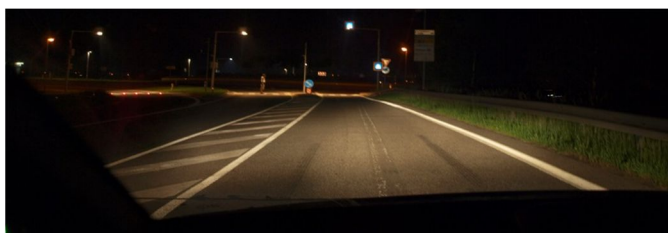
5 Příklady vyhodnocení nebezpečných nehodových míst

5.1 Příklad 1

Vyhodnocení nebezpečného místa a místa konkrétních nehod v dopravním prostoru před a po provedeném opatření zvýšení jasů pomocí osvětlení. Řešení osvětlení okružní křižovatky na komunikaci I/35 v extravilánu, která byla částečně osvětlena. Tato OK byla dopravní policií vyhodnocena jako velice nebezpečná s velkou četností dopravních nehod. Po dohodě policie ČR, ŘSD oblast Liberec a městem Hrádek nad Nisou byla provedena realizace osvětlení OK, včetně demontáže osvětlení přechodu III. generace, led diod v komunikaci atd. Výsledek viz foto níže.



Obr.4 Dopravní prostor denní komunikace OK I/35 obec Hrádek n.Nisou, před rekonstrukcí VO.



Obr.5 Dopravní prostor noční komunikace OK I/35 obec Hrádek n.Nisou, před rekonstrukcí VO.



Obr.6 Dopravní prostor noční komunikace OK I/35 obec Hrádek n.Nisou, po rekonstrukci VO.

Realizace byla provedena v září roku 2014, **do dnešního dne zde nebyla žádná dopravní nehoda v noční době.**

5.2 Příklad 2

Komunikace I/10 extravilán 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 překážku na vozovce. Od doby stavební realizace zde byl v noční době jeden smrtelný úraz a 5 těžce zraněných (**vždy narazili do středního ronda**).



Obr.7 Dopravní prostor ve dne - komunikace I/10 obec Turnov-Vesecko



Obr.8 Dopravní prostor noční komunikace I/10 obec Turnov-Vesecko



Obr.9 Dopravní prostor noční komunikace I/10 obec Turnov-Vesecko, po doplnění VO

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 2016, 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 a odkazy

- [1] Pplk. Judr. Sabina Burdová, rada Policejního prezidia Ředitelství služby dopravní policie
- [2] Jiří Tesař, ČSO region Liberecký – soubor přednášek Instrukčně Metodického Zaměstnání dopravních inženýrů Služby dopravní policie ČR
- [3] 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, tel: +43 664 20 20 234
- [4] 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, +420 54114 8911, ing.bradac@usi.vutbr.cz
- [5] Obr. 4 až 9 archiv autora

Ekonomické a bezpečnostní aspekty realizace venkovního osvětlení elektrických stanic PS

Ivo Ullman, Ing., Ph.D., ČEPS, a.s. Praha, ullman@ceps.cz, www.ceps.cz

Abstrakt: Osvětlení venkovních elektrických stanic je důležitou součástí dálkově ovládaných stanic. Zajišťuje bezpečný provoz při řešení poruchových stavů a zejména je důležité pro kamerový dohled ze vzdáleného místa ovládání. Je třeba najít kompromis mezi ekonomikou a bezpečností, včetně environmentálního hlediska provozu osvětlovacích soustav.

1 Úvod

Venkovní osvětlení elektrických stanic je po technické stránce ve firmě ČEPS, a.s. zvládnuto. Pro činnosti ve stanicích jsou definovány úrovně osvětlenosti v místech zrakového úkonu, je požadovaná kamerová osvětlenost, způsob ovládání, a to vše je definováno v technické normě ČEPS – TN 59 „Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS“. Venkovní osvětlení v transformovných slouží k bezpečné práci při snížených viditelných podmínkách (za soumraku a v noci) a pro noční osvětlení míst s kamerovým dohledem. Ovládání osvětlení je jak místní, tak dálkové z technického dohledového centra.

Požadavky na osvětlení jsou určeny předepsanou osvětleností v důležitých místech stanice, které vychází z normy ČSN EN 12 464 – 2. Dále pak jsou dány požadavkem na kamerovou osvětlenost pro spolehlivý dohled kamer s dostatečnou rozlišitelností sledovaného zařízení. U kamerové osvětlenosti požadujeme správné nasvícení ve směru pohledu kamery, která bývá otočná, a aby nebyla oslňována svítidly.

Základní otázkou je v současné době cena nákladů na osvětlovací soustavy elektrických stanic. Ta se skládá z ceny svítidel a jejich počtu umístěných na konstrukcích rozvodů a v neposlední řadě z ceny systému ovládání a řízení osvětlení. Je třeba najít kompromis mezi požadavky na venkovní osvětlení a úspornými opatřeními investičních akcí.

2 Ekonomický aspekt

Náklady na instalaci osvětlovacích soustav v elektrických stanicích jsou nyní často diskutovanou otázkou. V jakém rozsahu osvětlovat dálkově ovládanou el. stanici, jaká typy svítidel použít, dodržovat předepsanou rovnoměrnost, to jsou základní pojmy, které je nutno vysvětlit a obhájit při návrhu venkovních osvětlovacích soustav. Dalším ekonomickým náhledem jsou náklady na údržbu osvětlení ve stanicích, kde je třeba započítat i náklady na dojezd a zorganizování údržby svítidel.

Náklady na instalaci venkovního osvětlení jsou dány typy použitých svítidel a jejich výškou umístění na ocelových konstrukcích.

V elektrických stanicích máme definovány tři druhy osvětlení:

- hlídací osvětlení (uvnitř kolem oplocení stanice)
- osvětlení komunikací (příjezdová komunikace a důležité cesty ve stanici)
- provozní osvětlení (v rozvodnách a na stanovišti transformátorů a tlumivek)

Pro hlídací osvětlení a komunikaci kolem domků sekundární techniky používáme LED svítidla, která jsou provozována v noci.

Osvětlení komunikací je řešeno většinou sodíkovými svítidly nebo LED svítidly.

Provozní osvětlení rozveden je sodíkovými svítidly a pro provozní osvětlení stanovišť transformátorů a tlumivek používáme halogenidová svítidla pro vhodné barevné podání.

Náklady na tyto osvětlovací soustavy jsou dány cenou svítidla a jejich výškou instalace na konstrukci. Proto máme v technické normě TN59 definovány požadavky na technickou specifikaci svítidla, dobu záruky a životnosti svítidla. Výběr svítidla lze provést multikriteriální analýzou, kde jsou porovnávány vlastnosti svítidel versus jejich cena.

Výška instalace svítidel na hlavní ocelové konstrukci (HOK) rozveden velkou měrou určuje náklady na provozní osvětlení. Nízká výška (cca 10 m) sice umožňuje výměnu světelných zdrojů z plošiny, ale vyžaduje vypnutí zvn zařízení (420kV nebo 245kV) v poli rozvodny. Umístění svítidel v úrovni břevna HOK – tj. ve 23 – 25 m zmenší počet svítidel, dosáhne se lepší rovnoměrnosti a nedochází k oslnění kamer.

Provozní osvětlení je používáno v průběhu rekonstrukce nebo výstavby nové el.stanice a při provozu dálkově ovládané stanice se používá při diagnostických a provozních činnostech, které mohou končit za snížených světelných podmínek nebo jsou dálkově zapnuty při signále narušení ze zabezpečovacích zařízení (povelem z dohledového centra). Doba provozu osvětlení rozveden, transformátorů a tlumivek je nízká, takže můžeme prodloužit intervaly údržby a dosáhneme životnosti svítidel cca 15 let obdobně jako u hlídacího osvětlení.

Náklady na instalaci a údržbu venkovního osvětlení je třeba řešit společně s cílem dosáhnout cca 15 leté životnosti osvětlovacích soustav, která odpovídá současnému trendu rekonstrukce a obnovy elektrických stanic PS.

3 Bezpečnostní a environmentální aspekt

Pro zajištění bezpečné práce v elektrických stanicích při snížených viditelných podmínkách je instalováno venkovní osvětlení. V normě ČSN EN 12464 – 2 jsou definovány předepsané osvětlenosti pro činnosti, jako je celková kontrola elektrických zařízení – 50 lx a pohyb po el.stanici – autem a chůze – 10 lx. Venkovní osvětlení je instalováno tak, aby důležitá místa v transformovně byla osvětlena s požadovanou osvětleností.

Z hlediska zabezpečení el.stanice má základní význam kamerová osvětlenost, která určuje požadavky na osvětlení ve směru pohledu kamer. Je třeba naprojektovat umístění svítidel s ohledem na rozmístění kamer a dále je nutno zvolit teplotu chromatičnosti svítidel s ohledem na spektrální citlivost kamery. Kamerová osvětlenost není stanovena normou ČSN, ale vychází ze zkušeností z nočních měření v el.stanicích se záznamem kamerových systémů TSFO. Pro vhodné osvětlení je třeba dosáhnout vertikální osvětlenosti mezi jednotlivými sloupy hlídacího osvětlení tak, aby osoba byla vidět (ne v negativu) a při dálkovém zapnutí osvětlení, aby pomocí kamer bylo možno posoudit, co se v el.stanici děje.

Při signálu ze zabezpečovacího zařízení pracovník technického dohledového centra dálkově zapne venkovní osvětlení ve el.stanici a sleduje kamerami aktuální stav i v noci.

Osvětlovací soustavy jsou naprojektovány s požadavkem na omezení rušivého světla, což je zkontrolováno po realizaci nočním měřením. Provoz hlídacího osvětlení a dálkové zapnutí celé osvětlovací soustavy nesmí ovlivňovat okolí, provoz na dálnici, na železniční trati, letecký provoz apod.

4 Ekonomická efektivnost realizace venkovního osvětlení

Celkový náhled na ekonomickou efektivnost musí zahrnovat:

- projekční řešení osvětlovací soustavy (výška umístění svítidel)
- výběr vhodného svítidla (musí splňovat technické parametry za přiměřenou cenu)
- nároky na údržbu v průběhu provozu svítidel

Výpočet ekonomické efektivnosti počítá jak investiční, tak provozní náklady.

5 Závěr

Každá rekonstrukce elektrické stanice nebo výstavba nové stanice zahrnuje instalaci nového venkovního osvětlení, které musí zajišťovat bezpečnou práci za snížených viditelných podmínek, musí splňovat environmentální požadavky na omezení rušivého světla a musí být spolehlivě ovládáno jak místně, tak dálkově. Za dodržení těchto požadavků je třeba usměrnit přiměřenou cenu nákladů na realizaci vhodné osvětlovací soustavy.

Náš úkol tedy zní: **Realizujeme nové osvětlovací soustavy v elektrických stanicích, které zajistí dostatečnou bezpečnost a vzdálený dohled kamerovým systémem za přijatelné ekonomické náklady.**

Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] TN 59 Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS – Technická norma ČEPS 06/2009, aktualizace 04/2016
- [2] Karel Sokanský, Tomáš Novák, Ivo Ullman, Zdeněk Medvec: Osvětlování venkovních elektrických stanic, Světlo 2/2009 FCC Public, Praha 2009, str. 42-44, ISSN 1212-0812
- [3] Karel Sokanský a kol.: Lighting of outdoor electrical stations philosophy, EPE 2009, VŠB-TU, Ostrava, 2009
- [4] Tomáš Novák, Ivo Ullman, Karel Sokanský: Osvětlování venkovních pracovních prostor v kombinaci s kamerovými systémy, Kurz osvětlovací techniky XXVII, Kouty nad Desnou, 29.9.-1.10.2009, str. 316-322, ISBN 978-80-248-2087-3
- [5] Ivo Ullman: Osvětlování venkovních rozveden v elektrických stanicích ČEPS, a.s.; Kurz osvětlovací techniky XXVIII, Kouty nad Desnou, 11.10.- 13.10.2010, str. 192-197, ISBN 978-80-248-2307-2
- [6] Karel Sokanský a kol.: Světelná technika, Praha 2011, ISBN 978-80-01-04941-9
- [7] Jiří Habel, Karel Dvořáček, Vladimír Dvořáček, Petr Žák: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013, str. 429-431, ISBN 978-80-86534-21-3
- [8] Ivo Ullman, Tomáš Mičák, Jan Otýpka: New Development in Control System ČEPS, a.s. Electrical Substation Outdoor Lighting; EPE 2014, Brno, 12.5. - 14.5.2014, ISBN 978-1-4799-3806-3
- [9] Tomáš Novák, Ivo Ullman, Karel Sokanský, Petr Bos, Richard Baleja: Outdoor Lighting versus Surveillance camera Systems in Substations CEPS, EPE 2015, 16th International Scientific Conference, Czech Republic 2015
- [10] TB 660 CIGRE: Saving through optimised maintenance in air insulated substations, WG B3.32, June 2016, ISBN: 978-2-85873-363-7

Simulátory osvětlení D a jejich využití v praxi

Michal Vík, Doc. Ing. Ph.D, Martina Víková, Doc. Ing. PhD, LCAM, TU Liberec, michal.vik@tul.cz, www.tul.cz

Abstrakt: Překotný vývoj v oblasti světelných zdrojů na bázi LED přináší rovněž řadu nových a neortodoxních řešení v oblasti napodobování slunečního svitu, respektive normalizovaného zdroje světla D. Požadavky průmyslu na kvalitu těchto světelných zdrojů jsou vysoké a ukazuje se, že použití indexu podání barev je pro srovnávání dostupných výrobků nedostatečné. V příspěvku bude provedena diskuze k jednotlivým typům simulátorů osvětlení D a na praktických případech bude demonstrována nutnost zavedení komplexního indexu metamerie jako dalšího kvalitativního parametru svítidel používaných jako simulátory osvětlení D.

1 Úvod

Stále větší tlak na kvalitu a přesnost reprodukce barev v různých oblastech průmyslové výroby vede na nutnost přesně stanovených podmínek pozorování a hodnocení. Definice světelných podmínek je jedním ze základních předpokladů pro rozhodování o kvalitě dosahovaných barev výrobků. Na různých úrovních standardizace jako jsou mezinárodní normy CIE, ISO, či normy koncernové, jsou popsány podmínky pozorování jak odrazových, tak i průhledových předloh a to pro 4 typická užití:

1. Podmínky pro kritické srovnání
2. Podmínky pro praktické hodnocení vzorků.
3. Podmínky pro prohlížení malých průhledných předloh projekcí.
4. Podmínky pro hodnocení obrazů zobrazených na barevných monitorech.

S výjimkou bodu 3, který není tak obvyklý, jde o velmi důležité informace pro kohokoliv, kdo se zabývá přípravou i vlastní výrobou daného barevného provedení výrobku.

Kritické srovnání probíhá vždy mezi dvěma (nebo více) barevnými vzorky, obvykle buď mezi originálem a jeho reprodukcí, nebo mezi předlohou a výrobní šarží. Pro kritické srovnávání se používá poměrně vysoká úroveň adaptačního jasu $300\text{--}500\text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$, která sice umožňuje detailnější a přesnější vnímání sobě odpovídajících barev, ale příliš neodpovídá jako vizuálním posudkům barevné kvality pro běžné vnímání při „normální“ osvětlenosti.

Pro tento typ pozorování může být zavedena zkratka P1 (adekvátně tomu existuje i definice T1, která popisuje kritické srovnání průhledových předloh). Doporučená osvětlenost při pozorování P1 je $2000 \pm 500\text{ lx}$, alternativně $1300 \pm 500\text{ lx}$ [1]. Náhradní teplota chromatičnosti zdroje světla má být 6500K pro osvětlení D65, alternativně 5000K pro osvětlení D50 (tolerance $\Delta C_{uv} = 0,015$). Hodnota indexu podání barev CRI R_a použitého simulátoru osvětlení D musí být vyšší než 90. Vedle těchto charakteristik je postupně zaváděna metodika hodnocení simulátorů osvětlení D podle CIE [2], která stanovuje povolenou úroveň metamerie, respektive kategorie pro hodnocení simulátorů osvětlení D

podle hodnoty metamerní odchylky u virtuálních nefluorescenčních a fluorescenčních vzorků. Doporučené hodnoty metamerních odchylek jsou méně než jedna pro nefluorescenční vzorky, což je kategorie C a lepší. V případě fluorescenčních vzorků je doporučená hodnota metamerní odchylky na úrovni kategorie D a lepší, neboli menší než 2 jednotky. Vedle toho norma ISO 3664 [3] doporučuje přísnější omezení v případě fluorescenčních vzorků, kde jako maximální metamerní odchylka je akceptována hodnota 1,5. Je zde nutno nicméně dodat, že tato norma je zaměřena na grafické aplikace při použití osvětlení D50, kde je simulace odpovídajícího množství UV záření v poměrném spektrálním složení záření jednodušší.

Jako další součást doporučení týkající se hodnocení P1 je doporučení týkající se okolí hodnoceného vzorku, které má být neutrálního tónu s matným povrchem, přičemž odraznost by se měla pohybovat na rozmezí od 10% do 60%. V současné době je nejčastější použití odstínu N7 podle Munsellova Atlasu Barev [4]. Podložka by měla přesahovat pozorovaný materiál minimálně o 1/3 rozměru. Důležitým kritériem je rovněž homogenita osvětlení, která předpokládá, že dopadající světelný tok v libovolném místě musí být min. 75 % hodnoty světelného toku ve středu kontrolní plochy.

Podmínky pro praktické hodnocení, které můžeme označovat jako P2, předpokládají oproti P1 nižší osvětlenost na úrovni 500 ± 125 lx. Náhradní teploty chromatičnosti je pak stejná pro oba typy pozorování P1 i P2, včetně uvedených tolerancí a hodnot metamerních odchylek. Také parametry okolního prostředí a podložky jsou totožné jako v případě P1.

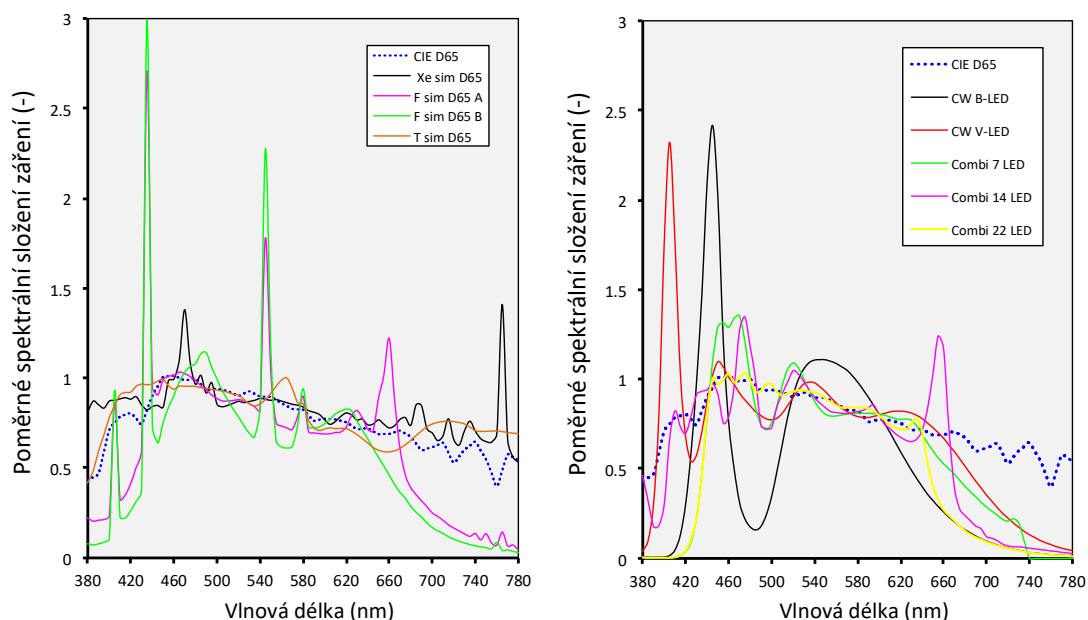
Podmínky pro hodnocení obrazů zobrazených na barevných monitorech zde zmíníme pouze krátce, přičemž je nutno uvést, že tyto jsou platné pro všechny typy zobrazovacích systémů, tedy CRT, LCD, OLED, atd., ale nejsou určeny pro simultánní porovnávání obrazu na monitoru s předlohou, např. umístěnou do koloristické skříně s podmínkami pozorování P2. Je přípustné pouze srovnání tzv. konsekvenční, tedy následné, časově posunuté porovnání s předlohou [3]. Například norma ISO 3664 udává, že náhradní teplota chromatičnosti bílého bodu monitoru má být nastavena na D65. Dále tato norma udává, že svítivost monitoru musí být nastavena nejméně na 80 cd.m^{-2} a nejvíce na nejvíce na 160 cd.m^{-2} . Úroveň okolního osvětlení má být redukována a obvykle se určuje pomocí měření na bílém odrazném difuzoru, který je umístěn na čelní stěnu vypnutého monitoru. Alternativně jsou dostupné kalibrační sondy pro kalibraci monitoru vybaveny světlo-propustnými difusory, které jsou svými vlastnostmi blízké kosinovým korektorům umožňující přímé měření osvětlenosti. Jas okolí monitoru nesmí překročit 20 % jasu bílého bodu monitoru, ideálně by měla hodnota okolního jasu dosahovat 3 % jasu bílého bodu monitoru. Na stínítko nesmí dopadat žádné přímé, ani zrcadlově odražené světlo, přičemž náhradní teplota chromatičnosti okolního světla by měla být blízká hodnotě 6500 K, aby byla omezena chromatická adaptace.

Z výše uvedených doporučení je zřejmé, že nároky na současné koloristické skříně vybavené simulátory osvětlení D se neustále zvyšují a je proto nutné provést srovnání dostupných výrobků, které jsou v současné době na trhu a nejsou k nim dispozici adekvátní specifikace. Řada výrobců se omezuje pouze na uvádění komerčních názvů světelných zdrojů jako TL84, U3000 nebo udává maximálně index podání barev CRI R_a . Nástup nových výrobků založených na LED je tak komplikován skutečností, že zákazník „předpokládá“ shodný barevný vzhled pod osvětlením simulujícím D65 či D50, D55 nebo D75 nezávisle na tom jaké technologické řešení bylo použito. Vznikají tak neshody ve vizuálních srovnáních

způsobené absencí informace o dosahovaných metamerních odchylkách ne CIE virtuálních metamerních vzorcích.

2 Materiál a metody

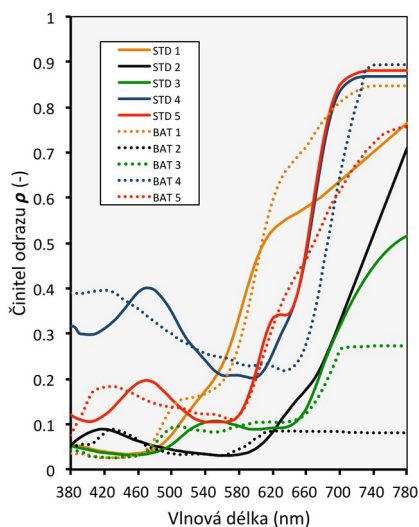
Vzhledem k rozsahu problematiky bylo testování omezeno pouze na ne fluorescenční virtuální metamerní vzorky podle CIE a koloristické skříně vybavené simulátory osvětlení D65. Celkem byl proveden test u pěti dostupných koloristických skříní, které byly doplněny o experimentální koloristické skříně osazené studenou bílou LED s modrým čipem s jedním luminoforem, dále označovanou jako CW B-LED a studenou bílou LED s fialovým čipem se dvěma luminofory, dále označovanou jako CW V-LED. Dále byla připravena experimentální koloristická skříně vybavená nepřímým osvětlením xenonovou výbojkou Oriol o výkonu 150 W, dále označovaná jako Xe sim D65. K poslední experimentální koloristické skříně byla získána data z NIST a jedná se o systém obsahující 22 druhů monochromatických LED s kontrolovanou intenzitou, která nese označení Combi 22 LED. Dvě komerčně dostupné koloristické skříně byly založeny rovněž na vícekanálové kombinaci monochromatických a polychromatických LED. Tyto skříně nesou označení Combi 7 LED a Combi 14 LED podle počtu druhů řízených LED. Další dvě koloristické skříně obsahovaly simulátory osvětlení D65 typu F a poslední testovaná koloristická skříně byla osazena simulátorem osvětlení T, neboli jednalo se o systém vybavený halogenovou žárovkou s konverzním filtrem. Měření světelně technických parametrů bylo provedeno pomocí dvou spektrometrů: Lightdrop Smart Spectrometer (spektrální rozsah 340-850 nm) a spektrometr OceanOptics USB2000 (spektrální rozsah 200-870 nm). Pro kalibraci byl použit kalibrační světelný zdroj AvaLight-HAL od firmy Avantes vztažený na primární standard NIST. Naměřená poměrná spektrální složení sledovaných simulátorů osvětlení D65 jsou uvedena na obrázku 1.



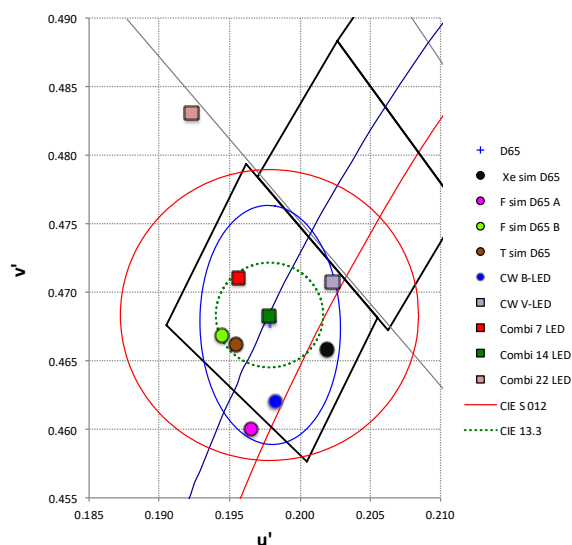
Obr.1 Poměrná spektrální složení sledovaných simulátorů osvětlení D65

Jak již bylo uvedeno v předcházejícím textu pro hodnocení kvality simulátorů osvětlení D podle metodiky CIE [2] jsou používány virtuální metamerní vzorky, jejichž průběhy spektrálního činitele odrazu jsou uvedeny na obrázku 2. Obecně je používáno 5 ne fluorescenčních a 3 fluorescenčních, přičemž v případě ne fluorescenčních vzorků je nutné

vypočítat vliv sledovaného poměrného spektrálního složení záření na hodnoty spektrálního činitele luminiscenční zářivosti $\beta_L(\lambda)$, potažmo na spektrální činitel celkové zářivosti $\beta_T(\lambda)$. Tato problematika však bude diskutována v některém z budoucích příspěvků.



Obr.2 Poměrná spektrální složení sledovaných simulátorů osvětlení D65



Obr.3 Kolorimetrické souřadnice $u'v'$ sledovaných simulátorů osvětlení D65 v kolorimetrické soustavě CIE LUV

3 Výsledky a diskuze

V tabulkách 1 a 2 je uveden souhrn kolorimetrických parametrů sledovaných simulátorů osvětlení D65. Je zde vidět, že s výjimkou CW B-LED všechny sledované simulátory splnily základní požadavek na index podání barev $CRI R_a > 90$. Z hlediska náhradní teploty chromatičnosti pokrývají simulátory poměrně značný interval od 6047-7158 K, přičemž s výjimkou kombinace 22 LED všechny splnily podmínku $\Delta C_{uv} < 0,015$. To je dle našeho názoru poměrně zajímavé, neboť ve starším doporučení CIE 13.3-1995 byla podmínka $\Delta C_{uv} < 0,0054$. Jinými slovy v dřívějším omezení byl interval náhradních teplot chromatičnosti přibližně ± 300 K a simulátory F sim A, CW V-LED a Combi 22 LED by byly nevyhovující. Je proto otázkou co vedlo technický výbor CIE TC 1-53 ke zmírnění požadavků kladených na simulátory osvětlení D. Graf na obrázku 3 dokumentuje rozdíl mezi jednotlivými CIE doporučeními v kolorimetrickém trojúhelníku $u'v'$. Zároveň je zde vidět jak výraznou odchylku Δ_{uv} vykazuje simulátor založený na kombinaci 22 LED. Přestože tento systém představuje na rozsahu od 440nm do 635nm nejlepší spektrální přiblížení k osvětlení CIE D65, za hlavní problém lze považovat neúplné pokrytí vizuální části spektra, neboť mimo výše uvedený rozsah tento simulátor prakticky neemituje záření. Jinými slovy bylo by tento simulátor nutné doplnit ještě o minimálně 5 monochromatických LED pokrývajících pásmo 350-430 nm a další 3-5 LED pokrývajících pásmo 640-780 nm. Ve výsledku by takovýto systém obsahoval až 32 řízených monochromatických LED, což je pro účely průmyslové praxe příliš komplikované. Nejlepších výsledků bylo naopak dosaženo u kombinace 14 LED. Důvodem je skutečnost, že u tohoto simulátoru jsou kombinovány monochromatické LED s polychromatickými založenými na konvertorech záření. Jinými slovy CW B-LED je zde doplněna o monochromatické LED 360, 405, 430, ... 660 nm. Přestože se průběh poměrného

KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII

spektrálního složení záření u systému Combi 14 LED od osvětlení CIE D65 poměrně liší a připomíná ve vizuální části simulátor typu F, konkrétně F sim D65 A, profituje systém kombinující 14 LED především z pokrytí vlnových délek pod 420 nm a jako jediný je kategorizován jako vis B.

Parametr/Simulátor	CIE D65	Xe sim	F sim A	F sim B	T sim D65
X	94.81	97.00	95.50	93.18	94.66
Y	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Z	107.32	109.99	117.10	102.73	111.42
u'	0.1979	0.2014	0.1962	0.1960	0.1963
v'	0.4695	0.4671	0.4623	0.4733	0.4666
T _{CP}	6504	6386	7158	6818	6796
CRI R _a	100	97	94	98	95
CQS Q _a	100	98	97	97	95
max. ME* NFS	0.0	0.5	0.8	1.2	0.7

Tab.1 Přehled kolorimetrických parametrů testovaných simulátorů osvětlení D65 včetně osvětlení CIE D65 pro doplňkového standardního pozorovatele

Parametr/Simulátor	CW B-LED	CW V-LED	Kombinace 7 LED	Kombinace 14 LED	Kombinace 22 LED
X	99.67	97.47	92.57	94.86	89.38
Y	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Z	118.30	106.28	100.44	107.29	86.44
u'	0.2040	0.2035	0.1955	0.1980	0.1934
v'	0.4605	0.4697	0.4752	0.4696	0.4868
T _{CP}	6886	6086	6482	6507	6047
CRI R _a	69	97	95	99	90
CQS Q _a	68	97	94	99	89
max. ME* NFS	2.6	0.9	3.3	0.4	2.8

Tab.2 Přehled kolorimetrických parametrů testovaných simulátorů osvětlení D65 včetně osvětlení CIE D65 pro doplňkového standardního pozorovatele

Vedle velmi dobrého výsledku pro systém kombinující 14 LED jsou ještě zajímavé výsledky u polychromatické LED založené na fialovém čipu a dvou luminoforech ze kterých vyplývá, že snaha o co možná nejvyšší pokrytí vizuálního spektra pomocí kombinovaných absorpčních pásem luminoforů představuje výrazný technologický posun a možnost vyrábět komerčně dostupné simulátory výrazně jednodušší konstrukce než současné vícekanálové LED systémy.

Jako nejméně vyhovující z hlediska dosahovaných metamerních odchylek se ukázal systém kombinující 7 LED. Také v tomto případě podobně jako u kombinace 22 monochromatických LED je hlavní příčinou nedostatečné pokrytí vizuální části spektra.

4 Závěr

Předložené výsledky ukázaly, že i přes dosažený pokrok v oblasti vícekanálového řízení LED založeném na odhadových modelech superpozice jednotlivých světelných zdrojů, nelze jednoduše zaměnit stávající koloristické skříně obsahující obvykle simulátory typu F, aniž by zde nevznikal problém rozdílných srovnání a to jak kategorie P1, tak kategorie P2. Skutečnost, že vícekanálové simulátory osvětlení jsou často prezentovány jako univerzální systém nahrazující několik světelných zdrojů v tzv. klasických koloristických skříních je nutno považovat za zavádějící, neboť schopnost dosáhnout určité náhradní teploty chromatičnosti ještě neznámá shodný vizuální posudek při srovnání předlohy a příslušné výrobní šarže.

Literatura a odkazy

- [1] ASTM D 1729-96 (Reapproved 2003) Standard Practice for Visual Appraisal of Colors and Color Differences of Diffusely-Illuminated Opaque Materials
- [2] ISO 23603:2005(E)/CIE S 012/E:2004 Standard Method of Assessing the Spectral Quality of Daylight Simulators for Visual Appraisal and Measurement of Colour
- [3] ISO 3664:2009 Graphic technology and photography Viewing conditions
- [4] VIK, M: *Měření barevnosti a vzhledu v průmyslové praxi*. VÚTS Liberec, 2015. ISBN 978-80-87184-64-6

Zdravotní rizika u optického záření i osvětlování

Petr Vrbík Ing., autorizovaná osoba pro hodnocení zdravotních rizik
VrbikPetr@seznam.cz

Abstrakt: Odhad zdravotních rizik, poškození energií optického záření (tepelné a fotochemické účinky); oslnění; nedostatek přirozeného denního osvětlení k pobytu; nedostatečné osvětlení pro zrakovou zátěž; rušivé světlo popř. obtěžování světlem.

1 Úvod

Téma kurzu „**bezpečnost**“, je pojem obecně používaný v řadě oborů - společenskovedních (*sociologie, politologie, psychologie, ekonomie*), přírodovědných (*medicína, ekologie*) i technických (*strojírenství, informatika*) a bývá vztahován především k absenci určitého nebezpečí (*lze konstatovat, že bezpečný je ten, kdo není vystaven nebezpečí*). Z medicínského pohledu se jedná hlavně o nebezpečí možného zranění či poškození zdraví. K určení míry možného nebezpečí se v praxi používá **odhad zdravotních rizik** (*pravděpodobnost poškození zdraví – např. žádné; zanedbatelné; významné; zásadní; dominantní*).

Z hlediska zdravotních rizik lze **optické záření** (UV, VIS, IR) považovat za významný **rizikový faktor**. Jedná se o přenos energie ve formě elektromagnetického záření, k jehož charakteristice nám slouží především vlnová délka (*popř. frekvence*) a hustota zářivého toku. S kratší vlnovou délkou (*rostoucí frekvencí*) roste i energie přenášená elementární částicí (*kvantem*) a při dosažení určité energie kvanta dochází až k ionizaci buněk – vzniká ionizující záření (*účinky na zdraví jsou zásadní*) a právě **optické záření** vytváří **hranici mezi ionizujícím a neionizujícím zářením!**

2 Působení optického záření na člověka

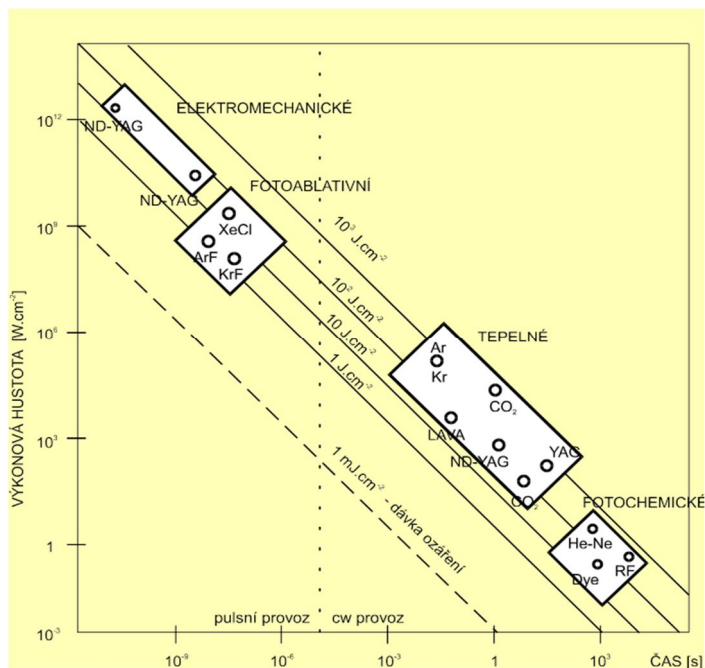
Optické záření může na člověka působit **přímo i nepřímo**. Rozhodující pro přímý účinek optického záření je **množství absorbované energie** v konkrétní lidské tkáni za určitou dobu (*záleží i na biologických vlastnostech a velikosti zasažené tkáně v místě absorpce*). Pro optické záření je charakteristická absorpce především na povrchu těla; čili v **oku** (rohovka, čočka, sítnice) a v **pokožce**. (*Absorpce také závisí na vlnové délce záření; u pokožky je maximum na 297 [nm]; u rohovky 270 [nm]; u čočky 365 [nm]*). Rozlišujeme dva základní druhy účinků - **tepelné** a **fotochemické**, přičemž se předpokládá bezprahové působení (*možnost kumulace*)!

CIE	UV-C	UV-B	UV-A	VIS	IR-A	IR-B	IR-C
λ [nm] →	100	280	315	400	760	1400	3000
OKO	zánět rohovky		degradace barev, vidění		zákal rohovky		popálení rohovky
			zákal čočky	popálení sítnice			
POKOŽKA	erytém		popálení pokožky				

Tab.1 Účinky nadměrné absorpce optického záření

2.1 Koherentní záření

Za vůbec nejrizikovější se považuje koherentní záření **laserů**, které umožňuje přenos obrovského množství energie na velkou vzdálenost. Navíc při průchodu světelného záření oční čočkou, dochází ke koncentraci na **sítnici** (tzv. fokusaci), čili k dalšímu nárůstu hustoty energie (až 10^5)! Rozhodující pro účinky je dávka ozáření a její rychlost předání (pulsní / kontinuální provoz). Hlavní riziko je nebezpečí úrazu!



Obr. 1 Schéma interakcí laserového záření s lidskou tkání

U laserů rozlišujeme čtyři základní bezpečnostní třídy (podrobněji na přednášce).

2.2 Ultrafialové záření (UV)

Také u ultrafialového záření můžeme prokázat významné **nepríznivé účinky**. Pro určité spektrální oblasti jsou některé účinky **prioritní**:

oblast – UV-R záření (UV-B + UV-C; $\lambda \leq 315$ [nm]):

- zde zařazujeme UV záření, jehož účinky se projevují poměrně rychle **tepelnými efekty** a můžeme je i pociťovat (což lze považovat za výhodu!). Nejdříve dochází k popálení **rohovky** a následně i **pokožky**. Vrchol spektrální citlivosti je u rohovky ~ 270 [nm], u pokožky ~ 297 [nm]; a je **pro všechny lidské rasy stejný!**

oblast – UV-A záření; ($\lambda > 315$ [nm]):

- prahové hodnoty intenzity UV-A záření potřebné k tepelným projevům jsou řádově (1000 x) vyšší než u UV-R záření. Avšak toto záření je nebezpečně pohlcováno především v **oční čočce** (vrchol spektrální citlivosti je u čočky 365 [nm]). Může dojít k zákalu oční čočky nebo k předčasnému stárnutí pokožky, popř. až k inicializaci nádorových onemocnění - mluvíme o netepelných **fotochemických účincích**. Účinky se projevují velmi pomalu a mohou se kumulovat (*rizikem je, že účinky na počátku vůbec nepocítujeme!*).

Pro expozici osob od umělých zdrojů UV záření jsou stanoveny NPH (hyg. limity) podle experimentálně ověřené absorpce v dotčené tkáni pro obě uvedené spektrální oblasti. V jistém období byla stanovena absolutní ochrana bez limitů, ale paradoxně se tím snížila kontrola rizika (UV záření pak nikdo nekontroloval)!

2.2.1 Solárium

Jedná se o velice specifické využívání UV záření. Hygienik musí konstatovat zákazníkovo **vědomé podstupování možného rizika poškození zdraví!**

Výstraha pro zákazníka: *Ultrafialové záření může způsobit poškození očí a pokožky. Používejte přiložené ochranné brýle. Určité léky a kosmetické přípravky mohou zvýšit citlivost.*

Nutná opatření:

organizační (obsluha - pobyt mimo ozařovaný prostor, pro zákazníka ochranné brýle);

administrativní (provozní řád, výstražné tabulky);

2.3 Infračervené záření (IR)

U infračerveného záření se převážně jedná o **tepelné působení** na oko a na pokožku. V pracovním prostředí to jsou práce s rozžhaveným materiálem (hutě, slévárny, sklárny). Pro odhad zdravotního rizika zde zavádíme zářivou veličinu, určující současně prostorovou i plošnou hustotu zářivého toku, kterou označujeme jako **zář Le** [$\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]; (*ochrana brýle popř. i vzdušné sprchy!*).

2.3.1 Kolagenárium

Komerční využívání IR + VIS záření; vyzařovací spektrum speciálně vyvinutých trubic (*max. na 633 nm; bez UV záření*) slouží k obnově kolagenu (*vrací pokožce ztracenou elasticitu*).

3 Světelné záření (VIS)

Zcela specifickou oblastí optického záření je **světelné záření**, jehož energie je v našem oku transformována na **biologické potenciály** (*ve třech typech fotopických a jednom typu skotopických receptorů*), které jsou přenášeny do mozku a jejich zpracování nám umožňuje **zrakové vnímání**.

Rozlišujeme **přírozené denní světlo** (*sluneční záření + oblohové*) a umělé světlo (*vytvořené technickými zdroji*). Světelné záření především využíváme k **osvětlování** (*což je světlem vytvářené prostředí, které vyvolává fyziologické a psychologické odezvy člověka*). Lze konstatovat, že denní osvětlení potřebujeme ke zdravému **pobytu**, k přijatelnému **zrakovému vnímání** i pro psychickou **pohodu**.

3.1 Rizika světelného záření

K přímým (*fyziologickým*) účinkům může docházet při:

- **oslňování**, způsobující překročení adaptačních schopností zraku;
- **nedostatečném množství přírodního denního světla** v průběhu dne;
- **nadměrné zrakové zátěži** (např. nedostatečném osvětlením pro vidění)
- **rušivém světle**, přičemž světlo interferuje s nějakou lidskou činností (pozorováním, spánkem apod.);

K nepřímým (*psychologickým*) účinkům při:

- **narušování pocitu pohody**, vznikající psychicky negativně vnímaným světlem (emoční stres; podíl i osobnostní rysy pozorovatele);
- **obtěžování**, představující nepřijatelné ovlivňování našeho prostředí (popř. i osobních práv).

Ad a) Podle účinků můžeme rozlišovat oslnění:

- **psychologické** (rušivé) – když např. zdroj vyššího jasu v zorném poli odpoutává pozornost pozorovatele od vlastního zrakového úkolu, aniž by si pozorovatel nutně uvědomoval, že je oslňován. Vzniká pocit zrakové nepohody, aniž by byly vyvolávány měřitelné změny zrakových funkcí.
- **fyziologické** (omezující, přechodně oslepující) – je to již postřehnutelný stupeň oslnění, které zhoršuje činnost zraku, způsobuje snížení zrakových schopností (*např. kontrastní citlivosti či ostrosti*).
- **poškozující** – když energie VIS záření překročí práh možného poškození a může dojít až k nevratnému poškození zraku (*rohovky či sítnice; hlavně u laserů*).

Ad b) Nedostatečné denní osvětlení bývá většinou záležitostí odstupových vzdáleností stínících překážek a velikostí osvětlovacích soustav (oken či světlíků). (*Na přednášce budou prezentovány některé konkrétní situace*).

Ad c) Kritéria pro určení zrakové zátěže

- velikost kritického detailu;
- náročnost na diskriminaci detailů;
- nároky na adaptaci zraku;

- nároky na akomodaci a oko-hybné svaly;
- práce za zvláštních světelných podmínek;
- používání zvětšovacího přístrojů.

Ad d) Rušivé světlo může zvyšovat zátěž nebo vyvolávat emoce (*ale dá se měřit*).

Na psychologických účincích osvětlení se podílí i naše osobnost, každý vnímáme jinak (*rozdíly jsou mezi muži a ženami*). Fyziologické účinky většinou objektivizujeme pro standardního pozorovatele (*např. měřením*) a psychologické účinky spíše posuzujeme pro konkrétní osoby (*např. dotazníky*).

Literatura

- [1] Vrbík P., Hygiena optického záření a osvětlování. IDVPZ Brno, 1998, ISBN 80-7013-265-5
- [2] Hladký, A., Matoušek, O.: Standardní metodika pro hodnocení pracovních podmínek z hlediska neuropsychické zátěže – AHEM 1990, příloha č.2
- [3] Norma ČSN EN 60825-1 ed. 2 (367750), Bezpečnost laserových zařízení - Část 1: Klasifikace zařízení a požadavky
- [4] ČSN 73 0580-1 (730580), Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky
- [5] <http://zdenka-zidkova-psvz.webnode.cz/>

Studie jasových adaptačních podmínek pro uživatele veřejného osvětlení

Jan Zálešák, Ing., ČESKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, Katedra elektroenergetiky, zalesja1@fel.cvut.cz,
Zuzana Panská, Ing., ČVUT V Praze, Katedra elektroenergetiky, pelanzuz@fel.cvut.cz

1 Úvod

V posledních deseti letech je problematika mezopického vidění řešena stále více i na nejvyšších místech komise CIE. Aby bylo možné pokročit dále v implementaci teorie mezopického vidění, fotometrie a ověřování do praxe, musí být vyřešeno několik, zatím nezodpovězených otázek. Nejpalčivější z nich je popis, pochopení a kvantifikace adaptace zraku. Jedná se o jeden z důležitých aspektů popisující funkci zraku. Bez toho, aniž bychom věděli "jak adaptace funguje" nemohou ani odborníci, případně výzkumné týmy kdekoliv na světě, poskytnout adekvátní odpověď jakým způsobem hodnotit rozdílné situace v podmínkách osvětlování komunikací.

Tento článek se věnuje popisu výsledků jednotlivých měření jasů distribuovaných v zorném poli řidiče během noční jízdy.

Cílem článku není podrobný popis veškerých možných situací osvětlení komunikací ve městě či mimo zástavbu. Cílem je vyšetřit typické situace osvětlení komunikací a pomoci tak v dalším výzkumném kroku zúžit zaměření výzkumu a soustředit se pouze na tyto typové situace.

2 Příprava a měření

Pro měření určující rozložení jasů v zorném poli řidiče v nočních podmínkách byl použit digitální fotoaparát s 8mm objektivem s pozorovacím úhlem 180°, díky kterému se podařilo zachytit jak celou plochu čelního skla automobilu a přístrojovou desku tak, i část bočních okének se zpětnými zrcátky.

Takto bylo možné zachytit všechny případné směry pohledu řidiče. Z možných způsobů určení jasu nebyly vybrány typické postupy měření komunikací dle ČSN EN 13201 a to vzhledem k potřebě určit všechny směry pohledu uživatele komunikace. Mimo jiné, cílem bylo i vyšetřit vliv pozice řidiče uvnitř vozidla. Z tohoto důvodu byl fotoaparát nainstalován do automobilu napevno pomocí stativu do polohy velmi blízké pozici řidiče, jak je vidět na obrázku 1 (vlevo).



Obr.1 Nastavení sestavy – normální fotografie (vlevo), Obrázek pro vyhodnocení rozložení jasů s expozičními časy HDR 4s, 15s a 30s (vpravo)

Pozice fotoaparátu byla blíže středu vozidla a to z důvodu zachycení maximálního pole pohledu řidiče. Všechny fotografie tak byly pořízeny ze stejného místa, které zahrnuje všechny podstatné úhly pohledu. Abychom získali co největší škálu jasů, byly vždy vyfoceny 3 snímky, každý s různým nastavením expozice. Tyto snímky pak byly následně zpracovány post-procesním programem, který zajistil sloučení snímků a navýšení expozičního rozsahu fotografie. Fotografie s širokým expozičním rozsahem bývá také nazývána zkratkou anglických slov jako HDR. Grafický výstup tohoto procesu je prezentován na obrázku č. 1 (v pravo).

Jas je vyhodnocován pro každý kruh zvlášť (Obr. 1 vpravo), kde každý z nich (1 až 10) odpovídá předem definovanému úhlu pohledu (1° až 90°). Výsledky plynoucí z tohoto způsobu hodnocení jsou uvedeny v následující kapitole.

Za nejvíce homogenní prostředí z hlediska světelných podmínek lze považovat tunely, kde vzhledem k uzavřenému prostoru a konstantní rychlosti vozidla lze simulovat přirozenou činnost zraku během řízení. Obrázek z tohoto měření je vidět níže (Obr. 2).



Obr.2 Měření v tunelu v pohybu v vozidle

3 Vyhodnocení systémem pomocí kružnic

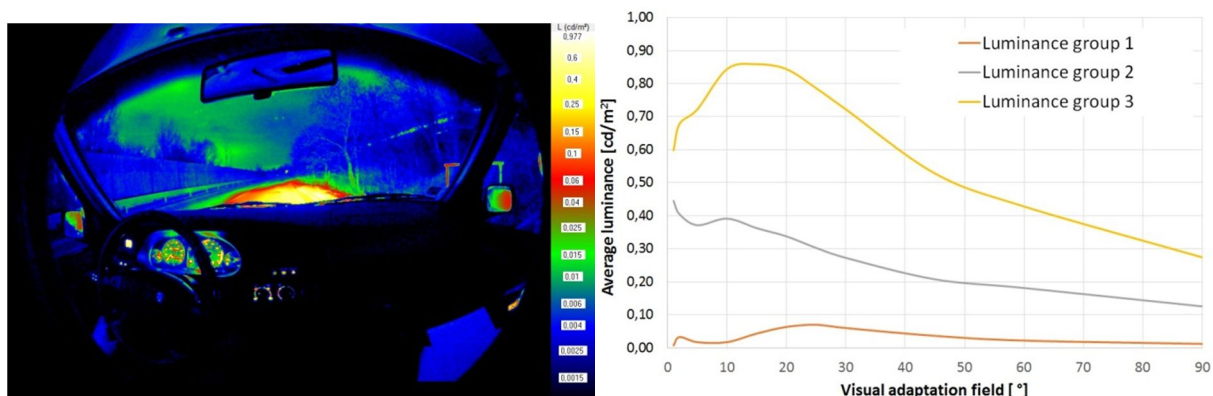
Po provedeném měření byly všechny snímky zpracovány v programu LMK2000. Jednotlivé světelné scény na komunikacích byly rozděleny do čtyř skupin podle dosažených hodnot a samotného prostředí, ve kterém se z hlediska osvětlení nachází.

Každá skupina je vyhodnocena v rozsahu úhlů zorného pole 1° až 90°. Nicméně při zpracování malých úhlů do 10° jsou výsledky velmi nepřesné. Při vyhodnocování úhlů v rozmezí 1° až 10° je velmi důležité umístění středu kružnic a tím se vždy velmi zásadně dá ovlivnit měřená hodnota. Vzhledem k malým plochám a členitostem fotografie (různé prostředí, tvar cesty) může docházet k výrazné změně výsledné hodnoty už i při posunu o několik pixelů. Rozdíly u stejných úhlů (menších než 10° včetně) v různém prostředí byly téměř 350% hodnoty jasu.

Z výsledků se podařilo definovat 4 různé skupiny prostředí, které jsou svou vzájemnou „jasovou charakteristikou“ velmi podobné a dá se u nich předpokládat podobný režim chování zraku.

3.1 Skupina 1

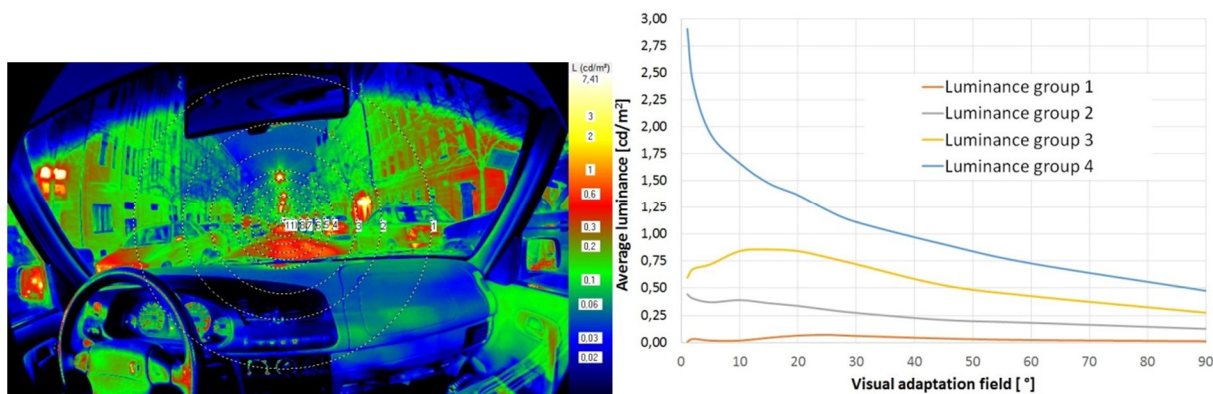
Skupina 1 reprezentuje prostředí s nízkými hladinami jasu bez osvětlení komunikace. Příklad takové komunikace je vidět na obrázku 3 vlevo. Pro tuto skupinu jsou typické následující vlastnosti: nízký jas palubní desky, velké rozdíly mezi osvětlovanou oblastí (komunikace) a okolním prostředím. Distribuce jasu zorným polem řidiče je vidět na obrázku 3 vpravo.



Obr.3 Skupina 1 – příklad komunikace (vlevo), Rozložení jasu v zorném poli řidiče pro skupiny 1, 2 a 3 (vpravo)

3.2 Skupina 2

Skupina 2 reprezentuje nejvíce situací typů osvětlení na komunikacích ve městě. Tato skupina je charakterizována nízkou rychlostí provozu (maximální rychlost 50km/h), výskytem chodců a vysokou hustotou přechodů. Distribuce jasu v zorném poli řidiče je vidět na obrázku 3 vpravo. Pro takovouto situaci je typické okolní prostředí s chodníky a chodci, nízký počet sloupů veřejného osvětlení, keře a stromy u komunikace, zástavba v okolí komunikace. Typický příklad této skupiny je vidět na obrázku 4.



Obr.4 Skupina 2 – příklad komunikace (vlevo), Rozložení jasu v zorném poli řidiče pro všechny skupiny (vpravo)

3.3 Skupina 3

Skupina 3 je reprezentována dvěma rozdílnými typy prostředí. První obsahuje hlavní komunikace ve městě (maximální rychlost obvykle 80km/h, vysoké protihlukové stěny okolo komunikace). Druhá podskupina je tvořena komunikacemi na náměstích (rozlehlé okolí, často uměle osvětlené, případně lemování vysokými budovami). Tyto podskupiny jsou sice charakterem poměrně rozdílné, avšak z hlediska rozložení jasu v zorném poli vykazují velmi podobné výsledky a totožné základní charakteristiky jako malá změna jasu palubní desky a okolí, případně poměrově nízký rozdíl mezi jasnem komunikace a okolí. Rozložení jasu v zorném poli řidiče je ukázáno na obrázku 4 vpravo.

3.4 Skupina 4

Skupina 4 vystihuje zvláštní případy světelných prostředí ve městě, kde vysoká hustota provozu může být kombinována s chodci a zastávkami veřejné dopravy. Stejně tak může jít například o tunely, kde je jas stěn z důvodu malé vzdálenosti svítidel a světlometů automobilu vysoký. Tyto typy komunikací jsou zobrazeny na obrázcích 1 a 2. Rozložení jasu v zorném poli řidiče spolu s porovnáním ostatních skupin je ukázáno na obrázku 4 vpravo.

U každé skupiny lze pozorovat pokles průměrné hodnoty jasu u širších úhlů zorného pole, které však je stále při řízení aktivní a řidič v těchto oblastech pozoruje okolí vozu. Není tedy jednoznačně možné říci, že by adaptačním jasnem byl pouze jas komunikace. Zároveň však není možné použít ke stanovení adaptačního jasu pouze průměrný jas daný celou plochou zorného pole. Taková hodnota je nevyhovující například z hlediska rozložení distribuce jasu mezi vozovkou a okolím.

4 Vyhodnocení pomocí rozdělení zorného pole

Rozdílný přístup k vyhodnocení jasů zorného pole řidiče v nočních podmínkách je v rozdělení zorného pole na dvě hlavní oblasti. První obsahuje komunikaci jako takovou, druhá pokrývá okolí. Pro srovnání těchto dvou oblastí lze použít procentuální hodnotu průměrného jasu okolí (za hranicí komunikace) vztaženou k průměrné hodnotě jasu komunikace. Tato hodnota poskytuje informaci o množství jasu naměřeném v okolní oblasti (země, stromy, budovy atd.), která není přímo součástí komunikace. Výsledky hodnocení rozdělení zorného pole na dvě oblasti jsou patrné z tabulky 1.

Místo	Úroveň jasu okolí oproti středu [%]
Komunikace mimo město - neosvětlené silnice	6
Městské komunikace s nízkou intenzitou provozu - osvětlené silnice	58
Dopravně důležité městské komunikace - osvětlené silnice	76
Komunikace s vysokou úrovní jasu - osvětlené silnice	65

Procentní vyjádření hodnoty průměrného jasu okolí vztaženého k průměrnému jasu vozovky

Každé místo v tabulce 1 je téměř totožné s pojmenováním a rozdělením komunikací do skupin 1 až 4 z předchozí kapitoly. Pro vyhodnocování rozdělení zorného pole však musí být (alespoň nyní) použity rozdílné názvy skupin z technického hlediska měření a vyhodnocení výsledků.

5 Conclusion

Během tohoto pilotního projektu měření rozložení jasů v zorném poli řidiče bylo definováno několik důležitých faktů. Mnoho z nich je velmi podstatných pro budoucí práci.

Jedním z nejpodstatnějších je rozdílnost naměřených jasových poměrů v zorném úhlu 1° až 10°. Výsledky jasně ukazují, že není možné definovat, kde konkrétně se takto malý úhel ostrého vidění nachází – respektive, že není možné pro něj definovat obecné parametry o daném prostředí, což je dáno neustálým pohybem a dynamikou lidského zraku. Výsledky měření malých zorných úhlů jsou i při sebemenším posunu středu vyhodnocovaných polí výrazně rozdílné.

Neméně zajímavým výstupem tohoto pilotního projektu je definování a rozdělení jednotlivých prostředí do skupin s podobnými charakteristickými prvky. Výsledky nám tak umožňují nově nazírat na možnosti hodnocení adaptačních poměrů lidského zraku. Díky získané metodice může být zjednodušenou formou možnost přesnějšího určení adaptačního jasu a tím také výsledků všech metodik spojených s jeho použitím.

Poděkování

Poděkování patří především VŠB-TUO za podporu a možnost zapůjčení měřícího zařízení, jakož i za veškerou podporu při odevzdání a editaci tohoto článku. Dále by autoři tohoto článku rádi poděkovali Ing. Davidu Tomášovi za veškerou odvedenou práci a věnovaný čas.

Literatura a odkazy

- [1] T. Goodman, "Photometric Measurement using the CIE System for Mesopic Photometry," CIE Introductory Tutorial on Mesopic Photometry, 2012
- [2] J. Habel, P. Žák, J. Zálešák, "Determination of luminous flux in conditions of mesopic vision," Przeglad Elektrotechniczny, 2013, vol. 89, no. 06, p.20-24, ISSN 0033-2097.
- [3] BAXANT, P.; ŠKODA, J. Digitální fotografie a její využití ve světelné technice. Světlo. 2010. 2010(1). p. 47 - 49. ISSN 1212-0812.
- [4] BAXANT, P.; ŠKODA, J. Digitální fotografie a její využití ve světelné technice - dokončení z čísla 1/2010. Světlo. 2010. 2010(2). p. 46 - 48. ISSN 1212-0812.
- [5] ZÁLEŠÁK, J. Visual Field Analysis for Night.time Drivers, Světlo Light 2015

Rozbor problematiky oslnění na výrobních linkách

Jan Zálešák, Ing., Jaroslav Šnobl, Ing., Lukasz Franek, Ing., ENVIsport a.s.,

1 Úvod

Návrh osvětlovacích soustav pro pracovní prostory s linkovou výrobou není komplikovaný ve smyslu dosahování požadované hodnoty průměrné osvětlenosti na pracovní ploše, neboť současný trh nabízí na poli polovodičových světelných zdrojů velmi dobré světelné i energetické parametry při osazení do svítidel. Jako problematický jev se zde ukazuje technická stavba svítidel, kdy hodnota činitele oslnění UGR je příliš vysoká.

Svítidla s polovodičovými zdroji jsou obvykle konstruována pro získání, co možná největšího množství světelného toku tak, aby jejich účinnost byla co nejvyšší a dobře se tak uplatnila na obchodním trhu. Toto se však často děje na úkor zábránám oslnění. Snaha snížení činitele UGR se objevuje spíše u renomovaných výrobců svítidel a to častokrát pouze za použití prizmatických či opálových krytů světelně činných ploch svítidla.

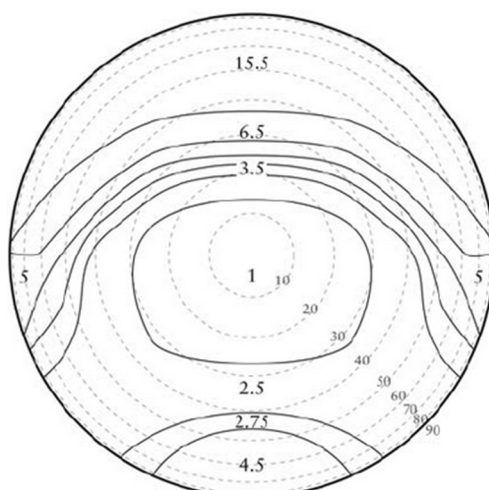
Potřeba věnovat se hlouběji problematice výpočtu hodnot oslnění vznikla při projekční činnosti linkového osvětlení, kde z technologických důvodů je délka pracovní linky až 100 metrů. Pracovníci se během pracovní doby pohybují pouze na prostoru několika metrů, avšak jejich pohledy jsou definovány celým prostorem a nikoliv pouze prostorem výkonu jejich práce.

2 Náhled metodiky UGR

V posledních 2 desetiletích trend vývoje světelných zdrojů byl z hlediska jejich konstrukce veden především ke zvyšování vyzařovaného světelného toku při zachování malých rozměrů světelně činných ploch zdrojů samotných. Takové proporční parametry vedou ke zvyšování jasu povrchů vyzařujících světelný tok, což je jedním z faktorů ovlivňujících rušivé oslnění od umělých osvětlovacích soustav.

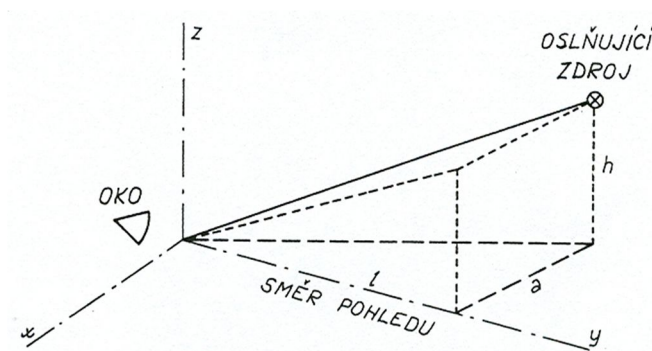
Definováním oslnění, jako jevu ovlivňujícím zrakový výkon, se zabývali Luckiesh a Holladay již ve 20. letech 20. století. Definovali stupně oslnění do škál a zavedli názvosloví určující míru oslnění jako například od „*právě znatelnou*“ až do škály „*bolestivého počítku*“. Jejich studie byla základem všem následujícím publikacím v této tématice. V následujících letech ze společných pokusů pánů Luckeishe a Gutha vznikly velké diskuse v odborné veřejnosti nad rozdíly výsledků hodnocení oslnění získaných v laboratorních a reálných podmínkách. Díky navazujícím studiím Guth prezentoval v roce 1951 svůj diagram činitele polohy, který používáme při hodnocení oslnění dodnes. Naznačení rozložení činitele polohy v zorném poli je uvedeno na obr. 1.

Grafické vyjádření činitele polohy je možno číst z diagramu (Jakubiec, J.A. & Reinhart, 2012), který zobrazuje hodnoty činitele polohy dle Gutha pro hodnocený zdroj světelného záření v rámci zorného pole pozorovatele. Přerušovaná čára definuje úhel zorného pole mezi směrem pohledu a pozorovaným, případně oslňujícím objektem. Tlustá nepřerušovaná čára definuje činitele polohy dle Gutha.



Obr.1 Diagram rozložení činitele polohy převedený do hemisférického znázornění

To platí pro směr pohledu do horního poloprostoru, neboť činitel polohy není definován pro zdroje světelného záření lokalizované v dolním poloprostoru. Standardní definice činitele polohy vychází z poměrů jednotlivých vzdáleností naznačených na obr. 2.



Obr.2 Schéma prostorového rozložení při výpočtu činitele polohy

Kde:

- l vzdálenost oka pozorovatele od roviny proložené oslňujícím zdrojem kolmo k ose pohledu
- h výška oslňujícího zdroje nad vodorovnou rovinou proloženou osou pohledu
- a boční vzdálenost oslňujícího zdroje od vertikální roviny proložené osou pohledu

$$UGR = 8 \cdot \log \left[\frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(L_{zi})^2 \cdot \Omega_i}{L_p \cdot P_i^2} \right]$$

L_{zi}	jas svítících částí každého svítidla ve směru k oku pozorovatele
L_p	jas pozadí – počítá se z nepřímé osvětlenosti v rovině oka pozorovatele
Ω	prostorový úhel pod kterým vidí pozorovatel pozorované svítící části každého svítidla
P	činitel polohy dle Gutha

Podmínkou, se kterou Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) doporučila užívání systému hodnocení oslnění UGR, bylo respektování velikosti úhlu, pod kterým je pozorovatelem viděna zdánlivá plocha svítidla. Systém je sto hodnotit oslnění pro svítidla s vyzařovací plochou od $0,005 \text{ m}^2$ do $1,5 \text{ m}^2$, viděných pod prostorovým úhlem $0,0003 \text{ sr}$ až $0,1 \text{ sr}$. Pro svítidla, která jsou pozorována v menší viděné ploše než $0,005 \text{ m}^2$ má pak metodika výpočtu UGR tendence být příliš přísná. Naproti tomu pro svítidla o větší viděné ploše než $1,5 \text{ m}^2$ je pak příliš tolerantní. Změna výstupu pak souvisí s původní myšlenkou výstupu UGR – celočíselnými exponenty, kdy změna o jednu výslednou jednotku je již vnímatelná.

Pokud bychom si chtěli představit rozměr svítidla pro minimální doporučenou viděnou plochu, jednalo by se například o kruhové svítidlo s průměrem cca 8 cm. Zde však vstupuje do hry problematika viděné plochy svítidla, která se s odstupem od svítidla, v závislosti na jeho výšce, dramaticky snižuje. Například kruhové svítidlo o průměru svítící plochy $d = 10 \text{ cm}$ má plochu svítidla $0,0078 \text{ m}^2$. Pokud se svítidlo nachází ve výšce 1,4 m nad rovinou očí (výška pozorovatele 1,6 m a strop ve výšce 3 m), je viděná plocha vymezená prostorovým úhlem $0,00315 \text{ sr}$ již při vzdálenosti svítidla 3,5 m od pozorovatele a se zvyšující se vzdáleností dále klesá. V takovém případě již metodika vyhodnocení oslnění začíná být „příliš přísná“.

Původně vydaná metodika hodnocení oslnění UGR, která vyšla v roce 1995, byla z důvodů výše uvedených nesrovnalostí pro malé a velké plochy pozorovaných svítidel, doplněna v roce 2002 o rozšiřující metodické postupy pro hodnocení svítidel či jejich zářících částí, které není možné postihnout základní metodikou. Uvedená rozšíření se věnují výpočtům oslnění ve čtyřech oblastech. Jsou jimi svítidla s menší viděnou zářící plochou než $0,005 \text{ m}^2$, svítidla s větší zářící plochou než $1,5 \text{ m}^2$ a komplexní svítidla – například svítidla s optickou mřížkou. Poslední skupinou, pro kterou byla vydána rozšiřující metodika pro hodnocení oslnění, jsou svítidla nepřímá.

3 Hodnocení oslnění -

Při vztažení problematiky pozorované plochy svítidla na linkovou výrobu, kde směr pohledu pracovníka je směřován podél výrobní linky, pak podélné osazení svítidly vyvolá již nekorektní odezvu z hodnotící metodiky velmi brzy.

Například pro provoz, kde jsou svítidla zavěšena 3 metry nad podlahou a předpokládáme stojícího pracovníka (1,6m) je svítidlo s povrchem difuzoru $0,1 \times 1,2 \text{ m}$ podrobena hodnocení mimo definovaný rozsah metodiky UGR již při vzdálenosti cca 57 metrů. Tato vzdálenost se zdá jako velmi diskutabilní, neboť zrakový úkol s pohledem do tak velké vzdálenosti na výrobní lince z pravidla můžeme téměř vyloučit, avšak při modelování prostoru pro výpočet světelně technických parametrů, jejichž dodržení je závazné, tato situace nastává zpravidla velmi běžně.

4 Závěr

Problematika hodnocení oslnění v interiérech ještě stále nebyla uspokojivě vyřešena ani na úrovni CIE. Existuje mnoho různých modelů, jak problematiku oslnění (obecně) hodnotit. Tyto modely se nezakládají jen na změně způsobu výpočtu, ale i na změně celého konceptu výstupu a prezentování výsledků.

Velká část nedořešených problémů ještě stále závisí na našem poznání, jak zrak společně s centrem vidění oslnění vnímá. Nedávné výzkumy například ukazují, že mladší lidé ve věku menším než 35 let, jsou více náchylní k subjektivně negativnímu hodnocení oslnujících situací – a to až o 3 stupně dle UGR, než skupina pozorovatelů nad věkovou hranicí 50 let.

Literatura a odkazy

- [1] J. A. Jakubinec, C.F. Reinhart “The ‘adaptive zone’ – A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces,” in *Lighting Research and Technology* 44(2):149-170, June 2012
- [2] M. Hirning, “The Application of Luminance Mapping to Discomfort Glare: A Modified Glare Index for Green Buildings” in doctoral thesis, 2014
- [3] M. Eble-Hankins, “SUBJECTIVE IMPRESSION OF DISCOMFORT GLARE FROM SOURCES OF NON-UNIFORM LUMINANCE” in dissertation thesis, 2008, University of Nebraska
- [4] A. Wolska, D. Sawicki, “Evaluation of discomfort glare in the 50+ elderly: experimental study”, in international journey of occupational and Environmental Health, 2014

Nové normy pro osvětlení pozemních komunikací

P. Žák, ČVUT FEL v Praze, zakpetr@fel.cvut.cz

Abstrakt: Na konci loňského roku došlo k aktualizaci souboru evropských norem pro veřejné osvětlení EN 13201 na úrovni evropské normalizační komise. Koncem června byl tento soubor začleněn také do soustavy českých technických norem. Příspěvek je věnován zásadnějším změnám, ke kterým došlo v nových normách oproti normám původním.

1 Úvod

V prosinci loňského roku byl Evropským výborem pro normalizaci (CEN) přijat aktualizovaný a rozšířený soubor norem pro osvětlení pozemních komunikací pod označením EN 13201. V červnu letošního roku 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

Uvedený soubor bude doplněn normou ČSN P 36 0455, Osvětlení pozemních komunikací – Doplnující informace, která bude obsahovat některé informace z příloh k původním částem 1 a 2, požadavky na přisvětlení přechodů a komentáře k novému souboru norem. 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 zařazení komunikací vytvořit vlastní předpis. V rámci České republiky je tato technická zpráva přijata jako česká technická norma. Ostatní části jsou již evropskými normami. Nový soubor je rozšířen o část 5, která se týká ukazatelů energetické náročnosti.

Jednou z viditelných změn je nové označení tříd osvětlení M místo ME (motorová vozidla), C místo CE (konfliktní oblasti) a P místo S (chodci). Třídy osvětlení M jsou určeny pro řidiče motorových vozidel na silnicích a v některých zemích také na místních komunikacích povolující střední a vysoké rychlosti dopravy. Podle CEN TR13201-1 je střední rychlost v rozmezí $40 < v \leq 70$ km/h a vysoká rychlost $v > 70$ km/h. Třídy C jsou určeny pro řidiče motorových vozidel, ale pro použití v konfliktních oblastech, kde nelze použít předpoklady pro výpočet jasů vozovky, jako jsou nákupní třídy, složité křižovatky, kruhové objezdy a úseky s dopravními kolonami. Třídy P jsou určeny hlavně pro chodce a cyklisty pohybujících se po chodnících a cyklostezkách, pro řidiče motorových vozidel pohybujících se nízkou rychlostí na místních komunikacích, pro odstavné a parkovací pruhy a další dopravní prostory, které leží odděleně nebo podél vozovky silnice nebo místní komunikace.

2 Návod na výběr tříd osvětlení, část 1

První část normy, určená pro stanovení tříd osvětlení pozemních komunikací, se výrazně změnila. Původní relativně rozsáhlý tabulkový systém světelných situací byl nahrazen jednodušším systémem a doplněn o možnost změny třídy osvětlení při změnách parametrů v rámci určitých časových úseků. Nový způsob zařazení vychází ze dvou principů: váhové kritérium a adaptivní osvětlení. Oba tyto principy jsou použity pro všechny tři třídy osvětlení (M, C a P). Váhové kritérium slouží k výběru třídy osvětlení. Jednotlivým parametrům, které ovlivňují volbu třídy osvětlení, se podle jejich hodnot přiřadí váhy. 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:

$$M = 6 - V_{WS} \quad (1)$$

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 $M \leq 0$ použije se třída osvětlení M1. Váhy přiřazené jednotlivým parametrům je možné na národní úrovni upravit.

Charakter dopravy i parametry okolního prostředí se v průběhu noci mění a tyto změny lze využít ke změně parametrů osvětlení, čímž lze ovlivnit energetickou náročnost veřejného osvětlení i jeho vliv na okolní prostředí. Princip adaptivního osvětlení, které se k tomuto účelu používá, spočívá v tom, že se doba provozu osvětlovací soustavy rozdělí na časové úseky Δt , které se vzájemně liší hodnotami 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.

Tab.1 Příklad části tabulky s parametry pro výběr tříd osvětlení M

Parametr	Možnosti	Popis		Váhová hodnota V_w	Váha $V_{w,t}$
Návrhová rychlost nebo omezení rychlosti	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h		2	-1
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h		1	
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h		-1	
	Nízká	$v \leq 40$ km/h		-2	
Hustota dopravy		Dálnice, víceproudé silnice	Dvouproudé silnice		0
	Vysoká	> 65% max. kapacity	> 45% max. kapacity	1	
	Střední	35% - 65% max. kapacity	15% - 45% max. kapacity	0	
	Nízká	< 35% max. kapacity	< 15% max. kapacity	-1	
...
Navigační úkol	Velmi obtížný		
	Obtížný			...	
	Snadný			...	
Celková váha V_{WS}					$\sum V_{w,t}$
Třída osvětlení $M = 6 - V_{WS}$					

Tab.2 Příklad části tabulky pro adaptivní 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 rychlost nebo omezení rychlosti	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h		2	1	1	1	1
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h		1				
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h		-1				
	Nízká	$v \leq 40$ km/h		-2				
Hustota dopravy		Dálnice, vícepruhové silnice	Dvoupruhové silnice					
	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				
...	
Navigační úkol	Velmi obtížný			2	0	0	0	0
	Obtížný			1				
	Snadný			0				
Celková váha V_{WS}					4	3	2	4
Třída osvětlení M = 6 - V_{WS}					M2	M3	M4	M2

3 Požadavky, část 2

V druhé části souboru norem došlo ke změnám označení tříd osvětlení a u některých tříd byl upraven jejich počet a parametry. Došlo také k doplnění informací o omezení rušivého světla a oslnění u tříd osvětlení C a P. Změnou označení a redukcí některých tříd osvětlení došlo ke sjednocení s třídami osvětlení podle CIE [6].

3.1 Změny v třídách osvětlení

U tříd osvětlení pro motorovou dopravu došlo ke sloučení tříd pro suché (ME) a mokré (MEW) povrchy do jedné třídy pod označením M a ke snížení počtu z 9 tříd na 6 (tab. 1). U prahového přírůstku a osvětlení okolí došlo ke změně značení z TI na f_{TI} a z SR na R_{EI} (edge illuminance ratio). Výpočetní postupy u původního a nového činitele osvětlení okolí R_{EI} a SR se liší. V nové normě je u třídy M6 doplněna hodnota parametru osvětlení okolí a změněna hodnota prahového přírůstku (f_{TI}) z 15% na 20%.

U tříd osvětlení pro konfliktní oblasti došlo ze změně označení z původního CE na nové C. U tříd osvětlení pro chodce došlo ke změně označení z původního S na nové P. Počet tříd osvětlení u C i P zůstal zachován. V situacích, kdy se požaduje rozpoznání obličeje, byly parametry u tříd osvětlení P rozšířeny o svislou a poloválcovou osvětlenost ($E_{v,min}$, $E_{SC,min}$). U alternativní třídy osvětlení A (používané například v Dánsku) došlo ke změně označení na HS (hemispherical) a ke snížení počtu tříd z 6 na 4. U nás se tato třída v praxi nepoužívá. U doplňkové třídy osvětlení pro hodnocení poloválcové osvětlenosti došlo ke změně označení z ES na SC (semicylindrical). Doplňková třída pro hodnocení svislé osvětlenosti zůstala beze změn.

Tab.3 Ukázka části tabulky tříd osvětlení M

Třída	Jas suchého a mokrého povrchu pozemní komunikace				Omezující oslnění	Osvětlení okolí
	suchý povrch			mokrý povrch	suchý povrch	suchý povrch
	\bar{L} (cd.m ⁻²) (minimální udržovaná hodnota)	U_o (-) (minimální hodnota)	U_i (-) (minimální hodnota)	U_{ow} (-) (minimální hodnota)	f_{II} (%) (maximální hodnota)	R_{EI} (-) (minimální hodnota)
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	...	...	...	...	...	...
M4	...	...	...	...	...	...
M5	...	...	...	...	...	...
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

3.2 Doplnění informací o omezení oslnění

V druhé části souboru norem jsou v odstavci 7 a v příloze A doplněny informace související s cloněním svítidel, které má vliv jak na omezení oslnění, tak na omezení rušivého světla. Pro omezení rušivého vlivu osvětlovací soustavy nebo omezení oslnění v netypických situacích (soustava na horizontu, na mostě apod.) se doporučuje použít tzv. plně cloněná svítidla s třídou clonění G4, G5 nebo G6. Při osvětlení místních komunikací a komunikací pro chodce a cyklisty svítidla se silničním optickým systémem se doporučuje použít svítidla s třídou clonění minimálně G1. V příloze C této části normy jsou pro kontrolu oslnění u tříd osvětlení C a P uvedeny doporučené hodnoty prahového přírůstku f_{II} .

4 Výpočet, část 3

V třetí části souboru norem je v úvodu uveden požadovaný tvar číselného vyjádření jednotlivých veličin s ohledem na počet desetinných míst. Většina hodnot se má uvádět ve tvaru se dvěma desetinnými místy. Výjimkou je prahový přírůstek a osvětlenost nad 20lx, jejichž hodnoty se mají uvádět na celá čísla a osvětlenost od 10 lx do 20 lx, jejíž hodnoty se mají uvádět s jedním desetinným místem.

4.1 Jas vozovky

V praxi se vyskytují případy, kdy jsou svítidla instalována v montážních výškách 2 m a nižších, (např. svítidla integrovaná do zábradlí mostu pro osvětlení vozovky). Pro výpočet jasu komunikace se používají tabulky redukovaných součinitelů jasů r , které neobsahují údaje pro takovéto geometrické uspořádání osvětlovací soustavy. Nově budou r tabulky rozšířeny tak, aby bylo možné určit jas povrchu komunikace i u soustav s nízkou instalační výškou svítidel.

4.2 Prahový přírůstek

Pro stanovení prahového přírůstku, který vyjadřuje míru oslnění osvětlovací soustavy, se stanovuje závojevý jas L_v od jednotlivých svítidel. Výpočet tohoto závojevého jasu byl v předchozí normě omezen na hodnocení svítidel pro úhly mezi směrem pozorování a spojnicí oka a hodnoceného svítidla v rozsahu $1,5^\circ < \theta_k < 60^\circ$. Nově byl výpočet prahového

přírůstku doplněn o vztah pro hodnocení závojevého jasu svítidel v úhlech $0,1^\circ < \theta_k < 1,5^\circ$. To umožňuje hodnotit i oslnění od svítidel nacházející se v těsné blízkosti směru pohledu.

Pro komunikace třídy osvětlení P a C je uveden postup stanovení prahového přírůstku f_{TI} pro hodnocení oslnění, který se liší od postupu u komunikací třídy osvětlení M. Rozdíl je dán rozdílnými úhly, pod kterými pozorovatel vnímá pozemní komunikaci. To se projevuje v postupu stanovení jasu povrchu komunikace. Pro případy tříd osvětlení C a P se charakter odrazu povrchu považuje za difúzní a jas povrchu komunikace se stanoví podle vztahu:

$$L = \frac{\rho \cdot E_{hi}}{\pi} \quad (\text{cd/m}^2) \quad (2)$$

kde E_{hi} je počáteční průměrná horizontální osvětlenost povrchu vozovky (lx)

ρ je průměrný difúzní činitel odrazu osvětleného povrchu komunikace. Pokud nejsou k dispozici naměřené údaje, uvažuje se činitel odrazu $\rho = 0,2$ (-).

4.3 Činitel osvětlení okolí

Hodnocení osvětlení okolí pozemní komunikace se nově hodnotí činitelem osvětlení okolí R_{EI} , který se stanoví jako minimální hodnota z činitelů osvětlení okolí $R_{EI1,2}$ a $R_{EI3,4}$.

$$R_{EI} = \min(R_{EI1,2}; R_{EI3,4}) \quad (-) \quad (3)$$

$$R_{EI,i,j} = \frac{E_{h,i}}{E_{h,j}} \quad (-) \quad (4)$$

kde $E_{h,i}$ je průměrná horizontální osvětlenost pruhu, přiléhajícího k hraně vozovky z vnější strany (lx);

$E_{h,j}$ je průměrná horizontální osvětlenost pruhu, přiléhajícího k hraně vozovky z vnitřní strany (lx).

Tento způsob hodnocení je odlišný od předchozího výpočtu činitele osvětlení okolí SR . Původně se činitel osvětlení okolí určil jako podíl součtu průměrných osvětleností přiléhajících pruhů mimo vozovku k součtu průměrných hodnot osvětleností přiléhajících pruhů na vozovce. Při tomto způsobu hodnocení mohla vyhovět komunikace s přesvětleným okolím na jedné straně a neosvětleným okolím na druhé straně vozovky. To u nového způsobu hodnocení osvětlení okolí možné není.

5 Metody měření, část 4

Čtvrtá část souboru norem, týkající se metod měření, je v porovnání s předchozí normou velmi výrazně rozšířena. V úvodu jsou podrobněji popsány druhy měření, určené k odlišnému účelu. Je zde rozlišeno ověřovací měření, které slouží k ověření shody nově navržené osvětlovací soustavy s požadovanými parametry. Dále je zde popsáno provozní měření, prováděné ve stanovených intervalech, které slouží k vyhodnocení stárnutí a aktuálního stavu osvětlovací soustavy jako podklad pro údržbu veřejného osvětlení. V normě je podrobně popsáno měření adaptivního osvětlení (příloha D), při kterém se ověřuje, zda se parametry osvětlení pohybují v předem stanovených tolerancích. V normě je velký prostor věnován stanovení nejistot při měření jasu a osvětlenosti. Důležité a aktuální je doplnění

požadavků na dynamické měření prováděné například z automobilu a požadavků na měření jasů nebo prahového přírůstku pomocí jasové kamery ILMD (image luminance device).

6 Ukazatelé energetické náročnosti, část 5

V páté části normy jsou definovány dva ukazatelé energetické náročnosti osvětlovacích soustav pozemních komunikací, ukazatel měrného příkonu D_p a ukazatel roční spotřeby energie D_E . Tyto ukazatelé jsou určeny pro porovnávání energetické náročnosti variantního řešení osvětlovacích soustav v rámci jednoho projektu. Nejsou určeny pro porovnávání osvětlovacích soustav s odlišnou geometrií nebo jinými požadavky na osvětlení. Ukazatel měrného příkonu D_p se určí:

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (E_i \cdot A_i)} \quad (\text{W} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (5)$$

kde P je celkový příkon osvětlovací soustavy pro osvětlení relevantní oblasti (W);

E_i je průměrná udržovaná horizontální osvětlenost podoblasti „i“ (lx);

A_i je velikost plochy podoblasti „i“ osvětlené osvětlovací soustavou (m^2);

n je počet osvětlovaných podoblastí.

$$P = \sum_{k=1}^{n_{pl}} P_k + P_{ad} \quad (\text{W}; \text{W}, \text{W}) \quad (6)$$

kde P_k je provozní příkon k-tého světelného místa, obsahující příkon všech zařízení, souvisejících s provozem světelného místa

P_{ad} celkový provozní příkon všech zařízení, která nejsou zahrnuta v příkonech P_k , ale která jsou nezbytná pro provoz osvětlovací soustavy, jako jsou centrální světelná čidla, centrální řídicí systémy apod.

Ukazatel roční spotřeby energie osvětlovací soustavy se stanoví:

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \cdot t_j)}{A} \quad (\text{Wh} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (7)$$

kde P_j je provozní příkon j-tého časového úseku provozního režimu (W);

t_j je doba trvání j-tého časového úseku provozního režimu v průběhu celého roku, při kterém je příkon osvětlovací soustavy P_j (hod);

A je velikost osvětlované plochy (m^2);

m je počet časových úseků provozního režimu s rozdílným provozním příkonem P_j . Do časových úseků provozního režimu je třeba také zahrnout časové úseky klidového stavu, kdy není osvětlovací soustava v provozu, ale k určité spotřebě energie svítidly a ovládacím systémem dochází.

7 Závěr

Přínosem nového souboru norem je hlavně výrazné zjednodušení systému pro zatřídění pozemních komunikací a zavedení postupu změny tříd osvětlení při změnách parametrů ovlivňujících zatřídění. Velmi přínosné je také rozšíření části 4 měření osvětlení o informace týkající se dynamického měření osvětlení, které má velký význam pro provozní měření a o informace o měření s využitím jasové kamery. Možnosti a přínosy nových ukazatelů energetické náročnosti ukáže praxe.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN CEN/TR 13201-1, Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení 9/2016
- [2] ČSN EN 13201-2, Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky, 6/2016
- [3] ČSN EN 13201-3, Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet, 6/2016
- [4] ČSN EN 13201-4, Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření, 6/2016
- [5] ČSN EN 13201-5, Osvětlení pozemních komunikací – Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti, 6/2016
- [6] CIE 115:2010, Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic, CIE, Vídeň, 2010

Ako určiť energetickú hospodárnosť osvetlenia v zmysle novej európskej normy EN 13201-5

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave

Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská republika, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Abstrakt: Príspevok prináša príklad výpočtu ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia PDI a AECI v zmysle novej európskej normy EN 13201-5. Cieľom príspevku je oboznámiť odbornú verejnosť s aplikáciou novej normy v praxi s príkladom praktického použitia. Samostatný priestor je v príspevku venovaný určeniu systémového príkonu osvetľovacej sústavy, ktorý má pri výpočte PDI a AECI kľúčový význam. V príspevku sú prezentované aj štatisticky spracované výsledky výpočtu uvedených ukazovateľov pri návrhu osvetľovacích sústav v troch mestách na Slovensku.

1 Úvod

Od mája tohto roka platí národná implementácia novej európskej normy STN EN 13201-5 "Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 5: Ukazovatele energetickej účinnosti". Zatiaľ je k dispozícii len v angličtine, v súčasnosti prebieha preklad normy do slovenského jazyka. Pri vypracovaní normy boli využité výsledky riešenia vedeckovýskumných úloh, publikované v rozsahu čiastkových výsledkov napríklad v [3] až [7]. Takisto aj základné tézy pracovnej verzie normy (stav pred schválením) boli odbornej verejnosti priblížené. V tomto príspevku zopakujeme základné definície číselných ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia a vstupné údaje pre ich výpočet, pričom širší priestor je v príspevku venovaný určeniu systémového príkonu osvetľovacej sústavy ako kľúčového parametra. Uvedený je aj praktický príklad výpočtu ukazovateľov PDI a AECI (ako sa uvádza v norme) a príklad prezentácie údajov. Norma uvádza aj typické hodnoty PDI a AECI pre rôzne situácie a podmienky. V tomto príspevku sú štatisticky spracované výsledky výpočtu ukazovateľov získané z návrhu osvetlenia v troch slovenských mestách, kde pri modernizácii osvetlenia boli použité moderné LED svietidlá.

2 Číselné ukazovatele energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia

Energetická hospodárnosť verejného osvetlenia sa vyjadruje prostredníctvom dvoch číselných ukazovateľov – ukazovateľom príkonovej hustoty PDI (*Power Density Indicator*) a ukazovateľom ročnej spotreby energie AECI (*Annual Energy Consumption Indicator*). Pri hodnotení energetickej hospodárnosti konkrétnej osvetľovacej sústavy sa PDI má vždy zobrazovať a používať spolu s ukazovateľom AECI a naopak.

Ukazovateľ príkonovej hustoty PDI pre plochu členenú na viaceré čiastkové plochy sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n \overline{E}_i \cdot A_i} \quad (1)$$

, kde

- D_p je ukazovateľ príkonovej hustoty ($W \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$);
 P je systémový príkon osvetľovacej sústavy určenej na osvetlenie príslušných plôch (W);
 E_i je vypočítaná hodnota udržiavanej priemernej horizontálnej osvetlenosti (lx);
 A_i je veľkosť i -tej čiastkovej plochy osvetlenej danou osvetľovacou sústavou (m^2);
 n je počet čiastkových plôch.

Ukazovateľ ročnej spotreby energie AECI sa vypočíta pomocou tohto vzťahu:

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m P_j \cdot t_j}{A} \quad (2)$$

, kde

- DE je ukazovateľ ročnej spotreby energie ($Wh \cdot m^{-2}$);
 P_j je systémový príkon príslušný k j -temu prevádzkovému času (W);
 t_j je trvanie j -teho ročného prevádzkového času pri príkone P_j (h);
 A je veľkosť plochy osvetlenej danou osvetľovacou sústavou (m^2);
 m je počet prevádzkových časov s rôznym prevádzkovým príkonom P_j .

Všimnime si, že PDI zahŕňa fotometrický parameter, ale príkon a nie spotrebu (absentuje časový faktor). AECI naopak rieši časový profil riadenia osvetlenia a neobsahuje fotometrický parameter. Z hľadiska praktického použitia by tak PDI mal slúžiť na posudzovanie hospodárnosti osvetľovacích sústav čo sa týka použitých prvkov (svetelných zdrojov, svietidiel, geometrie sústavy atď.) bez ohľadu na spôsob prevádzkovania. AECI zohľadňuje spôsob prevádzkovania za štandardných alebo vopred stanovených podmienok, najmä čo sa týka riadenia osvetlenia. Zvlášť sa preto posudzujú nainštalované zariadenia a zvlášť riadiace systémy aplikované na tieto zariadenia. Ak by to tak nebolo, projekt sústavy s uvažovaným riadením a s neefektívnymi prvkami by mohol svojim hodnotením prevážiť nad konkurenčným návrhom bez riadenia, hoci s najefektívnejšími prvkami dostupnými na trhu.

Pozrime sa bližšie na vstupné parametre výpočtu číselných ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia:

Systémový príkon: uvedený je v samostatnej časti tohto príspevku (viď nižšie).

Prevádzkový čas vstupuje len do výpočtu AECI v rámci riadiaceho profilu, ku ktorým sú bližšie informácie uvedené nižšie v samostatnej časti tohto príspevku (viď nižšie).

Plocha: Cieľová plocha osvetlenia zahŕňa všetky čiastkové plochy, na ktorých je potrebné zabezpečiť osvetlenie danou (jednou) osvetľovacou sústavou. Jedna osvetľovacia sústava môže ale pozostávať aj z viacerých radov svietidiel alebo v prípade námestí, parkov a pod. ani nemusí ísť o pravidelnú geometriu osvetľovacej sústavy. Z výpočtu sú vylúčené plochy, ktoré nie sú cieľové – ako napríklad zelené pásy medzi vozovkou a postranným chodníkom. Je zrejmé, že osvetleniu týchto plôch sa väčšinou nedokážeme vyhnúť a straty svetelného toku idú na vrub horšej hodnoty PDI. Plochy susediace s krajnými pruhmi vozovky, na ktorých sa výpočtom určuje *pomer krajnej osvetlenosti* EIR (na tieto plochy v súlade s

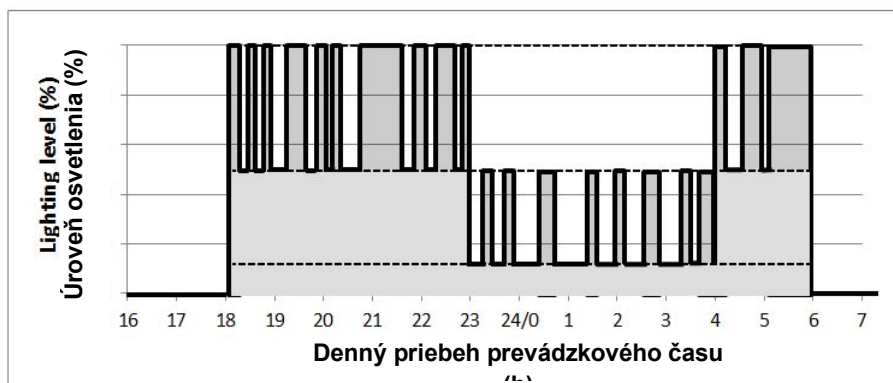
normatívnymi požiadavkami musí dopadať časť svetelného toku), nie sú zahrnuté do výpočtu. Norma priamo nestanovuje určenie plochy v prípade pravidelnej osvetľovacej sústavy. Zvyčajne sa predpokladá elementárny úsek definujúci výpočtovú plochu pre fotometrické parametre (EN13201-3) a daný rozstupom dvoch po sebe idúcich stožiarov na jednej strane komunikácie, ale v prípade potreby sa hodnotenie môže vykonať pre konkrétny úsek miestnej komunikácie (napríklad ulicu ohraničenú križovatkami), kde rozstupy jednotlivých stožiarov nemusia byť exaktne rovnaké (vjazdy do garáží, križovatky v rámci úseku atď.). Pri hodnotení elementárneho úseku sa do výpočtu zahŕňa prirodzene len príkon jedného z krajných svietidiel. Pri hodnotení dlhšieho úseku sa hodnotí celý úsek ako taký, zahŕňajúci všetky nainštalované svietidlá.

Intenzita osvetlenia: Pre triedy osvetlenia založené na osvetlenosti (C a P) sa uvažuje hodnota udržiavanej (priemernej horizontálnej) osvetlenosti vypočítaná v súlade s EN 13201-3. Pre jasové triedy osvetlenia M sa uvažuje hodnota udržiavanej osvetlenosti vypočítaná v súlade s EN 13201-3 v rovnakej sieti výpočtových bodov, ako udržiavaný jas. Týmto postupom dostávame na spoločného menovateľa (lx) všetky plochy osvetlené rovnakou osvetľovacou sústavou – napríklad vozovku aj súbežné postranné chodníky. V určitom zmysle osvetľovacie sústavy optimalizované na jas môžu strácať hodnotenie, ale s ohľadom na ciele hodnotenia si toto zjednodušenie môžeme dovoliť. Napokon aj v súčasnosti výpočtové programy poskytujú výpočet osvetlenosti v rovnakej sieti bodov ako pri výpočte jasú. Dôležité je, že do hodnotenia energetickej hospodárnosti vstupujú vypočítané hodnoty a nie normatívne či cieľové. Hodnotenie potom vyjadruje efektívnosť použitých prvkov a technológií, nie však kvalitu efektívneho návrhu osvetľovacej sústavy. Cieľové komunikácie tak môžu byť presvetlené a napriek tomu môžu mať dobré energetické hodnotenie. Ale pri použití normatívnych alebo cieľových (stanovených vopred zadávateľom projektu osvetlenia, ale odlišných od normatívnych) hodnôt a pri rekonštrukcii osvetlenia, kde geometria osvetľovacej sústavy je fixovaná, by výpočet PDI viedol k identickým hodnotám (nemení sa príkon a plocha aj osvetlenosť sú konštantne dané) a znemožňoval by akékoľvek porovnávanie.

3 Riadiace profily osvetlenia

Na výpočet AECI (prípadne rôznych hodnôt PDI) je potrebné uvažovať konkrétny riadiaci profil osvetlenia. Čas začiatku a konca prevádzky sa počas roka mení a závisí od zemepisnej šírky a miestnych podmienok. Odporúča sa, aby prevádzka umelého osvetlenia bola prispôbena dostupnej osvetlenosti od denného svetla s ohľadom na normou vyžadovanú osvetlenosť pre príslušnú triedu osvetlenia. Na výpočet AECI je potrebné vykonať sumáciu denných priebehov pre každú úroveň osvetlenia počas jedného roka.

Na obr. 1 je znázornený príklad denného priebehu pri riadení osvetlenia pomocou snímačov vozidiel a osôb. Plný alebo viacúrovňový regulovaný riadiaci profil sa "vyrezáva" v časoch, keď premávka nie je detekovaná. Svietidlá sa vtedy prepínajú do nižšej úrovne osvetlenia. V nočných hodinách sa za týmto účelom definuje nová, tretia úroveň osvetlenia, ktoré predstavuje bezpečnostné minimum (na bezpečný pohyb v prípade straty detekcie, pri pohľade z okien von aby nebola tma...) a ktorá takto aj udržiava svietidlá v pohotovostnom stave svietenia. Tento režim sa zvlášť hodí pre LED svietidlá, ktoré sa dajú veľmi ľahko riadiť na rôzne úrovne. Výrezy na obr. 1 závisia od detekcie a nie sú periodické. Na výpočet AECI je preto potrebné uvažovať s pravdepodobnosťou vyššej úrovne v časoch detekcie pre každú z úrovní osvetlenia. Tento riadiaci profil sa hodí predovšetkým pre obytné oblasti.



Obr.1 Trojúrovňový regulovaný riadiaci profil so snímačmi

Pre plný riadiaci profil (bez regulácie osvetlenia) sa zvyčajne uvažuje s ročným prevádzkovým časom osvetlenia 4 000 hodín. Pri iných prevádzkových režimoch zvyčajne stačí skombinovať ročný prevádzkový čas jednotlivých úrovní osvetlenia s príslušným systémovým príkonom a v prípade systémov so snímačmi aj s pravdepodobnosťou detekcie. Tak získame jediný *koeficient prevádzky osvetlenia* c_{op} . Ak týmto koeficientom vynásobíme hodnotu AECI pre plný riadiaci profil, získame hodnotu AECI pre uvažovaný riadiaci profil. Typické hodnoty koeficienta prevádzky osvetlenia pre rôzne riadiace profily uvádza tab. 1.

Tab.1 Typické hodnoty koeficienta prevádzky osvetlenia pre dôzne prevádzkové režimy

Riadiaci profil osvetlenia	c_{op} (%)
plný profil	100,0
dvojúrovňový profil	86,3
trojúrovňový profil so snímačmi	62,8
vypnutie osvetlenia v noci	54,4

4 Systémový príkon osvetľovacej sústavy

Uvažuje sa príkon všetkých svetelných zdrojov, predradníkov a riadiacich prvkov potrebných na zabezpečenie svetelnotechnickej funkcie pre cieľové plochy zahrnuté do výpočtu:

$$P = \sum_{i=1}^N (n_{lum,i} \cdot P_{lum,i}) + P_{ctrl} \quad (3)$$

, kde

$n_{lum,i}$ počet inštalovaných svietidiel daného typu v relevantnej oblasti

$P_{lum,i}$ menovitý príkon daného typu svietidla (W)

P_{ctrl} celkový príkon systému riadenia osvetlenia inštalovaného mimo svietidiel, avšak s výlučnou väzbou na príslušnú relevantnú oblasť (W)

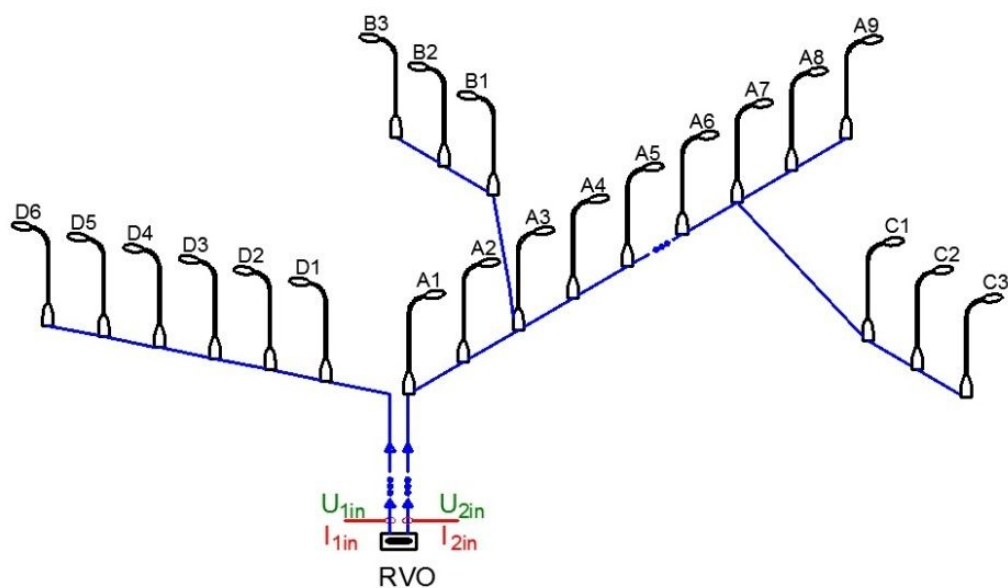
i, N index a počet rôznych typov svietidiel v relevantnej oblasti

Pri výpočte spotreby sa uvažuje s konkrétnym radiačim profilom, definujúcim denný priebeh príkonu počas diskretných a prípadne aj spojitých časových intervalov, pričom denné priebehy je potrebné ešte sčítať na získanie ročných hodnôt spotreby pri zohľadnení zmien denných priebehov počas roka. Prípadný pasívny príkon potrebný na udržiavanie prevádzky radiačeho systému v časoch, keď osvetľovacia sústava nesvieti, je potrebné takisto zahrnúť do výpočtu.

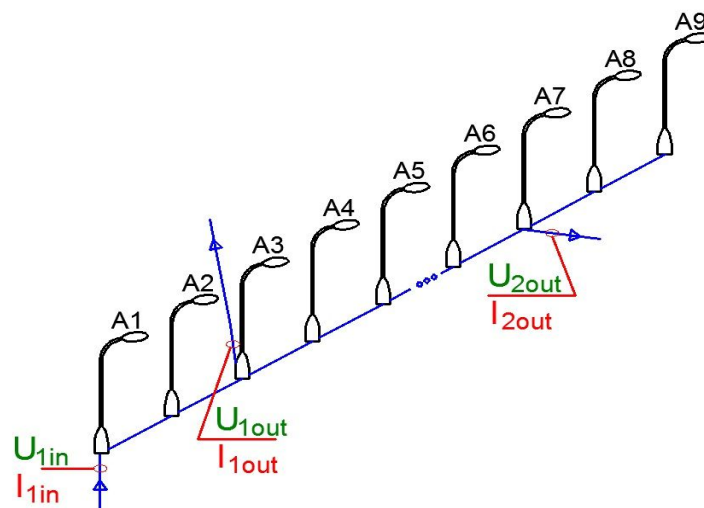
V prípade systémov riadenia na konštantný svetelný tok sa uvažuje s priemerným príkonom počas vopred stanovenej životnosti osvetľovacej sústavy.

Ak sú v rámci radiačeho profilu definované viaceré diskretné úrovne osvetlenia, pre každú úroveň by mala byť samostatne určená aj trieda osvetlenia a tiež ukazovateľ PDI. To ale znamená, že jedna osvetľovacia sústava môže mať pri regulovanom osvetlení viac hodnôt ukazovateľa PDI.

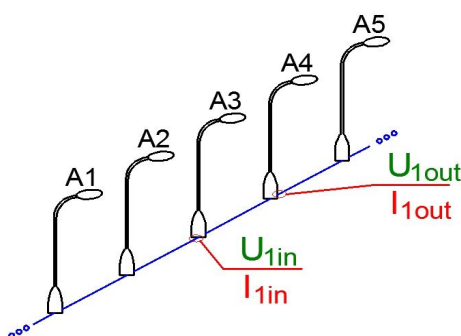
V závislosti od vymedzenia relevantnej oblasti sa systémový príkon môže skladať z viacerých čiastkových príspevkov. Na obr. 2 je znázornená situácia, keď relevantná oblasť pokrýva súčasne ucelenú topológiu siete verejného osvetlenia. Vtedy systémový príkon tvoria menovité príkony všetkých svietidiel pripojených na príslušný rozvádzač verejného osvetlenia RVO. Príkon systému riadenia P_{ctrl} môže byť sústredený v rozvádzači, ale môže byť rozložený aj v stožiaroch. Samostatne sa neuvažuje, ak je súčasťou menovitého príkonu svietidla P_{lum} (t.j. ak je radiači systém inštalovaný priamo v svietidlách).



Obr.2 Určenie príkonu osvetľovacej sústavy pripojenej na jednej vetve rozvádzača RVO



Obr.3 Určenie príkonu osvetľovacej sústavy na vymedzenom úseku miestnej komunikácie



Obr.4 Určenie príkonu osvetľovacej sústavy v rámci úseku výpočtového poľa

Ak je predmetom riešenia jeden úsek komunikácie (obr. 3), do systémového príkonu sa započítavajú svietidlá bezprostredne súvisiace s osvetlením tohto úseku. Triviálna situácia je v prípade, ak ide o ucelený úsek komunikácie vymedzený napríklad križovatkami. K osvetleniu prispievajú všetky svietidlá inštalované na tejto pozemnej komunikácii. Ak je ale relevantnou oblasťou iba referenčný úsek na riešenej komunikácii (obr. 4), veľkostne totožný s výpočtovým poľom komunikácie, do systémového príkonu sa započítava len jedno zo svietidiel vymedzujúcich referenčný úsek resp. obe svietidlá svojim polovičným menovitým príkonom. Predpokladá sa, že v meracej rovine C0-180 sú krivky svietivosti svietidla symetrické a referenčný úsek sa nachádza približne uprostred úseku komunikácie, svietidlá tak prispievajú rovným dielom tak k osvetleniu referenčného úseku, ako aj k bezprostredne susediacim úsekom vymedzeným dvomi po sebe nasledujúcimi stožiarimi na jednej strane komunikácie. To je zjednodušenie prijaté na výpočet ukazovateľov energetickej hospodárnosti osvetlenia, v skutočnosti to tak nie je. V zmysle metodiky výpočtu parametrov verejného osvetlenia podľa normy STN EN 13201-3 k osvetleniu výpočtového poľa prispievajú aj ďalšie predchádzajúce a nasledujúce svietidlá. Do výpočtu fotometrických parametrov sa zahŕňa približne 5 až 7 svietidiel pred a za výpočtovým poľom (presné číslo závisí od geometrie a je exaktne dané normatívnou metodikou). Pri rozstupoch stožiarov 30 až 40 m to predstavuje úsek dĺžky 350 – 500 m. Príspevok ďalších svietidiel v rade sa zanedbáva už aj pri tomto výpočte.

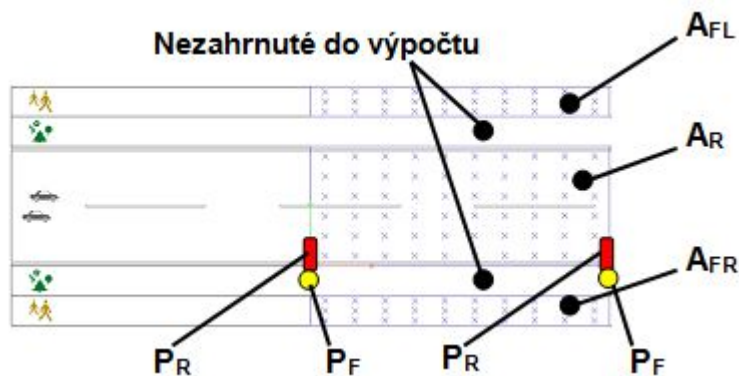
Príkonn riadiaceho systému sa jednoducho započítava iba v prípade, že riadiace jednotky alebo zariadenia sú inštalované v každom svietidle alebo stožiare. Ak je konfigurácia riadiacej siete iná, buď sa s týmto príspevkom neuvažuje (ak je výrazne nižší v porovnaní s celkovým príkonom na plnenie svetelnotechnickej funkcie) alebo sa musia vykonať ďalšie výpočty na jeho určenie.

5 Príklad výpočtu číselných ukazovateľov PDI a AECI

Norma EN 13201-5 uvádza príklad výpočtu číselných ukazovateľov PDI a AECI, ktorý bol predtým uverejnený v [6]. Norma obsahuje len spôsob výpočtu bez dosadenia konkrétnych hodnôt. V tomto príspevku uvedieme príklad aj s dosadením hodnôt.

Na výpočet bola zvolená vzorová situácia F (obr. 5), čo predstavuje dvojpruhovú vozovku so súbežnými chodníkmi a oddelujúcimi zelenými pásmi na oboch stranách. Na každom stožiare sú inštalované dve svietidlá: svietidlo s príkonom P_R slúži na osvetlenie vozovky a vzdialenejšieho (ľavého) chodníka, hoci čiastočne prispieva aj k osvetlenosti pravého chodníka. Doplnkové svietidlo s príkonom P_F orientované v smere od vozovky posilňuje osvetlenie pravého chodníka. Príkonn svietidiel P_R a P_F na obr. 5 sa započítava pre riešenú plochu len raz! Dá sa to chápať aj tak, že svietidlá na začiatku aj na konci výpočtového poľa sa započítavajú polovičným príkonom, lebo zabezpečujú aj osvetlenie vľavo resp. vpravo od výpočtovej plochy. To, že v súlade s EN 13201-3 intenzita osvetlenia sa v jednotlivých bodoch výpočtovej siete (obr. 6) počíta superpozíciou viacerých svietidiel v rade pred aj za výpočtovým poľom, sa pri výpočte ukazovateľov energetickej hospodárnosti osvetlenia zanedbáva.

Na zníženie úrovne osvetlenia v nočných hodinách o 50 % je inštalovaný regulátor osvetlenia. Zodpovedajúce zníženie systémového príkonu je o 30 % (koeficient redukcie je potom $k = 0,70$). Režim zníženej prevádzky je v časoch od 23:00 do 4:00. Ročný prevádzkový čas osvetlenia sa tak delí na 2 175 h plnej prevádzky (t_{full}) a 1 825 h zníženej prevádzky (t_{red}).



Obr.5 Situácia pre vzorový výpočet číselných ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia

$$D_p = \frac{P_R + P_F}{E_{FL}A_{FL} + E_R A_R + E_{FR}A_{FR}} \quad D_E = \frac{(P_R + P_F)(t_{full} + k.t_{red})}{A_{FL} + A_R + A_{FR}} \quad (4)$$

Dosadíme konkrétne hodnoty:

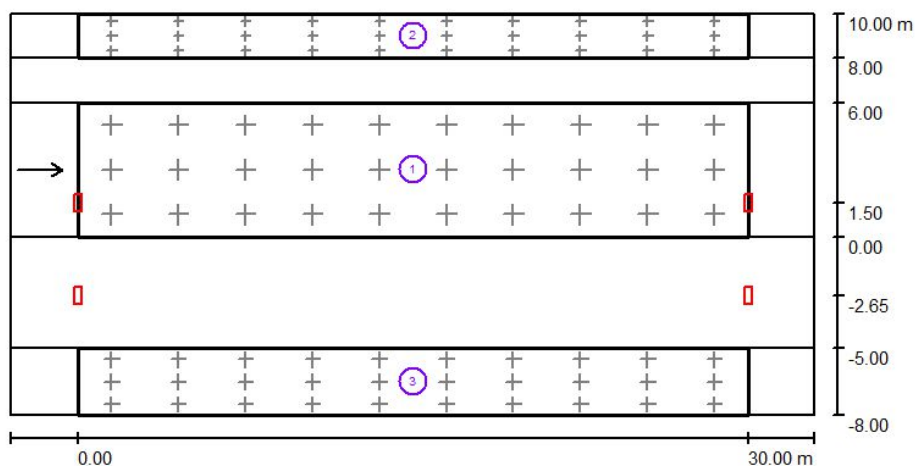
Šírka vozovky:	6 m	Trieda osvetlenia vozovky:	M3 (1,00 cd.m ⁻²)
Šírka ľavého chodníka L:	2 m	Trieda osvetlenia ľavého chodníka L:	P3 (7,50 lx)
Šírka pravého chodníka R:	3 m	Trieda osvetlenia pravého chodníka R:	P3 (7,50 lx)
Šírka ľavého zeleného pásu L:	2 m		
Šírka pravého zeleného pásu R:	5 m		

Systémový príkon P_R: 114 W (HPS 100 W)
 Systémový príkon P_F: 61 W (HPS 50 W)

Závesná výška pre P _R :	12 m	Rozostupy pre P _R :	30 m	Presah: 1,5 m / 0°
Závesná výška pre P _F :	8 m	Rozostupy pre P _F :	30 m	Presah: -1,5 m / 180°

Celkový udržiavací činiteľ MF: 0,80
 Povrch vozovky: R3

Plocha A_R: 180 m²
 Plocha A_{FL}: 60 m²
 Plocha A_{FR}: 90 m²



Obr.6 Výpočtové pole a sieť výpočtových bodov pre vzorový príklad

Výsledky výpočtu: Výsledky výpočtu fotometrických parametrov osvetlenia sú uvedené v tabuľke 2. Výsledky výpočtu ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia prezentované spôsobom odporúčaným v norme EN 13201-5, sú uvedené v tabuľke 3 pričom:

$$D_P = \frac{114W + 61W}{9,56lx \cdot 60m^2 + 18lx \cdot 180m^2 + 11,50lx \cdot 90m^2} = \dots \quad (5)$$

$$D_E = \frac{(114W + 61W)(2175h + 0,7 \cdot 1825h)}{60m^2 + 180m^2 + 90m^2} = \dots \quad (6)$$

Dvojica číselných ukazovateľov energetickej hospodárnosti osvetlenia - číselný ukazovateľ príkonovej hustoty (PDI) a číselný ukazovateľ ročnej spotreby energie na osvetlenie (AECI) sú spriahnuté parameter, vždy sa preto musia prezentovať spoločne a nerozdielne. Musia sa uviesť tiež všetky predpoklady použité pre výpočet. Ak je to potrebné, tabuľka 3 sa dá rozšíriť pre viac typov svietidiel, čiastkových plôch alebo časových intervalov. V niektorých prípadoch môže byť vhodné doplniť aj grafickú prezentáciu uvažovaného riadiaceho profilu.

Tab.2 Výsledky výpočtu fotometrických parametrov osvetlenia

Symbol	Jednotka	Popis	Výpočet	Požiadavka
Vozovka				
L_R	cd.m^{-2}	Udržiavaný jas povrchu vozovky	1,13	$\geq 1,00$
U_0	1	Celková rovnomernosť osvetlenia	0,80	$\geq 0,40$
U_l	1	Pozdĺžna rovnomernosť osvetlenia	0,78	$\geq 0,50$
f_{TI}	%	Prahový prírastok	3	≤ 15
SR	1	Pomer osvetlenia okolia	0,69	$\geq 0,50$
E_R	lx	Priemerná osvetlenosť na vozovke	18	-
E_{\min}	lx	Minimálna osvetlenosť vozovky	10	-
E_{\max}	lx	Maximálna osvetlenosť vozovky	25	-
Ľavý chodník				
E_{FL}	lx	Priemerná osvetlenosť chodníka	9,56	$\geq 7,50$
E_{\min}	lx	Minimálna osvetlenosť chodníka	6,47	$\geq 1,50$
Pravý chodník				
E_{FR}	lx	Priemerná osvetlenosť chodníka	11,50	$\geq 7,50$
E_{\min}	lx	Minimálna osvetlenosť chodníka	6,78	$\geq 1,50$

Tab.3 Príklad prezentácie údajov na hodnotenie energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia

Systémový príkon					
	Svietidlo 1	Svietidlo 2	Svietidlo 3	Svietidlo 4	Svietidlo 5
Prevádzkový príkon P (W)	114	61	-	-	-
Prídavný príkon P_{ad} (W)	0				
Osvetlená plocha					
	Plocha 1	Plocha 2	Plocha 3	Plocha 4	Plocha 5
Osvetlená plocha A (m^2)	180	60	90	-	-
Vypočítaná osvetlenosť E (lx)	18,00	9,56	11,50	-	-
Riadiaci profil osvetlenia					
	Interval 1	Interval 2	Interval 3	Interval 4	Interval 5
Ročný prevádzkový čas (h)	2 175	1 825	-	-	-
Koeficient redukcie (%)	1,00	0,70	-	-	-
Pravdepodobnosť detekcie (%)	100	100	-	-	-
Číselné ukazovatele energetickej hospodárnosti					
	Interval 1	Interval 2	Interval 3	Interval 4	Interval 5
Číselný ukazovateľ príkonovej hustoty D_p ($\text{mW.lx}^{-1}.\text{m}^{-2}$)	36,09	50,53	-	-	-
Číselný ukazovateľ ročnej spotreby energie D_E (Wh m^{-2})	1,831				

6 Prípadové štúdie výpočtu ukazovateľa PDI pri modernizácii osvetľovacích sústav

Výpočet ukazovateľa PDI v praxi bol preverený v prípadových štúdiách modernizácie verejného osvetlenia v troch mestách na Slovensku, kde predmetom modernizácie bola výmena všetkých svietidiel v plnom rozsahu. Modernizácia prebehla v roku 2015 s prieťahom do roku 2016 a v prvej polovici roka 2016 prebehlo aj kontrolné meranie týchto osvetľovacích sústav. Výber miest zahŕňal okresné mesto *Spišská Nová Ves* (16. najväčšie mesto na Slovensku), mesto strednej veľkosti *Holíč* a menšie mesto *Želiezovce*. Do tejto štúdie neboli zahrnuté obce. Počet obyvateľov, ktorý demonštruje veľkosť mesta a zloženie tried osvetlenia komunikácií uvádza tabuľka 4.

Tab.4 Zloženie tried osvetlenia vo vybraných mestách

Mesto	Počet obyvateľov	Počet komunikácií zaradených do triedy osvetlenia					
		SPOLU	M3	M4	M5	M6	P všetky
Spišská Nová Ves	37 887	182	5	3	24	124	26
Holíč	11 218	37	3	1	4	25	4
Želiezovce	7 166	54	0	7	7	37	3

Vo všetkých uvedených prípadoch išlo o modernizáciu osvetlenia, nie o vybudovanie novej osvetľovacej sústavy. To znamená, že aj pri najlepšej snahe a čo najlepšom návrhu a optimalizácii osvetlenia kvôli určitým pevne daným alebo limitovaným parametrom (napr. rozstupy stožiarov, závesná výška svietidiel, vzdialenosť stožiarov od okraja komunikácie) návrh modernizácie osvetlenia nemôže konkurovať optimálnemu návrhu osvetlenia s použitím novej osvetľovacej sústavy. Na osvetlenie boli použité výlučne LED svietidlá.

Prípadová štúdia nerozlišuje medzi rôznymi priečnymi profilmi osvetľovaných komunikácií, keďže tento vplyv nie je významný.

Súhrnné výsledky sú uvedené v tabuľke 5. Vo všeobecnosti platí, že vyššia hodnota štandardnej odchýlky poukazuje na individualitu konkrétnych situácií. I tak sa však dá nájsť dobrá korelácia medzi triedou osvetlenia a priemernou hodnotou PDI. Z tabuľky 5 vyplýva, že čím vyššia je trieda osvetlenia, tým lepšia je hospodárnosť osvetlenia. Pre triedu M3 ukazovateľ PDI môže dosahovať hodnoty pod 10 mW/lx/m², kým pre menej náročnú a v praxi bežnejšiu triedu osvetlenia M5 sa hodnota PDI pohybuje až okolo 20 mW/lx/m². Tieto hodnoty sú v dobrom súlade s typickými hodnotami PDI, ktoré pre rôzne situácie uvádza norma EN 15193, pričom moderná LED technológia je ešte efektívnejšia ako LED svietidlá použité na vzorové výpočty PDI pre nové osvetľovacie sústavy na účely vypracovania normy. Triedy osvetlenia založené na osvetlenosti, ktoré v daných prípadoch predstavujú všeobecne nižšie úrovne osvetlenia, dosahujú ešte horšie hodnoty ukazovateľa PDI, bežne viac ako 30 mW/lx/m².

Tab.5 štatistické výsledky výpočtu PDI (mW.lx⁻¹.m⁻²) pre rôzne triedy osvetlenia komunikácií vo vybraných mestách

Mesto	M3		M4		M5		M6		P all	
	Ave	StDev	Ave	StDev	Ave	StDev	Ave	StDev	Ave	StDev
Spišská Nová Ves	8,88	2,53	17,11	5,70	21,84	6,61	31,04	8,90	42,97	16,30
Holíč	7,09	0,47	8,57	0,00	17,77	2,75	20,09	5,18	30,46	8,66
Želiezovce			17,55	1,30	18,38	5,48	21,04	3,94	28,86	4,21

Ave = priemerná hodnota PDI pre vzorové komunikácie, **StDev** = štandardná odchýlka

7 Závěr

Nová európska norma definuje dvojicu ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia, ktoré majú slúžiť na hodnotenie osvetľovacích sústav pri ich návrhu, ako aj počas prevádzky. Predpokladá sa, že ukazovatele majú napomôcť pri výbere konkurenčných návrhov osvetľovacích sústav, kde je energetická hospodárnosť jedným z dôležitých hľadísk. Hodnotenie sa má preto použiť vždy na konkrétnu komunikáciu, ktorá je cieľom osvetlenia; ukazovatele sa nemajú používať na vzájomné porovnávanie osvetľovacích sústav pre rôzne komunikácie ani na ich porovnávanie voči nejakému prijatému štandardu (ako sú napr. energetické triedy), avšak do budúcnosti sa ani takýto spôsob hodnotenia nevylyčuje.

Hodnotenie osvetľovacích sústav v zmysle normy EN 13201-5 sa zatiaľ nevyžaduje žiadnymi legislatívnymi predpismi, je teda na dobrovoľnej báze. Odporúča sa však použiť toto hodnotenie pri každom návrhu sústavy verejného osvetlenia.

8 PodĎakovanie



Literatura a odkazy

- [1] EN 13201-5:2015: Road lighting —Part 5: Energy performance indicators
- [2] STN EN 13201-5:2016: Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 5: Ukazovatele energetickej účinnosti
- [3] GAŠPAROVSKÝ, D., SCHWARCZ, P., JANIGA, P.: Assessment and Measurement of Energy Demand and Efficiency in Public Lighting Networks. In: „Light in Engineering, Architecture and the Environment“, (Poznan, Poland), 17.-19.5.2011. – Southampton (UK): WIT Press, 2011. ISBN 978-1-84564-550-2. – pp. 133 – 145
- [4] GAŠPAROVSKÝ, D.: Measurement of Daylight Illuminance Levels in Transient Periods for Public Lighting Control. In: Przegląd elektrotechniczny. - ISSN 0033-2097. - Vol. 89, Iss. 6 (2013), pp. 320 – 323
- [5] GAŠPAROVSKÝ, D.: Calculation of the Operation Time of Road Lighting. In: Proceedings of CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light" : Paris, France, 15-16 April 2013. - Vienna : Commission Internationale de l'Eclairage, 2013. - ISBN 978-3-902842-44-2. - pp. 999 – 1008
- [6] GAŠPAROVSKÝ, D.: Energy Performance Numerical Indicators of Public Lighting. In: „ Svetlo - Light 2013“, (Podbanské, Slovakia), 23.-25.10. 2013. – Bratislava : KONGRES Management s.r.o., 2013. - ISBN 978-80-89275-35-9. – pp. 291 – 301

- [7] GAŠPAROVSKÝ, D., DUBNIČKA, R., RADITSCHOVÁ, J.: Benchmarking the energy efficiency of road lighting. In: Proceedings of CIE Conference "Lighting Quality and Energy Efficiency": Kuala Lumpur, Malaysia, 23-26 April 2014. - Vienna : Commission Internationale de l'Eclairage, 2014. - ISBN 978-3-902842-49-7.
- [8] PRACKI, P.: A proposal to evaluate road lighting energy efficiency. In proceedings: "Lumen V4", Bratislava : KONGRES Management s.r.o., 2012. ISBN 978-80-89275-32-8. - pp. 28 – 39
- [9] PRACKI, P.: Poposal to classify road lighting energy efficiency. In: Lighting Research and Technology. - ISSN: 1477-0938. Vol. 43, Iss. 3 (2011), pp. 271 – 280
- [10] PRACKI, P.: Unified system of lighting energy efficiency evaluation in public places. Proceedings of CIE Conference "Lighting Quality and Energy Efficiency": Vienna, Austria, Vienna : Commission Internationale de l'Eclairage, 2010. - ISBN 978-3-901906-83-1. - pp. 317 – 321
- [11] ŠKODA, J. & BAXANT, P. The reduction in electricity consumption through proper lighting. In proc.: EPE - Electric Power Engineering 2009. Brno University of Technology: Brno, pp. 1 – 4
- [12] SOKANSKÝ, K. & NOVÁK, T.: Energy savings in public lighting. Przegląd Elektrotechniczny, 84(8), pp. 72 - 74, 2008

POZNÁMKA: Autor tohto článku je autorom príkladu výpočtu ukazovateľov PDI a AECI v norme EN13201-5 a vedúcim riešiteľom normalizačnej úlohy na vypracovanie normy EN 13201-5 v pracovnej skupine WG12 v CEN/TC169.

Cestovná mapa pre technickú normalizáciu v oblasti osvetlenia

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave

Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská republika, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Abstrakt: Príspevok prináša aktuálne informácie z činnosti európskej normalizačnej komisie CEN/TC169 Svetlo a osvetlenie. Komisia pripravuje zásadný dokument – cestovnú mapu pre technickú normalizáciu v oblasti osvetlenia. Tento dokument má pre európsku normalizáciu v oblasti svetla a osvetlenia strategický význam. Odráža všeobecný zámer normotvorby približne na desaťročné obdobie, a to na základe analýzy aktuálnych spoločenských a technologických trendov a so zohľadnením potrieb v modernej priemyselne rozvinutej spoločnosti.

1 Úvod

Súčasná spoločnosť v Európe je charakteristická dynamickými zmenami potrieb, ktoré sa uspokojujú najnovšími technologickými výtvarkami. Kým v minulosti osvetlenie slúžilo sprvu iba na vytvorenie základných podmienok videnia, neskôr boli definované minimálne požiadavky na parametre osvetlenia, v súčasnosti sa úloha osvetlenia chápe ako komplexný problém vyžadujúci holistický prístup.

Normotvorba musí nadväzovať na tento spoločenský vývoj. Už niekoľko desaťročí dozadu, najmä od 90-tych rokov 20. storočia sa musel zmeniť prístup k normotvorbe tak, aby proces vypracovania a schvaľovania nových noriem prebiehal rýchlejšie, aby normy nezostali skôr než sa dostanú do praxe. Je to jeden z dôvodov, prečo sa normy stali všeobecne nezáväznými, aby po ich uvedení do praxe neobmedzovali použitie nových technológií a nebránili tak ďalšiemu rozvoju. Dnes sú časové problémy normotvorby ešte vypuklejšie, hoci existujú presné časové harmonogramy a obmedzenia pre vypracovanie normy a následné schvaľovacie procesy. Dynamika technologického vývoja sa už nepočíta v desaťročiach, ale rádo v rokoch a niekedy iba v mesiacoch! Normalizačná komisia pozostávajúca zo špičkových odborníkov v danej oblasti preto musí neustále analyzovať vývojové trendy a predvídať potrebu vypracovania normatívneho alebo podobého dokumentu so zameraním na konkrétny technický problém.

V oblasti svetla a osvetlenia vypracúva cestovnú mapu mladá technická komisia ISO/TC274. Na európskej úrovni v rámci technickej komisie CEN/TC169 takisto vzišla potreba vypracovania a zavedenia takéhoto dokumentu. Treba podotknúť, že práve európska normalizácia má v oblasti svetla a osvetlenia vedúce postavenie a na základe európskych noriem vznikajú viaceré medzinárodné normatívne dokumenty. Technická komisia CEN/TC169 má vypracovaný plán práce (*Business Plan*), čo je však odlišný typ dokumentu. Obsahuje konkrétne normalizačné úlohy alebo ich prípravu a slúži na vonkajšie použitie vo vzťahu k dotknutým tretím stranám alebo odbornej verejnosti. Cestovná mapa (*Road Map*) je výhľadovým dokumentom na interné použitie v komisii CEN/TC169, napríklad aj pri príprave plánov práce alebo iniciovanie nových normalizačných úloh.

Na plenárnem zasadnutí komisie CEN/TC169 v predchádzajúdom roku bola vytvorená špeciálna pracovná skupina (*Task Force Group*), ktorej úlohou bolo pripraviť cestovnú mapu pre normalizáciu v oblasti svetla a osvetlenia. Na plenárnem zasadnutí komisie v Londýne tohto roka (5.-6.9.2016) bol komisii predstavený pracovný návrh cestovnej mapy na roky 2016-2026, ktorý komisia prerokovala. V tomto príspevku sú uvedené zásadné tézy cestovnej mapy.

2 Odozva normalizačnej činnosti na spoločenské a priemyselné potreby

Normalizačná činnosť musí nadväzovať na aktuálne trendy, musí stavať na najnovších výsledkoch výskumu a vývoja (alebo potrebu riešenia konkrétnych vedeckovýskumných úloh iniciovať, ak v danej oblasti nie sú k dispozícii dostatočné poznatky) a musí reagovať na spoločenské a priemyselné potreby. Na rok 2016 sú identifikované tieto megatrendy a priemyselno-technologické trendy:

Urbanizácia: Životné podmienky, rast populácie, megamestá, vyššia hustota obyvateľov v mestách. Adaptívne osvetlenie v interiéroch aj exteriéroch s ohľadom na charakter užívateľov a dostupnosť denného svetla v husto zastavaných oblastiach.

Trvalo udržateľný rozvoj: Úspora energie a ochrana energetických zdrojov, divo žijúcich zvierat a čierneho neba. Osvetlenie musí byť šetrné k energetickým zdrojom a životnému prostrediu bez toho, aby boli obmedzené funkčné podmienky dobrého videnia.

Starnúca populácia: Potreba denného a umelého osvetlenia na pracoviskách s ohľadom na špecifické potreby starších ľudí a ľudí so zrakovým postihnutím. Správne osvetlenie vo verejných priestoroch na predchádzanie nehodám a na zdokonalenie orientácie.

Vedomostná spoločnosť: V priemyselne rozvinutých krajinách až 72 % populácie (pracovnej sily) pracuje v terciálnom sektore. Kľúčová je preto kvalita pracovných a vzdelávacích priestorov, ktorá vytvára základné podmienky na vedomostný rast pracovníkov. Súčasťou týchto podmienok je aj dobré a dostatočne flexibilné denné a umelé osvetlenie,

Pokroková zdravotná starostlivosť: Stále viac sa hovorí o tom, ako dobré životné podmienky ovplyvňujú pohodu človeka a ako podporujú liečbu a zotavenie. CEN/TC169 nie je priamo zameraná na normalizáciu v zdravotníctve, avšak vytvorenie dobrého osvetlenia na podporu zdravia má vo svojom zameraní.

Konektivita, bezdrôtová komunikácia, internet vecí (*Internet of Things*): Aký majú tieto pokrokové technológie vplyv na osvetlenie a svetelné systémy? Dajú sa nájsť viaceré otázky, ktoré vyzávajú riešenie. Spomeňme napríklad potrebu dobrej stratégie riadenia osvetlenia s využitím komunikačných technológií, implementáciu technických rozhraní do svetelných systémov alebo vytvorenie špecifických rozhraní pre svetelné systémy a pod. Hitom súčasnosti je v tomto smere **LiFi** – komunikácia prostredníctvom svetla, má slúžiť napr. na konektivitu osobných zariadení, orientáciu v budovách atď.

Nové energetické technológie: Nové technológie ako **PoE** (Power over Ethernet), jednosmerné siete, decentralizované napájacie systémy a pod. vyžadujú nové definovanie systémových komponentov, vrátane osvetlenia.

Integrované svetelné zdroje: Čo je svetelný zdroj a čo je to svietidlo? V súčasnosti sa rozdiel medzi nimi stiera.

Retrofitné svetelné zdroje: Aké majú byť podmienky pre výmenu rôznych, princípiálne odlišných druhov svetelných zdrojov vo svietidlách? Aký to má vplyv na osvetlenie ako konečný produkt?

Budovy s takmer nulovou spotrebou energie: Osvetlenie musí pri zabezpečení potrebných parametrov osvetlenia spotrebovať čo najmenej elektrickej energie. Neodstrániteľný výdaj tepla z osvetľovacích sústav sa musí dať efektívne využiť alebo odvádzať (podľa potreby) ako tepelný zisk priestoru. Na vstup denného svetla a zníženie tepelných strát oknami, čo sú protichodné požiadavky, sa musia použiť okná s novými vlastnosťami.

3 Tematický náčrt cestovnej mapy CEN/TC169

Údržba osvetľovacích sústav: Táto oblasť doteraz nie je pokrytá žiadnou medzinárodnou alebo regionálnou normou, hoci je doslova nevyhnutná pre každodennú prax. V súčasnosti technické normy odkazujú na publikácie CIE 97 a CIE 154. Norma by sa mala skladať z dvoch samostatných častí – pre vnútorné a vonkajšie priestory. (*Poznámka:* v súčasnosti prebieha hlasovanie o novej normalizačnej úlohe pre túto oblasť v ISO/TC274).

Svetelnotechnický projekt: Cieľom normy je definovať štruktúru a obsah svetelnotechnického návrhu a príslušnej dokumentácie, aby dokumentácia bola unifikovaná. Norma má riešiť aj prezentáciu údajov (vstupných údajov aj výsledkov). Tak sa bude dať potrebná informácia ľahko nájsť v dokumentácii, pričom samotný návrh osvetlenia bude stále tvorivou odbornou činnosťou. (*Poznámka:* v CEN/TC169 už existuje východiskový návrh normy na vytvorenie novej normalizačnej úlohy, čo ešte bude podliehať schváleniu členských organizácií CEN).

Kolaudácia a prevádzka osvetľovacích sústav: K tomuto tematickému zameraniu nie sú ešte určené bližšie ciele, avšak dá sa predpokladať, že pôjde o zjednotenie postupov pri uvedení osvetľovacej sústavy do prevádzky a norma by mala riešiť aj samotnú prevádzku osvetľovacej sústavy počas života. Norma sa má venovať aj problematike riadenia osvetľovacích sústav. (*Poznámka:* v súčasnosti už začína pracovať skupina WG2 v ISO/TC274 s podobným zameraním, ciele sú však odlišné od európskych záujmov a pri činnosti CEN/TC169 sa zrejme budú zohľadňovať len okrajovo).

Osvetlenie a úspory energie: V Európe až 40 % celkovej spotreby energie pripadá na budovy, preto akékoľvek vylepšenia konštrukcie budov a ich energetického vybavenia napomôžu plniť energetické a klimatické ciele EÚ. Zvlášť sa to týka aj osvetľovacích sústav. V súčasnosti neexistuje jednotný postup v tejto oblasti, potenciál úspor energie nie je náležite využitý tak pri nových budovách, ako aj pri modernizácii starých budov. (*Poznámka:* táto oblasť je predsa len čiastočne pokrytá energetickou hospodárnosťou budov EHB, ktorá zahŕňa aj osvetlenie, platí norma EN 15193 – ktorá sa v súčasnosti reviduje, týka sa ale len vybraných kategórií budov).

Adaptívne vonkajšie osvetlenie: V tomto prípade sa odporúča vypracovanie dokumentu len na úrovni technickej správy (TR). Má riešiť, ako sa adaptívnym osvetlením dajú uspokojiť potreby ľudí a súčasne vysoká energetická efektívnosť. K čiastkovým cieľom patrí bezpečnosť, efektívnosť infraštruktúry, orientácia vo vonkajšom prostredí atď.

Príručka kompatibility pre retrofitné svetelné zdroje a podobné zariadenia, najmä čo sa týka kriviek svietivosti, oslnenia a farebných vlastností svetla.

Osvetlenie domácností: Jediná známa norma je v platnosti na Slovensku (STN 36 0452). Uvádza požiadavky na intenzitu osvetlenia rôznych miestností, priestorov a činností a tiež požiadavky na ostatné parametre osvetlenia (rovnosť osvetlenia, farba svetla, podanie farieb...). Absencia európskej normy v tejto oblasti je evidentná, vypracovanie európskej normy však určite nebude jednoduché (skôr z politických ako technických dôvodov). (*Poznámka:* pre účely EHB sú niektoré požiadavky a návody ohľadne osvetlenia domácností provizórne zahrnuté v pripravovaných dokumentoch EN 15193-1 a CEN/TR 15193-2, minimálne úrovne osvetlenia však nie sú v týchto dokumentoch stanovené).

Svetelný technik: Kvalifikačné požiadavky, predpoklady a procesy na ustanovenie odborne kompetentných osôb v oblasti svetelnej techniky a osvetľovania.

Interoperabilita osvetľovacích sústav so systémami energetického manažmentu: Spolupráca LED zdrojov a modulov, predradníkov, LED svietidiel a osvetľovacích sústav s vyššími systémami.

Kvalitatívne parametre okien: Okná s veľmi nízkymi hodnotami U, sklá s pokrytím, slnečné clony, vstavané solárne panely a ich vplyv na svetelné prostredie.

Denné svetlo v husto zastavaných územiach: Riešenie osvetlenia v podmienkach vysokého tienenia okolitými budovami. Má sa dotýkať budov na bývanie aj pracovísk.

Svetelnotechnické riešenia na podporu života a cirkadiánnych rytmov v školách, domácnostiach aj na pracoviskách. Svetelnotechnické riešenia na podporu liečenia a uzdravovania v zdravotníckych zariadeniach.

Návod na osvetlenie komunálnych a verejných priestorov iných ako sú pracoviská a domácnosti, napr. hotely (hostovské izby), reštaurácie, kiná a divadlá a pod. Podobne ako v prípade domácností, aj v tejto oblasti chýbajú základné požiadavky a schválené návody.

Cestovná mapa okrem toho uvádza náčrt týchto riešení a potrieb:

1. **vypracovanie technických správ (TR) k európskym normám**, ktoré by obsahovali všeobecne schválené návody a podobný nenormatívny materiál; v súčasnosti sa takáto technická správa pripravuje pre oblasť EHB, je identifikovaná potreba návodu na osvetlenie športovísk (k norme EN 12193) a po vypracovaní príslušnej normy aj v oblasti osvetlenia domácností
2. **revízie existujúcich európskych noriem**, s niektorými konkrétnymi identifikovanými potrebami, problémami a nedostatkami
3. **povýšenie európskych noriem na medzinárodnú úroveň** (prostredníctvom ISO/TC274)
4. **sieť bodov na výpočet a meranie** – zjednotenie a upresnenie
5. **zábrana zbytočného svietenia** a rušivého svetla v exteriéroch

6. **prispôsobenie osvetlenia aktuálnym užívateľom**, ich vlastnostiam a charakteristikám (starší ľudia, ľudia so zrakovým postihnutím a pod.)
7. **uprednostnenie denného svetla na pracoviskách**

4 Záver

Cestovná mapa nemá byť statickým, ale živým dokumentom, ktorý sa bude priebežne udržiavať a aktualizovať. Tohtoročný prvý pracovný návrh bude dokumentom na rok 2016, pričom na ďalšie obdobie (zrejme do konania budúcoročného plenárneho zasadnutia komisie CEN/TC169) sa dopracuje a bude podrobený širšiemu pripomienkovaniu v komisii. Ešte nie je zrejmé, ako tento proces bude následne prebiehať. Dá sa však konštatovať, že dokument tohto druhu je vysoko významný a potrebný a nepochybne napomôže skvalitniť normalizačnú činnosť v oblasti svetla a osvetlenia.

5 PodĎakovanie



Literatura a odkazy

- [1] CEN/TC 169 Road map (návrh), CEN, august 2016

POZNÁMKA: Autor tohto článku je členom riešiteľského kolektívu a aktívnym spoluvorcom cestovnej mapy pre normalizáciu v oblasti svetla a osvetlenia v CEN/TC169.

Problematika náhrad zářivek LED technologií z hlediska osvětlování, návratností investic a legislativy

Ing. Lumír Kuncický, prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., VŠB – TU Ostrava, FEI,

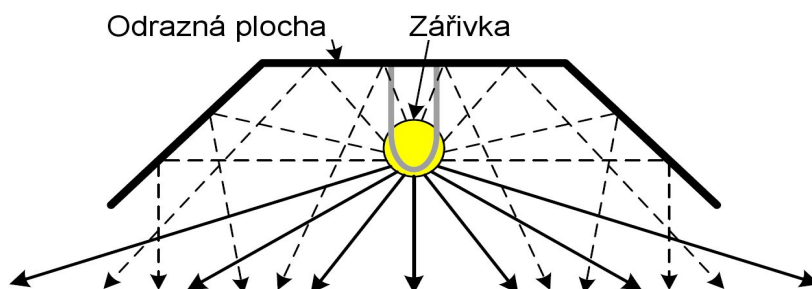
Lumir.Kuncicky@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz

Abstrakt: V mnoha průmyslových, komerčních a administrativních prostorech v ČR jsou stále provozovány osvětlovací soustavy složené ze zářivkových trubíc. Na podstatně méně místech, než by se před několika lety dalo předpokládat, byly osvětlovací soustavy modernizovány nahrazením za tzv. LED-trubice. Zkušenosti z provozování modernizovaných osvětlovacích soustav jsou většinou rozpačité až negativní. V tomto článku se pokusíme porovnat fyzikální vlastnosti zářivek a jejich náhrad, porovnat náklady na jejich provoz a další aspekty rekonstrukcí osvětlení.

1 Zářivka nebo LED – fyzikální vlastnosti

Pravděpodobně není nutné opakovat všeobecně známé nevýhody zářivek, ale zopakování základních fyzikálních vlastností různých světelných zdrojů se pro účely porovnání nevyhne. A účelem nebude jen porovnání, ale i příklady jak zjistit minimální nutné parametry odpovídajících LED náhrad zářivek.

Mimo principiálních rozdílů přeměny elektrické energie na světlo a z toho plynoucí rozdíly ve vyzařovaném spektru, energetické účinnosti apod. je základní rozdíl mezi zářivkou a LED světelnými zdroji ve směrové charakteristice. Zářivky vyzařují světlo rovnoměrně do všech směrů (360°) kolem podélné osy, ale většina LED čipů má vyzařovací úhel směrové charakteristiky 120°. Pro konstrukci interiérových svítidel s výškou umístění svítidel cca 2 až 4 m nad místem zrakového úkolu je vyzařování LED pouze do dolního poloprostoru výhodnější. Zářivková svítidla musí obsahovat optické části (odrazné plochy), které světelný tok vyzářený do horního poloprostoru usměrní do požadovaného úhlu, což je spojeno s vyššími ztrátami světelného toku.



Obr.1 Příklad odrazné plochy zářivkového svítidla.

Podle typu, konstrukce, výrobce, stáří apod. se vlastnosti odrazných ploch zářivkových svítidel značně liší. Po nahrazení zářivky světelným zdrojem s technologií LED zůstanou optické vlastnosti zbývajících částí svítidla (difuzor, refraktor, prachotěsný kryt apod.) zachovány právě mimo nyní již nevyužitých odrazných ploch. Proto se ztrátami způsobených odrazem je nutno počítat při porovnání světelného toku zářivek a LED.

Základním požadavkem zadavatele rekonstrukce osvětlovací soustavy většinou bývá zachování nebo mírné zvýšení původní (projektové) úrovně intenzity osvětlení při podstatném snížení spotřeby elektrické energie. Vždy však musí soustava splňovat požadavky platných norem, zejména ČSN EN 12464 – 1. Použitím LED v původním svítidle může z tohoto hlediska dojít k problémům z důvodu nižšího světelného toku, z důvodu již zmíněných rozdílných křivek svítivosti a z důvodu podstatně vyšších jasových úrovní a z toho plynoucích jiných úhlů clonění. Je také nutno zkontrolovat LED náhrady z hlediska indexu podání barev Ra a vhodnosti zvolené teploty chromatičnosti. Každé rekonstrukci osvětlení by měl předcházet světelný výpočet, ale ne vždy tomu tak je a jedním z úkolů tohoto článku je navrhnout jak provést alespoň kvalifikovaný odhad vhodné náhrady světelného zdroje a jakých chyb se vyvarovat. Pokud se rekonstrukce osvětlení provádí pouhou výměnou světelných zdrojů s důrazem na co nejnižší cenu, měl by být alespoň výsledný světelný tok každého svítidla po výměně stejný nebo větší než byl před výměnou. Údaj o hodnotě světelného toku by měl být uveden výrobcem na obalu každého moderního svítidla nebo světelného zdroje. Za předpokladu, že tato hodnota odpovídá skutečnosti, stav po výměně tak nemusíme zjišťovat. Jelikož vliv optických částí svítidla, které po výměně zůstanou zachovány, nemusíme uvažovat, zbývá nám zjistit a porovnat jen světelný tok zářivky snížený o ztráty na odrazných plochách svítidla se světelným tokem LED náhrady.

Zjištění výsledného světelného toku svítidla osazeného zářivkou můžeme provést třemi způsoby – změřením v laboratoři (nejobjektivnější a nejpresnější metoda), výpočtem pomocí simulačního software (jsou potřebné všechny podklady výrobců) nebo kvalifikovaným odhadem (nejrychlejší a nejlevnější metoda). Pro uvedený odhad si můžeme 360° vyzářeného světelného toku kolem zářivky rozdělit na tři stejné části: spodních 120° vyzářených přímo (beze ztrát odrazem), horních 120°, které se musí odrazit od tělesa svítidla nebo reflektoru a bočních 60 a 60°, které jsou jen částečně odraženy (většinou cca 10%) a z větší části pohlceny. Hodnotu odraženého toku od svítidla nebo reflektoru můžeme odhadnout pomocí koeficientu odrazu světla podle druhu povrchu materiálu, ze kterého je daný díl vyroben. Tabulku koeficientů odrazu světla pro různé materiály nalezneme např. v [1] nebo [2], ale vystačíme jen s několika hodnotami, protože tělesa zářivkových svítidel jsou ve velké většině vyrobeny z plechu opatřeného bílým nátěrem (bílá krémová až béžová). Reflektory bývají z hliníkového plechu s přírodním nebo leštěným povrchem. Nebudeme uvažovat opotřebení a znečištění odrazných ploch, protože osvětlovací soustava by po rekonstrukci měla mít stejné vlastnosti jako původní po instalaci.

Povrchy materiálů	Koeficient odrazu světla [%]
Nátěr sněhově bílý	75 – 85
Nátěr krémový až béžový	40 – 65
Hliník přírodní	48 – 52
Hliník leštěný	50 – 60
Hliník eloxovaný lesklý	65 – 75
Speciální vysoce odrazný povrch	90 – 98

Tab.1 Tabulka některých koeficientů odrazivosti

Jako příklad výpočtu pro odhad světelného toku zářivkového svítidla si zvolme zářivku 120cm/36W s jmenovitým světelným tokem 3300 lm v přisazeném stropním tělese vyrobeném z lakovaného plechu s krémovým odstínem. K nezmenšené spodní třetině (1100 lm) přičteme 50% z horní třetiny (550 lm) a 10% z obou bočních šestin (110 lm). Náš odhad je v tomto případě 1760 lm.

Naším cílem bylo odhadnout, jak velká část světelného toku zářivkové trubice bude vyzářena do prostoru pod svítidlem po ztrátách odrazem v tělese svítidla. Odhadem pro uvedený příklad jsme došli k hodnotě 1760 lm, to je přibližně 54% původního světelného toku. Původně to měl být jen přibližný odhad, ale z výsledků přesných měření a výpočtů světelného toku uvedeného příkladu jsme došli k téměř stejným výsledkům. V Tab. 2 jsou uvedeny příklady minimálně požadovaného světelného toku LED pro několik nepoužívanějších typů zářivek. Pro každý konkrétní typ svítidla by měl být alespoň proveden odhad minimálního světelného toku LED dle uvedeného postupu.

Typ zářivky	Světelný tok zářivky	Příklad vybavení svítidla	Požadovaný min. světelný tok LED
120cm/36W	3350 lm	plech, krémový	1760 lm
120cm/36W	3350 lm	reflektor, přírodní hliník	2000 lm
150cm/58W	5200 lm	plech, krémový	2800 lm
4 kusy 60cm/18W	4 x 1300 lm	lesklý reflektor	3800 lm

Tab.2 Některé typy zářivek a minimální světelný tok jejich náhrad.

Pokud pro rekonstrukci musí být použity LED s menším světelným tokem, měl by být proveden světelný výpočet a případně zvýšen počet světelných zdrojů, aby průměrná udržovaná osvětlenost po rekonstrukci nebyla nižší, než je vyžadováno dle platných norem.

2 Zářivka nebo LED – ekonomika

Ekonomická návratnost je jedním z nejdůležitějších parametrů rekonstrukce osvětlovací soustavy. Má-li být výpočet návratnosti opravdu objektivní je nutno předem důkladně zvážit všechny údaje, které jsou k výpočtu potřebné. Obecně lze říci, že doba ekonomické návratnosti je v tomto případě doba, za kterou celkové náklady na provoz rekonstruované osvětlovací soustavy (včetně nákladů na rekonstrukci) budou rovny celkovým nákladům na provoz původní osvětlovací soustavy.

Největší podíl na nákladech na osvětlení má spotřeba elektrické energie, přesněji příkon jednotlivých svítidel. Dle platné evropské legislativy musí být na každém obale svítidla nebo světelného zdroje mimo jiných údajů uveden i údaj o světelném toku (v lumenech) a o příkonu (ve watttech). Ale už nikdo ze zákonodárců spotřebitele neinformoval, že tyto údaje si mají mezi sebou vydělit a získají tak jeden z nejdůležitějších parametrů tzv. světelnou účinnost s jednotkou $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ (dle evropské normy IEC 50(845) název „luminous efficacy“, dle ČSN IEC 50 (845) „měrný světelný výkon“). Ta nám laicky řečeno vyjadřuje kolik světla je vyrobeno z každého wattu spotřebované elektrické energie. Z tohoto hlediska je srovnání zářivek a jejich náhrad rovněž zajímavé, protože klasické zářivky mají 80 až 95 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ a tzv. LED-trubice mají 80 až 100 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$. Mnoho lidí, kteří si uvědomí tuto skutečnost, se ptá, co to je vlastně za náhradu, když je účinnost stejná a kde tedy je ta úspora. Vysvětlení je v předcházející kapitole, úspora je pouze ve výhodnější směrovosti LED. Jiná situace nastane až s masivnějším prodejem světelných zdrojů s nejnovějšími LED čipy (180 - 200 $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$).

Výpočet návratnosti lze provádět pouze za předpokladu, že základní parametry osvětlení před a po rekonstrukci (zejména intenzita a rovnoměrnost osvětlení) zůstanou přibližně stejné. Nelze porovnávat platby pouze za „silovou“ část elektrické energie starých svítidel s funkční sotva třetinou zářivek a se skutečnou intenzitou osvětlení 20 – 70 lx s náklady na rekonstrukci, po které bude průměrná intenzita osvětlení přes 300 lx. Rovněž nelze porovnávat velmi zachovalou udržovanou zářivkovou osvětlovací soustavu před a po nekvalitní rekonstrukci s výslednou sotva poloviční intenzitou osvětlení navíc většinou s nevhodnou teplotou chromatičnosti (lidově řečeno: „modrá tma“)...

Pro výpočet návratnosti rekonstrukce osvětlení je vhodné vypracovat dlouhodobé průběhy celkových nákladů na provoz uvažovaných variant. Pokud tyto průběhy vyneseme do grafu závislosti celkových nákladů na čase, tak v bodech, kde se jednotlivé průběhy protnou s průběhem nákladů na původní zářivkové osvětlení je doba návratnosti. Důkladným vypracováním dlouhodobých průběhů nákladů získáme další důležitější a cennější informace než jen dobu návratnosti. Jako příklad těchto výpočtů byla zvolena rekonstrukce osvětlení průmyslové dílny, která byla dosud osvětlena zářivkovými tělesy v počtu 12 kusů, přičemž každé z nich obsahovalo 2 kusy zářivek 150 cm/58 W. Sazba za el. energii je v tomto případě 2,54 Kč/kWh, v dílně probíhá třísměnný provoz, svítí se 120 hodin týdně.

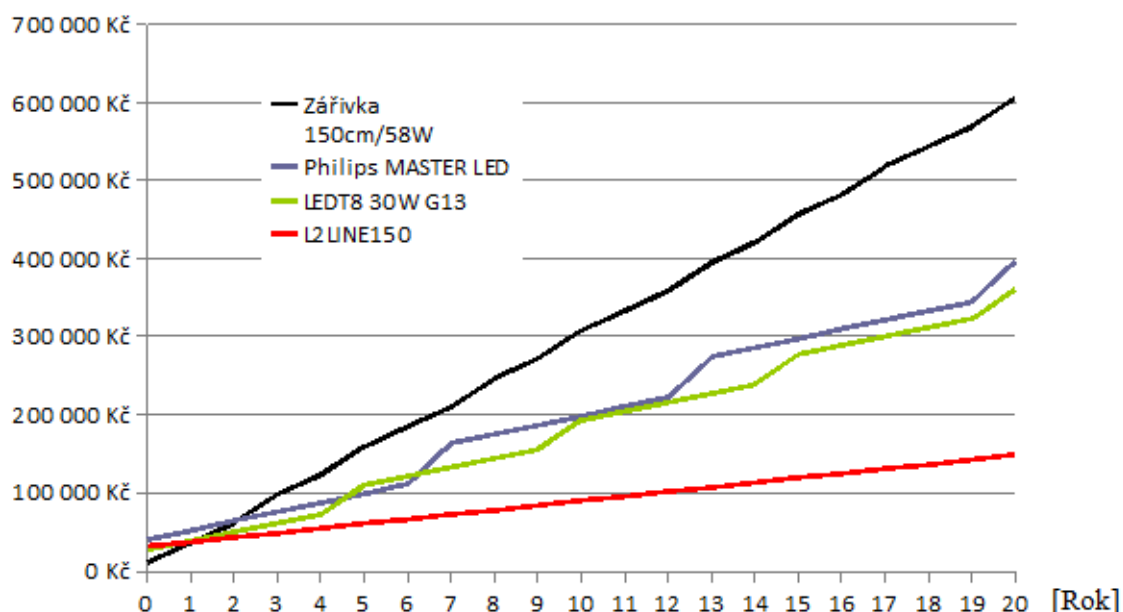
Pro zachování maximální objektivity musíme porovnávat celkové náklady nejen na elektrickou energii, ale i náklady na údržbu (materiál včetně prací a režie) na instalační práce během rekonstrukce atd. Musí se také porovnávat soustavy, které poskytují přibližně stejné úrovně osvětlení. Proto pro tento příklad výpočtu byly zvoleny čtyři varianty světelných zdrojů a provozní náklady byly zpracovány do tabulky. V 1. sloupci bylo počítáno původní zářivkové osvětlení, ale (pro zachování objektivitu) po kompletní údržbě spočívající ve výměně všech trubic a předřadníků za nové. Ve 2. a 3. sloupci byly kalkulovány ekvivalentní LED-trubice, značkové Philips (30 W) a levné (31 W) z průměrného e-shopu. Pro 4. sloupec byly zvoleny jediné dostupné LED-moduly nejnovější generace (180 lm.W⁻¹, 150 cm, 15,4 W). První řádek v roce „nula“ udává náklady na počáteční rekonstrukci (ceny trubice, předřadníku nebo zdroje a práce). V dalších řádcích tabulky jsou celkové provozní náklady v jednotlivých letech, jsou připočteny náklady na energii a dle údajů výrobců o životnosti je v odpovídající době započítána výměna světelných zdrojů. Výpočet byl proveden na dobu 20 let.

	Zářivka 150cm/58W	Led-trubice 150cm/31W	Led-trubice 150cm/30W	L2LED
Rok	MASTER TL-D 58W / 840 G13	Philips MASTER LEDtube PERF	www.sviceniled.cz, LEDT830WG13	L2LINE150 / 850
0	10 608,00 Kč	40 320,00 Kč	26 472,00 Kč	31 248,00 Kč
1	36 094,00 Kč	52 112,00 Kč	37 883,00 Kč	37 106,00 Kč
5	159 254,00 Kč	99 280,00 Kč	110 002,00 Kč	60 538,00 Kč
20	605 195,00 Kč	397 122,00 Kč	360 594,00 Kč	148 408,00 Kč

Tab.3 Zkrácená tabulka provozních nákladů pro různé varianty světelných zdrojů.

V tab. 3 jsou uvedeny výsledky výpočtů provozních nákladů a grafické znázornění ročních průběhů je uvedeno obr. 2. Z uvedeného vyhodnocení vyplývá, že počáteční investice do LED osvětlení je sice vyšší než do zářivek, ale doba ekonomické návratnosti všech variant LED osvětlení je přibližně jeden až dva roky. Nejúspornější pro tento příklad je řešení

L2LED, které již po pěti letech provozu (na konci záruky) vykáže úsporu 100 000,- Kč. Po 20 letech jsou pro uvedený příklad náklady na zářivkové osvětlení 600 tisíc Kč, na osvětlení LED-trubicemi 360 až 400 tisíc Kč a na osvětlení moduly L2LINE 148 tisíc Kč.



Obr.2 Závislost nákladů na provoz osvětlovací soustavy (24 trubice) na letech provozu.

3 Nahrazení zářivek technologií LED – legislativa

Při použití LED-trubic je vždy nutno odpojit všechny části předřadných obvodů a provést nové zapojení vnitřních obvodů svítidla. Přestává tak platit původní prohlášení o shodě vystavené výrobcem zářivkového tělesa a vzniká nový výrobek, na který by měla veškerou novou dokumentaci vystavit osoba, která rekonstrukci provedla. Jiným případem by byla montážní souprava LED modulů, jejíž instalace by spočívala z mechanického upevnění modulů, odpojení přívodu z původních svorek svítidla a jeho zapojením do svorek napájecího zdroje, který je součástí dodané soupravy. Prohlášení o shodě by výrobce musel vydat jako na celek. V každém případě by rekonstrukce osvětlení měla být doplněna do projektové dokumentace a zkontrolována návaznost na původní obvody (jištění apod.)

4 Závěr

Osvětlení ve výrobních a dalších prostorech je jejich důležitou součástí a rekonstrukcí se může dosáhnout nejen úspor energie, ale i zvýšení bezpečnosti práce, efektivity a zlepšení celkové pracovní pohody zaměstnanců. Z uvedených příkladů je zřejmé, že před rekonstrukcí osvětlovací soustavy by měly být provedeny alespoň základní výpočty, protože fyzikální i dlouhodobé ekonomické výsledky rekonstrukce mohou být velmi rozdílné.

Literatura a odkazy:

- [1] ČSN 73 0580 – 1, Denní osvětlení budov – základní požadavky (2007).
- [2] Doc. Ing. Václav Bystřický, CSc. a Ing. Jan Kaňka: Osvětlení, vydavatelství ČVUT 1997

Širokopásmová komunikace ve viditelném záření

Petr Koudelka, Ing., Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, petr.koudelka@vsb.cz, www.vsb.cz,
 Tomas Stratil, Ing., VŠB-Technická univerzita Ostrava, tomas.stratil@vsb.cz, www.vsb.cz,
 Radek Martinek, Ing., Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, radek.martinek@vsb.cz, www.vsb.cz,
 Jan Látal, Ing., Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, jan.latal@vsb.cz, www.vsb.cz,
 Tomáš Novák, Ing., Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, tomas.novak1@vsb.cz, www.vsb.cz,
 Karel Sokanský, Ing., Ph.D., Prof., VŠB-Technická univerzita Ostrava, karel.sokansky@vsb.cz, www.vsb.cz

Abstrakt: Využití umělého viditelného optického záření nejen pro osvětlovací účely, ale i pro účely komunikační, je terminologicky všeobecně označováno jako technologie VLC (Visible Light Communication) na základě standardu IEEE 802.15.7 z prosince 2011 nebo také jako technologie Li-Fi (Light Fidelity). U výše uvedených technologií bylo možné v posledních letech zaznamenat velmi progresivní vývoj, který bohužel postrádá řešení způsobu zajištění datové konektivity. Předpokládá se pouze obecná datová konektivita na bázi Ethernetu. Novinkou na poli využití umělého viditelného optického záření pro osvětlovací i pro komunikační účely je technologie Širokopásmové komunikace ve viditelném záření, přičemž je pro označení této technologie používána především její varianta v anglickém jazyce: Broadband over Visible Light. Tato technologie je založena na čipové sadě technologie Širokopásmové komunikace po silových vodičích BPL (Broadband over Power Line) a samotného svítidla jako média-konvertoru. Mezi nejvýznamnější výhody této technologie patří zajištění datové konektivity bez nutnosti investic do vybudování paralelní datové sítě, což v některých případech ani není možné. V kontextu města 21. století založeného na moderních technologiích typu Chytré město (Smart City), komunikace mezi vozidly a s infrastrukturou (Car2Car and Car2Infrastructure Communications) a Internetu věcí (Internet of Things) může být tato technologie klíčovým prvkem zajišťujícím „konektivitu v prostoru a čase“ pro další nadřazené technologie. Cílem článku je představit technologii Širokopásmové komunikace ve viditelném záření se zaměřením na jeden z nejdůležitějších prvků této technologie: výkonový modulátor na bázi Bias-T.

1 Úvod

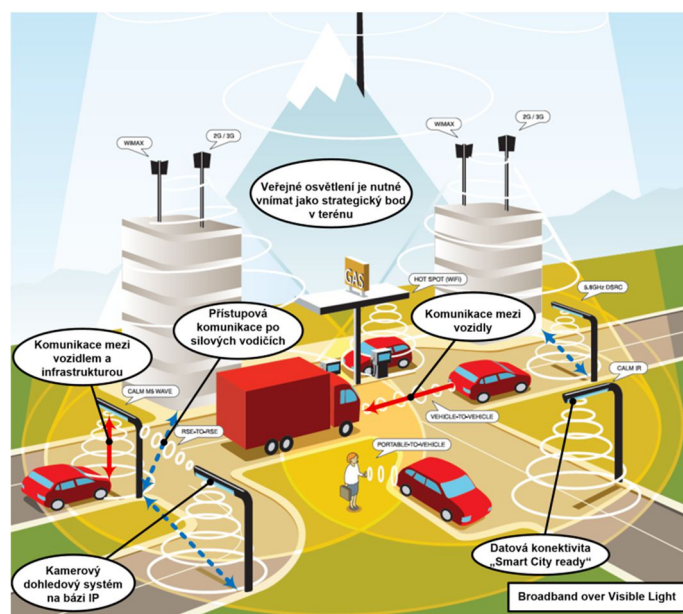
Vývoj v oblasti bílých LED v posledních letech zapříčinil jejich plošné nasazování jako vysoce efektivní alternativy ke klasickým zdrojům optického záření ve viditelné oblasti. Tento vývoj zapříčinil progresivní změny v osvětlovací technice. Fyzikální podstata bílých LED umožňuje jejich využití pro komunikační účely. Tato fyzikální podstata včetně změn trendů v osvětlovací technice způsobily vznik nového směru výzkumu, který se obecně nazývá Visible Light Communication (VLC). Tento nový směr výzkumu je odvozeninou od původního směru výzkumu označovaného obecně jako indoor Optical Wireless Communication (indoor OWC), pracujícího výhradně v infračerveném spektru optického záření [1], [2].

V roce 2003 Y. Tanaka prezentoval svoji práci na téma využití bílé výkonové LED v optické bezvláknové datové síti pro vnitřní prostory. Jednalo se v tomto případě o bílou výkonovou LED složenou z trojice čipů RGB. Dosažená přenosová rychlost měla velikost 400 Mbps [3]. Pomocí modifikace využívající pouze modrého čipu a modulace OFDM bylo v roce 2010 dosaženo přenosové rychlosti 513 Mbps [4]. Autoři práce predikovali v následujících letech překročení přenosové rychlosti 1 Gbps. V říjnu roku 2011 byl Haraldem Haasem inicializován vznik konsorcia Light Fidelity (Li-Fi), které v sobě spojuje jak výzkumné tak i průmyslové organizace. Cílem tohoto konsorcia je konstrukce duplexního komunikačního systému na bázi VLC. V srpnu roku 2013 byl konsorciem Li-Fi prezentován VLC přenosový systém, který

umožňoval komunikovat s přenosovou rychlostí 1.6 Gbps. Stejného výsledku dosáhl v roce 2015 tým kolem X. Huanga pomocí pre-ekvalizační techniky [5]. Koncem roku 2015 dosáhl tento tým přenosové rychlosti 2.0 Gbps pomocí implementace adaptivní bitové alokace [6]. Podle aktuálních vyjádření pracuje konsorcium Li-Fi na VLC systému s přenosovou rychlostí 10 Gbps.

1.1 Širokopásmová komunikace ve viditelném záření

Širokopásmová komunikace ve viditelném záření, resp. Broadband over Visible Light (BVL), je nový výzkumný směr vycházející ve své podstatě z technologie VLC. Koncept této technologie byl definován v září roku 2015 na akademické půdě VŠB-Technické univerzity Ostrava. Tato technologie opět využívá umělého viditelného optického záření jako komunikačního směru ke koncovému uživateli (download) a dále infračerveného optického záření (940 nm) v obráceném komunikačním směru od uživatele (upload), nicméně umožňuje také hybridní podobu sestupného směru (upload) na bázi technologie Bluetooth 4.0, což je podstatné pro mobilní telefony. Progresivnost této technologie představuje její čipová sada. Ta vychází z technologie Širokopásmové komunikace po silových vodičích BPL (Broadband over Power Line). Tato technologie elegantním způsobem zajišťuje datovou konektivitu bez nutnosti budování nové paralelní datové infrastruktury, tak jak tomu bude nutné v případě samotné technologie VLC. Vystačí si se stávajícími silovými vodiči, které plní současně napájecí i komunikační funkci. Samotnou čipovou sadu je možné nasadit ve dvou provedeních. První verze umožňuje přenosovou rychlost 100 Mbps v provozované frekvenční oblasti 2 až 30 MHz. Tato čipová sada využívá přenosové technologie OFDM s využitím modulačního formátu M-QAM (od 4QAM až po 1024QAM dle stavu fyzické vrstvy). Pro náročnější aplikace je možné zvolit druhou variantu čipové sady, která umožňuje přenosovou rychlost 550 Mbps v provozované frekvenční oblasti 30 až 86 MHz. Obě dvě čipové sady se vzájemně neruší a mohou být provozovány na jednom společném silovém vodiči. Takové řešení umožňuje celou řadu využití jak v městské zástavbě, tak i v rámci jednotlivých budov (standardní budovy, nemocnice, objekty se zvýšeným bezpečnostním rizikem) z pohledu moderních technologií odpovídajícím 21. století (Obr. 1).



Obr.1 Širokopásmová komunikace ve viditelném záření a její podružné komunikační systémy a možnosti využití.

2 Širokopásmová komunikace po silových vodičích

Pro technologii Širokopásmové komunikace ve viditelném záření, dále jen BVL, je podstatná čipová sada technologie Širokopásmové komunikace po silových vodičích, dále jen BPL. Tato čipová sada zajišťuje technologii BVL datovou konektivitu a zajišťuje přístup na fyzické médium prostřednictvím TDMA přístupu (způsob řešení komunikační kolize, kdy více koncových jednotek v rámci jedné buňky definované svítidlem chtějí komunikovat ve stejném čase). Protože je komunikační systém BVL provozován kromě optické části také prostřednictvím silového vodiče, pro který je typické zarušení na různých frekvencích v čase způsobené spotřebiči a okolním prostředím, rozděluje čipová sada celé využívané pásmo do několika sub-kanálů. Na každý sub-kanál je nasazena přenosová technologie OFDM s proměnným mapováním M-QAM dle stavu fyzické vrstvy (stavu zarušení). V případě frekvenčního zarušení na konkrétním sub-kanále v čase se automaticky snižuje velikost mapování M-QAM. Nižší počet stavů M-QAM, např. 4QAM, vyžaduje daleko nižší normovaný poměr signálu a šumu E_b/N_0 (12 dB; BER=1e-4), než vyšší počet stavů M-QAM, např. 64QAM (25 dB; BER=1e-4). Pro případ natolik velkého zarušení sub-kanálu, kdy není splněna podmínka minimálního normovaného poměru signálu a šumu E_b/N_0 pro mapování s nejnižším počtem stavů, např. 4QAM, je zarušený sub-kanál vynechán. Tato metoda zajišťuje funkčnost technologie při rušení na fyzické vrstvě za cenu snížení přenosové rychlosti. Mezi další výhody čipové sady patří využívání samo-opravného kódu FEC s limitem BER=3.8e-3 (po překročení této hranice umožňuje samo-opravný kód snížit chybovost na úroveň BER=10e-9) a také zabezpečení informací pomocí standardu pokročilého šifrování 128-bit AES. V tab. 1 je porovnání obou čipových sad včetně čipové sady pro úzkopásmové řešení.

Standard	HomePlug AV	HomePlug AV2	IEEE 1901
Přenosová technologie	OFDM M-QAM	OFDM M-QAM	OFDM PSK
Frekvenční pásmo	2 až 30 MHz	30 až 86 MHz	9 kHz až 1 MHz
Přenosová rychlost	100 Mbps	550 Mbps	1 Mbps
Rádus bez opakače	300 m	300 m	2.5 km

Tab.1 Základní porovnání jednotlivých čipových sad.

2.1 Implementace Širokopásmové komunikace ve viditelném záření do veřejného osvětlení

Elegantní propojení technologie BPL a VLC v rámci výsledné technologie BVL umožňuje v kontextu implementace této technologie do oblasti veřejného osvětlení VO vytvoření v rámci intravilánu města „Smart City ready“, resp. připravenost města na budoucí nasazení technologií chytrého města odpovídajícím požadavkům 21. století. První aspektem tohoto řešení je snížení energetické náročnosti provozu veřejného osvětlení. Prostřednictvím samotné technologie BPL, případně i prostřednictvím jeho úzkopásmové varianty, je možné provádět v celém intravilánu města dálkové řízení celého veřejného osvětlení přímo v jednotlivých svítidlech. Silové vedení od rozvaděče k jednotlivým svítidlům VO bude tedy muset být pod napětím 24 hod. denně, což umožňuje využití tohoto vedení (svítidel) např. pro vytvoření soustavy malých fotovoltaických elektráren nebo pro vytvoření nabíjecích stanic elektromobilů.

Využitím širokopásmových čipových sad (100 Mbps a 550 Mbps) je možné doplnit jednotlivé svítidla o kamerový dohledový systém na bázi IP s velkým rozlišením. Toto kamerové řešení na bázi IP dokáže rozpoznat pohyb objektu v obraze, což lze například využít pro snížení energetické náročnosti provozu VO (osvětlenost ulice, kde se nikdo nenachází, může klesnout na definovanou úroveň), nebo pro kooperaci s městskou policií.

V případě využití technologie BVL, tj. využití optické návstavy na technologii BPL, kdy se svítidlo chová jako media-konvektor, přináší další energetické úspory, osvětlovací funkce VO je doplněna o funkci komunikační. Kritická situace nastává pro VO v denních hodinách, kdy standardně je VO mimo provoz. V tomto případě se ukazují celkem 3 způsoby řešení. První způsob je provoz VO i v denních hodinách na jeho minimální úrovni při velké úrovni špička-špička komunikačního signálu, kdy ještě nedochází k jeho ořezávání. Druhá varianta počítá s doplněním stávajících svítidel VO o matice infračervených LED diod, které budou provozovány na vlnové délce 850 nm. Poslední varianta, nejméně náročnější, předpokládá využití záložní technologie Bluetooth 4.0, takže by celá technologie BVL dostala hybridní podobu. Tato varianta se ukazuje být z hlediska budoucnosti nejefektivnější. Předpokládá se, že na straně přijímače se nebude využívat standardních fotodetektorů (PIN, APD) na bázi křemíku Si, kdy se vzrůstající vlnovou délkou blížící se hranice 1100 nm roste i jejich citlivost R, ale využití kamer na bázi CMOS čipu, které vykazují vyšší citlivost na vlnové délce 850 nm oproti vlnové délce 940 nm. Tyto kamery jsou dnes již využívány ve středních třídách mobilních telefonů. Pro využití svítidla VO, resp. svítidla na bázi LED obecně, jako media-konvertoru technologie BPL, je nutné provést návrh vhodného výkonového modulátoru ($I_f=1\text{ A}$, $U_f=150\text{ V}$) ve frekvenční oblasti provozované čipové sady. V případě čipové sady definované standardem HomePlug AV se jedná o frekvenční oblast 2 až 30 MHz.

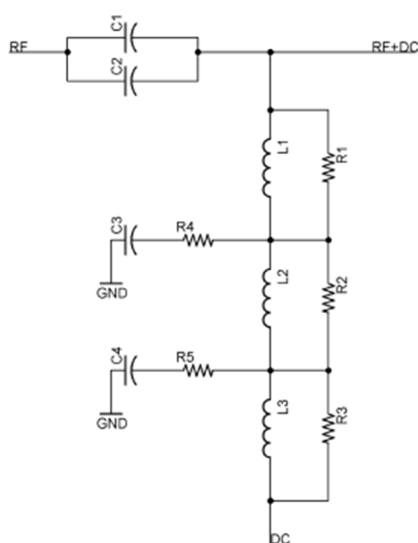
3 Návrh výkonového modulátoru na bázi Bias-T

Všechny uvedené vědecké výsledky ukazují, že jedinou správnou cestou je koncepce modulátoru na bázi Bias-T, který se běžně využívá v RF technice jako napájecí výhybka. Běžně dostupné Bias-T, které byly ve výše uvedených vědeckých výsledcích využity, umožňují nastavení pracovního bodu na PI křivce použitých LED (matic LED) maximálních hodnot $I_{DCmax}=400\text{ mA}$ a $U_{DCmax}=25\text{ V}$ pro pásmo od 0.2 MHz do 12 GHz a $I_{DCmax}=1.5\text{ A}$ a $U_{DCmax}=30\text{ V}$ pro pásmo od 10 MHz do 2.8 GHz. Cílem tohoto článku je navrhnout širokopásmový modulátor na bázi Bias-T, který by umožňoval nasazení komunikační technologie BVL na rozměrné matice SMD LED, nebo na matice na bázi power LED [7]. Typickým příkladem jsou lampy veřejného osvětlení, jejichž elektrické výkony se běžně pohybují v rozmezí hodnot 40 až 150 W. V současnosti je v oblasti veřejného osvětlení trendem snižování proudu pracovního bodu I_f na hodnoty nižší než 1 A za cenu zvýšení napětí dle elektrického výkonu U_f . Napětí pracovního bodu U_f dosahují hodnot u veřejného osvětlení až 150 V. Výsledný navržený a zkonstruovaný výkonový modulátor na bázi Bias-T je z hlediska funkčnosti ověřen pomocí síťového analyzátoru a softwarem definovaného rádia.

Bias-T pro VLC si lze představit napájecí výhybku v RF technice, která umožňuje spojení stejnosměrné složky signálu pro stanovení pracovního bodu LED (I_{bias}) na základě PI křivky a střídavé složky obsahující přenášenou informaci. Pro tento koncept jsou nejvhodnější modulační formáty založené na klíčování nosné. Velkou překážkou při návrhu Bias-T je kombinace vysokých výkonů na DC straně a požadované šířky frekvenčního pásma. V případě nasazení Bias-T jako modulátoru BVL systému je nutné uvažovat při návrhu

s jinými parametry než u RF techniky. V našem případě není důraz kladen na vysoké frekvence v jednotkách či desítkách GHz, ale plně dostačující je šířka pásma v oblasti 1 až 100 MHz. Nižší frekvenční rozsah plně dostačuje konceptu BVL systému.

Mezi velmi důležité parametry patří maximální proud I_{DCmax} a maximální napětí U_{DCmax} , které Bias-T zvládá, protože výkony zdrojů optického záření se v osvětlovací technice pohybují okolo desítek až stovek Watt. Nelze konstruovat Bias-T pro tak vysoké hodnoty I_{DCmax} pouze na bázi jedné cívky z hlediska požadavků na vysokou hodnotu indukčnosti. Vhodnější metodou je rozdělení proudového zatížení do více větví na úkor zhoršení S parametrů, což v případě BVL konceptu není kritické. V případě tohoto článku byl uvažován Bias-T s parametry $I_{DCmax}=1$ A a $U_{DCmax}=150$ V při minimální šířce frekvenčního pásma 100 MHz. Na Obr. 2 je uvedeno výsledné schéma uvažovaného Bias-T včetně hodnot jednotlivých součástek.



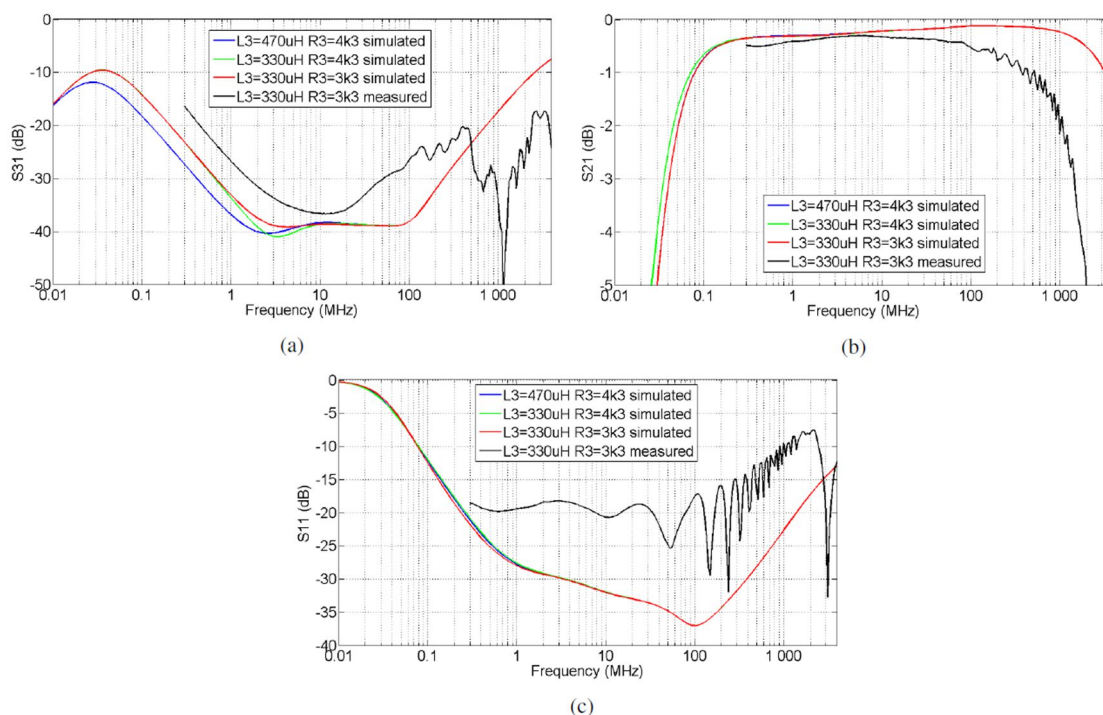
Obr.2 Schéma zapojení výkonového modulátoru na bázi Bias-T.

Kondenzátory C1 a C2 slouží pro blokování stejnosměrné složky na signálovém vstupu modulátoru (RF). Jejich finální hodnota 54 nF koresponduje s frekvencí 29.47 kHz. Cívka L1 tlumí nižší frekvence kolem hodnoty 33.86 kHz. Oproti tomu cívka L2 tlumí frekvence kolem hodnoty 1.06 MHz. Tyto hodnoty jsou jen teoretické pro ideální obvod [8]. Umístění paralelní odporů R1, R2 a R3 s cívkami slouží k vyhlazení charakteristik izolace definované jako parametr S31. Pro jednotlivé hodnoty odporů R3 a cívky L3 byly provedeny simulace, které jsou porovnány graficky v Obr. 3. Vyšší hodnota odporu paralelní kombinace R1, R2 a R3 spojeného s cívkami zvyšuje prohloubení charakteristiky izolace S31. Parametr S31 definuje, jak moc je tlumený signál z DC vstupu na RF+DC výstup. Ideálním stavem je rovná charakteristika po celé délce šířky pásma. Pro reálnou implementaci bylo využito konfigurace s odporem R3=3.3 kΩ a cívkou L3=300 μH. Reálné řešení zanášá do obvodu nežádoucí parazitní vlivy z konektorů, návrhu desky plošných spojů, atd. Reálné měření bylo prováděno na vektorovém síťovém analyzátoru.

3.1 Reálné ověření funkčnosti výkonového modulátoru na bázi Bias-T

Výsledný výkonový modulátor byl podroben reálnému testu provozu na výkonovém svítidle, konkrétně se jednalo o svítidlo od firmy Philips, DLM 3000 Fortimo 44 W/840. Toto bodové světlo má systémovou efektivitu 68 lm/W. Výhodou tohoto světla pro testování je jeho

netradiční koncept. Využívá modrých SMD LED, které jsou umístěny z důvodů lepšího chlazení pomocí keramické podložky přímo na hliníkovém chladícím bloku (pasivní chlazení). Bílého optického záření je dosaženo pomocí externí průsvitné plochy obsahující luminofor, která se nachází před maticí modrých SMD LED. Tento koncept se ukazuje jako zajímavé řešení pro budoucí koncept duplexní komunikace. Externí průsvitná plocha obsahující luminofor umožňuje infračervenému záření projít až na uvažované místo fotodetektoru PIN.

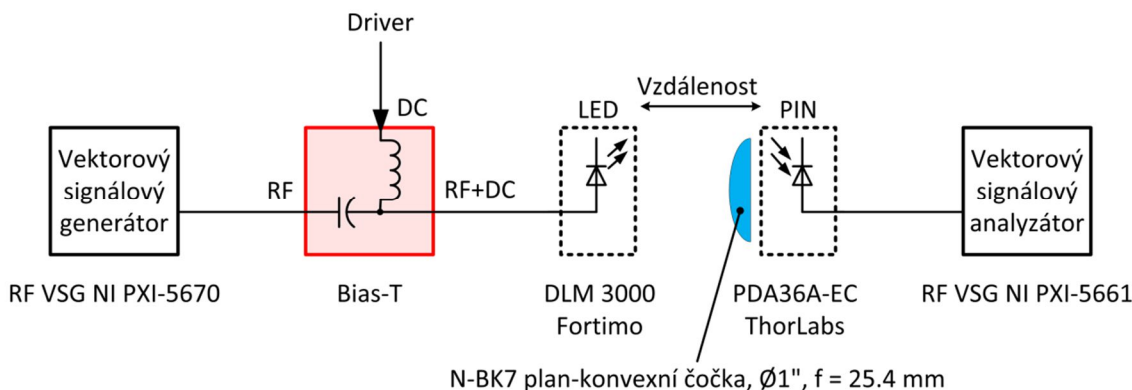


Obr.3 Výsledky simulací a reálného měření ($R_3=3.3 \text{ k}\Omega$ a $L_3=300 \text{ }\mu\text{H}$) konceptu výkonového modulátoru na bázi Bias-T: (a) S_{31} , (b) S_{21} , (c) S_{11} .

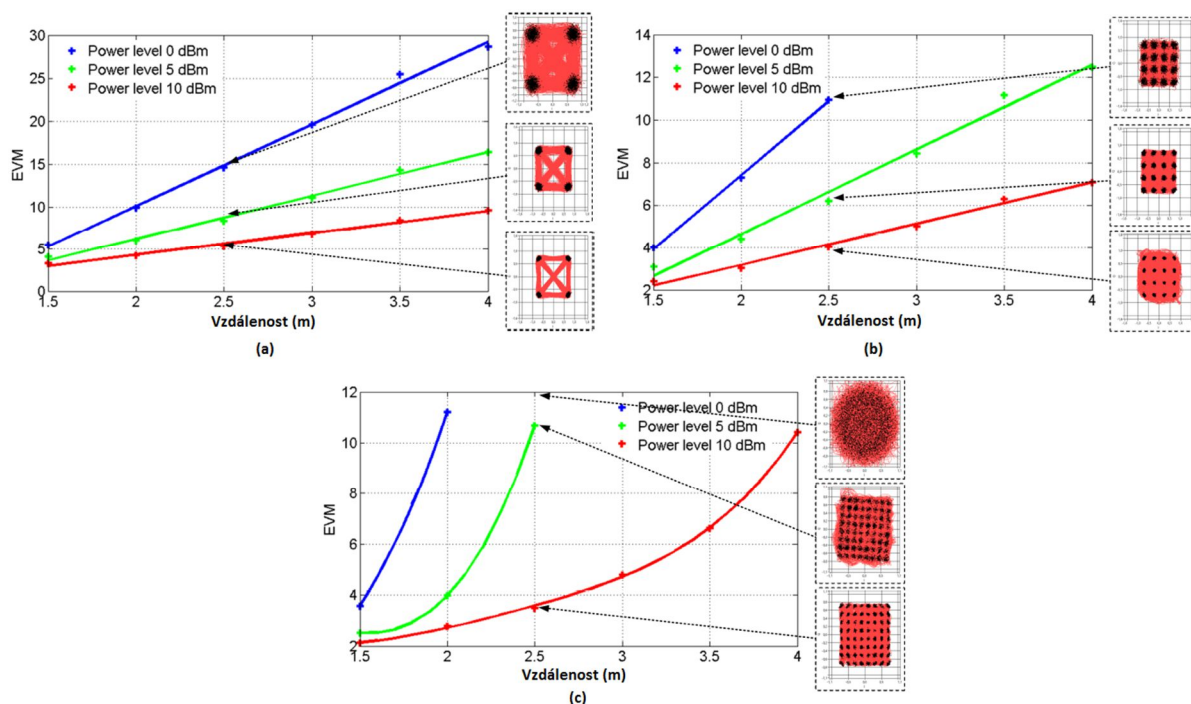
Jako generátor digitálně modulovaných signálů je použit vektorový signálový generátor RF VSG NI PXI-5670. Při ověření, jak je zřejmé z Obr. 4, nebylo použito dalších technik, které se ukazují být pro nasazení BVL v praxi nezbytné. Mezi tyto techniky patří zvýšení šířky pásma přenosového řetězce pomocí pre- a post-ekvalizace. Jak už bylo publikováno [9], dosahuje samotný modrý čip LED diod -3 dB šířka pásma hodnoty 12 MHz , v případě umístění žlutého luminoforu s cílem získat LED bílého optického záření, poklesne -3 dB šířka pásma na hodnotu 3.5 MHz . Pokud neuvažujeme SMD LED, ale výkonové LED, jsou tyto hodnoty -3 dB šířky pásma ještě nižší. Cílem experimentů bylo výhradně ověření funkčnosti realizovaného Bias-T, proto nebyly tyto pokročilé techniky použity. Pro testování byly vybrány MQAM modulační formáty [10]. Jednalo se konkrétně o MQAM modulační formáty, jejichž konstelační diagramy mají čtvercový tvar (4QAM, 16QAM, 64QAM a 256QAM). Důvodem je uvažované využití pro nasazení těchto modulačních formátů jako mapovací techniky OFDM.

Na detekční straně byl použit Si PIN fotodetektor ThorLabs PDA36A-EC. Fotodetektor nebyl doplněn o koncentrátor ani o optický filtr, který jako pásmová propust' propouští optické záření kolem vlnové délky 450 nm (modrý čip LED). Samotný fotodetektor PDA36A-EC má efektivní plochu $A_{\text{eff}}=14 \text{ mm}^2$, což zajišťuje dostatečnou hodnotu E_b/N_0 , aby se dalo

v rozmezí vzdáleností 1.5 až 4 m mezi vysílačem a přijímačem provést ověření funkčnosti. Ověření bylo prováděno pouze při mapování QPSK (4QAM), 16QAM a 64QAM, což pro základní měření stačí. Přenosová technika OFDM, který by v případě reálného nasazení byla použita, by naměřené hodnoty nezhoršovala, spíše naopak. Výsledky jsou uvedeny na Obr. 5.



Obr.4 Blokový diagram ověření funkčnosti.



Obr.5 Výsledky měření závislosti EVM (Error vector magnitude) vs. vzdálenosti mezi vysílačem a přijímačem: (a) QPSK, (b) 16QAM a (c) 64QAM. Úroveň užitečného signálu nastavena v krocích 0 dBm, 5 dBm a 10 dBm.

4 Závěr

Cílem tohoto článku bylo vysvětlit princip činnosti nového technologického konceptu Širokopásmové komunikace ve viditelném spektru (Broadband over Visible Light) využívajícího výhod technologií Širokopásmové komunikace po silových vodičích (Broadband over Power Line) a VLC (Visible Light Communication). Výhody této nové technologie jsou výraznější v kontextu nasazení nových technologií spadajících do

technologických požadavků 21. století. Tato technologie využívá ve svém venkovním provedení strategické polohy veřejného osvětlení pro vytvoření tzv. „Smart City ready“, tedy infrastrukturní připravenosti města pro nasazení všech chytrých technologií. Navíc z pohledu problematiky veřejného osvětlení umožňuje tato technologie dálkovou správu na úrovni jednotlivých svítidel, nasazení kamerového dohledového systému na bázi IP v kooperaci s městskou policií a využití silových vodičů 24 hod. denně.

V druhé části v kontextu technologie Širokopásmové komunikace ve viditelném spektru byl proveden návrh a realizace výkonového modulátoru na bázi Bias-T v podobě jednoho z klíčových prvků potřebných pro vytvoření media-konvertoru na úrovni jednotlivých svítidel. Výkonový modulátor byl následně podroben měření na reálném svítidle, přičemž byla sledována závislost parametru EVM na vzdálenosti mezi vysílačem a přijímačem pro 3 varianty mapování (QPSK, 16QAM a 64QAM). Výsledkem je konstatování, že navržený výkonový modulátor je použitelný do praktického řešení, neobsahuje aktivní prvky generující sekundární teplo a z hlediska šířky pásma je použitelný pro čipové sady technologie Širokopásmové komunikace po silových vodičích (Broadband over Power Line).

Literatura a odkazy

- [1] MCCULLAGH, M. J. a D. R. WISELY. 155 Mbit/s optical wireless link using a bootstrapped silicon APD receiver. *Electronics letters*. 1994, roč. 30, č. 5, s. 430—432. ISSN 0013-5194.
- [2] CARRUTHERS, J. B. a J. M. KAHN. Angle Diversity for Nondirected Wireless Infrared Communication. *IEEE Transactions on Communications*. 2000, roč. 48, č. 6, s. 960—969. ISSN 0090-6778. DOI: 10.1109/ICC.1998.683113.
- [3] TANAKA, Y., T. KOMINE, S. HARUYAMA a M. NAKAGAWA. Indoor Visible Light Data Transmission System Utilizing White LED Lights. *IEICE transactions on communications*. 2003, roč. E86-B, č. 8, s. 2440—2454. ISSN 0916-8516.
- [4] VUCIC, J., C. KOTTKE, S. NERRETER, K. D. LANGER a J. W. WALEWSKI. 513 Mbit/s Visible Light Communications Link Based on DMT-Modulation of a White LED. *Journal of Lightwave Technology*. 2010, roč. 28, č. 24, s. 3512—3518. ISSN 0733-8724. DOI: 10.1109/JLT.2010.2089602.
- [5] HUANG, X., Z. WANG, J. SHI, Y. WANG a N. CHI. 1.6 Gbit/s phosphorescent white LED based VLC transmission using a cascaded pre-equalization circuit and a differential outputs PIN receiver. *Optics Express*. 2015, roč. 23, č. 17, s. 22034—22042. ISSN 1094-4087. DOI: 10.1364/OE.23.022034.
- [6] HUANG, X., S. CHEN, Z. WANG, J. SHI, Y. WANG, J. XIAO a N. CHI. 2.0-Gb/s Visible Light Link Based on Adaptive Bit Allocation OFDM of a Single Phosphorescent White LED. *IEEE Photonics Journal*. 2015, roč. 7, č. 5, s. 1—8. ISSN 1943-0655. DOI: 10.1109/JPHOT.2015.2480541.
- [7] LATAL, J., P. KOUDELKA, V. VASINEK, F. DOSTAL a K. SOKANSKY. Possible use of power LEDs for lighting and communication. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2011, roč. 87, č. 4, s. 25--28. ISSN 0033-2097.
- [8] BAYLIS, C., L. DUNLEAVY and W. CLAUSEN. Design of bias tees for a pulsed-bias, pulsed-RF test system using accurate component models. *Microwave Journal*. 2006, roč. 49, č. 10, s. 68--90. ISSN 0192-6225.
- [9] LI, H., X. CHEN, J. GUO and H. CHEN. A 550 Mbit/s real-time visible light communication system based on phosphorescent white light LED for practical high-

- speed low-complexity application. *Optics Express*. 2014, roč. 22, č. 22. ISSN 2155-3165. DOI: 10.1364/oe.22.027203.
- [10] KOUDELKA, P., J. LATAL, P. SISKÁ, J. VITASEK, A. LINER, R. MARTINEK and V. VASINEK. Indoor visible light communication: modeling and analysis of multi-state modulation. In: *Proceedings of SPIE*. San Diego: SPIE, 2015. ISBN 978-162841251-2. DOI: 10.1117/12.2063090.

Nový typ zdroje bílého světla s laserovou diodou

Vladimír Vašínek, prof. Ing. CSc., VŠB TU Ostrava, www.optice.vsb.cz, Jan Jargus, Mgr., VŠB TU Ostrava, www.optice.vsb.cz, Martin Novák, Ing., VŠB TU Ostrava, www.optice.vsb.cz, Jan Zavadil, Ing., VŠB TU Ostrava, www.optice.vsb.cz

Abstrakt: Článek popisuje nový typ zdrojů bílého světla založených na luminiscenci světla v polykrystalických luminoforech. Pokud tyto luminofory jsou rozptýleny ve vhodných maticích v koncentracích, které odpovídají výkonu budicího světla, lze dosáhnout vysoké konverzní účinnosti přeměny. Odchylkami od optimální koncentrace pak lze měnit barevnou teplotu. Jako budicí zdroj lze použít buď výkonovou LED nebo laserovou diodu. Každý z těchto zdrojů je vhodný pro rozdílné aplikace. Společným znakem je schopnost jejich modulace, což značí, že tento typ zdrojů spojuje dvě základní funkcionality – osvětlování a přenos dat.

1 Úvod

Existuje několik pohledů na rozdělení zářivých, resp. světelných zdrojů podle toho, jakým způsobem je získávána světelná energie. Historicky se jedná o tepelné zdroje v podobě žhavených vláken, které byly doplněny o halogenovou náplň pro zvýšení světelné účinnosti

Měrný světelný výkon a světelná účinnost	P (lm/W)	K (%)
Svíčka	0,3	0,04
Žárovka wolframová, 5 W	5	0,7
Žárovka wolframová, 40 W	10,5	1,5
Žárovka wolframová, 60 W	11,7	1,7
Žárovka wolframová, 100 W	13,4	2,0
Halogenová žárovka křemenná	24	3,5
Vysokoteplotní žárovka	35	5,1
Kompaktní zářivka (úsporná žárovka) 5 - 24 W	45 - 60	6,6 - 8,8
Zářivka trubicová	50 - 104	7 - 15,2
Výbojka metalhalogenidová	100	15
Výbojka vysokotlaká, sodíková	150	22
Výbojka nízkotlaká, sodíková	183	27
Svítilno LED20	do 140	do 20,5
denní světlo	41	6,0

Tab.1 Základní parametry světelných zdrojů [1]

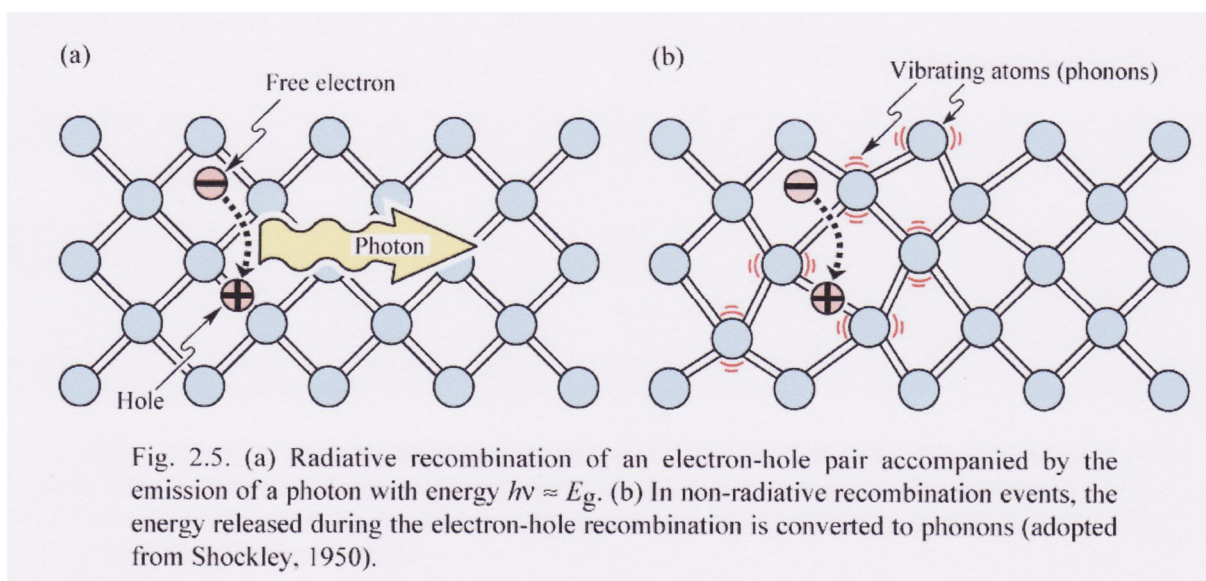
zvýšením dosažitelné teploty. Další využitelnou technologií jsou výbojky, kdy světelná energie je získána elektrickým výbojem, který dodává energii elektricky nabitým částicím.

Vzniklé světlo je typicky krátkovlnné a je nezbytné zdroje doplnit luminofory pro konverzi krátkovlnného záření do viditelného. V posledních letech se intenzivně využívají zdroje využívající elektroluminiscenci na PN přechodu, kdy proces vzniku fotonů je neřízen (LED) nebo naopak řízen a vzniká laserové záření (LD). Každý z těchto zdrojů lze charakterizovat základním parametrem, kterým je měrný světelný výkon. V Tab.1 je uvedeno srovnání měrných světelných výkonů jednotlivých zdrojů.

Všechny žárovkové a výbojkové zdroje jsou charakterizovány dlouhými časy potřebnými k dosažení plného světelného výkonu těchto zdrojů. Pro žárovky jsou tyto časy v desetinách sekundy, výbojky se spínat nedoporučuje, popřípadě se přímo zakazuje. Jaký je důsledek tohoto stavu? Klasické zdroje světla jsou vhodné pouze pro osvětlování, nelze od nich očekávat jiné funkcionality.

2 LED a LD zdroje

LED a LD jsou založeny na odlišném principu. Jejich základní princip činnosti je založen na elektroluminiscenci, což značí, že dochází k zářivé rekombinaci elektronů a děr. V případě LED se jedná o samovolnou emisi, pro kterou jsou charakteristické doby života elektronů typicky $10^{-7} - 10^{-8}$ s, pro stimulovanou emisi, která je základem činnosti laserových zdrojů jsou tyto doby přibližně o řád kratší. Tyto krátké doby jsou základem jejich užití v optických komunikacích. Princip vzniku světla elektroluminiscencí zázorňuje obr.2

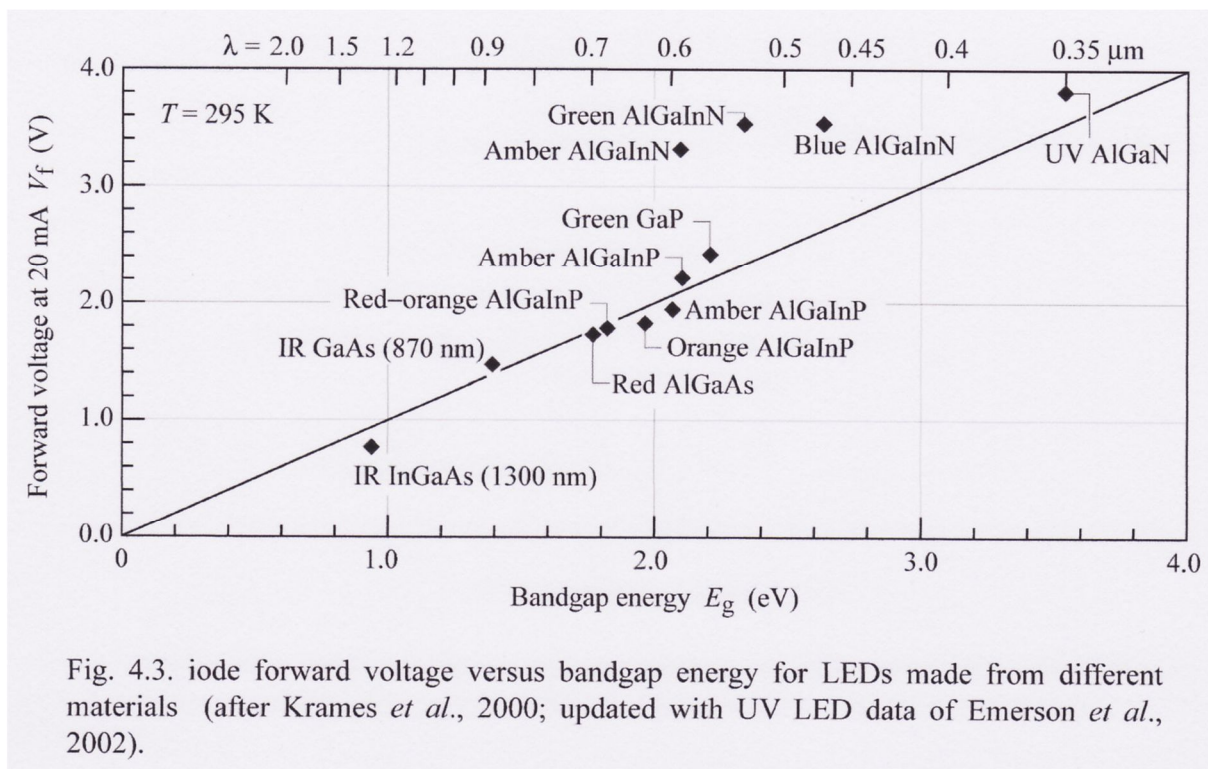


Obr.1 Zářivá a nezářivá rekombinace v polovodičích [2]

Důsledkem krátkých dob života je rychlá odezva LED a LD na procházející elektrický proud. Rychlost odezvy je mírně degradována velikostí procházejícího proudu, protože s rostoucí velikostí proudu roste počet elektronů a děr zúčastněných na zářivé rekombinaci a vyprazdňování PN přechodu se prodlužuje. Přesto lze dosahovat i u výkonových LED a LD přenosových rychlostí $1 - 100 \text{ Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$. Používané materiály pro výrobu LED a LD jsou uvedeny na obr. 2

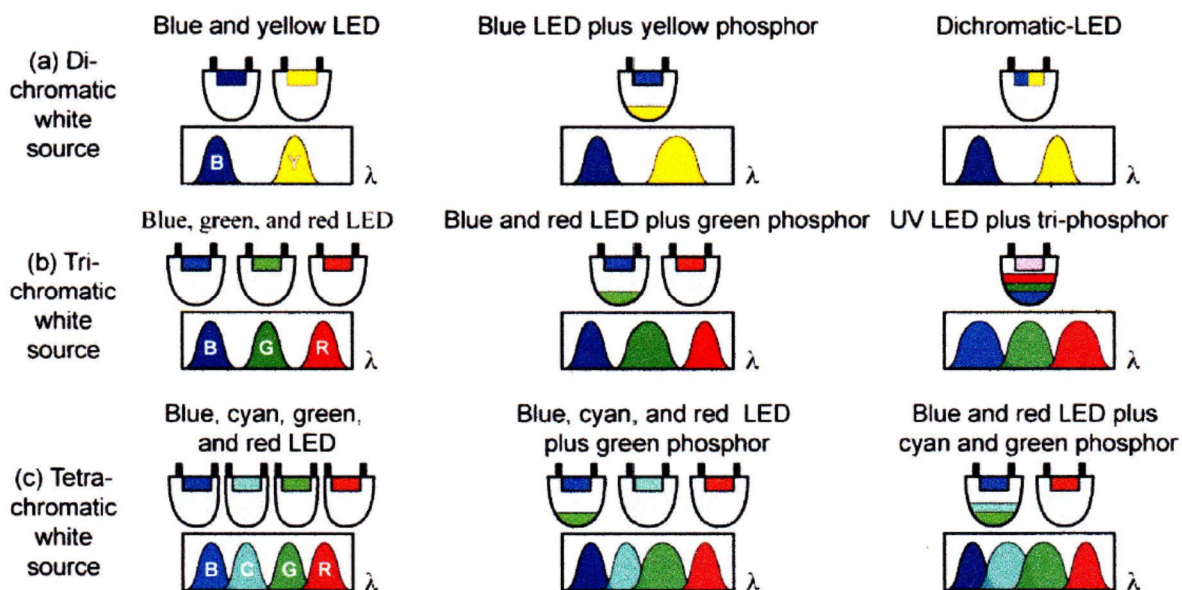
Světlo, které vzniká na PN přechodu, je charakterizováno svojí vlnovou délkou. Ta je určena šířkou zakázaného pásu a existencí nebo neexistencí zpětné vazby v PN přechodu. Pro LED jsou typické šířky spektrálních čar vzniklého světla kolem 40 nm pro viditelnou oblast, u

laserových diod je šířka spektrální čáry kolem 1 nm a méně. To značí, že pro osvětlování jsou jednoduché konstrukce diod nevyhovující, protože vzniká monochromatické nebo kvazimonochromatické světlo.



Obr.2 Materiály pro výrobu LED a LD spolu s jejich charakteristikami [2]

Pro osvětlovací aplikace je potřebné, aby z těchto zdrojů vycházelo bílé světlo. Existuje několik způsobů, jak toho dosáhnout. Většina metod je založených na skládání monochromatických nebo kvazimonochromatických světél vhodných vlnových délek. Přehled metod je na obr. 3.

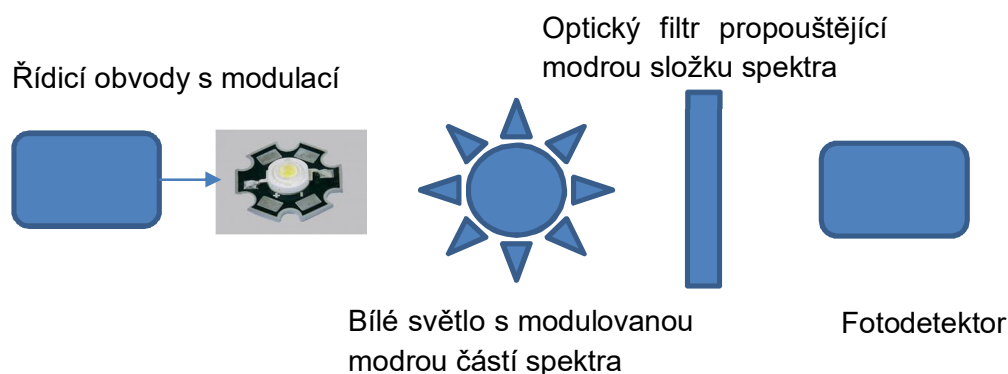


Obr.3 Vznik bílého světla složením několika LED [2]

3 Složení funkcionalit – osvětlování a komunikace

LED a LD dovolují spojit obě funkcionality do jednoho systému. Pro jednoduchost řídicíelektronických obvodů je výhodný využití konstrukce, kdy světlo modré LED nebo modré LD osvětluje žlutý luminofor, který doplňuje chybějící spektrální složky. LED (LD vyzařující modré světlo může být modulována datovým signálem. Pokud bude použito symetrické kódování (kódy se stejným počtem „0“ a „1“), bude střední optický výkon konstantní a velikost světelného toku bude neměnná. Protože vznik světla v luminiforech je relativně pomalý děj (typicky $10^{-4} - 10^{-6}$ s), je výhodné pro komunikace opatřit fotodetektor filtrem propouštějícím pouze originální zdrojové světlo modré barvy. Výsledkem bude světelný zdroj, který splňuje obě funkcionality.

Blokové schéma uspořádání je na obr.4.



Obr.4 Blokové schéma složených funkcionalit

4 Závěr

Příspěvek se zabýval některými otázkami spojených funkcionalit osvětlování a datových přenosů zdrojů bílého světla. Byly ukázány základní vlastnosti, které takový zdroj musí splňovat a vlastnosti, které lze od takového zdroje očekávat.

Literatura a odkazy (styl literatura)

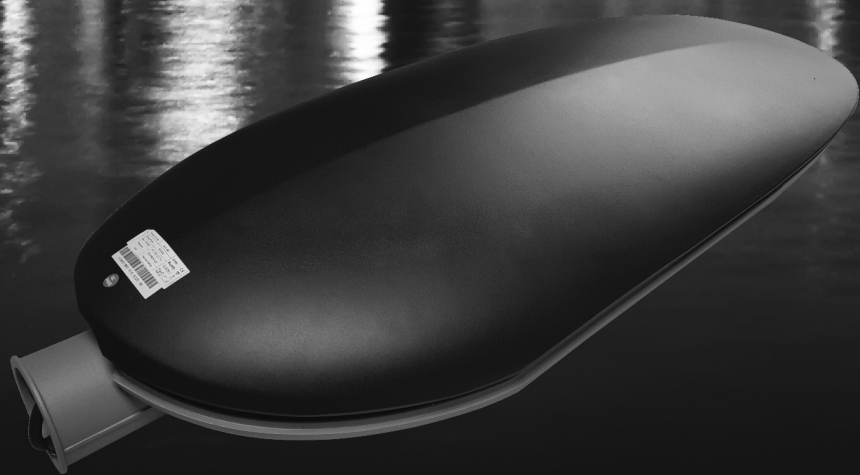
- [1] <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovka-usporna-zarovka-mnozstvi-svetla/>
- [2] Schubert, E.F., Physical Foundation of Solid-State Devices, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, USA, 2009, ISBN 978-1-4200-7662-2



TESLA

L I G H T I N G

VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ SKYLINE



Rada veřejného osvětlení TESLA Skyline nabízí moderní a elegantní design.

- *Optimalizovaný design pro jednoduchou údržbu*
- *SMD LED modul je dostupný s více vyzářovacími charakteristikami*
- *Meanwell LED zdroj*
- *Automatické odpojení elektřiny při otevření krytu*
- *Optimalizované chlazení*
- *Dvojitá povrchová úprava*
- *Dlouhá životnost*
- *Ohleduplné k životnímu prostředí*
- *Instalace možná na sloup i výložník*
- *Mechanická odolnost IK 08 (dle IEC-EN 62262)*
- *Ochrana přepětí 6,5kV.*
- *Krytí optické části IP 65, (dle IEC-EN 60598)*
- *Těleso svítidla z hliníkového odlitku*
- *Antikorozní povrchová úprava*

TESLA LIGHTING
NA BŘEHU 468/37 190 00 Praha 9 - VYSOČANY ČESKÁ REPUBLIKA
telefon +420 251 109 400 fax +420 251 109 877 info@tesla-lighting.cz

www.tesla-lighting.cz

B.E.G. LUXOMAT®

MEMBER
KNX

Pohybová a přítomnostní čidla pro každou aplikaci



Detektory pohybu



Detektory přítomnosti



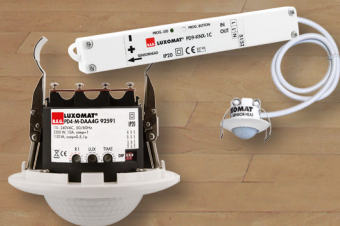
LED svítidla



Soumrakové spínače



Spínací hodiny



DALI A KNX

B.E.G. Brück Electronic GmbH – Rodinná firma s více než 40-letou tradicí

- Specialisté v oblasti vývoje a výroby detektorů pohybu a přítomnosti
- Řízení osvětlovacích soustav přítomnostními detektory **B.E.G.** = řešení s cílem snížení provozních nákladů v průmyslových areálech a administrativních budovách.
- Kvalitní provedení, snadná instalace a vyšší účinnost

Šetřit energii s firmou B.E.G. = Úspora nákladů + ochrana životního prostředí



ISO 14001



Ochrana životního prostředí

ISO 9001



Řízení jakosti

ELTODO

INTERIÉROVÉ, VEŘEJNÉ A ARCHITEKTURNÍ OSVĚTLENÍ

“Světlo je základním prvkem lidského života. Naším posláním je zvyšovat jeho kvalitu.”

Naši hlavní misí je zkvalitňování nejen technické, ale i estetické úrovně venkovního i vnitřního osvětlení. V běžném životě to znamená, že se snažíme výraznou měrou přispět ke zvýšení spokojenosti lidí a turistické atraktivity měst a obcí.

Klíčová řešení

- Úsporné a bezpečné osvětlení
- Revitalizace a rozvoj osvětlení
- Zvyšování atraktivity měst a obcí
- Správa a evidence majetku
- Odborná podpora



ELTODO-CITELUM, s.r.o.
Sídlo: Praha 4, Novodvorská 1010/14, PSČ 142 01
Tel.: +420 261 341 150, Fax: +420 261 710 669
web: www.eltodo.cz, e-mail: osvetleni@eltodo.cz

ELTODO
Citelum

Jednoduchost a rozmanitost: Systémy Magic od OBO



Všechny systémy OBO - Magic mají jedno společné: Spojování!

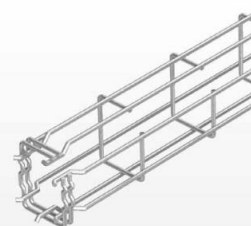
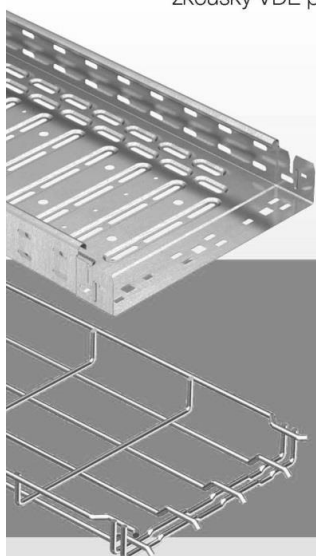
Plechové i mřížové kabelové žlaby se napojují pomocí jednoduchých, bezšroubových spojů, které zajistí rychlou a bezpečnou montáž na každé stavbě.

- Plechové kabelové žlaby RKS-Magic®
Funkční integrita podle ZP 27/2008 PAVUS,
pospojování bez nutnosti použití dalších dílů,
zkoušky VDE podle EN 61537.

- Mřížové žlaby GR-Magic®
Funkční integrita podle ZP 27/2008 PAVUS,
pospojování bez nutnosti použití dalších dílů.

- Mřížové žlaby „G“ Magic
Funkční integrita podle ZP 27/2008 PAVUS,
optimální využití prostoru díky možnosti přímé
montáže na stěnu nebo strop.

OBO BETTERMANN - zákaznický servis:
tel.: +420 323 610 111 · e-mail: info@obo.cz
www.obo.cz



OBO
BETTERMANN

THINK CONNECTED. 100 years



Projekce
energetických
zařízení s r.o.



**PROFIL
SPOLEČNOSTI**
PEZ - PROJEKCE
ENERGETICKÝCH
ZAŘÍZENÍ s r.o.
OSTRAVA

projekční
a inženýrská
činnost
elektro-
technických a
energetických
zařízení
NN, VN,
VVN a ZVN

Profil společnosti

MÁME TĚMĚŘ 20 LET ZKUŠENOSTÍ

PEZ - projekce energetických zařízení s r.o.vznikla v roce 1995 jako společnost specializovaná na projekční práce technologického a stavebního charakteru a od doby vzniku bylo základní náplní práce této společnosti projektování energetických zařízení.

Organizační struktura společnosti je tvořena zkušenými pracovníky s dlouholetou praxí v projekční činnosti a investiční výstavbě. Veškeré nabízené práce jsou zajišťovány kmenovými pracovníky firmy. Naše organizace zaměstnává průměrně 21 kmenových profesních pracovníků.

Naše společnost disponuje certifikáty řízení jakosti ČSN EN ISO 9001, ČSN EN ISO 14001, ČSN OHSAS 18001, pracovníky s osvědčením o odborné způsobilosti koordinátora bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi, autorizovanými inženýry v oblasti Technologická zařízení staveb, Pozemní stavby, Vodohospodářské stavby, pracovníky zajišťující vypracování a projednání požárně-bezpečnostních řešení staveb, statiky atd.

Další činnost naší firmy spočívá v zajišťování komplexní inženýrské činnosti, dozorů na stavbách, geodetických prací, koordinační činnosti jednotlivých právních subjektů při vypracovávání projektových dokumentací atd.

Záměrem firmy PEZ - projekce energetických zařízení, s.r.o. je snaha nabídnout komplexní projekční služby v oblasti technologické, stavební a ekologické formou generálního projektanta s účastí na uvedení celku do provozu.

Naše společnost spolupracuje se širším okruhem investorů a zadavatelů, z nichž nejvýznamnějšími jsou provozovatelé přenosové soustavy ČEPS, a.s., distribuční soustavy ČEZ Distribuce, a.s., slovenský provozovatel přenosové soustavy SEPS, a.s., dále s organizacemi ČEPS Invest, a.s., VUJE, a.s. atd.



IDENTIFIKACE SPOLEČNOSTI

Obchodní jméno:
PEZ – projekce
energetických
zařízení

Právní forma:
Společnost s ručením
omezeným

IČO:
62301110

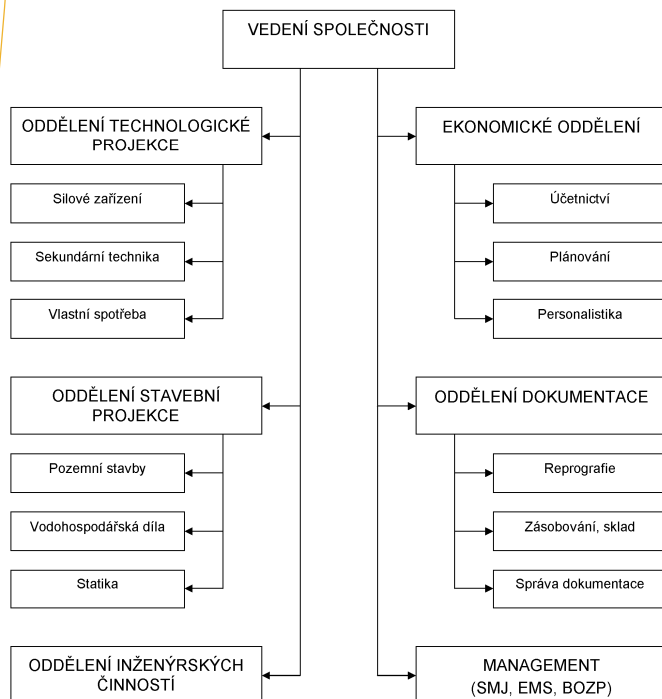
DIČ:
CZ62301110

SÍDLO:
Martinovská 3168/48
Ostrava – Martinov
723 00

OBLASTI ČINNOSTI

- PROJEKČNÍ A INŽENÝRSKÁ ČINNOST
ELEKTROTECHNICKÝCH A ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ NN, VN, VVN A ZVN
- ENERGETIKA
- TECHNOLOGIE
- ELEKTRO
- STAVEBNICTVÍ
- EKOLOGIE A ZDRAVOTECHNIKA
- SYSTÉMY ŘÍZENÍ A CHRÁNĚNÍ

ORGANIZAČNÍ STRUKTURA SPOLEČNOSTI



PROJEKČNÍ ČINNOST

NAŠE SPOLEČNOST PRO VÁS ZPRACUJE:

- technicko-ekonomické záměry staveb a odborné pomoci
- studie proveditelnosti staveb a zadávací dokumentace
- projektové dokumentace pro umístění stavby (DUR) a stavební povolení (DSP)
- projektové dokumentace pro výběr dodavatele, vypracování poptávkových dokumentů, komplexní vyhodnocení nabídek dodavatelů
- projektové dokumentace pro provádění stavby (realizační projekt) včetně rozpočtových nákladů a výkazů výměr
- projektové dokumentace ekologických staveb, včetně zajištění vyhodnocení vzorků zaolejevaných vod, suti a zemin
- projektové dokumentace novodobých systému řízení a chránění, přenosových zařízení, měření a obchodních měření, místních optických rozvodů a staničních optických kabelů, sítí LAN (LAN stanice) apod.
- zpracování nabídkových propočtů, cenových kalkulací, ekonomických a finančních analýz, vypracování harmonogramů postupů výstavby
- statické výpočty a posouzení staveb i technologických konstrukcí
- výpočty namáhání vodičů, projekty ocelových konstrukcí
- vypracování projektové dokumentace skutečného provedení stavby
- zkrusování stávajícího stavu, digitalizace dokumentace, včetně doplnění stávajících dokumentací zařízení NN, VN, VVN a ZVN
- příprava a zpracování specifikací zařízení pro tuzemské i zahraniční dodávky
- poradenská a konzultační činnost
- pro stavby občanského charakteru zajišťujeme projektovou dokumentaci bytových jednotek, garáží apod. včetně elektrických přípojek objektů, elektroinstalace, EPS, EZS a vzduchotechniky



MANAGEMENT KVALITY

Certifikovaný systém managementu kvality dle ČSN EN ISO 9001:2009



ENVIRONMENTÁLNÍ MANAGEMENT

Certifikovaný systém environmentálního managementu dle ČSN EN ISO 14001:2005

komplexní řešení projektové přípravy staveb



INŽENÝRSKÁ ČINNOST

- zajištění stavebního povolení staveb s nabytím právní moci včetně projednávání a schválení s dotčenými úřady státní správy, seskupením občanských sdružení, ochrany životního prostředí a hygieny, hasičských záchranných sborů atd.
- zajištění geodetických zaměření území, geologických průzkumů pozemků, katastrálních map a výpisů z evidence nemovitostí
- zabezpečení výkonu investorsko-inženýrské činnosti při přípravě a realizaci investičních staveb v oblasti energetiky
- činnost generálního projektanta, autorský dozor po dobu výstavby a to autorizovanými inženýry



MANAGEMENT BOZP

Certifikovaný systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci dle ČSN OHSAS 18001:2008

FORMA ZPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE

Výkresová část:

- AutoCad, AutoCad LT
- AutoCad Civil, AutoCad Mechanical
- Autodesk Inventor
- RuPlan EVU

Textová část:

- Microsoft Office
- Microsoft Project

Rozpočtová část:

- OBIS
- KROS plus

Statické výpočty:

- FIN 3D, FIN EC, FIN 10
- GEO5
- AXIS VM
- MITEK 2020

Rovněž provádíme export dokumentace do formátů *.pdf a *.dwf pro možnost prohlížení.

KOPÍROVÁNÍ A DALŠÍ SLUŽBY

Provádíme velkoplošné kopírování a tisk až do formátu A0. Dále provádíme následující knihařské práce:

- laminování A3, A4
- kroužková vazba
- knihařská vazba (diplomové, bakalářské práce, apod.)



Projekce
energetických
zařízení s r.o.

Martinovská 3168/48
723 00 Ostrava - Martinov
Tel.: +420 596 915 830
+420 596 916 830
Mob: +420 602 516 652
info@pez-projekce.cz
www.pez-projekce.cz



Měření světelných zdrojů a svítidel prostřednictvím spektrálních goniometrů pro každého



Více naleznete na:

<http://www.safibra.cz/spektralni-goniometry>

<http://www.safibra.cz/spektrometry>

SAFIBRA, s.r.o., Černokostelecká 1621, 251 01 Říčany, Czech Republic
tel.: 323 601 615, fax: 323 606007; e-mail: safibra@safibra.cz, <http://www.safibra.cz>

Společnost GOSSEN se již více než 75 let zabývá výrobou a servisem přístrojů určených pro měření osvětlení. Mnohaleté zkušenosti z výroby luxmetrů, jasoměrů, expozimetrů a spektrometrů nejvyšší kvality umožňují odborníkům ze společnosti GOSSEN vyvíjet stále pokročilejší produkty odpovídající nejnovějším trendům doby.

„Tradice je dobrá – Inovace je lepší“

Fotografie

GOSSEN nabízí širokou škálu nabízených expozimetrů, která uspokojí požadavky profesionála i zapáleného amatéra.

Měření osvětlení

Luxmetry a jasoměry v souladu s DIN 5032-7 a DIN EN 13032-1 poskytují věrohodné výsledky pro referenční měření a posudky.

Spektrometrie

Spektrometry GOSSEN poskytují výrobcům osvětlení plnou kontrolu nad barevnými vlastnostmi světelných zdrojů (podání barev, teplota chromatičnosti). Výsledky těchto přístrojů pomáhají ochránit naše kulturní a historické dědictví před škodlivým zářením.

Distribuci v České republice zajišťuje společnost Artlite Studio, spol. s r.o., která má na českém trhu více než 25 let zkušeností v oboru návrhu a měření osvětlení.

Artlite Studio, spol. s r.o.

Ing. Lubomír Mudroň, autorizovaný inženýr ČKAIT, číslo autorizace 0602074
Pražská 142/102, 500 04 Hradec Králové
+420 602 242 972
mudron@artlite.cz
www.artlite.cz
www.gossen-photo.de



www.okas.cz

Údržba a oprava komunikací
Údržba veřejného osvětlení
Reklama na sloupech VO
Dopravní značení
Světelná signalizace
Kolektory
Strojní metení komunikací
Nákladní doprava
Opravy motorových vozidel
Měření emisí – Diesel
Dopravně – inženýrská činnost



Držitel
certifikátů dle:
ČSN EN ISO 9001
ČSN EN ISO 14001
ČSN OHSAS 18001





INGE®

OSVĚTLOVACÍ SYSTÉMY

INGE Opava, spol. s r.o.

Stará silnice 3, 746 01 Opava

Česká republika

tel.: +420 553 602 123

mob.: +420 606 782 762

tel.: +420 553 602 125

mob.: +420 602 502 326

e-mail: cz@inge.cz

www.inge.cz





Svítíme vám každý den ...



Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	Katedra elektroenergetiky
Název:	Sborník odborného semináře Kurz osvětlovací techniky XXXI
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2016, 1. vydání
Počet stran:	360
Vydala:	VŠB- TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA 17.listopadu 15/2172 708 33 Ostrava-Poruba
Tisk:	Ediční středisko VŠB-TU Ostrava
Náklad:	100

Neprodejné

ISBN 978-80-248-3969-1