Česká společnost pro osvětlování regionální skupina Ostrava

Česká společnost pro osvětlování
REGIONÁLNÍ SKUPINA OSTRAVA, POBOČNÝ SPOLEK

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA | FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY | KATEDRA ELEKTROENERGETIKY

Kurz osvětlovací techniky XXXVII

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ
Loučná nad Desnou
9. – 11. 10. 2023

Sborník „Kurz osvětlovací techniky XXXVII“
Kolektiv autorů
Česká společnost pro osvětlování regionální skupina Ostrava
2024

ISBN 978-80-11-05982-8

Mediální partneři akce

Světlo
časopis pro světlo a osvětlování

Elektro a trh
Odborný česko-slovenský elektrotechnický časopis

Sponzoři akce

ELKOVO ČEPELÍK

B.E.G.

LIGHT FOR CITY

čeps

SKUPINA ČEZ

Vystavovatelé

Sunritek

GMC-měřicí technika
GMC-INSTRUMENTS GROUP

LumiDISP

PARNASA v.o.s.

ELKOVO ČEPELÍK

CHUTNOVKA 77, 511 01 TURNOV, ČESKO







Výrobce svítidel

Kanceláře
Školy
Obchody
Sportoviště
Nemocnice
Ordinace
Čisté prostory
Průmysl



ELKOVO ČEPELÍK s.r.o.
tel.:+420 481 313 671
e-mail:info@cepelik.cz
www.elkovo-cepelik.cz

GMC - měřicí technika
GOSSEN METRAWATT CAMILLE BAUER

GOSSEN

SYSTÉM MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ A SVÍTIVOSTI

Libovolná sonda MAVOPROBE



Jeden měřicí přístroj MAVOMASTER

Od základu nově vyvinuté přístroje MAVOMASTER a MAVOPROBES povyšují měření a certifikaci světla na zcela novou úroveň. Univerzální přístroj MAVOMASTER lze nyní snadno a flexibilně kombinovat s různými měřicími sondami MAVOPROBES

Více informací a kompletní sortiment na www.gmc.cz

Engineering

Sunritek



Navrhujeme a projektujeme

průmyslové a veřejné osvětlení

a dobře!

Vítejte ve světě perfektního osvětlení! Jsme jednou z největších projekčních kanceláří svého druhu v České republice. Našim klientům (obce, obchodní domy, letiště a další) poskytujeme profesionální řešení, které je na míru šité jejich potřebám.



průmyslové osvětlení



veřejné osvětlení



liniové stavby do 1000 V

www.sunritek.cz



Historie společnosti

Historie Sunritek s. r. o. začala již naším setkáním před mnoha lety. Vzájemné společné zaujetí do technologií, projekce a programování velmi rychle přerostlo ve vizi vlastní firmy.

První kroky našeho snu jsme začali realizovat již během vysokoškolského studia.

Přes náročné začátky bez zázemí a kapitálu jsme vlastní nápady realizovali jako fyzické osoby pod značkou Sunritek Engineering. Ta začala velmi rychle fungovat a tak mohla později vzniknout současná podoba společnosti Sunritek s.r.o.

Náročné začátky, kdy jsme byli nuceni si vše zajistit sami, se vyplatily. Díky nim se stala naší přidanou hodnotou velká variabilita a soběstačnost.

Dokážeme u projektů navrhnout ekonomicky dostupné a funkční řešení, které bude sloužit investorovi dlouhá léta. Jsme rádi, že se tento přístup ve finále vyplatí všem stranám.

2014
založení obchodního jména Sunritek

45 000+
vyprojektovaných svítidel veřejného osvětlení

98+ %
úspěšnost všech podaných žádostí v dotačních titulech

2015
založení samostatné společnosti Sunritek s.r.o.

50–70 %
průměrné snížení energetické náročnosti světelné soustavy

200+
obcí a měst s naším projektem veřejného osvětlení

2–5 let
průměrná doba návratnosti našich projektů

Služby

Projekce pro potřeby dotačních titulů v rámci osvětlení

umíme zpracovat kompletní projektovou dokumentaci pro podání žádosti o dotaci na rekonstrukci světelných soustav v interiéru a exteriéru s ohledem na přísné dotační podmínky a normy.

Světelně – technické studie

umíme vytvořit komplexní návrh optimálního osvětlení. Jeho součástí jsou ukazatele světelných výpočtů a vizualizace osvětlovaného prostoru. Cílem světelně-technického výpočtu je poskytnout kompletní informace o nejefektivnější možnosti osvětlení zvoleného prostoru. Konkrétní řešení je koncipováno se záměrem minimalizovat náklady a maximalizovat úspory elektrické energie.

Projekční činnost vč. VŘP

provádíme tvorbu projektové dokumentace včetně veřejně–právního projednání a následné vyřízení stavebního povolení v oblasti veřejného osvětlení a nízkého napětí.

Certifikované měření

zajišťujeme certifikované měření osvětlovacích soustav.

Autorizované energetické posudky a audity

nabízíme zpracování energetického posudku a auditu vč. autorizace.

Tvorba dokumentace pro výběr zhotovitele

nabízíme tvorbu dokumentace pro výběr zhotovitele elektroinstalace s přísným dohledem na kvalitu.

Elektromontáže vč. revizí

nabízíme elektromontáže vč. revizí všech elektroinstalací.

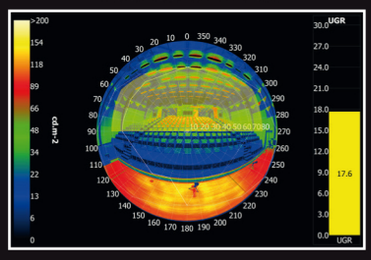
Jasový analyzátor **LumiDISP - LDA ML6**

Vize se stala realitou – výsledky výzkumu a vývoje změnily digitální fotoaparát v sofistikovaný fotometr. Získejte mobilní, laboratorně kalibrovaný a uživatelsky přívětivý **analyzátor** využitelný pro široké spektrum aplikací. Zařízení disponuje parametry srovnatelnými s násobně dražšími přístroji, což mu umožňuje výrazně zpřesnit a zrychlit měření, a vylepšit tak výsledný poměr cena/výkon.

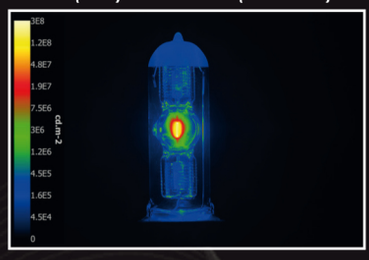
Veřejné osvětlení



Index oslnění UGR



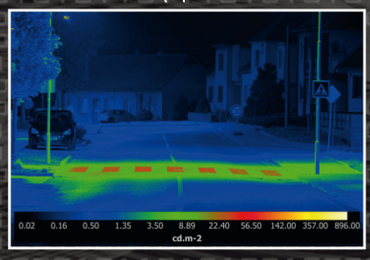
Analýza jasu světelných zdrojů



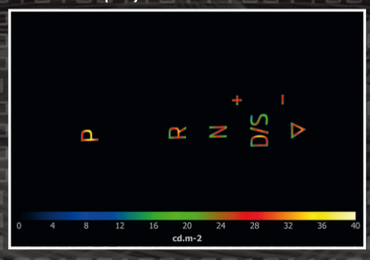
Ocenění
Zlatý AMPER 2019



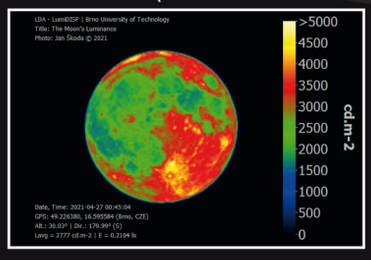
Přechody pro chodce



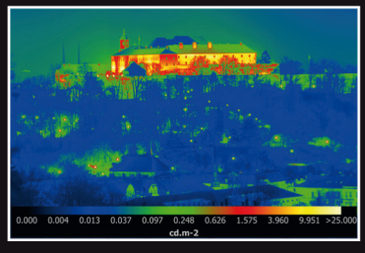
Displeje a zobrazovače



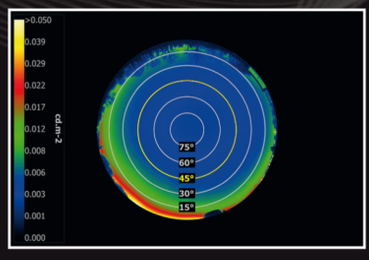
Vědecko-výzkumná měření



Analýza jasu staveb a reklam



Rušivé světlo, světelné znečištění

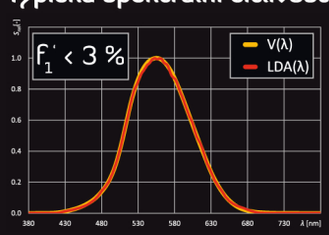


Rezervujte si prezentaci přístroje a odbornou konzultaci k aplikacím.

Výhody a technické parametry

Kompletní přístroj s kalibračním protokolem
Ovládání přímo z přístroje nebo přes počítač
Ukládání dat do databáze PC nebo na SD kartu
Pohodlné zpracování dat později v kanceláři
Snadné exporty tabulek, grafů, obrázků
Dávkové zpracování velkého počtu měření
Široká paleta detektorů, uživatelských šablon
Aritmetický modul pro vlastní algoritmy

Typická spektrální citlivost:



Hardware:
Snímač: BSI CMOS 24,5 Mpx
A/D: 14 bit / 16 384 úrovní
Měřicí rozsah: 0.001 – 10 000 000 cd/m²
Software: 2× licence LumiDISP ver. 3
Volitelné příslušenství: stativ, ND filtr
Návaznost kalibrace přístroje na NIST

LumiDISP

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

www.lumidisp.eu

Obsah:

Čišecký Ladislav	Zkušenosti s modernizací VO v Brně	2
Darula Stanislav	Zdravé mesto pre všetkých a nielen včera	9
Demel Martin, Stupka Pavel	Národní referenční laboratoř pro osvětlení - možnosti a ukázky výstupů	23
Demel Martin	První srovnávací měření ve venkovních prostorách	25
Dolejší Ondřej	Vliv rekonstrukce veřejného osvětlení a jeho regulace na dopravní nehodovost	30
Gřes Radim	Problémy spojené s rekonstrukcí VO v centru města	35
Hergesel Jan, at al.	Měření prahu viditelnosti flikru u žárovek s cílem aktualizace flikrmetru na LED	41
Jesenský Daniel	Plnospektrální prokognitivní osvětlení – v interiéru jako pod širým nebem	49
Kaňka Jan	Waldramův diagram	57
Kosejk Vladislav	Luxmetry jakožto stanovená měřidla	64
Kosejk Vladislav, Maixner Tomáš	Barevný tón světla, ekologie a obecní kasička	70
Maixner Tomáš	Normování rušivého světla	73
Maixner Tomáš	Z šera dávných věku, aneb o duševním úpadku	78
Mlčák Tomáš	Praktické zkušenosti s DALI v rozlehlých aplikacích	84
Niesig Petr	O čem přemýšlí světelný technik u ranní kávy	92
Novák Tomáš, Běčák Petr	Modelování chování velkých vertikálních světelných zdrojů z pohledu jejich vyzařování do horního poloprostoru	95
Novák Filip	Stav hodnocení světelného znečištění ve světovém měřítku	105
Pechová Martina, Vik Michal, Viková Martina	Rozlišování barev při nízkých adaptačních jasech a jeho souvislost s viditelností (bezpečností) v nočním dopravním prostoru	121
Polák Eduard	Ovlivňuje CRI fotosyntézu?	127
Prokopová Lenka	Měření světelné propustnosti zasklení v „in situ“	138
Skotnicová Iveta	Rizika ve stavebních předpisech stautárních měst z pohledu proslunění	145
Sněhota Pavel	Kvalitní projekt pro dotační výměny svítidel - zkušenosti, příklady, praxe	151
Sněhota Pavel	Realizace dotační akce – postřehy z praxe	156
Sousedík Tomáš	Měření VO ve vazbě na dotaci NPO	159
Staněk Pavel	Úskalí použití tabulkové metody hodnocení oslnění činitelem UGR	164
Staša Michal	Regulace dostupnosti zářivek v EU	169
Stržínek Martin	Aplikace veřejného osvětlení z pohledu výrobce	173
Škoda Jan	Měření TI	196
Terrich Theodor	Vyhodnocení provozu řízené osvětlovací soustavy VO	207
Tesař Jiří	Příklady spolupráce s orgány státní při rekonstrukcích soustav veřejného osvětlení v nebezpečných úsecích pozemních komunikací	214
Ullman Ivo, Šebesta Jan	Pohled na kamerovou složku osvětlenosti u osvětlovacích soustav hlídacího osvětlení elektrických stanic	220
Vávra Lukáš, Novák Tomáš	Příklad návrhu osvětlení pro pěstební box	227
Žák Petr	Aplikace Národní technické normy na omezení rušivého světla	235

Zkušenosti s modernizaci VO v Brně

Ladislav Čišecký, Ing., Technické sítě Brno, a.s., cisecky@tsb.cz, www.tsb.cz.cz

V příspěvku se nesnažím popsat konkrétní problém, ale spíš se zaměřují na více různých témat, která nás jako provozovatele veřejného osvětlení v druhém největším městě České republiky potkávají a která sebou přináší často zajímavé problémy.

1 Technické sítě Brno

Úvodem krátké představení společnosti. Jsme akciová společnost ve výhradním vlastnictví Statutárního města Brna. Provozujeme veřejné osvětlení města Brna, kolektorovou síť a v neposlední řadě komunikační trasy a technologie spojené se správou datových center Magistrátu města Brna.

1.1 Veřejné osvětlení Brna

- Cca 41 850 světelných míst (stožárů VO)
- 43 900 svítidel
- Z toho téměř 7 000 LED svítidel
- Roční investice do obnovy veřejného osvětlení přes 60 000 000 kč (přes 1 000 světelných míst ročně)
- Průměrné stáří nosné soustavy 31 let

Z výše uvedeného je patrné, že téměř přes 15 % svítidel v Brně je v provedení LED. Většina těchto svítidel je napojená na dálkový řídicí systém. Taky je patrné, že i přes značný objem investovaných financí do obnovy je nosná soustava VO v současnosti fakticky pouze udržována v provozuschopném stavu, neboť všeobecně se rozptyl životnosti stožárů pohybuje v závislosti na množství negativních vlivů v rozmezí 15 – 50 let

2 Národní plán obnovy

V roce 2022 jsme získali dotaci z programu Národního plánu obnovy Ministerstva průmyslu a obchodu v maximální možné míře. Naše bilance v rámci tohoto programu je následující:

- Počet původních svítidel 1555 ks
- Počet nových svítidel 1496 ks
- Původní příkon soustavy svítidel 209,87 kW
- Navrhovaný příkon soustavy svítidel 109,2 kW
- Úspora energie po započtení regulace 352,23 MWh/rok (52 %)
- Výše poskytnuté dotace: 10 000 000 kč
- Celkové předpokládané náklady: 17 500 000 kč

S tím jsou však spojená různá úskalí, která jsou popsaná v následujících kapitolách.

2.1 Poskytovaná výše dotace

Výše dotace zmíněného programu je 30 kč za každou ušetřenou kWh ročně. Z předchozího je patrné, že poskytnutá dotace zdaleka nepokryla náklady spojené s její samotnou realizací. Co vše je obsaženo v rozpočtu, ukazuje tab. 1. Nutno podotknout, že tam zdaleka není obsaženo vše, neboť značnou část jsme schopni realizovat vlastními silami.

Položka	Množství	MJ
Materiál		
LED svítidlo, velikost S (do 100 W), 2700 K	1 313	ks
LED svítidlo, velikost M (nad 100 W), 2700 K	183	ks
Komunikační modul	1 496	ks
Výložník	119	ks
Stožár veřejného osvětlení	36	ks
Svodový kabel CYKY-J 3x1,5	1 832	m
Stožárova svorkovnice GURO EKM 2035 2D2	58	ks
Zemní kabelová spojka	60	ks
Kabel CYKY-J 4x16	420	m
Chránička KOPOFLEX průměru 63 mm	239	m
Zemnnící kulatina FeZn průměru 10 mm	161	kg
Výstražná fólie červená	164	m
Montážní práce		
Demontáž stávajícího svítidla	1 555	ks
Demontáž stávajícího výložníku	126	ks
Demontáž stožáru	30	ks
Montáž nového LED svítidla	1 496	ks
Montáž výložníku jednoramenného ocelového do 35 kg	99	ks
Montáž výložníku dvouramenného ocelového do 35 kg	20	ks
Montáž stožáru ocelového sadového	4	ks
Montáž ocelového stožáru délky do 12 m včetně nákladů na autojeřáb	32	ks
Pouzdrový základ	36	ks
Montáž svodového kabelu	1 832	m
Výkopové práce pro pokladku kabelů (asfalt)	70	m
Výkopové práce pro pokladku kabelů (zeleň)	94	m
Vybavení RVO řídicím systémem	46	ks
Ostatní		
Energetický audit	1	kpl
Oživení a seřízení řídicích prvků	1 496	ks
DIO, zajištění stavby	1	kpl
Geodetické zaměření	1	kpl
Odvoz a likvidace demontovaného materiálu	36	kus
Naložení a odvoz zeminy	37	t
Poplatek za skládku suti	8	t

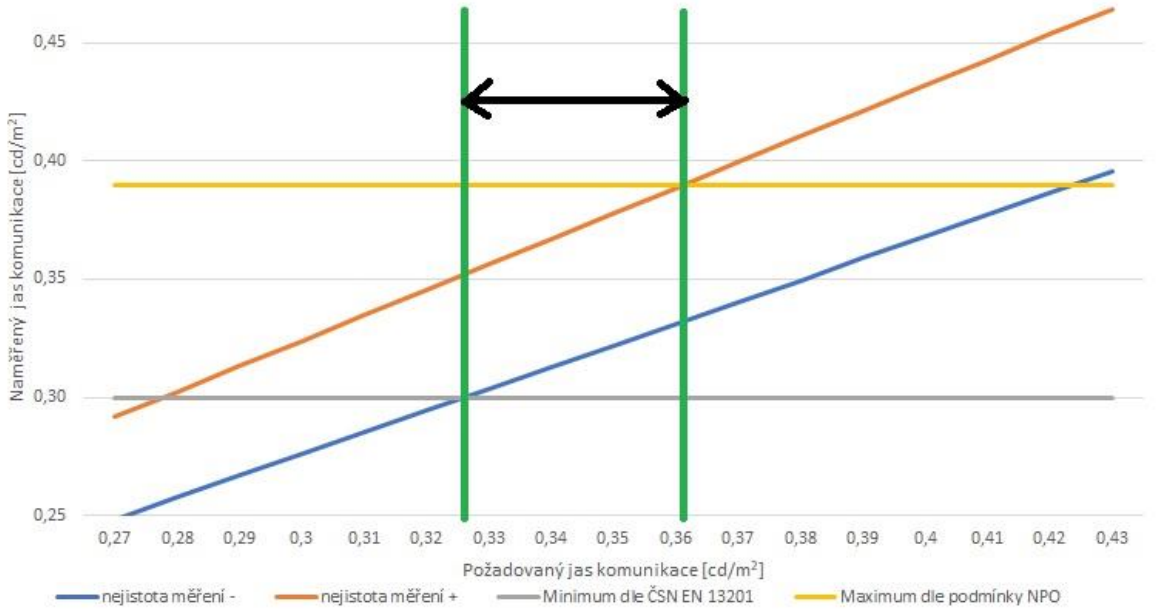
Tab.1 Brno - Národní plán obnovy 1 - Výkaz výměr

2.2 Měření osvětlení ve vztahu k dotaci

Metodický pokyn pro žadatele uvádí jako jednu z požadovaných příloh závěrečné zprávy „Protokol o měření osvětlení“. Jednou z podmínek je:

„…b) úroveň osvětlení nebo jasu komunikace nesmí překročit hodnoty požadované normou ČSN EN 13201 o více než 30 %“

Pro metrologa skutečně zajímavý problém. Každé měření má nejistoty a speciálně u měření jasů se pohybujeme řádově v jednotkách až desítkách procent. Na obr. 1 je znázorněno pásmo, kam by se měl projektant při výpočtu jasu komunikace třídy M6 vlézt, aby vyhověl požadavkům ČSN EN 13201-2, podmínkám dotace a zároveň si byl jistý, že měření (při nejistotě 8 %) bude vyhovující. Jeho pole působnosti je rozmezí pouhých třech setin cd/m^2.



Obr.1 Vliv nejistot měření na splnění podmínek NPO a požadavků ČSN EN 13201-2

Tato podmínka zcela opomíjí možnost přítomnosti řídicího systému, pomocí kterého je možno seřídit úroveň jasu dle výsledků měření na požadovanou úroveň. Zároveň absolutně nebere v potaz různé odrazové vlastnosti povrchu komunikace, dále pak odrazy světla od okolních objektů jako třeba fasády nebo protihlukové zdi. V závislosti na těchto faktorech se můžou naměřené hodnoty lišit od hodnot vypočtených i o desetiny cd/m^2.

3 ČSN 36 0459 – Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení

Tato norma byla nedávno představená jako něco nové, co tady ještě nebylo. Jako provozovatel VO řešíme zejména stížnosti občanů na množství rušivého světla. V předchozí ČSN EN 12464-2 toto řešila tab. 2. Nově je tato problematika zakotvena v tab. 3 (resp. 4 dle značení příslušné ČSN). Jak je patrné, nepřinesla nic nového. Naopak, pro okrajová sídliště jsme se doposud řídili maximální hodnotou vertikální osvětlenosti 2 lx, nově je 5 lx. V případě centra města v mnoha situacích hodnoty vertikální osvětlenosti překročí 5 lx i v případě vypnutého veřejného osvětlení.

Zóna životního prostředí	Světlo na objektech		Svítivost svítidla		Podíl horního toku	Jas	
	E_v lx		I cd		R_{UL} %	L_b cd·m^{-2}	L_s cd·m^{-2}
	mimo dobu nočního klidu [a]	v době nočního klidu	mimo dobu nočního klidu	v době nočního klidu		fasády budov	znaky[NP1)]
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

Tab.2 Přípustné maximum rušivého světla dle ČSN EN 12464-2

Zóna sv. prostředí	Jas fasády	Jas znaku	Svislá osvětlenost na objektech		Třída svítivosti [d]	Podíl horního světla [e]	Náhradní teplota chromatičnosti [f]
	L_b (cd·m^{-2})	L_s (cd·m^{-2})	E_v (lx) [b]		G*	R_{UL} (%)	T_{cp} (K)
			veřejné osvětlení	ostatní osvětlení			
Z0	0	0	neaplik.	neaplik.	G*6	0	≤ 2 200
Z1	0 [a]	0 [a]	≤ 0[c]	0	≥ G*4	0	≤ 2 200
Z2	≤ 2 [a]	≤ 200[a]	≤ 5	≤ 1	≥ G*3	≤ 2,5	≤ 3 000
Z3	≤ 2 [a]	≤ 200[a]	≤ 5	≤ 1	bez požadavku	≤ 5,0	≤ 3 000
Z4	≤ 2 [a]	≤ 200[a]	≤ 5	≤ 1	bez požadavku	≤ 15,0	≤ 3 000
[a] Platí v době od 24:00 do 6:00.							
[b] Platí v noční době od 22:00 do 6:00.							
[c] V zastavěném území je E_v ≤ 5 lx.							
[d] Požadavky platí pro nově budované osvětlovací soustavy a pro soustavy po kompletní rekonstrukci.							
[e] Platí pro osvětlení s předepsanými požadavky na E_{sc} a E_v. Pro ostatní osvětlovací soustavy je požadováno R_{UL}=0%.							
[f] Platí v noční době od 22:00 do 6:00.							

Tab.3 Přípustné maximum rušivého světla dle ČSN 360459

Co se týče omezení spektrálních vlastností, tak tato norma skutečně přináší „revoluci“, protože dle této normy již v podstatě není možno mimo konfliktní oblasti použit u veřejného osvětlení náhradní teplotu chromatičnosti větší než 3000 K. Pak ale stojí za zmínku věta v čl. 5.4.8. nové normy, která říká:

„Pro architektonické osvětlení významných staveb v zastavěném území v zónách Z1, Z2, Z3 a Z4 je povolena náhradní teplota chromatičnosti T_{cp} ≤ 4000 K“

V posledních letech je vliv modré složky na cirkadiánní rytmus člověka diskutované téma. Náš názor je, že člověk většinou na pozemních komunikacích nemá potřebu spát. Odborníci z oblasti ochrany životního prostředí nicméně argumentují narušováním přirozeného způsobu života hmyzu a fauny obecně. Pak zůstává otázkou, zda je výše uvedené omezení spektrálních vlastností světla odvozeno od relevantní studie prokazující minimální vliv architektonického osvětlení (často svíticího výhradně do horního poloprostoru) na hmyz a faunu oproti vlivu veřejného osvětlení.

4 Vandalismus

V Brně se setkáváme s různým typem poškozování veřejného osvětlení. Nejčastější příčinou je obyčejná dopravní nehoda, nicméně rozkopané rozpínací skříně, rozbité difuzory, nelegální polep nebo různé krádeže nejsou žádnou výjimkou. V poslední době se však setkáváme s vandalismem doposud nám neznámým – ekologickým. Na obr. 2 je svítidlo s (původně) náhradní teplotou chromatičnosti 2700 K, které tvoří součást osvětlení cyklostezky v úseku mezi ulicemi Kamenná – Pisárecká.



Obr.2 Nelegální úprava svítidla

Tímto způsobem vyndal upravil čtyři svítidla **uprostřed** cyklostezky dlouhé 2,5 km. To znamená, že urazil pěšky trasu minimálně 1,2 km s žebříkem v ruce jenom kvůli tomuto účelu a pak se musel samozřejmě vrátit. Výsledek? Úplné omezení záření o vlnových délkách do 480 nm, pokles indexu podání barev z hodnoty 82 na hodnotu 50 a snížení průměrné osvětlenosti o 30 %. Úroveň průměrné horizontální osvětlenosti na této cyklostezce byla původně nastavená těsně nad požadované hodnoty (P4 – 5 lx). Tímto vandalským zásahem byla úroveň průměrné osvětlenosti redukována o 30 % a tedy již nevyhovující požadavkům ČSN EN 13201-2.

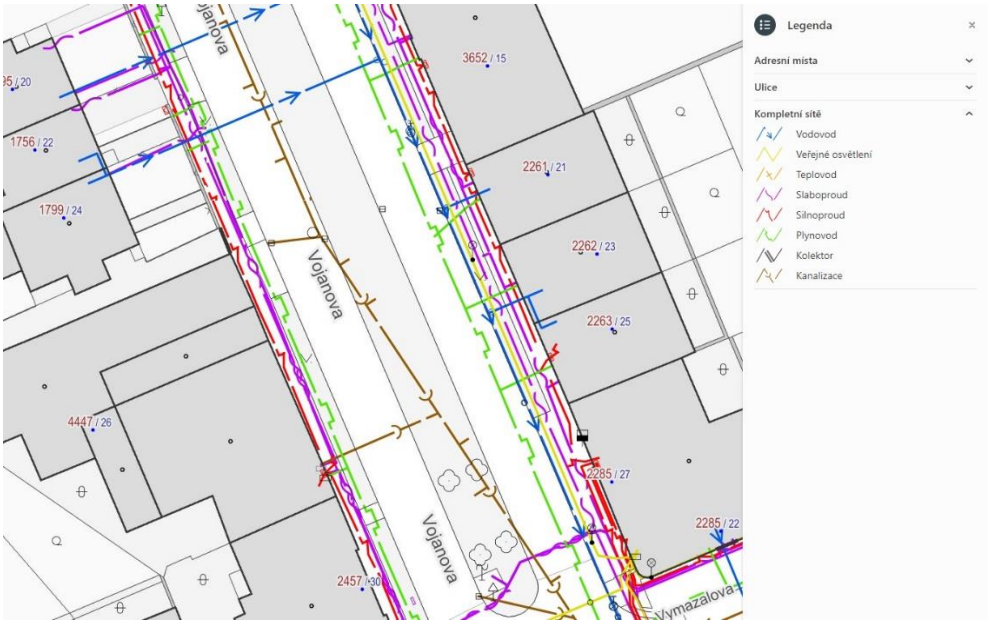
Zajímavosti je, že tato cyklostezka má svůj režim a ve 23:00 se vypíná. V zimním období je to pak ve 22:00. Je tedy diskutabilní ekologický přínos tohoto zásahu vandalského počinu.

5 Těžký život projektanta

Projektování veřejného osvětlení je záslužná činnost, která se ne vždy setká s obdivem veřejnosti. Obzvlášť, když projektant vymýšlí rekonstrukci VO v zástavbě. Jako příklad je na obr. 3 původní stav ulice Vojanova. Jedná se o pozemní komunikaci rozdělenou středovým pásem, přičemž levá strana původně nebyla vůbec osvětlená. VO bylo v havarijním stavu a bylo potřeba ho zrekonstruovat. Nicméně nebylo možné ho rekonstruovat ve stávající trase vzhledem k tomu, že stožáry stojí na vodovodním potrubí (viz obr. 4).



Obr.3 Ulice Vojanova – Původní stav



Obr.4 Ulice Vojanova – průběh inženýrských sítí

Jediné možné řešení bylo umístit VO doprostřed aleje sakur (nepůvodní druh) s tím, že pomocí dvojvýložníků se osvětlí i levá strana. Kabeláž zůstala v chodníku, aby nezasahovala do ochranného pásma sakur. Samotné sloupy jsou taky umístěné mimo ochranné pásmo stromů. Došlo k redukci sloupů v ulici, omezení množství rušivého světla na fasádách objektů, snížení energetické náročnosti a zároveň byla osvětlená druhá půlka ulice. Jak to dopadlo, ilustruje obr. 5.

Stavební záměr byl pochopitelně projednán mimo jiné jak s příslušnou městskou částí, tak s Veřejnou zeleni města Brna. I toto je úděl projektanta. Ale svítí to tam krásně…



Obr.5 Reakce médií na rekonstrukci ulice Vojanova

6 Závěr

Cílem příspěvku je poukázat na některé problémy spjaté s modernizací veřejného osvětlení nejenom v Brně. Veřejné osvětlení jako takové slouží především lidem. Vytváří pocit bezpečí a zároveň pomáhá udržovat chod zejména městské společnosti v provozu. V poslední době je však určitou skupinou lidí označováno jako škodlivý prvek, který je potřeba omezit nebo ideálně odstranit. Otázkou zůstává, do jaké míry a zda vůbec si tito lidé uvědomují význam veřejného osvětlení a důsledky spojené s omezováním veřejného osvětlení.

Zdravé mesto pre všetkých a nielen včera

Doc. Ing. Stanislav Darula, CSc., AS SKSI, ZSVTS
sdarula@gmail.com

Bez vzduchu vydržíme niekoľko minút, bez vody dní, bez jedla mesiac, ale bez slnečného žiarenia prestávame byť človekom, tak ako rastlina rastlinou.
J. Kaňka, S. Darula, 2023

Abstrakt: Mesto je priestor, v ktorom väčšina ľudí žije, pracuje a strávi značnú časť svojho života. Každé mesto je jedinečné svojou históriou, prírodou a podmienkami pre život. V poslednom čase, keď cena pôdy, energií a ľudskej práce rastie, je snaha na malom priestore osídliť čo najviac ľudí. Mesto je organizmus, ktorého funkcie významne ovplyvňujú zdravie a vzdelanosť obyvateľstva. Z minulosti v našich krajinách sú známe oblasti okolo Teplíc, uhoľného Ostravska, hlinikárne v Žiari nad Hronom alebo chemických závodov v Humennom či rafinérie Petrochema v Dubovej s nezdravými, až životu nebezpečnými podmienkami. Rekonštruuje sa veľa zanedbaných budov a veľa stavia nových bytových domov v mestách. Presúvanie obyvateľstva do miest vytvára tlak na hustejšiu zástavbu.

Príspevok poskytuje podklady pre diskusiu o požiadavkách bežného človeka na zdravé a v ľudskej mierke prijateľné vnútorné a vonkajšie prostredie. Základom tvorby životného prostredia sú predpisy a normy, ktorými sa zabezpečujú minimálne požiadavky pre bezpečnú prácu, vzdelanie, zdravé bývanie a potrebnú rekreáciu obyvateľov krajiny.

1 Úvod

Jednou z najstarších uvedomelých činností človeka je budovanie prístreškov na ochranu proti nepriazni počasia a nebezpečnej zveri. Postupom času vznikajú osady so zoskupením príbytkov. Vznik remesiel mení spoločnosť, prvé mestá sa objavujú v Mezopotámii ako ucelené územné celky [1]. Vývoj osídľovania územia závisel a aj závisí najmä od klimatických podmienok, technickej a kultúrnej vyspelosti spoločnosti. Už Vitruvius [2] uvádza zásady pre založenie mesta. Tvorba miest má využívať klimatické podmienky danej lokality, mesto má byť prevetrávané, má mať prístup k vode a slnku. Začiatkom minulého storočia bola výstavba miest podrobená kritike zo strany architektov. Hľadali sa spôsoby, ako špinavé ulice s uzavretými blokmi a tmavými bytmi nahradiť prostredím podporujúcim zdravé bývanie a tvorbu exteriéru blízkeho ľudskej mierke a prírode. V roku 1933 bola publikovaná tzv. Aténska charta [3], [4] ktorá predurčila na dlhé roky rozvoj urbanizmu nielen v Európe. V Aténskej charte je zadefinovaný pojem funkčného mesta. Ten vychádza z predpokladu, že formu mesta určujú jeho základné funkcie, t. j. bývanie, práca, rekreácia a doprava, ktorá tieto prvky prepája.

2 Terminológia

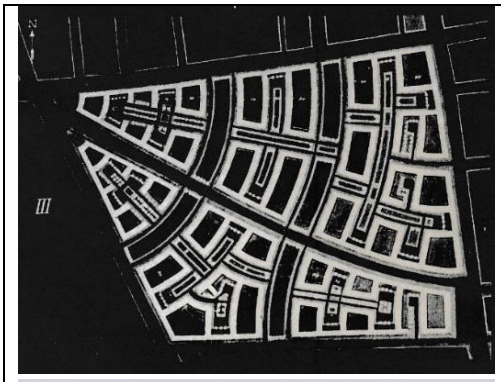
V posledných rokoch sa dosť diskutuje o kvalite mesta, kvalite bývania, kvalite života v spoločnosti a hospodárení s energiami. Asi je potrebné spomenúť výklad niekoľkých termínov, ktoré sa používajú v odbornom styku, často v rôznom význame. Výber výkladu termínov z bežne dostupných slovníkov je uvedený v Tab. 1.

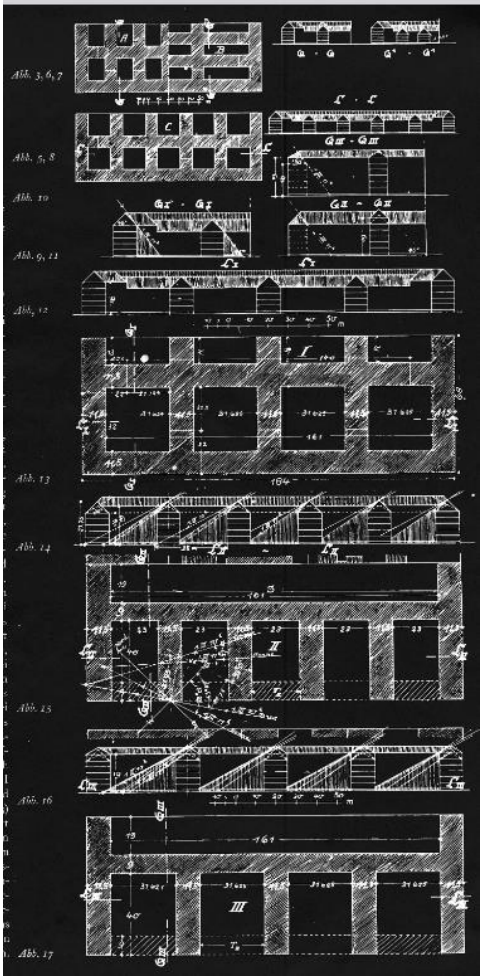
Termín	Výklad	Zdroj
Architektúra	Spôsob výstavby, (vnútorné) usporiadanie niečoho.	[5]
	Staviteľské umenie vytvárajúce funkčný priestor stavieb a pod. podľa ideových predstáv architekta a prostredníctvom dobrých technických konštruktívnych možností.	[6]
Bezpečnosť	Istota, ochrana, zabezpečenie.	[5]
Biodiverzita	Rozmanitosť, rôznorodosť, pestrosť foriem života.	[6], [7]
Byt	Miestnosti na bývanie tvoriace celok, bytová jednotka.	[5]
	Obytná miestnosť alebo súbor obytných miestností s príslušenstvom usporiadaný do funkčného celku s vlastným uzavretím určený na dlhodobé bývanie.	[8]
Demografia	Veda o zložení a raste obyvateľstva založená na štatistike.	[5]
Hygiena	Odbor zaoberajúci sa zdravím a jeho zabezpečením.	[5]
	Preventívny lekársky odbor študujúci vplyv životných a pracovných podmienok na zdravie človeka a kolektívy ľudí.	[6]
Mesto	Väčšia územnosprávna jednotka majúca význam ako obchodné, kultúrne a pod., centrum.	[5]
Preslnenie	Prenikanie priameho slnečného žiarenia do vonkajšieho a vnútorného priestoru s priaznivým pôsobením na všetky zložky mikroklímy.	[9]
Prípustná hodnota	Dovolená hodnota.	[5]
Slnko	Nebeské teleso vysielajúce do vesmíru teplo a svetlo	[5]
Spoločnosť	Súhrn ľudí na istom stupni historického vývinu; žijúcich združene na istom priestore, v istých sociálnych podmienkach.	[5]
Svetlo	Viditeľné (elektromagnetické) žiarenie umožňujúce vnímanie zrakom.	[5]
Subsidiarita	Zásada, podľa ktorej nadriadená zložka spoločnosti (napr. štát) má vykonávať iba také úlohy, ktoré nemôže vykonávať podriadená zložka.	[5]
Trvalo udržateľný rozvoj	Rozvoj, ktorý umožňuje uspokojovanie potrieb súčasných generácií bez toho, aby boli ohrozené nároky budúcich generácií na uspokojovanie ich potrieb.	-
Urbanizmus	Odbor zaoberajúci sa výstavbou miest podľa technických a estetických požiadaviek	[5]
	Vedný odbor, ktorý sa uplatňuje pri riešení výstavby mestských alebo iných sídliskových celkov s dôrazom na tvorbu životného prostredia.	[6]
Územie	Ohraničená časť zemského povrchu.	[5]
Zdravie	Stav organizmu bez narušenia telesnej alebo duševnej činnosti.	[5]
	Stav úplnej fyzickej, duševnej a sociálnej pohody a nielen ako stav neprítomnosti choroby a slabosti	WHO 1948

Tab.1 Výklad vybraných termínov

Každá veda sa rozvíja novými poznatkami a využíva metódy a nástroje, ktoré tento rozvoj podporujú. Ako v architektúre, hygiene, strojníctve atď. sa poznatky v praxi premietajú do požiadaviek, tak je to i v architektúre a urbanizme. Tvrdiť, že preslnenie negatívne ovplyvňuje urbanizmus a bráni výstavbe je v rozpore s výkladom pojmu urbanizmus, pozri Tab. 1. Urbanizmus má zohľadňovať a využívať technické a estetické požiadavky. Doprava, odpady, vzdelanie, hluk, ovzdušie, osvetlenie a preslnenie patria k mnohým, ktorých riešenie je založené na technických požiadavkách, ktorými sa má aj urbanizmus zaoberať, aby uspokojoval naše potreby a potreby budúcich generácií.

3 Medzivojnová bloková výstavba





V období medzi dvoma svetovými vojnami sa výstavba nových obytných budov v európskych mestách realizovala prevažne pozdĺž ulice, ktorej šírka sa odvíjala od jej funkcie. V tom čase za ulicami vznikali vnútrobloky väčších aj menších rozmerov. Priestory vnútroblokov sa využívali a dodnes využívajú rôzne, v závislosti od štruktúry obyvateľstva. Niekde sú ihriská, v súčasnosti najčastejšie je priestor obsadený zaparkovanými automobilmi.

Budovy postavené v tom čase majú vyššie svetlé výšky bytov, aj cez 3 m. Tým aj výšky okien v obvodových stenách bytov sú vyššie a pri výške protiľahlých budov k vzájomnej vzdialenosti v pomere 1:1, sú izby bytov osvetlené do väčšej vzdialenosti od okna. Dĺžky obytných miestnosti realizované v tom čase málokedy presahovali 5 m.

Osadenie obytných budov najčastejšie sledovalo pôvodnú štruktúru ulíc, v mnohých prípadoch sa vytvárali pravidelné štruktúry. Tým, že problematika životného prostredia nebola dôležitá, staviteľstvo bolo podriadené empírii a zvykovým pravidlám. Už v tom čase dôležitosť a význam slnečného žiarenia bol známy. Exitujú riešenia výstavby podriadenej slnečným lúčom, napr. v [10], pozri spodný obrázok v tab.2.

Nielen v literatúre, ale i v praxi sa hľadali štruktúry blokov, ktoré by umožnili čo najlepšie oslnenie fasády bytových budov priamymi slnečnými lúčmi.

Už Vitruvius [2] odporúča orientáciu ulíc pre zdravé mesto. Tieto odporúčania možno nájsť aj v súčasných učebniciach architektúry.

Tab.2 Príklad blokovej výstavby podľa dopadu slnečných lúčov, [10]

4 Aténska charta



Aténska charta (1933) podrobila kritike mestskú zástavbu, hlavne blokovú výstavbu s uzavretými dvormi, ulice pripomínajúce kaňony, dvory plné neporiadku a špiny a tmavé byty bez dostatku svetla a prístupu k slnečnému žiareniu. Nový koncept urbanizácie miest odporúča výstavbu vyšších bytových domov voľne osadených v území s lepším prístupom k slnečnému žiareniu, v ktorých okolí je viac zelene a priestoru pre rekreáciu.

Takto tvorený priestor je prevetrávaný a pre človeka zdravší. Murované steny z klasickej tehly umožňujú tvorbu vnútorných priestorov menších rozmerov. Uplatnenie železobetónu ponúka tvorbu skeletových konštrukcií s voľným vnútorným priestorom a veľkou variabilitou jeho využitia.

Autori Aténskej charty poznali, že mesto je časťou ekonomického, sociálneho a politického celku, ktorý tvorí región. Ekonomické, sociálne a politické hodnoty postavili vedľa psychologických a fyziologických potrieb ľudskej bytosti. Definovali nasledovné funkcie mesta: bývanie, rekreácia, práca, doprava a historické dedičstvo.

Tab.3 Aténska charta, [3], [4]

5 Vers une architecture (Smerom k architektúre)

Možno stojí za pripomenutie, že kvalita života a zdravé prostredie boli stredobodom záujmu v oblasti výstavby budov aj v minulosti. Zaujímavé v tom čase nadčasové a revolučné sú citáty a kresby z kníh Le Corbusiera, [11], [12].



Le Corbusier. *Vers une architecture*. 1925, Str. 47

„Au lieu de tracer les villes en massifs quadrangulaires avec l'étroite rigole des rues cantonnées par les sept étages d'immeubles à pic sur la chaussée et encerclant des cours malsaines, sentines sans air et sans soleil, on tracerait, en occupant les mêmes superfi cies, et avec la même densité de population, des massifs de maisons à redents successifs serpentant le long d'avenues axiales. Plus de cours, mais des appartements ouvrant sur toutes les faces à l'air et à la lumière, et donnant, non pas sur les arbres malingres des boulevards actuels, mais sur des pelouses, des terrains de jeu et des plantations abondantes.“

„Namiesto kreslenia miest v štvoruholníkových štruktúrach s úzkymi prechodnými ulicami lemovanými siedmimi poschodiami budov, ktoré sa týčia priamo pri ceste a obkolesujú

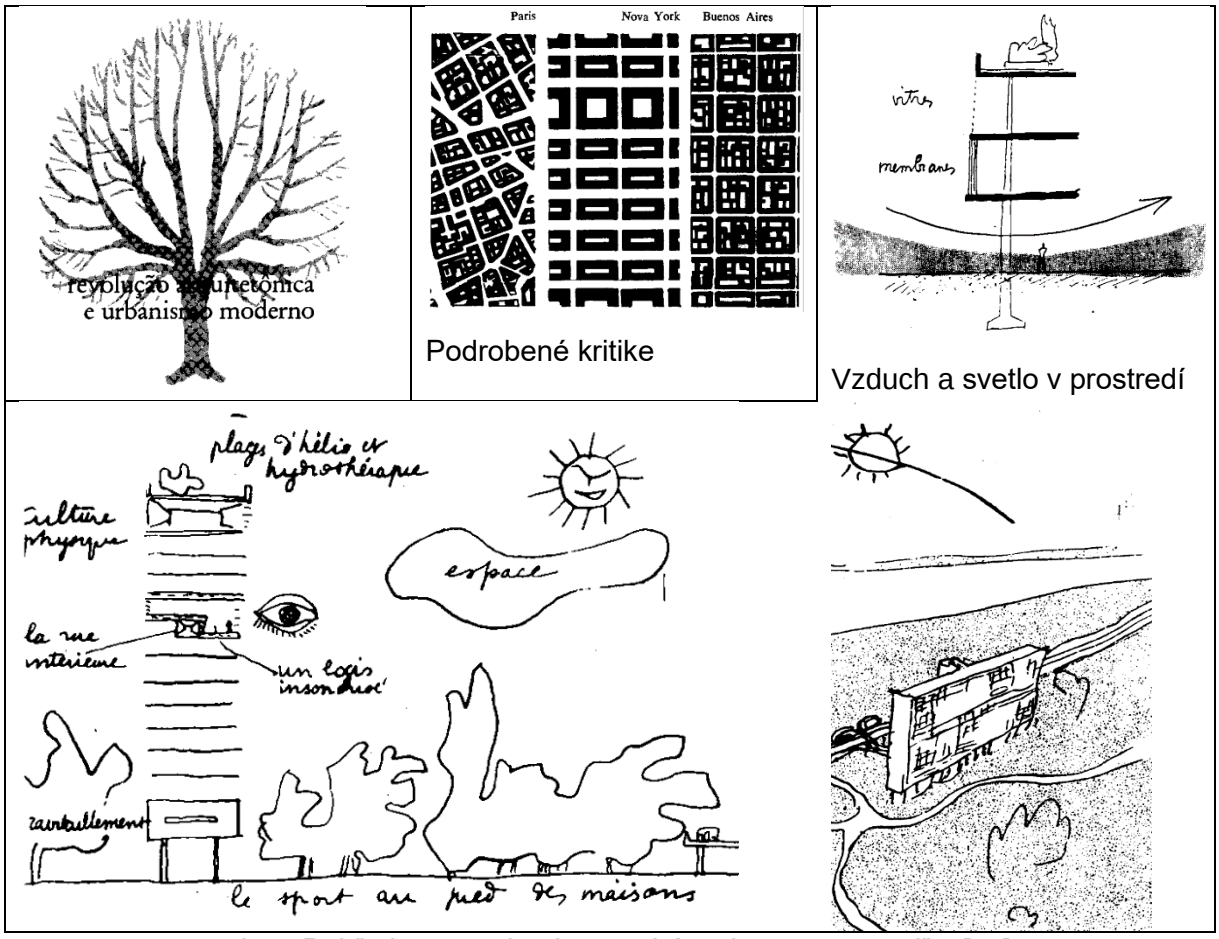
nezdravé dvory, bez vzduchu a bez slnka, by sme uprednostnili bloky domov s postupnými vchodmi vinúcimi sa pozdĺž centrálnych ulíc, pričom by sme zaberali rovnaké územia s rovnakou hustotou obyvateľstva. Už žiadne dvory, ale vzdušné a presvetlené byty otvárajúce sa výhľadom na všetky strany, nie na choré stromy súčasných bulvárov, ale na trávniky, ihriská a bohatú výsadbu.“
Str. 73 „Une maison est une machine à habiter. Bains, soleil, eau chaude, eau froide, température à volonté, conservation des mets, hygiène, beauté par proportion. Un fauteuil est une machine à s 'asseoir, etc. : Maple a montré le chemin.“ „Dom je živý stroj. Kúpele, slnko, horúca voda, studená voda, teplota podľa ľubovôle, zachovanie potravín, hygiena, krása podľa proporcií. Kreslo je stroj na sedenie, atď.: Maple ukázal cestu.“
Str. 78 „L'art est une chose austère qui a ses heures sacrées. On les profane. Frivole, l'art grimace sur un monde qui a besoin d'or ganisation, d'outils, de moyens, qui s'efforce douloureusement vers la stabilisation d'un ordre nouveau. Une société vit d'abord de pain, de soleil, du confort nécessaire. Tout est à faire!“ „Umenie je strohá vec, ktorá má svoje posvätné hodiny. Je sprofanované. Ľahkomyseľné umenie sa oháňa svetom, ktorý potrebuje organizáciu, nástroje, prostriedky a bolestne sa snaží o stabilizáciu nového poriadku. Spoločnosť žije predovšetkým z chleba, zo slnka, z potrebného komfortu. Všetko je potrebné urobiť!“

Tab.4 Citácie z knihy Le Corbusier. *Vers une architecture*, [12]

I keď kultúrny a technický vývoj spoločnosti na zemi sa značne posunul od začiatku minulého storočia, odkaz Aténskej charty a v prácach Le Corbusiera je stále aktuálny. Uvedené ukážky dokumentujú význam jednotlivých zložiek životného prostredia na zdravie obyvateľstva a kvalitu priestoru v ktorom žijeme a dôležitosť výstavby kvalitných budov. Myšlienky architekta Le Corbusiera sú stále platné. Upozorňuje, že by sa nemalo zabúdať na využívanie prírodných živlov ako svetlo, vzduch a voda. Zároveň hlása, že dom je „stroj na bývanie“ a slnko odhaľuje krásu prostredia, v ktorom žijeme.

Keďže Le Courbusier nenašiel odozvu, ktorú očakával, vrátil sa v roku 1942 do Paríža, kde založil Zhromaždenie staviteľov pre architektonickú renováciu (ASCORAL). Práca tohto think tanku viedla najmä po vojne k vydaniu dvoch nových diel, Les trois établissements humains (Tri ľudské sídla), 1945 a Manière de penser l’urbanisme (Spôsob myslenia o urbanizme) 1946.

Le Corbusierovým urbanistickým riešeniam sa vyčíta neosobnosť, chlad a strata ľudskej mierky. Na druhej strane jeho snaha poskytnúť všetkým ľuďom prírodu čo najbližšie domova a zdravé prostredie v bytoch je významný počin a odkaz pre všetky generácie.



Obr.1 Pohľady Le Corbusiera na bývanie v meste podľa, [12]

6 Nová Aténska charta

Nová Aténska charta [13] obsahuje zásady plánovania miest vypracované Európskou radou urbanistov (ECTP - European Council of Town Planners). Vyhovuje požiadavkám nadchádzajúcich dekád lepšie ako pôvodná Aténska charta. Občan je jej stredom pozornosti. Hlavnou ideou je rozvoj miest ako kombinácia rôznych spoločenských síl a aktivít, kde kľúčovú úlohu má občan. Podľa ECTP je treba vytvoriť nový rámec plánovania miest, ktorý by vyhovel kultúrnym a sociálnym potrebám súčasnej generácii a aj budúcim generáciám. ECTP vytvorila stručný súbor odporúčaní pre urbanistov, politikov a každého, kto sa zaujíma o budúcnosť európskych miest. ECTP ukázala potrebu sa zamerať na riešenie nasledujúcich oblastí:

- podpora konkurencieschopnosti a zamestnanosti;
- podpora ekonomickej a sociálnej súdržnosti;
- zlepšenie dopravy a transeurópskych sietí;
- podpora udržateľného rozvoja a kvality života.

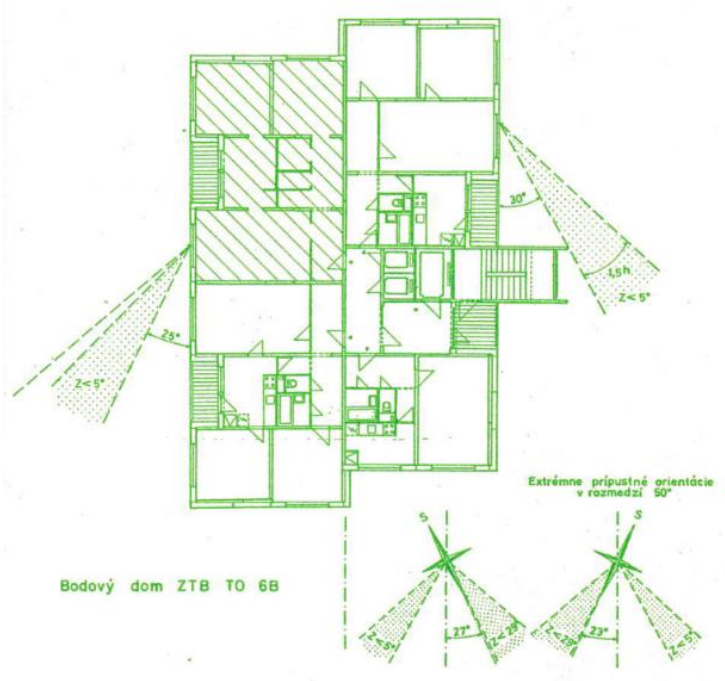
Nová Aténska charta identifikuje na riešenie hľadiská celospoločenského charakteru, ako: demografia a bývanie; sociálne problémy; kultúra a vzdelanie; informačná spoločnosť; životné prostredie; ekonómia; doprava; bezpečnosť, zdravie, priestorové usporiadanie mesta a udržateľnosť rozvoja. Mesto by malo byť pre všetkých. Dôraz sa kladie aj na zachovanie

neobnoviteľných zdrojov a šetrenie energiami. V časti Zdravie a bezpečnosť sa upozorňuje na riziko vzniku lokálnych ohnísk napätia a občianskych nepokojov a plánovanie miest by malo byť tiež v súlade s normami Svetovej zdravotníckej organizácie a podporovať realizáciu „zdravých miest“, zvyšovať kvalitu bytov a zlepšovať životné prostredie.

7 Výstavba v druhej polovici 20. storočia

Za zmienku stojí pozrieť sa na bytovú výstavbu v Československu a okolitých krajinách v druhej polovici 20. storočia. V tom čase prevládala panelová výstavba sídlisk. Tvar a vzhľad budov bol poplatný prísnej typizácii, priemyselnej technológii panelárni a obmedzenej materiálovej základni. Sídliska boli šedé, nevľúdne a vonkajšie prostredie bez pána, skôr zanedbané. To sporadicky skrášľovali aktivity BSP brigád alebo akcie „Z“.

Nie všetko bolo zlé. Tým, že existujú stavebnotechnické predpisy a normy, vnútorné prostredie v bytoch sa skutočne zlepšovalo. Stavebná tepelná technika priniesla vyššie úspory energie pri vykurovaní, stavebná akustika dala metódy na ochranu voči hluku a svetelná technika zabezpečila na pracovisku a v bytoch dostatok denného svetla a preslnenia všetkým obyvateľom bez rozdielu veku, pohlavia, vzdelania, viery a majetku. Na Obr. 2 je ukážka riešenia preslnenia bytov v bodovom panelovom dome ZTB T06 a možnosti jeho orientácie na pozemku.



Obr.2 Riešenie preslnenia bytov v bodovom panelovom dome ZTB T0 6B, [14]

Právom sa po r. 1989 objavila kritika panelových sídlisk. Výstavba nových bytových domov prináša do územia pestrosť a variabilitu. Žiaľ, často na úrok kvality vnútorného prostredia budov. Dôvodom sú ekonomické záujmy investorov, zahusťovanie územia budovami a zvyšovanie počtu obyvateľov na 1 km^2. Čas ukáže, či táto politika miest je správna. Vyššia koncentrácia obyvateľstva prináša vyššie rozdiely medzi ľuďmi a aj vyššiu kriminalitu. Poskytuje menej plôch pre zeleň, rekreáciu a mimopracovné aktivity dospelých a detí. Zaujímavý je pohľad na Petržalku, najväčšie a najľudnatejšie sídlisko v Slovenskej republike.

Mestská časť Bratislavy Petržalka má rozlohu 28,68 km² (2 868 ha), počet obyvateľov 113 200, čo predstavuje hustotu osídlenia 3 947 obyvateľov/km² podľa [15].

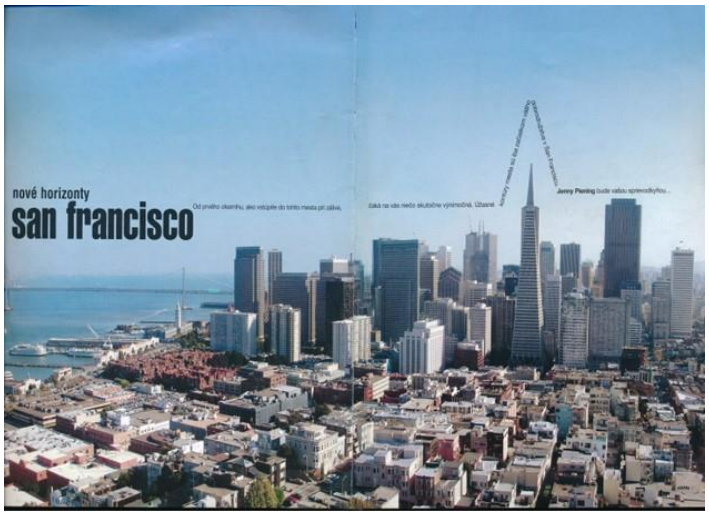
Pôvodný zámer štátu bol postaviť sídlisko s hustotou 400 ľudí na hektár. Dva ľavé zábery na Obr. 3 dokumentujú stav prostredia v čase výstavby, kedy toto územie malo prívlastok „betónová džungľa“. Dnes po 50. rokoch, keď vyrástli stromy rôzneho druhu, vzniklo prostredie vyššej kvality na bývanie. Typológia v týchto panelových domoch plne zodpovedá funkčným požiadavkám na prevádzku bytu a čo je dôležité, každý byt má prípustné denné osvetlenie a preslnenie. Architekti v tom čase vedeli aj vo veľmi zahustenej výstavbe zabezpečiť normové požiadavky na denné osvetlenie a preslnenie bytov. Život v tomto sídlisku ukazuje, že výstavba blokov s terasami sa neosvedčila, nakoľko sú bez života a záťažou pre mestskú časť z dôvodu náročnej údržby. Tento príklad ukazuje, že i v zahustenej výstavbe sa dajú zabezpečiť minimálne požiadavky noriem a postaviť byty s kvalitným životným prostredím.



a) b) c)

Obr.3 Petržalka, a) plochy bez zelene; b) hustota zástavby; c) súčasnosť

Pri diskusiách o zahusťovaní miest sa často stretávame s argumentami, že pôda je drahá, výstavba nemá zaberať plochy určené pre poľnohospodársku produkciu. Sú to legitímne argumenty a treba s nimi pracovať. Môžu sa prezentovať príklady hustej zástavby zo zahraničia, hlavne z USA. Centrá veľkých miest v USA tvoria výškové administratívne budovy. Tam sa nebýva. Výnimkou je iba New York. Príklad na Obr. 4 ukazuje pohľad na stred San Francisca. Výška budov v okolí centra nepresahuje 5 podlaží.



Obr.4 San Francisco. Pohľad na downtown.

8 Prístup k slnečnému svetlu – preferencia alebo odmietanie?

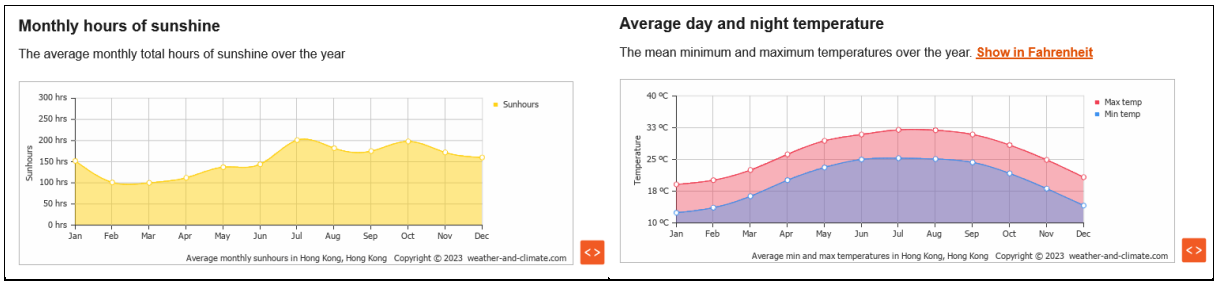
Ak niekto kupuje byt, pýta sa na cenu, či je presvetlený, preslnený a aký je z neho výhľad. Realitné kancelárie s týmito vlastnosťami šikovne narábajú. Existujú knihy a štúdie o dôležitosti denného svetla a prístupu k slnečnému žiareniu v bytoch. Za zmienku stojí spomenúť výsledky prieskumu medzi obyvateľmi Hong Kongu o prístupe k slnečnému svetlu v bytoch [16], [17].

Hong Kong je jedným z najhustejšie osídleným územím na zemi, nachádza sa v lokalite so severnou zemepisnou šírkou φ = 22° 18' a zemepisnou dĺžkou λ = 114° 10´, obr. 5. Na ploche 1 114,35 km^2 (pevnina) žije 7 413 070 (2020) obyvateľov, čo predstavuje hustotu 6 652 obyvateľov na 1 km^2. Klíma v Hong Kongu je sub-tropická. Pre porovnanie Hong Kong sa nachádza na podobnej zemepisnej šírke ako v Indii Kalkata φ = 22° 34´ a na Kube Havana φ = 23° 8´.



Obr.5 Pohľad na bytové budovy v Hong Kongu [17]

Údaj o trvaní slnečného svitu je jedným z popisujúcich charakter klímy v určitej lokalite. Trvanie slnečného svitu je v Hong Kongu viac menej rovnomerne rozložené počas celého roka s maximom okolo 200 hodín v júli a októbri a teploty neklesajú pod 18°C, obr. 6.



Obr.6 Mesačné trvanie slnečného svitu a priebeh vonkajších teplôt v Hong Kongu [18]

Autori [16] v prieskume položili respondentom niekoľko otázok týkajúcich sa preferencie prístupu k slnečnému svetlu v bytoch a pozitívnych a negatívnych účinkov slnečného svetla. Ma obr. 7 vľavo sú prezentované výsledky na otázku: „Myslíte si, že slnečné svetlo je pre váš byt dôležité?“. Na stupnici dôležitosti (veľmi nedôležité - very unimportant, nedôležité - unimportant, normálne – normal, dôležité – important a veľmi dôležité - very important) dominuje odpoveď 80% respondentov s vyjadrením, že prístup k slnečnému svetlu je pre nich dôležitý nielen v obývacej izbe ale aj v detskej izbe a kuchyni.

Odpovede pri druhej otázke: „Koľko slnečného svetla preferujete počas bežného dňa?“ môžu byť pre nás prekvapením. Respondenti preferujú dlhšie trvanie preslnenia 2 až 3 hodiny a existuje nevýrazný počet obyvateľov, ktorí preslnenie nepotrebujú.

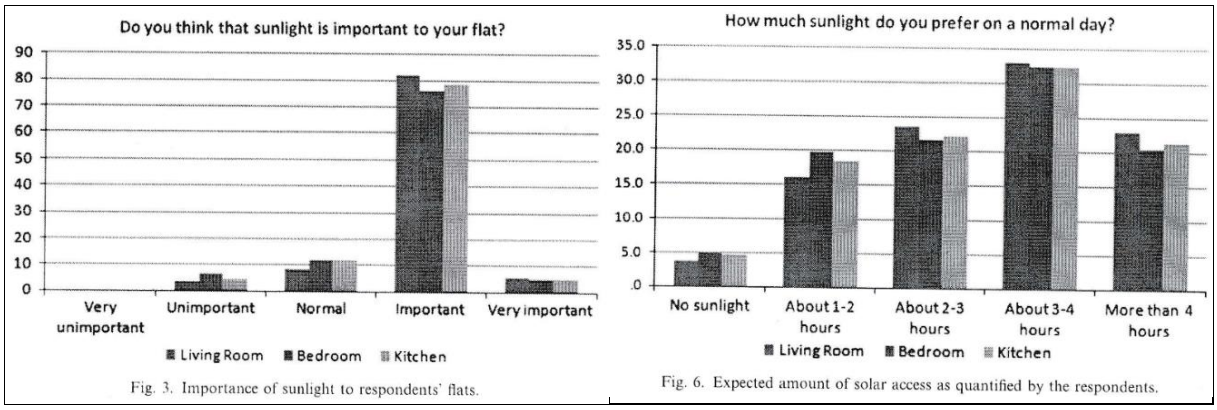


Fig. 3. Importance of sunlight to respondents' flats.
Fig. 6. Expected amount of solar access as quantified by the respondents.

Obr.7 Dôležitosť preslnenia v byte a očakávané trvanie preslnenia počas normálneho dňa [16]

Autori sa tiež pýtali na vplyv pozitívnych a negatívnych účinkov slnečného svetla v bytoch. Z pozitívnych vplyvov vyhodnocovali odpovede spojené s vlastnosťami prostredia a prevádzkou bytu, t.j. sušenie bielizne (draying clothes), dezinfekcia (sanitisation), lepšie zdravie (better health), teplo (warmth), lepšie osvetlenie (better illumination), znižovanie vlhkosti (dehumidifying), lepšie vnútorné prostredie (better indoor environment), lepšia nálada (better mood) a rast rastlín (plant growth). Pre viac ako 75 % respondentov je dezinfekcia, zdravie, lepšie osvetlenie a zníženie vlhkosti v byte vnímaná pozitívne, ľavá časť obr. 8. Negatívny vplyv slnečného svetla v byte je vnímaný u polovice respondentov z dôvodu tepelnej nepohody (thermal discomfort). Blednutie povrchu predmetov (fading objects) a oslnenie zraku (glare) obťažuje menej ako 30 % respondentov, pravá časť obr. 8.

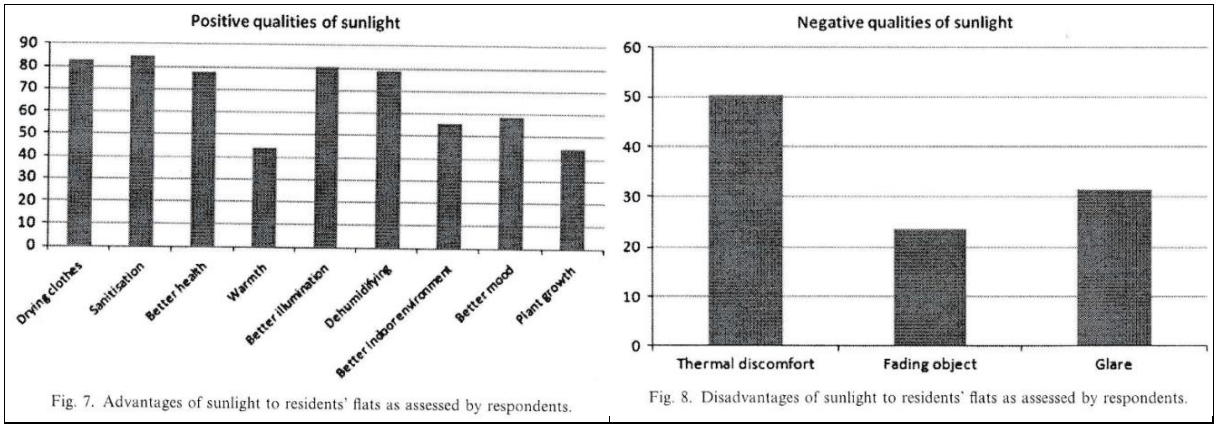
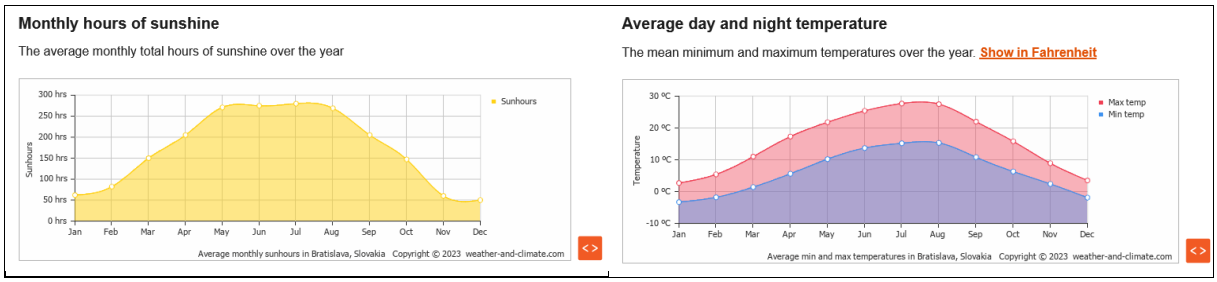


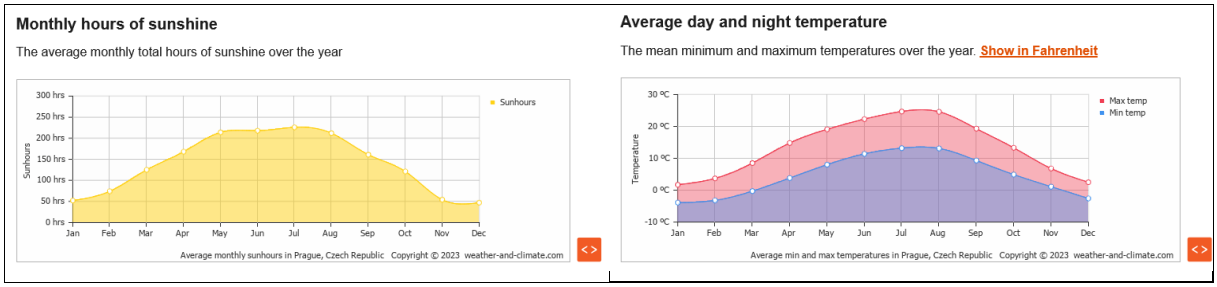
Fig. 7. Advantages of sunlight to residents' flats as assessed by respondents.
Fig. 8. Disadvantages of sunlight to residents' flats as assessed by respondents.

Obr.8 Pozitívne a negatívne účinky slnečného svetla [16]

Zaujímavé je porovnanie slnečného svitu a teploty, klimatických charakteristík, medzi Hong Kongom, Bratislavou a Prahou. Bratislava a Praha sa nachádzajú v miernom pásme s výrazným striedaním štyroch ročných období na prechode medzi oceánskym a pevninským podnebím. Teploty vonkajšieho vzduchu v lete v Hong Kongu sú trochu vyššie ako v Bratislave, pravá časť obr. 9. V zimnom období rozdiely slnečného svitu a vonkajších teplôt sú značne odlišné. Hodnoty vonkajších teplôt a slnečného svitu sú v Prahe niečo nižšie ako v Bratislave, ale nie výrazne, obr. 10.



Obr.9 Mesačné trvanie slnečného svitu a priebeh vonkajších teplôt v Bratislave [19]



Obr.10 Mesačné trvanie slnečného svitu a priebeh vonkajších teplôt v Prahe [20]

Práce [16] a [17] môžu byť podnetné aj pre nás. Keď obyvatelia Hong Kongu, v extrémne osídlenom meste, s vyššími vonkajšími teplotami, preferujú prístup k slnečnému svetlu a pozitívne hodnotia jeho účinky v byte, možno očakávať podobné výsledky aj v mestách Bratislava a Praha. Hodnoty slnečného svitu a teploty vonkajšieho vzduchu v lete sa veľmi nelíšia medzi týmito troma lokalitami i napriek odlišnej klimatickej kategorizácii. Je pravdepodobné, že hodnotenie pozitívneho vplyvu slnečného svetla v bytoch bude vyššie v Bratislave a Prahe ako v Hong Kongu, nakoľko v zimnom a jesennom období v našich krajinách je výraznejší nedostatok slnečného svitu.

9 Súčasnosť a smerovanie do budúcnosti

Budovy sa stavali a aj budú stavať. História ukazuje, že od drevených prístreškov cez kamenné stredoveké múry sme sa posunuli k vzdušným konštrukciám a variabilným priestorom. Súčasná kvalita bývania sa nedá porovnať s tou, ktorá bola v stredovekom hrade. Stavebný priemysel produkuje nové ekologické materiály. Ceny výrobkov sa všeobecne zvyšujú. Z ekonomického hľadiska zachovať prijateľný pomer medzi kvalitou a ziskom je náročné nielen v priemysle, ale i v stavebníctve.

Budovy sa stavajú pre ľudí. Nie náhodou aj Nová Aténska charta pracuje s termínom „zdravé mesto“. To znamená, že pri výstavbe by sa mali rešpektovať hygienické predpisy a predpisy pre starostlivosť o človeka a životné prostredie. V súčasnosti je snaha bagatelizovať, dokonca až eliminovať požiadavky predpisov s odôvodnením, že bránia podnikaniu. Divoká privatizácia v 90tych rokoch minulého storočia ukázala, že aj podnikanie potrebuje pravidlá nemôže byť bezbrehé.

Každý podnikateľ potrebuje zdravého človeka. Chorý zamestnanec zisk nevyprodukuje, naviac odčerpáva prostriedky zo štátneho rozpočtu určené pre zdravotníctvo. Najlacnejšie zabezpečenie zdravia obyvateľstva je prevencia. Zdravotné poisťovne to už robia spôsobom, že ten kto nechodí na prehliadky, si zdravotnícky zákrok musí sám zaplatiť. Niečo podobné by sa malo zaviesť aj v stavebníctve. Priemysel za takmer rovnakú cenu postupne ponúka

kvalitnejší výrobok, napr. autá alebo elektroniku. Pri výstavbe bytov sme svedkami opačného trendu. Cena bytov rastie a ich kvalita sa znižuje. Byt, podobne ako napr. televízor je tiež produkt, ktorý sa predáva.

Stavaním nekvalitných priestorov na bývanie (tie čo nespĺňajú minimálne požiadavky noriem na byt) dochádza k diskriminácii majiteľov a znehodnocovania ich majetku. Ak chce architekt navrhovať a investor stavať nekvalitné priestory na bývanie, mal by majiteľom takýchto priestorov dlhodobo kompenzovať naviac náklady na ich prevádzku, lebo menšia kvalita prináša zvýšené náklady na energie a negatívne dopady na životné prostredie majú dlhodobú povahu.

Zahusťovanie má tiež svoje limity. Veľa ľudí na malom priestore vytvára pri nižšej vzdelanosti obyvateľstva potenciálne riziko nepokojov a pri absencii priestoru na mimoškolské aktivity vznik asociálnych skupín mladistvých. Nie náhodou sa Nová Aténska charta obšírnejšie venuje sociálnej stránke spoločnosti. Príklady nepokojov na predmestiach veľkých miest ako Paríž, Marseille, Rio de Janeiro či kriminalita v Bronxe v New Yorku sú varovaním pre všetkých.

Tvorba zdravých miest a vzdelanostnej spoločnosti môže byť efektívna za úzkej a zodpovednej spolupráce tvorcov miest s nezastupiteľnou úlohou hygienikov, ktorí strážia kvalitu verejného zdravia a špecialistov účastných vo výstavbe.

10 Záver

Rozvoj miest, umiestňovanie stavieb do územia, využívanie a hospodárenie s pôdou a zeleňou, energiami, prírodnými zdrojmi, rozvoj dopravy a zabezpečenie zdravia, bezpečnosti a sociálnych potrieb obyvateľstva s rešpektom biodiverzity je hlavná úloha nielen urbanistov a architektov. Špecializované profesie účastné vo výstavbe zohrávajú významnú úlohu technickými riešeniami, pri tvorbe predpisov, noriem, koncepcií, štúdií a rôznych plánov podporujúcich rozvoj miest. Nezastupiteľnú úlohu má hygiena, ktorá určuje podmienky a stráži kvalitu verejného zdravia. Územné plány veľkých celkov, miest a menších zón formou regulatívov a požiadaviek zásadným spôsobom predurčujú v území kvalitu prostredia všetkému živému.

Žiaľ, pri znižovaní požiadaviek na kvalitu bývania, možno očakávať, že ľudia budú míňať celoživotné úspory na drahé nekvalitné byty, namiesto toho, aby zarobené peniaze využívali v spotrebe. Jedným z významných ukazovateľov rastu ekonomiky štátu je spotreba obyvateľstva.

Často sa argumentuje, že sú klimatické zmeny, teploty v exteriéri rastú a preslnenie v bytoch netreba, lebo byty sú v lete prehrievané a treba používať klimatizáciu. Prehrievania bytov môže znížiť tieniaca technika pri vonkajších teplotách pod 30°C. Pri vyšších vonkajších teplotách je logické, že aj v byte budú vysoké teploty, lebo vnútorný priestor treba vetrať. Vtedy klimatizácia pomôže znížiť vnútornú teplotu, ale to nemá nič spoločné s preslnením. V prechodných ročných obdobiach slnečné žiarenie svojimi ziskami môže prispievať k lepšej vnútornej tepelnej pohode a zníženiu potreby na vykurovanie tým, že netienené okno funguje ako kolektor. Pri miernych zimách je tento efekt výraznejší.

Aj zahustená výstavba umožňuje tvorbu kvalitných bytov s dostatočným denným osvetlením a preslnením. Ako príklad možno uviesť výstavbu Petržalky a jej nových mestských štvrtí

Slnečnice a Nesto, ktorými sa hustota obyvateľstva ešte zvýši. Príklad z Hong Kongu ukázal, že aj v extrémne zahustenom území ľudia preferujú prístup k slnečnému svetlu.

Ukazuje sa, že veľa bytov sa kupuje na legálne a nelegálne podnikanie formou prenajímania. Majiteľ, ktorého byt nespĺňa požiadavky noriem, nepotrebuje kvalitu prostredia, ale finančný zisk a je mu jedno, v akých podmienkach bude bývať nájomca. Stačí, aby platil a nezničil zariadenie bytu. Tým, že sa nájomcovia v týchto bytoch často menia, takéto byty by sa mali klasifikovať ako ubytovacie zariadenia so všetkými odvodovými povinnosťami voči štátu, ktoré má bežný podnikateľ. Táto cesta by mohla priniesť peniaze do rozpočtu miest a vytvoriť tlak na investorov stavať kvalitné byty.

Štáty s vyspelou ekonomikou majú fungujúci zdravotný systém, vysokú životnú úroveň, príkladnú výstavbu blízku prírode a spokojných obyvateľov. Tieto atribúty sú plne v súlade s odporúčaniami Novej Aténskej charty.

Pokrok a rozvoj by nemal byť minulosťou.

Poďakovanie

Súhlas pre ASI SKSI na citovanie z noriem udelil Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky pod č. ÚNMS/00427/2020-702/000364/2020

Literatúra a odkazy

[1] Kittler, R., Kocifaj, M., Darula S. *Daylight science and daylight technology*. Springer Science+Business Media, LLC, 2012, 341p.

[2] Vitruvius, M. P. *The Ten Books on Architecture*. (Anglický preklad: Morgan, M.H.), New York: Dover Publications, 1914, 1960, 331p.

[3] CIAM. Le Corbusier. *La Charte D´Athénes (1933/1941/1957)*. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/227386/1/GBrausch_ChartesAthenes.UnClassique_D3.pdf.

[4] *La Charte d'Athènes*. http://mfd.agadir.free.fr/Agadir-reconstruction/etapes-reconstruction/urbanisme/La%20Charte%20d%92Ath%E8nes.html.

[5] Doruľa, J. a kol. *Krátky slovník slovenského jazyka*. Bratislava: Veda, 2003, 945s.

[6] Petráčková, V. a kol. *Slovník cudzích slov (akademický)*. Bratislava: SPN – Mladé letá, 2005. 1054 s.. https://www.juls.savba.sk/slovnik_cudzich_slov_2005.html.

[7] Petráčková, V. a kol. *Slovník cudzích slov*. Bratislava: SPN, 1997, 991s.

[8] STN 73 4301. *Bytové budovy*. Bratislava: ÚNMS SR, február 2021.

[9] *Návrh na zaradenie slov osvetlenosť a preslnenie do slovníkov slovenského jazyka*. CIE SNK TS 3b, ÚSTARCH SAV, 13. 8. 2019.

[10] Geissler, K. *Beziehung zwischen Besonnung und Bebauung von Baublöcken. Stätebau*, 1928, 9, s. 205-210.

[11] Le Corbusier. *Vers une architecture*. Nouvelle edition revue et augmentée. 2. Édition, Paris*:* Les Éditions G. Crès et Cie, 1925, 230s.

[12] Le Corbusier. *Les Trois établissements humains*. Paris: Denoël, 1945, 1959, 270p. Portugalský preklad: Le Corbusier. *Os três estabelecimentos humanos*, 2ª edição, 262p.

[13] *Nová Aténska charta 1998: Zásady plánování měst vypracované Evropskou radou urbanistů (ECTP, European Council of Town Planners)*. Urbanizmus a územní rozvoj, 2000, r. III, č. 1, s. 35-42.

[14] Kittler, R. *Urbanistické zabezpečovanie insolácie sídlisk a metódy jej predurčovania*. Urbanita, 1977, č. 4, s. 91-95.

[15] *Bratislava – mestská časť Petržalka.* https://sk.wikipedia.org/wiki/Bratislava_%E2%80%93_mestsk%C3%A1_%C4%8Das%C5%A5_Petr%C5%BEalka.

[16] Lau, L., Ng, E., He, Z.J. *Residents' preference of solar access in high-density sub-tropical cities*. Solar Energy, 2011, vol. 85, p. 1878-1890.

[17] Lau, L., Ng, E., He, Z.J. *Preferred solar access in high-density, sub-tropical housing*. Lighting Research and Technology, 2013; vol. 45, p. 317-330.

[18] *Climate in Hong Kong (Hong Kong).* https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,Hong-Kong,Hong-Kong.

[19] *Climate in Bratislava (Bratislavský kraj, Slovakia)*. https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,Bratislava,Slovakia.

[20] *Climate in Prague (Central Bohemia, Czech Republic)*. https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,Prague,Czech-Republic.

Národní referenční laboratoř pro osvětlení – možnosti a ukázky výstupů

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

Pavel Stupka, Ing., Zdravotní ústav se sídlem v Plzni, pavel.stupka@zuusti.cz, www.zuusti.cz

1 Úvod

Národní referenční laboratoř pro osvětlení (dále NRL) vznikla dne 31. května 2022, a to vyhlášením ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR, Částka 6. Vzniku NRL předcházela poměrně dlouhá historie. Již před 18 lety, v roce 2005, prvně zažádal Ministerstvo zdravotnictví o zřízení NRL pro osvětlení tehdy Zdravotní ústav se sídlem v Pardubicích prostřednictvím Ing. Jiřího Slezáka. Tento dlouholetý matador v oblasti osvětlení o zřízení NRL usiloval celých 7 let a až do svého odchodu do zaslouženého důchodu se jej nedočkal.



Obr.1 Ing. Jiří Slezák

Následoval druhý pokus, učiněný v roce 2012 prostřednictvím tehdy Zdravotního ústavu se sídlem v Plzni, kdy žádost na ministerstvo podali ne méně zkušení matadoři Ing. Jana Lepší a Ing. Pavel Stupka. Čas plynul a bylo zjevné, že ani druhý pokus nebude úspěšný. V roce 2016 Ministerstvo zdravotnictví sdělilo, že NRL pro osvětlení není potřeba.



Obr.2 Ing. Jana Lepší a Ing. Pavel Stupka

Lidé odcházejí a přicházejí, názory se mění. To se dělo a dozajista i bude dít také na Ministerstvu zdravotnictví. Po příchodu nových lidí, v říjnu roku 2019 učinil Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě třetí pokus a zažádal o zřízení NRL. Asi není náhodou, že se říká, do třetice všeho dobrého. V květnu 2022 vznikla NRL pro osvětlení. Česko se dočkalo po 17 letech od první žádosti o zřízení NRL. Vedoucím NRL byl jmenován Ing. Martin Demel. Jelikož se jedná o velmi obsáhnou problematiku, bylo potřeba vytvořit tým odborníků, který bude součástí NRL. Od 1. ledna 2023 již NRL plně pracuje, a to v tomto složení:



- Ing. Martin Demel - pověřen vedením NRL, ZÚ Ostrava (pracoviště Nový Jičín)
- Ing. Jana Lepší – ZÚ Ústí nad Labem (pracoviště Plzeň)

- Ing. Pavel Stupka - ZÚ Ústí nad Labem (pracoviště Plzeň)
- doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D. – VŠB TÚ Ostrava
- Ing. Pavel Valíček, Ph.D. – VŠB TÚ Ostrava
- Prof. PharmDr. Alena Sumová, DSc. - Fyziologický ústav AV ČR, v. v. i.
- Ing. Tomáš Příbek – KHS Plzeňského kraje se sídlem v Plzni (pracoviště Domažlice)

2 Předmět činnosti

2.1 Referenční (rozhodčí) činnosti

Provádí referenční (rozhodčí) expertízy (měření, výpočty, posouzení atd.) v případech odvolání a stížností na postup orgánů ochrany veřejného zdraví jako podklad pro rozhodnutí odvolacího orgánu.

2.2 Speciální měření a poradenství:

Provádí, resp. se podílí na náročných měřeních a expertízách vyžadujících speciální vybavení nebo postupy na základě požadavků jednotlivých subjektů hygienické služby i dalších subjektů, zejména z oblasti státní správy provádí poradenskou činnost.

2.3 Metodická činnost:

Připravuje podklady pro novelizaci legislativy v oblasti měření a hodnocení osvětlení, vytváří, zpracovává nebo posuzuje návrhy postupů měření, výpočtů, hodnocení, vede příslušná pracoviště hygienické služby podílí se na výukové a školící činnosti v rámci ILF a IDVPZ, organizuje semináře a kurzy pro pracovníky hygienické služby.

3 Závěr

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě zřídil přehledný rozcestník www.nrl.cz, ze kterého vedou další odkazy na jednotlivé NRL, tedy i na tu naši. Zde jsou pravidelně zveřejňovány odpovědi na nejrůznější dotazy, které přicházení nejen z řad pracovníků Krajských hygienických stanic, ale i od projektantů či měřičů osvětlení. Některé dotazy jsou velmi zajímavé a pro mnohé i užitečné, proto doporučujeme naše stránky pravidelně navštěvovat. S vybranými stanovisky NRL budou účastníci konference v rámci naší přednášky seznámeni.

Těšíme se i na Vaše zajímavé dotazy či podněty.

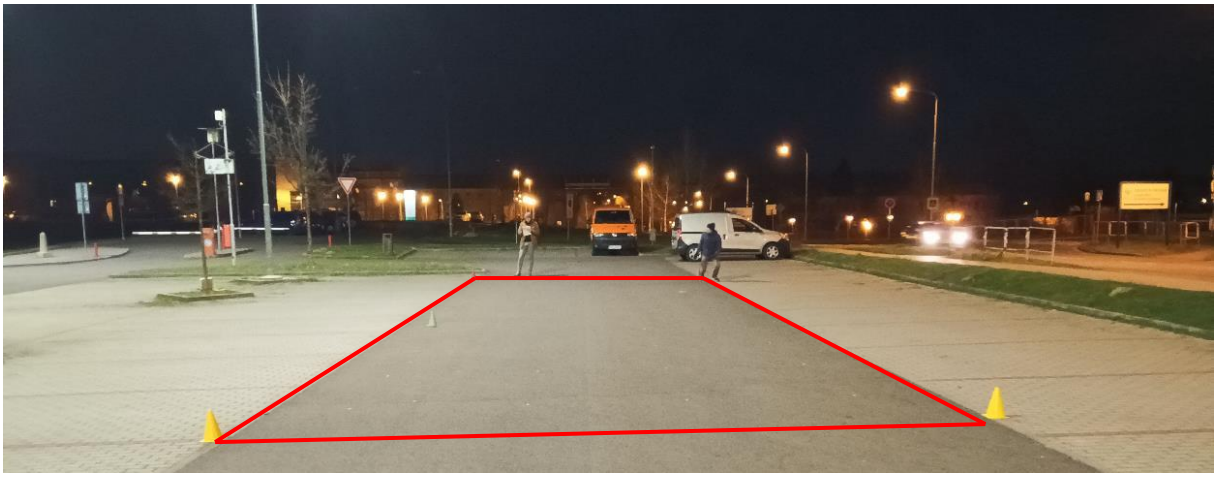
První srovnávací měření ve venkovních prostorách

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

Dne 4. 4. 2023 se v areálu Vysoké školy Báňské – Technické univerzity Ostrava konalo historicky první (zatím neakreditované) srovnávací měření elektrického osvětlení ve venkovních prostorách za účasti 9 měřících skupin. Ty dostaly celkem 3 úkoly – úkol A, B, C. Na změření úkolu A a C měli skupiny dohromady 50 minut, na změření úkolu B nebyl čas nikterak omezen. Představme si nyní jednotlivé úkoly a jejich výsledky:

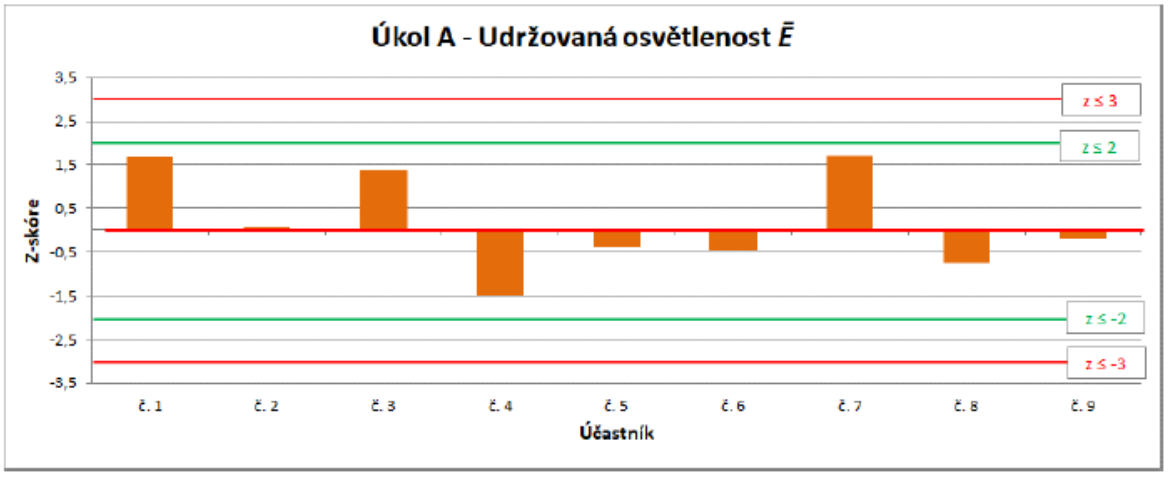
Úkol A

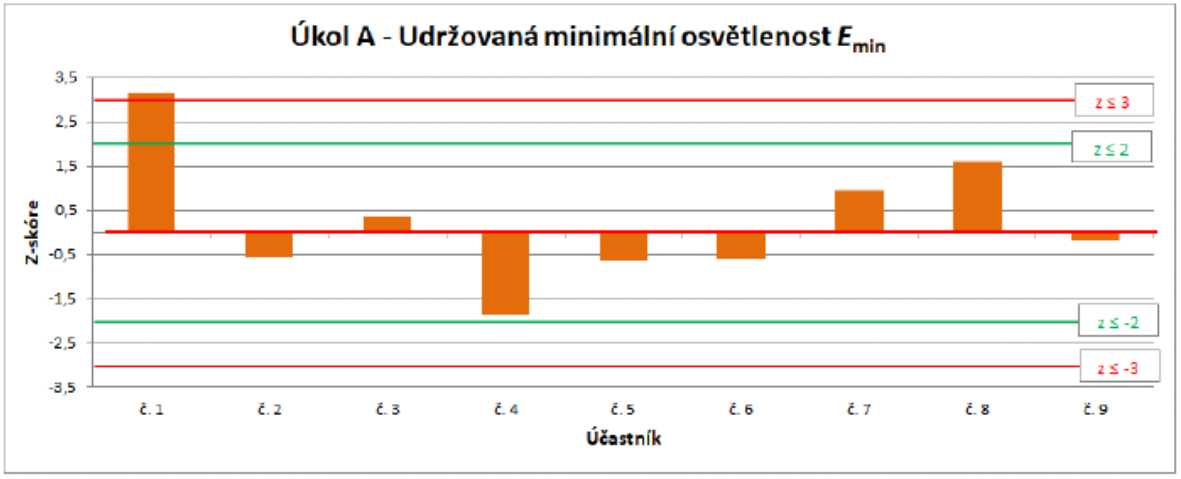
Změřte minimální udržovanou a průměrnou udržovanou horizontální osvětlenost vymezené části parkoviště. Vycházejte z tabulky 6 normy ČSN EN 13201-2 (P5). Činitel údržby f_M = 0,9.



Obr.1 Místo měření úkolu A

Osvědčení o účasti obdržel pouze ten účastník, který dosáhl v daném úkolu hodnot z-skóre |z| ≤ 2,0. Na níže uvedených grafech jsou zobrazeny výsledky pro úkol A.





Úkol B záměrně přeskočím a uvedu na konci mého příspěvku.

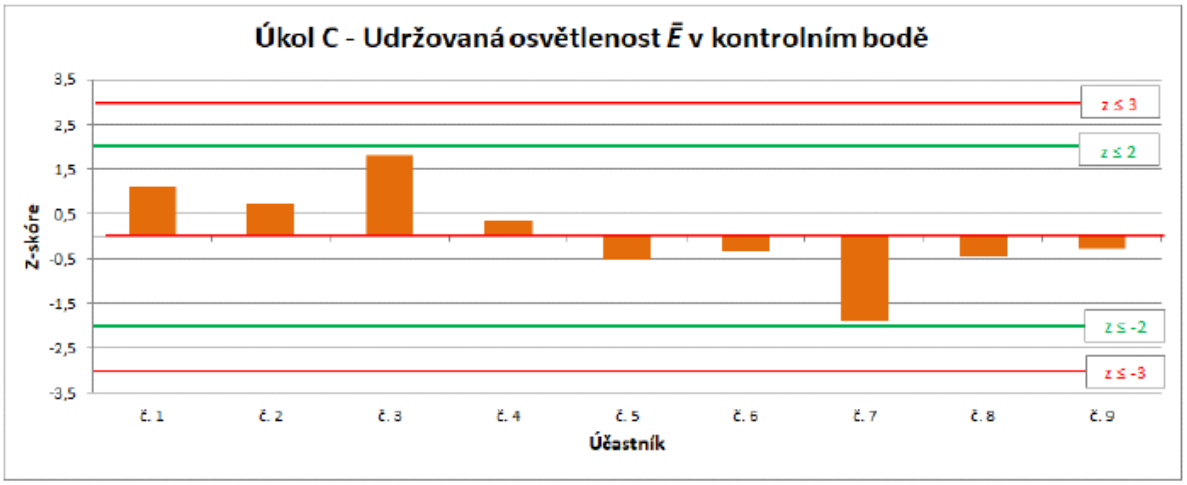
Úkol C

Změřte horizontální udržovanou osvětlenost kontrolního bodu (KB) vyznačeného na parkovišti.



Obr.2 Místo měření úkolu A

Na níže uvedeném grafu jsou zobrazeny výsledky pro úkol C.

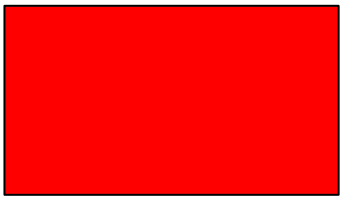
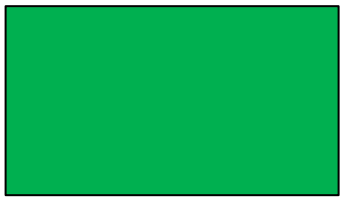


Úkol B

Změřte největší průměrný jas znaků L_s reklamního poutače pro stojící osobu. Vycházejte z tabulky 2 normy ČSN EN 12464-2.

V přednáškovém sále Fakulty elektrotechniky a informatiky byly postupně na dataprojektoru zobrazovány tyto obrázky:

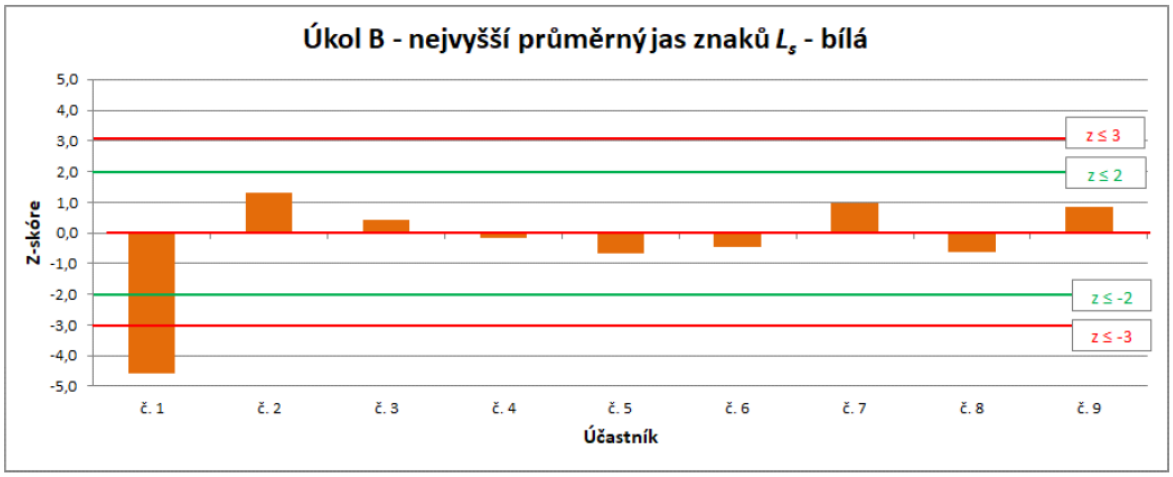


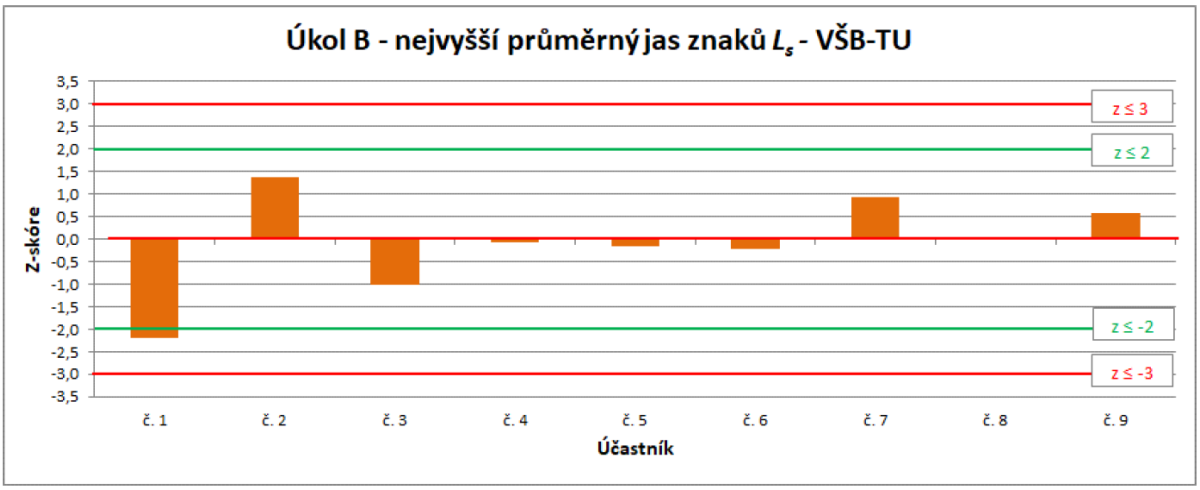







Na níže uvedených grafech jsou zobrazeny výsledky pro úkol B.





Účastník	Červená L_s (cd/m^2)	Zelená L_s (cd/m^2)	Modrá L_s (cd/m^2)	Šedá L_s (cd/m^2)	"Bernard" L_s (cd/m^2)
1	18	29	23	36	10
2	38	80	33	45	175
3	9	34	9	12	46
4	35	59	23	34	120
5	32	53	20	29	23
6	33	55	21	30	24
7	37	83	33	43	7
8	33	54	21	30	127
9	36	73	33	40	112

Tab.1 Přehled naměřených výsledků pro barvu červenou, zelenou, modrou, šedou a obrázek „Bernard“. Červeně jsou označeny maximální hodnoty a zeleně minimální hodnoty.

Po zkušenosti ze srovnávacího měření vyvstala základní otázka. **Kde se nachází největší průměrný jas znaků?** Norma o tom nikde nehovoří a jak se ukázalo z naměřených výsledků (hlavně obrázek „Bernard“), i přístup k tomuto úkolu je pro jednotlivé účastníky odlišný. Někdo měří průměr z celé plochy a někdo se zaměří na nejjasnější znaky a z nich udělá průměr. Metodika měření jasů znaků v praxi chybí a dochází tak k rozdílům naměřených hodnot ve stovkách procent.

Vliv rekonstrukce veřejného osvětlení a jeho regulace na dopravní nehodovost

Dolejší Ondřej, Ing., Tomáš Novák, doc. Ing. Ph.D.

VŠB TU Ostrava, ondrej.dolejsi@vsb.cz, www.vsb.fei.cz

Abstrakt: V rámci dlouhodobého výzkumu viditelnosti účastníků nočního provozu, který probíhá na katedře elektroenergetiky VŠB TU Ostrava, je sledován vliv rekonstrukcí soustav veřejného osvětlení na dopravní nehodovost. Na základě získaných informací o dopravních nehodách z webové mapové aplikace shluků dopravních nehod v noci s názvem AVISON, intenzitách dopravy z Celostátního sčítání dopravy a dokumentací rekonstruovaných soustav veřejného osvětlení bylo možné vytvořit databázi úseků pozemních komunikací, na kterých byl sledován vliv rekonstrukce soustavy veřejného osvětlení na nehodovost.

1 Úvod

Díky dlouhodobé dotační činnosti v České republice probíhá velmi intenzivní obnova soustav veřejného osvětlení (dále VO). Obnova soustav VO je v drtivé většině prováděna plošnou výměnou původních svítidel s převážně vysokotlakými sodíkovými výbojkami za nová svítidla se zdroji typu LED s minimálními zásahy do geometrie soustavy VO. Z důvodu motivace na snížení nákladů na spotřebovanou elektrickou energii jsou do nových svítidel instalovány harmonogramy stmívání, které autonomně v určitém časovém období snižují světelný tok svítidla na požadovanou úroveň. Uvedené řešení stmívání je kvůli své jednoduchosti velice oblíbené, jelikož není třeba provozovat žádný systém, který by sledoval vnější vlivy, např. intenzitu dopravy, a na základě vyhodnocení sledovaných vlivů svítidla soustavy VO reguloval.

Díky rozsáhlému využití autonomní regulace svítidel soustav VO byl sledován nejen celkový vliv výměny svítidel na nehodovost, ale i vliv obnovené soustavy VO v časovém úseku, kdy je světelný tok svítidel regulován.

2 Sledovaná data o rekonstrukcích soustav VO

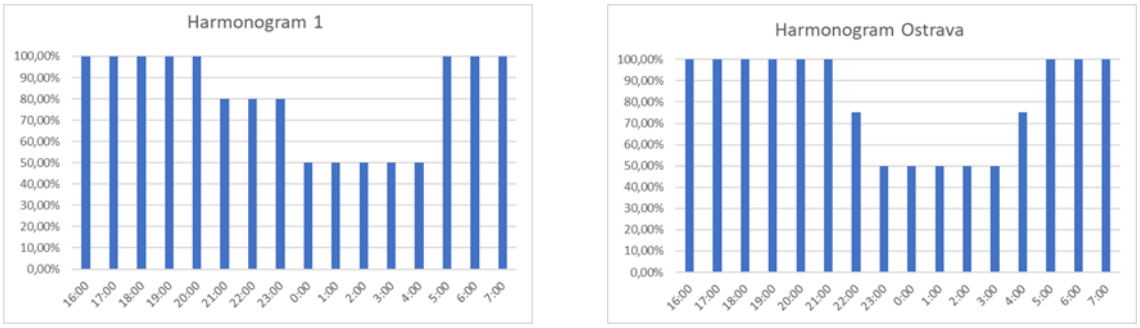
Informace o výměnách svítidel veřejného osvětlení byly získány přímo od zpracovatelů dokumentace. Ze získaných dokumentací byly získány níže uvedené informace:

- Parametry původních svítidel (typ světelného zdroje, náhradní teplota chromatičnosti)
- Parametry nových svítidel (typ světelného zdroje, náhradní teplota chromatičnosti)
- Třídy osvětlení dotčených pozemních komunikací
- Harmonogram stmívání
- Datum uvedení obnovené soustavy veřejného osvětlení do provozu

Dotčené soustavy veřejného osvětlení byly rozděleny na jednotlivé úseky. Úseky byly rozděleny převážně dle ulic. V případě rozdílného zatřídění, typu světelného zdroje či změny

intenzity dopravy byla soustava veřejného osvětlení v rámci jedné ulice rozdělena na více úseků. Celkem bylo získáno 208 úseků o celkové délce 110,16 km.

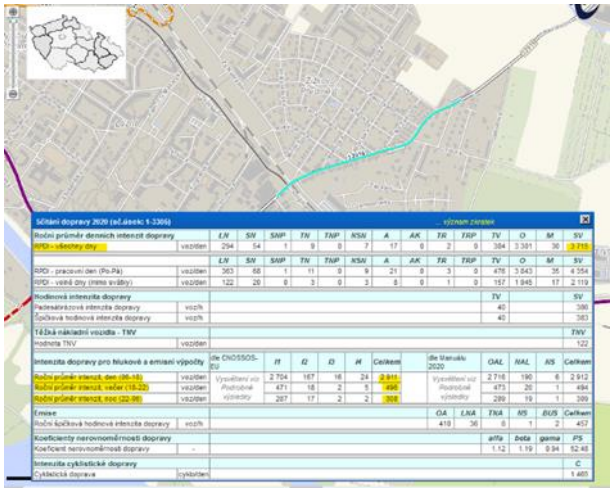
Dotčených lokalitách se vyskytovaly pouze dvě varianty stmívacího harmonogramu. Harmonogramy jsou znázorněny na obrázku „Obr.1“.



Obr.1 Harmonogramy stmívání vyskytující se v dotčených lokalitách.

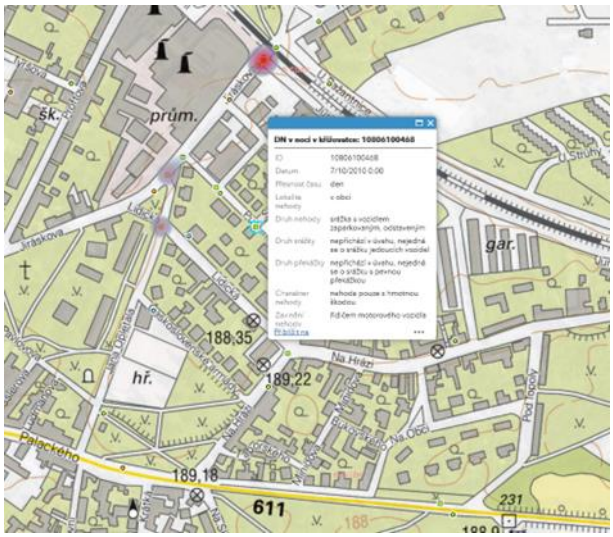
3 Údaje o intenzitě dopravy a dopravních nehodách

Informace ohledně intenzity dopravy byly získány z Celostátního sčítání dopravy [1] Ve webové aplikaci lze získat data ze sčítání dopravy z let 2010, 2016 a 2020. Intenzity dopravy jsou zde uvedeny pro jednotlivé typy motorových vozidel v pracovní či volné dny. Po účely této práce byly odečteny roční průměry denních intenzit dopravy (RPDI) pro všechny dny. Dále byly odečteny RPDI pro časové úseky 6h-18h, 18h-22h a 22h-6h. Jejich součet se rovná RPDI daného úseku. Náhled do aplikace Celostátního sčítání dopravy s vyznačenými sledovanými hodnotami je znázorněno na obrázku „Obr.2“.



Obr.2 Náhled do aplikace Celostátního sčítání dopravy s vyznačenými sledovanými hodnotami.[1]

Informace o dopravních nehodách byly získány z webové mapové aplikace shluků dopravních nehod v noci s názvem AVISON [2]. V aplikaci AVISON je možné prohlížet data dopravních nehod v noci, za soumraku či svítání. Data o dopravních nehodách jsou importována z protokolů o dopravní nehodě, které vyplňuje Policie. Znázornění náhledu aplikace je uvedeno na obrázku „Obr.3“.



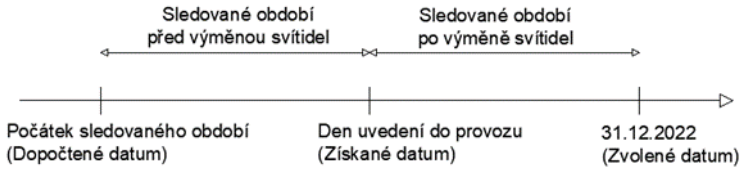
Obr.3 Náhled do webové mapové aplikace AVISON s náhledem na data k dopravní nehodě.

4 Stanovení okrajových podmínek pro stanovení počtu projetých vozidel

Jelikož výměna svítidel probíhá průběžně a na různých místech v České republice, bylo třeba zvolit okrajové podmínky, a to délku sledovaného období a spínací diagram veřejného osvětlení. Stanovení zmíněných okrajových podmínek je nezbytné pro sledování nehodovosti a intenzity dopravy na jednotlivých úsecích.

4.1 Délka sledovaného období

Výměny svítidel probíhají průběžně, a proto obnovené soustavy veřejného osvětlení ovlivňují své okolí v různých časových úsecích. Dále bylo třeba, aby sledované období před obnovou bylo stejně dlouhé jako po obnově. Z uvedeného důvodu bylo zvoleno stanovení délky sledovaného období dle data uvedení do provozu pro každý úsek zvlášť. Definice sledovaného období je znázorněna na obrázku „Obr.4“.



Obr.4 Znázornění časové osy pro stanovení počátku a délky sledovaného období

4.2 Spínací diagram soustavy veřejného osvětlení

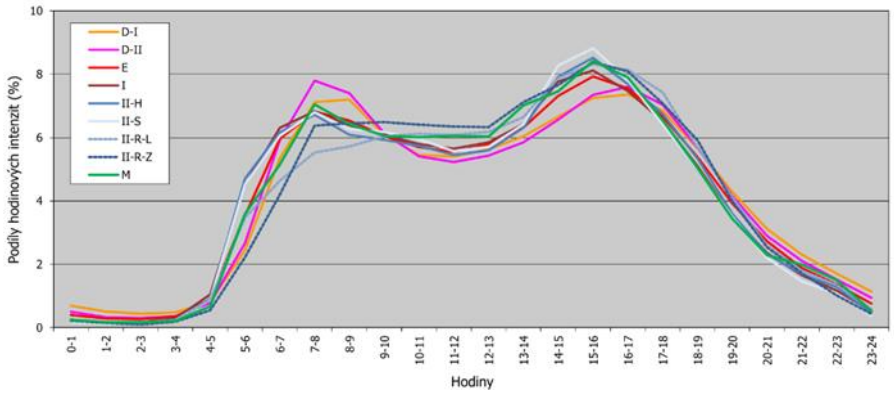
Další okrajovou podmínkou je stanovení spínacího diagramu soustav veřejného osvětlení. Spínací diagram je převážně stanoven podle lokality dané soustavy veřejného osvětlení. Jelikož se dotčené úseky nachází v různých částech České republiky, byl stanoven jednotný diagram spínání s krokem o délce 30 min. Diagram spínání byl stanoven na základě získaných dat o době provozu a je uveden v tabulce „Tab.1“.

Měsíc	Poč. dní	Hod/den	Hod/měsíc	Zapnutí	Vypnutí
Leden	31	14,5	449,5	17:00	7:30
Únor	28	13,5	378,0	17:30	7:00
Březen	31	12,0	372,0	18:00	6:00
Duben	30	10,0	300,0	19:00	5:00
Květen	31	8,5	263,5	20:00	4:30
Červen	30	7,0	210,0	21:00	4:00
Červenec	31	8,0	248,0	20:30	4:30
Srpen	31	9,5	294,5	19:30	5:00
Září	30	11,0	330,0	19:00	6:00
Říjen	31	13,5	418,5	17:00	6:30
Listopad	30	14,5	435,0	16:30	7:00
Prosinec	31	15,5	480,5	16:00	7:30

Tab.1 Souhrn průměrné délky provozních hodin za den, součet provozních hodin v měsícem čas zapnutí a vypnutí pro jednotlivé měsíce v roce.

4.3 Stanovení počtu projetých vozidel za sledované období

Pro stanovení intenzity dopravy byl použit dokument TP 189 – Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích [3]. Tento dokument stanovuje metodiku pro stanovení odhadu ročního průměru denních intenzit dopravy na základě dopravních průzkumů pomocí koeficientů, které charakterizují denní, týdenní a roční variace dopravy. Intenzitu dopravy lze získat pro různé skupiny vozidel, různé třídy pozemních komunikací či různé časové období. V této práci byla zvolena denní variace intenzit dopravy v běžný pracovní den pro osobní vozidla. Průběh zvolené variace intenzit dopravy je uveden na obrázku „Obr.5“.



Obr.5 Denní variace intenzit dopravy v běžný pracovní den, osobní vozidla.[3]

5 Zhodnocení vlivu obnovy soustav VO na nehodovost

Celkem bylo hodnoceno 179 dopravních nehod na 37 úsecích, které byly zařazeny do 5 tříd osvětlení. Před obnovou soustavy VO se na úsecích stalo 96 dopravních nehod a po provedení obnovy soustavy se na úsecích stalo 83 dopravních nehod. Před obnovou během sledovaného období projelo na sledovaných úsecích 103 milionu vozidel. Po obnově projelo 107 milionu vozidel. Souhrn dopravních nehod rozdělený dle časového úseku je uveden v tabulce „Tab.2“.

Třída osvětlení	Počet sledovaných úseků	Celkový počet DN ve sledovaném období	Celkový počet DN před rekonstrukcí, bez regulace	Počet DN před rekonstrukcí, doba režimu regulace	Počet DN před rekonstrukcí, mimo dobu režimu regulace	Celkový počet DN po rekonstrukci	Počet DN po rekonstrukci,doba režimu regulace	Počet DN po rekonstrukci, mimo dobu režimu regulace
C4	1	2	1	0	1	1	0	1
M2	1	22	11	0	11	11	4	7
M3	12	89	48	9	39	41	9	32
M4	11	37	22	7	15	15	5	10
M5	12	29	14	5	9	15	6	9
Celkový součet	**37**	**179**	**96**	**21**	**75**	**83**	**24**	**59**

Tab.2 Souhrn dopravních nehod dle časových úseků.

Hodnocení nehodovosti bylo stanoveno podílem projetých vozidel za sledované období na jednu dopravní nehodu. Výsledky jsou znázorněny v tabulce „Tab.3“.

Celkový podíl počtu projetých vozidel na 1 DN Před rekonstrukcí	Celkový podíl počtu projetých vozidel na 1 DN Po rekonstrukci	Podíl počtu projetých vozidel na 1 DN před rekonstrukcí Doba režimu regulace	Podíl počtu projetých vozidel na 1 DN po rekonstrukci Doba režimu regulace	Podíl počtu projetých vozidel na 1 DN před rekonstrukcí Mimo dobu režimu regulace	Podíl počtu projetých vozidel na 1 DN po rekonstrukci Mimo dobu režimu regulace
1 081 710	1 287 832	1 047 748	925 729	1 091 219	1 435 129

Tab.3 Podíl projetých vozidel za sledované období na jednu dopravní nehodu dle časových úseků.

Po rekonstrukci soustav VO na sledovaných úsecích došlo během stejného sledovaného období celkově k poklesu dopravních nehod o 13,5 %. Při porovnání počtu dopravních nehod během období, kdy byla soustava VO regulována, došlo ke zvýšení počtu dopravních nehod o 14 %.

Na základě sledovaných parametrů se nehodovost celkově po rekonstrukci soustav VO snížila. Ke snížení nehodovosti došlo v časovém úseku, kdy nebyla soustava VO regulována. V době, kdy byla soustava regulována, došlo ke zvýšení nehodovosti.

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] ŘSD. Celostátní sčítání dopravy. [Online] 2020. https://scitani.rsd.cz/CSD_2020/pages/map/default.aspx.

[2] CDV. AVISON. Webová mapová aplikace AVISON. [Online] 2015. https://avison.cdvinfo.cz/.

[3] Bartoš, Luděk. TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 189 STANOVENÍ INTENZIT DOPRAVY NA PK. Plzeň : EDIP s.r.o., 2018. ISBN 978-80-87394-06-9.

Problémy spojené s rekonstrukcí VO v centru města

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

Abstrakt: Příspěvek přináší praktický pohled projektanta na problémy spojené s projektováním a realizací osvětlovacích soustav v centru měst, kdy se teoretické zásady správného osvětlování komunikací dostávají do kolize s reálnými podmínkami a možnostmi a projektant musí hledat všeobecně akceptovatelný kompromis při současném respektování požadavků orgánů státní správy, místní samosprávy, správců inženýrských sítí a v neposlední řadě vlastníků soukromých objektů.

1 Úvod

Pro nastínění problémů, se kterými se může projektant potkat při návrhu osvětlovací soustavy veřejného osvětlení v centru města, byla zvolena investiční stavba statutárního města Ostravy „Rekonstrukce veřejného osvětlení Tyršova“, pro kterou projekční práce zajišťovala v letech 2020 a 2021 společnost PTD Muchová, s.r.o. a stavba byla realizována v roce 2022 společností Elspol elektro s.r.o. Rozsahem se jedná o stavbu poměrně malou, ale díky své poloze a složitým místním podmínkám může sloužit jako názorný příklad toho, s čím se mohou projektanti i zhotovitelé při své práci setkat a vypořádat.

2 Projekční příprava

Projekt stavby „Rekonstrukce veřejného osvětlení Tyršova“ byl zpracován v souladu s platnou legislativou dvoustupňově – byla zpracována projektová dokumentace ve stupni DÚR a následně po vydání územního rozhodnutí a nabytí právní moci tohoto rozhodnutí byla zpracována dokumentace pro provedení stavby (DPS). Dle §103 stavebního zákona (zákon č. 183/2006 Sb., v platném znění v době zpracování), písmena e), bodu 8 vedení sítí veřejného osvětlení, vč. stožárů, nevyžadují stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu. Odstranění původního zařízení VO, bylo řešeno samostatně Povolením odstranění stavby, pro jehož vydání byly příslušnému stavebnímu úřadu doloženy požadované náležitosti.

Území stavby se nachází v Ostravě, městském obvodu Moravská Ostrava a Přívoz, v katastrálním území Moravská Ostrava. Jedná se o centrální městský obvod a řešená oblast je součástí širšího centra města. Předmětem stavby bylo vybudování nového zařízení veřejného osvětlení na ul. Tyršova v úseku od ul. Zámecké po ul. Čs. legií a na ul. Bankovní. V rámci stavby bylo vybudováno celkem 9 ks světelných míst, na jednom stávajícím světelném místě byla provedena modernizace zařízení, odstraněno bylo celkem 10 ks stávajících světelných míst. Jedním z hlavních důvodů, proč byla realizace stavby požadována, kromě obvyklých důvodů - stáří zařízení, špatný technický stav, morální zastaralost zařízení a nákladnost provozu, byla skutečnost, že stávající zařízení VO se nacházelo výhradně na budovách. Budovy byly převážně v soukromém vlastnictví, u většiny budov byl počet vlastníků velký a v době vzniku osvětlovací soustavy ani později v průběhu jejího provozu, nebylo legislativně ošetřeno umístění zařízení VO na těchto budovách a podmínky jeho provozu a údržby. Ze strany vlastníků některých budov byly postupně vznášeny požadavky na odstranění zařízení VO a nebylo možné se domluvit na podmínkách

údržby a oprav zařízení. Z tohoto důvodu byl investorem i provozovatelem před zadáním zpracování projektové dokumentace stavby vznesen požadavek na odstranění zařízení VO z budov a jeho nové umístění mimo budovy.

Důležitým aspektem zpracování projektové dokumentace byla skutečnost, že stavba je situována v památkové zóně Moravská Ostrava – veškeré práce i vzhled osvětlovací soustavy musely být provedeny v souladu s požadavky příslušného orgánu památkové péče.



Obr.1 Stávající VO na budovách – ul. Bankovní, pohled od ul. Puchmajerovy



Obr.2 Stávající VO na budovách – ul. Tyršova, pohled od ul. Čs legií směrem k ul. Bankovní

Na počátku zpracování projektové dokumentace tedy byli osloveni všichni vlastníci jednotlivých dotčených nemovitostí nebo jejich oprávnění zástupci a byly dojednány podmínky demontáže zařízení, způsob provedení demontáží, časové možnosti a způsoby provedení oprav budov a jejich fasád. Jednalo se o velmi zdlouhavý proces, byť počet řešených nemovitostí byl pouze 9, avšak některé nemovitosti měly i několik desítek vlastníků a přístup některých vlastníků nebo správců k jednáním byl zpočátku velmi vlažný.

Kromě běžně uplatňovaných zásad návrhu osvětlovacích soustav se návrh nové osvětlovací soustavy se musel vypořádat s několika úskalími:

- Vzhledem k umístění stavby v památkové zóně musel vzhled světelných míst, tj. stožárů i svítidel odpovídat požadavkům příslušného orgánu památkové péče. Pro tuto stavbu byl i s ohledem na návaznost na osvětlení realizované v jiných částech této památkové zóny požadován následující vzhled světelných míst:



Obr.3 Požadovaný vzhled světelných míst

- Stožáry VO musely být umístěny v chodnících – návrh bylo nutno přizpůsobit nejen světelně technickým výpočtům, ale i požadavkům na minimální průchozí šířky chodníků a požadavkům na bezbariérové užívání staveb v souladu s vyhláškou č. 398/2009 Sb., v platném znění.

- Vzhledem k umístění stožárů v chodnících v blízkosti budov muselo být řešeno omezení rušivých účinků osvětlení na přilehlé budovy, bylo tedy nutno použít optiky svítidel s omezením vyzařování světelného toku do prostoru za svítidlo (tzv. optika backlight), což bylo nutno zohlednit při světelně technických výpočtech.

- Trasy kabelových rozvodů musely být navrženy v celém rozsahu v chodnících a komunikacích se zpevněnými povrchy – kromě základních požadavků na způsob provedení výkopů a uložení kabelů měl vlastník dotčených komunikací specifické požadavky na provedení nadstandardního rozsahu oprav povrchů, což vedlo ke zvýšení ceny stavby.

- Ve stávajících chodnících a komunikacích se nachází velké množství inženýrských sítí. Vzhledem k velmi stísněným podmínkám bylo prakticky nemožné zařízení VO umístit mimo ochranná pásma těchto sítí. Bylo nutno jednat se správci jednotlivých sítí a individuálně pro každý případ dohodnout podmínky umístění zařízení v ochranných pásmech a způsob ochrany dotčené sítě. Největší počet kolizí byl s kanalizací a vodovodem, sdělovacím vedením a horkovodem. Z důvodů požadavků správců sítí byla navržena např. tato opatření – použití stožárů VO v přírubovém provedení, prohloubené založení základů stožárů pod niveletu příslušné sítě, ochrana cizí stě v požadované délce dělenou chráničkou nebo žlabem, dodatečná ochrana vedení VO kabelovým žlabem apod.

- S respektováním omezení vyplývajících z předchozích bodů bylo nutno umístění stožárů VO zvolit tak, aby nebyly umístěny ve vjezdech, před vchody, před okny budov a příliš blízko k budovám. Vzhledem k charakteru okolní zástavby představoval návrh umístění stožárů VO velice náročný úkon.

- Postup a způsob provedení prací musely být navrženy tak, aby nedošlo k přerušení ani podstatnému omezení dopravy na komunikacích.

- V těsné blízkosti se nachází stavbou křížený zadní přístup do budovy významné banky, postup prací musel být navržen s ohledem na požadavky banky a používaný způsob zajištění bezpečnosti a ostrahy.

- V některých úsecích stávajících chodníků se nacházejí vzrostlé stromy. Stožáry VO musely být situovány mimo dosah korun stromů, kabelové rozvody VO byly s ohledem na nemožnost jiného řešení a s ohledem na požadovanou ochranu kořenových systémů stromů navrženy k uložení bezvýkopovou technologií – protlaky.

S vynaložením maximálního úsilí se projektantovi nakonec podařilo skloubit veškeré výše uvedené požadavky a omezení se světelně technickým návrhem a se zásadami správného návrhu osvětlovací soustavy a po projednání se všemi příslušnými organizacemi, orgány a vlastníky bylo možno požádat o vydání územního rozhodnutí a po jeho vydání zpracovat dokumentaci ve stupni DPS.

3 Realizace

V roce 2022 byla stavba zařazena do investičního plánu statutárního města Ostravy a pro její realizaci byla ve veřejné soutěži vybrána firma Elspol elektro s.r.o., která má s realizací staveb obdobného charakteru dlouholeté zkušenosti.

Při realizaci stavby bylo nutno řešit několik neočekávaných problémů. U některých inženýrských sítí byla po vytyčení a zhotovení sond zjištěna prostorová poloha nebo hloubka uložení odlišná od podkladů správcem poskytnutých projektantovi stavby. Při provádění výkopů byl v některých místech zjištěn výskyt neočekávaných překážek – pozůstatků dřívější

stavební činnosti. Všechna problematická místa byla řešena na místě stavby v rámci pravidelných nebo mimořádných kontrolních dnů za účasti technického dozoru stavebníka, projektanta, zástupce investora stavby a správce příslušné sítě. Ve všech případech se podařilo najít všeobecně akceptovatelné řešení. Velmi dobře se zhotovitel stavby vypořádal i s velmi složitou situací na stavebním trhu v době realizace, kdy musel čelit nejen výraznému zvýšení cen materiálů, ale i omezené dostupnosti s prodlouženými termíny dodání. Doslova mravenčí práci musel zhotovitel stavby odvést při jednání s majiteli dotčených budov a provedení veškerých prací v souladu s jejich požadavky, které bylo zakončeno písemným předáním příslušných částí objektů vlastníkům.

Díky maximálnímu úsilí zhotovitele stavby tak mohlo být 20.9.2022 požádáno o kolaudační souhlas s užíváním stavby, který byl následně vydán příslušným stavebním úřadem.



Obr.4 Nové VO – ul. Tyršova



Obr.5 Nové VO – ul. Bankovní

4 Závěr

Na uvedeném příkladu stavby rekonstrukce VO je možno názorně ukázat, s jakými nástrahami a omezeními se můžeme setkat při přípravě a realizaci staveb v centrech měst. Ačkoliv se jedná o stavbu rozsahem malou, tak projekční příprava svým rozsahem a náročností může překonat i nákladově mnohem větší stavby. Je tedy evidentní, že pro odhad časové a finanční náročnosti zpracování projektové dokumentace stavby veřejného osvětlení nemůžeme vycházet pouze z rozsahu stavby a odhadovaných stavebních nákladů, ale je nutno zohlednit i místní podmínky, majetkoprávními vztahy, ochranu území a očekávatelná technická omezení. A pouze při plném respektování uvedených aspektů je možno zajistit zpracování kvalitní a v praxi použitelné projektové dokumentace odpovídající legislativním i technickým požadavkům.

Měření prahu viditelnosti flikru u žárovek s cílem aktualizace flikrmetru na LED

Jan Hergesel, Leoš Kukačka, Jakub Nečásek, Petr Bílek, Michal Vik, Technická univerzita v Liberci
Jiří Drápela, Vysoké učení technické v Brně
Jan Meyer, Robert Stiegler, Technische Universität Dresden

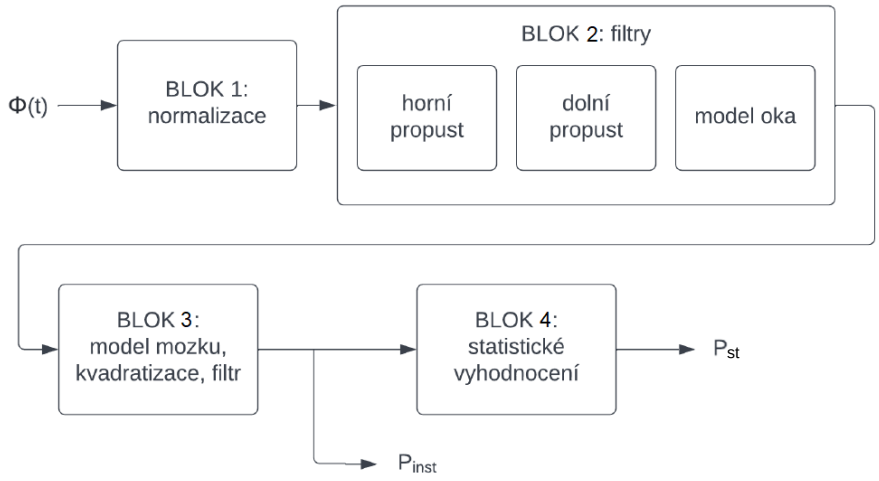
jan.hergesel@tul.cz, www.tul.cz

Světelný flikrmetr definovaný v IEC TR 61547-1 je algoritmus určený k vyhodnocení závažnosti blikání světelných zdrojů s ohledem na rušivost pro člověka. Světelný flikrmetr byl vytvořen na základě napěťového flikrmetru (ČSN EN 61000-4-15) vyvinutého pro klasické žárovky a vznikl odebráním modelu žárovky. Sám o sobě však nebyl nikdy verifikován na experimentech s lidskými pozorovateli.

V rámci snahy o aktualizaci algoritmu napěťového flikrmetru na podmínky moderních elektrických sítí a moderní LED světelné zdroje je nutné ověřit citlivostní křivku vjemu flikru při použití LED. Tento příspěvek popisuje připravený experiment pro měření prahu viditelnosti flikru u žárovek, aby jej bylo možné s LED porovnat. V příspěvku jsou představeny výsledky z provedených měření na figurantech a diskutován rozdíl při srovnání se staršími daty z měření využívajících LED. Je provedeno také porovnání s IEC světelným flikrmetrem.

1 Úvod

Flikr je jedním z častých nežádoucích jevů spojených se světelnými zdroji. Jedná se o blikání světelných zdrojů způsobené fluktuacemi napětí či samotnou realizací světelného zdroje a pro lidské oko je velmi rušivý. Může způsobovat problémy se soustředěním nebo až bolesti hlavy. [1, 2]



Obr.1 Schéma algoritmu světelného flikrmetru

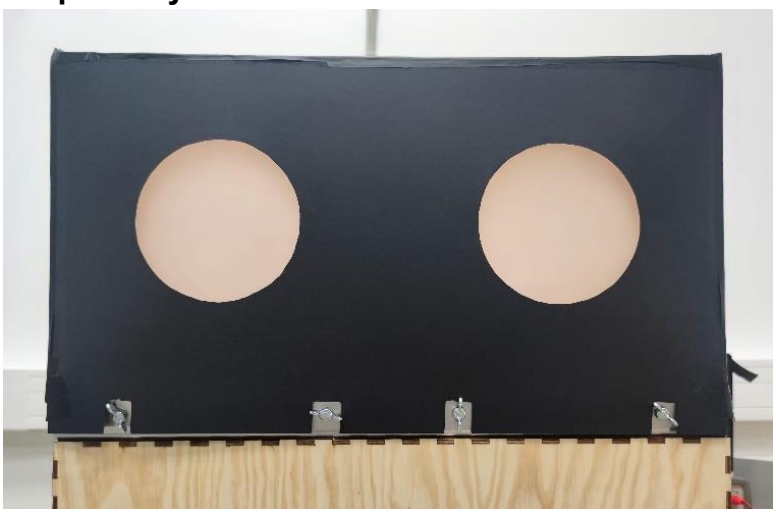
Přístroj pro měření rušivosti flikru se nazývá flikrmetr. Existuje napěťový a světelný flikrmetr. Napěťový flikrmetr [3] je algoritmus, který na naměřeném síťovém napětí simuluje odezvu řetězce „žárovka – oko – mozek“. Výhoda světelného flikrmetru oproti napěťovému spočívá v měření flikru přímo ze světelného toku. Díky tomu je eliminována závislost na druhu

světelného zdroje, který blikání způsobuje. Na druhou stranu nevýhodou světelného flikrmetru je, že kvůli zjednodušení funkce lidského zraku a práci s předdefinovaným pozorovatelem jej lze většinou použít jen pro srovnávací účely. K vyhodnocení flikru světelným flikrmetrem se používá parametr P_{st}^{LM}, který označuje měření krátkodobé světelné modulace. [4, 5]

Původní flikrmetr byl vyvinut pro klasické žárovky, které bývaly typickým zdrojem vnitřního osvětlení. Dnes jsou však už mnoho let na ústupu a typickým zdrojem osvětlení se stávají LED světelné zdroje. [6] Tyto zdroje mají oproti žárovkám odlišné vlastnosti, včetně rozdílných spekter. A právě s tím přichází i otázka, zda se u těchto dvou světelných zdrojů nebude lišit i vjem flikru ze strany lidského oka.

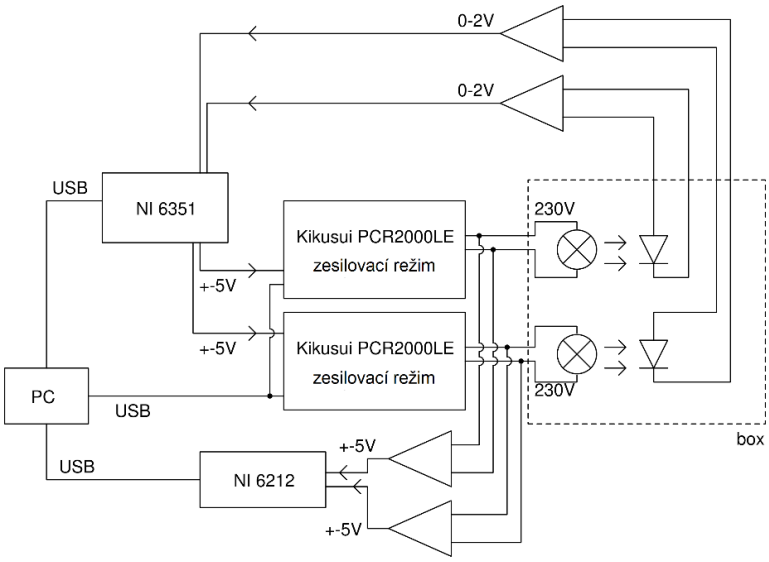
Tento článek je součástí projektu, který má za cíl aktualizovat algoritmus flikrmetru, aby jej šlo aplikovat právě na LED. Za tímto účelem byl připraven experiment na měření prahu viditelnosti flikru u figurantů s využitím žárovek, aby mohl být vjem flikru u žárovek porovnán s dříve naměřenými daty vjemu flikru při použití LED. [7] V rámci toho bylo potřeba připravit vhodné podmínky pro experiment, vytvořit programy pro řízení laboratorního vybavení a provést potřebné kalibrace.

2 Popis měřicí aparatury



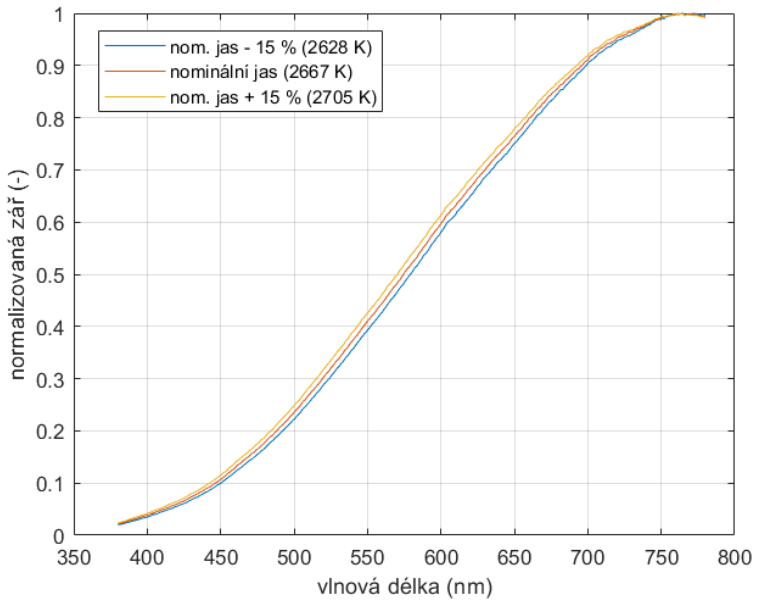
Obr.2 Světelný box

Pro experiment byl vytvořen speciální světelný box (Obr.2). Box se skládá ze dvou segmentů, každý o rozměru 25 cm x 25 cm x 25 cm. V každém je umístěna klasická 60W 230V žárovka s dvojitě vinutým vláknem, na kterou je přiváděn specifický napěťový průběh. Box je z přední strany překryt maskou vytvořenou z černého kartonu s kruhovými výřezy o průměru 12 cm na středu každého segmentu. V segmentech se nachází také fotodiody, díky kterým lze pozorovat a zaznamenávat průběhy světelných toků. K tomu je využito multifunkční měřicí zařízení NI USB-6351. K přivádění průběhů do žárovek slouží dva laboratorní zdroje Kikusui PCR2000LE, každý pro jeden segment. Pro napájení žárovek byly testovány dvě varianty, Kikusui jako zdroj a Kikusui jako zesilovač. Měření z fotodiod ukázala, že varianta Kikusui v zesilovacím režimu dokáže generovat jemnější modulace a je proto pro experiment vhodnější. Kikusui jsou tak použity pouze pro zesilování průběhů signálů z NI 6351. Do boxu je zavedeno také chlazení vzduchem, aby nedocházelo k přehřívání. Schéma zapojení je na Obr.3.



Obr.3 Schéma zapojení světelného boxu

Bylo potřeba zajistit, aby jas pozorovací plošky v každém segmentu při napájení žárovek 230 V odpovídal jasu při předchozích laboratorních měřeních, tedy 85 cd/m^2. Dále celá plocha výřezu musela být co nejvíce homogenní a zároveň musela co nejméně ovlivňovat spektrum žárovky. Za tímto účelem bylo testováno několik stínících materiálů. Testovalo se, jak jednotlivé materiály ovlivňují jas, teplotu chromatičnosti a samotné spektrum. Spektra byla vždy změřena pomocí SpectraScanu PR-740 a uložena do souboru, aby následně mohla být vybrána nejvhodnější kombinace. Výsledná sestava se skládá z jemné drátěné mřížky, bílé netkané textilie a pískovaného skla. Do segmentů byla přidána také stínítka. Kombinace tak tvoří vhodnou pozorovací plošku, jež je osvětlována žárovkou v daném segmentu. V Obr.4 jsou zobrazena spektra žárovky naměřená na pozorovací plošce. Lze vidět rozdíl při jasu 75 cd/m^2 a při jasu sníženém a zvýšeném o 15 %.



Obr.4 Spektra naměřená na pozorovací plošce osvětlené žárovkou

3 Popis měřicí procedury

Pro řízení experimentu byl vytvořen řídicí program v jazyce C#. Na jeden světelný segment v boxu je přiveden modulovaný průběh DC napětí, kterým je vytvořeno blikání o dané frekvenci a amplitudě. Na druhý segment je přivedeno konstantní napětí, kterým je zajištěno stálé světlo. Blikající segment je volen vždy náhodně. Figurant má v zatemněné místnosti za úkol vybrat pomocí šipek na klávesnici před sebou, který terčík bliká. Na základě správnosti odpovědi je doporučena nová, vyšší či nižší, hodnota modulační amplitudy. Opakováním výše zmíněného postupu je nakonec získán práh viditelnosti flikru figuranta pro danou frekvenci.

Existují různé způsoby, jak volit vhodnou hodnotu amplitudy v jednotlivých pokusech. V rámci tohoto experimentu byl k navrhování hodnot amplitudy použit algoritmus Quest z Psychtoolboxu 3 pro MATLAB. Algoritmus pracuje s hustotou pravděpodobnosti pro odhad prahu viditelnosti, která je aktualizována na základě odpovědi figuranta v každém pokusu. Následně je pomocí hustoty pravděpodobnosti nalezena amplituda pro následující pokus. Tento postup může být opakován bez omezení. Malý počet opakování by však mohl vést k méně přesným výsledkům. V našem případě je každý podnět zobrazen 25-krát. Výsledkem postupu algoritmu je pak celá hustota pravděpodobnosti. [8]

U každého pokusu je nejprve v PC napočítán celý průběh modulovaného signálu s Questem doporučenou hodnotou amplitudy. Délka signálu se určí dle testované frekvence. Signál vychází z rovnice sinusové modulace jasu, definované jako

$$L(t) = L_0(1 + a_m \sin(2\pi f_m t)) , \quad (1)$$

kde L_0 je střední hodnota jasu, a_m relativní amplituda modulace, f_m frekvence modulace a t čas. Vygenerovaný signál je v boxu promítán opakovaně bez omezení délky trvání.

Vzhledem k nelineárnímu charakteru žárovky sinusová modulace napětí nevede k sinusové modulaci světelného toku. Pro řízení experimentu přímo modulací světelného toku, které je nezbytné pro srovnání s totožným experimentem provedeným na LED a se světelným flikrmetrem, bylo však potřeba zajistit, aby modulace světla co nejvíce odpovídala sinusovému průběhu o požadované intenzitě. V řídicím programu je to řešeno několika způsoby korekce, která je na signál ještě před nahráním do NI 6351 aplikována. Prvním způsobem je tzv. faktor zesílení (gain factor), tj. podíl mezi modulací napájecího napětí a výslednou modulací světelného toku. Faktor zesílení je naměřen zvlášť pro každou frekvenci a každou žárovku. Za tímto účelem byly zaznamenány průběhy signálů při jednotlivých frekvencích s fixní 2% modulací. Z průběhů byly pomocí Fourierovy transformace získány reálné hodnoty amplitud, které byly vyděleny cílenou modulací, tedy 2 %. Hodnoty faktoru zesílení jsou zapsány ve vyhledávacích tabulkách a během experimentu se vždy podle frekvence najde odpovídající hodnota pro korekci. Při výměně žárovky je potřeba faktor zesílení změřit znovu. Pro případy větších modulací, kde nebylo kvůli nelineární odezvě žárovek vhodné korekci faktorem zesílení aplikovat, je využita speciální transformace získaná regresí statické charakteristiky žárovky mezi napětím a světelným tokem.

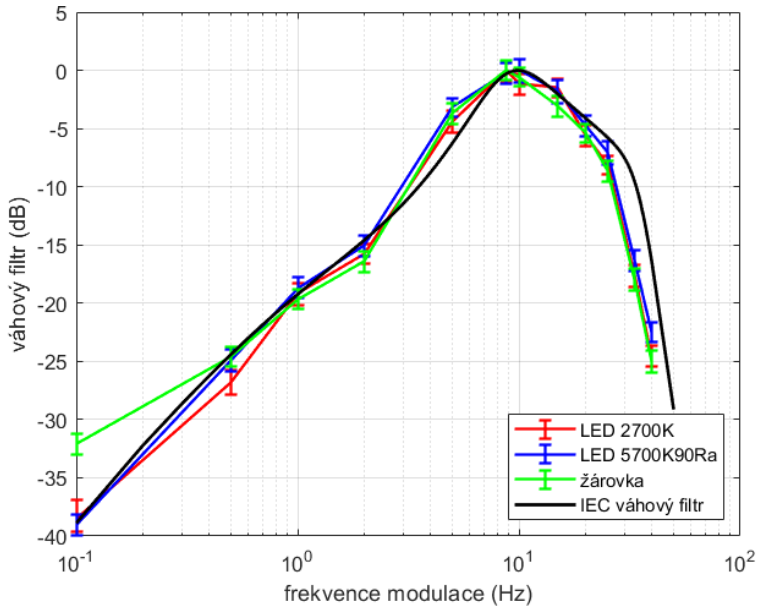
Po aplikaci korekce je signál po částech nahráván do NI 6351 a zesílený pomocí Kikusui posílán do světelného boxu. U každého pokusu je dále naměřen průběh signálu pomocí fotodiod, z nějž je pomocí DTFT vypočtena reálně dosažená modulace, která se od žádané hodnoty může lišit až o jednotky procentních bodů. Reálná modulace je pak předávána Questu namísto žádané hodnoty, a tak dále využita pro doporučení dalších hodnot.

V rámci experimentu jsou prováděna dvě měření. V prvním je testováno celkem 9 frekvencí, konkrétně 2; 5; 8,8; 10; 15; 20; 25; $33\frac{1}{3}$ a 40 Hz. V druhém měření pak 0,1; 0,5 a 1 Hz. První sada frekvencí, tedy ty rychlejší, je od druhé sady oddělena proto, aby figurant tušil, jak rychlé blikání má vlastně pozorovat. Pro každou frekvenci je prováděno 25 pokusů. Pomocí flikrmetru byly spočteny počáteční odhady pro jednotlivé frekvence tak, aby počáteční odhad odpovídal P_{st}^{LM}=1,5, které jsou předávány Questu a odvíjí se od nich prvotní doporučené amplitudy.

Vzhledem k délce experimentu, který trvá okolo jedné hodiny, se může u figurantů časem projevit únava. Aby byla únava rovnoměrně rozložena na průběh měření, frekvence se náhodně střídají. Pro snížení únavy je po každých 50 pokusech také provedena dvouminutová pauza. Výsledky i potřebné informace o průběhu měření jsou ukládány do souboru k následnému vyhodnocení.

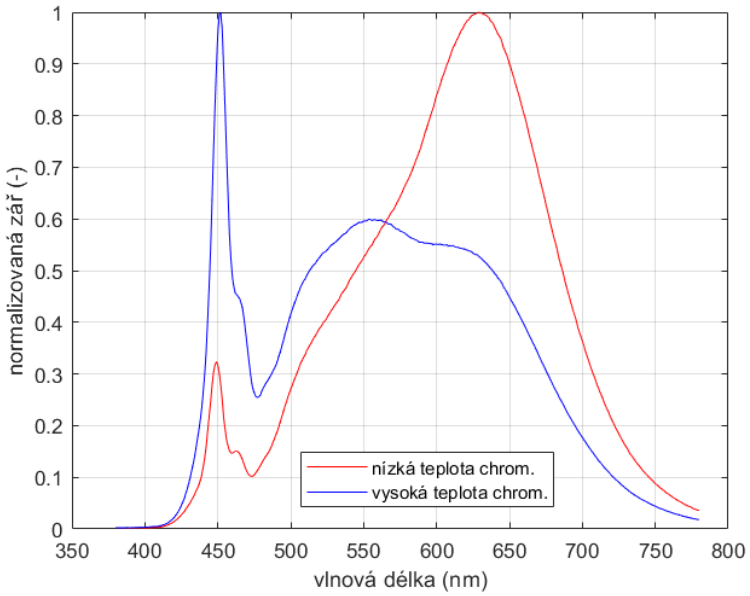
4 Výsledky a diskuze

V rámci práce bylo testováno 33 figurantů ve věku od 23 do 65 let s mírně vyšším zastoupením mužů oproti ženám. Z výsledků měření jednotlivých figurantů byly stanoveny prahy vjemu flikru pro jednotlivé frekvence. Výsledky byly následně srovnány s dříve naměřenými daty z identického experimentu využívajícího LED a s váhovým filtrem standardizovaného světelného flikrmetru.



Obr.5 Srovnání váhového filtru u žárovek s LED a IEC flikrmetrem

Z výsledků (Obr.5) je patrné, že tvar křivky vytvořené z prahů viditelnosti flikru se u žárovek liší od starších dat naměřených s využitím LED. Velký rozdíl lze pozorovat u nízkých frekvencí, konkrétně u 0,1 a 0,5 Hz. Z výsledků lze usuzovat, že mozek zde vnímá flikr výrazně lépe u žárovek než u LED diod, což je pravděpodobně způsobeno změnou spektra, která u žárovky nutně doprovází změnu světelného toku. Spektra naměřená u experimentu pracujícím s LED lze vidět v Obr.6. Na druhou stranu, takto vysoké modulace nejsou v běžném provozu realistické. Obdobný rozdíl ve tvaru je vidět i při srovnání s váhovým filtrem z normy [4].



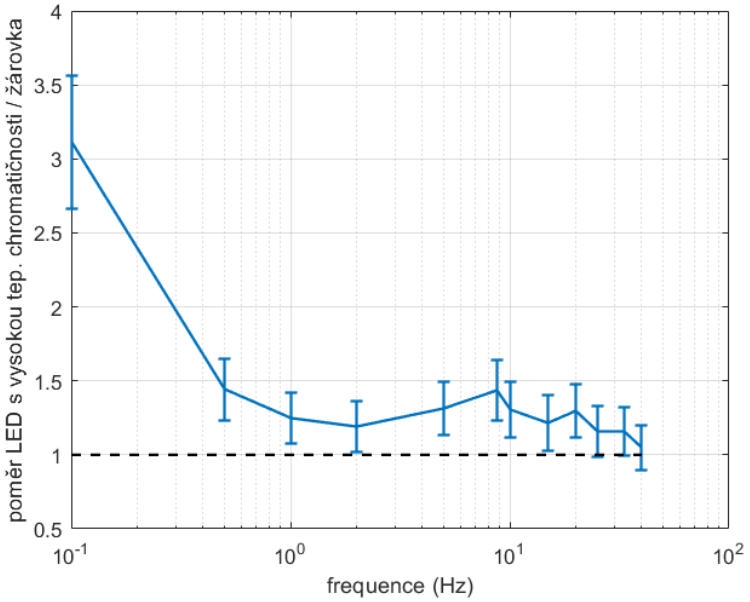
Obr.6 Spektra LED

Spektra LED se, na rozdíl od žárovek, výrazně nemění při změně proudu a tím i jasu. V grafu (Obr.6) se tak překrývají. Teploty chromatičnosti se sice mohou měnit, avšak změna je nevýrazná. Srovnání lze vidět v Tab.1.

LED	**jas - 15 %**	**nominální jas**	**jas + 15 %**
nízká teplota chromatičnosti	2553 K	2554 K	2555 K
vysoká teplota chromatičnosti	4691 K	4691 K	4697 K

Tab.1 Srovnání teplot chromatičnosti u LED

Při bližším porovnání dat experimentu s žárovkou a experimentu s LED s vysokou teplotou chromatičnosti (Obr.7) je dále vidět významný rozdíl i u všech ostatních frekvencí menších než 40 Hz, a i zde tedy člověk vnímá flikr více u žárovek.



Obr.7 Srovnání prahu viditelnosti flikru u žárovky s LED s vysokou teplotou chromatičnosti

5 Závěr

Příspěvek se věnuje měření prahu viditelnosti flikru u žárovek. Součástí experimentu je pro tyto účely speciálně vytvořený světelný box se dvěma kruhovými výřezy a řídicí program včetně provedených kalibrací. Na jeden segment je přiveden modulovaný průběh napětí, který simuluje blikání, zatímco na druhém je stálé světlo. Figurant určuje, který segment vidí blikat a podle správnosti odpovědi je zvolena následná hodnota. Opakováním tohoto postupu je nalezen práh viditelnosti flikru pro danou frekvenci.

V rámci přípravy experimentu vycházel největší problém z požadavku nalezení dvou žárovek s totožnými vlastnostmi. I přes stejné uvedené parametry od výrobce se jednotlivé žárovky často lišily výkonem či teplotou chromatičnosti, nebo trpěly spontánními fluktuacemi světelného toku způsobenými chvěním vlákna. Podařilo se ale najít vhodnou kombinaci žárovek a materiálů takovou, že výsledek splňuje náročná očekávání.

Měření podstoupilo 33 figurantů. Data byla srovnána s totožným experimentem využívajícím LED a se světelným flikrmetrem. Z výsledků vyplývá, že u frekvencí nižších než 1 Hz se prahy viditelnosti flikru výrazně liší u LED oproti žárovkám. Lidský mozek tu u žárovek vnímá flikr o nižší intenzitě. Při srovnání s LED s vysokou teplotou chromatičnosti se navíc ukázalo, že znatelný rozdíl lze pozorovat i u ostatních frekvencí menších než 40 Hz. Při srovnání s váhovým filtrem IEC flikrmetru se ukázalo, že filtr nebere v potaz změnu spektra. U nižších frekvencí filtr odpovídá datům naměřených na experimentu s LED, u vyšších frekvencí se však všechna data s filtrem rozcházejí.

6 Poděkování

Autoři by rádi poděkovali za podporu projektu Weave č. 22-10074K (GACR) a ME 5391 (DFG) „New Algorithms for the Evaluation of Flicker in the Context of Modern Electricity Grids“.

Dále autoři děkují všem figurantům, kteří byli ochotni se měření účastnit a bez kterých by projekt nebyl uskutečnitelný.

Literatura a odkazy

[1] Cai, R. (2009). *Flicker interaction studies and flickermeter improvement.* [Phd Thesis 1 (Research TU/e / Graduation TU/e), Electrical Engineering]. Technische Universiteit Eindhoven. https://doi.org/10.6100/IR642869

[2] DRÁPELA, Jiří. *Blikání světelných zdrojů způsobené meziharmonickými složkami napětí* [online]. 2009. Habilitační práce. ISBN 978-80-214-4007-4. Dostupné z: https://www.vut.cz/vutium/spisy?action=ukazka&id=1314&publikace_id=14208

[3] ČSN EN 61000-4-15 ed. 2:2011. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-15: Zkušební a měřicí technika - Flikrmetr - Specifikace funkce a dimenzování.

[4] IEC TR 61547-1 ed.3:2020. Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements - Part 1: Objective light flickermeter and voltage fluctuation immunity test method.

[5] DRAPELA, Jiri a Jan SLEZINGR. A Light-flickermeter–Part I: Design. In: *Proceedings of the 11th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2010, EPE 2010*. 2010.

[6] K.Lane et al., Lighting, International Energy Association, Paris, 2022 https://www.iea.org/reports/lighting, License: CC BY 4.0

[7] KUKAČKA, Leoš, Jan HERGESEL, Jakub NEČÁSEK, Petr BÍLEK, Michal VIK, Jan MEYER, Robert STIEGLER a Jiří DRÁPELA. Comparison of Procedures for Measuring the Temporal Contrast Sensitivity Function. In: *2023 IEEE Sustainable Smart Lighting World Conference & Expo (LS18)* [online]. 2023, s. 1–6 [vid. 2023-08-21]. ISBN 979-8-3503-4699-2. Dostupné z: doi:10.1109/LS1858153.2023.10170649

[8] QuestDemo. *Psychtoolbox-3* [online]. [vid. 2023-09-05]. Dostupné z: http://psychtoolbox.org/docs/QuestDemo

Plnospektrální prokognitivní osvětlení – v interiéru jako pod širým nebem

Daniel Jesenský, PhD., Msc.,MBA. – Spectrasol, daniel.jesensky@spectrasol.cz, www.spectrasol.cz

Abstrakt: Světlo má enormní, krátkodobý i dlouhodobý vliv na naše zdraví, výkonnost, psychiku a kvalitu spánku. Proto je potřeba dbát v interiérech na nevizuální vlastnosti osvětlení, pro které moderní LED technologie přináší skvělé možnosti a schopnosti napodobit přirozené sluneční světlo s kýženými přínosy pro organizmus.

1 Světlo a jeho nezastupitelná role v našich životech

Lidský organismus je přímo závislý na střídání světla a tmy. Ve dne jsme připraveni na aktivitu, za noci se ukládáme k regeneraci. V současnosti však na přirozeném denním světle trávíme jen zlomek svého času, většinu dne pobýváme pod umělým osvětlením, ať už v učebně, kanceláři, výrobě, obchodě, ordinaci, sportovišti a dalších interiérech. Osm hodin pod nekvalitním osvětlením škodí organismu, nejen jeho výkonu a vitalitě, ale i dlouhodobému zdraví [1].

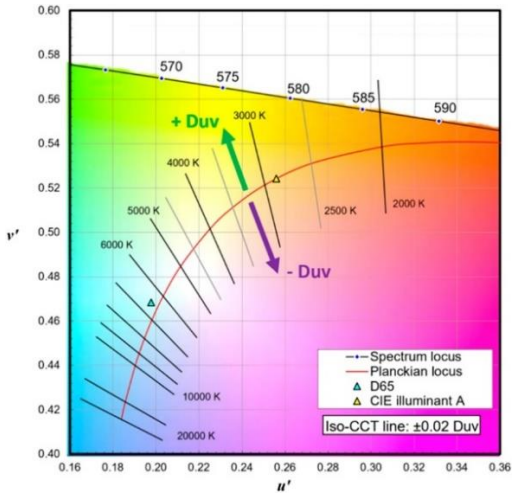
1.1 Cirkadiánní rytmy

Fungování lidského organismu je řízeno tzv. cirkadiánními rytmy, jež jsou prostřednictvím nevizuálního systému oka (NIF), tzv. retinohypothalamického traktu (RHT)synchronizovány slunečním zářením, resp. jeho spektrálním složením v azurové oblasti (460─500 nm). Světlo v tomto rozsahu s maximem při 480 nm [2] je absorbováno fotopigmentem melanopsinem ve vnitřně senzitivních gangliových buňkách sítnice (ipRGCs). Tento světelný signál je dále přenášen optickým nervem až do suprachiasmatického jádra (SCN), umístěného v hypothalamu, které řídí cirkadiánní rytmy. Azurové vlnové délky v průběhu dne podněcují tvorbu hormonu serotonin a aktivují a řídí v lidském těle biologické procesy, které mimo jiné ovlivňují kognitivní funkce mozku, jako bdělost a koncentraci, paměť a výkonnost. Významně ovlivňují také emoční naladění a psychickou i fyzickou odolnost a vitalitu [3]. Se západem slunce tyto krátké vlnové délky včetně modrých a zelených ubývají. Jejich absence dává organismu signál k odpočinku, resp. k tvorbě a distribuci hormonu melatonin, který působí jako „vyslanec“ centrálních hodin a podmiňuje kvalitu spánku [3]–[7]. Startuje ve všech tkáních a orgánech regeneraci a reparaci buněk a očistu paměti a působí jako nejsilnější antioxidant v lidském těle (i v porovnání s glutathionem a vitaminem E) a chrání tak buňky před oxidačním stresem a volnými radikály [8]. Dále á protizánětlivé i protinádorové funkce[1], [4], [9], [10].

Právě v souvislosti se správnou tvorbou a funkcemi zmíněných hormonů lidé, kteří pracují, učí se, respektive podávají jakýkoli duševní, nebo fyzický výkon pod přirozeným slunečním světlem či při elektrickém osvětlení se mu podobajícímu, dosahují lepších výsledků a také jsou lépe naladění a celkově vitálnější. Naopak tam, kde se dlouhodobě pobývá pod nekvalitním osvětlením, bdělost, výkonnost i nálada klesá, a to je právě způsobeno narušením cirkadiánních rytmů člověka

2 Human Centric Lighting (Tunable White) a jeho výzvy

Nacházíme se v nové éře HCL díky revolučním poznatkům chronobiologie. Dosud docházelo pouze ke změnám náhradní teploty chromatičnosti (CCT) a případně intenzity osvětlení v aktivní části dne [4]. Samotné CCT ale neříká nic o tom, jak vypadá spektrální průběh daného světelného zdroje (SPD). Jde o jednodimenzionální redukci SPD, která sama o sobě nedokáže spolehlivě předpovědět biologickou účinnost osvětlení závislou právě na spektrálním průběhu a jeho načasování, proto je i z hlediska přenositelnosti výsledků a závěrů studií do praxe důležité uvádět ideálně SPD, nebo případně CCT v kombinaci se vzdáleností souřadnic chromatičnosti daného světelného zdroje (D_{uv}) od nejbližšího bodu na čáře teplotních zářičů Svítidla s různým spektrálním složením mohou mít totiž totožnou CCT na základě její definice, jak lze vidět na diagramu chromatičnosti (kolorimetrický trojúhelník), viz Obr. 1. Ve dne organismus potřebuje jasné bílé světlo s vyrovnaným spektrálním průběhem, nikoli tlumené či teplé světlo nebo světlo s propady především v melanopické oblasti (viz Obr. 2). Světlo slunce a LED sice mají na Obr. 2 shodnou CCT, ale zcela jiné SPD, a tím i zcela odlišné dopady na organismus [11]–[14].



Obr. 1 Výřez z diagramu chromatičnosti. Přímky znázorňují konstantní hodnoty CCT. Čára teplotních zářičů (Planckian locus), červená křivka, představuje souřadnice chromatičnosti záření černého tělesa při různých teplotách. D_{uv} je vzdálenost souřadnic chromatičnosti daného zdroje od nejbližšího bodu na čáře teplotních zářičů. Obrázek byl převzat ze studie [12].

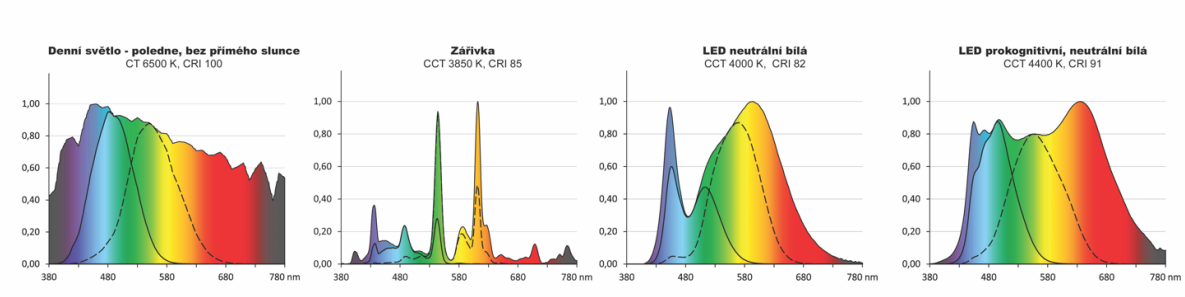


Obr. 2 HCL založený na Tunable White světelných zdrojích.

2.1 Světelné zdroje

Elektrické osvětlení, které je svými vlastnostmi, především spektrálním složením, většinou vzdálené od světla přirozeného (viz Obr. 3 níže), má proto na člověka negativní vliv. Podle vědeckých studií zhoršuje produktivitu (o 5–16 %), potěšení z práce a celkovou náladu [15].

Ke snížení negativních dopadů mohou přispět moderní světelné zdroje, které se svým spektrálním složením a dalšími vlastnostmi přibližují světlu v přírodě. Tam, kam neproudí dostatek slunečního světla, pomůže biologicky optimalizované plnospektrální osvětlení, které se ve světě prosazuje jako jeden z klíčových trendů v osvětlování prostor pro denní činnost, jak jednoznačně potvrdil také poslední největší evropský veletrh v oblasti osvětlování Light&Building ve Frankfurtu nad Mohanem. Skvělým řešením jsou plnospektrální prokognitivní světelné zdroje, které se vyznačují skutečně rovnoměrným zastoupením všech barev a vlnových délek ve viditelné části spektra bez divergencí ve srovnání s přirozeným slunečním světlem [10]. Zároveň v prostoru musí být toto světlo optimálně distribuováno. Poskytuje tak krom nejvyššího vizuálního komfortu především potřebnou biologickou účinnost bez negativních vlivů na organismus [11]. Srovnání vizuální i nevizuální (biologické) účinnosti světelných zdrojů ilustruje obrázek níže.



Obr. 3 Srovnání spektrální složení a biologické (plná křivka) a vizuální (čárkovaná křivka) účinnosti denního světla, zářivky, běžné bílé LED a plnospektrálního prokognitivního LED osvětlení, zdroj: Lenka Maierová, ČVUT UCEEB.

3 Plnospektrální osvětlení

3.1 Světlo jako slunce

Kvalitní plnospektrální osvětlení přináší do interiérů budov, ve kterých se vykonává denní činnost právě takové světlo, které je v exteriéru přibližně 1 hodinu od východu a 1 hodinu před západem slunce. Jeho spektrální složení, které je klíčové pro synchronizaci cirkadiánních rytmů, musí být ve viditelné části světelného spektra nejpodobnější dennímu slunečnímu záření. Především také proto, že všechny účinky světla na organismus nebyly ještě prozkoumány a jakékoli divergence umělého osvětlení ve srovnání s přirozeným světlem v interiéru pro dlouhodobý pobyt uživatelů nejsou žádoucí pro zamezení případným dosud nepoznaným, nebo detailněji neprozkoumaným negativním efektům.

3.2 S radostí do práce

Výzkum dlouhodobě a jednoznačně potvrzuje, že přirozené denní světlo má pozitivní vliv na akutní bdělost, pracovní výkon, pozornost a paměťové funkce, chybovost, náladu i chování, rovněž na kvalitu spánku a celkové zdraví člověka [10]. Tyto pozitivní dopady měla i instalace plnospektrálního prokognitivního osvětlení do pražských gymnázií v rámci experimentálního

výzkumu Českého vysokého učení technického. Došlo k výraznému zlepšení studijních výsledků a snížení počtu pozdních příchodů [16]. Další z experimentů s komplexním biodynamickým osvětlením s integrací prokognitivních světelných zdrojů byl realizován Národním ústavem duševního zdraví ČR v domově seniorů, a kromě zlepšení kognitivních funkcí klientů se výrazně zlepšila jejich amplituda tvorby melatoninu, snížila se noční a zvýšila denní aktivita [17]. V neposlední řadě aplikace zlepšují vztahy v organizacích, zatraktivňují pracovní prostředí a podporují jeho bezpečnost. Kvalitní plnospektrální osvětlení je přínosné aplikovat do všech interiérů budov, kde probíhá denní duševní, nebo fyzická činnost, např. v oblastech administrativy a výroby, vzdělávání, zdravotnictví a sociálních služeb, v bezpečnosti a obraně atp.



Obr. 4 Příklady aplikací prokognitivního plnospektrálního osvětlení.

Naopak nevhodné osvětlení pracovního, nebo studijního prostředí může mít negativní vliv nejen na pracovní výsledky, ale také na psychickou a fyzickou kondici. Organizace si tyto faktory uvědomují a poptávka po moderních plnospektrálních světelných zdrojích, které zlepšují kognitivní funkce, subjektivní spokojenost, vizuální komfort a celkové zdraví a vitalitu

uživatelů, stále stoupá. Oproti běžným LED, které se vyznačují nevyrovnaným spektrálním složením, především propadem v cirkadiánní/melanopické azurové oblasti, a tudíž s mizivou kýženou biologickou účinností s výše popsanými praktickými benefity pro člověka i organizace.

3.3 Míchání LED chipů a single luminophor technologie

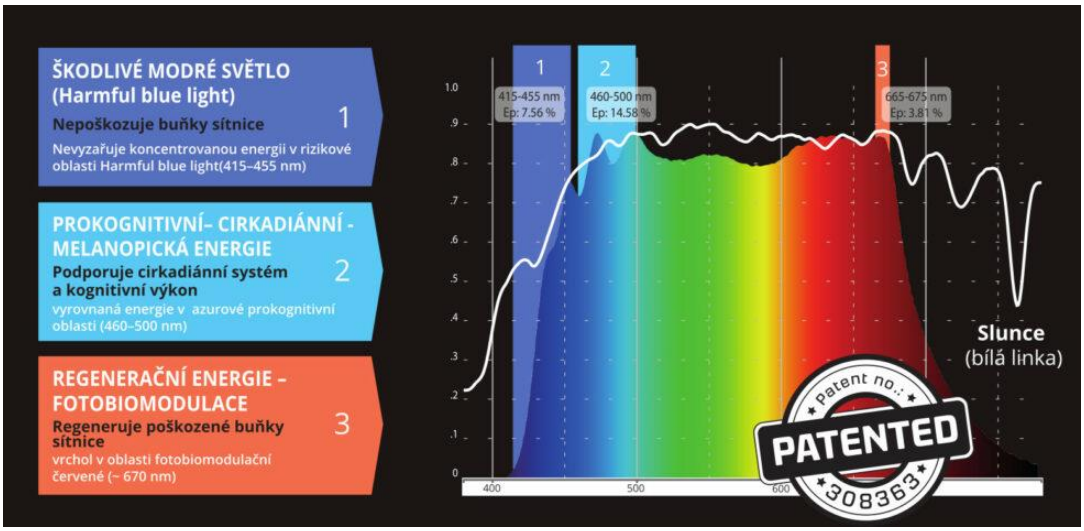
Plného spektra elektrického světla lze dosáhnout buď mícháním několika standardních LED chipů různých barev, nebo single LED luminophor technologii. Po vzoru slunce ve viditelné části spektra je třeba vyváženého zastoupení všech vlnových délek v rozsahu 450─670 nm včetně plného vyzařování v tzv. melanopické azurové oblasti (460─500 nm), která je klíčová pro správné fungování cirkadiánního rytmu organismu, jak bylo zmíněné v úvodu [10], [11]. Pro ukotvení cirkadiánního rytmu a správnou funkci klíčových hormonů: serotonin a melatoninje proto důležité, aby náš mozek dostával ze spektrálního složení světla signály: „je den“ nebo „je noc“ a dle toho řídil vnitřní procesy v tělesných orgánech. Proto spektrální průběh denního osvětlení musí obsahovat aktivující azurové vlnové délky, které by naopak v noci neměly být přítomné, aby nenarušovaly regeneraci a reparaci organismu během spánku [15], [18].

Fotobiomodulační červená energie

Mezi další specifické vlastnosti funkčního plnospektrálního elektrického osvětlení patří po vzoru slunce vyrovnaná intenzita v červené fotobiomodulační oblasti, včetně 670 nm, která dle průběžně přibývajících výzkumů působí mimo jiné jako kompenzační faktor před riziky škodlivého modrého světla pro oči uživatelů. Fotobiomodulace je děj, při kterém dochází k podpoře funkcí mitochondrií [19]–[22]. Jsou-li funkce mitochondrií výrazně omezeny, může buňka spustit programovanou buněčnou smrt (apoptóza). Sítnice oka má nejvyšší hustotu mitochondrií v lidském těle, a proto je jejich funkce z pohledu fungování vizuálního i nevizuálního systému oka naprosto klíčová [23]. V řadě studií [19], [24] již bylo prokázáno, že světlo o vlnové délce 670 nm výrazně snižuje rychlost úbytku fotoreceptorů, a tím pádem chrání funkce zraku nejen vůči modrému světlu, ale i před dopady stárnutí.

Škodlivé modré světlo

V neposlední řadě je žádoucí, aby elektrické osvětlení v interiéru nevyzařovalo koncentrovanou energii v pásmu 415─455 nm tzv. škodlivého modrého světla (HBL, Harmful Blue Light), která dle přibývajících výzkumů při dlouhodobém užívání i při nízkých intenzitách představuje riziko poškozování fotoreceptorů a pigmentových buněk epitelu sítnice (RPE) [20], [21], [25]–[27]. Tyto efekty byly v roce 2021 prokázány také například experimentem ve vědecko-výzkumném centru BIOCEV [28]. I tyto výsledky potvrdily důležitost vyrovnaného spektrálního průběhu (SPD) svítidel po vzoru slunce bez přebytečných energií v krátkých modrých vlnových délkách a s dostatečnou energií v dlouhých červených vlnových délkách.



Obr. 5 Příklad plnospektrálního prokognitivního osvětlení s označením výše popsaných klíčových oblastí.

Osvětlení je jedním ze základních kamenů při vytváření podnětného a komfortního pracovního prostředí a dnes skýtá díky novým znalostem chronobiologie a dalších vědních a medicínských oborů a moderním LED technologiím výrazný potenciál pro zlepšení prostředí v interiérech a činností a plynoucích výsledků organizací.

Plnospektrální zdroje světla kopírující přirozené denní sluneční světlo jsou v rámci moderního pojetí HCL ideálním řešením pro elektrické osvětlení využívané pro denní pobyt v interiérech pro zachování zdraví a podporu nejen pracovní vitality a naladění uživatelů.

Literatura a odkazy

[1] M. Knoop *et al.*, „Daylight: What makes the difference?", *Light. Res. Technol.*, roč. 52, č. 3, s. 423–442, kvě. 2020

[2] H. J. Bailes a R. J. Lucas, „Human melanopsin forms a pigment maximally sensitive to blue light ($\lambda_{max} \approx 479$ nm) supporting activation of $G_{q/11}$ and $G_{i/o}$ signalling cascades", *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, roč. 280, č. 1759, s. 20122987, kvě. 2013

[3] S. T. Kent, L. A. McClure, W. L. Crosson, D. K. Arnett, V. G. Wadley, a N. Sathiakumar, „Effect of sunlight exposure on cognitive function among depressed and non-depressed participants: a REGARDS cross-sectional study", *Environ. Health*, roč. 8, č. 1, s. 34, čvc. 2009

[4] C. Blume, C. Garbazza, a M. Spitschan, „Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood", *Somnologie*, roč. 23, č. 3, s. 147–156, 2019

[5] A. Alkozei, R. Smith, N. S. Dailey, S. Bajaj, a W. D. S. Killgore, „Acute exposure to blue wavelength light during memory consolidation improves verbal memory performance", *PLOS ONE*, roč. 12, č. 9, s. e0184884, zář. 2017

[6] A. Alkozei *et al.*, „Exposure to Blue Light Increases Subsequent Functional Activation of the Prefrontal Cortex During Performance of a Working Memory Task", *Sleep*, roč. 39, č. 9, s. 1671–1680, zář. 2016

[7] W. D. S. Killgore, J. R. Vanuk, B. R. Shane, M. Weber, a S. Bajaj, „A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of blue wavelength light exposure on sleep and recovery of brain structure, function, and cognition following mild traumatic brain injury", *Neurobiol. Dis.*, roč. 134, s. 104679, úno. 2020

[8] D.-X. Tan, L. Manchester, E. Esteban Zubero, Z. Zhou, a R. Reiter, „Melatonin as a Potent and Inducible Endogenous Antioxidant: Synthesis and Metabolism", *Mol. Basel Switz.*, roč. 20, s. 18886–18906, říj. 2015

[9] A. A. Shafi a K. E. Knudsen, „Cancer and the Circadian Clock", *Cancer Res.*, roč. 79, č. 15, s. 3806–3814, srp. 2019

[10] T. M. Brown *et al.*, „Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults", *PLOS Biol.*, roč. 20, č. 3, s. e3001571, podzim 2022

[11] K. Houser a T. Esposito, „Human-Centric Lighting: Foundational Considerations and a Five-Step Design Process", *Front. Neurol.*, roč. 12, s. 630553, led. 2021

[12] D. Durmus, „Correlated color temperature: Use and limitations", *Light. Res. Technol.*, roč. 54, č. 4, s. 363–375, čer. 2022

[13] T. Esposito a K. Houser, „Correlated color temperature is not a suitable proxy for the biological potency of light", *Sci. Rep.*, roč. 12, č. 1, s. 20223, lis. 2022

[14] K. Houser, P. Boyce, J. Zeitzer, a M. Herf, „Human-centric lighting: Myth, magic or metaphor?", *Light. Res. Technol.*, roč. 53, č. 2, s. 97–118, dub. 2021

[15] M. Moore-Ede, D. Blask, S. Cain, A. Heitmann, a R. Nelson, *Lights Should Support Circadian Rhythms: Evidence-Based Scientific Consensus*. 2023

[16] „Vyhodnocení vlivu prokognitivního LED osvětlení Spectrasol na studenty a pedagogy pražských gymnázií", Spectrasol.cz. Dostupné z: https://www.spectrasol.cz/zprava-z-vyzkumu-vlivu-pro-kognitivniho-osvetleni-spectrasol-na-studenty-a-pedagogy-prazskych-gymnazii-strucna-verze/, [cit. 3. 10. 2023]

[17] „Zhodnocení účinnosti pilotní instalace biodynamického osvětlení v DS TGM v Berouně", Spectrasol.cz. Dostupné z: https://www.spectrasol.cz/zhodnoceni-ucinnosti-pilotni-instalace-biodynamickeho-osvetleni-v-ds-tgm-v-beroune-2/, [cit. 3. 10. 2023]

[18] G. C. Brainard *et al.*, „Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor", *J. Neurosci.*, roč. 21, č. 16, s. 6405–6412, srp. 2001

[19] C. Sivapathasuntharam, S. Sivaprasad, C. Hogg, a G. Jeffery, „Improving mitochondrial function significantly reduces the rate of age related photoreceptor loss", *Exp. Eye Res.*, roč. 185, s. 107691, srp. 2019

[20] J. Nie *et al.*, „More light components and less light damage on rats' eyes: evidence for the photobiomodulation and spectral opponency", *Photochem. Photobiol. Sci.*, pro. 2022

[21] C. Núñez-Álvarez a N. N. Osborne, „Blue light exacerbates and red light counteracts negative insults to retinal ganglion cells in situ and R28 cells in vitro", *Neurochem. Int.*, roč. 125, s. 187–196, kvě. 2019

[22] J. Kim a J. Y. Won, „Effect of Photobiomodulation in Suppression of Oxidative Stress on Retinal Pigment Epithelium", *Int. J. Mol. Sci.*, roč. 23, č. 12, s. 6413, čer. 2022

[23] G. D *et al.*, „Recharging mitochondrial batteries in old eyes. Near infra-red increases ATP", *Exp. Eye Res.*, roč. 122, kvě. 2014

[24] Y.-Z. Lu, N. Fernando, R. Natoli, M. Madigan, a K. Valter, „670nm light treatment following retinal injury modulates Müller cell gliosis: Evidence from in vivo and in vitro stress models", *Exp. Eye Res.*, roč. 169, s. 1–12, dub. 2018

[25] L. Nan, Y. Zhang, H. Song, Y. Ye, Z. Jiang, a S. Zhao, „Influence of Light-Emitting Diode-Derived Blue Light Overexposure on Rat Ocular Surface", *J. Ophthalmol.*, roč. 2023, s. e1097704, led. 2023

[26] L. Wang *et al.*, „Long-term blue light exposure impairs mitochondrial dynamics in the retina in light-induced retinal degeneration in vivo and in vitro", *J. Photochem. Photobiol. B*, roč. 240, s. 112654, bře. 2023

[27] C. Núñez-Álvarez, C. Suárez-Barrio, S. Del Olmo Aguado, a N. N. Osborne, „Blue light negatively affects the survival of ARPE 19 cells through an action on their mitochondria and blunted by red light", *Acta Ophthalmol. (Copenh.)*, roč. 97, č. 1, s. e103–e115, úno. 2019

[28] „Protokol o měření vlivu světelných LED zdrojů na sítnicové buňky oka", Spectrasol.cz., Dostupné z: https://www.spectrasol.cz/rd-protokol-o-mereni/, [cit. 3. 10. 2023]

Waldramův diagram

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D. ooakanka@centrum.cz

Waldramův diagram se používal k výpočtu činitele denní osvětlenosti. Dnes může zejména sloužit k ilustraci při hodnocení stínění různými překážkami, jako jsou budovy, průmyslové a reklamní objekty. V článku je podán návod ke konstrukci nejčastěji používaného Waldramova diagramu osvětlení svislé roviny v exteriéru.

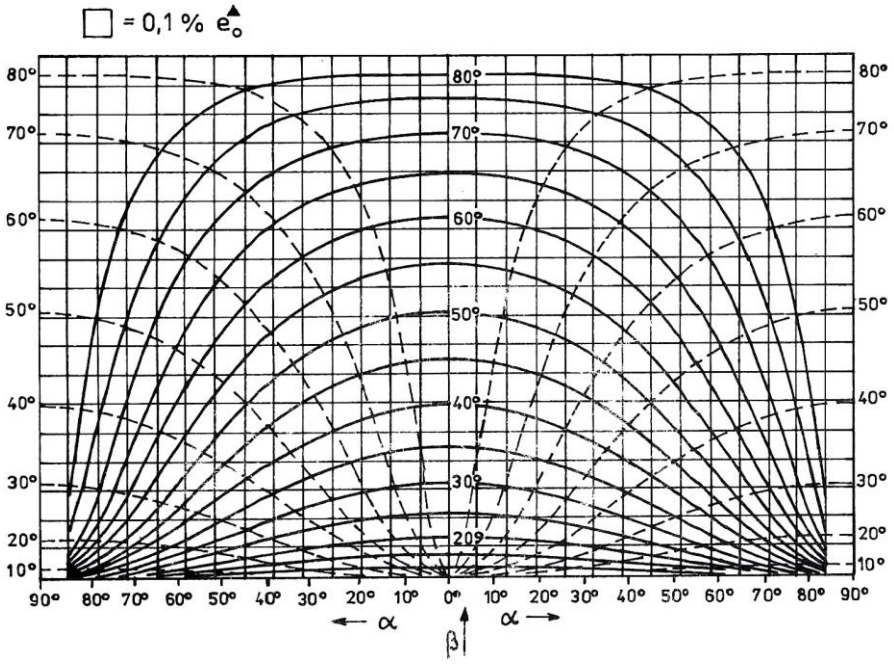
1 Definice

Waldramův diagram je takové zobrazení okolí osvětlovaného místa, kde plocha zobrazených objektů (budov nebo průmyslových a reklamních staveb) je úměrná činiteli denní osvětlenosti. Změřením a porovnáním ploch v diagramu lze stanovit, jakým podílem se daná překážka podílí na stínění osvětlovaného místa. V článku jsou zmíněny tyto typy W-diagramu:

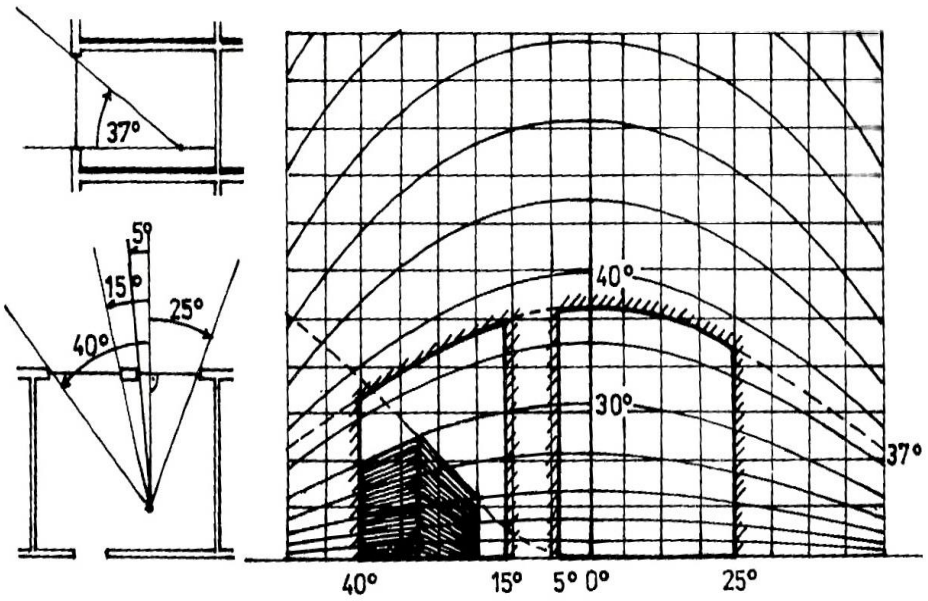
- Původní Waldramův diagram pro osvětlení vodorovné roviny v exteriéru oblohou s konstantním jasem [1], [2], [3], [4],
- Upravený diagram zahrnující gradaci jasu oblohy a činitel směrové propustnosti světla dvojitým zasklením [5],
- Diagram pro osvětlení svislé roviny v exteriéru oblohou s gradovaným jasem [5], [8].

2 Původní Waldramův diagram

Obrázky číslo 1 a 2 jsou převzaty z literatury [4]. Do diagramu lze zakreslovat okna i venkovní stínící překážky, například budovy. Ke stanovení plošného obsahu sloužila pravoúhlá síť, kde jedno čtvercové pole sítě odpovídalo hodnotě D = 0,1 % (dřívější označení pro činitel denní osvětlenosti bylo e (%)).



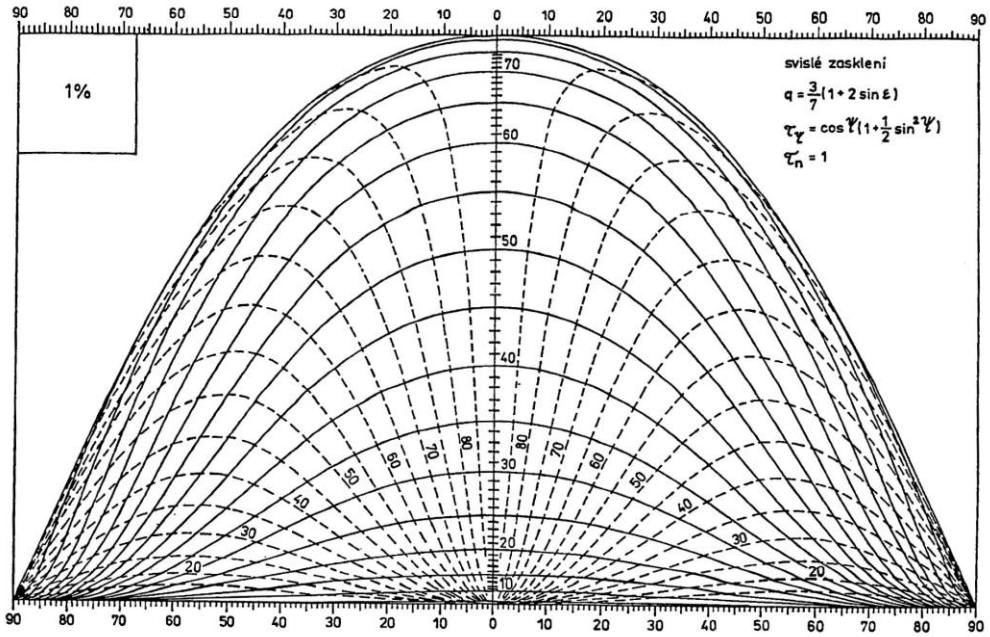
Obr.1 Waldramův diagram (podle [4])



Obr.2 Příklad použití Waldramova diagramu (podle [4])

3 Úprava diagramu pro použití podle ČSN 730580-1

Do počátku 90. let minulého století se k výpočtu činitele denní osvětlenosti používaly jednoduché grafické metody (Daniljukovy úhlové sítě, protraktory doc. Kittlera), které dobře sloužily v prostředí navzájem rovnoběžných budov konstantní výšky. Přesunutí výstavby ze zelené louky na okrajích měst do jejich center, kde uspořádání výstavby je složitější, způsobilo, že tyto jednoduché metody přestaly být účinné. Možným řešením bylo použití Waldramova diagramu. Jeho nutné úpravy, které zahrnovaly vliv gradace jasu oblohy a vliv směrové propustnosti světla zasklením okna, se ujal autor tohoto příspěvku [5].

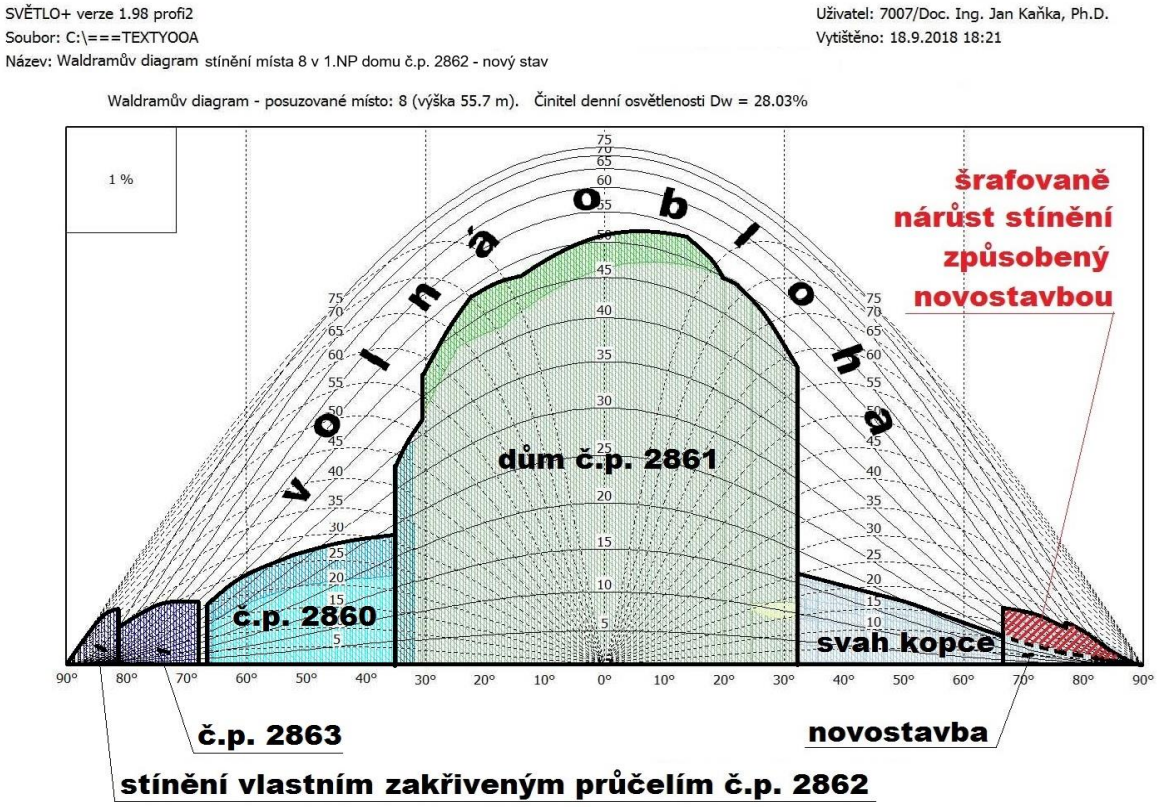


Obr.3 Upravený diagram (podle [5])

Používání tohoto diagramu se příliš nerozšířilo, protože souběžně byly do praxe zaváděny programy na samočinných počítačích, které při výpočtu činitele denní osvětlenosti s výjimkou jediného [6] používaly a používají účinnější (rychlejší a přesnější) algoritmy.

4 Diagram pro osvětlení svislé roviny v exteriéru

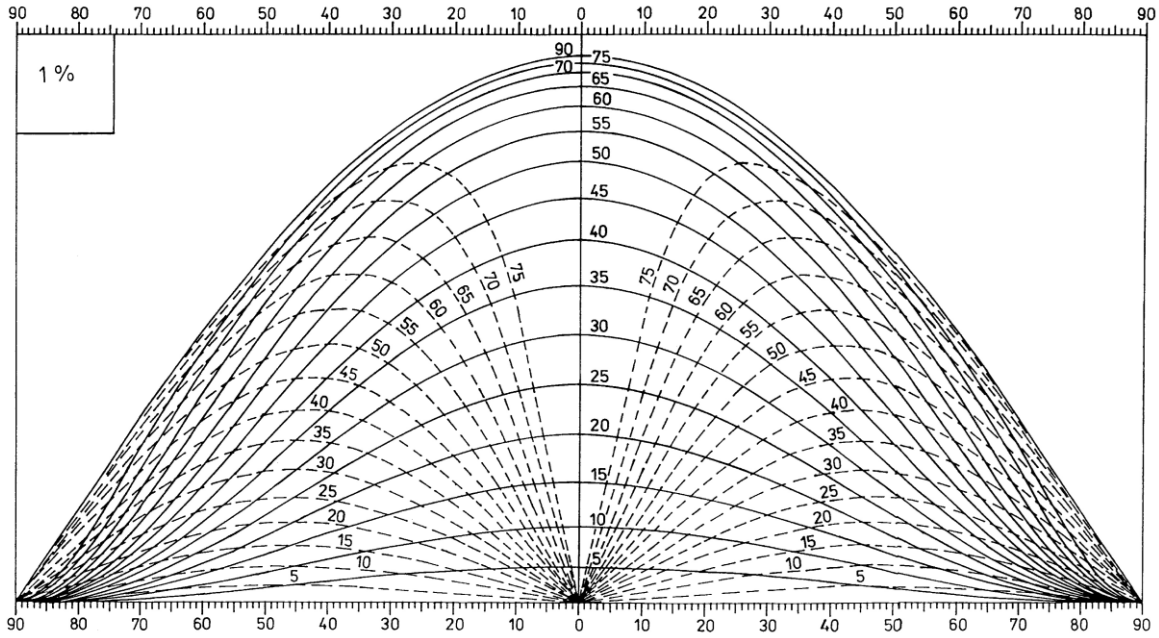
Denní osvětlenost E_w (lx) svislé roviny okna se uplatní při stanovení vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti, protože světelný tok Φ (lm) vnikající oknem do místnosti je úměrný právě této osvětlenosti a průsvitné ploše okna. S vydáním novely ČSN 730580-1 [7] v roce 2007 byl do praxe zaveden činitel denní osvětlenosti D_w (%) jako kritérium stínění denního světla stávajícím budovám. Výpočet tohoto činitele lze rovněž provést pomocí Waldramova diagramu upraveného rovněž autorem tohoto příspěvku [5], [8]. Třebaže výpočetní programy pro výpočet činitele D_w (%) používají vhodnější metody, W-diagram zůstává vhodnou ilustrací schopnou účinně osvětlit problém. Na obrázku 4 je kolorovaný výstup z programu SVĚTLO+.



Obr.4 Výstup ze softwaru SVĚTLO+ (podle [9] [10])

Obrázek dokumentuje skutečnost, že na zastínění kontrolního místa se nejvíce podílejí domy č.p. 2861 a č.p. 2860, zatímco vliv novostavby, na kterou směřuje stížnost, je zanedbatelný.

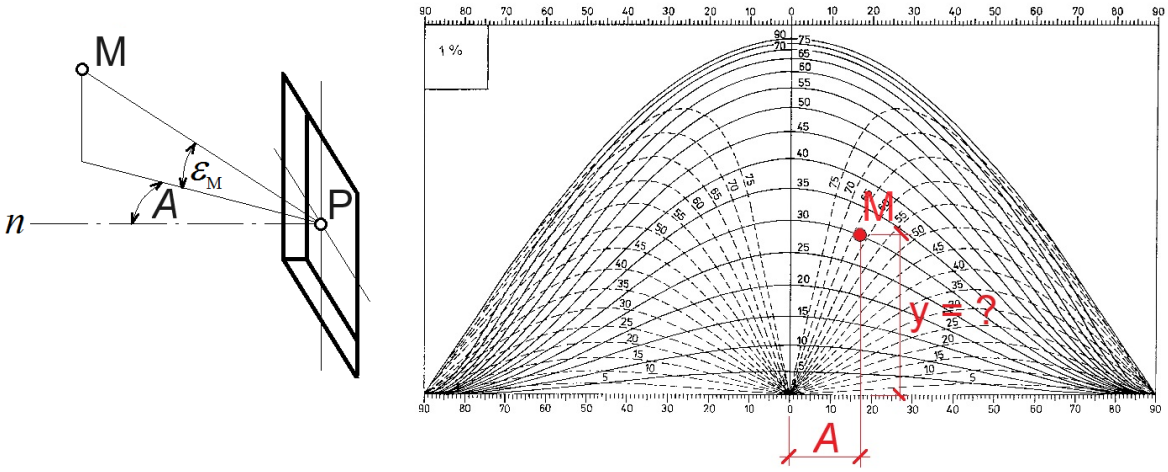
V návrhu ČSN 73 0582 [11] již není zmíněn jednotný činitel jasu k = 0,1. Hodnoty činitelů jasu budou záviset na hodnotách činitelů odrazu světla stínících překážek a terénu. Pro zjišťování a zobrazování *oblohové složky* činitele D_w (%) se však W-diagram nemění. Konstrukce W-diagramu pro odraženou složku činitele denní osvětlenosti je za těchto podmínek složitější, ale byla by možná. Snad ale už nebude potřebná, protože oblohová složka v D_w (%) dominuje, a právě její deficit nejlépe ilustruje podíl objektů v okolí posuzovaného místa na stínění.



Obr.5 W-diagram pro osvětlení svislé roviny v exteriéru (podle [8])

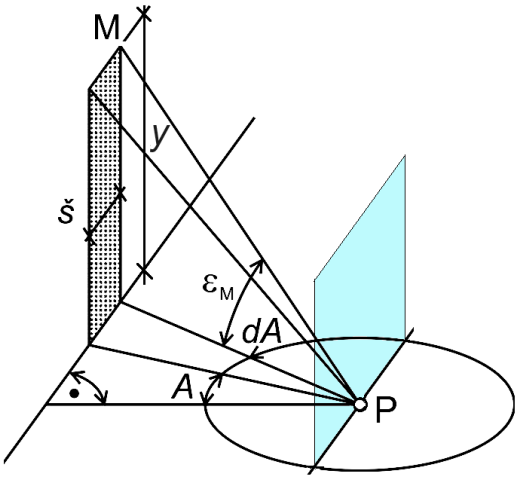
5 Odvození vztahu pro konstrukci W-diagramu svislé roviny

Zde se uvádí odvození a návod ke konstrukci tohoto diagramu.

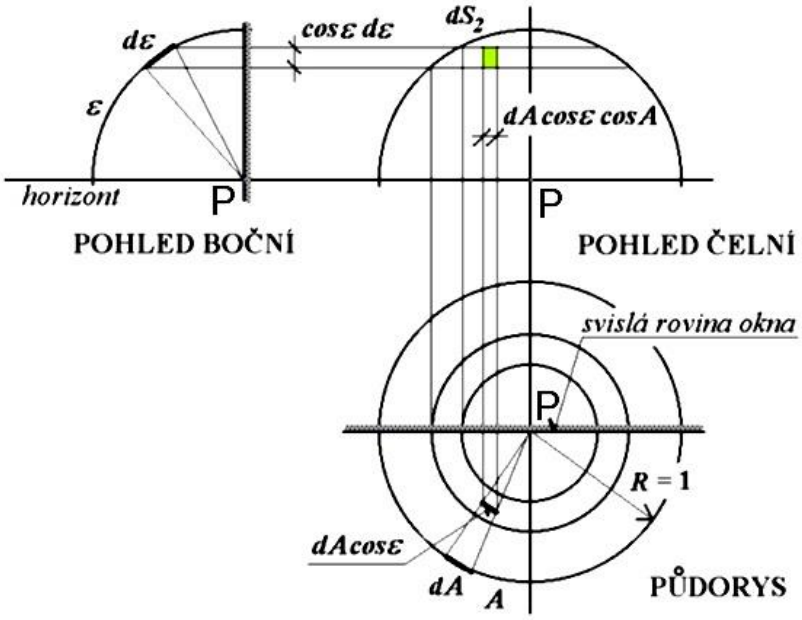


Obr.6 Poloha a zobrazení bodu M ve W-diagramu

Zatímco azimut *A* (°) má lineární stupnici na vodorovné ose diagramu, výškový úhel se do diagramu vynáší nelineárně tak, aby byla splněna požadovaná vlastnost diagramu, tj. plocha zobrazení má být úměrná činiteli denní osvětlenosti. Cílem je proto nalézt pořadnici *y* (m) v závislosti na výškovém úhlu ε_M(°) – viz obrázek 6. K tomu je třeba si představit velmi úzké a vysoké okno podle obrázku 7, kde modře je vyznačena osvětlovaná rovina.



Obr.7 Představa velmi úzkého a vysokého okna šířky *š* (m)



Obr.8 K odvození velikosti pořadnice *y* (m)

Elementární plocha $dS = dA\,d\varepsilon$ (m^2) se promítne na myšlenou hemisféru o jednotkovém poloměru R = 1 do plochy $dS_1 = dA\,d\varepsilon\cos\varepsilon$ (m^2). Tato plocha se potom promítne kolmo do osvětlované svislé roviny do plochy $dS_2 = dA\,d\varepsilon\cos A\cos^2\varepsilon$ (m^2). Elementární plocha má jas $L = L_m\frac{3}{7}(1 + 2\sin\varepsilon)$. Elementární osvětlenost dE (lx), kterou způsobí plocha dS (m^2) se stanoví jako součin plochy dS_2 (m^2) a jasu L (cd·m^{-2}).

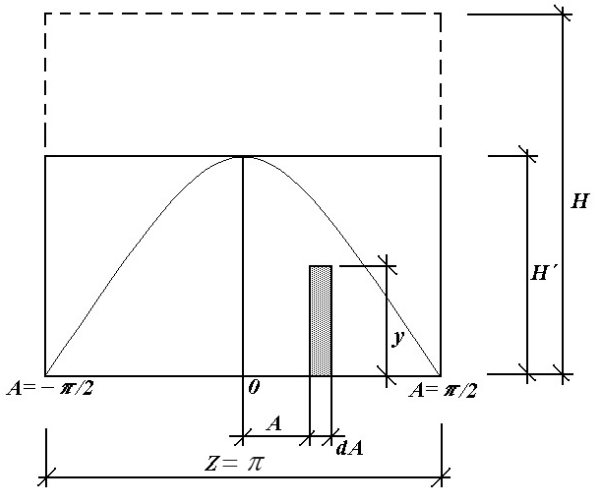
$$dE = \frac{3}{7}L_m\cos A\,dA\,(1 + 2\sin\varepsilon)\cos^2\varepsilon\,d\varepsilon$$

Horizontální exteriérová osvětlenost je $E_h = \pi L_m$ (lx). Elementární činitel denní osvětlenosti dD (%) je podílem obou osvětleností vyjádřený v procentech.

$$dD = \frac{300}{7\pi}\cos A\,dA\,(1 + 2\sin\varepsilon)\cos^2\varepsilon\,d\varepsilon$$

Činitel denní osvětlenosti se získá integrací po celé výšce myšleného úzkého okna.

$$D = \frac{300}{7\pi}\cos A\, dA \int_0^{\varepsilon_M} (1 + 2\sin\varepsilon)\cos^2\varepsilon\, d\varepsilon = \frac{25\cos A\, dA}{7\pi}\,(6\varepsilon_M + 3\sin 2\varepsilon_M + 8 - 8\cos^3\varepsilon_M)$$



Obr.9 Návrh diagramu

Šířka Z (m) a výška H (m) diagramu se zvolí libovolně. Plocha $Z \cdot H = \pi \cdot H$ (m^2) je zobrazením poloviny oblohy $D_{1/2}$ = 50 %. Plocha $dA \cdot y$ (m^2) je zobrazením myšleného úzkého okna, které způsobí výše vypočtenou hodnotu činitele denní osvětlenosti D (%). Platí úměrnost,

$$\frac{\text{úzké okno}}{1/2\,\text{oblohy}} = \frac{dA \cdot y}{\pi \cdot H} = \frac{D}{D_{1/2}}$$

ze které se vypočte hledaná pořadnice y (m)

$$y = \frac{1}{14} H \cos A\,(6\varepsilon_M + 3\sin 2\varepsilon_M + 8 - 8\cos^3\varepsilon_M)$$

Literatura a odkazy

[1] WALDRAM, P.J. – WALDRAM, J.M.: Window Design and Measurment and Predetermation of Daylight Illumination, Illuminating Engineer, 16“ 90. London 1923

[2] WALDRAM, P.J.: Maesuring Diagram for Daylight Illumation. London, Batsford Ltd. 1950

[3] Post-war Building Studies No. 12 The Lighting of Buildings, The Ministry of Works by His Majesty´s Stationery Office, London 1944

[4] HALAHYJA, M. a kol: Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie, ALFA Bratislava1985, 63-560-85

[5] KAŇKA, J. Použití Waldramova diagramu při stanovení činitele denní osvětlenosti. Stavební obzor, 1993, (**2**)6, 157-159.

[6] KAŇKA, J. – PELECH, M. Program pro výpočet činitele denní osvětlenosti WAL 1.1. Projektování a výstavba, 1995, 1-2, 39-43.

[7] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – základní požadavky (2007)

[8] KAŇKA, J. Stanovení činitele denní osvětlenosti svislé roviny okna Waldramovým diagramem upraveným v ČVUT Praha. Světlo, 2002, (**5**)1, 18-19.

[9] Archiv firmy Ing, Jan Kaňka, Osvětlení Oslunění Akustika

[10] www.svetloplus.cz

[11] ČSN 73 0582 Denní osvětlení budov – doplňující informace (v návrhu)

Luxmetr jako stanovené měřidlo

Vladislav Kosejk, Ing., ČSO – RS Praha, Komora metrologů pro osvětlení, tel.723757885, info@profilumen.cz, www.profilumen.cz

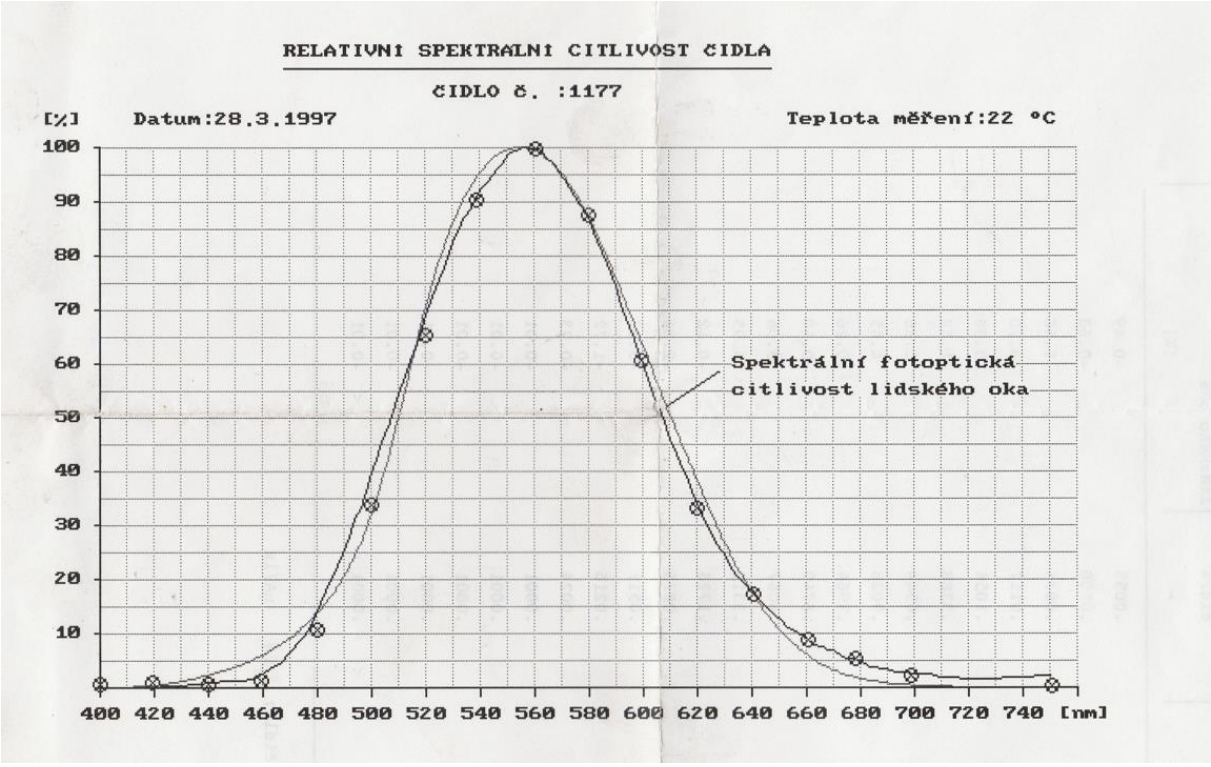
Abstrakt: V osvětlovací technice hraje klíčovou roli přesné a spolehlivé měření osvětlenosti. Tento článek se zaměřuje na luxmetr jako základní nástroj pro měření osvětlenosti a stanovené měřidlo. Příspěvek popisuje základní charakteristiky luxmetru, normativní požadavky na stanovená měřidla a důležitost těchto požadavků v praxi. Dále se věnuje procesu stanovení měřidla. Zvláštní pozornost je věnována požadavkům na protokol o měření luxmetrem, včetně ukázek správně a nesprávně sestavených protokolů. Cílem tohoto článku je zdůraznit význam luxmetrů jako stanovených měřidel a podpořit dodržování správných postupů při měření osvětlenosti.

1 Úvod

V oblasti osvětlovací techniky existuje mnoho různých typů luxmetrů, které slouží k měření intenzity světla, a i když mnoho z těchto přístrojů může poskytnout základní údaje o osvětlenosti, ne všechny luxmetry jsou vyrobeny stejně. Pro aplikace, kde je přesnost a spolehlivost měření klíčová, je nezbytné využívat luxmetry, které jsou označeny jako stanovená měřidla. Tyto luxmetry procházejí přísnějšími testy a splňují vyšší normativní požadavky, což zajišťuje jejich schopnost poskytnout přesné a konzistentní výsledky měření. V tomto článku se zaměříme na důležitost používání stanovených luxmetrů, jejich charakteristiky a význam v kontextu osvětlovací techniky a normativních požadavků.

1.1 Stručně o luxmetru

Luxmetr je specializovaný měřicí přístroj určený k měření osvětlenosti. Osvětlenost se obvykle měří v jednotkách lux (lx), kde jeden lux odpovídá jednomu lumenu na metr čtvereční. Luxmetr funguje na principu přeměny světelné energie na elektrický signál. Luxmetry využívají jako světlo citlivý prvek fotodiody. Když na snímač dopadne světlo, vytváří elektrický proud, jehož intenzita je přímo úměrná intenzitě dopadajícího světla. Luxmetr je speciální druh integrálního radiometru, u něhož má detektorová část relativní spektrální odezvu přizpůsobenou váhové funkci V(λ) (viz obr. 1). Jeho citlivost na světlo a spektrum je shodná s citlivostí lidského oka.



Obr.1

1.2 Stanovená měřidla dle vyhlášky MPO 345/2002 Sb.

Stanovená měřidla jsou měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou ke schvalování typu a k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam (např. při prodeji, nájmu nebo darování věci, při poskytování služeb, pro stanovení poplatků a daní, pro ochranu zdraví, pro ochranu životního prostředí, pro bezpečnost při práci atd.). Seznam stanovených měřidel, specifikaci povinnosti schválení typu a lhůty pro následné ověření stanovených měřidel definuje vyhláška MPO č. 345/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

1.3 Rozdíl mezi kalibrací a ověřením

Kalibrace a ověření vycházejí prakticky z velmi příbuzných postupů. Rozdíl spočívá v tom, že při ověření se zkoumá shoda metrologických vlastnosti těchto měřidel s úředně stanovenými požadavky, zejména s maximálními dovolenými chybami. Při kalibraci se kvantitativně zjišťuje vztah mezi naměřenou hodnotou a jmenovitou hodnotou nastavenou etalonem. Obě činnosti jsou formou metrologické návaznosti měřidel.

1.4 Luxmetry jako stanovená měřidla

Stanovená měřidla jsou měřicí přístroje, které prošly přísnými testy a ověřením dle § 14 odst. 1 zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákona o metrologii“), a dle ustanovení § 172 a zákona č. 500/2004 Sb., Metrologické a technické požadavky na stanovené luxmetry jsou uvedeny v opatření obecné povahy číslo 0111-OOP-C043-14 [1] Luxmetry, které jsou označeny jako stanovená měřidla, nabízejí vyšší úroveň přesnosti a spolehlivosti ve srovnání s běžnými luxmetry.

1.5 Rozdíl mezi kalibrací a ověřením.

Pro kalibraci luxmetru není v podstatě zapotřebí, aby luxmetr splňoval jakákoli kritéria, není potřeba typová zkouška. Kalibrace luxmetru je kontrola naměřených hodnot oproti etalonu,

v tomto případě klasicky světelnému standardu např. K_{2856}. Kalibraci lze provést i pro jiné typy světelných zdrojů. Výstupem kalibrace je kalibrační list.

Oproti tomu stanovený luxmetr se ověřuje dle zmíněného OOP č. 0111-OOP-C043-14. Proces schvalování typu se skládá z několika zkoušek:

- předběžná funkční,
- přesnosti,
- linearity,
- relativní spektrální responzivity,
- citlivosti na ultrafialové záření,
- citlivosti na infračervené záření,
- teplotní závislosti,
- směrové závislosti,
- odolnosti proti vnějším vlivům,
- elektromagnetické kompatibility,

Je tedy patrné, že stanovené luxmetry procházejí přísnými testy, které zajišťují jejich schopnost poskytnout přesné a konzistentní výsledky měření. Použití stanoveného luxmetru zvyšuje důvěru v měření, což je zvláště důležité v oblastech, kde je osvětlenost kritickým faktorem. Použití stanoveného luxmetru je vyžadováno vyhláškou Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb.

1.6 Luxmetry zařazené mezi stanovená měřidla

V současnosti je dle ČMI pět výrobců s celkem čtrnácti typy stanovených luxmetrů. Seznam stanovených luxmetrů je možno najít na webu ČMI http://typover.cmi.cz/ Obor měření [410] etalony fotometrie. Veškeré platné certifikáty jsou vystaveny do roku 2029.

2 Stanovený luxmetr a protokol o měření

Nedílnou součástí měření osvětlení je protokol o měření. Jednou z náležitostí protokolu je i uvedení typu měřících přístrojů včetně jejich třídy přesnosti a kalibrace, tedy nejen stanoveného luxmetru, ale i ostatních použitých měřidel! Například, voltmetru, teploměru, měřícího pásma atp.

2.1 Náležitosti protokolu

Protokol o měření osvětlenosti, poskytuje komplexní přehled o provedeném měření intenzity světla v konkrétním prostoru. Začíná identifikací objektu a měřeného prostoru. Důležité jsou také časové údaje, které specifikují datum, začátek a konec měření.

V požadavcích na měření by měl být uveden účel měření a vyžadovaný stupeň přesnosti měření. V protokolu je také důležité uvést specifikace měřicích přístrojů, včetně jejich třídy přesnosti a informací o kalibraci.

V metodice měření se popisuje způsob, jakým bylo měření provedeno, a zahrnuje informace o použitých pomocných zařízeních. Dále je v protokolu podrobně popsán měřený prostor, včetně jeho rozměrů, orientace, funkce a charakteristik. Informace o osvětlovacích soustavách a zařízeních, která mohou ovlivnit osvětlení, dále pak parametry, jako je výška a případný sklon srovnávací roviny nebo orientace optické osy luxmetru.

2.2 Nejistota měření

V zásadě se v protokolu můžeme setkat se dvěma postupy při vyjádření nejistoty měření. Prvním postupem je vyjádření nejistoty U_A a U_B, tedy směrodatné odchylky střední hodnoty z výběrového souboru dat a celkové nejistoty vypočtené z dílčích nejistot měření. Druhým postupem je zvolení nejistoty měření z intervalu uvedeném v ČSN 360011-1 část 4.1.2. Podle účelu měření a z toho vyplývajících požadavků na přesnost se rozeznává měření osvětlení prostorů

a) Přesné, určené pro posouzení náročných prostorů, odhad rozšířené nejistoty měření $U \leq 8$ %,

b) Provozní, určené pro ověřování správnosti navržených a realizovaných podmínek osvětlení a zrakové pohody během používání stavby, odhad rozšířené nejistoty měření $8 \leq U \leq 14$ %,

c) Orientační, určené pro ověření základních podmínek zrakové pohody, odhad rozšířené nejistoty měření $14 \leq U \leq 20$ %.

2.3 Nejistota U_A

Nejistota typu A je směrodatnou odchylkou výběrového souboru naměřených hodnot. Výběrovým souborem se v tomto případě myslí reprezentativní vzorek hodnot (kontrolních bodů). Ty jsou určeny dle postupů uvedených v ČSN 360011–1. V případě nejistoty typu A se jedná o chybu způsobenou zvolením nevhodné metodiky měření, například zastíněním fotočlánku. Tuto chybu je možné odstranit opakováním měření. Z toho důvodů je žádoucí výsledné hodnoty počítat alespoň ze dvou měření. Vyšší počet měření však nemusí znamenat vyšší přesnost naměřených hodnot, například v případě systematické chyby.

2.4 Nejistota U_B

Nejistota typu B je určena kombinací chyb měřidla. Jedná se o spektrální chybu, směrovou chybu, linearitu, únavu měřící sondy, chyba zobrazovací jednotky, vliv tepoty okolí, modulaci světla, chyby vyrovnání, citlivost na UV záření a citlivost na IR záření. Z výše uvedených chyb je u stanovených luxmetrů zásadní především spektrální a směrová chyba.

3 Chyby v postupech měření a v protokolech

Navzdory celkem jasnému popisu měření a náležitostí protokolů se často můžeme setkat se zásadními chybami při provádění měření a jeho vyhodnocení.

3.1 Časté chyby při měření

3.1.1 Neprovedení „zahoření“ a stabilizace svítidel.

Svítidla by měla by měla být v provozu 100 hodin v případě zdrojů obsahujících luminofor, v případě led stačí dle normy svítidla pouze stabilizovat. Stabilizace znamená že se osvětlenost přestane měnit a zůstává konstantní. Změna osvětlenosti je v případě led způsobena především změnou teploty čipů. Postup stabilizace svítidel a světelných zdrojů je popsán v ČSN 13032-4 + A1. Svítidlo je považováno za stabilizované, když mezi maximální a minimální hodnotou světelného toku a příkonu, není v posledních 15 minutách rozdíl větší než 0,5 %. Je-li fluktuace světelného toku příliš vysoká a nedojde ke stabilizaci do 150 min (v případě LED svítidel), je možné měření zahájit.

3.1.2 Opomenutí aklimatizace luxmetru

Před započetím měření je žádoucí nechat čidlo luxmetru vystavené stejné úrovni osvětlení, jaká se bude měřit, dokud se hodnoty na displeji neustálí.

3.1.3 Ignorování směrové chyby

Především při měření prostor, kde se svítidla nacházejí daleko od sebe, může způsobovat značné zkreslení směrová chyba. V praxi se směrová chyba projeví snížením přesnosti měření. Například u luxmetru Metra Blansko PU 550 dle certifikátu o schválení typu měřidla, dosahuje chyba v rozmezí 0° – 60 ° od normály čidla, hodnoty 5 %.

3.2 Chyby v protokolech o měření

3.2.1 Neuvádění udržovacího činitele, či zvolení hodnoty 1

Často se v protokolech můžeme setkat s neuváděním hodnoty udržovacího činitele a opomenutím korekce výsledných hodnot. Vynechání korekce udržovacím činitelem může vést k značnému zkreslení výsledků. Stejná situace nastane při uvedení hodnoty, která není podložená výpočtem osvětlení, či výpočtem samotného udržovacího činitele.

3.2.2 Posouzení výsledků měření podle špatného typu prostor.

Budeme-li se bavit o vnitřních pracovních prostorech, nabízí nám norma ČSN 12464–1 tabulky, podle kterých je možno zatřídit měřené prostory. Jednou z častých chyb je posouzení výsledků měření podle nevhodných tabulek.

3.2.3 Neuvedení pozice kontrolních bodů

Důležité je také uvést souřadnice měřících bodů, aby bylo možné provést kontrolní měření v případě pochybností o výsledcích měření.

4 Závěr

Správné měření osvětlenosti je velmi důležité pro ověření, zda jsou splněny požadavky na osvětlení v různých prostředích, od pracovních míst až po veřejné prostory. Kvalita osvětlení má přímý vliv na lidské zdraví, pohodu, produktivitu a bezpečnost. Nesprávně osvětlené prostory mohou vést v krajních případech, ke zraněním či ztrátám na životech. Použití luxmetrů jako stanovených měřidel zajišťuje, že naměřené hodnoty mohou mít vyšší vypovídající hodnotu, tím se minimalizuje vliv chyb a zajišťuje, že výsledky měření skutečně odrážejí skutečné podmínky v měřeném prostoru. K tomu je samozřejmě zapotřebí, aby metrolog, který provádí měření byl na patřičné profesní úrovni a vykonával svou práci svědomitě….

Literatura a odkazy

[1] ČSN 360011-1:2019: Měření osvětlení prostorů – Část 1: základní ujednání.

[2] ČSN 12464-1:2022: Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovišť – Část 1: vnitřní pracoviště

[3] Zákon č.505/1990 Sb.: Zákon o metrologii

[4] Opatření obecné povahy OOP č. 0111-OOP-C043-14. Luxmetry

Barevný tón světla, ekologie a obecní kasička

Vladislav Kosejk, Ing., ČSO – RS Praha, tel.723757885, info@profilumen.cz, www.profilumen.cz
Tomáš Maixner, Ing., soudní znalec, tel. 604 277 729, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: Praktický pohled na závislost mezi (náhradní) teplotou chromatičnosti světla vyzařovaného svítidlem, přírodou a obecní pokladnou.

1 Levá ruka neví, co dělá pravá

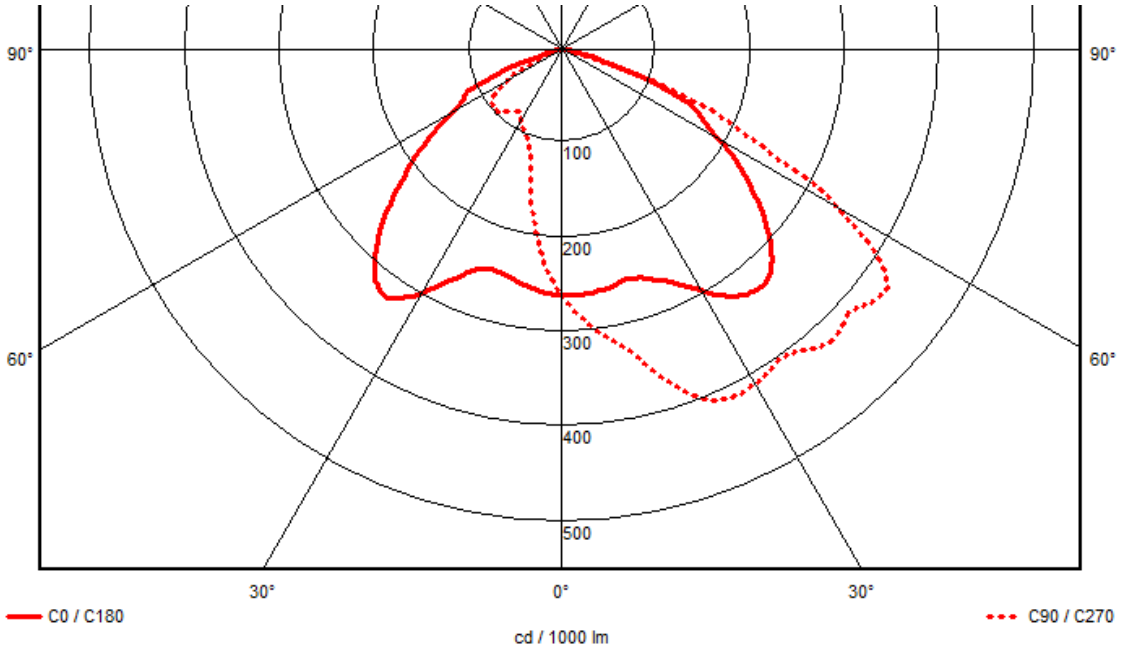
V době, kdy směli s MŽP neloajální světelní technici vznášet vesměs nevyslyšené připomínky k návrhu normy ČSN 36 0459 [1] byl vznesen nežádoucí dotaz na zástupce TNK-158. Proč je direktivně předepsána náhradní teplota chromatičnosti ≤ 2 200 K bez ohledu na to, zda je přírodě skutečně prospěšné. Pokud neohrožuje okolní floru, tak je její použití neekologické. Pro LED platí, že s klesající barevnou teplotou narůstá měrný příkon. K zajištění stejné hladiny osvětlení je nezbytné navýšit příkon oproti svítidlům 3, nebo lépe, 4 tisíce Kelvina. To znamená vyšší zátěž životního prostřední nadvýrobou elektrické energie. Odpověď zněla – zde řešíme světelné znečištění, energetickou náročnost řeší jiné oddělení.

Levá neví, co dělá pravá… vlastně ví, ale nepomáhají si, nehledají společné řešení, vyhovující oběma rukám. Vlastně oběma oddělením ministerstva.

Pokusili jsme se zjistit, jak se (ne)vyplatí používat svítidla s nízkou náhradní teplotou chromatičnosti.

2 Data svítidel

Abychom vyloučili vliv chybných vstupních dat, pro porovnání jsme použili totožná svítidla, která jsme měli k dispozici s rozdílnými náhradními teplotami chromatičnosti (T_{CP}). Svítidla 2 200, 2 700, 3000, 4000 a 5700 K. Tato svítidla jsme změřili v laboratoři, takže můžeme zaručit správnost fotometrických dat.



Obr.1 Příklad – čáry svítivosti svítidla 3 000 K

Pro úplnost jsme změřili i jejich T_{CP}. Z technických důvodů byl výběr omezen. Naměřené hodnoty jsou v následující tabulce:

	úhel			
Tcp	67,5°	45 °	22,5°	0°
2200 K	2181	2258	2292	2304
2700 K	2563	2691	2761	2797
4000 K	3500	4056	4210	4295

Tab.1 Závislost náhradní teploty chromatičnosti na úhlu pozorování

Je vidět, že existuje závislost na úhlu měření. S rostoucím úhlem (0° je normála na vyzařovací plochu LED). S rostoucí T_{CP} je změna významnější – vliv má narůstající podíl modré složky. U jiných svítidel může být rozptyl větší. Je přípustná odchylka 10 % od jmenovité hodnoty. V té chvíli je s podivem, proč je požadována dotačním titulem hodnota 2 700 K. Při 10 % odchylce je prakticky shodná s 3 000 K.

3 Optimalizace

Provedli jsme optimalizační výpočty. Nebudeme zde zahlcovat čísly, uvádíme výsledky. Pro shodné zadání byla provedena optimalizace ve smyslu minimalizace roztečí svítidel. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce

Tcp (K)	rozteč (m)	výška (m)	Příkon (W/km)	počet (ks/km)
2200	30,5	9,2	1492	32,8
2700	32,5	9,46	1407	30,8
3000	34,5	10,5	1317	29,0
4000	35,5	10,76	1278	28,2
5700	36,5	11,02	1277	27,4

Tab.2 Optimalizace počtu svítidel v závislosti na T_{CP}

Je vidět, že rozteče narůstají (i výšky stožárů). Ale narůstá také potřebný příkon a počet svítidel. Řešením by bylo také navýšení příkonu svítidel. To však nemusí být vždy možné. Drželi jsme se tedy svítidel, která jsme měli k dispozici. Ponecháme tuto variantu na příště nebo na někom dalším.

Z uvedeného lze usoudit na výši investic. Rozdílnou výšku stožárů jsme zohlednili tak, že za každý metr výšky navíc, oproti variantě 2200 K, jsme počítali navýšení nákladů o 1 500 Kč. V další tabulce jsou investiční náklady v korunách i poměrné v procentech k variantě 4 000 K.

Tcp	počet SM	Cena SM	Investice	
K	ks	Kč	Kč	%
2 200	32,8	27 000	885 246	107,1
2 700	30,8	27 390	842 769	102,0
3 000	29,0	28 950	839 130	101,5
4 000	28,2	29 340	826 479	100,0
5 700	27,4	29 730	814 521	98,6

Tab.3 Investiční náklady pro jednotlivé varianty

Následuje vyčíslení provozních nákladů za předpokladu, že cena energie je 5 Kč/kWh, roční provoz 4 100 hodin (bez regulace), náklady na údržbu 7 % investičních nákladů.

Tcp	Příkon	Spotřeba	Energie	udržba	Provoz	Provoz 15 let	
K	W/km	kWh/rok	Kč/rok	Kč/rok	Kč/rok	Kč	%
2 200	1 492	6 117	30 586	61 967	92 553	1 388 298	110,1
2 700	1 407	5 769	28 844	58 994	87 837	1 317 560	104,5
3 000	1 317	5 400	26 999	58 739	85 738	1 286 064	102,0
4 000	1 278	5 240	26 199	57 854	84 053	1 260 788	100,0
5 700	1 277	5 236	26 179	57 016	83 195	1 247 924	99,0

Tab.4 Provozní náklady pro jednotlivé varianty

Provozní náklady za 15 let uvádíme proto, že toto období považujeme za optimisticky krátkou dobu, která uplyne do okamžiku, kdy bude nutné provést novou rekonstrukci.

Pokud se obec rozhodne řešit výstavbu nebo rekonstrukci veřejného osvětlení, tak použitím svítidel 4 000 K na komunikace s převážně motorovou dopravou a 3 000 K pro místa společenského významu dosáhnou značných investičních a provozních úspor. Je třeba zvážit, zda dotace 30 Kč na ušetřenou kWh je dostatečnou pobídku pro nárůst uvedených nákladů.

V našem příkladu jsou investiční náklady nižší o cca 52 400 Kč/km. To za předpokladu, že se místo 2 200 K osadí polovinou svítidla 3 000 a polovinou 4 000 K. Podobně provozní náklady za 15 let budou přibližně o necelých 115 000 Kč nižší. Celkově se tedy uspoří zhruba 167 tisíc korun.

Dotace je 30 Kč na ušetřenou kWh. Aby se dotace obci vyplatila, tak by musela ušetřit na každém kilometru 167 000 / 30 = 5 567 kWh. Ročně, nikoliv za patnáct let! Při době provozu 4 100 hodin za rok to znamená 1,357 kW/km. Při cca 30 světelných místech to je 45 W na jednom svítidle. Svítidla použitá v tomto pojednání mají příkon 45,5 W. Myslíme, že není co dodat.

Vlastně ano, je co dodat. V uvedeném příkladu („milovníci“ jazyka českého by řekli „případové studii“) vyšla uvedená čísla a z nich vyplynuly naše závěry. Pro jiná svítidla, jiný typ komunikace – ať požadavky nebo geometrickými parametry, jiné ceny, způsoby provozování apod., vyjdou jiné výsledky. Možná výhodnější pro přijetí dotace. Obáváme se však, že tomu bude zřídka.

A jen připomínáme – bez dotací se ušetří nemalé náklady na „ouřad“, následné prokazování splnění požadavků dotačního titulu a nebezpečí ztráty dotace. Omlouváme se, jsme trochu zaujatí. Považujeme dotace za zlo. Pokud dotace, tak nikoliv na realizaci, ale na provoz veřejného osvětlení. Ale to je již jiná kapitola.

Literatura a odkazy

[1] ČSN 36 0459:2023 Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení,

[2] CIE-150:2017 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor,

[3] ČSN EN 13201-2:2019 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky

Normování rušivého světla

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, tel. 604 277 729, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: V tomto roce byla vydána norma ČSN 36 0459 Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení [1]. Platná je od počátku března a zatím není závazná. Ovšem závaznou se údajně stala pro žadatele o dotaci MPO. Tam je požadováno splnění požadavků platné legislativy. V době vyhlášení 27. 4. 2022 však norma [1] ještě ani nebyla dokončena v rámci normalizačního procesu. Nelze tedy vyžadovat její splnění jejích požadavků. Respektovat se musí legislativa platná v době vyhlášení dotačního titulu. Přesto jsou v požadavcích některé parametry, které jsou i v normě [1]. Dokonce jsou některé i přísnější.

1 Jak přišla na svět

Norma nevznikala na půdě normalizačního úřadu, ale plně v režii ministerstva životního prostředí. Nevznikala ani za součinnosti světelných techniků. Alespoň ne těch, kteří nesdíleli názory shodné s vyžadovanými. Ti neposlušní byli přizváni pouze k části oponentního řízení. Mohli podávat připomínky toliko k prvním dvěma verzím. Připomínek nebyly jednotky nebo desítky. Byly jich stovky, přes pět set. To svědčí o „kvalitě“ předloženého materiálu. Nesouhlas s nekvalitní normou znamenal, že zlobiví světelní technici a další skuteční odborníci již nebyli „připuštěni“ k oponentuře dalších verzí. Trochu z toho mrazí.

Po vyloučení neposlušných oponentů se obsah normy výrazně změnil. Zásadně. Jak, to okomentuji v dalším textu.

2 Zóny životního prostředí

Prvotní snaha byla převzít třídění podle doporučení CIE-150 [2] (E0 až E4), kde je definováno pět zón. Ovšem byla změněna jejich specifikace, snad proto je použito jiné značení (Z0 až Z4).

Například pro nejméně náročnou zónu E4 je ve [2] uvedeno, že se jedná o centra měst a obcí a komerční oblasti. V české normě jsou do Z4 zařazeny pouze „celoměstsky“ významná centra v Praze a statutárních městech. Takže sem nepatří například centrum Frýdku-Místku, přestože je větší než některá statutární města (viz zák.č. 128/2000 Sb. o obcích).

Jak se ukáže dále, nepřiměřeně tvrdé zatřídění podle české normy je nakonec celkem nepodstatné. Rozdíly mezi Z2 až Z4 se ve většině parametrů neliší, kromě podílu horního světla a třídy svítivosti. Podobně jsou prakticky shodné zóny Z0 a Z1, též se navzájem liší v zásadě pouze ve třídě svítivosti.

3 Barevný tón světla

Norma požaduje použití teple bílých světelných zdrojů s náhradní teplotou chromatičnosti nejvýše 3 000 K. S tím, že pokud jsou k dispozici svítidla s nižší hodnotou, tak se mají použít. Pouze v konfliktních oblastech pozemních komunikací (viz ČSN EN 13201-2) je v zónách Z2 až Z4 povolena hodnota 4 000 K. Ta je povolena i pro architektonické osvětlení ve všech zónách kromě Z0, kde se vyskytují jen velmi vzácně. Určitou úlevu mají také sportoviště. S výhradou se požadavky nevztahují na dopravní stavby.

Z normy však nejsou vyjmuta venkovní pracoviště, kde je však žádoucí použití vyšších hodnot náhradních teplot chromatičnosti. Při vyšších hladinách osvětlenosti zvyšují pracovní výkon. Omezování modré složky spektra snižuje schopnost periferního vidění, což může být příčinou úrazu.

Jednou z absurdit normy je striktní požadavek na použití barevné teploty nejvýše 2 200 K v zónách Z0 a Z1. Bez ohledu, zda je nezbytné v dané lokalitě omezit modrou složku spektra z důvodů ochrany flóry nebo fauny. To je v rozporu s ochranou životního prostředí. Podobně je v rozporu s úsporami elektrické energie požadavek dotací MPO na hodnotu nejvýše 2 700 K, byť ne tak výrazně.

S klesající barevnou teplotou klesá také měrný výkon světelných diod a to znamená, že pro dosažení stejně kvalitního osvětlení je zapotřebí osvětlovací soustava s vyšším příkonem. To není jen o nadvýrobě elektrické energie. Někdy to také znamená nutnost použít vyšší počet svítidel, sloupů, betonových základů…To vše znamená vyšší zátěž životního prostředí. Svítidla se musí vyrobit, dopravit na místo určení, připojit na elektrické rozvody…

Je třeba žádost o dotaci pečlivě zvážit. Ani se nemusí vyplatit. Je třeba porovnat, zda získaná dotace pokryje nárůst investičních a provozních nákladů. Pokud se realizace bez podpory nevyplatí okamžitě, tak po několika letech se v nižších provozních nákladech projeví zcela jistě. A ještě se udělá něco pro životní prostředí.

O tom více v samostatné přednášce na tomto kurzu.

Nejpozoruhodnější je však skutečnost, že požadavky na barevný tón světla (náhradní teplotu chromatičnosti) platí v době od 22:00 do 6:00. Znamená to snad, že flóra a fauna je v ostatní dobu odolná vyšším náhradním teplotám chromatičnosti? O tom hodně pochybuji. Spíše to otevírá dvířka pro oblouznění neinformovaných zástupců obce „nezbytným“ „biodynamickým“ osvětlením. Provozováním svítidel s proměnlivou barvou světla. Večer a zrána s vysokou, v době nočního klidu podle normy. Argumentace, že vysoká barevná teplota podpoří kognitivní funkce řidiče, je nesmysl. To platí pro podstatně vyšší osvětlenosti, než jaké se vyskytují ve veřejném osvětlení. Pokud by to byla pravda, tak by se vyšší úroveň měla používat hlavně v hluboké noci, kdy jsou řidiči znaveni.

Přijatelná jsou jedině tato řešení:

- Tam, kde se vyskytuje příroda citlivá na vysoké barevné teploty, použít omezení podle normy. Ovšem po celou noc! Současně však učinit opatření, která zajistí bezpečnost dopravy. Znamená to například omezení rychlosti, použití příčných zpomalovacích retardérů.

- Tam, kde je příroda odolná, provozovat svítidla s vyšší náhradní teplotou chromatičnosti, a tak chránit řidiče i životní prostředí.

4 Svislá osvětlenost na objektech

Norma [1] je nepřijatelně přísnější, než požaduje závazná norma ČSN EN 12464-2 [3], která se rušivým světlem rovněž zabývá. Je stejně nepřijatelná i v porovnání s doporučením CIE150 [2].

Pro zónu Z0 uvádí norma požadavek „neaplikovatelné“ a pro Z1 předepisuje 0 lx. Pro všechny vyšší zóny je v případě veřejného osvětlení požadována osvětlenost ≤ 5 lx a pro ostatní osvětlení ≤ 1 lx. Že jde o nepřiměřeně tvrdé požadavky vyplývá z toho, že ve [2] i [3] jsou takto přísné hodnoty pro zónu E2/Z2 v době nočního klidu (≤ 1 lx), resp. mimo ni (≤ 5 lx).

Požadavek osvětlenosti ≤ 5 lx je v jasnějších lokalitách obtížně splnitelný, spíše nereálný. Proto jsou pro světlejší prostory požadovány ve [2] i ve [3] vyšší hodnoty, až 25 lx.

Dosáhnout hodnoty ≤ 1 lx je velmi nereálné. Poloviční hodnota, platná pro reklamní panely a vývěsní štíty obchodů, je prakticky vyloučena. Vzhledem k tomu, že i zde platí omezení v době od 22:00 do 6:00, tak je to v případě „ostatního“ osvětlení celkem „neškodné“, protože se většina takových zdrojů světla v té době neprovozuje. Snad jen vývěsní štíty večerek.

Shrnutí – požadavky normy jsou extrémní, není mi známá žádná odborná práce, která by je korektně zdůvodnila. Jedná se o bezohledné požadavky členů TNK-158.

5 Jas fasády budovy

Osvětlit průčelí v zóně Z0 je zakázáno v noční době, pro Z1 zákaz platí od půlnoci. V ostatních zónách je osvětlení fasád po půlnoci přípustné, pokud ovšem jejich jas v novém stavu nepřesáhne hodnotu 2 $cd.m^{-2}$. To je hodnota průměrného udržovaného jasu komunikace třídy M1 a také jas, který se běžně ve světlejším nočním prostředí vyskytuje. Znamená to, že úmyslně osvětlovaný objekt může snadno zaniknout, nebude kontrastovat s okolím.

Dopad to bude mít nejen na estetické ztvárnění prostoru města, ale i na turistický ruch. Mizerně osvětlené památky projíždějící cizinec přehlédne či neuvidí vůbec. Pak je ovšem motivace k jejich další návštěvě nižší a v důsledku městské pokladna o něco chudší.

V rozumně zpracovaném dokumentu [3] je přípustný jas až 25 $cd.m^{-2}$ mimo dobu nočního klidu, až 5 $cd.m^{-2}$ za nočního klidu. To pro zónu E4/Z4. V zóně E1/Z1 to jsou povolené jasy 2 $cd.m^{-2}$ mimo noční klid a 0 $cd.m^{-2}$ v něm. Ve [2] je to podobné – pouze se nevyžaduje naprostá 0, avšak pro E0 a E1 je přípustný jas < 0,1 $cd.m^{-2}$ – bez ohledu na noční dobu.

Mimo noční dobu norma odkazuje na dokument CIE 94 [5], který je téměř třicet let starý. Je však uvedeno, že „lze“ použít „například“. Tak není nezbytné se jím zabývat. Je přípustné postupovat podle [3] nebo závazné normy [4] – formulováno je to dokonce tak, že se musí požadavky těchto norem respektovat.

Shrnutí – požadavky normy jsou extrémní…

6 Jas znaku

Ani v požadavcích na jas znaků se norma [1] nikterak nerozpakuje vznést přemrštěné požadavky. Opět jsou znaky na indexu v zóně Z0 zakázány po celou noc a v Z1 jsou přípustné do půlnoci. V ostatních zónách nesmí jas překročit hodnotu 200 $cd.m^{-2}$.

Podle závazné normy [3] je v E1 (Z1) přípustný jas do 50 $cd.m^{-2}$, Pro E2 je to dvojnásobek hodnoty přípustné podle [1], tj. 400 $cd.m^{-2}$, pro E4 (Z4) to je dokonce pětinásobek (1 000 $cd.m^{-2}$). Shodná čísla (jako ve [3]) jsou také v dokumentu CIE [2], kde je pro E0 (Z0) přípustný „nenulový“ jas < 0,1 $cd.m^{-2}$ – opět bez ohledu na noční dobu.

Mimo dobu nočního klidu norma odkazuje, že „například“ „lze“ použít hodnoty podle CIE 136 [6]. V tomto materiálu se s jasy pracuje jinak, omezují se v závislosti na velikosti svítící plochy. Opět je tedy vhodnější vycházet ze závazné normy [3], jejíž požadavky se musí respektovat.

Shrnutí – požadavky normy jsou extrémní…

7 Podíl horního světla

Na první pohled se zdá, že v tomto případě norma respektuje pravidla nastavená v dokumentech [2] a [3]. Až pak si čtenář povšimne faktu, že hodnoty platí pouze v případech, kdy je požadováno zajištění svislé nebo poloválcové osvětlenosti. To jsou například společenské prostory, parky, místa s rizikem kriminality nebo tam, kde je třeba zvýšit pocit bezpečí. Patří sem i přechody pro chodce nebo křižovatky. Pokud však nebude osvětlení navrhovat zkušený světelný technik, tak tuto možnost opomine.

V ostatních případech je požadována nekompromisně nulová hodnota podílu horního světla. Přitom nulová hodnota není v žádném případě zárukou omezení nežádoucích účinků světla. Záleží na optice svítidla. Mohou nastat případy, kdy se k obloze od svítidel s nulovým podílem dostane díky odrazům od terénu větší množství rušivého světla než od kvalitních svítidel, byť s malým podílem horního světla. Také ve městech nemá extrémní omezení význam. To díky clonění zastavěným okolím nebo vzrostlou zelení.

Shrnutí – požadavky normy jsou extrémní…

8 Třída svítivosti

Další nesmyslný požadavek. Omezení podle třídy svítivosti spočívá v omezení svítivosti svítidla v určitých směrech. Co je na tom však nejzajímavější? Fakt, že se nejedná o svítivost absolutní, ale poměrnou, vztaženou na 1 000 lumen.

Tak nastává absurdní stav. Například svítidlo, které má svítivost 100 $cd.klm^{-1}$ (požadavek tříd G*3 až G*6 pro úhel 80° a více) a světelný tok 10 klm, má absolutní svítivost v daném směru 1 000 cd. Jiné svítidlo má svítivost 110 $cd.klm^{-1}$, tedy je nepřípustné. Ovšem ke stejně kvalitnímu osvětlení dané komunikace vystačí se světelným tokem 9 klm. Absolutní svítivost je 990 cd. Tedy menší, než u „vyhovujícího“ svítidla. „Nepřípustné“ svítidlo se chová ohleduplněji ke svému okolí než „vyhovující“.

Lpění na nesmyslném požadavku je skrytá podpora omezení světelného toku do horního poloprostoru.

Shrnutí – požadavky normy jsou extrémní…

9 Tolerance návrhu osvětlení

Abych jen nehudroval. Norma požaduje, aby průměrná udržovaná osvětlenost nepřekročila předepsanou [6] hodnotu jasu nebo osvětlenosti o více než 30 %. To je celkem dostatečná mez, aby bylo možné zajistit její nepřekročení. Konečně rozumný požadavek.

Je však na pováženou, jak se bude toto pravidlo vyhodnocovat. Není vždy je možné osadit světelná místa v optimálních roztečích. Někde vadí vjezd na pozemek, jinde podzemní sítě…

tak se snadno může stát, že bude nutné umístit svítidla v poměrně malé rozteči. Nemusí pomoci ani snížení světelného toku svítidla. Může být vyloučeno třeba proto, že následuje hraniční možná rozteč. Pak může snadno dojít k tomu, že v onom krátkém úseku bude překročena povolená tolerance.

Krom toho vstupuje do hry nejistota kontrolního měření. Běžná je deset procent. Pro normovou osvětlenost 10 lx a činitel údržby 0,8 je přípustná návrhová osvětlenost 16,3 lx (průměrná v novém stavu). Pokud bude při měření s nejistotou 10 % naměřeno 14,9 lx, tak nelze rozhodnout, zda soustava vyhovuje normě. Skutečná hodnota se totiž pohybuje v mezích 13,4 až 16,4 lx. Pro nejistotu měření 10 % je nejvýše přípustná osvětlenost 14,8 lx v novém stavu. Jen tak je možné rozhodnout, že soustava splňuje požadavek normy. To odpovídá toleranci pouhých 18 %. Doporučuji obcím zadávat kontrolní měření majitelům těch nejpřesnějších přístrojů s minimální nejistotou měření.

V souvislosti s tím je třeba normě vytknout fakt, že nezmiňuje možnost navýšit úroveň osvětlení v případě mimořádné události. Například tehdy, kdy dojde k dopravní nehodě, práci ve vozovce apod. Pak je žádoucí takový úsek osvětlit více než za běžného provozu.

Budu tolerantní a odstavec o toleranci nezakončím „shrnutím“. I když bych také měl. Tolerance výpočtu není 30 %, ale ve skutečnosti pouze 18 %. To v případě, že se výpočtář bude „krýt“ a předpokládat, že kontrolní měření bude provedeno s nejistotou měření 10 %. I pro výpočty umělého osvětlení by se měla zavést tolerance výpočtu podobně, jako o tom píšu v jiném příspěvku („Z šera dávných věku, aneb o duševním úpadku“).

10 Závěrem

Shrnu – požadavky normy jsou extrémní. Jsou v rozporu se současnými normami a zejména doporučením CIE-150 [2]. Doporučení CIE jsou podkladem pro normotvornou činnost v Evropě (nejen), vznikají za přísné oponentury v týmech největších odborníků.

Snahou MŽP (nikoliv České agentury pro standardizaci) je normu učinit závaznou. Není to správné řešení. Naopak. Správné by bylo pozastavit platnost normy a provést její revizi za účasti světelných techniků (TNK 76, ČSO, SRVO) a dalších odborníků, např. dopravní policie…

Literatura a odkazy

[1] ČSN 36 0459:2023 Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení,

[2] CIE-150:2017 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor,

[3] ČSN EN 12646-2:2014 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovnich prostoru - Část 2: Venkovní pracovní prostory,

[4] ČSN EN 12193:2019 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť,

[5] CIE 94:1993 Guide for floodlighting,

[6] CIE 136:2000 Guide to the lighting of urban areas,

[7] ČSN EN 13201-2:2019 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky

Z šera dávných věku, aneb o duševním úpadku

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, tel. 604 277 729, dql@dql.cz, www.dql.cz

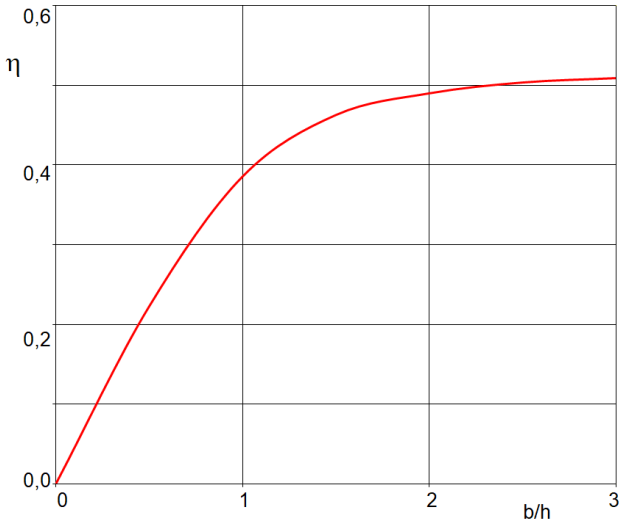
Abstrakt: V tomto příspěvku se pokouším připomenout skutečnost, že počítače nejsou neomylné. Neomylní nejsou ani jejich programátoři. A už vůbec nejsou neomylní uživatelé. Dovolím si zpochybnit, že výsledek získaný pomocí počítače je přesný a správný. V závěru si dovolím navrhnout toleranci výpočtu, obdobu nejistoty měření.

1 Zděšení

Kdysi jsem se zabýval vzájemnou vazbou mezi účinností svítidla a činitelem využití v případě osvětlení komunikace. Nenapadlo mě, že se tak dostanu k prastarým způsobům výpočtů osvětlení. K postupům upadajícím v zapomnění díky počítačům. Ono „díky“ je špatné slovo, protože není sebemenší důvod se nad tím radovat. Lidé (mne nevyjímaje) zpohodlněli, přestávají přemýšlet, místo úsudku používají rutinní výpočty.

Připomenu, že činitel využití se určí jako součin osvětlenosti a osvětlované plochy podělený světelným tokem zdroje. Proč se zamýšlet nad tím, jaká je závislost mezi osvětleností vozovky a roztečí stožárů? Je přece možné vložit údaje do počítače a pak, s důvtipem hodným naší kočky, zvětšovat rozteče stožárů až budou co nejdále, a přitom osvětlenost vozovky bude odpovídat požadované hodnotě (případně i další parametry). Po třech pokusech jsem z vrozené lenosti ustal ve výpočtech a výsledky vložil do excelovské tabulky.

K mému nesmírnému překvapení vyšla hodnota ve všech případech stejná (počítal jsem s jednotnou šířkou vozovky). Až po chvíli (neříkám, že krátké) jsem si vzpomněl na výpočty osvětlení komunikací v době logaritmických pravítek. V katalogových listech svítidel byly tzv. b/h křivky. Na nich se pro podíl šířky osvětlované komunikace k výšce svítidla odečetl podíl světelného toku dopadající na nekonečný pruh oné šíře. Například (viz obr. 1) pro vozovku širokou jako je svítidlo vysoko (b/h =1) je onen podíl cca 0,38. Toto číslo se vynásobilo světelným tokem zdroje a podělilo velikostí osvětlované plochy (šířka vozovky × rozteč světelných míst). A bylo známá počáteční osvětlenost vozovky. Ano, ono číslo je činitel využití.



Obr.1 b/h křivka, aneb činitel využití

Mohl bych pokračovat dál, ale nechci zatěžovat pasáží, která s tímto textem souvisí jen do té míry, že ukazuje, jak jsme začali spoléhat na počítače a přestali myslet. Koho problematika b/h křivek zajímá, nalezne ji zde [1].

2 Neomylnost počítačů

Pozoruhodná je rozšířená, leč neopodstatněná důvěra, že počítače poskytují správné a přesné výsledky. Není tomu tak. V následující tabulce jsou výsledky pro naprosto symetrickou místnost, symetrickou výpočtovou rovinou, symetricky umístěné okno, žádné okolní překážky. Výsledky by měly být rovněž symetrické – podle sloupce C:

	A	B	C	D	E
1	2,4	**5,5**	6,6	**5,4**	2,4
2	1,6	2,4	2,7	2,4	1,6
3	**0,9**	1,2	1,3	1,2	**1,0**
4	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6
5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tab.1 Symetrické zadání, nesymetrické výsledky

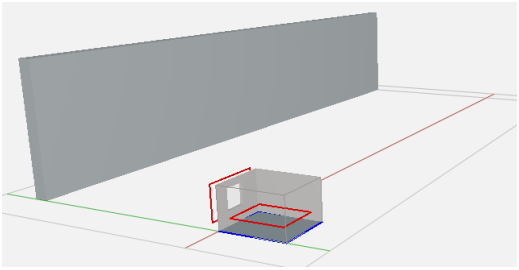
Ne, výsledky nejsou symetrické. Výsledky se liší o desetinu (po zaokrouhlení) ve dvojicích symetrických bodl B1-D1 a A3-E3. Samozřejmě se liší méně, o jednu až dvě setiny. Ale liší.

K tabulce 1 se vrátím v závěru svého pojednání.

3 Porovnání výpočetních programů a výpočtářů

Požádal jsem kolegy o spočítání triviálního příkladu v programech, které jsou u nás rozšířené a který ten který kolega používá.

Šlo o výpočet denního osvětlení s následujícím zadáním. Souřadný systém je vnitřní levý horní roh místnosti o šířce (x) 4,0 m, hloubce (y) 5,0 m a výšce (chcete-li z) 3,0 m a tloušťce stěny 0,45 m. Odrazy světla pro strop/stěnu/podlahu jsou 0,70/0,50/0,30, odrazy venkovních stěn 0,40. Okno o rozměrech šířka×výška je 1,5×1,5 m; parapet 1,0 m. Levé ostění 1,0 m od počátku souřadnic (levý roh místnosti). Celkové ztráty (sklo/konstrukce/znečištění) 0,512 (tj. 0,80/0,80/0,80).



Obr.2 Překážka

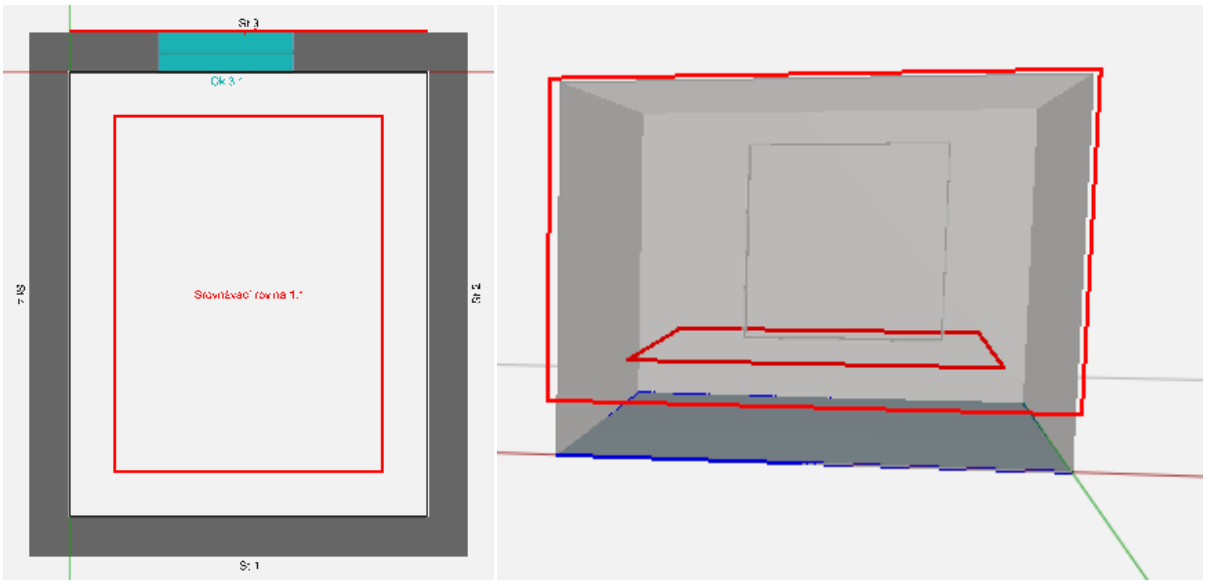
Překážka rovnoběžná s osou x délky 50,0 m a výšky 10,0 m s hloubkou 1,0 m. Souřadnice počátku x 0,0 m a y 5,0 m. Činitel odrazu světla 0,40 a terénu 0,20.

Poznámka k terénu – některé programy vyžadují (umožňují) nastavit pozici a rozměr terénu. Volba má vliv na výsledek. Ponechal jsem ji na rozhodnutí počtářů – dost možná to ovlivnilo výsledné hodnoty.

Výpočtové plochy (obr. 3) – počet kontrolních bodů podle normy. Pozor, v evropské normě ČSN EN 17037+A1 [2] je uveden chybný vztah, správný je v ČSN 12646-1 [3].

Vnitřní výpočtová plocha – vzdálenost od stěn 0,50 m; výška nad podlahou 0,75 m (případně také 0,85). Tomu odpovídá počet kontrolních bodů 6×8 když první řada (sloupec) bude 0,75 m od stěny (0,25 m od okraje výpočtové plochy) a rozteče řad (sloupců) bude 0,5 m.

Externí svislá výpočtová plocha má rozměry výška (z) 2,5 m a délku (x) 4,0 m. Je vzdálena 0,01 m od líce fasády (y=0,46 m) a ve výšce (z) nad terénem 0,5 m. Počátek x = 0,0 m. Počet kontrolních bodů je 5×8 (x×z), to znamená stejné vzdálenosti sloupců a řad jako u interní plochy.



Obr.3 Výpočtové plochy

Výsledky jsem požadoval v tabulkové formě na 3 desetinná místa. Překvapivě i tato poslední podmínka byla pro některé programy nebo výpočtáře problém.

V dalším textu neuvádím, který program/výpočtář je skrytý za značkou P/V. Nechci, aby vznikly útoky proti některému z programů, natož osob. Přesto, že je zadání jednoznačné, tak ne všichni výpočtáři je zvládli zadat do výpočtu. Nesrovnalosti byly například v počtu kontrolních bodů nebo nastavení ztrát. Nebudu to rozebírat, je to jen připomenutí, že diference nemusí být jen rozdílnými algoritmy výpočetních programů, ale také je mohou ovlivnit ne/zkušenosti výpočtáře.

Porovnal jsem výpočty pěti programů zpracovaných sedmi výpočtáři.

Dva programy použilo pro výpočet po třech výpočtářích. Na těchto příkladech porovnám vliv výpočtáře.

	Program P1			poměr extrémů		rozdíl extrémů	
	V1	V6	V3	průměr	max/min	abs.	des.m.
průměr	1,11	1,085	1,13	1,107	1,038	0,041	0,0
med	0,69	0,606	0,72	0,671	1,183	0,111	0,1
max	4,72	5,880	4,73	5,109	1,246	1,160	1,2
min	0,26	0,230	0,27	0,253	1,170	0,039	0,1

Tab.2 Porovnání výpočtářů používajících program P1 – plocha v interiéru

Výpočtáři se překvapivě shodli na počtu a rozmístění kontrolních míst. Na exportu výsledků na tři desetinná místa již shoda nenastala, dohodu dodržel pouze jeden z nich. V tabulce jsou uvedeny hodnoty průměr ze všech výpočetních bodů, medián, maximum a minimum. Přijatelná shoda je pouze u průměru. Odchylka u mediánu a minima je již desetina procenta, u maxima dokonce více než procento (1,2 %). Větší vypovídající hodnotu má však poměr mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou jednotlivých parametrů – ten je nejpříznivější pro průměrnou hodnotu 1,038. Pro minimum je dokonce 1,17 a pro zbývající parametry ještě horší.

Vyplývá z toho závěr, že i při stejném výpočetním programu může dojít různý počtář k poměrně významně odlišným výsledkům.

	Program P5			poměr extrémů		rozdíl extrémů	
	V5	V5a	V7	průměr	max/min	abs.	des.m.
průměr	0,9	1,0	0,6	0,826	1,590	0,4	0,4
med	0,4	0,4	0,3	0,367	1,333	0,1	0,1
max	7,5	7,5	4,3	6,433	1,744	3,2	3,2
min	0,1	0,1	0,0	0,067	-	0,1	0,1

Tab.3 Druhý „třikrát“ použitý program P5

Počtář V5 stanovil hodnoty, když použil metodu využívající činitel jasu překážky k_γ a to o velikosti 0,1 (sloupek V5), v případě V5a pracoval s činiteli odrazu. Pozoruhodnější je však odchylka výpočtáře V7, v případě maxima je poměr 1,744. Výsledky ukazují na jeho nezkušenost. V dalších porovnáních jsem proto tohoto počtáře vyřadil.

V následující tabulce je přehled výsledků všech použitých programů a výpočtářů. Smyslem tohoto textu není posouzení, který program počítá správněji než jiný. Smyslem je ukázat, že programy neposkytují shodné výsledku. Ať už je to „vinou“ obsluhy nebo „vinou“ algoritmu.

	P1			P2	P3	P4	P5		abs			max/min
	V1	V6	V3	V2	V3	V4	V5	V5a	průměr	max	min	
průměr	1,11	1,085	1,13	1,11	1,19	1,036	0,9	1,0	1,07	1,19	0,93	1,29
med	0,69	0,606	0,72	0,69	0,75	0,564	0,4	0,4	0,60	0,75	0,40	1,88
max	4,72	5,880	4,73	4,72	6,60	4,980	7,5	7,5	5,83	7,50	4,72	1,59
min	0,26	0,230	0,27	0,26	0,35	0,123	0,1	0,1	0,21	0,35	0,10	3,50

Tab.4 Přehled výsledků všech použitých programů a výpočtářů

Nejvýraznější odchylky jsou v případě minim. Jednou z příčin je skutečnost, že jde o malá čísla a drobné odchylky mají větší dopad na porovnání stanovených hodnot. Přesto odchylka v řádu násobků minima (0,35/0,10) je značná. Pro posouzení osvětlení má význam průměrná hodnota, resp. medián. U těchto veličin je odchylka též nemalá.

Je možné, kdyby se jednotliví výpočtáři pustili do analýzy příkladu, tak by byly odchylky mezi jednotlivými výsledky menší, až přijatelné. Rovněž není vyloučeno, že zvolený příklad je nevhodně zvolen a je na hraně omezujících podmínek výpočetních programů.

Z uvedeného však vyplývá jeden závěr. Je mýtus, že počítač poskytuje přesné a neotřesitelně správné výsledky. Proto by se měl tento fakt vzít v potaz v případě mezních hodnot. Tj. v případech, kdy je výsledek na hraně požadavků norem nebo v případech, kdy se posuzují dva stavy (obvykle současný a navrhovaný).

Ve stručnosti k výpočtu pomocí metody přístupu světla k průčelí. Zde jsou rozdíly mezi jednotlivými programy a výpočtáři podstatně menší. Také jde o jednodušší úlohu kde „naseká“ výpočtář i program méně chyb, resp. odchylek od ostatních. Přehledně je v následující tabulce uvedena průměrná, maximální a minimální hodnota činitele denní osvětlenosti na svislé ploše.

	program - výpočtář							abs			max/min
	P1-V1	P1-V6	P1-V3	P2-V2	P4-V4	P3-V3	P3-V3a	průměr	max	min	
průměr	41,66	41,04	41,66	41,99	43,71	41,09	41,60	41,82	43,71	41,04	1,07
max	43,50	42,13	43,78	43,37	44,83	42,70	43,20	43,36	44,83	42,13	1,06
min	39,80	39,39	39,49	40,33	42,05	39,40	39,90	40,05	42,05	39,39	1,07

Tab.5 Výpočet na svislé výpočtové ploše

Z pohledu hodnocení je podstatná minimální hodnota. To se pro jednotlivé výpočty pohybuje absolutně od 39,39 co 42,05 %. Po zaokrouhlení na jednotky procent, jak norma vyžaduje, to je 39 a 42 %. Rozdíl 3 %, to odpovídá odchylce 1,076 (= 42/39).

4 Tolerance výpočtu

Vrátím se k tabulce 1. Z té vyplývá, že i u symetrických příkladů vycházejí nesymetrické výsledky. Rozdíl je desetina procenta. Není vyloučeno, že může být i větší. Přitom právě desetina může rozhodnout o tom, zda je osvětlení vyhovující či ne.

Rozdílné programy poskytují rovněž rozdílné výsledky. Nemluvě o vlivu zkušenosti výpočtáře.

Z uvedeného vyplývá, že je korektní zavést jistou volnost při vyhodnocování výsledků výpočtů.

Při hodně přísném pohledu by měl být považován za vyhovující výsledek

- o desetinu procenta horší v případě výpočtů v interiéru,
- o jedno procento horší v případě výpočtů na fasádě (zde se zaokrouhluje na celá čísla).

Příklad: Norma požaduje pro běžné prostory s trvalou prací (tab. 4.1) hodnoty $D_{T50\%}$ 2,0 % a $D_{TM95\%}$ 0,7 %. Podle navrženého pravidla by se jako vyhovující považovali hodnoty $D_{T50\%} \geq$ 1,9 % a $D_{TM95\%} \geq$ 0,6 %. V případě průčelí pro kategorii 2 je normou požadováno 32 %. Postačilo by ≥ 31 %. V případě porovnávání dvou stavů by byly považovány za rovnocenné v případě, že by například v prvém stavu byla hodnota v bodě 17 % a v navrhovaném ≥ 16 %. Například proto, že se vypočtené hodnoty mohou ve skutečnosti lišit třeba jen o setinu – 16,50 a 16,49 %. Rozdíl nepozorovatelný, neměřitelný.

5 Ověření měřením

Dejme tomu, že na fasádě změří metrolog 6,4 kiloluxů a na nezastíněné střeše v téže chvíli 20 klx. Podělí tato čísla – vychází 32 %. Žel, nemůže prohlásit, že je splněn požadavek pro kategorii osvětlení 2. To proto, že se při měření bere v úvahu jeho nejistota. Když bude (aby se nám lépe počítalo) 10 %, tak to znamená, že skutečná hodnota leží někde mezi 29 % (28,8 %) a 35 % (35,2 %). O naměřené hodnotě nelze rozhodnout, zda je nebo není vyhovující. Až při naměřené hodnotě 35 % by byla dolní mez ≥ 32 % (31,5 %). A budeme se dohadovat, zda výpočet poskytl výsledek 31 nebo 32 %?!

Dovolím si navíc zpochybnit, že je správný výpočet rozmezí v předešlém odstavci. Změřená osvětlenost na fasádě 6,4 klx je při respektování nejistoty měření 5,76 až 7,04 klx. Podobně skutečná hodnota změřená na střeše (20 klx) je někde v rozmezí 18 až 22 klx. Podělením dolní meze na fasádě horní mezí na střeše bude činitel osvětlení fasády 26 % (26,2 %) a naopak horní mez na fasádě ku dolní na střeše bude 39 % (39,1 %). Oblast je 26 až 39 %, nikoliv 29 až 35 %, jak bude tvrdit většina „měřičů“.

Aby bylo možné prohlásit, že činitel denní osvětlenosti vyhovuje požadavkům kategorie 2, tak by se musela naměřit hodnota na fasádě 7,688 klx. To za předpokladu, že na střeše by bylo stále oněch 20 klx. Pak se činitel denní osvětlenosti na průčelí pohybuje v rozmezí 32 % až 47 %.

Z uvedeného plyne, že hodnota na průčelí, ale i v interiéru, je prakticky neprokazatelná v případě, že se bude pohybovat v blízkosti předepsaných hodnot.

6 S poctivostí nejdál dojdeš

Když se připustí tolerance uvedená v závěru 5. kapitoly, tak bude více poctivých počtářů. V současné době se nerozpakuje řada výpočtářů nevyhovující výsledky upravit na vyhovující. Ví, že jsou nepostižitelní. Pokud to nepřeženou, tak se pohybují v oblasti, kde nelze měřením prokázat jejich nepoctivost.

Zavedením přípustné záporné tolerance se nebudou muset nepoctiví počtáři uchylovat k „úpravám“. Bude více poctivých! 😊

Poznámka na závěr – Podobně je to s „přesností“ výpočtu také v oblasti umělého osvětlení. Stručně jsem se tomu věnoval ve svém příspěvku „Ekologie ve venkovním osvětlení“ na tomto kurzu.

Literatura a odkazy

[1] Tomáš Maixner, K výběru svítidel pro osvětlení komunikací, časopis Světlo 2009/2

[2] ČSN EN 17037+A1: Denní osvětlení budov: 2022

[3] ČSN EN 12646-1: Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovišť – Část 1: Vnitřní pracoviště: 2022

[4] ČSN 73 0580-1: Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky: 2007

Řízení venkovních osvětlovacích soustav s komunikací na velké vzdálenosti

Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D., doc. Ing. Roman Hrbáč, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, FEI
tomas.mlcak@vsb.cz, roman.hrbac@vsb.cz, www.vsb.cz

Článek také popisuje problematiku řízení venkovních osvětlovacích soustav v elektrických stanicích přenosové soustavy ČEPS, a.s. Je zde popsána problematika řízení osvětlovacích soustav pomocí standardu DALI. Vzhledem k rozlehlosti elektrické stanice je třeba zajistit komunikaci na velké vzdálenosti. V článku jsou řešeny jednotlivé možnosti komunikace se svítidly. Provoz osvětlovací soustavy elektrických stanic přenosové soustavy je monitorován řídicím systémem s PLC, a to umožňuje provádět řízení a diagnostiku jednotlivých druhů osvětlení. Hlavními důvody pro řízení osvětlovacích soustav jsou úspora energie, náležitá viditelnost kamerového systému a omezení světelného znečištění.

1 Úvod

Problematikou řízení venkovních osvětlovacích soustav se zabýváme především v elektrických stanicích přenosové soustavy. V rámci standardizace v ČEPS, a.s. jsou zpracovány technické normy, které upřesňují požadavky na provedení jednotlivých druhů osvětlení. Jedná se především o normu TN 59, která popisuje zásady instalace osvětlovacích soustav, jejich ovládání s ohledem na zabezpečení elektrické stanice a požadavky na vyhotovení projektové dokumentace [1]. S ohledem na požadavky řízení osvětlení bylo navrhnuto využití svítidel s rozhraním DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Jelikož standard DALI má jisté omezení vzhledem k délce komunikace bylo zapotřebí navrhnout komunikační technologii, která zajistí spolehlivou komunikaci na velké vzdálenosti. Důvodem ovládání (stmívání) osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení je zejména úspora elektrické energie (doba provozu je cca 4100 h/rok), s regulací souvisí i příznivý vliv na životnost svítidel a světelných zdrojů během provozu (vyšší míra stmívání u nových osvětlovacích soustav). Následně jsou to požadavky na omezení světelného znečištění a neposlední řadě přizpůsobení osvětlovací soustavy požadavkům kamerového systému TSFO (maximalizace světelného toku při zhoršených rozptylových podmínkách a jeho minimalizace při kvalitní viditelnosti a jasném pozadí při sněhové pokrývce).

Provoz osvětlovací soustavy elektrických stanic je monitorován řídicím systémem PLC, a to umožňuje provádět diagnostiku jednotlivých druhů osvětlení. Cílem využití řídicího systému PLC je nejen zajištění spolehlivého provozu a ovládání venkovního osvětlení, ale také monitoring a diagnostika osvětlovacích soustav se vzdáleným dohledem na osvětlení elektrické stanice přenosové soustavy. Tímto způsobem je dosaženo nejen lepšího dohledu a větší bezpečnosti, ale také efektivnější údržby [2].

2 Komunikace se svítidly s předřadníkem DALI na velké vzdálenosti

Rozhraní DALI je definované v souboru norem ČSN EN 62386, kdy jednotlivé části popisují základní obecné a zvláštní požadavky [3]. Jedná se o otevřené rozhraní. Komunikuje po sběrnici se dvěma vodiči, které bývají obvykle nazývány DA+/DA-, +DALI/-DALI. Sběrnice může být vedena v rámci běžného instalačního kabelu se silovými vodiči.

Délka komunikační sběrnice	Průřez kabelu
do 100 m	0,5 mm^2
100 – 150 m	0,75 mm^2
150 – 300 m	1,5 mm^2

Tab.1 Průřezy vodičů pro danou délku sběrnice

Napěťové úrovně komunikačního signálu mohou být v rozmezí -6,5 V až 22,5 V, kdy typická hodnota pro logickou 0 je 0 V v rozmezí -6,5 V až 6,5 V a typická úroveň pro logickou 1 je 16 V v rozmezí 9,5 V až 22,5 V. V Tab.1 jsou uvedeny pro jednotlivé vzdálenosti průřezy vodičů. Obecně norma udává pro rozhraní DALI maximální délku kabelu pro komunikační sběrnici 300 m. Dovolený maximální úbytek napětí je 2 V. Maximální proud sběrnicí 250 mA. Maximální klidový odběr jednoho prvku 2 mA. Přenosová rychlost je 1200 b/s +/- 10 %.

Jelikož se v normě nedoporučuje používat větší vzdálenosti než je uvedených **300 m** je nutné při požadavcích na větší vzdálenosti použít kombinaci s jiným typem komunikace, které je popsáno v následující kapitole.

3 Možnosti komunikace na velké vzdálenosti

Jak je vidět v předchozí specifikaci samotné DALI rozhraní komunikuje na poměrně krátké vzdálenosti, což při použití pro venkovní osvětlení v elektrické stanici, která je prostorově rozsáhlá, je nedostatečné. V těchto případech jsou uvažovány vzdálenosti kolem 1000 m. Proto bylo posuzováno několik možností pro komunikaci s DALI převodníky na popžadované vzdálenosti.

3.1 Komunikace pomocí rozhraní Ethernet

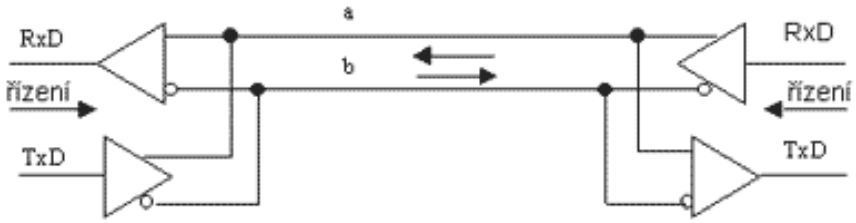
V tomto případě byl uvažován například sériový převodník M090 firmy Domat Control System s.r.o., který pracuje jako Modbus TCP server (přijímá telegramy Modbus TCP) a řídí sběrnici DALI (Digital Addressable Light Interface), která může obsahovat až 64 předřadníků DALI. Převodník dále obsahuje webové rozhraní pro manuální zadávání příkazů DALI včetně konfigurace sběrnice a diagnostických příkazů. Převodník M090 pracuje na sběrnici DALI jako master. Příkazy zasílané protokolem Modbus nebo přes webové rozhraní jsou překládány na telegramy protokolu DALI a vysílány na sběrnici DALI. Odpovědi z předřadníků jsou překládány zpět do registrů Modbus na odpovídající adresy – viz tabulky níže. Sběrnice DALI podporuje max. 64 adres předřadníků, až 16 světelných scén a max. 16 skupin světel. Rozhraní Ethernet se připojuje standardní zásuvkou RJ45 s možností napájení převodníku standardem PoE (Power over Ethernet).

Při použití metalického instalace pro sítě Ethernet je maximální délka pevné datové kabeláže do **100 m**, proto bychom v tomto případě byli nuceni použít vedení pomoví optických kabelů. V tomto případě bychom do jednotlivých úseků museli instalovat převodníky metalika-optika a následně optika-metalika, které by zajistily požadavek na dostatečnou vzdálenost komunikace mezi řídicím systémem a svítidly.

3.2 Komunikace pomocí sběrnice RS-485

Standard RS-485 je navržen tak, aby umožňoval vytvoření dvouvodičového poloduplexního (Half-duplex) vícebodového sériového spoje. Má stejný základ jako standard RS-232, od

kterého se liší především jinou definicí napěťových úrovní, nepřítomností modemových signálů, možností vytváření sítí, kdy na sběrnici může být až 32 zařízení a možností komunikace na vzdálenost až **1 200 m** (proti 20 m u RS-232). Výhodou rovněž je, že linku RS-485 je možné vytvořit z široce rozšířeného standardu RS-232 pomocí jednoduchých převodníků úrovně. Rozhraní RS-485 využívá jen jeden pár vodičů pro oba směry toku dat a je tedy třeba směr komunikace přepínat, jak je vidět na Obr.1. Přepínání směru komunikace je řešeno softwarovým prostředím dané jednotky.



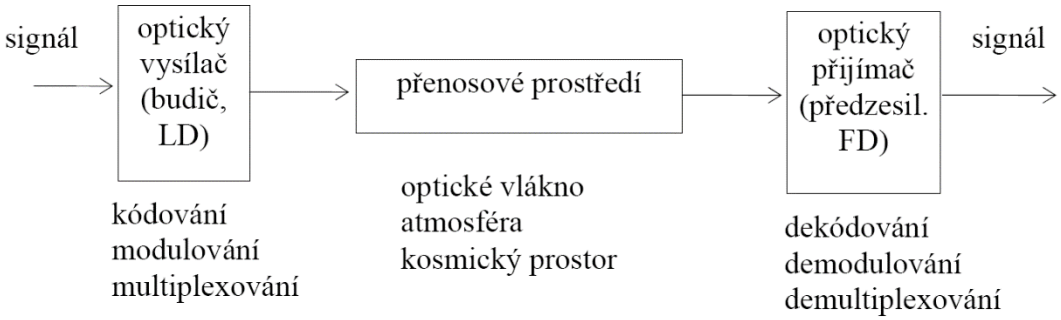
Obr.1 Komunikační rozhraní RS-485

Při vyšších rychlostech a delších vedení kabelů je u komunikačního rozhraní RS-485 důležitá tzv. terminace (provedena ukončovacím odporem). Hlavní důvody pro korektní terminaci jsou především odrazy na konci vedení, definování úrovně na vedení a podmínka minimálního zatížení vysílače. Pro RS-485 je terminace poněkud složitější, poněvadž každé zařízení komunikuje (Single TP varianta) obousměrně, tzn., že nejsme schopni určit, kde je vysílač a kde přijímač. To se mění podle toho, které zařízení právě vysílá. Proto musíme na oba konce RS 485 vedení připojit 100 Ω terminátor. Vzhledem k terminaci RS-485 je třeba ještě technicky zajistit přepínání několika stavů na výstupu. Jelikož všechny zařízení mají třístavové výstupy, nastávají (a to velice často – při každé změně komunikujícího zařízení, nebo směru toku dat) situace, kdy jsou všechny vysílače ve stavu vysoké impedance a na vedení, díky terminačním odporům, není definovaný žádný stav (Vab < 200 mV). V tomto stavu je ale žádoucí, aby napětí definovalo klidový stav, tedy Vab < -200 mV. Popis zapojení řešící tento problém pomocí hodnot terminačních odporů je uveden v literatuře [9]. Důležité je, aby odpory R3 byly pouze dva, a to na konci kabelu (mohou být součástí posledního zařízení na vedení).

Maximální rychlost přenosu dat závisí na délce vedení. Rychlost je limitovaná ohmickým odporem vedení a následnému útlumu signálu. Maximální délka kabelu vyplývá z jeho odporu, který by neměl být vetší než impedance vedení, tedy 100 Ω . Standardní TP kabel o průměru 2x0,6mm má odpor cca 100 Ω/km. Nezanedbatelná je také kapacita vedení. Proto můžeme komunikovat i na větší vzdálenosti např. 2 km, při snížené rychlosti (cca 50 kbit/s = 51 200 baudů) a dodržení parametrů kabelu.

3.3 Optický komunikační systém

V případě požadavků na ještě větších vzdálenosti je možné využití technologie s optickými vlákny. Optický komunikační systém (Obr.2) je zařízení určené k přenosu a zpracování informace pomocí optické nosné vlny, která může být energeticky nebo vlnově dělena do několika optických kanálů. Skládá se ze tří základních částí: optického vysílače, přenosového prostředí a optického přijímače. Optický komunikační systém zahrnuje řadu speciálních členů: modulátory, demodulátory, kodéry, dekodéry, multiplexory, demultiplexory, vazební členy apod. [8]



Obr.2 Základní představa optického komunikačního systému

Typy vláken pro oblast použití:

- Skleněné vlákno - Jednovidové optické vlákno stovky kilometrů až Gbit/s
- Skleněné vlákno – Vícevidové optické vlákno jednotky kilometrů až 10 Gbit/s
- Tvrdě plátovaný oxid křemičitý Hard-clad silica (HCS) použití v budovách, telekomunikacích apod. využitelná vzdálenost do 2 km až 100 MBit/s
- Polymerové vlákno (POF) použití v budovách, automobilovém průmyslu, průmyslových aplikacích apod. využitelná vzdálenost do 100 m až 100 MBit/s

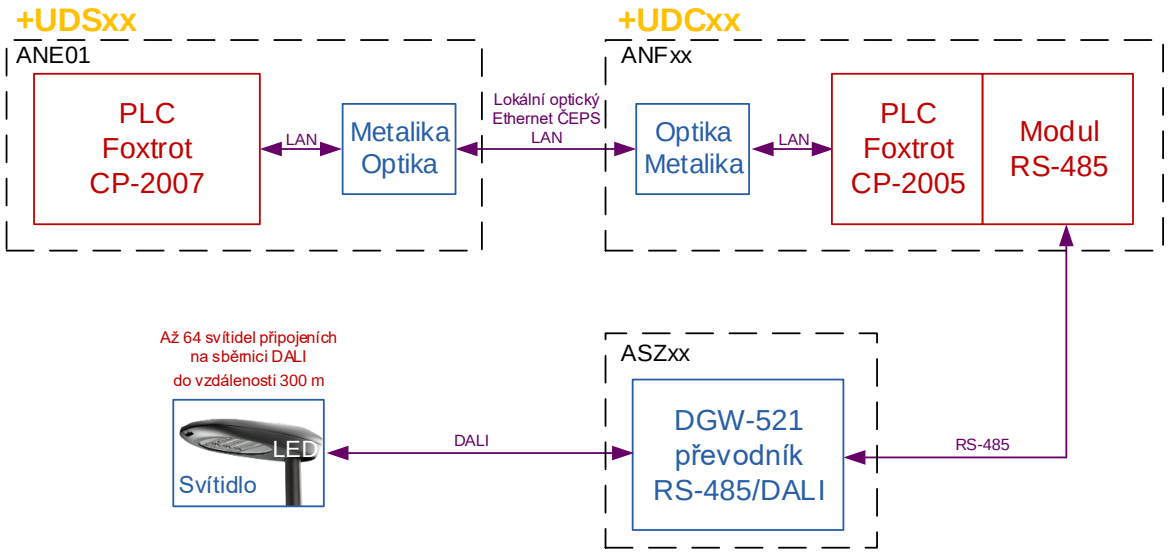


Obr.3 Převodník metalika-optika pro komunikaci RS-485

Na Obr.3 je vidět příklad převodník metalika-optika pro komunikaci RS-485 od firmy MOXA, typ TCF-142-M/S-ST. V singl módu (Jednovidové optické vlákno) je možné dosáhnout komunikace až na vzdálenost **40 km**. Cena těchto zařízení se pohybuje cca v rozmezí šesti až dvanácti tisíc korun.

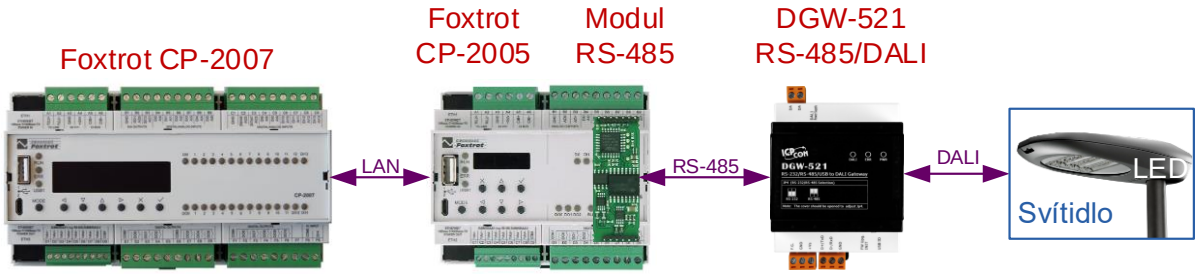
4 Realizované hardwarové řešení v elektrických stanicích

Pro naše požadavky byla v tomto případě zvolena nejoptimálnější varianta komunikace promocí sběrnice RS-485 a metalického kabelu, tato možnost je dostatečně robustní a vyhovující. Celá hardwarová koncepce řízení je znázorněna na Obr.4. Zde je vidět hlavní řídicí PLC celého systému Foxtrot CP-2007 od firmy Teco a.s. V tomto PLC běží hlavní řídicí program a tento komunikuje s ostatními periferiemi a ovládá kompletně celé venkovní osvětlení elektrické stanice.



Obr.4 Princip koncepce komunikace se svítidly s předřadníkem DALI

Jak je vidět na Obr.4 hlavní řídicí PLC je propojeno s podružnými PLC Foxtrot CP-2005 místěnými v domcích sekundární techniky UDC a UDD. Propojení je provedeno pomocí místní (lokální) sítě LAN, která je v elektrických stanicích realizována optickými kabely a vždy v místech připojení jsou switche pro klasické připojení datového kabelu na RJ45.



Obr.5 Názorný přehled komponentů a komunikace se svítidly s předřadníkem DALI

PLC Foxtrot CP-2005 má v sobě instalován modul komunikace RS-485, kterým je zajišťována komunikace na velkou vzdálenost (až 1200 m). Tento modul je propojen s převodníkem RS-485/DALI typ DGW-521 od firmy IPC DAS [4], který mimo jiné splňuje i náročné požadavky na teplotu okolí v rozsahu teplot do -25 °C do +75 °C.



Obr.6 Převodník RS-485/DALI typ DGW-521

Tento převodník je standardně instalován v rozváděči ASZxx, který je umístěn v terénu přímo u jednotlivých svítidel, proto jsou vyžadovány vyšší nároky na jeho robustnost.

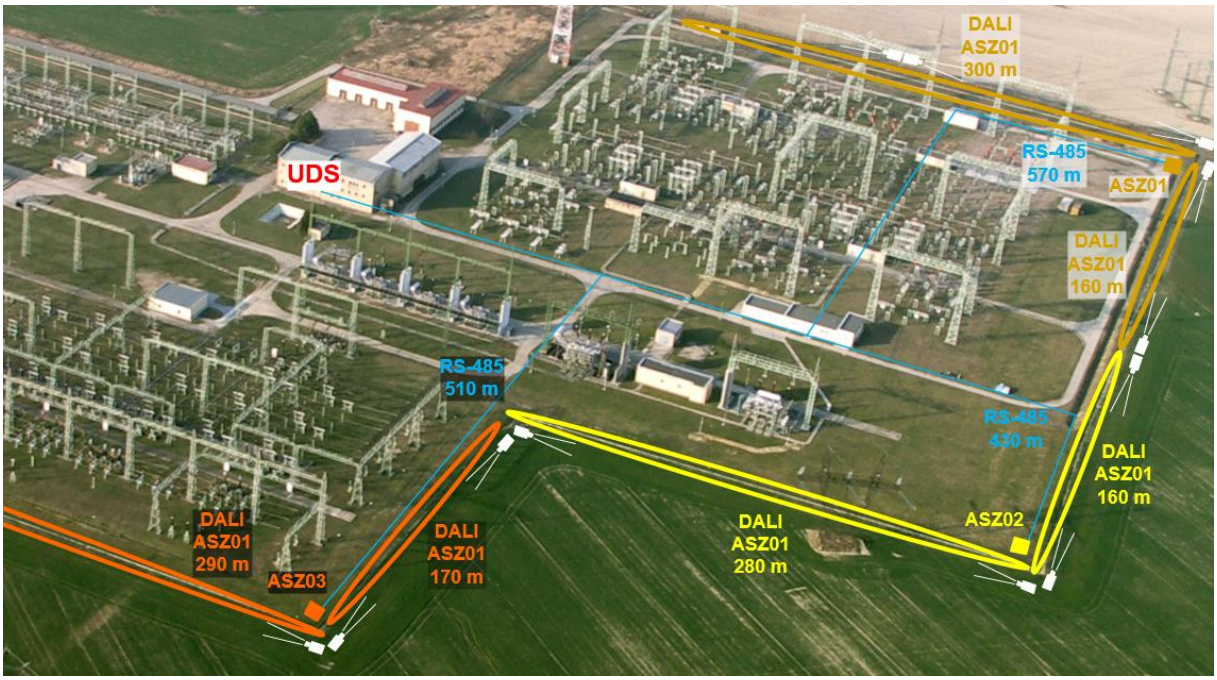
Rozváděče ASZxx jsou navíc navrhovány tak, že mají vlastní vyhřívání z důvodu omezení kondenzace. Situace se svítidly hlídacího osvětlení a rozváděče ASZxx je znázorněna na Obr.7. Samotný převodník DGW-521 je zobrazen na Obr.6. Každým převodníkem DGW-521 lze řídit až 64 svítidel s předřadníkem DALI. Převodník lze konfigurovat přes USB port, kde je nastaveno číslo převodníku, komunikační rychlost (19200 bps) a parametry komunikačního protokolu.



Obr.7 Umístění rozváděče ASZ01 v blízkosti svítidel hlídacího osvětlení

Propojení převodníku DGW-521 a komunikačního modulu RS-485 je zajištěno stíněným kabelem typu CYKFY. Z rozváděče ASZxx již jsou napojena jednotlivá svítidla pomocí sběrnice DALI. Od rozváděče ASZxx můžeme provést napojení DALI sběrnice hvězdicovitě na všechny strany do vzdálenosti 300 m. Z důvodu zajištění robustnosti celé instalace v elektrické stanici přenosové soustavy, kde se vlivem povahy zařízení vyskytují silná elektromagnetická pole bylo rozhodnuto, že sběrnicové vedení DALI v tomto prostředí bude vedeno samostatným stíněným kabelem. Takto provedená instalace zajišťuje dostatečnou spolehlivost vzhledem k elektromagnetickému prostředí rozvodny, kde se často setkáváme s ovlivněním elektrické instalace i zařízení při různých provozních činnostech v elektrické stanici přenosové soustavy, např. při provozní manipulaci spínání nebo vypínaní výkonových prvků. Názorný přehled komponentů a komunikace se svítidly je uveden na Obr.5.

Výhodou komunikace pomocí RS-485 je, že mohu oslovovat více jednotek na jedné sběrnici. Je tedy možné s použitím jednoho komunikačního modulu RS-485 v PLC Foxtrot napojit více převodníků DGW-521 a tím řídit více svítidel. Praktická ukázka rozmístění rozváděčů ASZxx v jednotlivých prostorech elektrické stanice je znázorněna na Obr.8. Zde je uveden příklad jedné z možností, kdy máme menší elektrickou stanici a celé řízení venkovního osvětlení je provedeno z jednoho místa, tedy z centrálního domku UDS a to jedním komunikačním modulem RS-485.



Obr.8 Ukázka rozmístění jednotlivých rozváděčů ASZxx pro ovládání svítidel

Když porovnáme popisované řešení s výše uváděnými možnostmi a použili bychom komunikaci pomocí ethernet sítě, tak bychom k jednotlivým místům ASZxx museli instalovat optické kabely, což vyžaduje vyšší nároky související s pokládkou a instalací optických kabelů, následně cena optického a metalického kabelu je srovnatelná. Další investice by byli do samotných převodníků metalika-optika a následně optika-metalika, které nám navýší cenu každého vývodu a v neposlední řadě i vyšší cena samotného převodníku Ethernet-DALI.

Bylo by možné také uvažovat připojení ve spolupráci s TSFO, kdy jsou instalovány rozváděče kamerového systému v blízkosti oplocení, jak je vidět na Obr.8. Rozváděče TSFO jsou propojeny ethernetem s optickými kabely, zde by bylo možné využít napojení pro řízení osvětlení.

5 Závěr

Je zde řešena problematika řízení venkovních osvětlovacích soustav na normou požadovanou horizontální osvětlenost z pohledu bezpečnosti osob či na minimální kamerovou osvětlenost požadovanou kamerovým systémem TSFO z pohledu rozpoznatelnosti potenciálního narušení elektrické stanice. Vzhledem k omezeným vzdálenostem rozhraní DALI bylo nutné nasadit rozhraní RS-485 pro prodloužení komunikace na velké vzdálenosti. Při použití rozhraní RS-485 můžeme komunikovat až do vzdálenosti 1,2 km s použitím klasického metalického kabelu. Pokud by i tato vzdálenost

byla nedostatečná můžeme využít komunikaci pomocí optických kabelů, jak je uvedeno v kapitole 3.3.

V článku popisovaná instalace s komunikací RS-485 s využitím metalického kabelu a řiditelnými svítidly s DALI předřadníkem je momentálně instalována ve čtyřech elektrických stanicích přenosové soustavy. Instalace jsou v ostrém provozu provozovány již čtyři roky a doposud nebyly zaznamenány žádné situace, které by vedly k nevykonání požadovaných funkcí.

Pro zajištění dostatečné ochrany zařízení (zdrojů, PLC, převodníků, svítidel apod.) jsou ve svítidlech i v napájecích rozváděčích instalovány přepěťové a to jak na silové napájecí obvody, tak na obvody komunikací DALI a RS-485. Tyto opatření jsou prováděny pro zajištění odolnosti proti přepětí zejména podle ČSN EN 61000-4-5 ed.3, ale také zajištění kompletní odolnosti pro průmyslové prostředí podle ČSN EN 61000-6-2 ed.4. Dále je provedeno opatření proti působení vlivů elektromagnetického pole, které vzniká zejména při manipulacích na napěťových hladinách velmi vysokého a vysokého napětí, vyhovujících normám ČSN EN 61000-4-9 ed.2 a ČSN EN 61000-4-10 ed.2.

Základním požadavkem je zajištění bezpečnosti v elektrických stanicích přenosové soustavy ČEPS, a.s. Z těchto požadavků vyplývá zajištění kvalitního a spolehlivého osvětlení celé elektrické stanice přenosové soustavy s maximální účinností, regulovatelností a včasnou detekcí poruch. Hlídací osvětlení slouží především k zajištění požadovaných bezpečnostních parametrů během možného vniknutí pachatelů trestných činů a zajištění optimální viditelnosti bezpečnostních kamer během jakýchkoliv světelných podmínek. Tato venkovní osvětlovací soustava hlídacího osvětlení je také navrhovaná v souladu s požadavky na zajištění nejvyšší efektivnosti a maximálního snížení světelného znečištění [7].

Literatura a odkazy

[1] I. Ullman, “The New Outdoor Lighting Implementation in Electric Substations ČEPS, a.s.” Proceedings of the 14th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2013, pp. 548-552, Ostrava 2013.

[2] I. Ullman, J. Otýpka, T. Mlčák, “New Development in Control System ČEPS, a.s. Electrical Substation Outdoor Lighting;” EPE 2014: Electric Power Engineering 2014: 15th International Scientific Conference; Brno, pp. 649-655, 2014.

[3] Rozhraní DALI, wikipedie, hypertextový odkaz

[4] DGW-521, manuál, hypertextový odkaz

[5] DALIconfig, uživatelský manuál, hypertextový odkaz

[6] masterCONFIGURATOR, manuál, hypertextový odkaz

[7] Becak, P.,Wlosokova, J., Picha, J., Novak, T. Sokansky, K. „Modeling of luminous flux radiation to the upper hemisphere from real model of town“, EPE 20189, DOI: 10.1109/EPE.2019.8778190

[8] Punčochář, J, Přenosová cesta optická, hypertextový odkaz

[9] Rozhraní RS-485, hypertextový odkaz

Na co myslí světelný technik u ranní kávy?

Ing. Petr Niesig, Elkovo Čepelík s.r.o., petr.niesig@elkovo-cepelik.cz, www.elkovo-cepelik.cz

Abstrakt: Zamyšlení o životě světelného technika ve vztahu k legislativním požadavkům.

Místo úvodu:

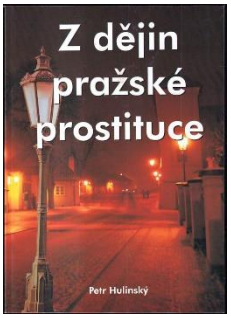
Krátký článek, který má za cíl upozornit na možná nebezpečí při návrhu osvětlení a pokusit se otevřít otázky, které se honí i v hlavách ostatních techniků.

Něco z historie:

Na přednášce za studií u Prof. Habela jsme měli přednášku Ing. arch. Ladislava Monzera (architekta, který navrhoval např. osvětlení jižního průčelí Pražského hradu, ale i Hotelu Ještěd) a ten onu přednášku začal otázkou: Jestlipak víte jak je stará světelná technika?

Po chvilce si na ni sám odpověděl: Světelná technika je stará jako prostituce. A pak podal vysvětlení, již tenkrát si muž přál na ženu vidět, a proto začal přemýšlet kam světlo umístit.

Já bych k tomu dnes dodal: stejně stará, opovrhovaná i potlačovaná.



Pokud byste začali pátrat v historii tak naleznete, že je prostituce známa již od starověku, historie egyptských králů udává příklad u egyptského krále Ramsese v r. 2244 před Kristem.

Jako důkaz spojení světelné techniky s prostitucí je možno použít knihu Z ději pražské prostituce.



Další důkaz existence oboru světelná technika lze nalézt na všem známém hradě Karlštejn (Není pravdou, že na hrad nesměly ženy. Ženy nesměly pobývati, lehati a spáti pouze ve velké věži a v kapli Svatého kříže.). Pokud navštívíte Audienční síň Karla IV zjistíte, že trůn je důmyslně umístěn mezi okna, aby návštěvníci neviděli na krále, ale on mohl číst z výrazu jejich tváří. (14 století).

A co současnost:

Jedna myšlenka je vytlačována jinou. Píše se pátek 13. ledna 2023 a v hlavou se honí myšlenky na návrh osvětlení školy co má být příští týden hotov. Mozek se upírá na to, co požaduje norma (Osvětlení vnitřních pracovišť ČSN EN 12464-1:2022)

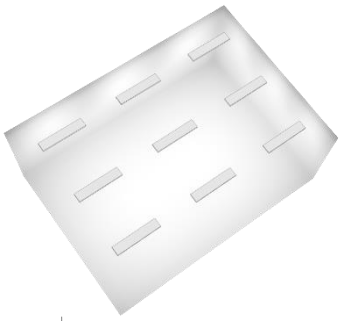
- **Omezení oslnění R_{UGL} (UGR_L) tabulkovou metodou**
- **Osvětlenost stěn $E_{m,\,wall}$ a stropu $E_{m,\,ceiling}$**
- **Válcová osvětlenost $E_{m,z}$**
- **Rovnoměrnost osvětlení**

Omezení oslnění R_{UGL} (tabulkovou metodou)**:**

Činitel oslnění „skáče“!

Někdy stačí malá změna výšky místnosti (výšky svítidel) a hodnota činitele skočí!

- příklad: kancelář 7 x 5 m při výšce 3 m vychází R_{UGL} = 18,1
  při výšce 2,9 m vychází R_{UGL} = 19,3
- Co dělat, když mám svítidlo změřené ve všech polorovinách a tabulku R_{UG} nelze vygenerovat (svítidlo se netváří jako symetrické i když skoro je, je nějaký způsob, jak to obhájit před pracovníky hygieny)?
- Jak předat info, že nelze použít tabulkovou metodu?



Osvětlenost stěn $E_{m,\ wall}$ a stropu $E_{m,\ ceiling}$

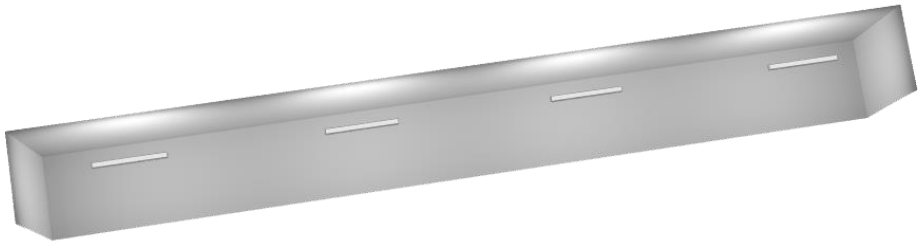
Normou požadovaná hodnota osvětlenosti často nevyjde!

Hodnota osvětlenosti stropu se mění s křivkou svítivosti a vzdáleností svítidel od stěn, v některých případech je potřeba navýšit hodnotu horizontální osvětlenosti i o 25 %!
(ve výpočtu použito svítidlo s mikroprizmatickým krytem)

- příklad: kancelář 7 x 5 x 3 m při E_m = 503 lx vychází $E_{m,\ ceiling}$ = 87 lx
  hodnotu E_m je třeba navýšit na 598 lx, pro splnění požadavku normy (100 lx), o 20 %

- příklad: chodba 15 x 1,5 x 3 m při E_m = 101 lx vychází $E_{m,\ ceiling}$ = 30 lx
  hodnotu netřeba navyšovat

- příklad: chodba 15 x **2,5** x 3 m při E_m = 101 lx vychází $E_{m,\ ceiling}$ = 24 lx
  hodnotu E_m je třeba navýšit na 125 lx, pro splnění požadavku normy (30 lx), o 25 %



Válcová osvětlenost $E_{m,z}$

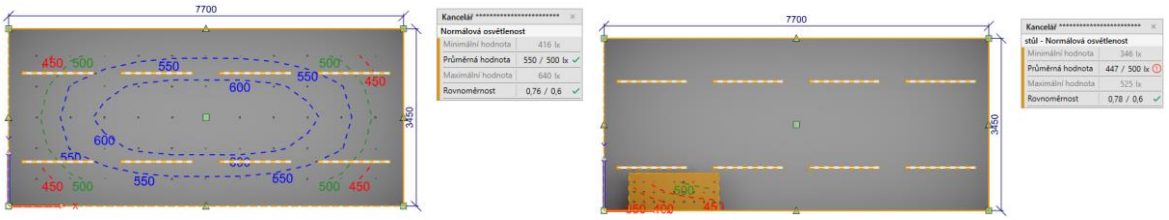
Podle testů (pro kanceláře i chodbu) vždy vyšla a myslím, že se jí není třeba extra věnovat.

Rovnoměrnost osvětlenosti U_o

Hodnoty uváděné v tabulkách v normě se týkají místa zrakového úkolu kap. 5.3.3 normy. (Pozor na jeho výšku, kanceláře uvažujeme nejčastěji ve výšce 0,75 m, na chodbách, schodech, tělocvičnách na podlaze. Místo lze jednoduše definovat např v kanceláři, když víme, kde se nachází pracovní stůl.) V případě, kdy není známa velikost a/nebo poloha místa zrakového úkolu norma ČSN EN 12464-1 v 5.3.3 uvádí: … *se buď celá plocha považuje za místo zrakového úkolu; nebo se celá plocha rovnoměrně ($U_0 \geq 0.4$) osvětlí na hodnotu osvětlenosti stanovenou projektantem; pokud se místo zrakového úkolu stane známým, musí se návrh osvětlovací soustavy změnit.*

Pozor při výpočtech úzké místnosti – pokud jsou stoly v prostoru osvětlenost většinou vyjde, ale pokud se umístí stoly ke stěnám tak soustava často nevyhoví. Na obrázcích příklad

kanceláře, výpočet plochy: osvětlenost 550 lx, rovnoměrnost 0,76; výpočet pro pracovní stůl: osvětlenost 446 lx, rovnoměrnost 0,77 (úroveň osvětlenosti nevyhovuje)!

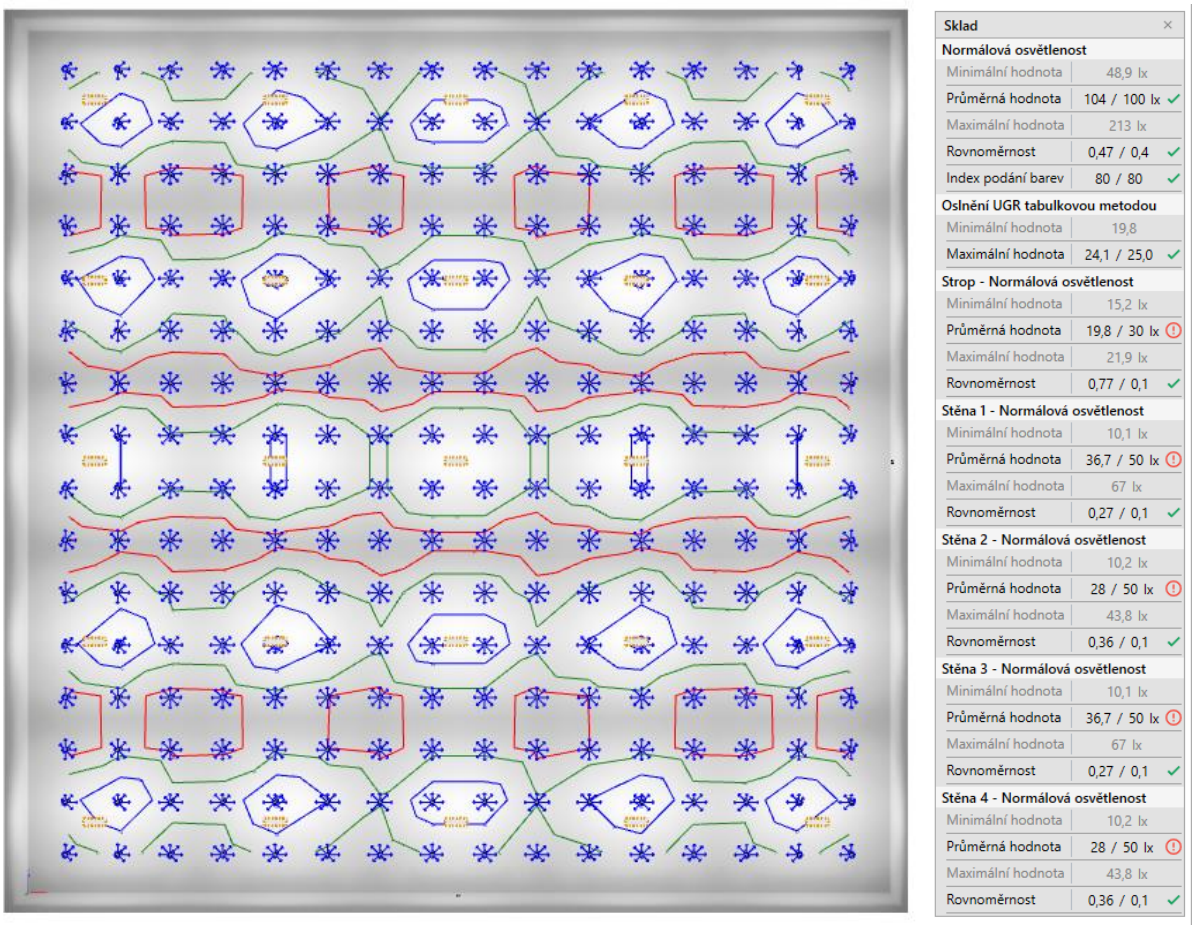


Vyřešil jsem návrh osvětlení – hurá! Jak však uvést typ svítidla do projektu, když se to pro veřejné zakázky nesmí, a přitom ručit za správnost návrhu? To radši nechám na jindy.

Subjektivní závěr:

Norma pro Osvětlení vnitřních pracovišť ČSN EN 12464-1:2022 zpřísnila požadavky a navýšila množství sledovaných veličin, ale o to víc se podle mne nedodržuje.

Pro příklad se můžeme podívat na sklad o velikosti 50 x 50 x 6 m:



Zdánlivě návrh v pořádku (osvětlenost, rovnoměrnost, index barevného podání, oslnění), „jen“ osvětlenosti stěn a stropu nevyhovují. Ukažte mi však někoho, kdo počítá osvětlenosti stěn a stropu, když vím, že mnoho lidí, co prodávají svítidla nepočítají ani oslnění…

Modelování chování velkých vertikálních světelných zdrojů z pohledu jejich vyzařování do horního poloprostoru

Tomáš Novák, Lukáš Vávra, Pavel Valíček, Radomír Goňo, VŠB Technická univerzita Ostrava,
tomas.novak1@vsb.cz, www.vsb.cz

Abstrakt: Tato studie zkoumá vliv osvětlovacích systémů billboardů na vyzařování světla do horního poloprostoru. Pomocí softwarového goniofotometru jsme modelovali a analyzovali vyzařovací charakteristiky (LIDC) různých konfigurací osvětlovacích systémů billboardů. Zjištění naznačují, že až 50 % celkového světelného toku může být vyzařováno do horní poloprostoru, když jsou billboardy osvětleny zespodu. Tento podíl lze snížit na polovinu, když je osvětlovací systém umístěn na horním okraji billboardu a směřuje světelný tok k zemi. Zajímavě, jeden osvětlený billboard může vyzařovat světelný tok do horního poloprostoru srovnatelný s více veřejnými světelnými tělesy. Tato zjištění významně přispívají k probíhající diskusi o světelném znečištění a mají důsledky pro návrh osvětlovacích systémů pro billboardy.

1 Úvod

Tato studie vznikla na základě potřeby kvantifikovat potřebu specifikovat světelný tok pro dosažení požadovaných úrovní svítivosti billboardu, které splňují standardní požadavky pro billboardy v noci [1]. To znamená, že důraz je kladen na to, aby byl billboard viditelný, aniž by způsoboval oslnění a rozptýlení pozornosti [2] u projíždějících řidičů nebo jiných potenciálních pozorovatelů [3]. Z tohoto důvodu byl pro tuto studii vybrán příklad billboardu s průměrnou plochou, průměrnou odrazivostí a tím i průměrnou svítivostí. Výběrem různých typů instalací osvětlovacího systému poukazujeme na fakt, že s prakticky identickým osvětlovacím systémem osvětlujícím billboard na stejnou hodnotu svítivosti lze dosáhnout významně odlišných výsledků při hodnocení tohoto systému v souvislosti s vyzářením světelného toku do horního poloprostoru.

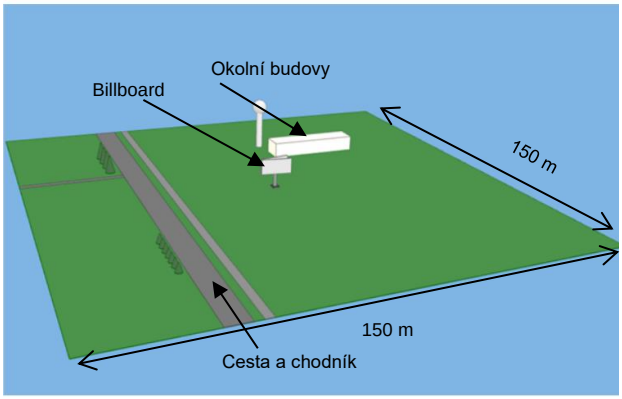
Pro model billboardu jsme vybrali skutečný billboard, viz Obr. 1 Tento billboard patří do stejné skupiny jako billboard z obrázku analýzy svítivosti, který je diskutován níže. Pro model jsme použili naměřenou průměrnou hodnotu svítivosti z billboardu, která byla blízká 50 $cd \cdot m^{-2}$ [4, 5].



Obr.1 a) Pohled z předu b) Pohled ze strany c) Letecký snímek modelovaného billboardu

Pro ověření chování osvětlovacích systémů reklamního billboardu jsme vytvořili model ekvivalentní s naměřeným billboardem s jeho skutečnými rozměry. Rozměry billboardu jsou

9,6 x 4,8 metru, přičemž billboard byl umístěn ve výšce 5 metrů nad zemí. Okolní budovy, silnice a chodník kolem billboardu byly umístěny na základě leteckého snímku Obr. 1c.



Obr.2 Model okolí billboardu

Během procesu modelování jsme nejprve umístili travnatou plochu o rozměrech 150 x 150 metrů do prostoru, viz Obr. 2, což by mělo být dostatečné k zabránění "přetečení" světelného toku produkovaného osvětlovacím systémem do spodního poloprostoru [4]. Poté jsme museli zvolit faktor údržby, který jsme nastavili na hodnotu 1, což představuje nejhorší případ pro rušivé světlo [6]. Poté jsme vycentrovali plochu tak, aby střed travnaté plochy byl v počátku souřadnicového systému.

Dále jsme modelovali silnici, chodník a část okolních budov, které jsou převážně zemědělské objekty s menšími přilehlými stavbami. Přiřadili jsme těmto geometrickým objektům rozměry, které jsou blízké skutečným rozměrům.

Namodelovali jsme samotný billboard tak, aby co nejvíce odpovídal skutečnosti. Celý model se skládá ze dvou osvětlených ploch stejných rozměrů. Reklamní plochy jsou nakloněny o 8° směrem k silnici. Billboard jsme umístili do středu modelované situace a ve výšce 5 metrů nad zemí. Pro výpočet osvětlenosti jsme poté přidali systém hodnocených bodů na každé straně billboardu a specifikovali požadované hodnoty osvětlenosti a rovnoměrnosti, odvozené z převodu jasu na osvětlenost, viz Obr. 2a.

2 Motivace

Rostoucí obavy ohledně světelného znečištění [7] a jeho škodlivých účinků na životní prostředí, lidské zdraví a divokou zvěř vedly ke zvýšení potřeby efektivního a zodpovědného venkovního osvětlení. Tato studie si klade za cíl řešit výzvy, které představují osvětlené billboardy a další vertikální světelné zdroje, které významně přispívají ke světelnému znečištění ve městských [8] i venkovských oblastech [9]. Motivací k napsání tohoto článku je rostoucí tlak na snížení množství světelného toku ve venkovních prostorech. Velký počet osvětlených billboardů a dalších vertikálních světelných zdrojů, které nelze primárně popsat jako standardní svítidla, jasně naznačuje, že jejich vliv na generování světelného toku do horního poloprostoru není zanedbatelný [4].

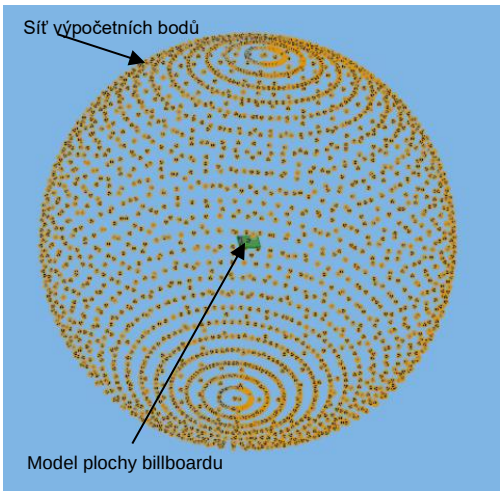
Proto je důležité ukázat, jak je možné snížit tento světelný tok a jaké procentuální redukce lze dosáhnout konkrétními kroky a intervencemi v osvětlovacím systému. Kritickým výstupem z tohoto průměrného modelu je také srovnání tohoto "světelného zdroje" se standardními svítidly, která jsou obvykle používány pro osvětlování silnic. Studie se pokouší poskytnout

cenné poznatky a praktická řešení pro minimalizaci světelného znečištění způsobeného těmito zdroji tím, že analyzuje různé instalace osvětlovacích systémů a hodnotí jejich vliv na světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru.

3 Materiály a Metody

3.1 Předpoklad Lambertové plochy

Hlavním předpokladem této studie je, že osvětlené plochy billboardů a okolní země mají vlastnosti Lambertova odrazu. Lambertova plocha je taková, která rovnoměrně odráží dopadající světlo do všech směrů, přičemž intenzita odraženého světelného toku je úměrná kosinu úhlu mezi dopadajícím světlem a povrchem. Tato zjednodušení umožňují jednodušší výpočty a modelování osvětlovacího systému, přičemž stále poskytují rozumnou aproximaci reálných situací. Tento model vychází z požadavků na odrazivé povrchy v osvětlovacích systémech v interiérech [10].



Obr.3 Modelová situace umístění billboardu vůči sférické výpočetní síti [11]

3.2 Odrazné vlastnosti povrchů

Kromě zohlednění Lambertových vlastností billboardů je také důležitým faktorem odraz světelného toku z okolních povrchů pro celkovou velikost osvětlení. Odraz povrchu je klíčový pro pochopení příspěvku nepřímého světelného toku k osvětlení billboardu a potenciálního vlivu světelného znečištění. K zohlednění odraznosti povrchu jsme vzali v úvahu okolní prostředí, včetně přítomnosti trávy, chodníku nebo jiných povrchů, a jejich příslušné vlastnosti odrazu [10]. Tyto vlastnosti jsou dále diskutovány v bodě 4.1.

3.3 Software Goniometr

V počítačovém modulu WILS [12], který je součástí softwaru pro návrh budov, je možnost vložit sférickou síť výpočetních bodů, viz Obr. 3. Tato síť výpočetních bodů může být považována za "softwarový goniometr," který nahrazuje funkci reálného goniometru. Softwarový goniometr plní funkci reálného goniometru tím, že nám umožňuje vložit nejen zdroj světla nebo svítidlo, ale také model neomezených rozměrů, jako je model městského obvodu nebo v našem případě model billboardu a jeho okolní situace.

Softwarový goniometr pracuje na základě zákona druhé inverzní mocniny, který respektuje normální osvětlení směřující ke středu sférické výpočetní sítě, kde se nachází bodový zdroj.

Takovým bodovým zdrojem může být svítidlo, světelný systém nebo model s více svítidly v různých geometrických uspořádáních [12].

Tyto vypočítané svítivosti v různých směrech jsou zásadní pro konstrukci vyzařovacích charakteristik (LIDC) světelných zdrojů, nebo přesněji řečeno charakteristik LIDC velkých skupin (zdrojů) ve formě modelu. Výsledkem může být charakteristika LIDC světelného toku buď pro přímé nebo přímé + odražené složky.

3.4 Udržovací činitel

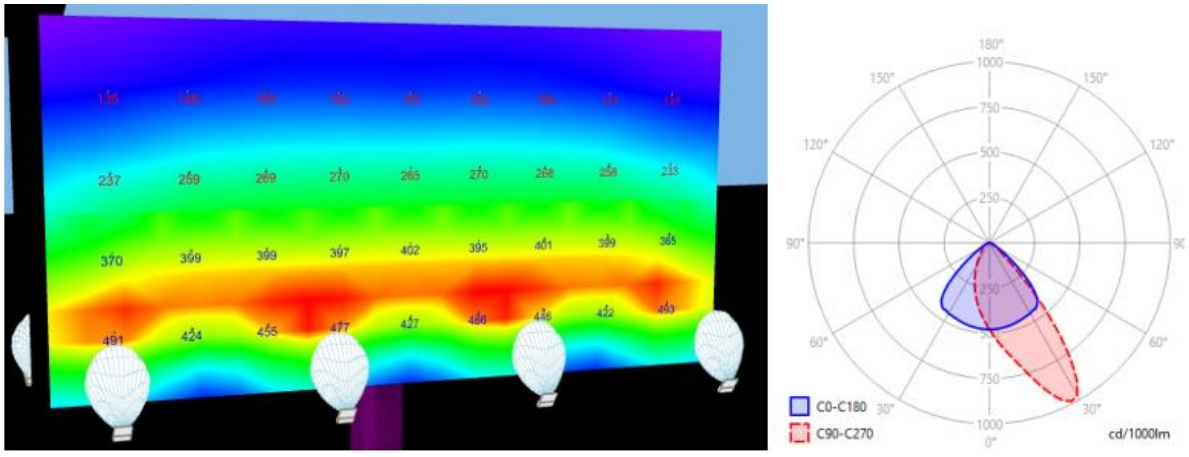
Udržovací činitel zohledňuje snížení parametrů svítidla za dobu jeho využívání. Tyto ztráty jsou způsobené nahromaděním nečistot na svítidle, úbytek světelného toku zdrojů v důsledku stárnutí

Nicméně při hodnocení vyzařování do horního poloprostoru se nejhorší případ liší u běžných osvětlovacích systémů. V tomto případě je nutné zvážit nová svítidla a nejvyšší odrazy použitých materiálů, což zajistí udržovací činitel rovný 1. To zaručuje, že svítidla poskytují maximální vyzařování i do horního poloprostoru.

4 Modelování

4.1 Osvětlení billboardu ze spodní strany

Při modelování varianty, kdy je billboard osvětlen z dolního okraje, bylo nutné umístit osvětlovací systém ve stejné výšce jako dolní okraj billboardu (viz Tab.1). Následně byly oba osvětlovací systémy umístěny 1,5 metru před billboardem, což představuje délku konzol, na kterých jsou svítidla umístěna, viz Obrázek 4a, v reálné situaci. Zvolili jsme rozestupy svítidel 2750 mm. Svítidla jsou natočena pod úhlem 50°, aby byla dosažena požadovaná hodnota rovnoměrnosti. Jak je vidět, svítidla mají asymetrické LIDC. Další důležité parametry použitých svítidel jsou výkon 43 W a svítivý tok 4,75 klm. Aplikovali jsme osm svítidel s celkovým svítivým tokem 38 klm.



Obr.4 - a) Model osvětlení billboardu zdola. b) Charakteristika LIDC svítidla.

Díky těmto svítidlům a průměrnému faktoru odrazu billboardu jsme nastavili průměrnou osvětlenost na povrchu billboardu na 314 lx s rovnoměrností 0,4. To znamená, že náš modelovaný billboard bude mít průměrnou svítivost 50 cd · m^{-2}. Na základě výstupních hodnot

můžeme usoudit, že osvětlovací systém použitý pro osvětlení billboardu je dostatečný, protože byly splněny požadované hodnoty osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení.

Z modelované situace osvětlení reklamního billboardu můžeme předpokládat, že dojde k významnému přetečení světla na povrch billboardu, což povede k záření svítivého toku do horního poloprostoru. Svítivý tok je rozdělen na přímou a odraženou složku. Přímá složka je charakterizována jako svítivý tok produkovaný osvětlovacím systémem bez zřejmého odrazu. Odražená složka je určena odrazem od konkrétních povrchů, ať už od reklamních ploch billboardu nebo okolního prostoru. Zvolili jsme velké faktory odrazu, které jsou na horní úrovni přijatelnosti pro travnaté plochy 0,15, budovy 0,85, silnici 0,14, chodník 0,22 atd.

4.2 Osvětlení billboardu ze spodní strany s kryty na horní straně billboardu

V této modelované situaci, stejně jako v předchozí variantě, je billboard osvětlen zespodu (viz Tab. 1). Stejný osvětlovací systém je umístěn na stejných pozicích jako v předchozích variantách. V tomto případě jsme použili kryty, které jsme umístili na horní stranu billboardu. Svítidla byla ponechána nezakrytá, abychom ověřili, jak efektivně lze omezit vyzařování svítivého toku do horního poloprostoru pouze pomocí horních krytů (stínů) billboardu. Horní kryty mají délku 1 200 mm a šířku rovnající se šířce billboardu, která činí 9 600 mm. Zvolili jsme hodnotu faktoru odrazu 0 jako pro absolutně černý povrch.

4.3 Osvětlení billboardu ze spodní strany s přídavnými kryty svítidel

Při modelování této varianty jsme opět umístili stejný osvětlovací systém na spodní stranu billboardu, jako v předchozích případech. Svítidla jsme umístili podobně pod úhlem a umístili je ve vzdálenosti 1,5 metru před billboardem. Hlavním odlišujícím prvkem této varianty modelu jsou kryty svítidel (viz Tab. 1). Pro omezení emise přímé složky svítivého toku do horního poloprostoru jsme vybavili všechna svítidla horním krytem o délce 200 mm. Všechna vnější svítidla jsme navíc vybavili bočními kryty, které jsme umístili na vnější strany každého vnějšího svítidla, abychom omezili přetečení světla přes boční hrany billboardu a tím i velikost přímé složky. Znovu jsme každému krytu přiřadili hodnotu faktoru odrazu 0.

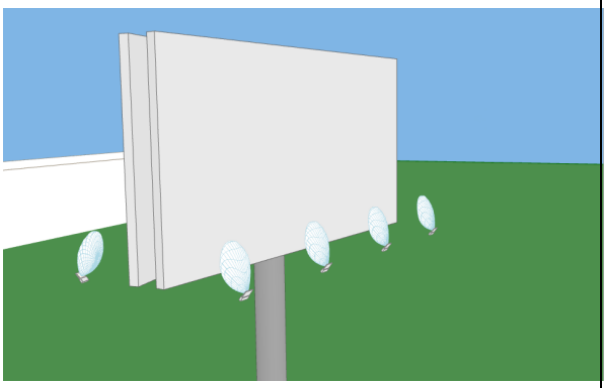
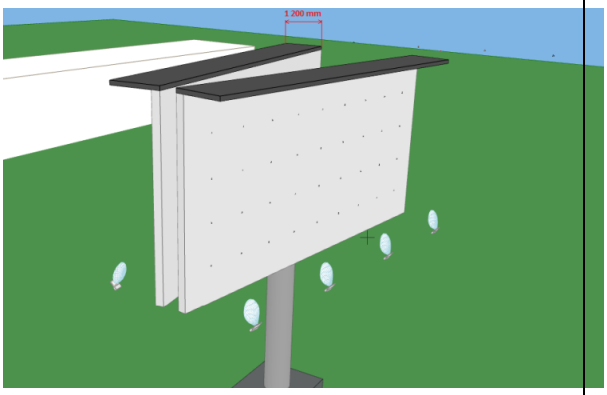
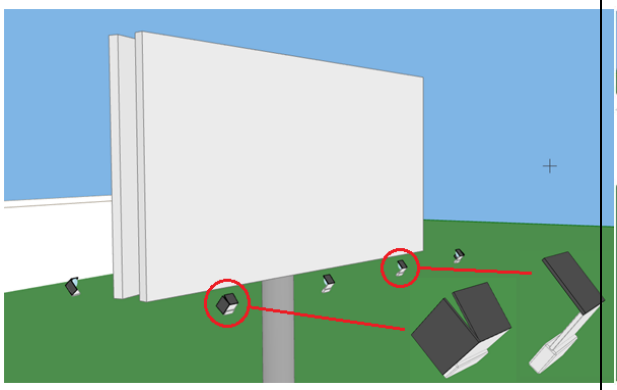
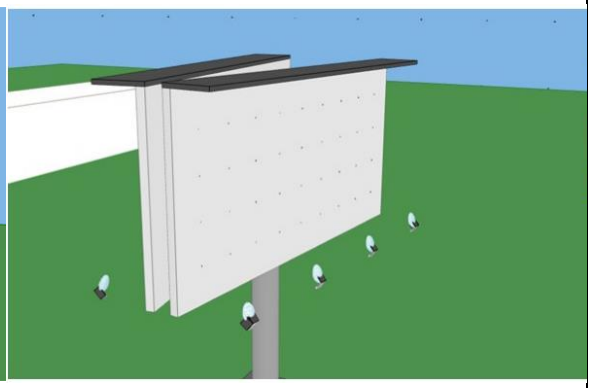
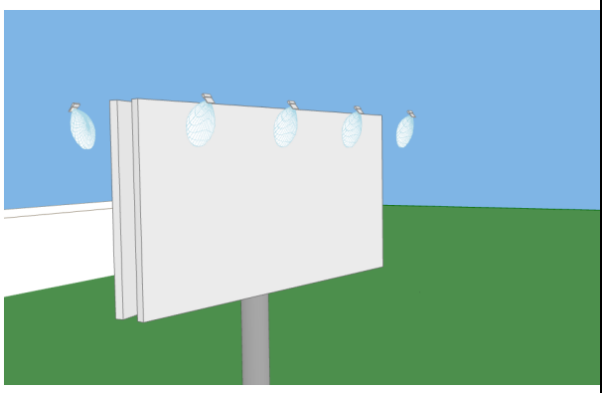
4.4 Osvětlení billboardu ze spodní strany v kombinaci krytů svítidel s kryty na horní straně billboardu

Modelovací situace pro tuto variantu je identická s předchozími, s rozdílem v tom, že jsme se rozhodli kombinovat použití individuálních krytů svítidel a krytů na horní straně povrchů billboardu (viz Tab. 1). Předpokladem v této situaci je, že budeme schopni dále snížit celkový vyzařovaný tok do horního poloprostoru ve srovnání s předchozími variantami.

4.5 Osvětlení billboardu z horní strany

Jako finální variantu pro modelování jsme si vybrali osvětlení billboardu shora. Předpokladem pro tuto variantu je, že celkový svítivý tok vyzařovaný do horního poloprostoru bude výrazně nižší než v předchozích variantách. Pro modelování této varianty bylo nutné umístit osvětlovací systém na horní okraj billboardu a otočit svítidla o 180° ve srovnání s variantou osvětlení ze spodního okraje. Opět jsme umístili stejná svítidla 1,5 metru před billboardem. Rozmístění svítidel a úhel otočení jsou identické s předchozími variantami osvětlení (viz Tab. 1).

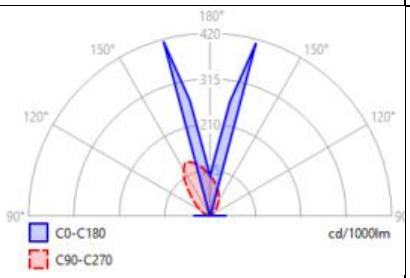
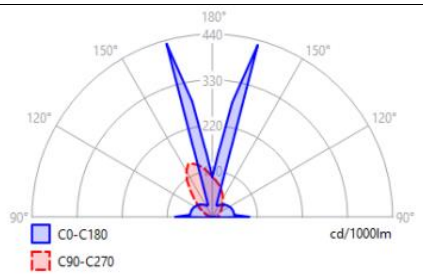
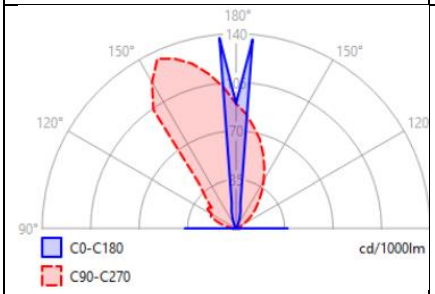
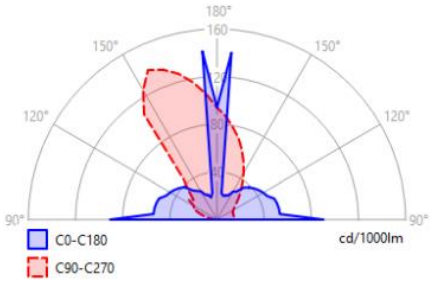
Tab.1 Popis jednotlivých modelů billboardů

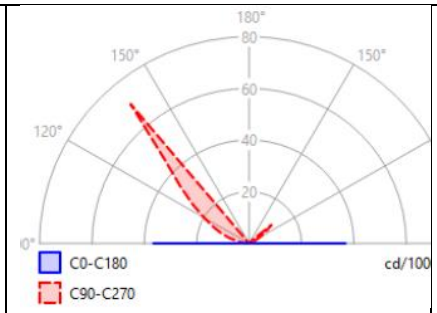
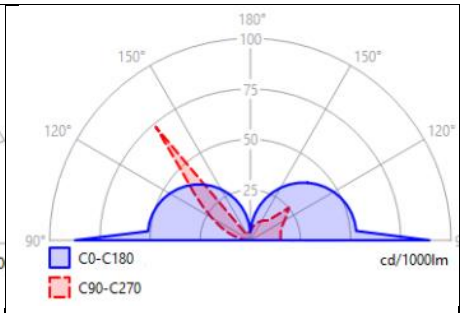
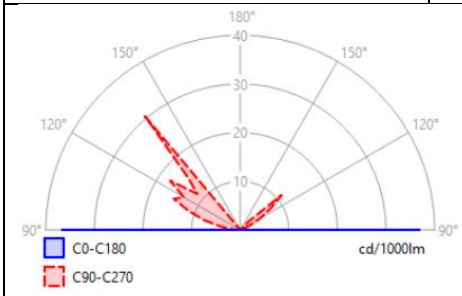
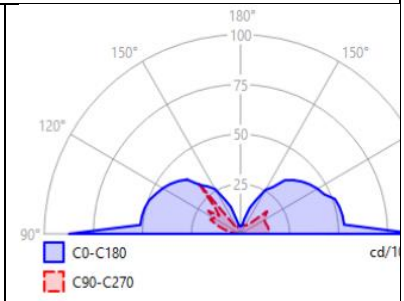
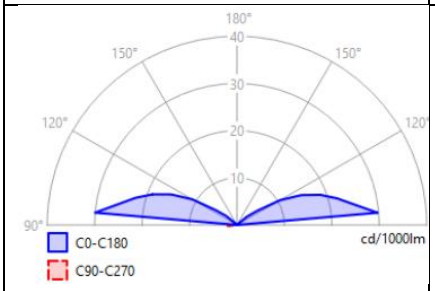
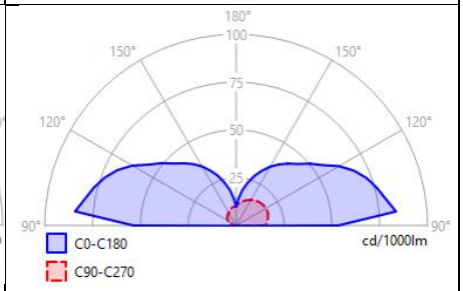
Osvětlení billboardu ze spodní strany	Osvětlení billboardu ze spodní strany s kryty na horní straně billboardu
	
Osvětlení billboardu ze spodní strany s přídavnými kryty svítidel	Osvětlení billboardu ze spodní strany v kombinaci krytů svítidel s kryty na horní straně billboardu
	
Osvětlení billboardu z horní strany	
	

5 Výsledky

Na základě poskytnutých informací byly spočítány LIDC pro různě osvětlené billboardy. V Tab. 2 jsou prezentovány LIDC vyzařovaného svítivého toku, zahrnující jak přímé záření do horního poloprostoru, tak i část svítivého toku, která je odražena.

Tab.2 Souhrnné výsledky výpočtů

Varianta osvětlovacího systému	Světelný tok všech svítidel (klm)	LIDC celého modelu	
		LIDC přímé složky a jejího světelného toku	LIDC přímé složky + odražené složky a jejich světelného toku
Ze spodní strany	38	ϕ = 11.3 klm, což je 29.8 % světelného toku svítidla	ϕ = 18.8 klm, což je 49.5 % světelného toku svítidla
			
Ze spodní strany s kryty na horní straně billboardu		ϕ = 7.71 klm, což je 20.3 % of luminaires total luminous flux	ϕ = 14.5 klm, což je 38.1 % světelného toku svítidla
			
Ze spodní strany s		ϕ = 4.1 klm, což je 10.9 % světelného toku svítidla	ϕ = 11.3 klm, což je 29.7 % světelného toku svítidla

přídavnými kryty svítidel			
Ze spodní strany v kombinaci krytů svítidel s kryty na horní straně billboardu		ϕ = 3.76 klm, což je 9.9 % světelného toku svítidla	ϕ = 10.4 klm, což je 27.4 % světelného toku svítidla
			
Z horní strany		ϕ = 1.29 klm, což je 3.4 % světelného toku svítidla	ϕ = 9.35 klm, což je 24.6 % světelného toku svítidla
			

6 Diskuse

Cílem této studie bylo navrhnout model billboardu osvětleného různými osvětlovacími systémy a spočítat vyzařovaný světelný tok do horního poloprostoru vytvořený daným osvětlovacím systémem. Byla také modelována okolní situace, ve které se billboard nachází. Pro vytvoření modelu billboardu byla využita analýza svítivosti billboardu s průměrnou hodnotou 50 $cd \cdot m^{-2}$. Po vytvoření modelu billboardu, který byl popsán v předchozích kapitolách, byl proveden výpočet vyzařovaného světelného toku do horního poloprostoru. Tento výpočet byl proveden pro pět různých variant osvětlení billboardu. Pro všechny varianty byly provedeny výpočty přímé a přímé + odražené složky svítivého toku do horního poloprostoru.

Při porovnání výsledků z hlediska celkového světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru, jak je uvedeno v Tab. 2 představené v předchozí kapitole, lze pozorovat, že osvětlovací systém umístěný na spodní straně billboardu bez jakýchkoli krytů vydal nejvyšší podíl světelného toku do horního poloprostoru. V této variantě osvětlovacího systému

představovala hodnota vyzařovaná do horního poloprostoru 49,5 % celkového světelného toku. Po přidání krytů na horní okraje panelů svítidel se podíl světelného toku do horního poloprostoru snížil na 38,1 % celkového světelného toku. V následující variantě, kde byly na každé světlo instalovány individuální kryty, byl podíl světelného toku do horního poloprostoru 29,7 % celkového světelného toku. Ve čtvrté variantě osvětlení billboardu byla využita kombinace krytů svítidel a krytů na horních panelech billboardu, což vedlo k podílu světelného toku do horního poloprostoru ve výši 27,4 % celkového světelného toku. Nakonec v poslední variantě osvětlení billboardu, kde byl osvětlovací systém umístěn na horní straně billboardu, představoval podíl světelného toku do horního poloprostoru 24,6 % celkového světelného toku.

Z výsledků zaznamenaných v tabulkách v předchozí kapitole lze pozorovat, že změnou jednotlivých osvětlovacích systémů nebo jejich úpravou bylo možné především snížit přímou složku světelného toku do horního poloprostoru. Odražená složka světelného toku ve všech uvedených variantách se pohybuje kolem 20 % celkového světelného toku generovaného osvětlovacím systémem. Odražená složka světelného toku je určena odrazivými vlastnostmi jednotlivých modelovaných povrchů. Lze si všimnout, že nejvyšší hodnota odražené složky je pozorována ve variantě, kde byl billboard osvětlen z horního okraje. To je způsobeno tím, že osvětlovací systém generuje svítivý tok "dolů", což vede k většímu odrazu od okolních povrchů (jako je tráva nebo budovy) ve srovnání s ostatními variantami, kde je billboard osvětlen zespodu.

Pokud zohledníme nějaký moderní osvětlovací systém LED pro silnice a provedeme stejné výpočty záření do horního poloprostoru, můžeme získat velmi důležité výsledky [12]. Pro srovnání je dobré vzít v úvahu průměrné hodnoty osvětlení silnic. V této studii jsme použili průměrné LED svítidlo s minimálním přímým zářením do horního poloprostoru a světelným tokem 6,74 klm. Toto průměrné svítidlo v průměrné situaci v souvislosti se silnicí a materiálem okolních objektů může vyzařovat maximální světelný tok přibližně 397 lm do horního poloprostoru. To znamená, že billboard z naší studie osvětlený ze spodní strany může úplně vyzařovat do horního poloprostoru podobný světelný tok jako 46 svítidel pro osvětlení silnic.

Předpokládáme, že je nutné pokračovat s těmito druhy modelů pro porovnání vlivu různých osvětlovacích systémů. Je velmi užitečné znát celkové množství světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru z velkých zdrojů, které jsou tvořeny svítidly a různými povrchy. Tyto zjištění nám mohou pomoci získat nejen informace týkající se záření do horního poloprostoru v souvislosti s chováním jiných světelných systémů, ale také zkontrolovat potenciální vliv osvětlovacích systémů ve fázi příprav a projektů.

Literatura a odkazy

[1] TERS: Guide to the Management of Roadside Advertising. 2002. Edition 1.0. TERS Product No. 80-500. Queensland Government, Department of Main Roads.

[2] BEJJER, D. 2004. Driver distraction due to roadside advertising, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board. vol. 1899(1). 96-103.

[3] BROME, R., AWAD, M., MOACDIEH, N.M., 2021. Roadside digital billboard advertisements: Effects of static, transitioning, and animated designs on drivers’ performance

and attention, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 83, 226-237. DOI: 10.1016/j.trf.2021.10.013.

[4] NOVAK, T., GASPAROVSKY, D., BECAK, P., SOKANSKY, K. 2019. Modelling of large light sources radiation to the upper hemisphere - obtrusive light. Proceedings of the 29th Quadrennial Session of the CIE.

[5] NOVAK, T., BECAK, P., VALICEK, P., KATAL, J., MARTINEK, R. 2021. Modelling of vertical surfaces radiation in connection with the evaluation of the obtrusive light. Conference CIE 2021. 853-859.

[6] TERRICH, T., BALSKY, M. 2022. The Effect of Spill Light on Street Lighting Energy Efficiency and Light Pollution. Sustainability. 14. DOI: 10.3390/su14095376.

[7] CIE 2003. CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems; International Commission on Illumination. Vienna: CIE.

[8] BECAK, P., WLOSOKOVA, J., PICHA, J., NOVAK, T., SOKANSKY, K. 2019. Modeling of luminous flux radiation to the upper hemisphere from real model of town. 20th International Scientific Conference on Electric Power Engineering. 164–168. DOI: 10.1109/EPE.2019.8778190.

[9] BOUROUSSIS, C.A., TOPALIS, F.V. 2020. Assessment of outdoor lighting installations and their impact on light pollution using unmanned aircraft systems—The concept of the drone-gonio-photometer. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf. 253. DOI: 10.1016/j.jqsrt.2020.107155.

[10] CEN 2021. EN 12464-1:2021. Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places. Brussels: CEN/CENELEC.

[11] NOVAK, T., BECAK, P., DUBNICKA, R.; RADITTSCHOVA, J., GASPAROVSKY, D., VALICEK, P., ULLMAN, J. 2022. Modelling of luminous flux directed to the upper hemisphere from electrical substation before and after the refurbishment of lighting systems. Energies. 15. 345. DOI: 10.3390/en15010345.

[12] BECAK, P., NOVAK, T., BALEJA. R., SOKANSKY, K. 2018. Testing of the software goniophotometer in Wils - Building design computational programme. 19th International Scientific Conference on Electric Power Engineering. DOI: 10.1109/EPE.2018.8395994.

[13] GASPAROVSKY, D., RADITTSCHOVA, J. 2016. Proposal of a method for assessment of energy performance of home lighting, Lumen V4 2016. DOI: 10.1109/LUMENV.2016.7745551.

Stav hodnocení světelného znečištění ve světovém měřítku

Filip Novák, Ing., Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT, xnovak1x@vutbr.cz;
Petr Baxant, Ph.D., doc. Ing., Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT, baxant@vut.cz;
Jan Škoda, Ph.D., Ing., Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT, skoda@vut.cz
Martin Motyčka, Ph.D., Ing., Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT, motyckam@vut.cz;

Článek popisuje zejména možnosti použití jasového analyzátoru k měření jasu Slunce a Měsíce. Následně se počítá s využitím těchto dat pro definici přirozených fotometrických normálů v podobě těchto nebeských těles, kterých bude následně využito pro lepší pochopení šíření a útlumu světelného znečištění v atmosféře. Zvláštní pozornost je pak věnována snímkům získaným během částečných zatmění těchto nebeských těles v roce 2022. Snímky jsou vyhodnoceny z hlediska rozložení jasů na těchto tělesech a časových změn, k nimž během měřených událostí došlo. Analýza je provedena buď formou jednoduchých jasových map, pomocí řezů zájmovými oblastmi, nebo statisticky pomocí histogramů. Jsou rovněž demonstrovány možnosti využití takto získaných dat pro jednoduché fotometrické výpočty. V článku je také předvedena možnost využití snímků, získaných nočním leteckým snímkováním pro analýzu podílu veřejného osvětlení na celkové emise světla do horního poloprostoru a je nastíněn další vývoj metodiky pro měření a kvantifikaci světelného znečištění.

1 Úvod

Rok 2022 přinesl střední Evropě dva významné astronomické úkazy, a to zatmění Měsíce a Slunce. Nejprve 16. května v časných ranních hodinách proběhlo v Evropě částečné zatmění Měsíce a následně 25. října částečné zatmění Slunce. Tyto události nám poskytly příležitost použít jasové analyzátory pro měření rozložení jasu na těchto tělesech a jejich následnou analýzu. Kromě těchto měření během zatmění bylo provedeno několik měření za normálního stavu oblohy – konkrétně snímkování Měsíce, zejména během úplňku. Kromě těchto nočních měření bylo provedeno také snímkování slunečního povrchu za účelem pozorování slunečních skvrn. Motivací pro tato měření byla jednak snaha určit přesné poměry jasů na zkoumaných nebeských tělesech, jednak navrhnout možné využití jasových analyzátorů k měření parametrů atmosféry a nastínit možné fotometrické standardy pro jednotlivá nebeská tělesa. S naměřenými hodnotami jasu pak byly provedeny fotometrické výpočty zaměřené na určení hodnot atmosférického útlumu.

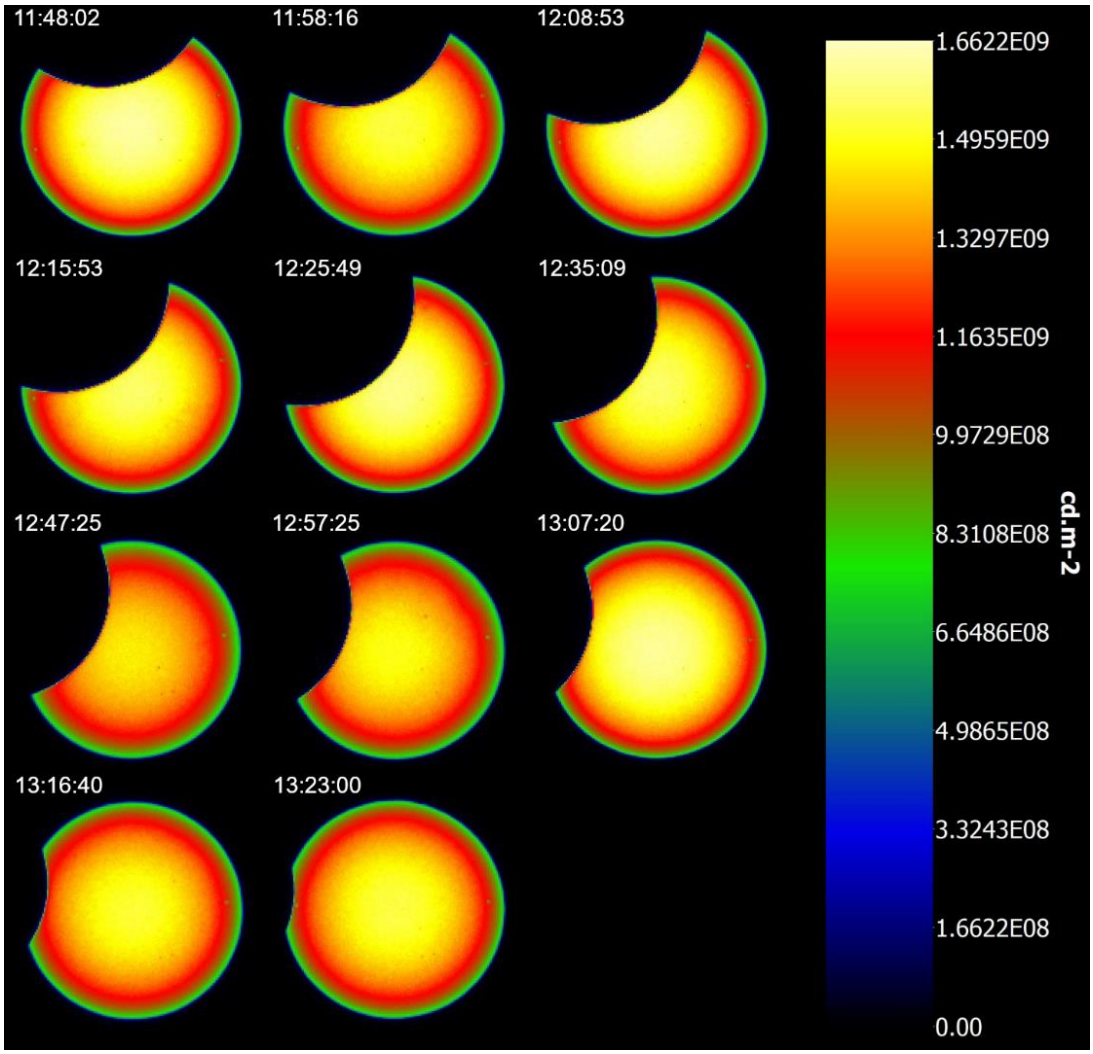
Nebeská tělesa lze považovat za poměrně stabilní normály záření a jejich geometrická konstelace je poměrně přesně identifikovatelná. Z toho hlediska je možné je využít jako pracovní normál pro srovnávací měření. Získáváním i nahodilých, ale rozsáhlých množin měřených dat tak může vznikat statisticky významná skupina dat, kterou mohou využít i jiná pracoviště na planetě. Přesnou fotometrií v takovém rozlišení se zatím žádné pracoviště nezabývá.

Pro tato měření byly použity dvě verze jasového analyzátoru. První z nich je založena na digitální zrcadlovce, vybavené snímačem CMOS formátu DX s rozlišením 5568 x 3712 pixelů. Výstupní signál je pak zpracován 14bitovým ADC. Druhá verze jasového analyzátoru je již

založena na bezzrcadlovce se snímačem CMOS formátu FX s rozlišením 6048 x 4024 px. ADC má opět šířku 14 bitů. Pro měření byl použit objektiv s ohniskovou vzdáleností 135 mm a světelností f/1,8 a objektiv s ohniskovou vzdáleností 500 mm a světelností f/5,6. Pro měření jasu Slunce byl pak objektiv kvůli extrémním hodnotám měřeného jasu opatřen neutrálním filtrem ND1000, se kterým byla celá měřicí sestava následně zkalibrována. Nejistoty měření použité měřicí sestavy jsou známy a rozšířená nejistota měření pro jasový analyzátor vybavený objektivem s ohniskovou vzdáleností 135 mm nepřesahuje ani v extrémních případech 10 % a ve středu obrazu, kde je nejistota měření nejmenší, nepřesahuje 7 % [1].

2 Fotometrie Slunce

První prezentovanou sadou dat jsou jasové mapy, naměřené během zatmění Slunce. Tyto snímky byly pořízeny ze střechy budovy Fakulty elektrotechnické a komunikačních technologií VUT v Brně (49.2271350N, 16.5741503E). Byla použita první verze jasového analyzátoru s objektivem s ohniskovou vzdáleností 135 mm. Na Obrázku 1 můžeme vidět koláž, vytvořenou z výběru pořízených snímků. Byla vyvinuta snaha, aby interval mezi prezentovanými snímky byl přibližně 10 minut, ovšem proměnlivá oblačnost během zkoumaného úkazu toto do jisté míry znemožnila. Atmosférické jevy také stojí za mírným kolísáním jasu Slunce v celé jeho ploše.

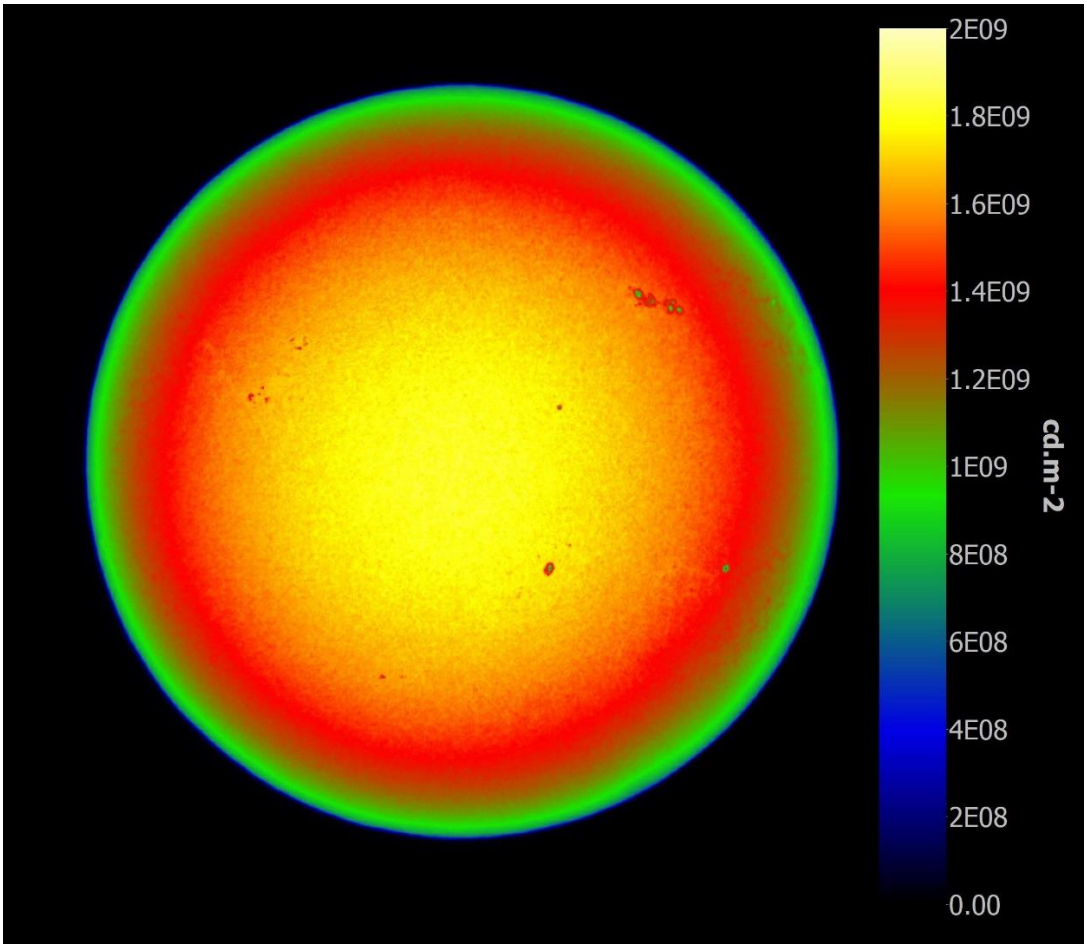


Obr.1 Fáze zatmění Slunce 25. října 2022

Na uvedených snímcích je dobře patrný pohyb Měsíce přes sluneční kotouč. Je také patrné, že zatímco směrem ke kraji Slunce klesá jeho jas poměrně pozvolna, směrem k části zakryté Měsícem je tento pokles podstatně více strmý. Tyto průběhy jasu jsou v souladu s teoretickými předpoklady, vezmeme-li v potaz geometrii této naší nejbližší hvězdy. Místa s nejvyšším jasem se pak nalézají ve středu slunečního kotouče.

Průměrný i maximální naměřený jas se pak během zatmění měnily jen poměrně málo (vzhledem k tomu, že byla analyzována pouze viditelná část Slunce, bez zahrnutí překryté části), nejzásadnější změny pak nastaly zejména ve velikosti viditelné plochy.

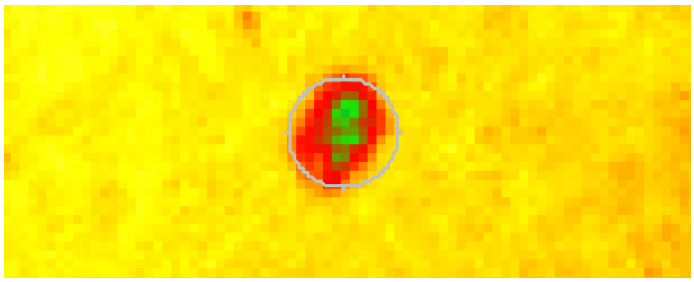
Jasových analyzátorů je možné využít i například pro orientační měření jasu slunečních skvrn, nebo pro další fotometrické kalkulace. Mějme obrázek 2, zachycující Slunce s několika slunečními skvrnami.



Obr.2 Fáze zatmění Slunce 25. října 2022

Tento snímek byl pořízen již s teleobjektivem s telekonvertorem, což značí efektivní ohniskovou vzdálenost 1000 mm. Průměrná hodnota jasu Slunce byla v tomto případě určena jako $1{,}421*10^9$ cd.m^{-2}. Maximální hodnota jasu je pak $1{,}891*10^9$ cd.m^{-2}.

Pokud se zaměříme na výraznou skvrnu v pravém dolním kvadrantu, poblíž středu slunečního kotouče, můžeme zjistit, že její jas má v nejtemnějším místě hodnotu 8,5*10^8 cd.m^{-2}.

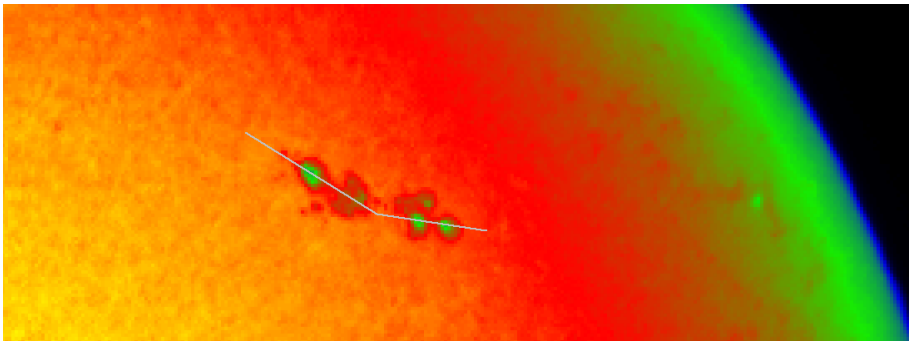


Obr.3 Detailní pohled na sluneční skvrnu s vloženým detektorem o velikosti 35“

Průměrný jas nejbližšího okolí této skvrny (měřeno detektorem o velikosti 1´) je 1,758*10^9 cd.m^{-2}, je tedy patrné, že tato skvrna má v porovnání s okolním slunečním povrchem přibližně poloviční jas. Velikost této skvrny (zahrnující penumbru i umbru) byla určena přibližně jako 35”, což při uvažování vzdálenosti Slunce – Země v den měření 152066944 km [2] znamená, že její plochu můžeme určit jako

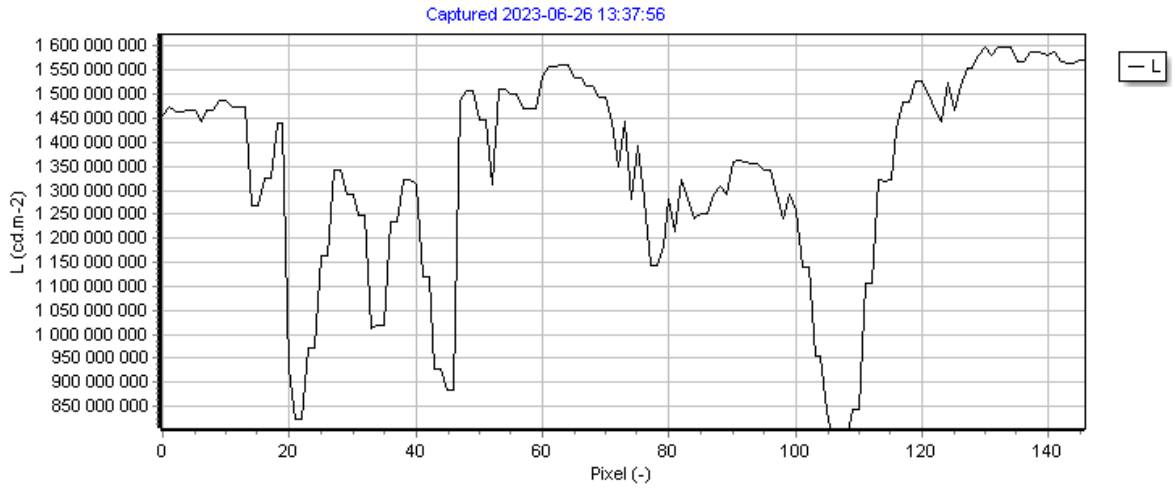
$$d_{\mathrm{ss}} = l_{\mathrm{ES}} \tan(\theta_{\mathrm{ss}}) = 152\,066\,944{,}25\ \mathrm{km} \times \tan(35'') = 25\,802{,}856\ \mathrm{km} \qquad (1)$$

Pozornost můžeme věnovat také skupině několika slunečních skvrn v pravém horním kvadrantu Slunce. V tomto případě se jako vhodný nástroj pro vyšetření jasu jeví řez na detektoru typu polyline:



Obr.4 Detailní pohled na skupinu slunečních skvrn s detektorem typu polyline

Průběh jasu na tomto detektoru má pak následující charakter:



Obr.5 Průběh jasu na detektoru typu polyline

Jak již bylo řečeno výše, s naměřenými jasovými mapami je možné provádět i další fotometrické výpočty, které si zde předvedeme. Uvažujme, že Slunce na obloze vidíme v průměru s úhlovou velikostí 0,5332° [3].

Vidíme ho tedy pod prostorovým úhlem

$$\Omega = 2\,\pi\,(1 - \cos(\theta)) = 2\,\pi\,\left(1 - \cos\left(\frac{0{,}5332°}{2}\right)\right) = 6{,}8 \times 10^{-5}\ sr \tag{2}$$

Poloměr Slunce na rovníku je 696 342 km [4]. Pokud si průmět slunečního kotouče zjednodušíme do podoby kruhu, bude mít pak plochu

$$A_{\mathrm{Sun}} = \pi\,r^2 = \pi\,(6{,}963 \times 10^8\ m)^2 = 1{,}523 \times 10^{18}\ m^2 \tag{3}$$

Zářivý tok Slunce je přibližně 3,828*10^26 W [5]. Jeho měrný výkon závisí na výšce na obloze a dalších faktorech, pro podmínky měření odhadneme na základě [6] jako 96 lm/W. Světelný tok Slunce do všech směrů bude pak přibližně

$$\varphi_{\mathrm{C}} = \varphi_{\mathrm{C,E}}\,K_{\mathrm{Sun}} = 3{,}828 \times 10^{26}\ W \times 96\ lm \cdot W^{-1} = 3{,}675 \times 10^{28}\ lm \tag{4}$$

Ze světelného toku si můžeme určit hodnotu svítivosti, jelikož prostorový úhel, pod kterým Slunce vyzařuje odpovídá 4π sr

$$I_{\mathrm{Sun}} = \frac{\varphi_{\mathrm{C}}}{\Omega} = \frac{3{,}675 \times 10^{28}\ lm}{4\ \pi\ \mathrm{sr}} = 2{,}924 \times 10^{27}\ cd \tag{5}$$

Následně pak určíme jas, bez zahrnutí útlumu atmosféry:

$$L_{\mathrm{Sun,t}} = \frac{I_{\mathrm{Sun}}}{A_{\mathrm{Sun}}} = \frac{2{,}924 \times 10^{27}\ cd}{1{,}523 \times 10^{18}\ m^2} = 1{,}92 \times 10^9\ cd \cdot m^{-2} \tag{6}$$

Naměřená hodnota jasu je pak 1,42*10^9 cd.m^{-2}. Tato hodnota je naměřena pochopitelně již se zahrnutím atmosférického útlumu. Propustnost atmosféry pak dostaneme jako

$$\tau_{\mathrm{m}} = \frac{L_{\mathrm{Sun,m}}}{L_{\mathrm{Sun,t}}} = \frac{1{,}421 \times 10^9\ cd \cdot m^{-2}}{1{,}92 \times 10^9\ cd \cdot m^{-2}} = 0{,}740\ (-) \tag{7}$$

Teoretickou hodnotu propustnosti atmosféry odvodíme ze solární konstanty a průměrné hodnoty intenzity slunečního svitu (která odpovídá 1000 W/m^2) [7]:

$$\tau_{\mathrm{t}} = \frac{E_{\mathrm{ESC}}}{G_{\mathrm{SC}}} = \frac{1000\ W \cdot m^{-2}}{1360{,}8\ W \cdot m^{-2}} = 0{,}735\ (-) \tag{8}$$

Z vypočítaných a naměřených hodnot je patrné, že jsme se s naměřeným výsledkem atmosférické propustnosti dostali prakticky na konvenčně správnou hodnotu.

Výpočet můžeme také obrátit a určit z naměřených hodnot jasu celkový světelný tok i měrný výkon Slunce. Jas Slunce nad horní hranicí atmosféry určíme pomocí teoretického atmosférického útlumu jako

$$L_{\mathrm{Sun,c}} = \frac{L_{\mathrm{Sun,m}}}{\tau_{\mathrm{t}}} = \frac{1{,}42 \times 10^9\ cd \cdot m^{-2}}{0{,}735} = 1{,}932 \times 10^9\ cd \cdot m^{-2} \tag{9}$$

Světelný tok pak bude

$$\varphi_{\mathrm{C,c}} = L_{\mathrm{Sun,c}} \times A_{\mathrm{Sun}} \times \Omega = 1{,}932 \times 10^{9}\ cd \cdot m^{-2} \times 1{,}523 \times 10^{18}\ m^{2} \times 4\ \pi\ \mathrm{sr} = 3{,}698 \times 10^{28}\ lm \quad (10)$$

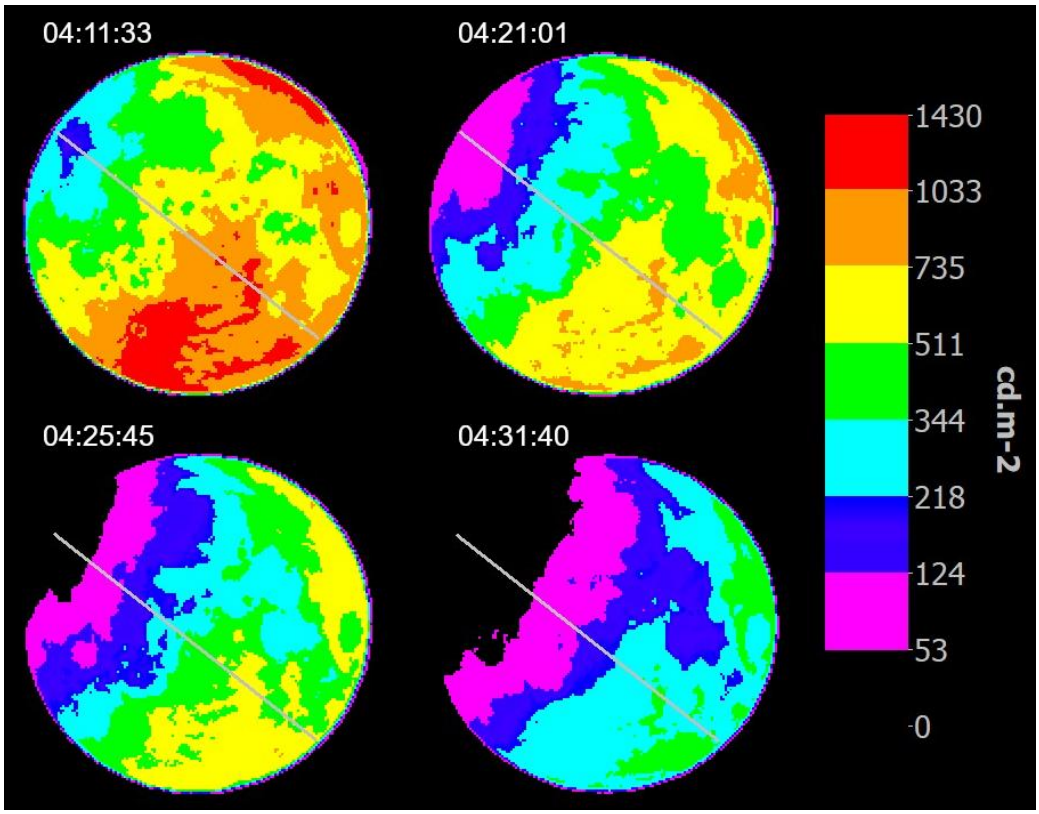
A měrný výkon Slunce v čase měření pak určíme pomocí známé hodnoty zářivého toku Slunce jako

$$K_{\mathrm{Sun,c}} = \frac{\varphi_{\mathrm{C,c}}}{\varphi_{\mathrm{C,E}}} = \frac{3{,}698 \times 10^{28}\ lm}{3{,}828 \times 10^{26}\ W} = 96{,}6\ lm \cdot W^{-1} \quad (11)$$

Z této hodnoty je patrné, že náš původní odhad měrného výkonu byl proveden s velmi nízkou nejistotou.

3 Fotometrie Měsíce

Podobným způsobem, jako výše uvedené jasové mapy Slunce si můžeme analyzovat také snímky, pořízené během již zmíněného zatmění Měsíce. Zatímco povrch Slunce vykazuje až na případné sluneční skvrny a propady jasu způsobené zakřivením téměř uniformní distribuci jasu, u Měsíce tomu tak vlivem členitosti jeho povrchu není. Také stín Země, způsobující toto zatmění, je mnohem méně ostrý než přímé zastínění povrchu Slunce Měsícem během slunečního zatmění.



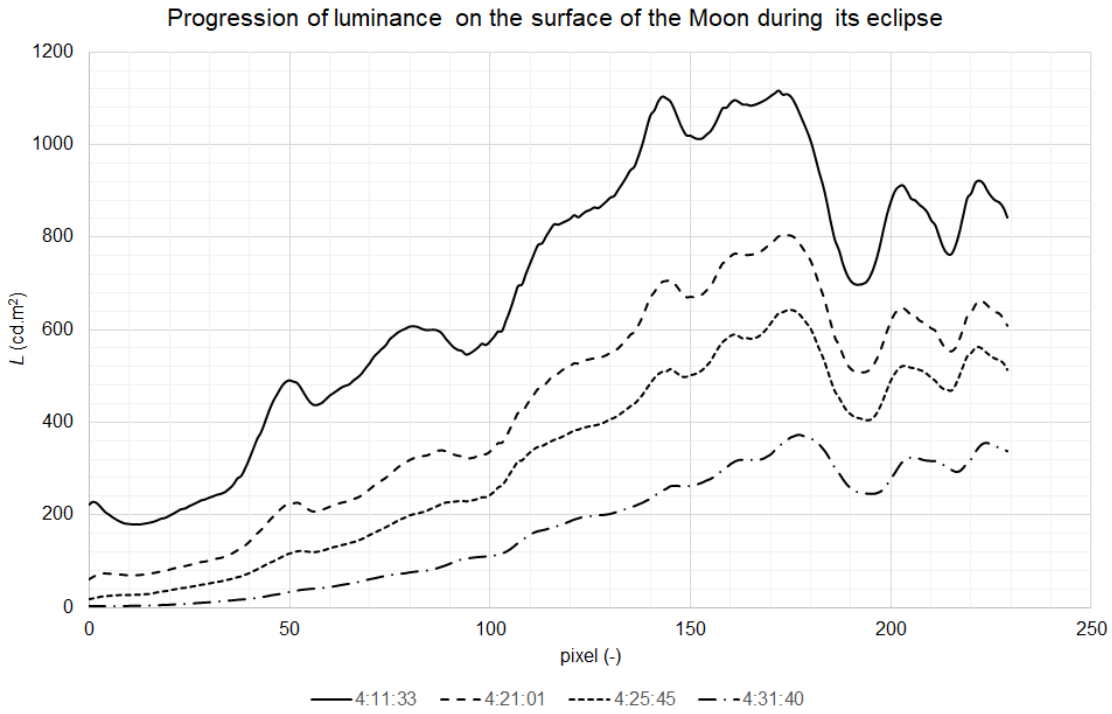
Obr.6 Jasové mapy postupujícího zatmění Měsíce.

Z obrázku 6 je patrné jak postupující zatmění (které mělo pro místo měření maximum v době, kdy byl již hluboko pod horizontem; maximum tohoto zatmění tedy nebylo nasnímáno), tak pokles celkového jasu měsíčního povrchu vlivem klesání Měsíce k horizontu (na posledním snímku je měsíc pouze asi půl stupně nad horizontem). Uvedené čtyři snímky byly vybrány tak, aby byl jasně demonstrován postup zatmění a také minimalizován vliv nízké oblačnosti,

která v místě měření v čase zatmění panovala. Z tohoto důvodu nejsou časové intervaly mezi snímky shodné.

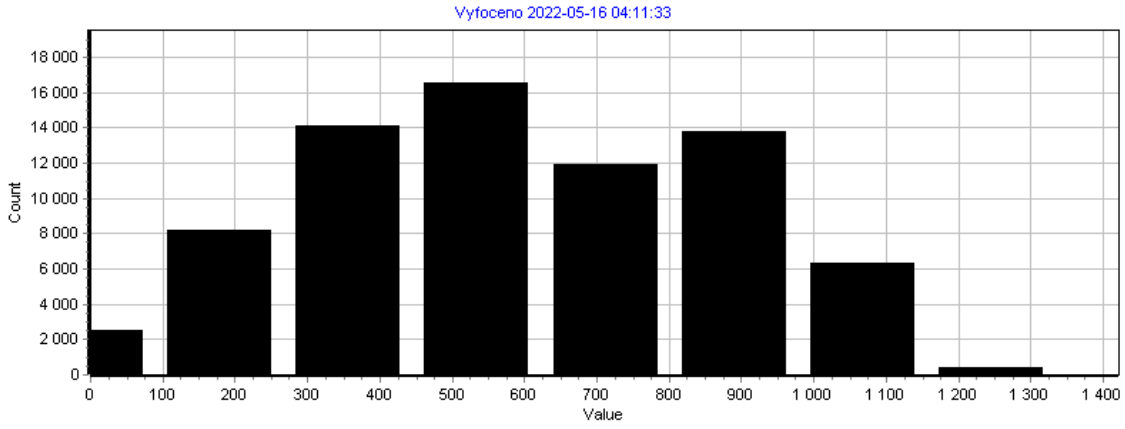
V prvním případě je průměrný jas povrchu Měsíce 676,39 cd.m^{-2}, maximální jas je pak 1421,70 cd.m^{-2}. Pro druhý snímek jsou pak tyto hodnoty 434,77 cd.m^{-2} a 987,59 cd.m^{-2}; pro třetí pak 775,63 cd.m^{-2} a 324,60 cd.m^{-2}; pro poslední snímek pak 492,46 cd.m^{-2} a 194,73 cd.m^{-2}. Jak z uvedených jasových map, tak z těchto hodnot je patrné, že hodnoty jasu se během poměrně krátkého časového úseku poměrně rapidně změnily.

Na snímcích jsou šedou čarou vyznačené řezy, na jejichž průběhu můžeme vyšetřit jas oblastí, kterými procházejí. Tento detektor průměruje hodnoty z nejbližších pěti pixelů z důvodu určitého vyhlazení hodnot. Tyto průběhy jsou znázorněny v Obrázku 7.

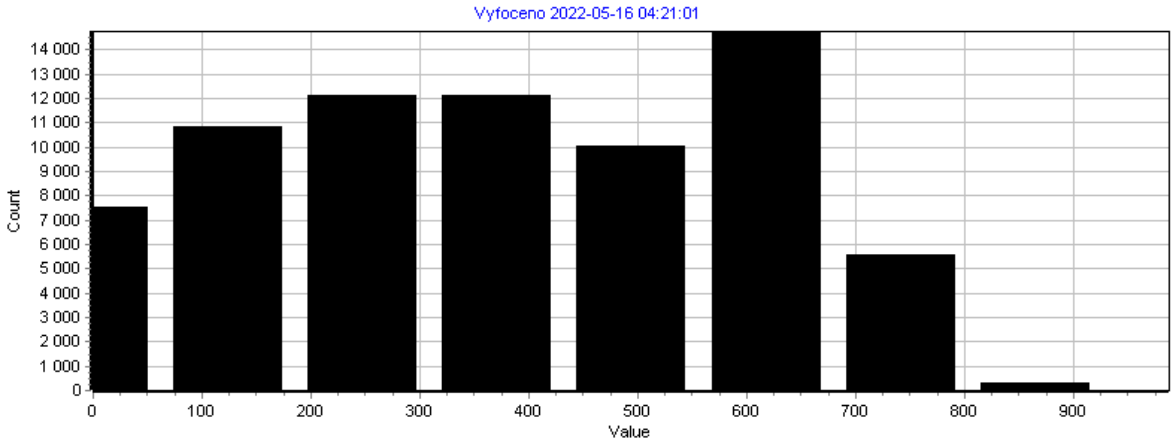


Obr.7 Průběh jasu na provedených jasových řezech.

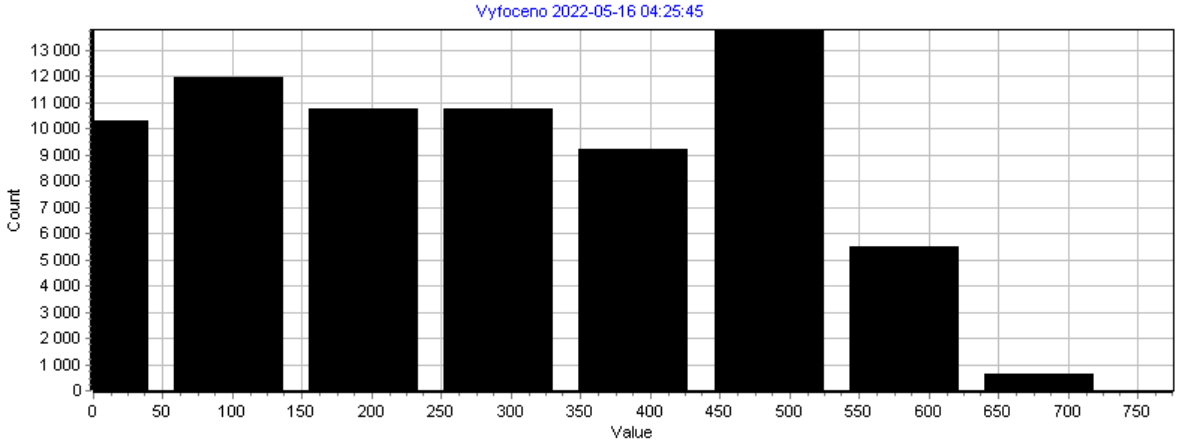
Tato data můžeme taktéž analyzovat statisticky, pomocí histogramů:



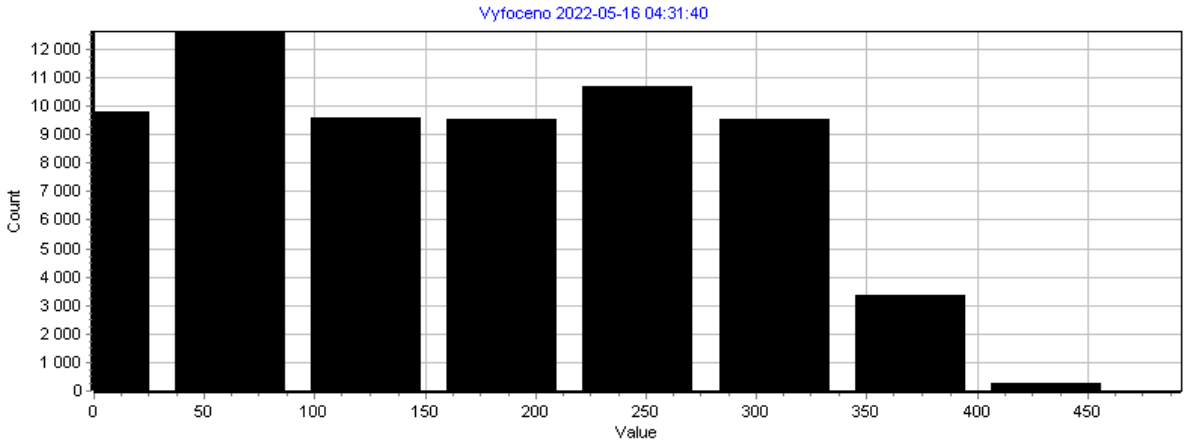
Obr.8 Histogram prvního snímku zatmění Měsíce.



Obr.9 Histogram druhého snímku zatmění Měsíce.



Obr.10 Histogram třetího snímku zatmění Měsíce.



Obr.11 Histogram čtvrtého snímku zatmění Měsíce.

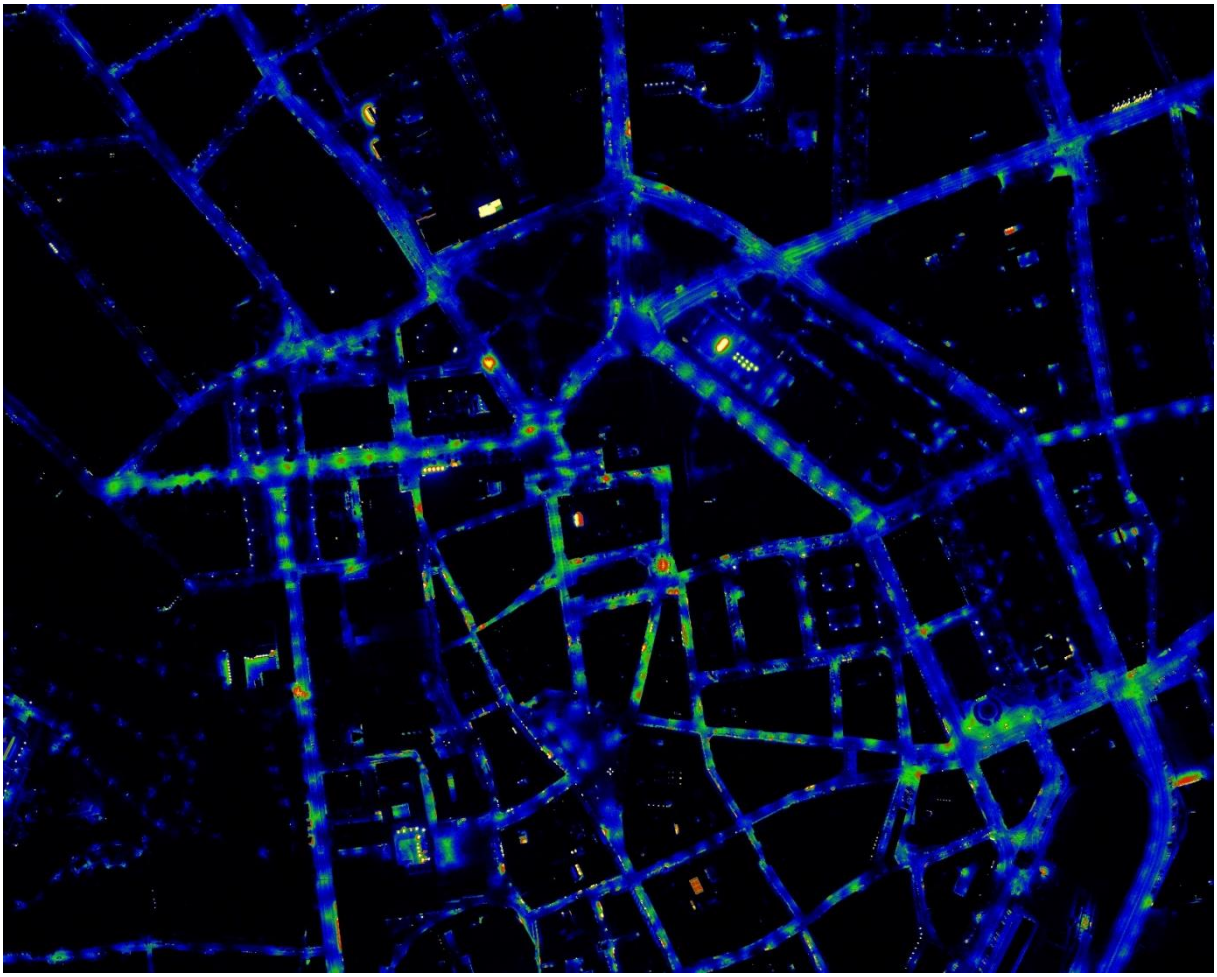
Z uvedených histogramů je na první pohled patrná podstatně větší variabilita jasu v průběhu času, než u snímků, pořízených během zatmění Slunce.

4 Využití nočních ortofotosnímků pro kvantifikaci světelného znečištění

Pro kvantifikaci světelného znečištění je možné použít také leteckého snímkování. To je výhodné především z důvodu samotné polohy snímacího zařízení – vůči zdroji potenciálního světelného znečištění se nachází v horním poloprostoru, a tedy jsme takto schopni přímo změřit tu část světelného toku, který uniká nevhodným směrem. Uvedené snímky byly získány v roce 2022, a to na jaře při experimentu, kdy bylo ve městě Brně vypnuto veřejné osvětlení. Druhá, srovnávací sada těchto snímků byla pak získána v létě téhož roku, již při VO zapnutém.

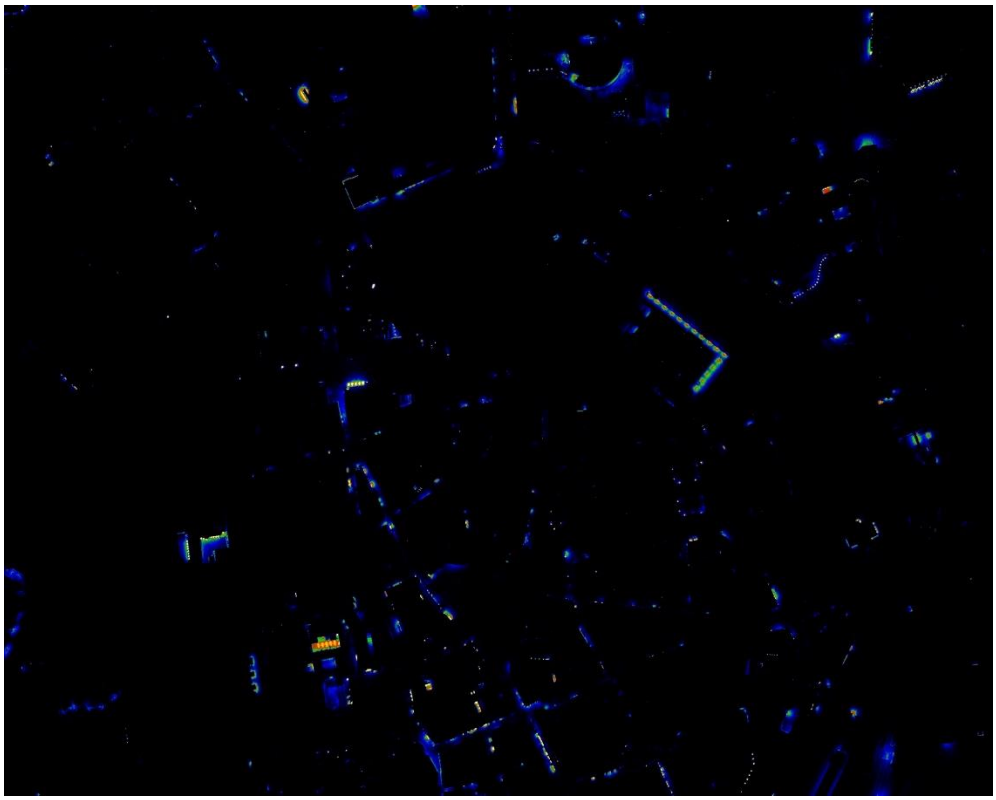
Jistou potíž při zpracovávání těchto snímků způsoboval fakt, že nebyly pořízeny jasovým analyzátorem, pouze zrcadlovkou s neznámými parametry. Z tohoto důvodu bylo v současné době přistoupeno pouze k orientačnímu vyhodnocení těchto snímků jednoduchým převodem na hodnoty jasu, který je ovšem zatížen značnou nejistotou a také proto jsou rozdíly celkového jasu ve stavu VO ZAP – VO VYP uvedeny pouze jako relativní změna celkové hodnoty jasu na dané dlaždici ortofotomapy. Z celkového souboru více než 600 snímků byly vybrány 3 reprezentativní vzorky s různým typem zástavby.

Prvním zkoumaným místem je severní část centra Brna. Po převodu z RGB do hodnot relativního jasu situace se zapnutou soustavou veřejného osvětlení vypadá následovně:



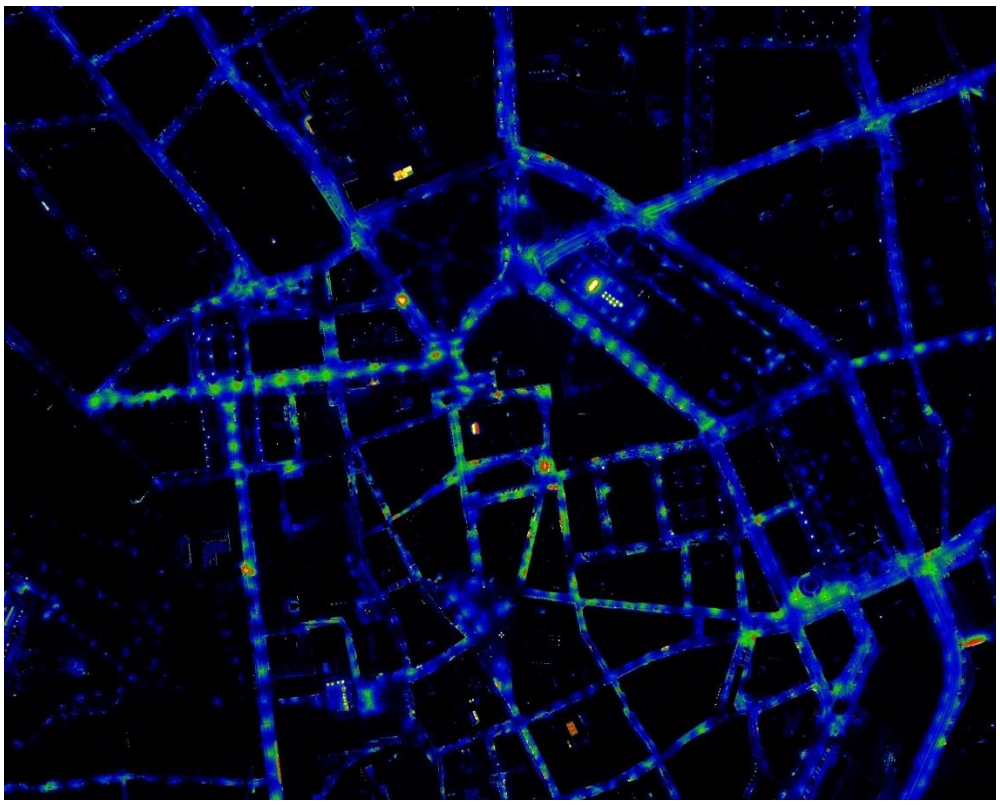
Obr.12 Jasová mapa centra Brna, VO zapnuto

Po vypnutí VO situace vypadala následovně:



Obr.13 Jasová mapa centra Brna, VO vypnuto

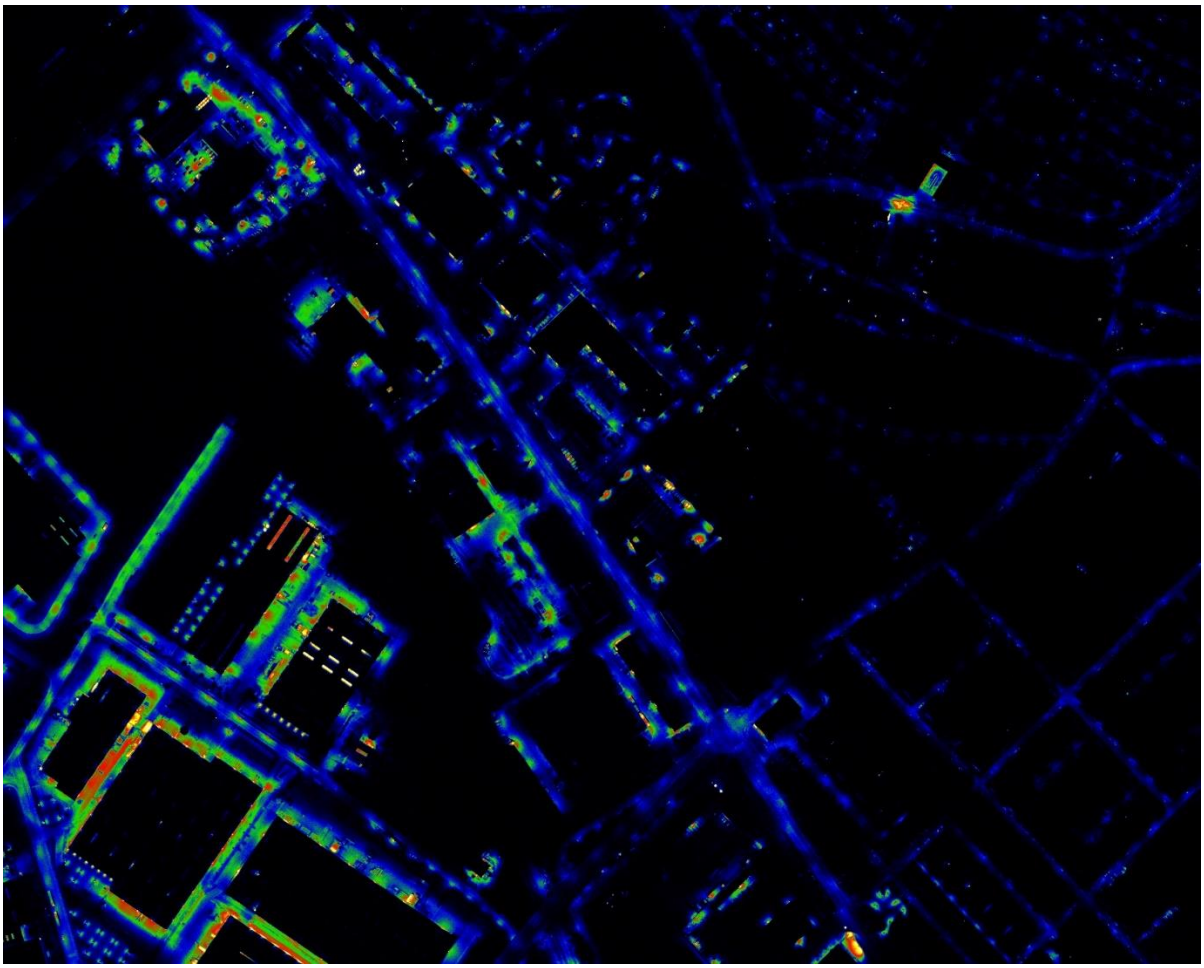
Nyní můžeme pro každý pixel uvedených dvou snímků od sebe hodnoty relativního jasu odečíst a získat tak rozdíl obou jasových map:



Obr.14 Jasová mapa centra Brna, rozdíl VO ZAP – VO VYP

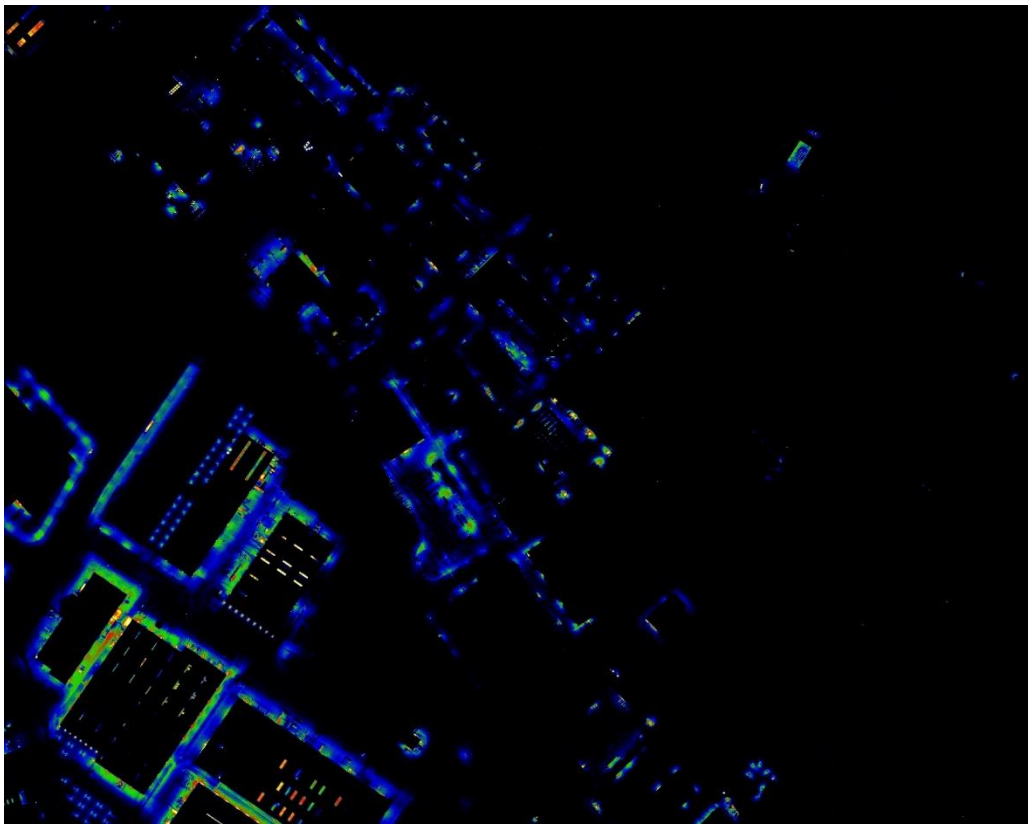
Z uvedeného je patrné, že v této části města v oblasti úniku světla do horního poloprostoru výrazně převažuje veřejné osvětlení a architektonické osvětlení ve správě města. Pakliže bychom pro oba stavy sumovali veškeré hodnoty relativního jasu (tedy hodnoty pro všechny pixely) a následně vypočítali podíl jasu, který pochází z výše zmíněných zdrojů, došli bychom v tomto případě k hodnotě 85,1 % - tedy po zhasnutí VO a podobného osvětlení došlo k poklesu do horního poloprostoru vyzařovaného či odraženého světla o 85,1 %.

Stejný algoritmus pro vyhodnocení snímků můžeme použít i pro jiné městské části. Mějme například snímek oblasti s převažující průmyslovou zástavbou, v prvním případě opět se zapnutým veřejným osvětlením:



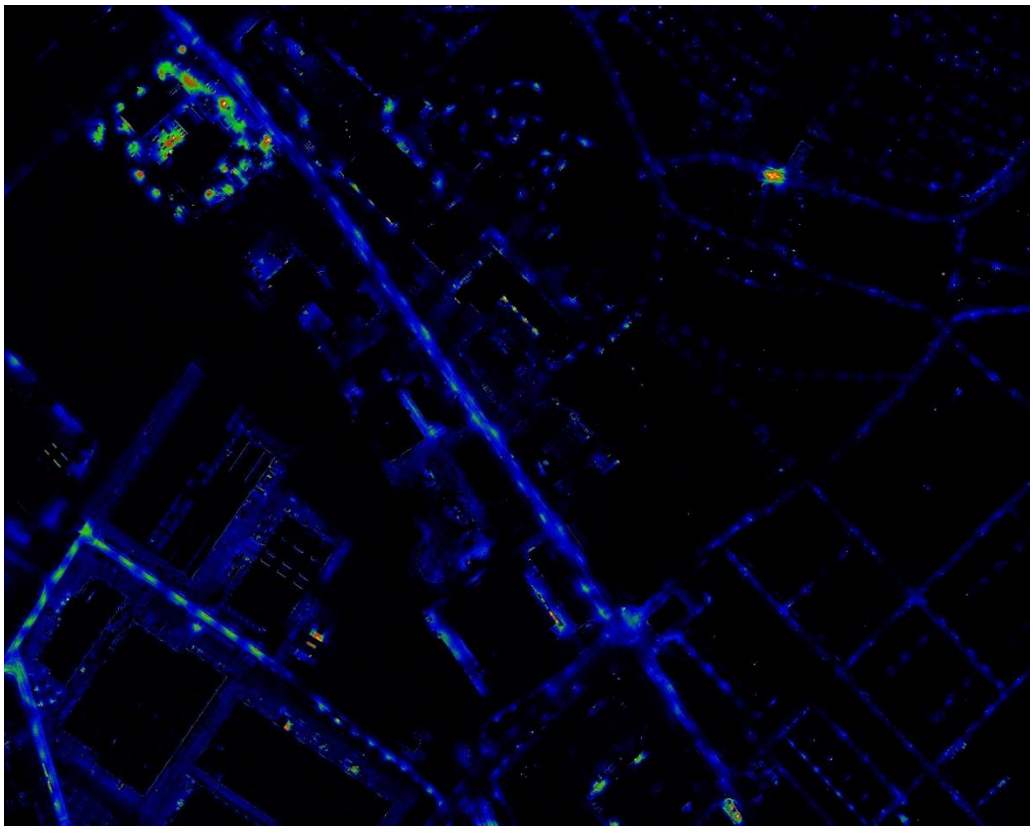
Obr.15 Jasová mapa industriální části Brna, VO zapnuto

Pro stav s vypnutým VO pak situace vypadá takto:



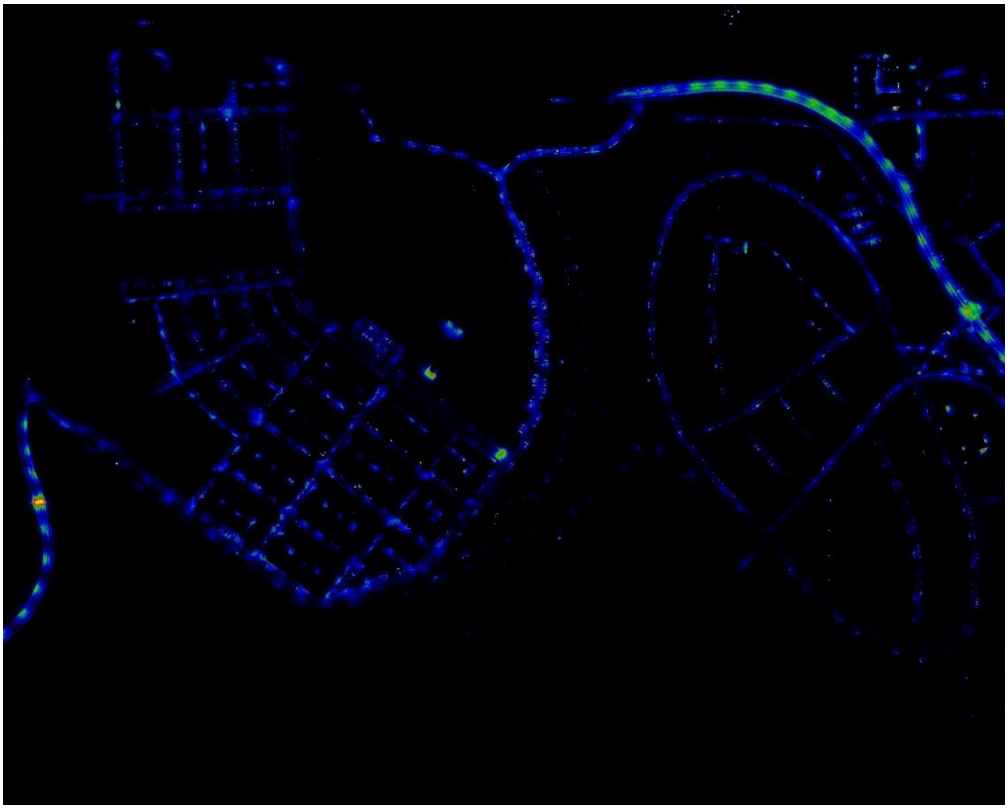
Obr.16 Jasová mapa industriální části Brna, VO vypnuto

A rozdíl těchto snímků pak bude vypadat následovně:

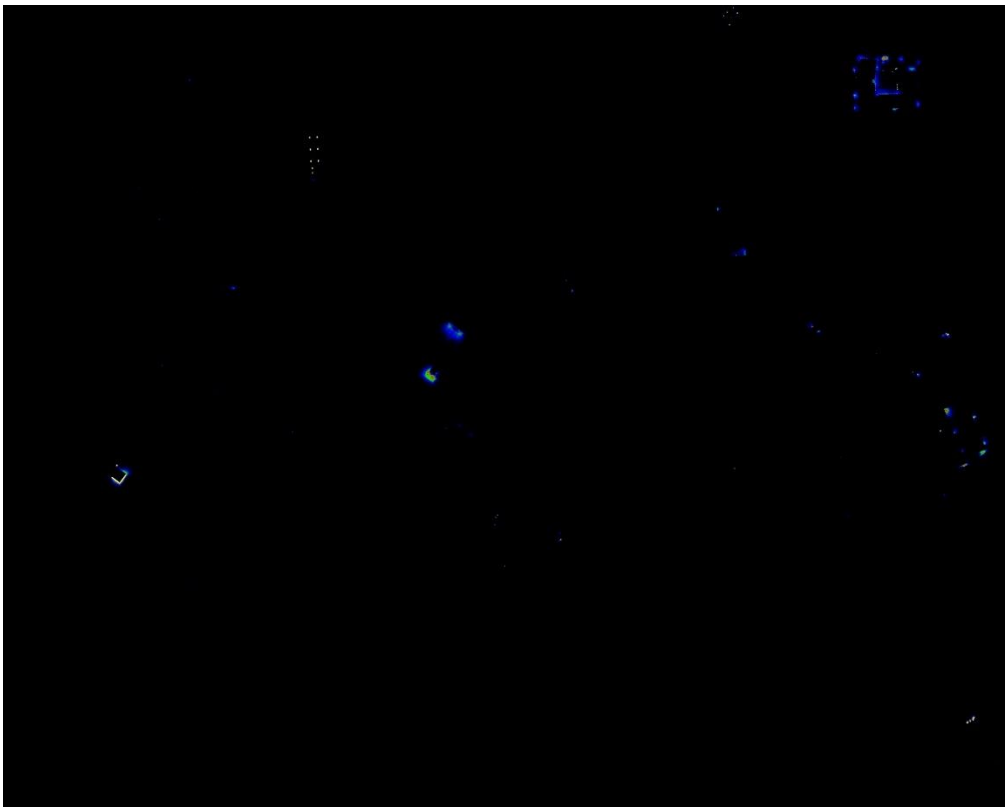


Obr.17 Jasová mapa industriální části Brna, rozdíl VO ZAP – VO VYP

Podíl VO na celkovém relativním jasu je v tomto případě 47,4 %. Jako poslední příklad může posloužit jedna z brněnských obytných čtvrtí:

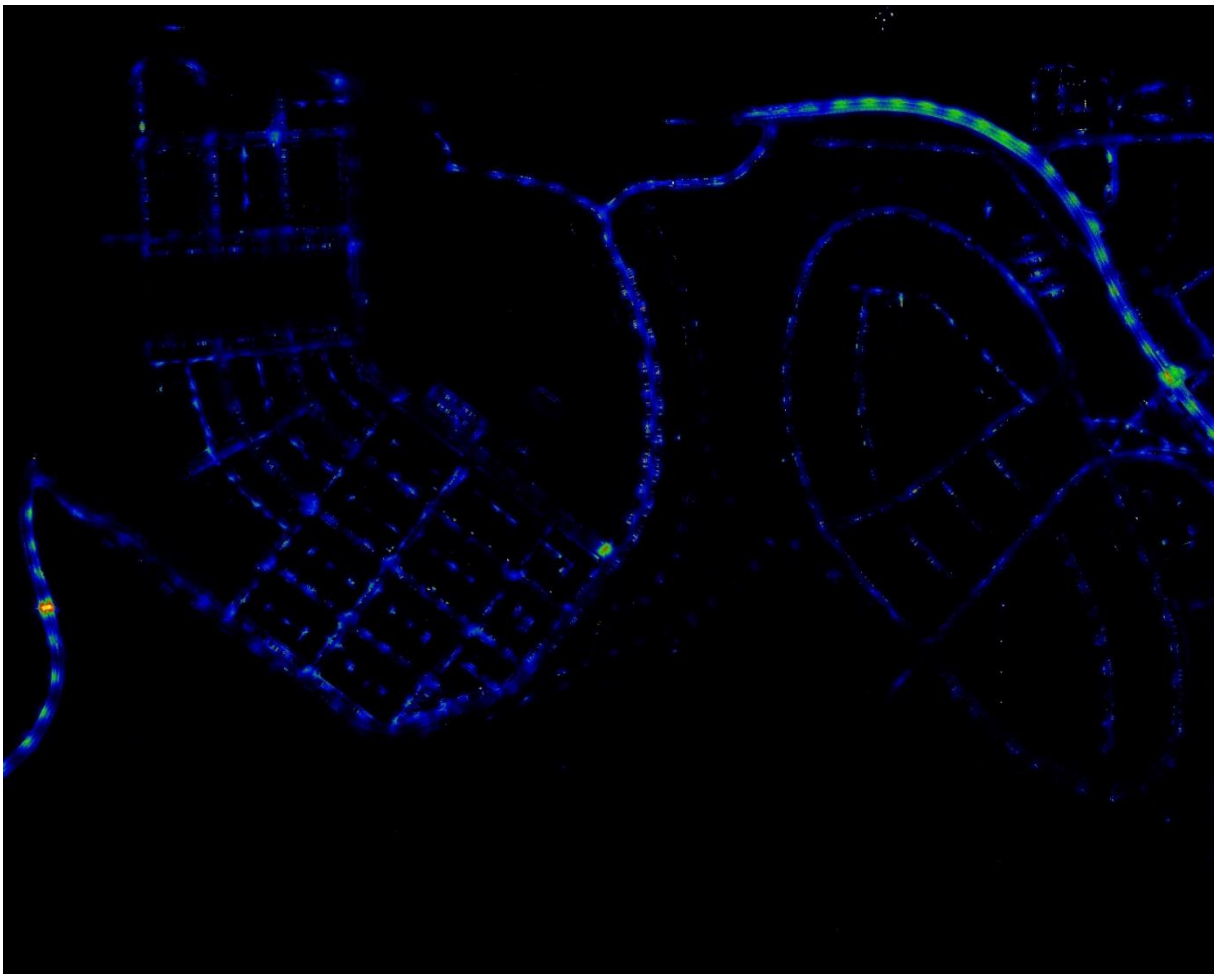


Obr.18 Jasová mapa rezidenční části Brna, VO zapnuto



Obr.19 Jasová mapa rezidenční části Brna, VO vypnuto

Opět vypočítáme rozdílový snímek:



Obr.20 Jasová mapa rezidenční části Brna, rozdíl VO ZAP – VO VYP

U této oblasti je již na první pohled patrné, že VO a podobné osvětlení naprosto převažuje vůči jiným zdrojům světelného znečištění. V dané oblasti došlo po vypnutí VO k poklesu relativního jasu o 90,8 %, což tuto domněnku pouze potvrzuje.

Zpracování těchto získaných dat není v současné době ještě plně ukončeno, je vyvíjena snaha zejména o omezení nejistot měření, které jsou v uvedeném případě vlivem výše popsaných výzev značné.

5 Závěr

Z uvedených výsledků je patrné, že jasový analyzátor s adekvátním objektivem může spolehlivě posloužit k analýze rozložení jasu na povrchu nebeských těles. Tato schopnost byla demonstrována na sadě dat, získaných během částečných zatmění Slunce a Měsíce, která proběhla v roce 2022. Použitý jasový analyzátor prokázal schopnost měřit velmi velké jasy slunečního povrchu s přiměřenou mírou nejistoty měření. Po osazení přístroje objektivem s velkou ohniskovou vzdáleností (v našem případě 500 mm, respektive efektivně 1000 mm) byl zaznamenán povrch Slunce i Měsíce s velkým rozlišením, které dostačuje k analýze jasových poměrů na povrchu těchto těles adekvátně detailním způsobem.

Z dat, která jsme získali během zatmění Slunce je patrné, že největší měrou se mění viditelná část slunečního kotouče; průměrný i maximální jas viditelné části pak kolísá méně výrazně, a tento jev lze do velké míry vysvětlit spíše vlivem proměnlivého počasí v atmosféře Země než samotným astronomickým jevem zatmění. Jasové analyzátory pak také mohou sloužit k analýze rozložení jasu v oblasti s výskytem slunečních skvrn, a nepřímo také k orientačnímu určení jejich rozměrů.

Zajímavá data nám také poskytla možnost měřit rozložení jasu na povrchu Měsíce během jeho zatmění. Z naměřených dat je patrné, že zemský stín na povrchu tohoto satelitu má poměrně neostré hranice a více tak ovlivňuje průměrný jas měsíčního povrchu v širším rozsahu. Stejně jako v případě zatmění Slunce i zde bylo měření ovlivněno povětrnostními podmínkami v místě měření a ve velké míře také pohybem měsíčního kotouče po obloze – zatmění probíhalo těsně před jeho západem za horizont, což se projevilo na poměrně strmém poklesu celkového jasu vlivem atmosférického útlumu.

Toto prezentované použití jasových analyzátorů může posloužit pro naznačení jejich využití k měření atmosférického útlumu a zároveň také ke stanovení fotometrických normálů v podobě nebeských těles, jejichž světlo nás doprovází odnepaměti. Tyto informace nám dále mohou posloužit pro výzkum v oblasti světelného znečištění, neboť rozptyl světla v atmosféře a její útlum jsou jevy, které mají na šíření umělého světla v nočním prostředí velký vliv a jejich pochopení je klíčové pro další výzkum a vývoj v této oblasti.

Jako poměrně vhodný nástroj pro analýzu světelného znečištění se ukázaly také noční letecké snímky, jelikož nám mohou poskytnout cenné informace o jeho zdrojích. V tomto ohledu je také možný prostor pro zlepšení v podobě umístění jasového analyzátoru na palubu letadla, což by vedlo k podstatnému zlepšení přesnosti takto prováděného měření a ke snížení výsledných nejistot. I přes uvedené nedostatky mají analyzovaná data nedocenitelnou hodnotu, jelikož nám zejména v kombinaci s možností vypnutí části svítidel či světelných zdrojů v zájmové oblasti zajistí možnost zjištění zdrojů světelného znečištění, a tedy nám otevírají další možnosti, jak tento negativní dopad umělého osvětlování omezit.

Poděkování

Autoři článku děkují Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE), ve kterém vznikla tato publikace a za finanční podporu Technologické agentury České republiky (projekt č. TA182202001).

Literatura a odkazy

[1] MOTYČKA, M., ŠKODA, J. and BAXANT, P. (2022). The Measurement Uncertainty of the Imaging Luminance Measurement Device Based on the DSLR Camera. In: PROCEEDINGS of the 14th European Lighting Conference LUX EUROPA 2022. LUX EUROPA 2022. 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava – Poruba, Czech Republic: Česká společnost pro osvětlování, z.s, pp.60–64. ISBN: 978-80-11-02269-3.

[2] WOICIK, M. (2021) Sun Distance Calculator, *Sun Distance | Astronomy Calculator | Clear Sky Tonight*. Available at: https://clearskytonight.com/projects/astronomycalculator/sun/sundistance.html (Accessed: 01 October 2023).

[3] JEFFERY, D. (2003) The great coincidence, *UNLV Physics & Astronomy*. Available at: https://www.physics.unlv.edu/~jeffery/astro/moon/sun_moon_angular.html (Accessed: 01 October 2023).

[4] EMILIO, M. et al. (2012) 'Measuring the solar radius from space during the 2003 and 2006 Mercury Transits', *The Astrophysical Journal*, 750(2), p. 135. doi:10.1088/0004-637x/750/2/135.

[5] WILLIAMS, D.R. (1999) Sun Fact Sheet, *NASA*. Available at: https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html (Accessed: 01 October 2023).

[6] LITTLEFAIR, P.J. (1985). The luminous efficacy of daylight: a review. *Lighting Research & Technology*, 17(4), pp.162–182. doi:https://doi.org/10.1177/14771535850170040401.

[7] KOPP, G. and LEAN, J.L. (2011) 'A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance', *Geophysical Research Letters*, 38(1). doi:10.1029/2010gl045777.

Rozlišování barev při nízkých adaptačních jasech a jeho souvislost s viditelností (bezpečností) v nočním dopravním prostoru

Marcela Pechová, Ing., Ph.D., FT TUL, marcela.pechova@tul.cz, ft.tul.cz

Michal Vik, prof. Ing., Ph.D., FT TUL, michal.vik@tul.cz, ft.tul.cz

Martina Viková, doc. Ing., Ph.D., FT TUL, martina.vikova@tul.cz, ft.tul.cz

Abstrakt: Tato práce se zabývá problematikou vnímání barev při fotopických a mezopických adaptačních jasech. Pro možnost hodnocení vnímání barev při různých adaptačních jasech byly provedeny dva vizuální experimenty, které poukazují na to, že i při nízkých adaptačních jasech v oblasti 1 cd.m^{-2} jsou jedinci stále schopni vnímat určité odstíny. S tímto výzkumem souvisí i viditelnost osob především v nočním dopravním prostoru. Viditelnost osob nejen na komunikacích je vysoce aktuální téma, které si zaslouží pozornost v mnoha ohledech. Viditelnost osob především v nočním dopravním prostoru v obcích i mimo ně jde ve velké míře dohromady s použitím bezpečnostních prvků a jejich rozlišitelností. Je však zároveň ovlivněna i veřejným osvětlením a jeho rozmístěním v blízkosti přechodů pro chodce. Každý rok přibývá dopravních nehod s následkem úmrtí osoby. Ne vždy je však na vině pouze řidič vozidla.

1 Motivace a cíle

Je všeobecně známo, že modely barevného vzhledu dobře korelují s vizuálním hodnocením ve středních a vyšších fotopických jasech. Otázkou je, jak tyto modely predikují barevný vzhled v nižších fotopických a mezopických adaptačních jasech. To má velký význam pro rozlišování překážek, chodců apod. v silničním provozu. Při nízkých adaptačních jasech se typicky bezpečnost v silniční dopravě/v nočním dopravním prostoru se primárně zaměřujeme na kontrast jasů, ale vedle kontrastu jasů je také důležitý příspěvek chromatičnosti pro rozlišování objektů – ať mluvíme o chodcích či pevných překážkách. Víme, že v této oblasti se rozlišování kontrastu rapidně snižuje. Z tohoto důvodu jsem se zaměřila na následující oblasti, kterými jsou příspěvek chromatičnosti k rozlišování objektů za nízkých adaptačních jasů, protože víme, že při těchto situacích se rozlišovací schopnost pozorovatelů rapidně zhoršuje, je zde důležité nejen kontrast jasů, ale i kontrast chromatičnosti. V praxi to znamená, jak velké rozdíly barev bude pozorovatel schopen ještě rozlišit. K popisu barevného vzhledu byl v rámci této práce použit komplexní model barevného vzhledu CIECAM02 a CAM02-UCS. Při definování těchto modelů byly ověřovány a nastaveny adaptační jasy vyšší než 30 cd.m^{-2}. Ověření těchto modelů a jejich schopnost popsat barevný vzhled při nízkých adaptačních jasech nižších než 30 cd.m^{-2} je rovněž jedním z cílů této práce.

2 Teorie

S rozlišováním barev při nízkých adaptačních jasech souvisí do značné míry adaptace. V případě adaptace se setkáváme se dvěma termíny, a to adaptací jasovou a adaptací chromatickou. Purkyňův jev popisuje změnu spektrální citlivosti lidského oka při snižujícím se adaptačních jasu, kdy se citlivost zvyšuje se snižujícím se adaptačním jasem. Chromatická

adaptace poté popisuje změnu ve vnímání barev s ohledem na změnu spektrální distribuce osvětlení, tedy to, jak se lidský vizuální systém je schopný adaptovat na tuto změnu.

2.1 Modely barevné vzhledu CIECAM02 a CAM02-UCS

Model barevného vzhledu CIECAM02 je komplexní model, který umožňuje predikovat barevný vzhled při různých podmínkách pozorování. V jeho výpočtu jsou zahrnuty obě dvě výše zmíněné adaptace, adaptace chromatická i adaptace jasová. Výstupní hodnoty, koreláty barevného vzhledu umožňují popsat barevný vzhled. V modelu jsou zahrnuty dva typy korelátů. Koreláty, které jsou vztažené k ideální bílé a koreláty, které jsou závislé přímo na adaptačním jase. Vzhledem k rozsáhlosti těchto modelů, bude tato část zaměřena pouze na výpočet subjektivní chromatičnosti. Celkový výpočet modelu a jeho nastavení lze dohledat v literatuře [1,2,3].

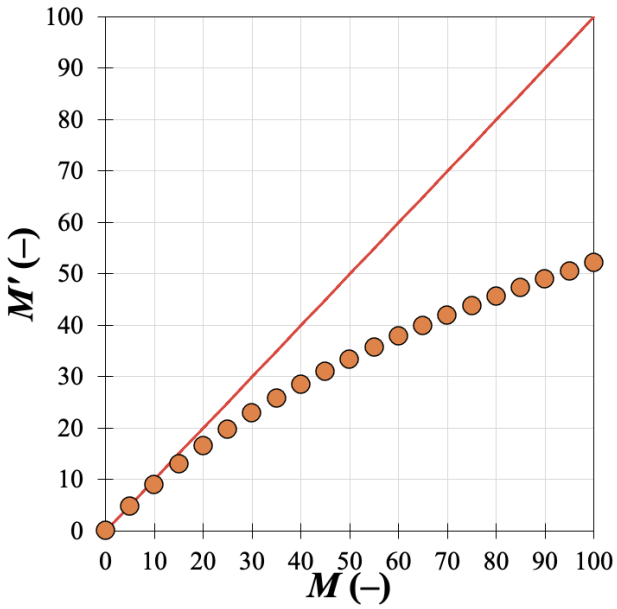
Subjektivní chromatičnost je atributem vizuálního vnímání, který je ovlivněn přímo změnou adaptačního jasu F_L a chromou C. Oproti tomu chroma je subjektivní chromatičnost posuzovaná jako podíl jasu podobně osvětlené ideálně bílé. Výpočet subjektivní chromatičnosti je uveden v následující rovnici.

$$M = CF_L^{0,25}$$

Protože model CIECAM02 nebyl uniformní pro použití pro malé a velké barevné rozdíly, byl odvozen model CAM02-UCS, který toto použití umožňuje. [1,2] V rámci tohoto modelu byla mimo jiné upravena funkce subjektivní chromatičnosti.

$$M' = \frac{1}{c_2}\ln\left(1 + c_2 M\right)$$

Vztah mezi subjektivní chromatičností v modelu CIECAM02 a CAM02-UCS je uvedena na následujícím obrázku.

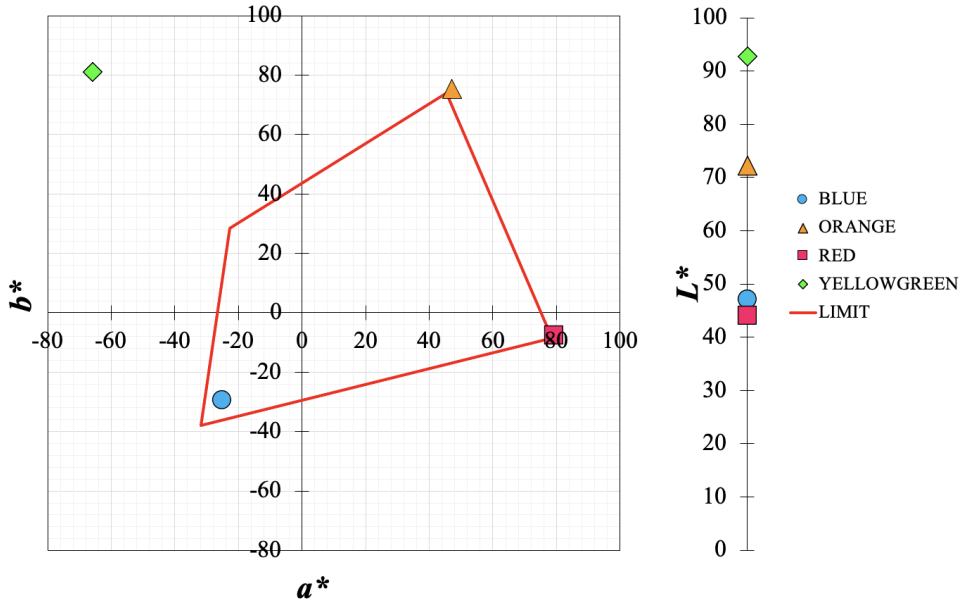


Obr.1 Vztah mezi modifikovanou a nemodifikovanou subjektivní chromatičností []

3 Experiment

3.1 Příprava barevných center

Pro vizuální experiment byla připravena čtyři barevná centra s vysokou chromatičností, a to centra blue, orange, red a yellowgreen. Všechna barevná centra byla zvolena tak, aby byla co nejblíže limitům dosažitelných barev pro sekundární zářiče. Využití vysoké chromatičnosti mělo za cíl zvýšit rozdíl mezi kontrastem jasů a chromatickým kontrastem. [3]

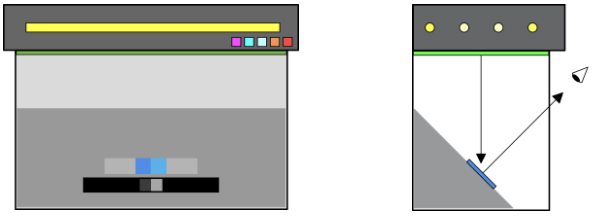


Obr.2 Pozice barevných center v prostoru barev CIELAB s limitem dosažitelných barev pro sekundární zářiče

3.2 Vizuální experiment

V rámci této práce byly provedeny dva vizuální experimenty celkem s 8 adaptačními jasy z fotopické a mezopické oblasti vidění. Experiment 1 s adaptačními jasy 481, 202, 32, 6, 0,93, 0,25, 0,05 a 0,01 $cd.m^{-2}$. Experiment 2, který byl rozdělen na dva dílčí experimenty s adaptačními jasy 202, 32, 6, 0,93 a 0,05 $cd.m^{-2}$ a 64, 2,5 a 0,07 $cd.m^{-2}$. Jednotlivých adaptačních jasů bylo dosaženo použitím neutrální filtrů s různou propustností. Jako zdroj osvětlení byly použity zářivky s náhradní teplotou chromatičnosti 6500 K.

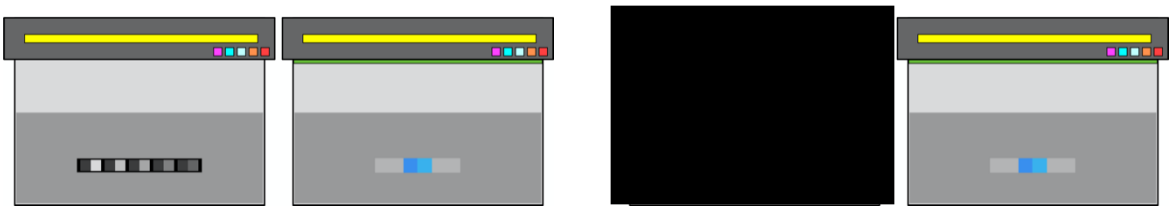
První experiment (experiment 1) byl proveden podle metody šedé stupnice, která byla použita v rámci experimentu pro hodnocení vnímaných barevných odchylek mezi použitými vzorky a v koloristické skříně byla po celou dobu experimentu.



Obr.3 Experiment 1 – přední (vlevo) a boční pohled (vpravo)

Druhý experiment (experiment 2) byl proveden jako tzv. paměťový experiment, tzn. že pozorovatel měl na začátku vždy čas pro zapamatování šedé stupnice, která byla umístěna

v druhé skříni. Tato skříň byla následně zhasnuta a oddělena zástěnou, a pozorovatel hodnotil vzorky po paměti.

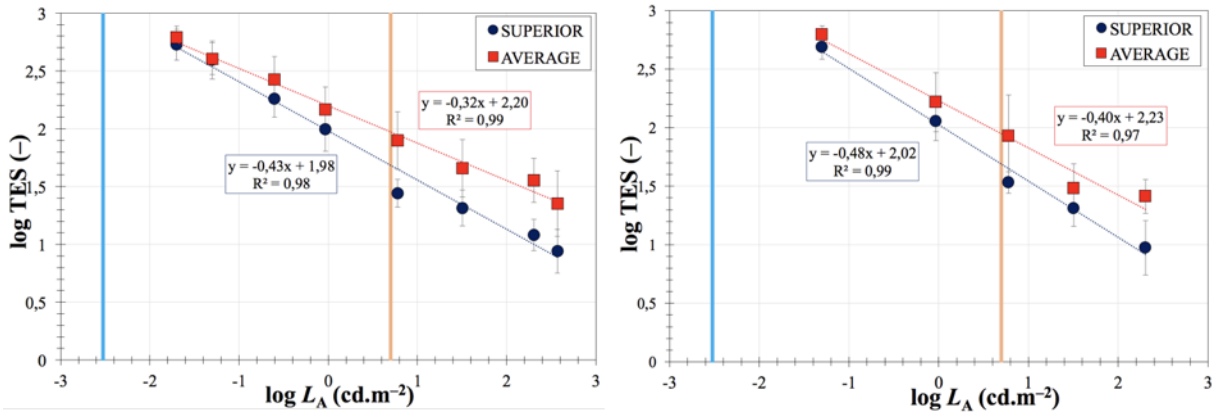


Obr.4 Experiment 2 – přední pohled – vlevo situace při adaptaci, vpravo situace při experimentu

Celkem se obou těchto experimentů zúčastnilo 33 pozorovatelů různých národností a různého věku, kteří podstoupili 73440 individuálních posudků. Všichni pozorovatelé zároveň podstoupili testování barvocitu pomocí Farnsworth-Munsellova 100 Hue testu. Tento test byl zvolen z důvodu možného porovnání s barevnými centra, avšak oproti těmto centrům se nejedná o test s vysokou chromatičností. Výsledkem tohoto testu je stanovení celkového chybového skóre, podle kterého lze pozorovatele rozdělit do skupin s vynikající, průměrnou a nízkou rozlišovací schopností. [3,4]

4 Výsledky a diskuze

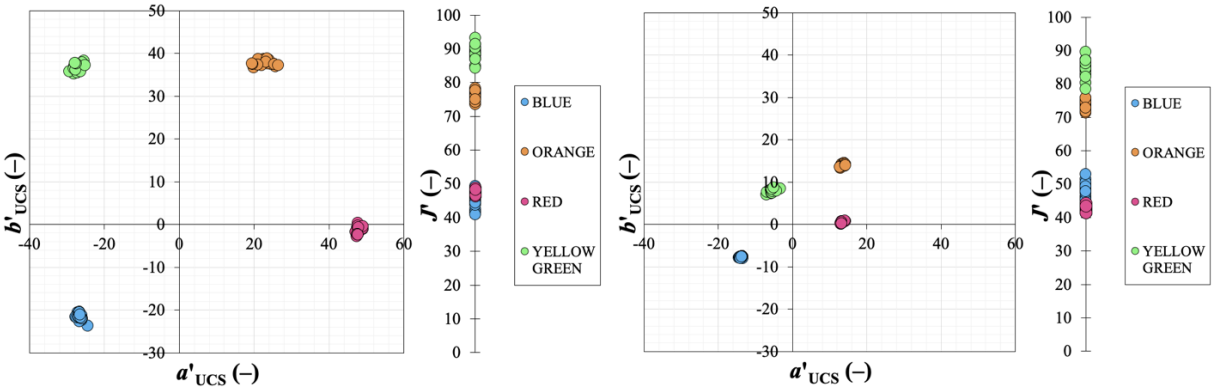
Podle výsledku TES skóre byly pozorovatelé na nejvyšší společné úrovni rozděleni do skupin s vynikající, průměrnou a nízkou rozlišovací schopností. Na nejvyšší společné úrovni pro experiment 1 a 2 nebyl žádný z pozorovatelů testován s vadou barvocitu. U 2/3 pozorovatelů se v průběhu testování došlo k výraznému navýšení TES skóre v oblastech žlutozelených, modrozelených a modrých terčíků, což bylo ovlivněno tzv. pseudotritanopickým efektem. Tento efekt je způsoben postupnou adaptací oka na nízké úrovně jasů a posunem citlivosti lidského oka směrem ke kratším vlnovým délkám a může být způsobena oslepnutím krátkovlnných čípků. [3,4]



Obr.5 Celkové chybové skóre TES – vlevo pro experiment 1, vpravo pro experiment 2

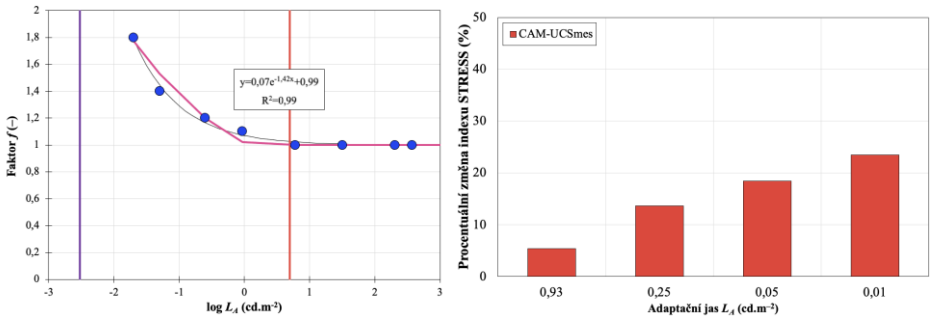
Výsledky vizuálního experimentu vysoce chromatických barevných center byly porovnány s modelem barevného vzhledu CIECAM02 a CAM02-UCS pomocí stanovení standardizované sumy reziduálních čtverců (index STRESS). Na Obr. 6 jsou zobrazeny pozice barevných

center v prostoru CAM02-UCS. Je zde zřetelně vidět, že vlivem snižujícího se adaptačního jasu dochází ke ztrátě barevnosti, zatímco změna ve světlosti vzorků není tak výrazná. [3,4]



Obr.6 Pozice barevných center v prostoru CAM02-UCS – vlevo při 371 cd.m^{-2}, vpravo při 0,01 cd.m^{-2}

Barevnost v modelu CIECAM02 a CAM02-UCS je popsána dvěma funkce. Funkcí subjektivní chromatičnosti M a funkcí chroma C. První zmíněná funkce je ovlivněna změnou adaptačního jasu, zatímco druhá funkce není přímo ovlivněna jeho změnou, ale je závislá na adaptační bílé. Protože predikční schopnost modelu především při nízkých adaptačních jasech je nízká, byla navržena a testována úprava této funkce pomocí korekčního faktoru, která by měla vést ke zvýšení predikční schopnosti. Tento faktor (Obr. 6) byl odvozen pomocí funkce spektrální světelné účinnosti lidského oka v mezopické oblasti vidění. Jeho zavedením došlo ke zvýšení predikční schopnosti modelu o 24 %.



Obr.7 Průběh korekčního faktoru v mezopické oblasti adaptačních jasů a procentuální změna indexu STRESS v této oblasti adaptačních jasů (vpravo)

5 Závěr

U žádného z pozorovatelů nebyla v rámci testování barvocitu diagnostikována vada barvocitu. U některých pozorovatelů se vyskytl pseudotritanopický efekt jako důsledek adaptace na snižující se úroveň jasu a oslepnutím krátkovlnných čípků. Bylo zjištěno, že pozorovatelé jsou schopni rozlišovat barvy i při nízkých adaptačních jasech. U pozorovatelů došlo k výrazné změně rozlišovací schopnosti na úrovni zhruba 1 cd.m^{-2}. [3,4]

Získané výsledky lze aplikovat na situace související s viditelností různých překážek nebo chodců především v nočním dopravním prostoru. Jak bylo zjištěno, osoby jsou schopny i při nízkých adaptačních jasech stále vnímat určité odstíny barev. Je proto důležité brát na zřetel

nejen kontrast jasů, ale i kontrast chromatický, který může do značné míry ovlivnit vnímání či viditelnost této překážky.



Obr.8 Situace s figuranty v nočním dopravním prostoru – vlevo ze vzdálenosti 34 m, vpravo ze vzdálenosti 100 m

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] Robert W. G. Hunt, Michael R. Pointer, Measuring colour, 2011.

[2] Ming Ronnier Luo, Changjun Li, CIECAM02 and Its Recent Developments, 2013.

[3] Marcela Pechová, Vnímání barev při fotopických a mezopických adaptačních jasech, 2022.

[4] Marcela Pechová, Michal Vik, Color discrimination at low adaptation luminance, 2023.

Ovlivňuje CRI fotosyntézu?

Eduard Polák, Ing.
polak@lightvortex.cz, www.lightvortex.cz

Abstrakt:

Někteří zájemci o pěstování rostlin, bez slunce pomoci uměle vytvořeného světleného spektra, občas žádají vysoké CRI u LED ve svých projektech pro hydroponii nebo aeroponii. Můžeme se někdy mýlit, proč je pro růst rostlin také žádoucí barevné spektrum LED, významné pro lidského oko v režimu denního vidění (fotopické vidění). Přitom citlivost lidského oka na světelné spektrum je zcela odlišná od rostlin.

1 Základní pojmy

Nejprve je nutné objasnit a zdůraznit některé základní pojmy, které budou zmíněny a použity.

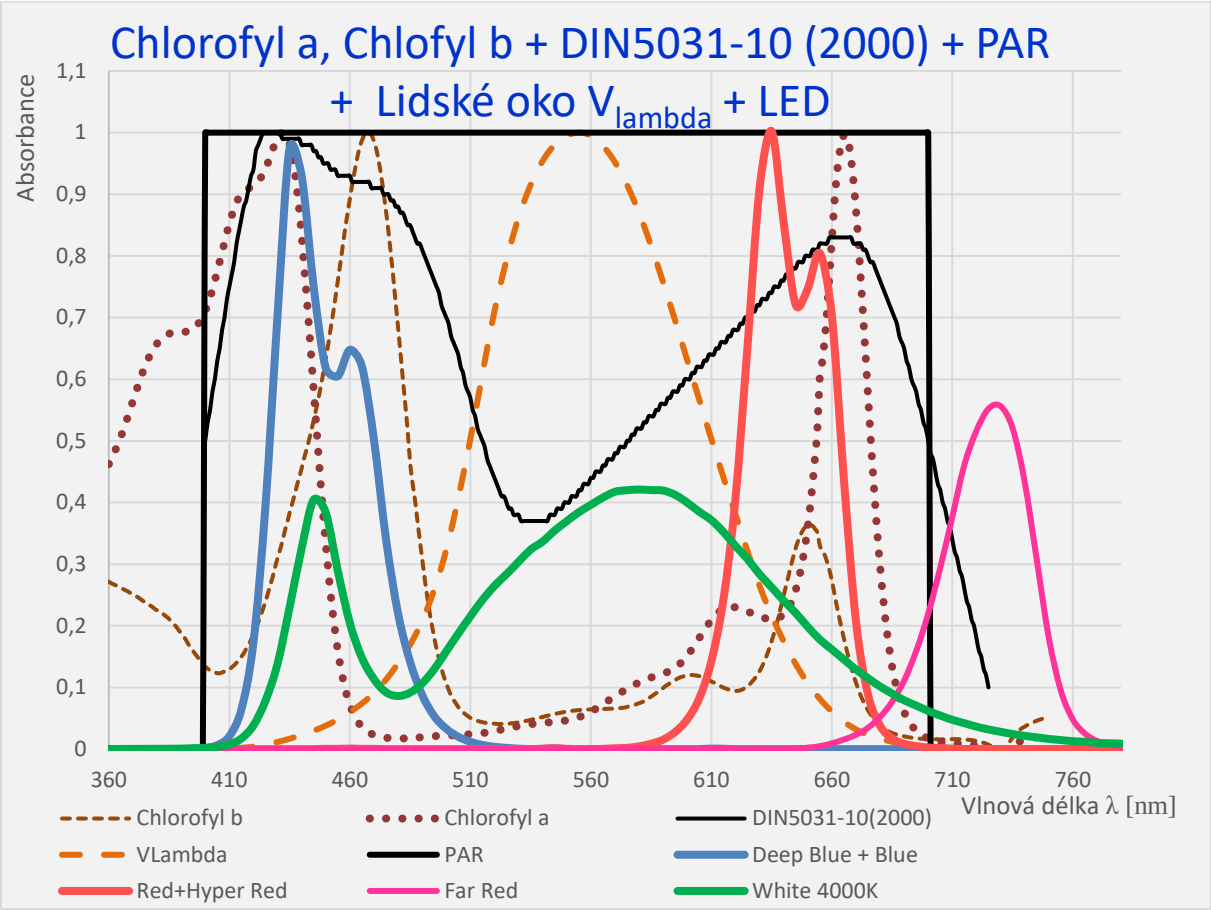
Rostliny absorbují především modrou a červenou složku spektra. Nabízí se tedy jednoduché řešení, jak sestavit světelný zdroj, kombinací modrých a červených LED. Současné znalosti z biofyziky fotosyntézy však poukazují na to, že ostatní složky spektra (UV, zelená, žlutá, vzdálená červená) významně ovlivňují pronikání světla do hlubších vrstev listu nebo porostu a díky alternativním fotosyntetickým pigmentům (případně pigment-proteinovým komplexům) přispívají k intenzivnímu růstu. Osvětlování rostlin

Rostliny využívají světlo absorbované listovými pigmenty jako důležitý zdroj energie při fotochemických procesech. Tyto procesy ovlivňují tvorbu květů rostlin, jejich tvar a celkovou stavbu. Nejdůležitějším z těchto procesů je proces zvaný fotosyntéza, který využívá světelné záření ke konverzi CO_2 a vody na sacharidy a následně na další látky (asimiláty), které společně tvoří stavební kameny rostlinných tkání.

Umělé osvětlení se využívá také jako úplná náhrada přirozeného denního osvětlení v růstových komorách, zde jde o tzv. kultivační osvětlení. Růstové komory jsou i na mezinárodní vesmírné stanici ISS (International Space Station)



Obr. 1 Růstová komora Advanced Plant Habitat při pozemních zkouškách [6]



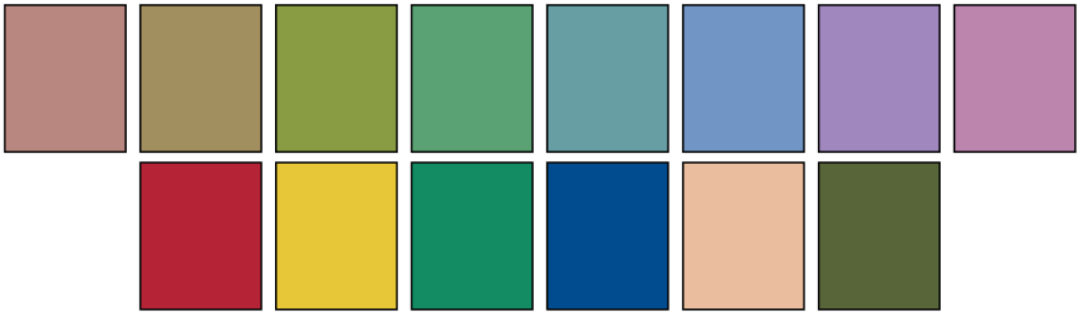
Obr. 2 Celkový přehled spekter (absorbční spektra rostlin, spektra LED)

Na obr. 2 je vidět adsorbční spektra *chlorofylu a, chlorofylu b* v pásmu kolem od 400 po 550 nm. Mimo toto spektrum neabsorbují skoro nic a druhý pík mají kolem 675 nm. Z těchto údajů vyplývá, je třeba světlo s vysokým zářivým tokem v oblastech modré, červené až infračervené.

2 CRI (Color Rendering Index- Index podání barev)

CRI vyhodnocuje schopnost světelného zdroje poskytnout lidskému oku (fotopická citlivost) původní barvu objektu s hodnotou *100 (Ra).* Tato metrika vybere vzorky Munsellových testovacích barev, přičemž jako referenční zdroje vezmeme různé iluminanty a porovnáme výsledky chromatické aberace v rámci testu měřených a referenčních zdrojů světla. Čím více aberací, tím nižší skóre vykreslení barev. Vezmeme-li aritmetický průměr *prvních 8 vzorků testovací barvy*, dostaneme *Ra* jako obecný index podání barev, přičemž při *15 vzorcích testovacích barev* dostaneme rozšířený index podání barev.

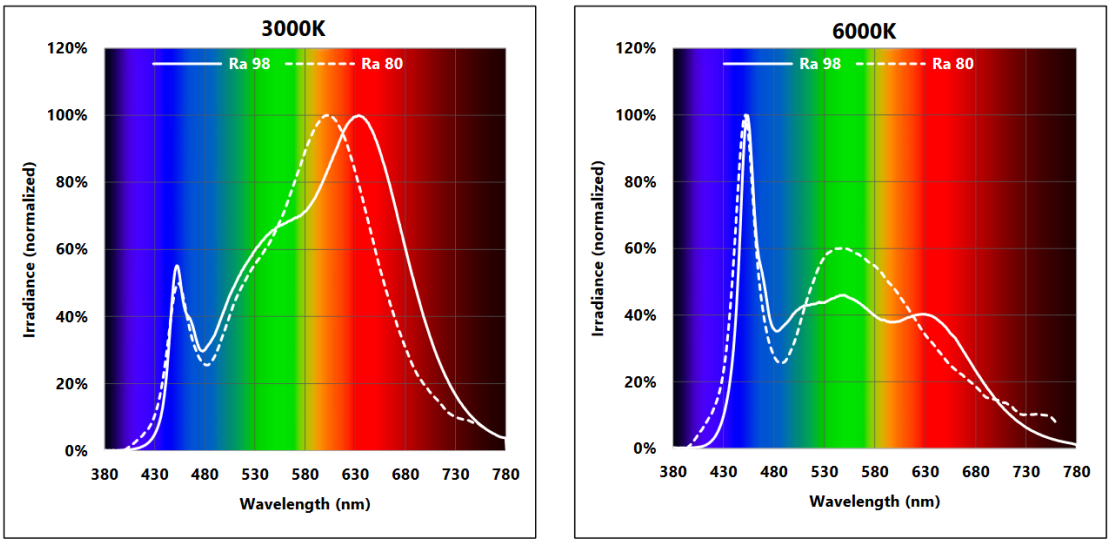
V tomto výpočtu je zahrnut i *tristimulus* (spektrální citlivost lidského oka na barvy) , který vyjadřuje druh vizuálního vnímání barev - CRI.



Obr. 3 *15 Munsellových testovacích barevných vzorků pro výpočet CRI*

V současné době na trhu najdeme různé LED produkty třídy CRI (Ra) od 80 do 98.

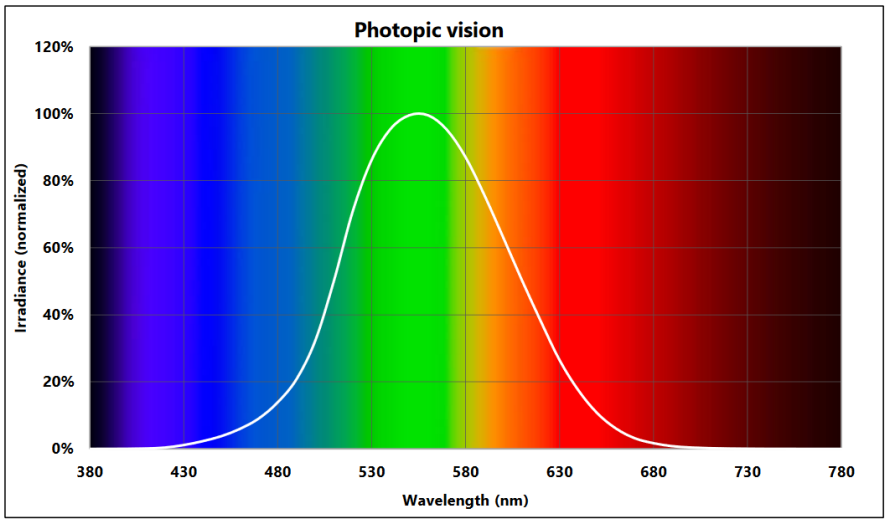
V následujícím textu si povíme trochu více o způsobu zlepšení CRI. Na spektrální úrovni mohou existovat různé recepty kombinace fosforu (matriálů pro výrobu LED) pro zvýšení skóre CRI. Nejúčinnějším a nejpraktičtějším způsobem je zvýšení vzdálených vlnových délek červeného spektra. Obrázek 4 ukazuje srovnání mezi Ra 80 a Ra 98, přičemž jako příklady byly použity bílé LED s 3000K a 6000K. Lze konstatovat, že posun červeného spektra významně zvyšuje CRI.



Obr. 4 *Spektra různých CRI*

3 Světlená účinnost

LED je známá svými pozoruhodnými funkcemi úspory energie a dlouhou životností ve srovnání s konvenčními světelnými zdroji. Světelná účinnost, což je vizuální vnímání, se měří na základě fotopického vidění s maximální citlivostí při 555 nm, obrázek 5.

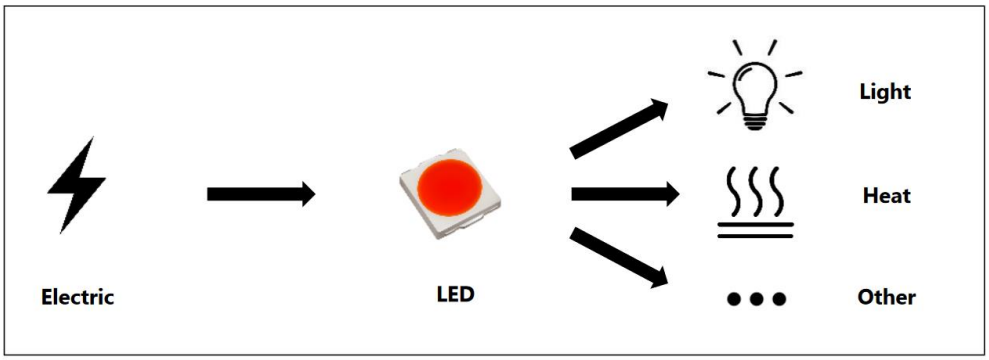


Obr. 5 *Citlivost lidského oka (viditelné spektrum)*

Podle teorie výpočtu světelného toku, čím více se spektrum překrývá s fotopickým viděním, tím vyšší světelnou účinnost lze dosáhnout. Tato teorie také předkládá tvrzení, že obecně CRI LED mají relativně nízkou světelnou účinnost.

4 WPE (Wall Plug Efficiency nebo Radiant Efficiency)

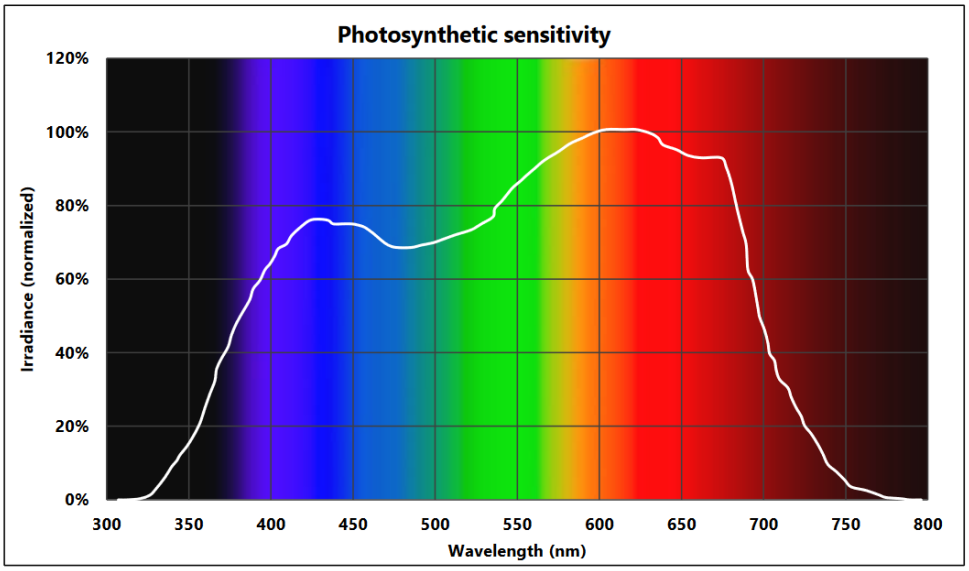
Účinnost převodu elektrického proudu na optický výkon (radiometrický výkon) na rozdíl od CRI vypočítává WPE jako fyzickou charakteristiku bez přidání vizuálního vnímání. Porozumění a analýza WPE také pomáhá při výpočtu, jak najít vhodné chlazení pro udržení pracovní teploty LED, obrázek 6.



Obr. 6 *Proces přeměny energie u LED*

5 PAR (Photosynthetically Active Radiation - Fotosynteticky aktivní záření)

Fotosynteticky aktivní záření definuje vlnovou délku v rozsahu vlnových délek 400 nm až 700 nm, v níž je aktivní fotosyntéza (je nejcitlivější). Tato oblast vlnových délek má stejný význam jako spektrální citlivost lidského oka, ale citlivost je zcela odlišná viz obrázek 7.



Obr. 7 *Spektrální citlivost fotosyntézy*

6 PPF (fotosyntetický fotonový tok) a PPE (fotosyntetická fotonová účinnost)

Výpočet fotosyntetického fotonového toku je založen na PAR, a v podstatě se jedná o foton generovaný světelným zdrojem každou sekundu, měřeno v mikromol (µmol), a výpočet zahrnuje:

Avogadrovou konstantu	(N_a = 6,022 x 10^{23})
Plankovou konstantu	(h = 4,14 x 10^{-15} $eV \cdot s$)
Rychlost světla	(c = 3 x 10^{8} m / s)
Spektrální rozložení energie	(φ(λ)= W / nm) (diskrétní v určitých nanometrových intervalech)

Proto můžeme vypočítat fotosyntetický tok fotonů na každém nanometru:

$$10^{-9} \times \frac{\phi\,(\lambda)}{Na \cdot h \cdot c}$$

Je zřejmé, že všechny konstanty a proměnné použité pro výpočet PPF jsou „čistými“ fyzikálními hodnotami bez dodatečných fotosyntetických nebo biologických vah. To také znamená, že pokud existuje určitá distribuce spektrální energie v PAR, je možné získat stejný PPF bez ohledu na tvar spektra.

Bylo by snadné vypočítat účinnost fotonu, když známe tok fotonu. PPE pak udává, jak efektivně světelný zdroj generuje fotony. PPE se zdrojem elektrické energie je obecně popsán jako µmol / J (J = Joule, rovná se W · s). Stejně tak výpočet PPE je o „čisté“ fyzikální hodnotě. To se zcela liší od výpočtu světelného toku a účinnosti.

7 Relevantní experimenty - integrační koule – spektrometr

Abychom experimentální výsledky srovnali rovnoměrně, snažíme se, aby podmínky byly co nejvíce stejné. Experimentální podmínky jsou založeny na:

7.1 Spektrum bílého světla 4000K CCT

CRI má smysl pouze tehdy, když je světlo bílé, jako experimentální objekt zvolíme 4000K, což je jeden z nejčastěji používaných CCT v zahradnickém osvětlení.

7.2 LED, BIN a balení

Výrobní šarže a obal jsou použity od daného výrobce (balení 600 kusů), s ohledem na CRI, což znamená, že se změní vlnová délka spektra, BIN se také použije odlišný.

7.3 Zkušební a testovací pracoviště

Je použita laboratorní integrační koule pro mření 1 kusu LED se spektrometrem při standardním kalibračním postupu. Udržují se konstantní zkušební podmínky, aby nedošlo k žádné instrumentální chybě.

7.4 Princip různých návrhů spektra

Jak je uvedeno výše, je zlepšení CRI v podstatě zlepšení distribuce spektrální energie na vzdálené vlnové délce (600 až 650nm). Dále se jedná o zlepšení světelné účinnosti na úrovni spektra spektrální energie uvnitř citlivosti lidského oka při denním vidění (fotopického vidění). Proto v následujících experimentech s různým designem spektra je přechod mezi CRI a světelnou účinností považován za primární.

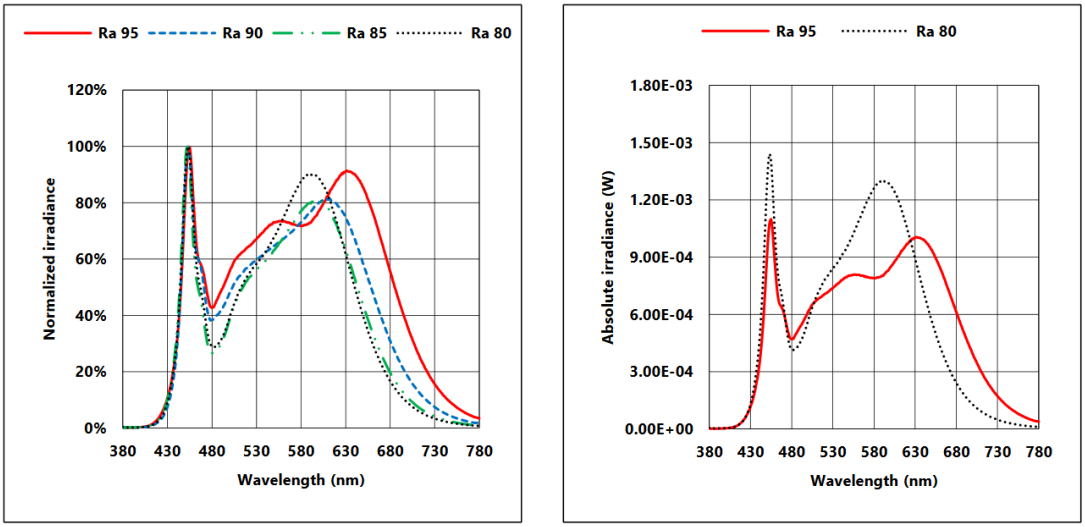
V souladu s tím jsou zpracovány čtyři různé experimenty CRI, aby odpovídaly výše uvedeným podmínkám, jedná se o Ra 95+, Ra 90+, Ra 85+ a Ra 80+ a výběr průměrného výsledku z 10 vzorků, aby se zabránilo efektu zkreslení. Seznam optických parametrů ze skutečného testu jsou uvedeny na obrázku 8.

Zářivý tok Radiant Flux	Světlený tok Luminuos Flux	Účinnost světelného toku	**PPF**	**PPE**	**Ra**
[avg. mW]	[avg. lm]	[avg. lm/W]	[avg. µmol/s]	[avg. µmol/J]	[--]
213,74	72,12	165	1,00	2,29	80,37
211,97	68,5	158	1,02	2,34	85,44
201,41	60,66	139	0,097	2,22	92,82
209,52	57,02	129	1,03	2,32	97,85

Tabulka 1 Testované LED při různých CRI a 4000 K (stejné pracovní podmínky)

Na obrázku 8 (a) jsou čtyři spektra porovnána jako normalizovaná ve stejné souřadné ose. Grafy ukazují, že maximální vlnová délka červeného spektra se posune doprava, pokud se zvětší Ra.

Na obrázku 8 (b) jsou absolutní ozáření Ra 80 a Ra 95 srovnávány ve stejné souřadné ose. Zjevně je ozáření modrého píku Ra 80 větší než Ra 95.



(a) *(b)*

Obr.8 *Srovnání spekter LED s různými CRI*

Jak je všeobecně známo, světelný tok není vhodný pro hodnocení výkonu zahradnického osvětlení, protože spektrální citlivost na světlo u rostlin se liší od lidského oka (obrázek 2). Místo zmíněných jednotek by měly být použity PPF a PPE. Od Ra 80 do Ra 95 je světelná účinnost zjevně odlišná, ale PPF a PPE jsou stejné (s ohledem na instrumentální chybu během testů), což znamená, že CRI a světelná účinnost neovlivňují PPF a PPE.

8 Experimenty

Jak je uvedeno výše, experimenty jsou udržovány za stejných podmínek. Testované LED mají:

- stejný BIN LED
- stejnou balící jednotku 600 kusů
- stejnou vlnovou délku maxima λ_P =450nm
- stejný zářivý tok 230 mW

8.1 Parametry Ra použité v experimentech

EQE Externí kvantová účinnost [%]
λ_P Vlnová délka maxima [nm]

LED s Ra 80
- Zelený fosfor: Lu 3 Al 5 O 12 : Ce λ_P = 530 nm, EQE 74%
- Červený fosfor: (Ca, Sr) SiAlN 3 : Eu λ_P = 625 nm, EQE 85%

LED s Ra 85
- Zelený fosfor: Lu 3 Al 5 O 12 : Ce λ_P = 532 nm, EQE 76%
- Červený fosfor: (Ca, Sr) SiAlN 3 : Eu λ_P = 629 nm, EQE 86%

LED s Ra 90
- Zelený fosfor: Lu 3 Al 5 O 12 : Ce λ_P = 532 nm, EQE 72%
- Červený fosfor: (Ca, Sr) SiAlN 3 : Eu λ_P = 640 nm, EQE 78%

LED s Ra 95
- Zelený fosfor: Lu 3 Al 5 O 12 : Ce λ_P = 532 nm, EQE 72%
- Červený fosfor: (Ca, Sr) SiAlN 3 : Eu λ_P = 651 nm, EQE 84%

Jak je uvedeno v základních pojmech, světelný tok a účinnost jsou vizuální vjemy pro lidské oko, výpočet světleného toku je nedílnou součástí vizuální citlivosti:

$$\Phi = K \cdot \sum_{380}^{780} \Delta\Phi_e(\lambda) \cdot \Delta V(\lambda)$$

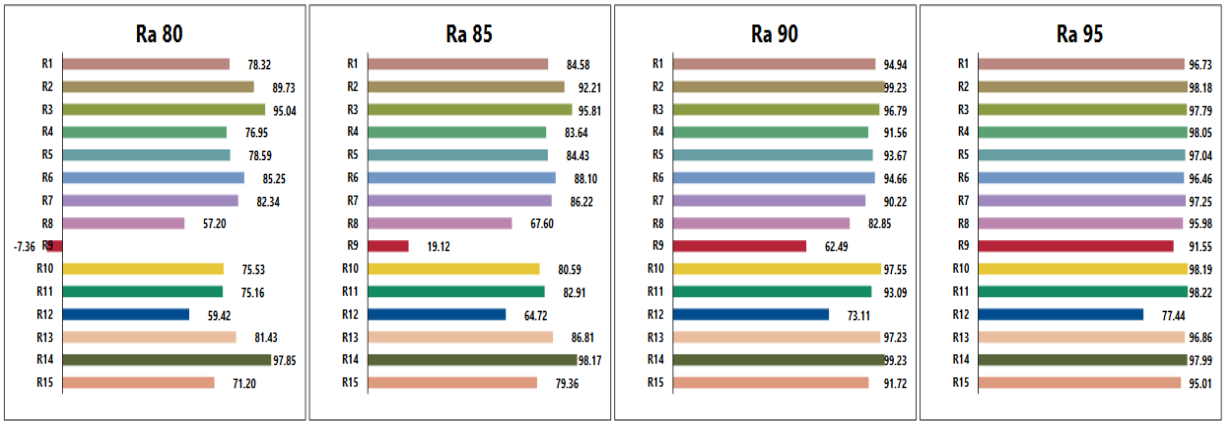
Φ	světlený tok [lm]
V(λ)	poměrná spektrální citlivost oka
Φe	zářivý tok
K	světelná účinnost záření

Lze konstatovat, že tvar spektra je jedním z klíčových faktorů ovlivňujících tok a účinnost.

Od Ra 80 do Ra 95 snížením distribuce ve vizuální funkci se tok a účinnost synchronně sníží. Tyto čtyři LED vytvářejí podobný zářivý tok (vzhledem k instrumentální chybě), ale výsledky se při převodu na světelný tok liší.

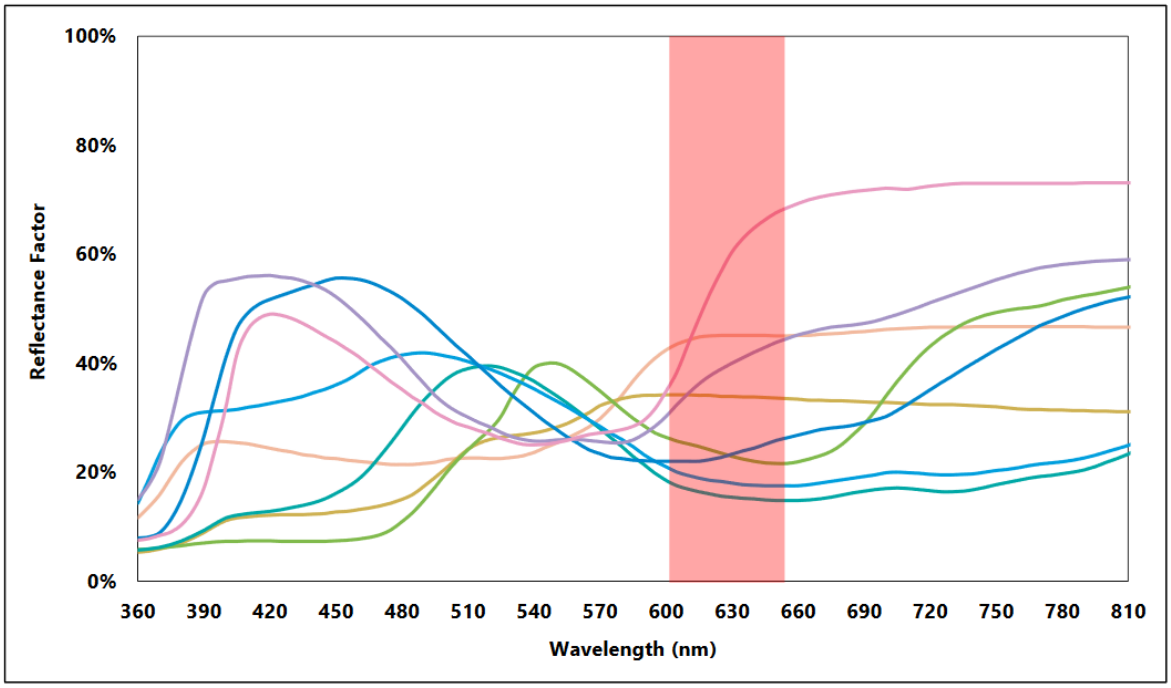
Dalším jevem těchto různých CRI je to, jak je všeobecně známo, že spektrum dlouhých vlnových délek hlavně ovlivňuje vykreslování nasycené červené barvy, což je R9 v CRI 15 TCS (testovací vzorky barev), avšak v těchto experimentech zřejmě dlouhé spektrum vlnových délek také významně ovlivňuje Ra – tj. průměr R1 až R8.

Ve skutečnosti, z výsledků CRI, je R9 nejproměnlivější parametr, od Ra 80 do Ra 95, R9 se počítá jako 7,36, 19,12, 62,49 a 91,55. Obrázek 9 ukazuje specifický Ri ze čtyř hodnot CRI u LED.



Obr. 9 *Specifické Ri různých CRI*

K vysvětlení tohoto jevu bychom mohli zkontrolovat pomocí faktoru odrazivosti CRI TCS 1-8 (obrázek 10). Od 600 nm do 650 nm má TCS1 - 8 odpovídající odrazivost, která kolísá od 14,8% do 67,6%, což znamená, že distribuce v rozmezí 600 nm až 650 nm ovlivňuje TCS 1-8 efektivně, to znamená, že vyšší vlnové délky efektivněji ovlivňují Ra, obrázek 10.



Obr.10 *Reflexní faktory CRI TCS 1 - 8*

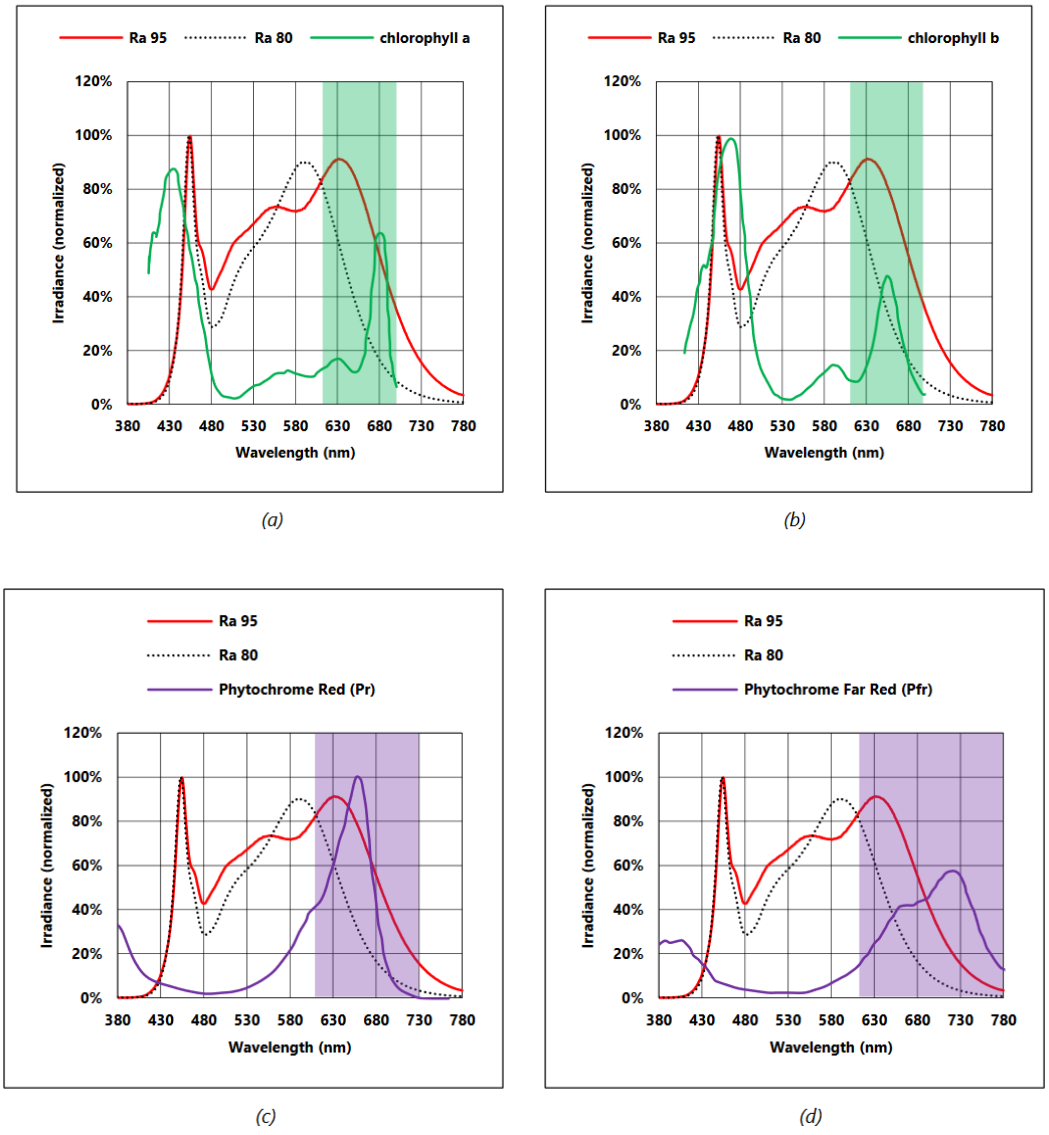
Pokud jde o PPF a PPE, i když začínají slovy „fotosynteticky“ do výpočtu není zahrnut žádný konkrétní botanický faktor. Kromě příslušných konstant určuje PPF a PPE distribuce spektrálního výkonu, což je v podstatě zářivý tok. Proces přeměny energie v této LED 4000K a relevantní klíčové faktory, které ovlivňují přeměnu, lze popsat jako:

electric	→	LED die	→	LED phosphor	→	output
|		|		|	|
current & voltage		die radiant power		EQE		LED radiant power

Pro experimenty je vybrány LED o zářivém toku 230 mW, vlnové délce 450 nm (Deep Blue), s fotoelektrickým napětím 2.9 V a pracovním proudem 150 mA, se stejným EQE zelených a červených fosforů, které se používají pro různé CRI, což znamená všechny proměnné použité pro výpočet zářivého toku LED a PPF / PPE jsou stejné, pak získáme tento výsledek a závěr, že CRI a světelná účinnost neovlivňují PPF a PPE, ale připomínají, že tento závěr je založen na stejných podmínkách při experimentech, stejných konstantách a proměnných ve výpočtu. Zlepšení CRI znamená zlepšení indexu podání barev.

9 Zamyšlení na závěr

Přestože jsme dospěli k závěru, že CRI a světelná účinnost neovlivňují PPE, výpočet PPF / PPE měří množství fotonů v PAR, ale to nezahrnuje váhy jednotlivých vlnových délek na fotosyntetickou senzitivitu. Obrázek 11 ukazuje srovnání Ra 80 a Ra 95 spekter s citlivostmi absorpce chlorofylu a, absorpce chlorofylu b, fytochromové červeně ($\mathbf{P_r}$) a fytochromové červeně ($\mathbf{P_{fr}}$) a vzdálených vlnových délek (Far) > 600 nm což je nejrůznější část mezi Ra 80 a Ra 95. Na obrázku 11 (a,b,c,d) je tato oblast znázorněna zeleně a fialově.



Obr.11 *Porovnání spekter a různých fotosyntetických senzitivit*

Zdá se, že vzdálené vlnové délky (Far) > 600 nm jsou zapojeny do vrcholů fotosyntetických citlivostí a při porovnání různých CRI spekter je vrchol Ra 95 blíže vrcholům fotosyntetických senzitivit, což znamená při zvažování absorpce chlorofylu a, chlorofyl **b**, **P_r** a **P_{fr}** , funguje lépe vysoký CRI spektra.

„Vysoký CRI“ nepřispívá k lepšímu vizuálnímu podání barev, ale je dostatečný pro spektrální rozložení energie ve vzdálených vlnových délkách (Far) > 600 nm .

Pokud jde o skutečnou spektrální citlivost rostlin ve specifické fázi růstu, necháváme to na biofyzicích. Při hodnocení fotonové účinnosti při fotosyntéze si nemyslíme, že CRI a vizuální účinnost ovlivňují výsledek významně.

10 Literatura

[1] Christopher H. Sloper, The LED Grow Book: Better. Easier. Less Watts, CreateSpace Independent Publishing Platform, ISBN: 1482697327

[2] Kolorimetr [online] Dostupné z <https://www.aliexpress.com/item-img/New-Colorimeter-WR-10-8mm-Portable-Digital-Color-Meter-WR10-Color-Analyzer/32581859719.html?spm=2114.10010108.1000017.2.3rCnq>

[3] Radiometr[online] Dostupné z <http://www.bluephotongrip.com/product/radiometer-handheld-62020/>

[4] Luxmetr [online] Dostupné z <https://en.wikipedia.org/wiki/Photometer>

[5] Spektrometr [online] Dostupné z <http://www.directindustry.com/prod/avantes/product-36074-707765.html>

[6] Cygnus napěchovaný vědou [online] Dostupné z <http://www.kosmonautix.cz/2017/04/cygnus- napechovany-vedou/>

Měření světelné propustnosti zasklení v „*in situ*“

Daniela Bošová, doc. Ing., Ph.D., FA ČVUT v Praze, daniela.bosova@fa.cvut.cz, www.fa.cvut.cz
Lenka Prokopová, doc. Ing., Ph.D., FA ČVUT v Praze, lenka.prokopova@fa.cvut.cz, www.fa.cvut.cz
Dagmar Richtrová, Ing., FA ČVUT v Praze, dagrmar.richtrova@cvut.cz, www.fa.cvut.cz

Abstrakt: Článek poukazuje na možné měření světelné propustnosti zasklení v „in situ“, kde hraje hlavní roli poloha zasklení vůči exteriérovým podmínkám pozadí. Měření denního osvětlení a souvisejících veličin, je velmi náročnou disciplínou, jelikož výsledné hodnoty závisí na velkém počtu proměnných okrajových podmínek a jejich vzájemném působení. Pro stanovení hodnoty propustnosti zasklení se standardně využívá laboratorního měření a výpočtů. V praxi může nastat případ, kdy je potřeba zjistit světlenou propustnost na již zabudovaném prvku se zasklením. Z experimentu vyplývá, že problematika exteriérového pozadí má velký vliv na výsledné naměřené hodnoty světlené propustnosti zasklení.

1 Úvod

Měření propustnosti denního světla osvětlovacího otvoru je možné měřit na oboustranně vyčištěném zasklení, a to dvěma způsoby. Buď se měří hodnota činitele propustnosti difúzního světla pomocí luxmetru, nebo se měří hodnota normálového činitele prostupu světla pomocí jasoměru. Pro tento experiment jsme zvolili měření jasoměrem.

Při zjišťování hodnoty normálového činitele prostupu světla se jasoměrem měří jas oblohy nebo jiného pozadí směrem kolmo k povrchu materiálu a bezprostředně potom se měří jas stejného pozadí otevřeným otvorem. Hodnota normálového činitele prostupu světla je rovna podílu obou změřených jasů. Časový odstup obou měření musí být velice krátký, aby se eliminovala proměnlivost denního světla. (1)

2 Popis experimentu

Experimentální měření normálového činitele prostupu světla čirého skla spočívala ve stanovení vlivu barevnosti a odstínů pozadí na výsledné hodnoty. Experiment zahrnoval 8 druhů pozadí, kterými byla zeleň (koruna listnatého stromu), šest barevných matných homogenních papírů v barevné škále - bílá, jasně žlutá, světle jasně zelená, bledě modrá, červená a černá a posledním pozadím byla bílá difuzní látka. Měření pro tato různá pozadí byla prováděna dle metodiky normy (1) pomocí jasoměru Konica Minolta LS 110 – viz Obr. 1, na kterém byly bezprostředně za sebou v krátkém časovém sledu odečítány hodnoty jasu v jednotkách cd/m^2 ve dvou stavech, vždy se vzorkem skla a bez něj. Každé pozadí bylo měřeno ve sledu po sobě jdoucích deseti opakováních. Výsledná hodnota činitele prostupu světla byla poté spočítána jako průměr poměrů jasů jednotlivých opakování.

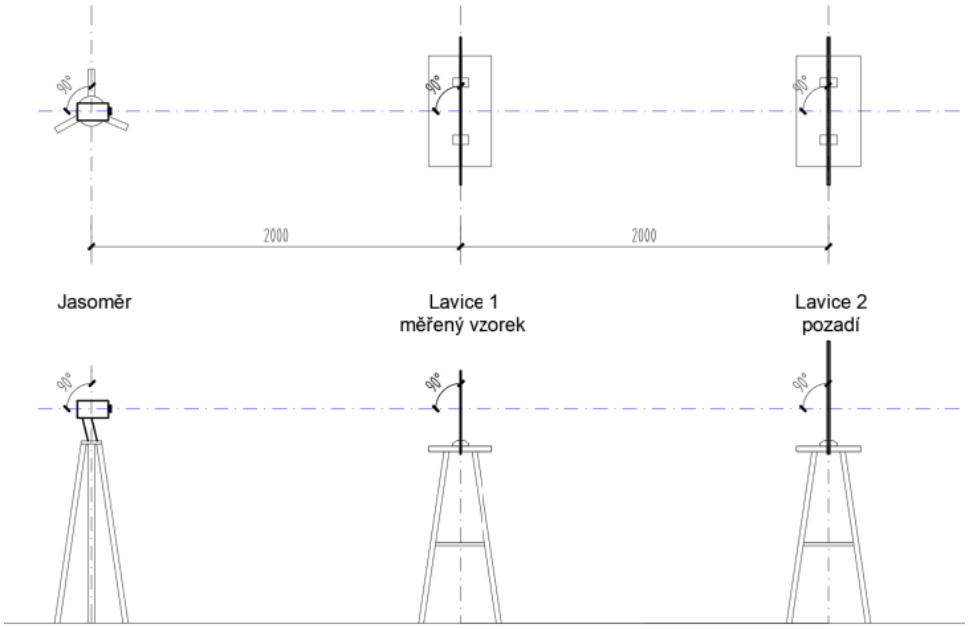
Všechna měření normálového činitele prostupu světla byla provedena na vzorku tabule čirého skla o rozměrech 800 x 500 mm a tloušťce 3 mm. Vzorek čirého skla v tl. 3 mm byl zvolen z důvodů známé normálové hodnotě propustnosti denního světla, kterou je hodnota 0,92 (-) (2).



Obr.1 Jasoměr Konica Minolta LS 110, zdroj: fotoarchiv doc. Ing. Daniela Bošová, Ph.D.

Pro samotné měření byla důležitá vždy kolmá sestava měřícího přístroje - jasoměru, měřeného materiálu na lavici č. 1 a hodnocené pozadí na lavici č. 2, přičemž na přesné vzdálenosti mezi jednotlivými částmi nezáleží, pokud není jejich poloha během jednotlivých měření měněna. Jednotlivá měření byla prováděna v interiéru a v exteriéru s vyloučením ovlivnění měřící sestavy přímým slunečním zářením nebo jeho odrazy. Pro měření v místnosti bylo nutné za jasoměr umístit matnou černou látku pro eliminaci odrazů světla zpět do měřeného skla. Ve venkovním prostředí je pak důležité celou sestavu umístit do stínu bez odrazivých ploch v okolí. Měření v exteriéru by mělo probíhat při rovnoměrně zatažené obloze, čímž je eliminováno přímé sluneční záření, případně jeho odrazy a odečítané hodnoty jasu jsou relevantní a zároveň stabilní.

Pro náš experiment byl umístěn a rektifikován jasoměr na stativ do výšky 0,9 – 1,0 m. Do vzdálenosti 2 m od jasoměru byla umístěna lavice č. 1 se vzorkem tabule čirého skla. Sklo bylo instalováno kolmo k jasoměru. Umístění lavice bylo přesně označeno na podlaze místnosti a venkovního terénu, aby byla kolmá poloha vzorku vzhledem k jasoměru zachována v obou měřících stavech. Ve vzdálenosti dalších 2 m od měřící lavice č. 1 se vzorkem čirého skla byla instalována další měřící lavice č. 2 pro umístění měřeného pozadí. Obě lavice byly instalovány vodorovně a zároveň kolmo na směr jasoměru umístěném na stativ viz Obr. 2.



Obr.2 Schéma rozložení měřící sestavy

2.1 Měření – varianta 1 – zeleň

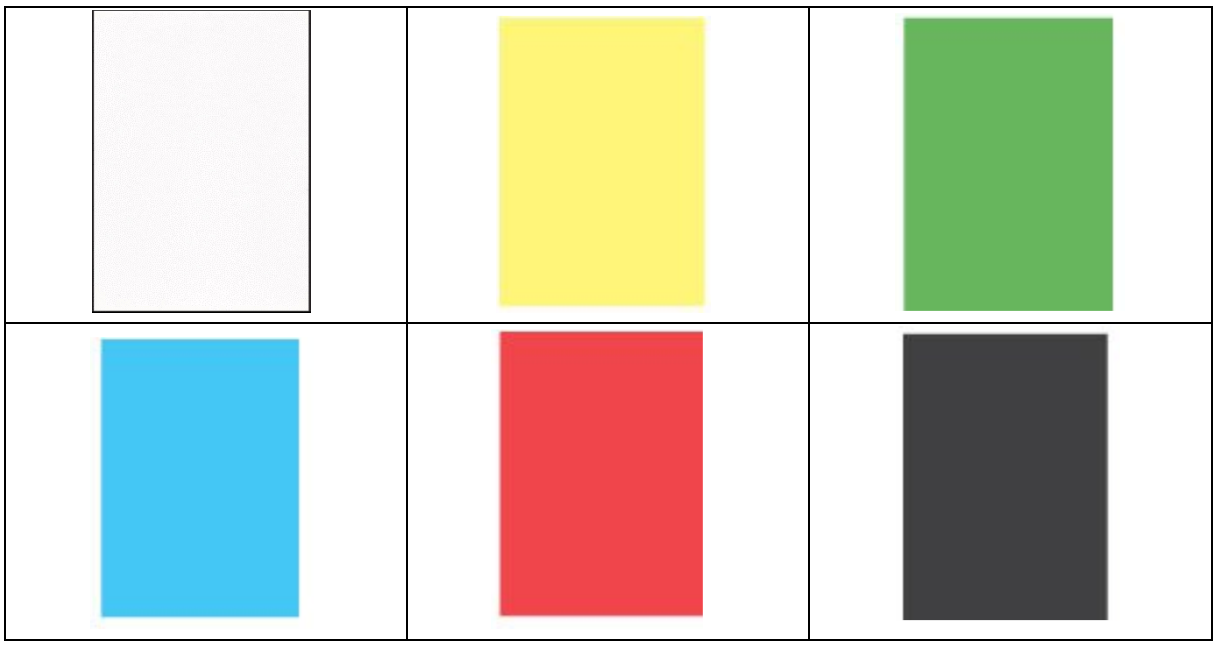
Měření normálového činitele prostupu světla čirého skla s pozadím zeleně bylo zastoupeno hustě listnatou korunou stromu. Toto pozadí, se pro měření v “in situ” vyskytuje za okenním otvorem velmi často, naopak dle normy ČSN 360011-2 (1) požadovanou oblohu jako pozadí, při zachování kolmosti měření, těžko naleznete, pokud se přímo nejedná o výškovou budovu.



Obr.3 Fotodokumentace experimentálního měření v exteriéru, pozadí zeleň, zdroj: fotoarchiv autorek

2.2 Měření – varianta 2 homogenní pozadí v různých barevných kombinací

Dalšími variantami pro měření byla zvolena homogenní pozadí v různých barvách. Konkrétně byly testovány barvy bílá, jasně žlutá, světle jasně zelená, světle jasně modrá, červená a černá. Tato barevná škála má čistě za úkol interpretovat možné ovlivnění měřené propustnosti na základě barevnosti pozadí, které by se čistě teoreticky mohlo za zasklením objevit. Barvy byly voleny v odstínech a intenzitách od nejsvětlejší po nejtmavší viz Obr.4.



Obr.4 Homogenní pozadí v různých barevných kombinací



Obr.5 Fotodokumentace experimentálního měření v exteriéru, pozadí homogenní barevná plocha modrá a zelená, zdroj: fotoarchiv autorek



Obr.6 Fotodokumentace experimentálního měření v interiéru, pozadí homogenní barevná plocha černá, zdroj: fotoarchiv autorek

2.3 Měření – varianta 3 difúzní látka

Poslední varianta měření zahrnuje jako pozadí instalaci difuzní látky, která je postavená proti zdroji denního světla (oknu). Procházející světlo rovnoměrně rozptýlí a zajistí konstantní jas. Tato látka bývá často využívána ve fotografických a filmových profesích.



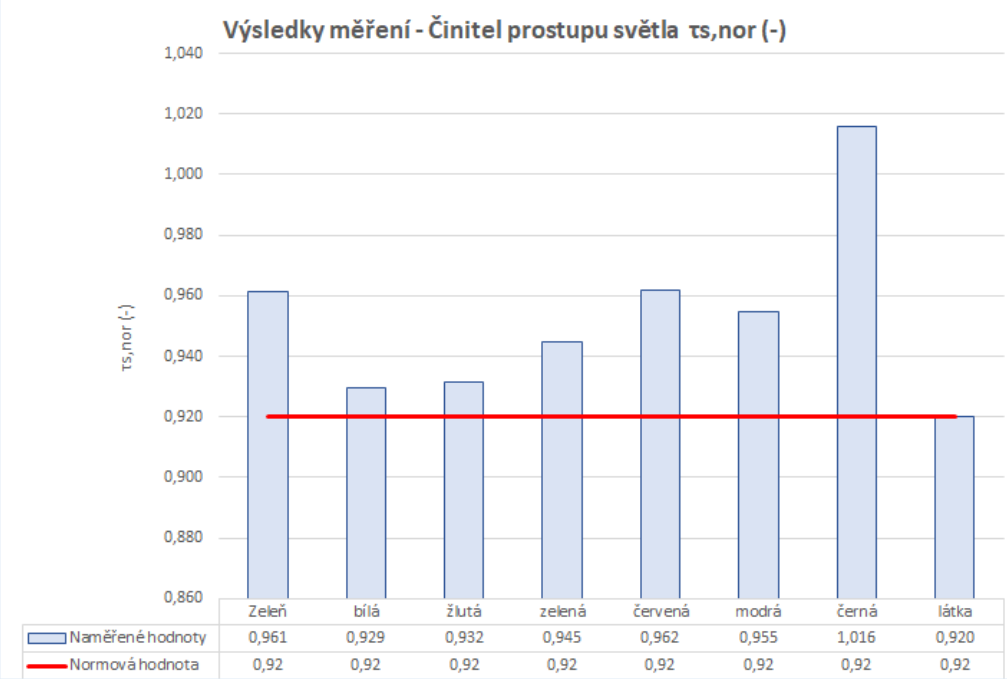
Obr.7 Fotodokumentace experimentálního měření v interiéru, pozadí bílá difúzní látka, zdroj: fotoarchiv autorek

3 Srovnání výsledků

Níže uvedená tabulka – Tab. 1 uvádí výsledné hodnoty měření normálového činitele prostupu světla $\tau_{s,nor}$ *(-)* čirého skla s různými variantami pozadí. Měření bylo provedeno vždy pro deset opakování.

Výsledky měření $\tau_{s,nor}$ (-) pro různá pozadí								
číslo měření	**zeleň**	**bílá**	**žlutá**	**zelená**	**červená**	**modrá**	**černá**	**látka**
1	0,955	0,940	0,940	0,948	0,956	0,963	0,991	0,921
2	0,989	0,935	0,935	0,938	0,972	0,967	0,997	0,918
3	0,961	0,918	0,918	0,950	0,953	0,933	1,008	0,915
4	0,950	0,913	0,930	0,969	0,981	0,963	0,995	0,917
5	0,970	0,930	0,926	0,951	0,953	0,925	0,999	0,921
6	0,954	0,926	0,931	0,917	0,955	0,954	1,003	0,917
7	0,984	0,931	0,954	0,955	0,961	0,968	1,022	0,925
8	0,971	0,954	0,922	0,923	0,971	0,964	1,031	0,923
9	0,937	0,922	0,923	0,950	0,960	0,960	1,058	0,923
10	0,943	0,923	0,936	0,947	0,956	0,953	1,055	0,919
$\tau_{s,nor}$ (-)	**0,961**	**0,929**	**0,932**	**0,945**	**0,962**	**0,955**	**1,016**	**0,920**

Tab.1 Výsledky měření $\tau_{s,nor}$ (-) pro různá pozadí



Obr.8 Grafické znázornění výsledků měření

4 Závěr

Experiment ukazuje, že pozadí při měření normálového činitele prostupu světla čirého skla, hraje velmi důležitou roli. Dle české normy ČSN 360011-2 (1), pozadím může být obloha nebo jiné pozadí, tedy není přesněji nijak specifikováno, v jaké barevném provedení se má měřené pozadí vyskytovat.

Dle provedených měření je zřejmé, že čím tmavší pozadí se bude za měřeným prvkem vyskytovat, tím budou výsledné hodnoty normálového činitele prostupu světla vycházet lépe, a tedy zkresleněji.

Jako nejlepší variantou se jeví použití bílé difúzní látky, která rozptýlí denní světlo a zajistí tak konstantní jas pozadí. Tuto látku lze ve větším rozměru vypnout před okenním otvorem a zajistit tak vhodné pozadí pro měření normálového činitele prostupu světla různého typu zasklení v “in situ” – viz Obr. 9.



Obr.9 Měření normálového činitele prostupu světla zasklení v “in situ” pro zavřené okno a pro otevřené okno, zdroj: fotoarchiv autorek

"Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS22/117/OHK1/2T/15, SGS22/195/OHK1/3T/15 a vnitřní soutěži FA - 15124/105/1052305E022, a dále patří poděkování doc. Ing. Stanislavu Darulovi, CSc., za konzultace během experimentálního měření"

Literatura a odkazy

[1] ČSN 360011-2. Měření osvětlení prostorů, část 2: Meření denního osvětlení. Praha: Český normalizační institut, 2014

[2] ČSN 73 0580-1. Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky. Praha : Český

Změny ve stavebních předpisech statutárních měst z pohledu denního osvětlení a proslunění

Iveta Skotnicová, doc. Ing., Ph.D., Fakulta stavební Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, iveta.skotnicova@vsb.cz

Abstrakt: Příspěvek představuje koncept navrhovaných změn, které se objeví v požadavcích na denní osvětlení a proslunění budov v souvislosti s připravovanou vyhláškou o požadavcích na výstavbu, jakožto nového prováděcího právního předpisu k novému stavebnímu zákonu č. 283/2021 Sb. A dále představuje návrh řešení problematiky denního osvětlení a proslunění budov v konceptu nařízení, kterým se stanovují požadavky na výstavbu ve statutárním městě Ostravě (ostravské stavební předpisy).

1 Legislativní rámec

Nový stavební zákon č. 283/2021 Sb. [1], který by měl vstoupit v účinnost od 1. ledna 2024 (od tohoto data se bude nový stavební zákon týkat tzv. vyhrazených staveb, v celém rozsahu pro všechny ostatní stavby vstoupí v účinnost o půl roku později, tedy 1. července 2024), přináší řadu změn, které se promítnou také do jeho nové celostátní prováděcí vyhlášky o požadavcích na výstavbu. Nová vyhláška stanoví podrobné požadavky na vymezování pozemků, požadavky na umisťování staveb a technické požadavky na stavby.

Nový stavební zákon [1] rovněž v § 333, odst. 2 a § 152, odst. 2 zmocňuje hlavní město Praha, statutární město Brno a statutární město Ostrava k tomu, aby mohly stanovit prováděcím právním předpisem odchylné požadavky od celostátních požadavků na výstavbu – právo pořízení stavebních předpisů.

Autorka příspěvku měla k dispozici pouze pracovní verze obou připravovaných právních předpisů, jak celostátní vyhlášky o požadavcích na výstavbu (verze k 23.6. 2023), tak nařízení, kterým se stanovují požadavky na výstavbu ve statutárním městě Ostravě – ostravské stavební předpisy (5.9. 2023). Tyto verze ještě nemusí být definitivní. Na přípravě ostravských stavebních předpisů se v Ostravě podílí Městský ateliér prostorového plánování a architektury MAPPA, který podklady autorce poskytl.

2 Navrhované změny v požadavcích na denní osvětlení a proslunění budov v celostátní vyhlášce o požadavcích na výstavbu [4]

2.1 Denní osvětlení budov

V případě požadavků na denní osvětlení obytných a pobytových místností dochází ke změně v hodnocení denního osvětlení oproti současnému stavu, kdy se požadavky stanovují podle platné ČSN 73 0580-2 [2] popř. ČSN EN 17037 [3].

Nová celostátní vyhláška v §22 odst. 1 stanovuje: „*Obytná místnost musí splňovat požadavky na denní osvětlení v obytném prostoru podle přílohy č. 3 k této vyhlášce, případně přiměřeně v souladu s požadavky určené normy. Požadavky platí také pro pobytové místnosti ve stavbách pro výchovu a vzdělávání, stavbách pro sociální služby podle zákona o sociálních*

službách, stavbách ubytovacího zařízení, stavbách pro účely vězeňské služby a pro prostor lůžek ve zdravotnických zařízeních."

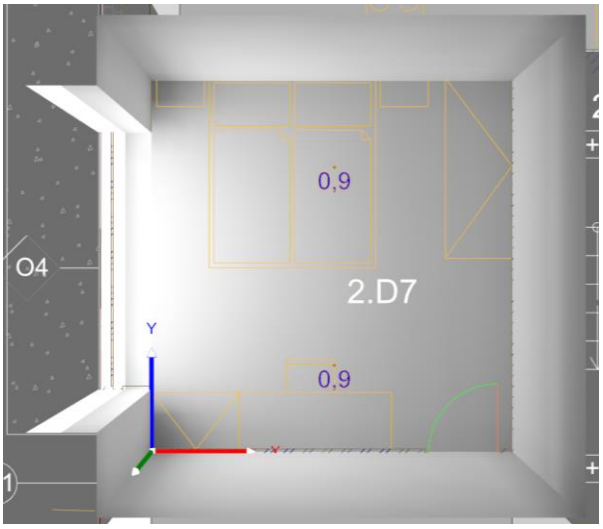
Všimněme si znění, že obytná místnost musí splňovat požadavky na denní osvětlení v obytném prostoru, který je v navrhované vyhlášce [4] v §3, odst. c) definován jako část obytné místnosti nebo obytná místnost, jejíž minimální plocha je 8 m^2, která splňuje požadavky na trvalé bydlení, a kde se předpokládá převažující pobyt osob.

V Příloze č. 3 navrhované celostátní vyhlášky [4] jsou uvedeny požadavky pro posouzení denního osvětlení následovně: „*Posouzení denního osvětlení se provádí stanovením hodnot činitele denní osvětlenosti v síti kontrolních bodů na vodorovné srovnávací rovině ve výšce 850 mm nad podlahou. Obytný prostor vyhoví požadavkům na denní osvětlení, jestliže alespoň v polovině kontrolních bodů sítě je dosaženo cílové hodnoty D_T = **1** % a zároveň v 95 % kontrolních bodů sítě je dosaženo cílové hodnoty D_{TM} = **0,4** %. Při horním osvětlení se požaduje dosažení cílové hodnoty D_T = **1** % v 95 % kontrolních bodů sítě*."

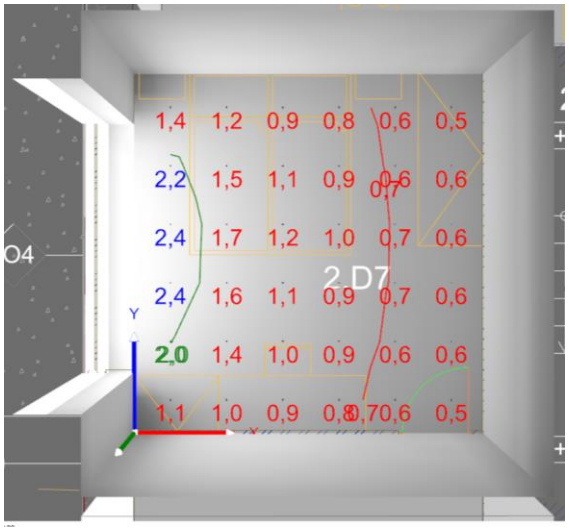
Posouzení vlivu zastínění stávajících staveb ovlivněných navrženou stavbou z hlediska denního osvětlení přináší rovněž změny v §24 odst.1, odst. 2 nové celostátní vyhlášky [4]:

„*V obytných prostorech a pobytových místnostech stávajících budov, vyjma pobytových místností ve stavbách pro bydlení, ovlivněných navrženou stavbou musí být splněna a) úroveň denního osvětlení podle přílohy č. 3 k této vyhlášce, nebo b) minimální hodnota činitele denní osvětlenosti roviny vnějšího líce obvodového pláště budovy v místě středu okna D_w = 29 %. Nevyhovuje-li obytný prostor podmínkám podle odstavce 1 ani před zastíněním navrženou stavbou, bude stínění považováno za vyhovující, jestliže nebude snížena a) stávající hodnota činitele denní osvětlenosti roviny vnějšího líce obvodového pláště budovy v místě středu okna D_w (%), nebo b) stávající úroveň denního osvětlení podle přílohy č. 3 k této vyhlášce*."

Na obr. 1 a 2 jsou uvedeny výsledky pro porovnání posouzení denního osvětlení v obytné místnosti a pobytové místnosti o půdorysné ploše 14,8 m^2 podle současných platných předpisů [2, 3].

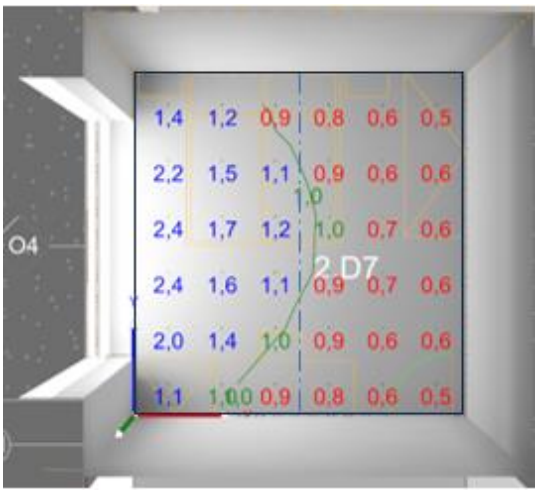


Obr. 1 DO obyt. místnosti dle ČSN 73 0580-2 [2]

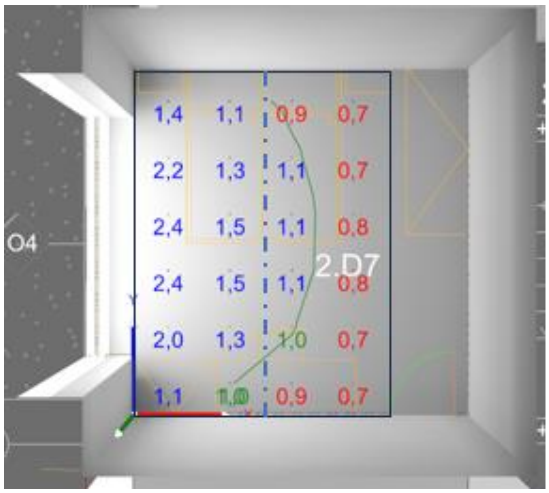


Obr. 2 DO pobyt. místnosti dle ČSN EN 17037 [3]

Na Obr. 3 a 4 jsou uvedeny výsledky pro posouzení denního osvětlení v obytné a pobytové místnosti podle připravovaných změn v nové celostátní vyhlášce [4].



Obr. 3 DO obyt. místnosti dle nové vyhlášky [4]



Obr. 4 DO obytné plochy míst. dle nové vyhlášky [4]

Výsledky porovnání DO obytné místnosti na Obr. 1 a 2 ukazují, že denní osvětlení dle nové vyhlášky pro obytnou místnost, v tomto uvedeném příkladu, nevyhoví v celé ploše místnosti, pouze ve vymezeném obytném prostoru. V případě hodnocení DO pobytové místnosti dochází v nové vyhlášce [4] ke zmírnění požadavků, ale i v tomto případě bude DO vyhovující pouze ve vymezené části místnosti.

2.2 Proslunění budov

V případě hodnocení proslunění budov, požadavek na proslunění v celostátní vyhlášce zůstává, i když s určitou úpravou a výjimkami.

Nová celostátní vyhláška [4] v §23 odst. 1 až 3 stanovuje: *„Stavba s byty musí mít všechny byty prosluněny s výjimkou bytů a) o jedné obytné místnosti, b) v podzemním podlaží a c) v bytových domech, pokud se nachází v podzemním podlaží nebo v prvních dvou navazujících nadzemních podlažích.*

Byt je prosluněn, pokud je prosluněn alespoň jeden obytný prostor. Požadavky na proslunění bytů jsou stanoveny v příloze č. 4 k této vyhlášce.

Požadavek na proslunění se použije i pro pobytové místnosti ve stavbách pro sociální služby podle zákona o sociálních službách a herny mateřských škol.“

V případě hodnocení proslunění ve stávajících obytných prostorech staveb pro bydlení, pobytových místnostech ve stavbách pro sociální služby podle zákona o sociálních službách a herny mateřských škol ovlivněných navrženou stavbou musí být splněna: „*a) doba proslunění podle přílohy č. 4 k této vyhlášce, nebo b) doba proslunění podle přílohy č. 4 k této vyhlášce, kde se kritický bod umístí do roviny vnějšího líce obvodové stěny ve výšce 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1,2 m nad úrovní podlahy místnosti; do proslunění se v takovém případě nezapočítává doba, kdy svislý průmět slunečního paprsku do vodorovné roviny se odchyluje od směru průčelí (fasády) o méně než* $\beta = 25°$“.

„Požadavek neplatí pro byty o jedné obytné místnosti a pro byty v podzemním podlaží a prvních dvou navazujících nadzemních podlažích.“

V příloze č. 4 nové celostátní vyhlášky [4] jsou uvedeny 4 požadavky (a) až (d), které je nutné zároveň splnit pro dosažení proslunění místnosti.

„a) Za předpokladu jasné oblohy (neuvažování oblačnosti) ve vybraný den mezi 1. únorem a 21. březnem musí dopadat do kontrolního bodu P v okně posuzovaného obytného prostoru přímé sluneční paprsky alespoň po dobu 90 minut. Skladebné rozměry osvětlovacích otvorů (šířka a výška okna), jimiž je zajištěno proslunění, musí být nejméně 0,9 m a jejich plocha se musí v součtu rovnat alespoň jedné desetině plochy podlahy místnosti, a to po celou požadovanou dobu 90 minut. Při tom se do plochy podlahy místnosti nezapočítává ta část podlahy, která je vzdálena od stěny (stěn) s oknem o více než činí 2,3násobek světlé výšky místnosti. U oken umístěných v šikmé rovině střechy lze připustit i jejich šířku mezi 0,7 a 0,9 m. U více osvětlovacích otvorů v místnosti je možné čas proslunění sčítat, pokud k proslunění nedochází současně.

b) Kontrolní bod P se nachází ve středu šířky osvětlovacího otvoru 0,3 m nad jeho parapetem (pokud existuje), ale nejméně 1,2 m nad úrovní podlahy místnosti, v rovině vnitřního líce obvodové stěny (obvodového pláště) budovy. Přímka vedená v půdorysu z kontrolního bodu P k vnějšímu líci ostění osvětlovacího otvoru vymezuje úhel β (°) neefektivního dopadu slunečních paprsků. Jestliže se půdorysný průmět slunečního paprsku nachází uvnitř tohoto úhlu, pak se sluneční záření z uvedeného směru do doby proslunění nezapočítává.

c) Do doby proslunění se zároveň nezapočítává situace, kdy výška slunce γ (°) nad obzorem je nižší než hodnota γ min (°) uvedená v tabulce č. 2 v závislosti na vybraném datu posuzování. Pro dny 1.2. až 19.2. γ min = 0.

d) Při výpočtu doby proslunění se použije postup uvedený v určené normě. Jsou-li mapové podklady v kartografickém systému JTSK (např. katastrální mapy) pak se severní směr stanoví s použitím meridiánové konvergence C (°)“.

Nová vyhláška [4] rozšiřuje možnosti pro hodnocení proslunění místností pro vybraný den mezi 1. únorem a 21. březnem po vzoru evropské normy ČSN 17037 [3] a dále podrobněji specifikuje minimální započitatelnou výšku slunce nad horizontem pro jednotlivé dny hodnocení (Tab. 1).

den	γ min (°)	den	γ min (°)	den	γ min (°)
20.2.	0	2.3.	4	12.3.	8
21.2.	0	3.3.	4	13.3.	9
22.2.	0	4.3.	5	14.3.	9
23.2.	1	5.3.	5	15.3.	10
24.2.	1	6.3.	6	16.3.	10
25.2.	2	7.3.	6	17.3.	11
26.2.	2	8.3.	7	18.3.	11
27.2.	3	9.3.	7	19.3.	12
28.2.	3	10.3.	8	20.3.	12
1.3.	3	11.3.	8	21.3.	13

Tab. 1 Minimální započitatelná výška slunce [4]

3 Řešení problematiky denního osvětlení a proslunění budov v konceptu nařízení, kterým se stanovují požadavky na výstavbu ve statutárním městě Ostravě (ostravské stavební předpisy) [5]

3.1 Technické požadavky na stavby – osvětlení, proslunění, stínění

Technické požadavky na stavby podle prováděcího právního předpisu [4] podle § 152, odst. 1 stavebního zákona č. 283/2021 Sb. [1] se v rozsahu požadavků na denní osvětlení a stínění použijí s tím, že:

„*a) požadavky na denní osvětlení obytných místností a pobytových místností ve stavbách ubytovacího zařízení se nepoužijí v zástavbě s polouzavřenou stavební čarou stanovenou v územně plánovací dokumentaci nebo územní studii a v zástavbě s uzavřenou stavební čarou, v takovém případě musí být součet okenních otvorů, kterými se osvětlují obytné a pobytové místnosti, nejméně 1/10 podlahové plochy místnosti,“*

b) požadavky na denní osvětlení pro pobytové místnosti ve stavbách pro výchovu a vzdělávání, stavbách pro sociální služby podle zákona o sociálních službách, stavbách pro účely vězeňské služby a pro prostor lůžek ve zdravotnických zařízeních se nepoužijí na stavby ve stavebních prolukách, jedná-li se o stavbu, jejíž parametry odpovídají úplné souvislé zástavbě stejné výškové úrovně a stejného půdorysného rozsahu, nedojde-li současně k ohrožení ochrany života a zdraví osob nebo zvířat,

c) požadavky na denní osvětlení (úroveň denního osvětlení a minimální hodnota činitele denní osvětlenosti roviny vnějšího líce obvodového pláště budovy) v obytných prostorech a pobytových místnostech ve stavbách ubytovacího zařízení, které jsou navrhovanou stavbou ovlivněny, se nepoužijí v případě povolování staveb v zástavbě s polouzavřenou stavební čarou stanovenou v územně plánovací dokumentaci nebo územní studii a v zástavbě s uzavřenou stavební čarou,

d) požadavky na denní osvětlení (úroveň denního osvětlení a minimální hodnota činitele denní osvětlenosti roviny vnějšího líce obvodového pláště budovy) v pobytových místnostech ve stavbách pro výchovu a vzdělávání, stavbách pro sociální služby podle zákona o sociálních službách, stavbách pro účely vězeňské služby, které jsou navrhovanou stavbou ovlivněny, se nepoužijí v případě povolování staveb ve stavebních prolukách, jedná-li se o stavbu, jejíž parametry odpovídají úplné souvislé zástavbě stejné výškové úrovně a stejného půdorysného rozsahu.

„Technické požadavky na stavby podle prováděcího právního předpisu podle § 152, odst. 1 stavebního zákona č. 283/2021 Sb. se v rozsahu požadavků na proslunění nepoužijí, a to ani pro stávající stavby ovlivněné navrženou stavbou.“

4 Závěr

Jak je zřejmé, zejména z posledního odstavce kapitoly 3.1, město Ostrava se v oblasti požadavků na proslunění inspiruje hlavním městem Prahou a zcela odstraňuje ze stavební vyhlášky „*právo na slunce*“.

Ačkoli se požadavky na proslunění bytů v rámci navrhované celostátní vyhlášky zmírnily a upravily včetně výjimek, které umožní větší možnosti výstavby v centrech měst, není to z pohledů tvůrců městské vyhlášky dostačující. Ale je to opravdu pro Ostravu správná cesta?

Literatura a odkazy

[1] Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon, ve znění pozdějších novelizací.

[2] ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov. ČNI Praha. Červen 2007. Změna Z3/2019.

[3] ČSN EN 17 037 +A1 Denní osvětlení budov. ÚNMZ Praha. Červenec 2022.

[4] Návrh celostátní Vyhlášky o požadavcích na výstavbu, verze červen 2023.

[5] Návrh Nařízení, kterým se stanovují požadavky na výstavbu ve statutárním městě Ostravě (ostravské stavební předpisy), verze září 2023.

Kvalitní projekt pro dotační výměny svítidel

Ing. Pavel Sněhota, Ph.D, LIGHT FOR CITY Sněhota C&, s.r.o., snehota@lightforcity.cz, www.lightforcity.cz

Abstrakt: Kvalitní projektová dokumentace je nezbytný podklad pro realizaci investiční akce. Úspora financí a v jejím důsledku úspora energie, času a kvalifikace projektanta vedoucí k nižší kvalitě projektové dokumentace v přípravné fázi montáže nebo stavby je častou příčinou vzniku komplikací při realizaci stavební akce a mnohonásobně vyšším výdajům nebo škodám ve fázi realizace. U akcí, které jsou financovány z dotací nastává související problematika změny rozsahu realizovaného díla a s tím spojená administrativa. Příspěvek uvádí principy jak vypracovat / poznat kvalitní projektovou dokumentaci a předejít komplikacím, škodám, vícepracím v realizační fázi projektu.

1 Projektová dokumentace

1.1 Účel projektové dokumentace

Účelem projektové dokumentace pro výměny svítidel (případně provádění stavebních úprav nosných konstrukcí, nebo el. rozvodů) v rámci dotační akce, není pouze podání žádosti o finanční příspěvek, ale také, a především dokumentace pro výběr zhotovitele, resp. dokumentace pro realizaci stavby.

1.2 Stupeň projektové dokumentace

Stupně projektové dokumentace pro realizaci dotační výměny svítidel jdou v minimálním rozsahu:

- Dokumentace pro podání žádosti o finanční příspěvek
- Dokumentace pro výběr zhotovitele
- Realizační projektová dokumentace
- Dokumentace skutečného provedení

Rozdíly v jednotlivých stupních, nejčastější chyby nasbírané v rámci vypsaných výběrových řízení na výměny svítidel budou podrobně představeny v rámci přednášky.

1.3 Rozsah projektové dokumentace

Rozsah projektové dokumentace je u stavebních záměrů definován prováděcími vyhláškami ke stavebnímu zákonu. Rozsah projektové dokumentace pro realizaci montážních prací (pokud nejde o stavební práce) je dán především smluvním vztahem mezi zadavatelem a zpracovatelem projektové dokumentace a v uvedeném kontextu výzvou pro čerpání finančního příspěvku MPO.

Je v zájmu zadavatele definovat si v takovém případě ve smluvním vztahu co nejlépe rozsah, způsob zpracování a detail projektové dokumentace, aby nedošlo ke komplikacím v průběhu realizace díla.

Vhodný rozsah kvalitní projektové dokumentace a její rozsah nad rámec požadovaného rozsahu dokumentace pro podání žádosti bude předmětem samotné přednášky.

2 Zpracovatel projektové dokumentace

2.1 Kvalifikace zpracovatele

Subjekt, který je zpracovatelem projektové dokumentace (projektant), musí mít patřičnou kvalifikaci. V závislosti na druhu a stupni projektové dokumentace stanoví kvalifikaci zákony o 134/2016 Sb. zadávání veřejných zakázek, 455/1991 Sb. živnostenský zákon, 360/1992 Sb. autorizační zákon, 250/2021 Sb. zákon o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení.

Projektová dokumentace na výměnu svítidel je buď projektová dokumentace pro realizaci montáže vyhrazených elektrických zařízení (v režimu „dodávky“ dle zákona o zadávaní veřejných zakázek), nebo projektová dokumentace pro realizaci stavby (jejíž součástí jsou elektromontážní práce) a to v případě, že zadavatel vypisuje zakázku v režimu stavebních prací.

Zpracovatel projektové dokumentace, jejíž předmětem je montáž vyhrazeného elektrického zařízení musí být vždy kvalifikovaný pro tuto činnost. To znamená že projektant „elektro“ vždy musí být minimálně kvalifikovaný dle zákona 250/2021 Sb. a to v rozsahu dle § 19 odstavec 2 písmeno b), kde osoba znalá pro řízení:

„je držitelkou dokladu o úspěšném složení zkoušky z odborné způsobilosti k výkonu činností v elektrotechnice; doklad podle věty první má platnost 3 roky ode dne vydání a je získán složením zkoušky po příslušném zaškolení na danou odbornou činnost. Zaškolení a rozsah zkoušky odpovídá rozsahu požadované způsobilosti k vykonávaným činnostem v elektrotechnice. Osoba znalá pro řízení činnosti je oprávněna provádět veškeré činnosti jako osoba znalá pro samostatnou činnost a ***projektování vyhrazených elektrických zařízení****, které není předmětem autorizace podle zvláštního zákona“*

Ekvivalentem je platná kvalifikace dle §10 vyhlášky 50/1978 dle zákona 174/1968 Sb. (platné do 30.6.2022)

Z citace zákona je patrné, že tato kvalifikace je postačující pouze pro činnosti, „které není předmětem autorizace podle zvláštního zákona (tedy 360/1992 Sb.). Tento případ bude rozebrán dál.

Osoba znalá pro řízení činnosti musí splňovat příslušné předpoklady dle § 19 odstavec 2 písmene a) bod 4) zákona 250/2022 Sb. (mimo jiné):

„odborná praxe v délce, dle oboru a stupně vzdělání, míry rizika a ***činnosti vykonávané na elektrickém zařízení****“*

Výklad pojmu činnost na elektrickém zařízení je uvedena v nařízení vlády 194/2022 Sb. v §2 písmeno c):

„činností na elektrickém zařízení a v jeho blízkosti obsluha a práce na elektrickém zařízení a v jeho blízkosti, při které může ***dojít k úrazu elektrickým proudem****“*

Z tohoto ustanovení jednoznačně vyplývá, že praxe projektanta musí být přímo při fyzické práci na elektrickém zařízení kde může dojít k úrazu elektrickým proudem. Není možné uvažovat o praxe v roli projektanta pracujícího v kanceláři s panickou hrůzou fyzické účasti na kontrolních dnech při realizaci stavby. Jak se tento v základu dobrý nápad a legislativní úprava podaří převést do praxe v době bezprecentního nedostatku projektantů zůstává otázkou.

Tato kvalifikace projektanta musí být vždy minimálně doplněna oprávněním podnikat v oblasti projektování. Živnost umožňující projektování elektrických zařízení je živnost volná, nicméně tato živnost nezahrnuje činnosti podle stavebního řádu. Tedy případy, kdy je veřejná zakázka vypsána v režimu stavby (stavebních prací), pak musí zpracovatel projektové dokumentace disponovat živností ohlašovací vázanou „projektová činnost ve výstavbě“, která umožnuje realizovat činnosti, které jsou předmětem stavebního řádu.

Tento požadavek na kvalifikaci projektanta je umocněn ustanoveními stavebního zákona.

Ve stavební řádu (stavební zákon) je uvedena výjimka pro veřejné osvětlení v § 103 odstavec 1 písmeno f) bod 8. Podle tohoto ustanovení stavebního řádu není potřeba stavební povolení, ani ohlášení stavebnímu úřadu pro realizaci stavebního záměru „***vedení sítí veřejného osvětlení, včetně stožárů*** *a systémů řídící, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky“*. Toto ustanovení se vztahuje i na udržovací práce na tomto zařízení.

Veřejné osvětlení je tedy realizováno (výstavba nového veřejného osvětlení) jako stavba na základě územního rozhodnutí a vyšší stupeň dokumentace ani řízení není pro výstavbu potřebný. Co se týká samotné výměny svítidel u takto povolené stavby (veřejné osvětlení je stavebním řádem definováno jako stavba právě výjimkou v §103 odstavec 1) „Stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu nevyžadují“ písmeno f) „**stavby** a zařízení, a to:“) je na posouzení stavebního úřadu, zda jde o udržovací práce, nebo o změnu dokončené stavby. Obě činnosti jsou však součástí stavebního řádu (stavebního zákona) a podléhají jeho ustanovením (i když ne ohlášení nebo stavebnímu povolení) a tedy zpětně podle živnostenského zákona je vyžadována živnost vázaná ohlašovací „projektová činnost ve výstavbě“. Podmínkou získání této živnosti je oprávnění dle zvláštního zákona 360/1992 Sb. autorizační zákon.

V případě zakázek vypsaných v rámci stavební veřejné zakázky (součástí je provádění stavebních prací/úprav) je situace naprosto jednoznačná a projekční práce pro tyto činnosti může dodat jen osoba oprávněná dle zákona 360/1992 Sb.

V přednášce se dále dozvíte, kdo jednotlivá oprávnění vydává (kde je možné provést kontrolu kvalifikace projektanta) a kdo je orgánem provádějícím kontrolu a kde je možné dát případně podnět k přezkoumání nebo postihu.

Kvalifikace projektanta není a nemusí být postačující pro zpracování kvalitní projektové dokumentace.

2.2 Zkušenost

Klíčová vlastnost pro zpracování kvalitní projektové dokumentace vedle kvalifikace je zkušenost projektanta s projektováním v předmětné oblasti a vlastní zkušenost z realizace jím vyprojektovaného řešení. Systém získání kvalifikace by měl podle nových zákonů zajistit dostatečnou zkušenost projektanta i s vlastní realizací prací „vlastní rukou“ v terénu (praxe ukáže, zda se tato myšlenka podaří naplnit). U dříve autorizovaných projektantů, nebo projektantů neautorizovaných byla požadována praxe, ale to i ve formě praxe projekční, nikoli realizační. Výsledkem může být situace, kdy projektant má 20 let praxe v oblasti projektování, ale nikdy neviděl, jak se jím vyprojektovaná stavba staví.

V přednášce bude uvedena řada příkladů projektantem navržených řešení, posbíraných z praxe, které vznikly evidentně na základě právě takové „praxe“.

3 Časté chyby a nedostatky

3.1 Technická zpráva

Nejzávažnější chybou projektových dokumentací v rámci sledovaných výběrových řízení je úplná absence technické zprávy, resp. technické zprávy popisující způsob realizace montážních prací, a především oblast týkající se elektrických parametrů navrženého řešení. Ve velké části dokumentací zcela chybí oblast ochrany před úrazem elektrickým proudem, určení vnějších vlivů, ochrana před atmosférickým přepětím, bezpečnost práce, vliv na životní prostředí (např zeleň), absence požadovaných zkoušek, pokyny k provozu nebo zásady organizace výstavby. Příklady nevhodného zpracování technické zprávy s příklady vhodného řešení budou uvedeny přímo v přednášce.

3.2 Situační výkresy

Situační výkresy jsou nezbytnou součástí dokumentace předkládané k žádosti o finanční příspěvek. Mezi nejčastější nedostatky projektových dokumentací patří nejednoznačná vazba mapové a databázové části, která neumožnuje reálnou realizaci díla podle dokumentace uvedené ve fázi výběru zhotovitele. Příklady projektových dokumentací s nejednoznačnou vazbou a vhodné způsoby řešení situační části v jednotlivých stupních dokumentace budou uvedeny v samotné přednášce.

3.3 Technické výkresy

Technické výkresy, které definují samotné technické řešení například v případě rekonstrukce rozvaděče, nebo rekonstrukcích světelných míst včetně nosných konstrukcí a jejich základů jsou nad rámec požadovaného rozsahu dokumentů pro podání žádosti o finanční příspěvek. Pravděpodobně z tohoto důvodu je existence technických výkresů v projektové dokumentaci velmi ojedinělá. Zadavatel se tím vystavuje riziku vzniku komplikací při realizaci díla, a to speciálně v případě, že nedisponuje kvalitně zpracovanými standardy pro výstavbu veřejného osvětlení, kde jsou typové technické výkresy uvedené. Příklady někdy děsivých způsobů zakládání nosných konstrukcí (stožárů) veřejného osvětlení budou součástí přednášky. Pro rekonstrukci rozvaděčů ve většině případů nevystačí ani typové řešení uvedené ve standardech veřejného osvětlení a je nezbytná nejen dokumentace pro výběr zhotovitele a realizační dokumentace, ale i dokumentace dílenská. Tento stupeň dokumentace se zpravidla

při výběru zhotovitele nezpracovává a jejím dodavatel je zhotovitel, nicméně v naprosté většině případů chybí tato položka ve výkazech výměr.

3.4 Výkaz výměr

Soupis materiálu a prací výměrami definuje kvantitativní část předmětu díla. Ve sledovaných případech se velmi často využit vzor výkazu výměr uvedený v žádosti o finanční příspěvek, bez ohledu nato jaký rozsah činnosti je ve skutečnosti realizován. Nejčastější chybou jsou chybějící položky samotného výkazu výměr, nebo špatně určené výměry. Mezi nejčastější chyby špatně určených výměr jsou délky svodových kabelů pro napájení svítidel, nebo časová náročnost užití montážní plošiny. Příklady chyb a návody na správné řešení budou uvedeny přímo v přednášce.

3.5 Harmonogram realizace

Harmonogram realizace je nedílnou součástí dokumentů potřebných pro podání žádosti o finanční příspěvek. V rámci zajištění smluvního vztahu zadavatele a zhotovitele je často zhotovitel vyzván k předložení harmonogramu realizace prací. Nejčastější chyby v zadávací dokumentaci se vyskytují v určení rámce pro předložení harmonogramu plnění, případně očividná absence zkušeností s reálným způsobem realizace prací. Harmonogramy často nerespektují nezbytnost zapojení třetích stran do realizace, např. distribučních společností v případě rekonstrukcí rozvaděčů veřejného osvětlení a pravděpodobně nejsou projektantovy známy lhůty uvedené v řádu distribuční soustavy.

4 Závěr

Cílem příspěvku je pomoci zhotoviteli vybrat/rozpoznat potenciálně kvalifikovaného a zkušeného zpracovatele projektové dokumentace a projektantovi prezentovat konkrétní nejčastější chyby projektových dokumentací včetně způsobu správných řešení a vhodných postupů při zpracování jednotlivých částí příslušných stupňů projektové dokumentace.

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] Zákon o územním plánování a stavebním řádu 183/2006 Sb.

[2] Zákon České národní rady o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků ve výstavbě 360/1992 Sb.

[3] Zákon o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů 250/2021 Sb.

[4] Zákon o živnostenském podnikání 455/1991 Sb.

[5] Nařízení vlády o požadavcích na odbornou způsobilost k výkonu činnosti na elektrických zařízeních a na odbornou způsobilost v elektrotechnice 194/2022 Sb.

Měření VO ve vazbě na dotaci NPO

Tomáš Sousedík, Ing., METROLUX s.r.o., www.metrolux.cz

Abstrakt: Podmínkou dotačního titulu NPO je ověření parametrů soustavy VO měřením po realizaci

1 Úvod

V rámci čerpání dotace na rekonstrukci veřejného osvětlení z dotačního titulu Národní plán obnovy musí příjemce dotace zajistit plnění požadavků norem na osvětlení komunikací. To se dokládá výpočty pro vzorové úseky v rámci projektové dokumentace a dále měřením po realizaci rekonstrukce soustavy veřejného osvětlení. Kromě osvětlenosti a jasů komunikací se rovněž posuzuje úroveň rušivého světla.

1.1 Požadavky NPO

Podmínkou čerpání dotace je splnění požadavků norem ČSN EN 13201 Osvětlení pozemních komunikací a ČSN EN 12464-2 Osvětlení venkovních pracovních prostorů. Pro návrh osvětlenosti a jasů se vychází ze zatřídění komunikací. Hodnoty osvětlenosti a jasů musí splnit požadavky normy ČSN EN 13201 a zároveň nesmí být vyšší než 30% nad požadavek normy.
Přehled požadovaných parametrů pro omezení rušivého světla je na následujícím obrázku.

Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách

Zóna životního prostředí	Světlo na objektech		Svítivost svítidla		Podíl horního toku	Jas	
	E_v lx		I cd		ULR %	L_b cd·m^{-2}	L_s cd·m^{-2}
	mimo dobu nočního klidu [a)]	v době nočního klidu	mimo dobu nočního klidu	v době nočního klidu		fasády	znaky[NP2)]
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

[a)] V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být větší hodnoty překročeny a mají se upřednostnit menší hodnoty.

Obr.1 Parametry dle ČSN EN 12464-2

1.2 Volba měřených referenčních úseků

Referenční úseky se musí zvolit pro každou řešenou třídu komunikace. Referenční úsek je ohraničen okraji vozovky a dvěma sousedními světelnými body. Pro třídy komunikací P a C se provádí samostatné měření osvětlenosti kalibrovaným luxmetrem.

Měření se provádí v souladu s požadavky ČSN EN 13201. Měřené úseky jsou vybrány rovnoměrně ze všech tříd komunikací P a C dle počtu světelných bodů s tím, že jeden měřený úsek je reprezentativním vzorkem pro max. 30 světelných bodů. Zároveň musí být splněna podmínka, že pro každou třídu komunikace musí být minimálně jeden měřený úsek.

Pro třídy komunikace M se provádí měření jasu jasovým analyzátorem. Měření musí být v souladu s požadavky ČSN EN 13201. Měřené úseky jsou vybrány rovnoměrně s tím, že jeden měřený úsek je reprezentativním vzorkem pro max. 30 světelných bodů. Zároveň musí být splněna podmínka, že pro každou třídu komunikace musí být minimálně jeden měřený úsek.

Měření úrovně rušivého světla na nejbližších objektech bydlení se provádí v totožných pozicích, které byly doloženy výpočtem v PD žádosti.

1.3 Výstupy z měření

V metodickém pokynu je uveden požadovaný obsah protokolu o měření:

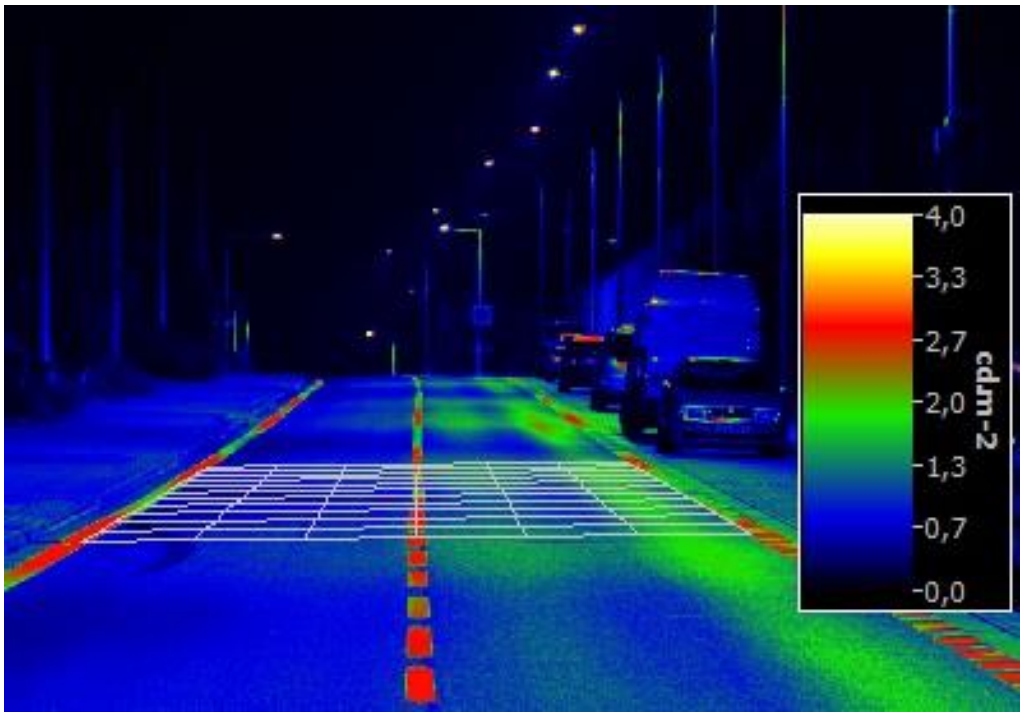
- identifikace objednavatele (obce);
- identifikace zpracovatele protokolu;
- údaje o měřeném úseku;
- údaje o svítidlech a světelných zdrojích;
- výsledky měření – osvětlenost, jas, rovnoměrnost, úroveň rušivého světla, náhradní teplota chromatičnosti Tc, (nejlépe formou přehledných tabulek);
- fotodokumentace;
- závěr zpracovatele (vyhodnocení, zda osvětlení komunikace je v souladu s požadavky podle jejího zatřídění a s podmínkami příslušného dotačního programu);
- určení a odůvodnění příčin případných odchylek;
- další informace, které zpracovatel považuje za důležité a které bývají součástí běžného

světelně-technického protokolu;

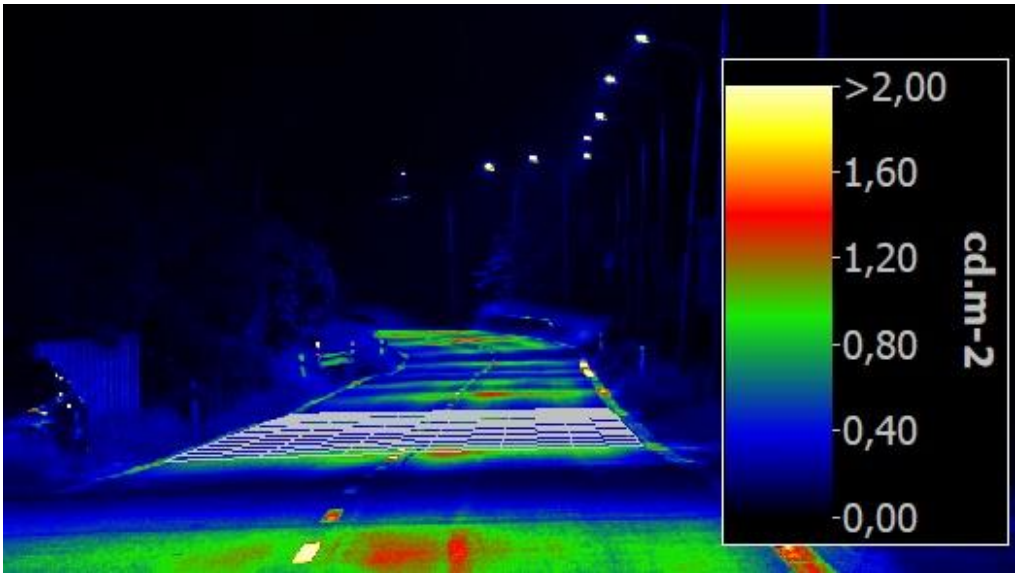
- kalibrační listy použitých měřících přístrojů;
- certifikát způsobilosti zpracovatele

Protokol musí být v souladu s požadavky ČSN EN 13201. Měření musí provést odborně způsobilá firma, osoba nebo osoby, s certifikací v měření světelných parametrů veřejného osvětlení. Měření musí být provedeno kalibrovanými přístroji (např. jasový analyzátor, jasová kamera, luxmetr, spektrometr, laserový měřič apod.), jejichž datum poslední kalibrace nebude starší než předepisuje norma pro daný typ přístroje.

Na následujících obrázcích jsou výstupy z měření jasovým analyzátorem a dále fotografie ukazující příklady řešení rušivého světla.



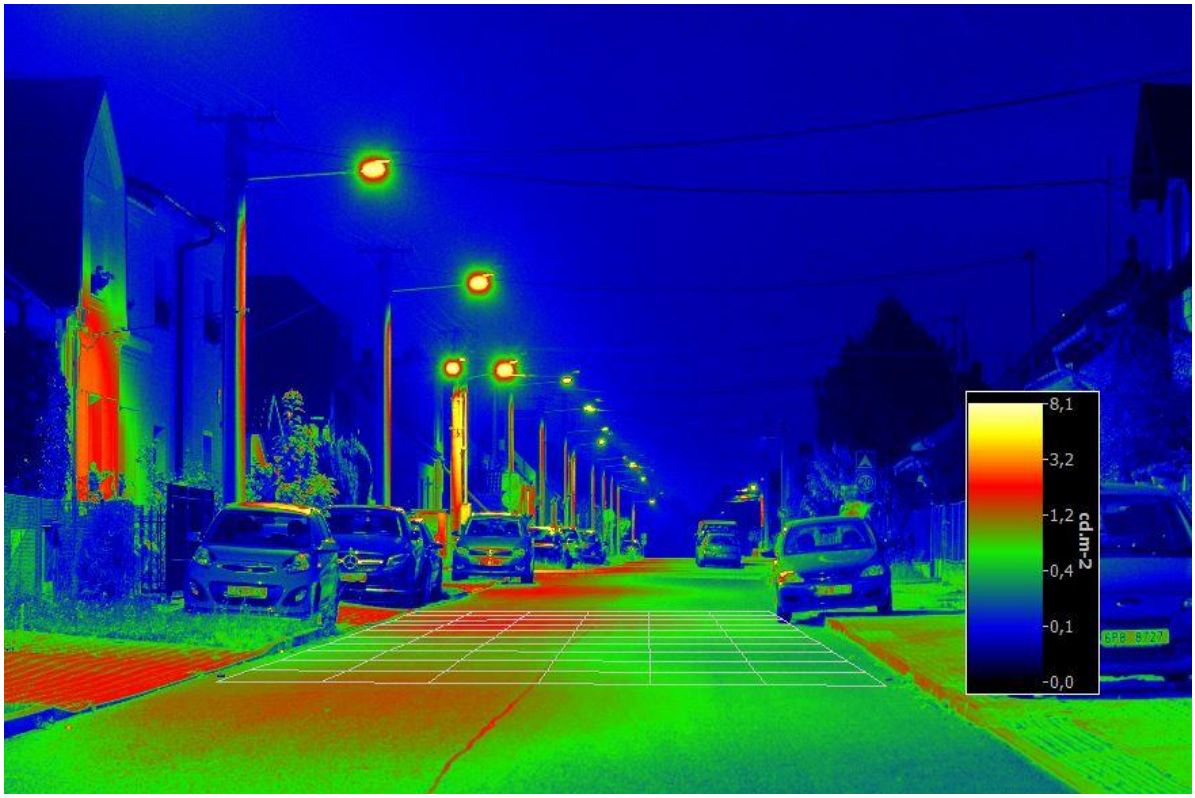
Obr.2 Výstup z jasové kamery, vyhovující soustava



Obr.3 Výstup z jasové kamery, nevyhovující podélná rovnoměrnost



Obr.4 Ukázka omezení rušivého světla použitím vhodné optiky svítidla soustavy VO



Obr.5 Ukázka nevhodné optiky svítidla, která způsobuje rušivé osvětlení fasády domu

Literatura a odkazy

[1] ČSN EN 13201 Osvětlení pozemních komunikací, část 1-5

[2] ČSN EN 12464-2 Osvětlení venkovních pracovních prostorů

[3] Metodický pokyn MPO k dotačnímu titulu Národní plán obnovy

Úskalí použití tabulkové metody hodnocení oslnění činitelem UGR

Pavel Staněk, Ing., ASTRA MS Software s.r.o., pavel.stanek@astrasw.cz, www.astrasw.cz

1 Úvod

Hodnocení oslnění je důležitým faktorem při návrhu elektrického osvětlení. Stav, kdy je uživatel prostoru oslněn svítidly, která má v zorném poli, může ztížit a v některých případech i znemožnit zrakovou činnost, a to i v případě, kdy prostor dostatečně osvětlen. Ve vnitřních prostorech je stávající evropskou normou EN 12464-1:2021 (dále jen norma) předepsáno hodnocení činitelem UGR, neboli nově veličinou R_{ug}. V tomto příspěvku bych rád poukázal na některé okolnosti, na které může světelný technik v praxi narazit.

O metodě hodnocení oslnění činitelem UGR hovoří zejména dvě zprávy CIE a sice CIE 117:1995 a CIE 190:2010. Výpočet činitele UGR spočívá v použití logaritmického vzorce, výsledná hodnota záleží zejména na jasech svítidel, která má pozorovatel v zorném poli a také na adaptačním jasu pozadí. Norma definuje limity – maximální hodnoty činitele pro jednotlivé prostory a činnosti.

2 Způsoby stanovení činitele UGR

Ve smyslu výše uvedených zpráv CIE lze hodnocení oslnění obecně provést dvojím způsobem:

- Výpočet činitele oslnění provést přímo ze vzorce v konkrétní místnosti pro zadaná místa výskytu pozorovatele a zadané směry pohledu a porovnat maximální hodnoty s normovým limitem
- Použít tabulkovou metodu. Na základě údajů o svítidle vygenerovat UGR tabulku, z této tabulky pro vlastnosti posuzované místnosti odečíst 2 hodnoty pro body umístění na dvou kolmých stěnách a větší z nich porovnat s požadavkem normy.

Použití vzorce je nepochybně univerzálnější, umožňuje výpočet v jakékoli místnosti, v jakémkoliv bodě a v jakémkoliv směru pohledu.

Nicméně norma hovoří:

Výběr vhodného svítidla pro vnitřní osvětlovací soustavu v daném prostoru se provádí hodnocením rušivého oslnění způsobeného přímo svítidly pomocí tabulkové metody založené na jednotném hodnocení oslnění (UGR).

Tato hodnota UGR stanovená tabulkovou metodou UGR nesmí překročit mezní hodnotu RUG (RUGL) uvedenou v kapitole 7.

Z uvedeného podle mne vyplývá, že limity UGR uvedené v normě, nebyly stanovené pro hodnocení oslnění v jednotlivých bodech a směrech, ale „pouze“ pro výběr vhodného svítidla.

Aby bylo generování UGR tabulky rychlé, používá se k výpočtu odražené složky osvětlenosti toková metoda, z této skutečnosti pak vyplývají některá omezení uvedená dále.

Tabulky UGR lze vytvořit tzv. korigované i nekorigované, ale tomu se zde věnovat nehodlám. V současné době je obvykle pravidlem, že se UGR tabulka sestrojí pro konkrétní svítidlo s konkrétním světelných zdrojem (světelným tokem) a není ji třeba dále korigovat.

V dalším textu se pokusím poukázat na některé vlastnosti tabulkové metody a navrhnout způsob, jak se s tím vyrovnat.

3 Specifika, omezení a problémy tabulkové metody

UGR tabulku lze vygenerovat (spočítat) pro vybrané svítidlo vhodným programem, ručně v reálně krátkém čase tabulku spočítat nelze. Výpočet údajů v tabulce je možno provést za následujících předpokladů:

- Svítidlo má fotometrii symetrickou alespoň podle příčné i podélné osy
- Všechna svítidla jsou orientovaná optickou osou k podlaze místnosti
- Všechna svítidla jsou ve stejné výšce nad podlahou místnosti
- Všechna svítidla jsou v místnosti orientovaná stejně, a to buď podélně nebo příčně
- Svítidla jsou v místnosti rozmístěna v pravidelných roztečích v obou směrech
- Půdorysem místnosti je obdélník
- Všechny čtyři stěny mají stejnou odraznost
- Směr pohledu pozorovatele je vodorovný

V praxi ovšem často dochází k situacím, kdy výše uvedené předpoklady splněny nejsou. V některých takových případech je tabulková metoda stále použitelná, v některých pak není, řešení nám často nabízí přímo norma – viz příloha A.

Jak tedy postupovat v jednotlivých případech:

- V případě, že v místnosti je použito více typů svítidel, provede se vyhodnocení pro každý typ zvlášť a výsledek se použije pro to svítidlo, které vychází hůře (poskytuje vyšší hodnoty UGR)
- Pokud půdorys místnosti není obdélníkový, může se půdorys „obalit“ obdélníkem a pro něj vyhodnocení provést
- Pokud svítidla nejsou v místnosti rozmístěna zcela pravidelně, pak lze ve většině případů předpokládat, že pravidelně rozmístěná jsou a metodu použít
- Pokud jsou použita asymetrická svítidla (typicky světlomety nebo svítidla k nasvícení tabule) metoda není použitelná
- Pokud některá svítidla nejsou orientována optickou osou k podlaze, metoda není použitelná
- Pokud všechna svítidla soustavy nejsou orientována stejně, metoda není použitelná
- Pokud jsou svítidla soustavy v různých výškách nad podlahou, metoda není použitelná
- Pokud potřebujeme zjistit, jak je pozorovatel oslněn v závislosti na směru pohledu, metoda není použitelná

Co ovšem dělat, když tabulková metoda použitelná není? Nabízí se logicky využít metodu výpočtu podle vzorce, ale zůstává zde výše naznačená otázka, zdali jsou pak výsledky této metody porovnatelné s limity normy. Je vidět, že použití tabulkové metody s sebou nese v některých případech určité problémy, a to ještě nejsme na konci.

Dalším úskalím je fakt, že tabulkovou metodu řeší hned dvě zprávy CIE, jak je uvedeno výše. Starší zpráva 117:1995 řešení spíše naznačuje a předpokládá poměrnou rozteč svítidel S=0.25, novější 190:2010 poskytuje podrobný postup pro vygenerování základní tabulky pro poměrnou rozteč S=1. Poměrná rozteč S je poměr rozteče svítidel k výškové vzdálenosti mezi rovinou svítidel a výškou oka pozorovatele H. Poměrnou rozteč si přibližme na příkladě: Je-li výška svítidel 3,5 m, výška oka pozorovatele 1,5m, pak H = 2m. Pak by uvažovaná rozteč byla R = H * S, což by v případě S = 1 byly 2m, případě S = 0,25 pak 0.5m. Smysl takto malé uvažované rozteče je pravděpodobně v tom, aby v prostoru příliš nezáviselo na poloze pozorovatele. Norma bohužel neuvádí, jakou poměrnou rozteč použít. Domnívám se, že se předpokládá, že celkový počet svítidel nemá na výsledek zásadní vliv.

Dále uvedu pro příklad dvě UGR tabulky vygenerované pro stejné svítidlo dvěma různými programy, viz následující obrázky 1 a 2. Ten první je vygenerován programem BuildingDesign – Wils, ten druhý pak LDT editorem. Oba jsou vygenerovány pro poměrnou rozteč S = 0,25. Je vidět určité rozdíly v hodnotách základní tabulky, zejména ve sloupcích vygenerovaných pro nižší odraznosti povrchů. Domnívám se, že důvodem rozdílů je způsob výpočtu odražené složky osvětlenosti na odrazných plochách místnosti. Jak je u tabulek uvedeno, UGR tabulka z programu BuildingDesign je vygenerována podle postupu uvedeného v CIE 190, UGR tabulka z LDT editoru pak podle CIE 117. Přesně popsaná toková metoda z CIE 190 pro výpočet odražené složky se ovšem významně liší od metody naznačené v CIE 117, to bude, domnívám se, důvodem rozdílů.

Odraznosti:											
	Strop	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3
	Stěna	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
	Referenční rovina	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Rozměry místnosti											
X=2H	Y=2H	19,3	20,6	19,7	20,9	21,2	17,7	18,9	18,0	19,3	19,6
	3H	19,2	20,3	19,6	20,6	21,0	17,5	18,6	17,9	19,0	19,3
	4H	19,1	20,1	19,5	20,5	20,9	17,5	18,5	17,9	18,8	19,2
	6H	19,0	20,0	19,4	20,3	20,7	17,4	18,3	17,8	18,7	19,1
	8H	19,0	19,9	19,4	20,3	20,7	17,3	18,2	17,8	18,6	19,0
	12H	18,9	19,8	19,4	20,2	20,6	17,3	18,1	17,7	18,5	19,0
4H	2H	19,2	20,2	19,6	20,6	20,9	17,6	18,7	18,0	19,0	19,4
	3H	19,0	19,9	19,4	20,3	20,7	17,5	18,3	17,9	18,7	19,1
	4H	18,9	19,7	19,4	20,1	20,5	17,4	18,1	17,8	18,5	19,0
	6H	18,9	19,5	19,3	19,9	20,4	17,3	17,9	17,8	18,4	18,9
	8H	18,8	19,4	19,3	19,8	20,3	17,3	17,8	17,7	18,3	18,8
	12H	18,7	19,3	19,2	19,8	20,2	17,2	17,7	17,7	18,2	18,7
8H	4H	18,8	19,4	19,3	19,8	20,3	17,2	17,8	17,7	18,3	18,8
	6H	18,7	19,2	19,2	19,7	20,1	17,1	17,6	17,6	18,1	18,6
	8H	18,6	19,1	19,1	19,6	20,1	17,1	17,5	17,6	18,0	18,5
	12H	18,6	19,0	19,1	19,5	20,0	17,1	17,4	17,6	17,9	18,5
12H	4H	18,7	19,3	19,2	19,7	20,2	17,2	17,7	17,7	18,2	18,7
	6H	18,6	19,1	19,1	19,5	20,1	17,1	17,5	17,6	18,0	18,5
	8H	18,6	19,0	19,1	19,5	20,0	17,0	17,4	17,6	17,9	18,5

Výpočet proveden metodikou popsanou v CIE 190:2010 s uvažováním poměrné rozteče S=0,25H.

Obrázek 1 - UGR tabulka z programu BuildingDesign

glare rating regarding UGR

ρ ceiling		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ walls		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
room size X	Y	viewed crosswise					viewed endwise				
2H	2H	19.3	20.2	19.6	20.5	20.7	17.7	18.6	18.0	18.8	19.1
2H	3H	19.2	20.0	19.5	20.3	20.6	17.5	18.4	17.9	18.6	18.9
2H	4H	19.1	19.9	19.4	20.2	20.5	17.5	18.2	17.8	18.5	18.8
2H	6H	19.0	19.7	19.4	20.0	20.4	17.4	18.1	17.7	18.4	18.7
2H	8H	19.0	19.7	19.4	20.0	20.3	17.3	18.0	17.7	18.3	18.7
2H	12H	19.0	19.6	19.3	19.9	20.3	17.3	18.0	17.7	18.3	18.6
4H	2H	19.2	19.9	19.5	20.2	20.5	17.6	18.4	17.9	18.7	19.0
4H	3H	19.0	19.6	19.4	20.0	20.3	17.5	18.1	17.8	18.4	18.8
4H	4H	18.9	19.5	19.3	19.9	20.2	17.4	17.9	17.8	18.3	18.7
4H	6H	18.9	19.3	19.3	19.7	20.2	17.3	17.8	17.7	18.2	18.6
4H	8H	18.8	19.3	19.3	19.7	20.1	17.3	17.7	17.7	18.1	18.6
4H	12H	18.8	19.2	19.3	19.6	20.1	17.2	17.6	17.7	18.1	18.5
8H	4H	18.8	19.2	19.3	19.7	20.1	17.3	17.7	17.7	18.1	18.5
8H	6H	18.7	19.1	19.2	19.5	20.0	17.2	17.5	17.7	18.0	18.5
8H	8H	18.7	19.0	19.2	19.5	20.0	17.2	17.5	17.6	17.9	18.4
8H	12H	18.7	18.9	19.2	19.4	19.9	17.1	17.4	17.6	17.9	18.4
12H	4H	18.8	19.2	19.2	19.6	20.1	17.2	17.6	17.7	18.0	18.5
12H	6H	18.7	19.0	19.2	19.5	20.0	17.1	17.4	17.6	17.9	18.4
12H	8H	18.6	18.9	19.2	19.4	19.9	17.1	17.4	17.6	17.9	18.4
variation of observer position for luminaire distances S											
S = 1.0H S = 1.5H S = 2.0H		+1.2 / -2.0 +2.1 / -11.3 +4.1 / -16.9					+2.2 / -6.0 +3.5 / -14.6 +5.3 / -15.5				
standard table		BK00					BK00				
correction summand		0.8					-0.8				
corrected glare indices based on the total luminous flux UGR diagram according to CIE 117 with SHR 0.25											

Obrázek 2 - UGR tabulka z programu LDT editor

Nakonec bychom se rádi vyjádřili k variacím na polohu pozorovatele, které jsou uvedeny v dolní části tabulky vygenerované programem LDT editor. Tyto variace poskytují orientační představu o tom, jak se mění hodnota UGR se změnou polohy pozorovatele. Zejména pro svítidla s leštěnými mřížkami a poloze pozorovatele velmi záleží. Jak lze tyto variace spočítat, lehce naznačuje CIE 117. Naopak novější CIE 190 o těchto variacích nehovoří vůbec.

Otázka zní: mají nebo nemají se variace na polohu pozorovatele aplikovat při vyhodnocení souladu tabulkové hodnoty UGR s normou? Odpověď na tuto otázku se pokusím najít v normě:

Česká verze normy:

POZNÁMKA 4 U tabulkové hodnoty UGR může být také uvedena odchylka hodnoty ±. … … Při hodnocení souladu interiérové osvětlovací soustavy se žádné odchylky hodnoty indexu oslnění podle CIE (UGR) neuvádí.

Originální anglická verze normy:

NOTE 4 For a tabular UGR value a variation of ± can also be given. … …The compliance of the indoor lighting installation is not considering any variation in the CIE Unified Glare Rating (UGR) tabular method.

Podle mého názoru je zřejmé, že je v české verzi normy nepřesný překlad. Originální anglická verze jasně uvádí, že variace na polohu pozorovatele se při hodnocení nemají uvažovat. Ve stejném duchu pak hovoří rozhodnutí Národní referenční laboratoře NRL ve svém stanovisku 2023/11.

4 Závěr

Na úplný závěr bych rád vyslovil svůj osobní názor na tabulkovou metodu. Tato metoda vznikla do roku 1995 a poskytla rychlou metodu výběru vhodného svítidla s ohledem na způsobující oslnění. Za tímto účelem byly stanoveny normové limity. Tabulková metoda však kvůli svým vlastnostem není použitelná pro vyhodnocení rozložení oslnění v jednotlivých částech místnosti ani pro různé směry pohledu. Přiznám se, že se mi tabulková metoda nelíbí. Nelze ji použít ve spoustě případů a nedokáže posoudit případy, kdy v části místnosti nebo pro některé směry pohledu by navrhované svítidlo být použité mohlo. A jak je vidět výše, snadno získáte ke stejnému svítidlu dvě tabulky, které budou obsahovat jiné hodnoty. Možná by bylo možné použít výpočet ze vzorce a pro tyto účely třeba změnit limity. Doufám, že třeba v budoucnosti budeme moci použít podrobnější metodu, současná výpočetní technika tyto možnosti poskytuje.

Regulace dostupnosti zářivek v EU

Michal Staša, Mgr. Ing., SEVEn, The Energy Efficiency Center, z.ú., michal.stasa@svn.cz, www.svn.cz

Rok 2023 byl důležitým milníkem především pro zářivky. Ekodesign, regulace dle účinnosti a funkčnosti, omezil lineární zářivky T8; a RoHS, regulace nebezpečných látek v EU, omezila lineární zářivky T8, T5 i kompaktní zářivky. Na podzim roku 2023 již nebude možné uvádět na trh EU žádný typ lineárních a kompaktních zářivek. Jedinou možností tak zbývá nákup ze skladových zásob, použití LED náhrad nebo modernizace osvětlovací soustavy.

1 Regulace dostupnosti světelných zdrojů na trhu EU

V Evropské unii jsou dvě zásadní právní regulace dostupnosti světelných zdrojů: ekodesign omezující dostupnost světelných zdrojů na základě účinnosti a funkčních požadavků a RoHS omezující výrobky na základě obsahu nebezpečných látek (v případě světelných zdrojů především rtuti).

1.1 Ekodesign

Ekodesign je předpisem minimálních účinností a funkčních parametrů pro danou skupinu výrobků. Ekodesign zavazuje již přímo výrobce, aby na trh dodávali pouze úsporné výrobky.

Ekodesign pro řadu spotřebičů vedl k nastavení profesního standardu a dále posunul minimální účinnosti, které byly nastaveny již v rámci jiných nařízení. Ekodesign se týká např. domácích spotřebičů, ohřívačů vody, kotlů, oběhových čerpadel, klimatizací apod.

Ekodesign se týká také světelných zdrojů a dalších součástí světelné techniky. První známou změnou byl postupný konec klasických žárovek. Poslední nařízení ekodesignu (2020/2019) přichází s několika změnami, které se dotkly také profesionálního segmentu světelné techniky: především zavedení povinnosti registrace světelných zdrojů do evropské databáze výrobků EPREL, nastavení minimálních účinností pro celou řadu typů světelných zdrojů a také zákaz lineárních zářivek T8 od 1.9.2023. Více o platném nařízení ekodesignu lze najít na internetové stránce https://ekodesign-svetlo.cz

1.2 RoHS

RoHS, tedy směrnice o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních (2011/65/EU), je v českém prostředí harmonizována nařízením vlády 481/2012 Sb. Směrnice se zabývá celou řadou nebezpečných látek a elektronických výrobků. V případě světelných zdrojů nastavuje maximální množství rtuti a případně výjimky použití.

V roce 2023 vypršelo několik výjimek, především pro kompaktní zářivky bez integrovaného předřadníku (viz nařízení 2022/276) a pro lineární zářivky (2022/284).

2 Regulace dostupnosti zářivek

V následující tabulce jsou patrné jednotlivé druhy zářivek a jejich ukončení možnosti uvádění na trh EU, které vyplývají z nařízení ekodesignu nebo směrnice RoHS. Tabulka je zpracována z materiálů organizace LightingEurope a doplněna.

Druh zářivky	Datum	Regulace
CFLi (kompaktní zářivky s integrovaným předřadníkem)	1.9.2021	Ekodesign
CFLi s dlouhou dobou života	25.2.2023	RoHS
CFLni (kompaktní zářivky bez integrovaného předřadníku)	25.2.2023	RoHS
Lineární zářivky T2	1.9.2021	Ekodesign
Lineární zářivky T5	25.8.2023	RoHS
Lineární zářivky T8	25.8.2023	RoHS
Lineární zářivky T12	1.9.2021	Ekodesign
Lineární zářivky (doba života nad 25 000 h)	25.2.2023	RoHS

Tab.1 Přehled typů zářivek, datum zákazu uvádění na trh a dotčená regulace

3 Dopad konce zářivek

I přes výrazný rozmach světelných diod (LED) je použití lineárních zářivek značné a používají se na mnoha místech. Rekonstrukce osvětlovacích soustav (a tedy rekonstrukce budov obecně) v posledních 20 letech především kopíruje ekonomické možnosti vlastníků budov. V některých bohatých regionech a u některých vlastníků je již použití lineárních zářivek méně časté a používají se primárně moderní LED svítidla. V mnoha oblastech ale lineární zářivky zůstávají dominantním světelným zdrojem. Mezi ně patří i řada důležitých budov ve veřejném vlastnictví (školy, nemocnice, polikliniky apod.).

Zákaz uvádění zářivek na trh Evropské unie neznamená ukončení prodeje ze dne na den. Jak je v případě evropských regulací obvyklé, je možné doprodání skladových zásob.

Vzhledem k šíři použití lze očekávat postupné zvyšování cen lineárních zářivek. Je třeba uvést, že toto zvyšování cen započalo již dříve z důvodu celkového odklonu trhu od zářivek a kvůli rozmachu světelných diod (LED).

Nejvíce negativní dopad může mít tedy začátek konce zářivek na subjekty, které používají lineární zářivky ve velkých množstvích a buď nemají dostatek financí nebo mají pevný roční rozpočet (příspěvkové organizace apod.). Problémy mohou mít některé nemocnice, polikliniky apod.

Konec lineárních zářivek byl zcela jistě neodvratný a skončily by postupně i bez zásahu evropské regulace.

4 Možnost využití LED náhrad za zářivky

Jediným optimálním opatřením je celková modernizace osvětlovací soustavy. Tedy návrh nového LED osvětlení. Všechny ostatní možnosti spíše oddalují toto optimální řešení.

4.1 LED náhrady, LED trubice

Dočasnou možností je použití LED náhrad určených pro dotčenou patici a předřadník. LED náhrady dnes vyrábí řada výrobců a lze je koupit pro většinu typů zářivek. V případě LED náhrad lineárních zářivek se ujal termín LED trubice.

4.2 Omezení použití LED náhrad

4.2.1 Změna vyzařování

Ačkoliv snaha výrobců LED náhrad je přiblížit se k podobnému vyzařování jako mají zářivková svítidla s použitím klasických zářivek, mají LED náhrady vždy odlišné vyzařování. V případě náhrady lineárních zářivek LED trubicí dojde v prostoru vždy k nižší válcové osvětlenosti, tedy nižší zaplněnosti prostoru světlem, a může poklesnout rovnoměrnost osvětlení i osvětlenost. Významně negativní změna tedy může nastat zejména v některých prostorech s náročnou zrakovou činnosti.

4.2.2 Kompatibilita LED náhrad vůči různým druhům předřadníků

LED náhrady jsou navrženy pro provoz s adekvátním typem předřadníku nebo některé typy mají univerzální použití. Vždy je třeba před instalací respektovat doporučení výrobce LED náhrady. Obvyklé kombinace a označení uvádí tabulka.

		Typ LED náhrady, označení		
		EM, AC	HF	UN, universal
Typ svítidla (předřadník)	Elektro-magnetický (tlumivka)	Bez potřeby zásahu do svítidla	nelze	Bez potřeby zásahu do svítidla
	Elektronický	nelze	Bez potřeby zásahu do svítidla, vhodné zkontrolovat kompatibilitu předřadníku	
	Bez předřadníku (přímo síťové napětí)	EM: pravděpodobně bez problémů AC: bez potřeby zásahu do svítidla	nelze	Bez potřeby zásahu do svítidla

Tab.2 Kompatibilita LED náhrad vůči různým druhům předřadníků

4.2.3 Změna zodpovědnosti

Zářivková svítidla mají prohlášení o shodě pro provoz se zářivkami. V případě provozu s LED náhradou se jedná o důležitou modifikaci a primární zodpovědnost přechází na subjekt, který změnu provedl (např. montážní firma). Jedná se nenápadný, ale důležitý aspekt – klíčový zvláště při možných pojistných událostech.

4.2.4 Ekonomická rozvaha

Při ekonomické kalkulaci je třeba zvážit i aktuální stav osvětlovací soustavy. V případě svítidel na hraně životnosti nemůže být ekonomická rozvaha hlavním rozhodovacím měřítkem.

Cena LED trubic je v současnosti 2-4x vyšší než je cena lineárních zářivek. Skutečný rozdíl závisí na způsobu a množství nákupu. Lze předpokládat, že se postupně rozdíl cen bude snižovat.

Cena by neměla být jediným výběrovým kritériem nákupu i z toho důvodu, že může vést k nákupu nekvalitních a také nebezpečných výrobků.

4.2.5 Kritéria kvality pro LED náhrady

Na LED trubice se vztahuje norma ČSN EN 62776, která konsolidovala trh a snížila počet nekvalitních a nebezpečných výrobků. Přesto je vhodné zvážit následující kritéria výběru (týká se všech LED náhrad, i náhrad za CFLni):

- minimální energetická třída F či lepší,
- maximální světelný tok pro daný typ LED náhrady,
- minimální úhel poloviční svítivosti (160°) - pouze pro LED trubice,
- nejvyšší povolená teplota alespoň +40°C,
- minimální doba života alespoň 35000 h,
- záznam výrobku v evropské databázi EPREL.

4.2.6 Shrnutí možností využití LED náhrad

Je třeba zopakovat, že optimálním řešením je celková modernizace osvětlení za použití LED svítidel. Pro využití LED náhrad je vhodné zvážit:

- pilotní projekt s ověřovacím měřením, zvláště pokud se jedná pracoviště, kde je povinné dodržení normy ČSN EN 12464-1,
- nastavení kritérií kvality a účinnosti (minimální světelný tok, minimální energetická třída, minimální úhel poloviční svítivosti),
- ověřit, zda technický stav svítidel umožňuje využití LED náhrad po dostatečně dlouhou dobu (konzultace s výrobcem LED náhrad) a ověření změny zodpovědnosti za svítidla,
- nemít cenu jako jediné kritérium nákupu (může vést k nízké kvalitě LED náhrad),
- zkontrolovat parametry LED náhrady v záznamu evropské databáze výrobků EPREL.

Literatura a odkazy

[1] https://ekodesign-svetlo.cz

[2] https://www.lednahrady.cz

[3] RoHS, směrnice o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních (2011/65/EU)

[4] Požadavky na ekodesign světelných zdrojů a samostatných předřadných přístrojů (2019/2020)

[5] Náhrady lineárních zářivek LED trubicemi z pohledu energetických specialistů, 2018, SEVEn, dostupné z www.svn.cz

SRVO

Aplikace veřejného osvětlení z pohledu výrobce

Mediální obraz veřejného osvětlení

Chci zprávy do e-mailu Přihlášení členové Deník Klubu čtou vše bez omezení a reklam. Chci předplatné Přihlásit se

Světelné znečištění může vést i k rakovině

0 Nehodnoceno, buďte první! Ohodnoťte článek

3.8.2016

Václava Burdová
Napište mi

Praha - Se svým projektem Zachraňme TMU objíždí české školy. Dětem Pavla Hudcová vysvětluje, že příliš světla škodí zvířatům, rostlinám i lidem. Problematice světelného znečištění se mladá studentka pražského ČVUT věnuje už několik let. Letos za své aktivity získala ocenění Člověka v tísni. Situace v Praze je podle ní vážná.



Pavla Hudcová. | *Foto: cvut.cz*

Špatné osvětlení zhoršuje zdraví, stojí více peněz a paradoxně také přispívá k vyšší kriminalitě. Co všechno způsobuje světelné znečištění a jak je omezit,

Darujte Deník

ZDE >

REKLAMA


KOMERČNÍ SDĚLENÍ
PRE Ušetřete až 30 % nákladů na vytápění! Chytrý systém vytápění nyní se slevou



Základní škola Rudná (Praha-západ) přijme
UČITELE/UČITELKY a ASISTENTA PEDAGOGA
VÍCE ZDE

reklama



S odborníkem o světlech v autech: LED světla přinesou hromadné žaloby!



Tomáš Hadač 11. 4. 2021 • 12:25 33 126







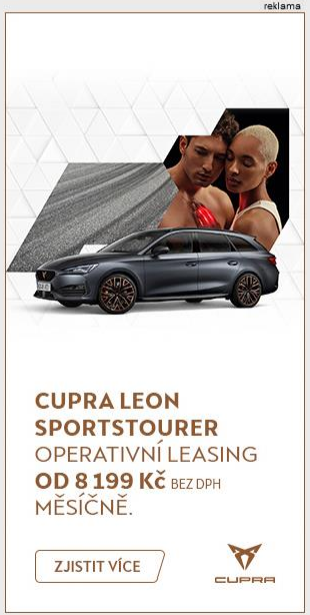

Zobrazit galerii

Zobrazit náhledy (33)

Sdílej

Hynek Medřický je jedním z největších expertů na světla v Česku. Z jeho závěrů až mrazí. „Když se podívám na dnešní žárovky LED v autech, bojím se v budoucnu hromadných žalob," říká. V čem vidí další hazard s lidským zdravím?

reklama



reklama





reklama

ZNEČIŠTĚNÍ

SDÍLET

Špatné světlo může vést až k rakovině! Na nové dá stát miliony



Zdroj: Getty Images



Od tragédie je dělily sekundy. Hasiči vytáhli posádku z potápějícího se auta



25. 2. 2019, 19:54

V Česku už není jediné místo s přirozeně tmavou oblohou. Světelné znečištění podle odborných studií způsobuje nespavost a zvyšuje riziko vážných onemocnění. Přestože ministerstva vypisují dotace na lepší osvětlení, obce o nich často netuší.

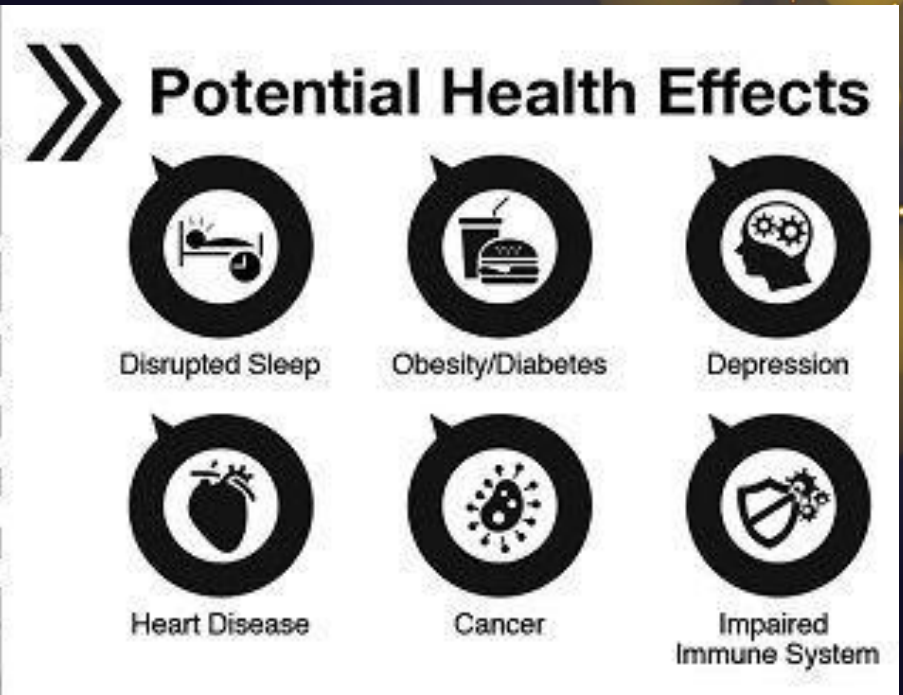
Cirkadiánní biorytmus

Klíčovou roli při synchronizaci našich vnitřních biologických hodin sehrává “spánkový” hormon melatonin, pro jehož tvorbu je úplná tma nezbytná. Nejvyšší hladiny melatonin dosahuje za normálních podmínek mezi 3. a 5. hodinou ranní. Sekrece melatoninu není ovlivněna bdělým stavem nebo spánkem, závisí na hladině a intenzitě světla dopadajícího na sítnici. Nejvíce je sekrece narušena modrým světlem



Světelný stres je skrytým viníkem zdravotní krize způsobené člověkem! LED je azbest nové generace, skrytý faktor přispívající k epidemii chronických onemocnění.





Dva pohledy odborníků na modré světlo

Modresvetlo.cz

Škodlivost modrého světla závisí na množství, které dopadá do oka. U veřejného osvětlení se bavíme o nizkých hodnotách, na druhou stranu je zde popsán pouze vliv na člověka

Bilesvetlo.cz

Globální pohled i z hlediska ostatních živých organismů, nicméně stránky navádí k vandalismu a zahlcování úřadů.

Příklady vlivu modrého světla na okolní přírodu

01

Dravci

Používají světlo k lovu a kořist tmu k úkrytu

02

Ptáci

Kteří migrují nebo loví v noci se orientují podle měsíčního svitu

03

Želvy

Nejznámější úkaz je u vylíhnutých želv, které láká umělé osvětlení místo jasné oblohy nad oceánem

04

Hmyz

Je přitahován umělým světlem. Jejich klesající populace má vliv na všechny druhy, které jsou na hmyzu závislé jako na potravě nebo opylování.

Základní podmínka dotačního titulu v ČR

Základní podmínkou jsou svítidla v max. teplotě 2700K.
Podrobnou technickou informaci o podílu energie v modrém pásmu pro konkrétní typ zdroje lze získat z tzv. spektrální distribuce vyzářené energie (SPD). Tato informace však mnohdy nebývá k dispozici, proto je možné využít i méně přesný, ale dostupnější a laické veřejnosti srozumitelnější údaj o CCT.

Mezinárodně uznávaná organizace International Dark-sky asssociation

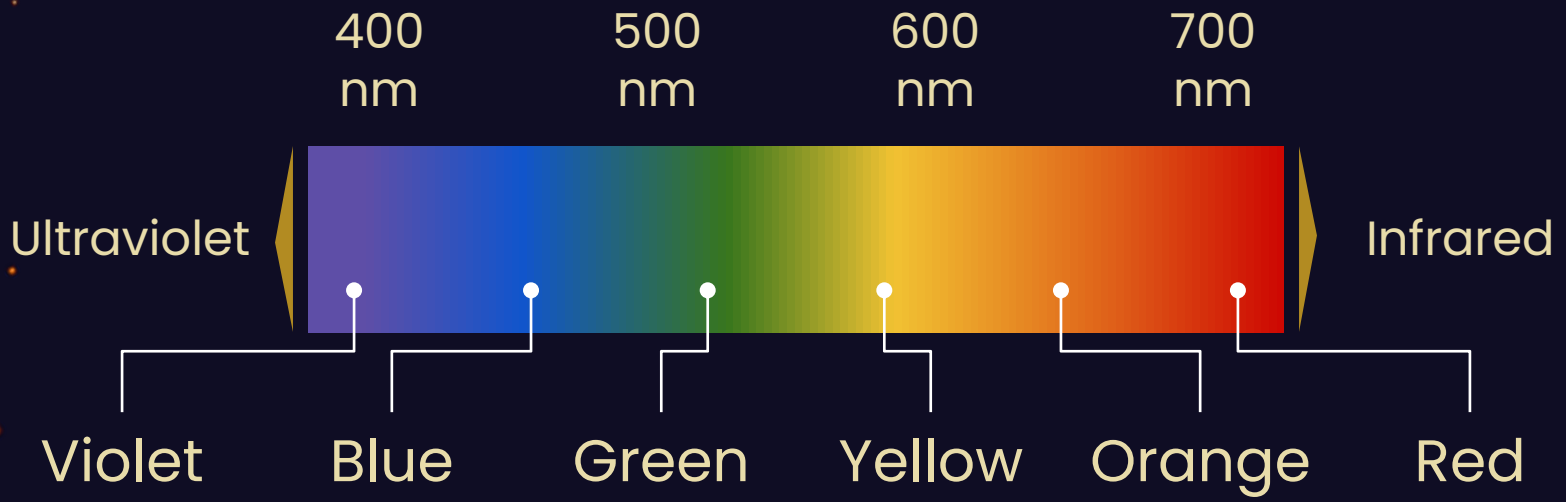


Použití maximální teploty 3000K

Svítidla v poloze 0° - bez vyzařování do horního poloprostoru. Stejně jako u dotačního titulu v ČR (proč je tedy běžně v tendrech specifikace polohování minimální +-20°)

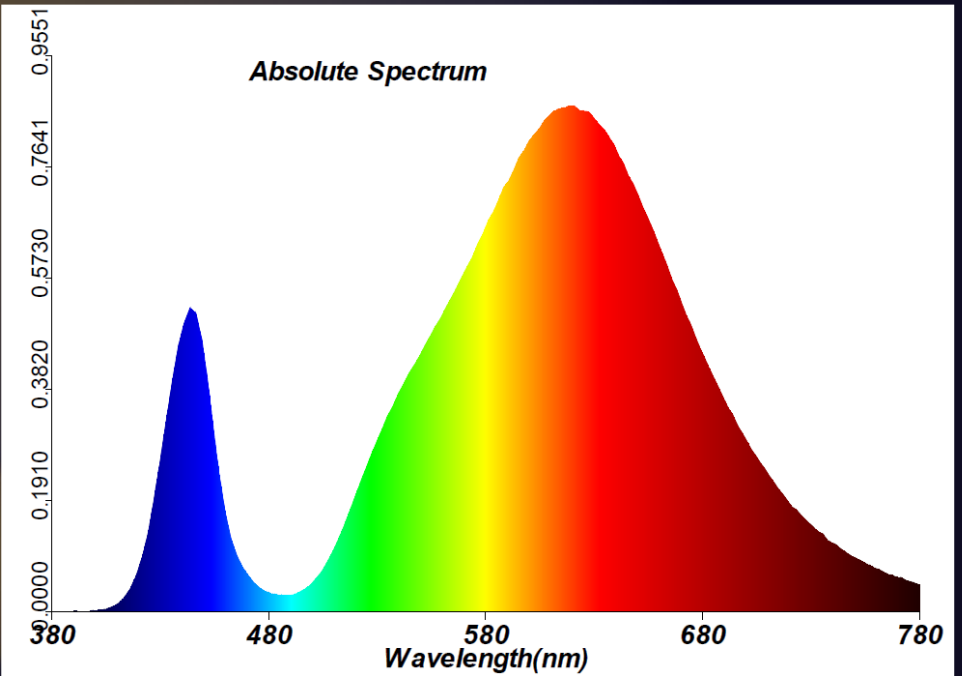
ELEKTRO-LUMEN – jako první mezi Českými i Slovenskými výrobci registrovaným partnerem.

Rozložení barevného spektra

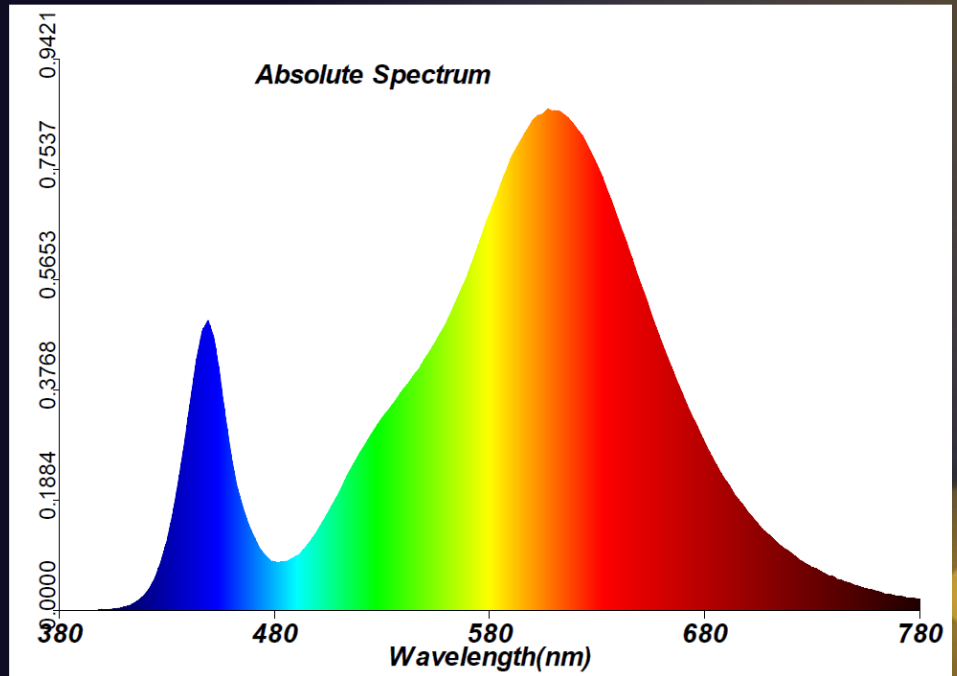


Výstup ze spektrometru

2700K

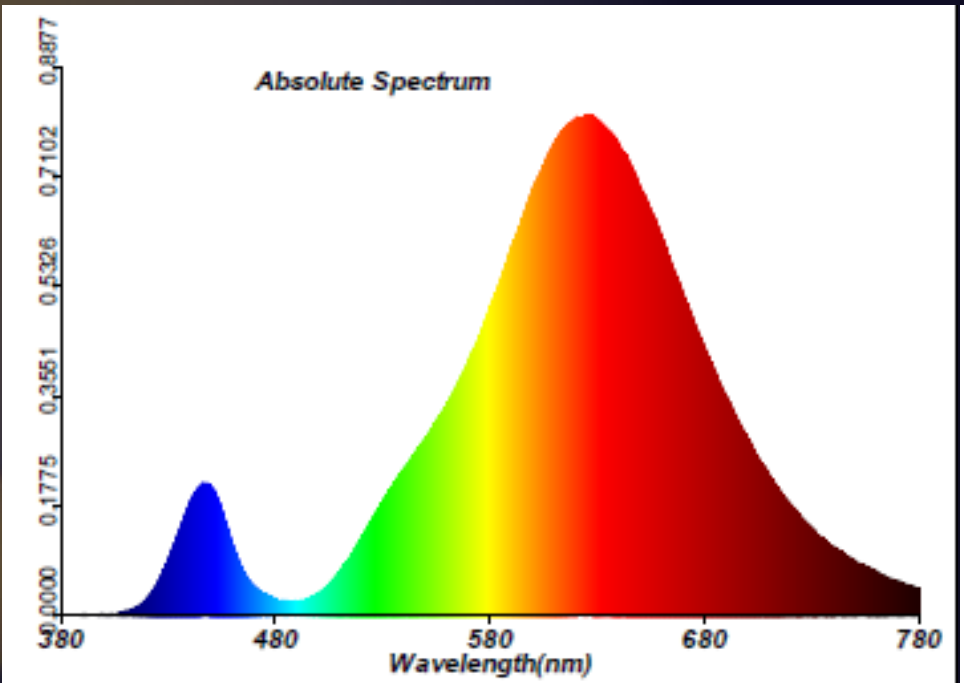


3000K

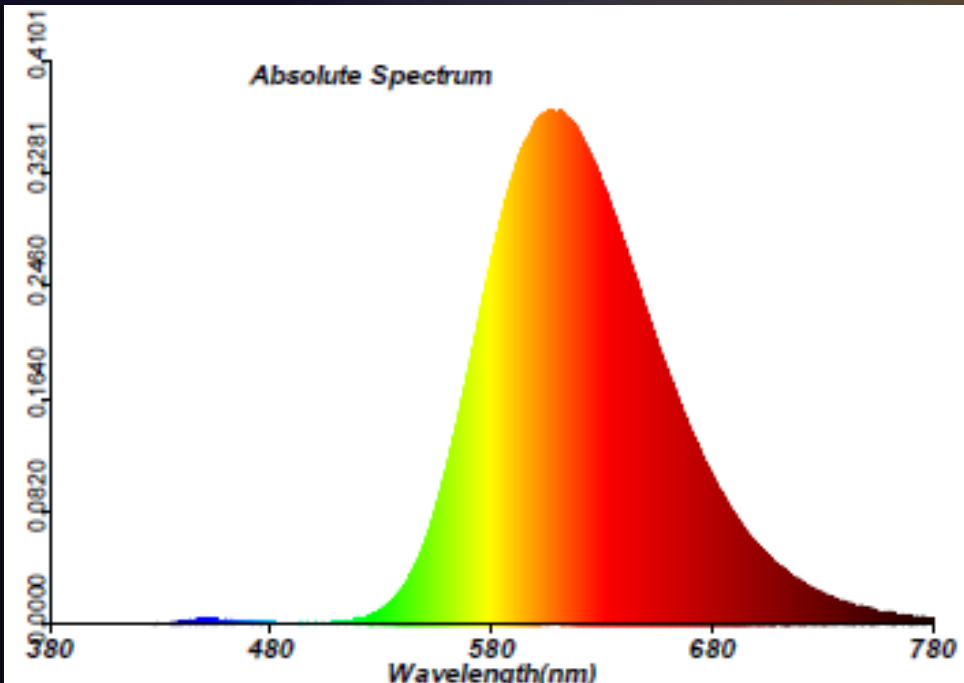


Výstup ze spektrometru

2200K



1800K



Snižování podílu modré složky je aktuálním trendem – evropští výrobci zavádějí různá značení

Protect wildlife



If not well designed, artificial lighting can badly affect wildlife. Blue light and excessive intensity can have a damaging effect on all types of life. Blue light radiation has the ability to suppress the production of melatonin, the hormone that contributes to the regulation of the circadian rhythm. It can also alter the behavioural patterns of animals including bats and moths, as it can change their movements towards or away from light sources. Schréder favours warm white LEDs with minimal blue light, combined with advanced control systems including sensors. This enables permanent adaptation of the lighting to the real needs of the moment, minimising disturbance to the fauna and flora.

Socket: NEMA / Top and Bottom Zhaga

Intelligent control: Stand-alone / Group / CMS

Sensor: Motion / Motion + Daylight / Daylight

Surge protection: 4 / 6 / 10 kV [5]

Nature friendly: PC Amber / Red / 1800 K

Corrosion protection: Up to C5

Neto weight: Up to 13.8 kg

Max. wind load area, SCd, m^2: 0,047

Variantní řešení tlumení modré složky

Použití AMBER optiky

Snížení barevného podání
Neurčitá teplota chromatičnosti

	Measured CCT	
LED nominal CCT (K)	LED (K)	C18512_AMBER-2X2-T2 (K)
2200	2274	1892 -392
2700	2736	2127 -609
3000	3018	2246 -773
4000	3851	2551 -1300
5000	4763	2827 -1936
5700	5301	2913 -2388
6500	6089	3077 -3011



Porovnání spotřeb na vzorové komunikaci

Zatřídění vozovky	Rozteč sloupů	Šířka komunikace
M4	33m	7m

Energetická bilance při 6kč/kW

	Příkon	Spotřeba na 200ks	Spotřeba v kč	Rozdíl/rok
3000K	40,7W	32,4 kW	194.400	0
2700K	43,4W	34,6 kW	207.600	-13.200
4000K/Amber optika	50W	40 kW	240.000	-45.600

Funkce tunable white / night tune / biodynamické

Výhody

- Kombinace různých teplot chromatičnosti
- Svícení s nízkou energetickou náročností v době vyššího provozu a nízkou teplotou chromatičnosti v době nočního klidu
- Automatické nastavení dle standardní funkcionality Astrodim

Nevýhody

- Dva napájecí a světelné zdroje
- Vysoká cena
- Při nevhodném naprogramování složitější změna nastavení diagramu


ida
DARK SKY APPROVED
by the
International Dark-Sky
Association
darksky.org

Pro správné osvětlení veřejného prostoru je důležité optimalizovat intenzitu a směr vyzařování dle parametrů komunikací



Život funguje přece tak, že správně nemusí být nutně to, co správné je, ale to, co za správné prohlásí ten, kdo rozhoduje.

—Jonas Jonasson

Děkuji za pozornost

Martin Stržínek – obchodní ředitel
ELEKTRO-LUMEN, s.r.o.
www.el-lumen.cz
www.lumenlights.eu

LUMEN
LIGHTS

Měření TI

Jan Škoda, Ing., Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, skoda@vut.cz

Martin Motyčka, Ing., Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, motyckam@vut.cz

Petr Baxant, doc., Ing., Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, baxant@vut.cz

Článek popisuje způsob, jak měřit prahový přírůstek na komunikacích a poukazuje na jisté limity současného stavu hodnocení oslnění.

1 Úvod

Oslnění od světelných zdrojů potažmo svítidel užívaných k osvětlování v exteriéru lze rozdělit do dvou kategorií, a to:

- Rušivé oslnění (Discomfort Glare)
- Omezující oslnění (Disability Glare)

Rozdíl mezi těmato dvěma kategoriemi je ten, že oslnění „rušivé“ je charakteru spíše psychologického, které působí tak, že je vlivem tohoto osnění rozptylována pozornost řidiče, což může hrát roli např. při odvrácení zraku a následném přehlédnutí překážky na komunikaci. Tato situace může sehrát významnou roli zejména u mladších řidičů, kterým chybí zkušenost a předvídavost. Oslnění tohoto typu nezpůsobuje fyzické omezení zraku.

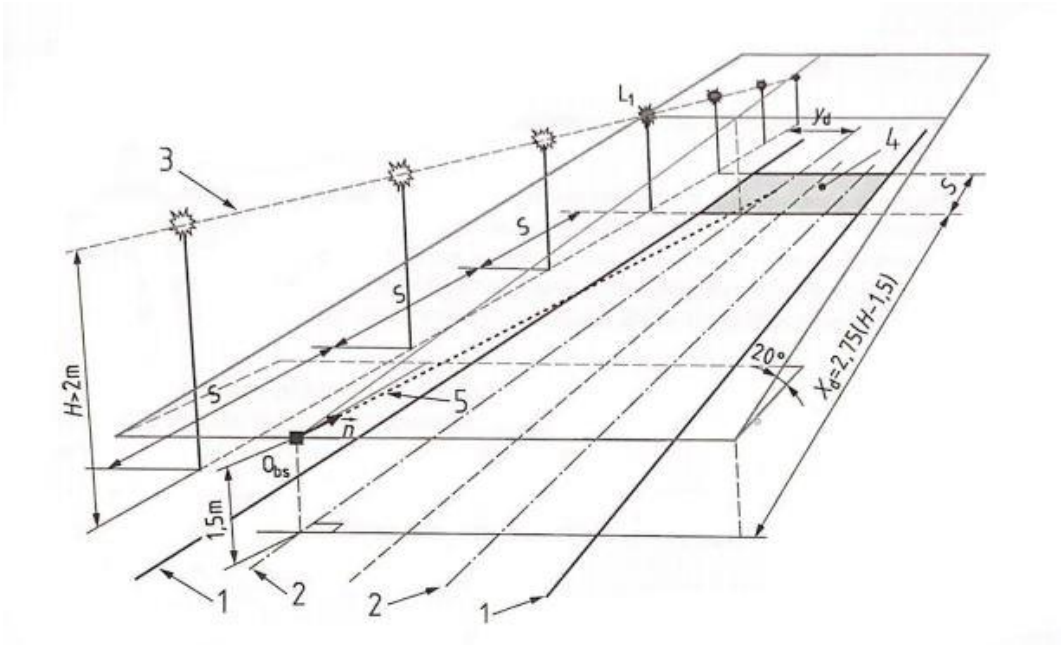
Naproti tomu oslnění „omezující“ má svůj negativní důsledek spojen s efektem, při kterém už je fyziologicky snížena rozlišovací schopnost zraku. Dalo by se tak říct, že omezující oslnění je vyšším stupněm oproti oslnění rušivému. Ke snížení rozlišovací schopnosti zraku dochází vlivem rozptylu světla na struktuře oka, kde se vlivem silného oslnění projeví tzv. zvýšení závojového jasu, který sníží kontrast mezi rozlišovaným objektem a pozadím, čímž se zvýší práh rozlišitelnosti objektu. Pro posouzení oslnění od svítidel pro osvětlování komunikací, je hodnoceno právě omezující oslnění, neboť v převážné většině případů vlivem tmavého pozadí, přechází téměř vždy stav rušivého oslnění do stavu omezujícího. Číselně je potom přípustná míra oslnění vyjádřena tzv. prahovým přírůstkem označovaným jako TI (Threshold Increment), který vyjadřuje, o kolik se zvýší prahová hodnota, pod kterou už není zrak schopen rozlišit objekt.

Na základě pokusů Holladaye z roku 1927 bylo zjištěno, že na závojový jas resp. na prahový přírůstek má vliv osvětlenost oka, úhel mezi směrem pohledu a oslňujícím zdrojem a věk pozorovatele.

2 Měření TI

O měření TI se zmiňuje norma ČSN EN 13201-4, která uvádí, že měření by mělo korespondovat s pozicí pozorovatele, ve kterých byl proveden výpočet. Ke stanovení TI předpokládá užití následující vztahů (1-8) a jako s měřicím přístrojem počítá s tzv. ILMD, což je zkratka vycházející z anglických slov Imaging Luminance Measurement Device, jež se dá volně přeložit jako zařízení měřicí jas za pomocí obrazových snímačů (jasový analyzátor, jasová kamera).

Do výpočtu resp. měření závojového jasu vstupují svítidla, která se nachází v oblasti vymezené rovinou procházející okem, jejíž sklon je 20° a jejíž vodorovný průmět je vedený příčně s vozovkou (viz obrázek 1).



Obr.1 Nákres ke stanovení TI (převzato z ČSN EN 13201-3)

Číslo 1 naznačuje okraje vozovky, 2 znázorňuje středy jízdních pruhů, 3 je linie svítidel, 4 reprezentuje výpočtové pole, 5 znázorňuje směr pohledu.

Svítidla nacházející se nad úrovní této skloněné roviny se do výpočtu nezahrnují (tato svítidla jsou většinou odstíněna kabinou auta). Závojový jas označovaný jako L_v se následně spočítá podle empirického vztahu (1)

$$L_{vi} = k_v \frac{E_i}{\vartheta_i^2} \qquad (\text{cd·m}^{-2};\ -,\ \text{lx},\ °) \qquad (1)$$

kde je E_i přímá osvětlenost oka pozorovatele v rovině kolmé na směr pohledu, vyvolaná *i* tým svítidlem

ϑ_i úhel mezi směrem pohledu a spojnicí oko – svítidlo

k_v konstanta závislá na věku pozorovatele

Výpočet konstanty k_v se následně provede pomocí vztahu (2)

$$k_v = 9{,}86\left[1 + \left(\frac{V}{66{,}4}\right)^4\right] \qquad (-;\ \text{rok}) \qquad (2)$$

kde je *V* věk pozorovatele. Pro návrh osvětlovacích soustav se bere jako standartní věk pozorovatele 23 roků.

Vztah (1) za požití vztahu (2) následně přejde do podoby (3), ve které je uveden i v normě ČSN EN 13201-3, a který je doporučován i mezinárodní komisí pro osvětlování CIE

$$L_{vi} = 9{,}86\frac{E_i}{\vartheta_i^2}\left[1 + \left(\frac{V}{66{,}4}\right)^4\right] \qquad \text{(cd·m}^{-2}\text{; lx, °, rok)} \tag{3}$$

Platnost tohoto vztahu je v rozsahu úhlů 1,5° < ϑ_i ≤ 60°.

Pro montáže svítidel menší jak 6 m nad vozovkou mohou nastat situace, kdy úhel ϑ_i klesne pod 1,5°. Na základě tohoto zjištění mezinárodní komise pro osvětlování vydalo v roce 2002 doporučení a aktualizovalo je v roce 2019, kde ve zprávě CIE140:2019 doporučuje požít pro výpočet závojového jasu upravený vztah (4)

$$L_{vi} = 5\left[1 + \left(\frac{A}{62{,}5}\right)^4\right]\frac{E_i}{\vartheta_i^2} + 10\frac{E_i}{\vartheta_i^3} \qquad \text{(cd·m}^{-2}\text{; lx, °, °, rok)} \tag{4}$$

který platí v rozsahu úhlů 0,1° < ϑ_i ≤ 1,5°.

Výsledná hodnota ekvivalentního závojového jasu je pak součtem všech dílčích příspěvků, tak jak naznačuje vztah (5)

$$L_v = \sum_{i=1}^{n} L_{vi} \qquad \text{(cd·m}^{-2}\text{; cd·m}^{-2}\text{)} \tag{5}$$

Do součtu se zahrnou všechna svítidla, která jsou vymezena příslušnými úhly a nakloněnou rovinou až do vzdálenosti 500 m v každé řadě svítidel a sčítání se ukončí, až příspěvek závojového jasu od kteréhokoliv ze svítidel klesne pod 2 % celkového závojového jasu předchozích svítidel v dané řadě.

Výsledná hodnota prahového přírůstku se určí ze vztahu (6)

$$\mathrm{TI} = 65\frac{L_v}{L_{av}^{0{,}8}} \qquad \text{(%; cd·m}^{-2}\text{, cd·m}^{-2}\text{)} \tag{6}$$

kde je L_v závojový jas pro pozorovatele ve výšce 1,5 m nad vozovkou

L_{av} počáteční průměrný jas vozovky (pro nová svítidla a zdroje o jmenovitém světelném toku), který reprezentuje při výpočtu oslnění jas pozadí.

Pozorovatel se následně umísťuje do osy každého jízdního pruhu a podélně se na začátku každého vyhodnocení umístí před pole kontrolních bodů ve vzdálenosti určeném vztahem (7)

$$\mathrm{Xd} = 2{,}75(H - 1{,}5) \qquad \text{(m; m)} \tag{7}$$

kde je H výška svítidla nad vozovkou.

Následně se pozorovatel přemisťuje v ose s krokem D odpovídající rozteči kontrolních bodů ve výpočtovém poli podle (8).

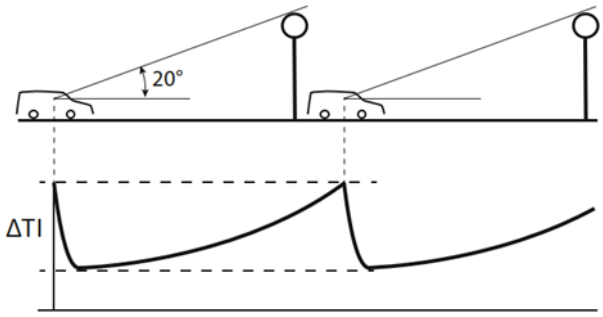
$$\mathrm{D} = \frac{S}{N} \qquad \text{(m; m,-)} \tag{8}$$

kde je S rozměr výpočtového rep. měřicího pole,

N počet výpočetních bodů, kde se předpokládá počet pro S ≤ 30 m, N = 10; pro S > 30 m se počítá s celočíselným dělením k D ≤ 3 m.

Ze všech prahových přírůstků TI se nalezne maximální hodnota, která je rozhodující pro kontrolu a porovnání s maximální dovolenou hodnotou TI pro konkrétní třídu komunikace.

Výsledkem vyhodnocení je tedy funkce f_{TI}, jejíž maximální hodnota v hodnoceném úseku, nesmí překročit stanovenou mez. Bude-li se uvažovat k osvětlování svítidlo s typickou křivkou svítivosti „ledvinkového“ tvaru, lze předpokládat, že se maximum funkce f_{TI} bude nacházet právě na začátku měřeného pole, viz Obr. 2.



Obr.2 – Znázornění průběhu funkce f_{TI} [4]

Nutno ještě podotknout, že platnost výpočtu TI je omezena na průměrný jas vozovky od 0,05 cd·m-2 do 5 cd·m-2, což je v běžných podmínkách reálná hodnota.

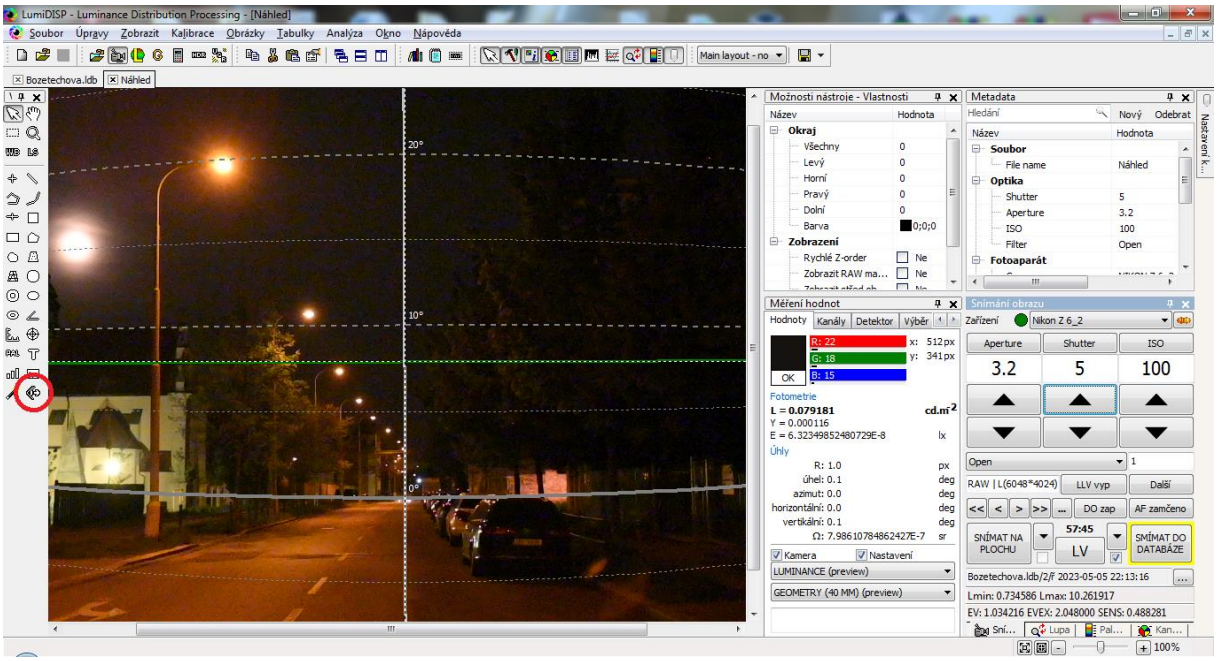
3 Příklad měření

Jak už bylo zmíněno víše, norma ČSN EN 13 201 počítá s využitím jasových analyzátorů jako měřicího zařízení, proto se pro celý následující popis bude věnovat právě tomuto zařízení. První krok by měl směřovat k umístění jasového analyzátoru do vzdálenosti od měřicího pole, dle vztahu (7). Lze dokázat, že bude-li svírat pozorovatel, vodorovný směr pohledu a první oslňující svítidlo úhel 20°, bude pozorovatel právě ve vzdálenosti X_d.

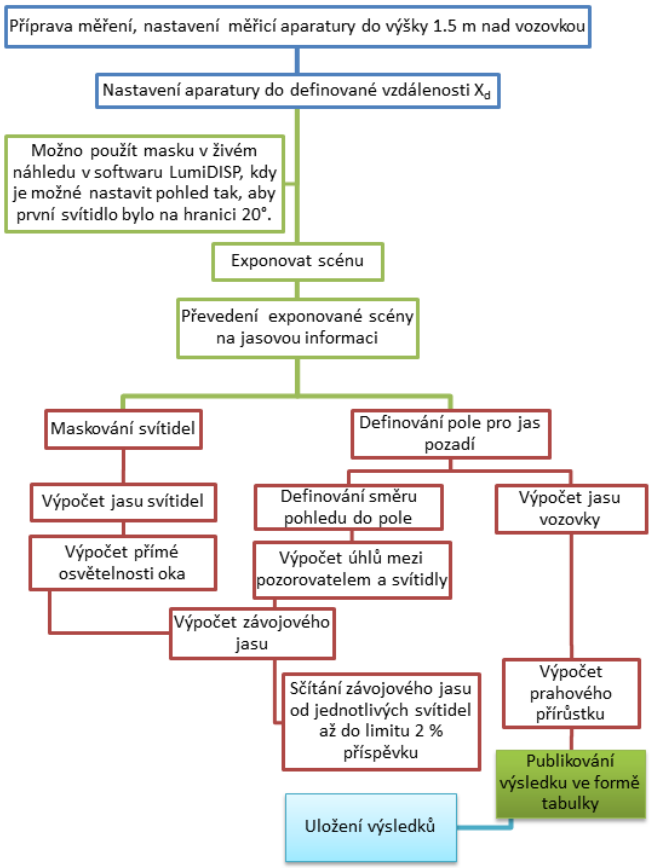
$$tg\alpha = \frac{H - 1{,}5}{2{,}75(H - 1{,}5)} = \frac{1}{2{,}75} \Rightarrow \alpha = 19{,}9831 \cong 20°$$

Díky tomu, že lze stanovit pro každý obrazový bod analyzované scény úhlovou informaci, je možné si dopomoci při umístění analyzátoru do vzdálenosti X_d právě úhlovým vymezením tak, že se měřicí zařízení umístí do pozice, kde první svítidlo bude protínat rovinu svírající s vodorovným pohledem 20°. Umožňuje-li zařízení detekovat svůj náklon v prostoru a zároveň vizualizovat úhlové informace v reálném čase (viz Obr. 3), je nastavení správné pozice otázkou okamžiku. Důležité je dodržet výšku měřicího zařízení na vozovkou 1,5 m.

V dalším kroku by mělo následovat exponování scény a transformace obrazu na jasovou informaci. K vyhodnocení TI je nutné na obrázku vyznačit jak oblast svítidel, tak i oblast měřicího pole. Jelikož norma ČSN EN 13 201 předpokládá pohled do středu tohoto pole, viz Obr 1., je nutné v obrázku naznačit i směr pohledu pozorovatele. Následně je možné zpustit algoritmy pro stanovení TI.



Obr.3 – Náhled zaměřovací masky při živém náhledu v programu LumiDISP a vyznačený nástroj „směr pohledu“.

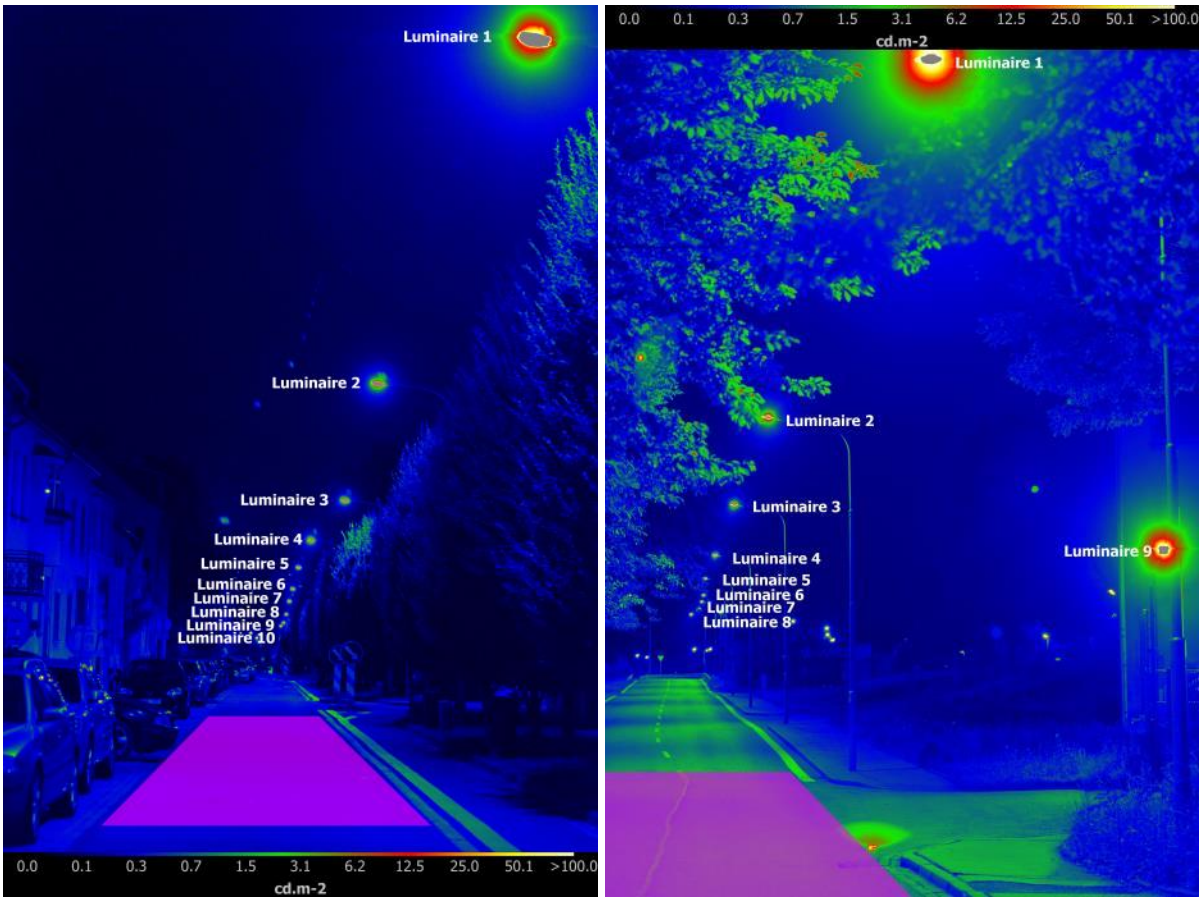


Obr.4 – Blokové schéma procesu měření TI

Samotné vyhodnocení TI díky výpočetní technice probíhá vcelku automatizovaně, viz. blokové schéma na Obr. 4.

Dle ČSN EN 13201-3 by měl být prahový přírůstek stanovován pro nové světelné zdroje při jmenovitém toku. Buduje-li se nová osvětlovací soustava společně s povrchem komunikace, lze předpokládat, že naměřené výsledky TI budou pravděpodobně největší, protože se budou používat světelné zdroje, které poskytují plný jmenovitý světelný tok a povrch komunikace bude ještě hluboce černý, tzn. že jeho odraznost bude malá a tím pádem i jas vozovky L_{av} bude velmi malý a výsledky podle doporučujících vztahů budou nabývat maximálních hodnot. Je-li však soustava měřena již po nějaké době provozu, je třeba se pomocí udržovacího činitele dopočítat světelnému toku na začátku života světelného zdroje. Pro odraznost povrchu v čase zatím neexistuje žádný předpis. Předpokládá se, že se kontrola TI měřením bude provádět při kolaudaci nových svítidel, proto lze potřebu přepočtu pomocí udržovacího činitele většinou neuvažovat.

Jelikož se mnohdy subjektivně zdá, že nové LED instalace působí oslňujícím dojmem, je vhodné testovat LED soustavy a konvenční soustavy se sodíkovými zdroji (HPS – vysokotlaká sodíková výbojka) a výsledky vzájemně korelovat. Příklad výsledků je popsán níže na dvou podobných ulicích v Brně.



Obr.5 – a) Světelné situace na ulici s HPS a b) s LED

Obě soustavy nebyly nové, ale protože se jednalo o porovnání míry oslnění v konkrétní době mezi dvěma soustavami, přepočet pomocí udržovacího činitele nebyl uvažován. Obě soustavy měly stejnou výšku svítidel nad vozovkou a přibližně stejnou rozteč stožárů. Po stránce subjektivního hodnocení působila osvětlovací soustava se sodíkovými výbojkami

příjemnějším neoslňujícím dojmem, kdežto LED soustava byla subjektivně hodnocená jako oslňující. U obou soustav byl použit stejný postup měření a vyhodnocení. Měřicí aparatura se nacházela v souladu s normou ve výšce 1,5 m a nastavena do vzdálenosti tak, aby pokrývala svým zorným polem oblast svítidla nacházející se ve vymezené oblasti (20° vertikálně) opět v souladu s normou.

Následně byla algoritmem vybrána svítidla a stanoven i prostorový úhel nezbytný pro stanovení závojového jasu. Na snímcích lze pozorovat rozptýlené světlo, což je však pozorovatelné jen díky HDR snímku a nelineární barevné paletě. Částečně toto rozptýlené světlo vzniká i na optice oka, ale jeho kvantifikace je poměrně obtížná. Projeví-li se v oku rozptyl překrývající pozorovaný detail, jedná se právě o fyziologický jev závojového oslnění, který se má právě hodnotit.

Poslední avšak klíčovou otázkou je, jaká svítidla konkrétně zahrnout do výpočtu TI. Pokud se bude hodnotit osvětlovací soustava, ve které se vyskytují jen svítidla, se kterými se při návrhu osvětlovací soustavy počítalo, tak je postup vcelku jasný. Do měření se budou zahrnovat pouze svítidla, která jsou ve vymezeném rozsahu úhlů a přispějí do celkové hodnoty TI více jak 2 % (viz norma ČSN EN 13 201). Příklad takové soustavy je na obrázku 5a. Výsledné TI pro tuto soustavu je vyobrazeno v Tab. 1. Pro porovnání byla změřena i osvětlenost pod svítidlem č. 1, která činila 5.7 lx. Nastane-li však situace, že se v zorném poli vyskytne svítidlo, se kterým projektant nepočítal, (Luminaire 9 ze soukromé osvětlovací soustavy v Obr. 5b), je třeba se zamyslet nad tím, zda toto svítidlo z vyhodnocování vyřadit. Z logiky věci se dá vydedukovat, že pokud budu chtít hodnotit jen osvětlovací soustavu určenou pro osvětlení konkrétní vozovky, zahrnu do analýzy jen svítidla, která jsou k tomuto účelu určená. Budeme-li však chtít hodnotit oslnění v konkrétním místě jako celek, je vhodné do analýzy zahrnout všechna významná svítidla, nehledě na to, že i cizí svítidlo nakonec přispívá do jasu komunikace. V Tab. 2 je vyobrazen případ, kdy je vyhodnoceno TI jen ze svítidel 1 – 8 (Obr. 5), přičemž pro vlastní výpočet se uvažují jen svítidla 1 – 3, neboť dle pravidel pro výpočet TI se výpočet ukončí v momentě, kdy svítidla nepřispívají do výsledku více jak 2 %. Z porovnání výsledků z Tab. 2 a Tab. 3 je zřejmé, že svítidlo 9 má na míru oslnění velmi podstatný vliv. Subjektivním posouzením se toto svítidlo jevilo jako velmi oslňující, což potvrzují i výsledky měření. Pro úplnost ještě nutno dodat, že osvětlenost pod svítidlem č. 1 v obr. 5b byla 25.7 lx.

Velmi překvapující je však porovnání výsledků osvětlovacích soustav s HPS a LED. Dle subjektivního hodnocení se předpokládalo, že číselně bude více oslňovat soustava s LED, avšak podle výsledků se zdá, že je stav věci přesně opačný.

Tab.1 Výsledky pro případ z obrázku 5a

Detector	**ϑ (°)**	**E_i (lx)**	**L_{vi} (cd.m^{-2})**	**TI increase (%)**
Luminaire 1	21.6	1.5554	0.0333	
Luminaire 2	9.7	0.0389	0.0041	7.29
Luminaire 3	5.9	0.0097	0.0028	4.91
Luminaire 4	4.3	0.0092	0.0049	8.55
Luminaire 5	3.4	0.0019	0.0016	2.86
Luminaire 6	2.7	0.0014	0.0019	3.41
Luminaire 7	2.3	0.0014	0.0026	4.51
Luminaire 8	1.9	0.0007	0.0019	3.42
Luminaire 9	1.6	0.0005	0.0018	3.14
Luminaire 10	1.5	0.0004	0.0018	3.19
L_v (cd.m^{-2})			**0.0568**	
L_{av} (cd.m^{-2})			**0.2359**	
TI (%)			**11.7**	

Tab.2 Výsledky pro případ z obrázku 5b bez svítidla 9.

Detector	ϑ (°)	E_i (lx)	L_{vi} (cd.m^{-2})	TI increase (%)
Luminaire 1	21.3	5.3207	0.1178	
Luminaire 2	8.9	0.0616	0.0077	4.4%
Luminaire 3	6.0	0.0136	0.0038	2.2%
Luminaire 4	4.3	0.0042	0.0023	1.3%
Luminaire 5	3.5	0.0003	0.0002	0.1%
Luminaire 6	3.0	0.0002	0.0003	0.2%
Luminaire 7	2.8	0.0002	0.0002	0.1%
Luminaire 8	2.4	0.0006	0.0010	0.6%
L_v (cd.m^{-2})			**0.1294**	
L_{av} (cd.m^{-2})			**1.2862**	
TI (%)			**6.87**	

Tab.3 Výsledky pro případ z obrázku 5b se svítidlem 9.

Detector	ϑ (°)	E_i (lx)	L_{vi} (cd.m^{-2})	TI increase (%)
Luminaire 1	21.3	5.3207	0.1178	
Luminaire 2	8.9	0.0616	0.0077	4.4%
Luminaire 3	6.0	0.0136	0.0038	2.2%
Luminaire 4	4.3	0.0042	0.0023	1.3%
Luminaire 5	3.5	0.0003	0.0002	0.1%
Luminaire 6	3.0	0.0002	0.0003	0.2%
Luminaire 7	2.8	0.0002	0.0002	0.1%
Luminaire 8	2.4	0.0006	0.0010	0.6%
Luminaire 9	15.5	1.0139	0.0422	24.6%
L_v (cd.m^{-2})			**0.1716**	
L_{av} (cd.m^{-2})			**1.2862**	
TI (%)			**9.12**	

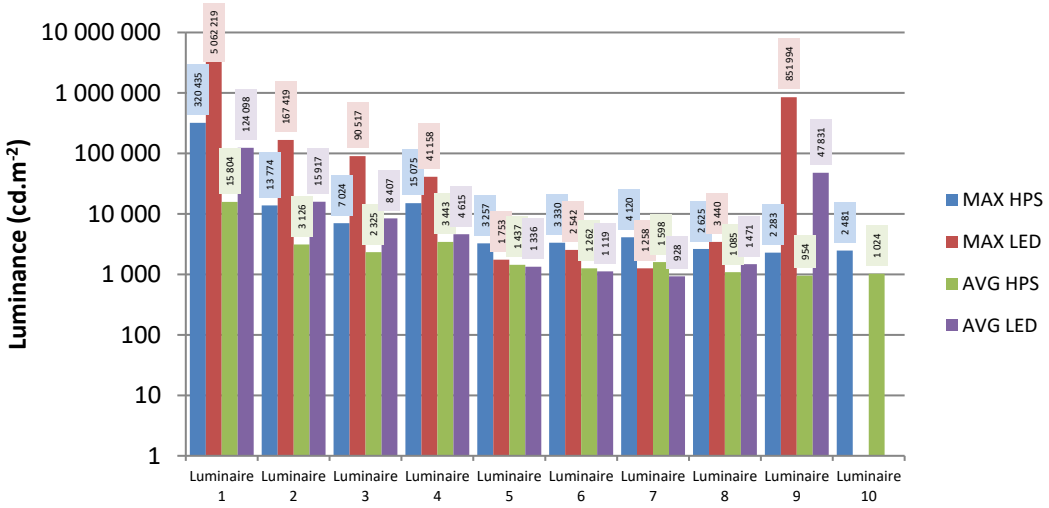
4 Hledání příčin nesouladu mezi subjektivním o objektivním měřením

Porovnáme-li oba případy z hlediska TI v místě pozorování, bude nám hůře vycházet soustava s HPS, toto však nekoresponduje se subjektivním hodnocením, kde je evidentní, že soustava s LED oslňovala více. Příčin tohoto rozporu může být několik. Je nutné si ale hned na začátku uvědomit co TI vůbec hodnotí. Jak už bylo naznačeno v úvodu číselně TI vyjadřuje, o kolik se zvýší prahová hodnota, pod kterou už není zrak schopen rozlišit objekt. Je tedy otázka, jestli je TI dostačující veličina pro hodnocení oslnění na komunikacích, nebo nezavést ještě další veličinu, která bude zohledňovat i rušivé oslnění. Tento návrh je už léta diskutován, ale dosud nebyl zapracován do norem pro hodnocení osvětlovacích soustav na komunikacích. V roce 2023 vydalo CIE reprint dokumentu CIE 243:2021, ve kterém se právě věnuje právě rušivému oslnění.

Je tedy nutné začít odlišovat míru oslnění a velikost TI, neboť mohou nastat situace, kdy právě TI nevyjádří skutečnou míru oslnění.

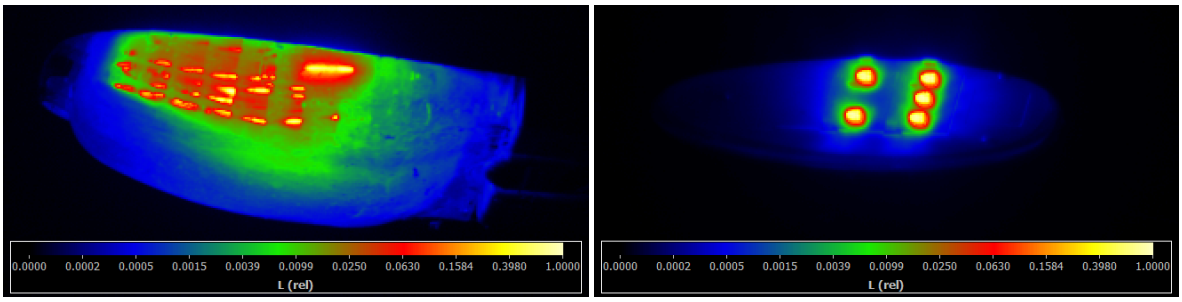
Absolutní hodnota jasu svítidel a malá vyzařovací plocha

Jednou z příčin proč se LED soustava jeví z hlediska subjektivního hodnocení oslnění jako horší, je fakt, že se u těchto svítidel, potažmo světelných zdrojů, vyskytují mnohonásobně větší jasy, než u svítidel s HPS viz Obr. 6.



Obr.6 Porovnání průměrných a maximální jasů jednotlivých svítidel

Navíc světelný tok je ze svítidla vyzařován nerovnoměrně z poměrně malé plochy, což přispívá k subjektivně většímu pocitu oslnění. Tato skutečnost je patrná z Obr. 7, kde jsou vyobrazena obě svítidla č. 1 pro jednotlivé osvětlovací soustavy. Svítidla jsou měřena pod stejným úhlem, ze stejné vzdálenosti a barevná paleta je normalizována na maximální hodnotu jasu.



Obr.7 Porovnání vyzařovacích ploch pro svítidlo 1 vlevo) HPS, vpravo) LED

Jas vozovky ve vymezeném poli

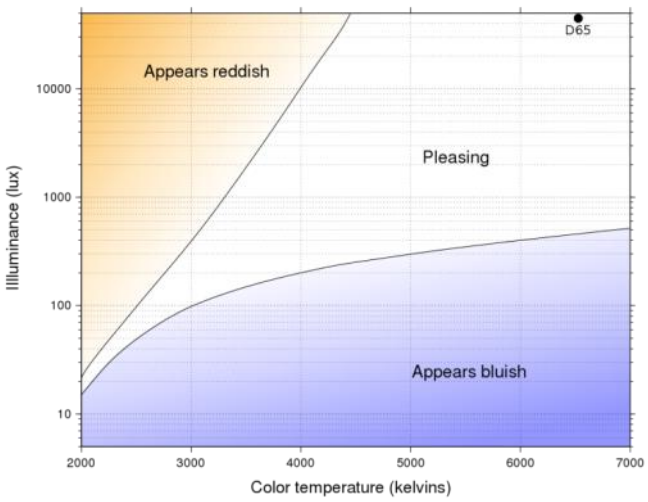
Pro účely vyhodnocení prahového přírůstku se za vztažnou hodnotu bere jas komunikace ve vymezeném poli vozovky. To má určitou logiku, protože se předpokládá, že se na vozovce může vyskytnout překážka, kterou lze vlivem oslnění přehlédnout. Nicméně je třeba brát v potaz také to, že zrak řidiče není upřen na jedno místo a jeho oči se neustále pohybují a skenují scénu před sebou, přičemž následně mozek tyto informace skládá v ucelený obraz. To se děje navíc v poměrně vysoké rychlosti pohybujícího řidiče a jeho zrak je nucen se neustále adaptovat novým světelným podmínkám. Nastává tedy otázka, zda právě zde není jedna z dalších příčin, kdy je LED svítidlo vnímáno jako oslňující. Máme-li hodnotit osvětlovací soustavu po stránce oslnění komplexně, bude nejspíš nutné hodnotu vztažného jasu pozadí stanovovat ze širší oblasti, aby se lépe podchytily světelné situace, kterým je zrak řidiče vystaven. Navíc oslňující svítidla jsou z hlediska informačního charakteru významným podnětem pro zrak a obranné mechanizmy zrakové soustavy se

snaží přímému pohledu podvědomě vyhnout a směřují zrak do „bezpečnějších“ míst. Je tedy otázka, jakou tedy brát hodnotu adaptačního jasu.

Budeme-li hodnotit jas ve vymezeném poli konkrétně u těchto dvou osvětlovacích soustav, zjistíme, že jas vozovky osvětlené LED zdroji je přibližně 5x vetší než jas vozovky osvětlené HPS (to přibližně koresponduje i se změřenou osvětleností pod svítidly, 25 lx vs. 5 lx). Tato skutečnost výrazně napomáhá ke zmírnění TI potažmo k číselnému vyjádření míry oslnění na vozovce. Zůstává však otázkou, zda v tomto případě čísla odpovídají realitě osnění. Navíc právě takto nevhodně přesvětlené komunikace sice po stránce číselných hodnot oslnění vyjdou příznivě, ale v konečném důsledku spotřebují mnohem více elektrické energie než by bylo nutné. Z tohoto úhlu pohledu by bylo dobré do kvalitativních parametrů osvětlovací soustavy zavést multiplikační koeficient, který by zohledňoval i možnou přesvětlenost komunikace ve vztahu k oslnění.

Chromatičnost světla a další vlivy

Z hlediska subjektivní míry vnímání příjemnosti světla určitě bude hrát svou roli i náhradní teplota chromatičnosti světelného zdroje, ale tento fenomén zatím není zahrnován do hodnotících metodik.



Obr.8 Kruithofův diagram [5]

Obecně se zdá, že příjemnost či nepříjemnost světla, je závislá na rovnováze mezi intenzitou osvětlení a náhradní teplotou chromatičnosti. Tuto skutečnost vyjadřuje tzv. Kruithofův diagram vyobrazený na Obr. 8.

Měřením našich dvou osvětlovacích soustav bylo zjištěno, že náhradní teplota chromatičnosti byla pro HPS změřena s hodnotou CCT = 2000 K a pro LED byla CCT = 3000 K. To může jistým způsobem ovlivnit i míru vnímání příjemnosti či nepříjemnosti světla potažmo míru oslnění, neboť hodnota 3000 K je vnímána při těchto intenzitách jako nepříjemná.

Vzhledem k tomu, že vyhodnocení pocitů mohou ovlivňovat i jiné faktory, než vlastní intenzita světla, lze předpokládat, že na fenomén vnímání příjemnosti světla či oslnění budou mít vliv i jiné faktory. Je třeba se zamyslet nad předchozím stavem zraku (na co byl zrak adaptován), v jakou denní/noční dobu je osvětlovací soustava hodnocena, nebo při jaké teplotě okolí bylo subjektivní hodnocení prováděno.

5 Závěr

Pro účely měření TI neboli prahového přírůstku, je v dnešní době nejvhodnější použít jasové analyzátory, které umožní během krátkého času změřit všechny potřebné veličiny. Ukazuje se, že TI nebude možné použít k vyjádření komplexní míry oslnění, neboť v určitých případech lze subjektivně hodnotit určité osvětlovací soustavy kritičtěji, než tomu lze učinit pomocí měření TI. Očekává se, že do procesu hodnocení oslnění na komunikacích vstoupí hodnocení rušivého oslnění, kterou podpořilo CIE vydáním dokumentu CIE 243:2021 Discomfort Glare in Road Lighting [1].

Poděkování

Autoři článku děkují Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE), ve kterém vznikla tato publikace a za finanční podporu projektu Systém pro hodnocení oslnění osvětlovacích soustav napájených z veřejné elektrické sítě (č. TK03020094).

Literatura a odkazy

[1] CIE 243:2021 Discomfort Glare in Road Lighting, COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE, CIE Central Bureau, Babenbergerstrasse 9, A-1010 Vienna, AUSTRIA

[2] ČSN EN 13201-3. Osvětlování pozemních komunikací - Část 3: Výpočet. Brusel: CEN, 2016.

[3] ČSN EN 13201-4. Osvětlování pozemních komunikací - Část 4: Metody měření. Brusel: CEN, 2016.

[4] BOMMEL, W. Road Lighting – Fundamentals, Technology and Application, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, 2015, ISBN 978-3-319-11465-1

[5] Kruithof curve [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: en.wikipedia.org/wiki/Kruithof_curve

Vyhodnocení provozu řízené osvětlovací soustavy VO

Ing. Theodor Terrich, Ph.D, Technologie hlavní města Prahy, a.s., theodor.terrich@thmp.cz

Abstrakt: Příspěvek je zaměřen na vyhodnocení provozu parkové osvětlovací soustavy veřejného osvětlení z hlediska přínosu zlepšení světelnětechnických parametrů a úspory elektrické energie. V rámci pilotního projektu rekonstrukce osvětlovacích soustav VO v městských parcích (Pod Fidlovačkou, Ladronka, Jezerka a Riegerovy sady) se zaváděním tzv. chytrých prvků řízení osvětlení probíhalo dlouhodobé vyhodnocení provozu. Článek se věnuje osvětlení v parku Jezerka v Praze, kde bylo zavedeno adaptivní řízení osvětlení po dobu nočních hodin.

1 Úvod

Osvětlovací soustava v Parku Jezerka na území MČ Praha 2 sestává ze sadových svítidel v montážní výšce 6 m. Svítidla splňují standard *„Technický standard pražského LED svítidla VO“* a jsou vybavena RF komunikací na frekvenci 868 MHz. V rámci pilotního projektu byla ověřována míra spolehlivosti komunikace v síťovém uspořádání (mesh), kde zařízení komunikuje s centrální řídící a monitorovací jednotkou umístěnou v rozvaděči a ta následně prostřednictvím GSM brány komunikuje se serverem.

Vybraná světelná místa jsou vybavena čidlem pohybu/přítomnosti (celkem 60 kusů) a osvětlovací soustava je provozována v adaptivním režimu po určitou část noční doby dle harmonogramu, který současně definuje minimální světelnětechnické parametry prostřednictvím tříd osvětlení.

1.1 Stručný popis instalace

Použitá svítidla, na rozdíl od požadavků [1], nedisponují Zhaga konektorem pro umístění komunikátoru, mají integrovaný přijímač uvnitř korpusu spolu s předřadnými přístroji. Pohybová čidla, kterými jsou vybaven.a některá svítidla, jsou rovněž integrována do jejich těla.

Osvětlovací soustava je provozována v třídě osvětlení P4 [2] (což odpovídá přibližně 50 % jmenovitého světelného toku svítidel) a jsou na základě dálkového povelu schopny plnit požadavky normální třídy osvětlení P2. V osvětlovací soustavě podléhá řízení celkem 64 svítidel.

2 Systém řízení

Z hlediska možných situací, které musí logika systému řízení vyhodnotit a provést regulační zásah je komplikovaná. Současné nastavení řízení osvětlovací soustavy na podměty z pohybových čidel není provázáno se všemi prvky, tj. čidly a svítidly, aby mohla být adaptace hladiny osvětlenosti provedena dostatečně rychle. Jednotlivých čidlům jsou přiřazena pravidla akčních zásahů ke skupinám svítidel.

S přihlédnutím k současně dostupných technických prostředků a ekonomice provozu muselo být upuštěno od prediktivního řízení, kdy si informace o přítomnosti uživatele předávaly svítidla navzájem a řídící mikro kontrolér vyhodnotil, které svítidlo a na jakou úroveň čase aktivuje.

Tento proces toku dat by byl nesmírně náročný na výpočetní výkon řídící jednotky, která by musela provádět vyhodnocení a zásah ve velmi krátkém čase. S přihlédnutím k bezdrátovému přenosu dat by byla ohrožena spolehlivost provozu celé osvětlovací soustavy.

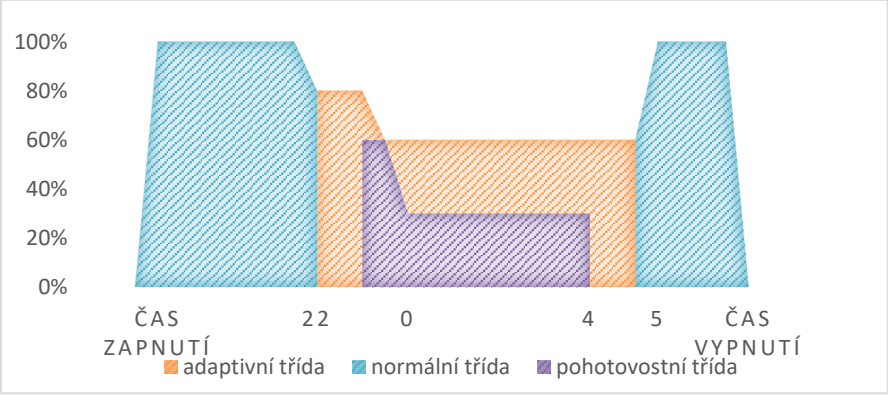
2.1 Provozní režim

Soustava veřejného osvětlení je projektována na plnění požadavků normální třídy osvětlení P2 a standardně provozována v normální třídě osvětlení P4. Adaptivní třída osvětlení P5 je zavedena ve večerních a ranních hodinách. Adaptivní třída osvětlení je aktivována v průběhu noci, kdy soustava podléhá dynamické regulaci světelného toku na základě (ne)přítomnosti uživatelů (chodců). Adaptivní řízení prostřednictvím čidel přítomnosti je aktivní v době od 23 hodiny večerní do 4 hodny ranní, dle schématu na následujícím Obr. 1. Mimo tento čas se sousta řídí na základě statického harmonogramu.

V parku Jezerka je osvětlovací soustava v průběhu noci řízena následovně:

- po 22. hodině přechází soustava na adaptivní (statickou) třídu osvětlení P5 (úroveň je osvětlení regulována na 80 % normální úrovně)
- do 23 hodin přechází soustava na adaptivní (dynamickou) třídu osvětlení P5 (úroveň je osvětlení regulována v rozmezí 80 % až 60 % normální úrovně na základě přítomnosti uživatelů
- od půlnoci do 4 hodin je dále aktivní dynamické řízení. Úroveň osvětlení v době nepřítomnosti uživatelů (chodců) je provozována na pohotovostní třídu osvětlení s úrovní 40 %
    - při detekci chodce do 24 hodin je osvětlení nastaveno na úroveň 80%
    - při detekci chodce po 24 hodině je osvětlení nastaveno na úroveň 60 %
- od 5 hodiny až do vypnutí přechází soustava na normální třídu osvětlení P4

Osvětlovací soustava umožňuje vzdáleně, na pokyn dispečera, nastavit tzv. „antipanickou“ úroveň osvětlení na hodnotu instalovaného světelného toku svítidel, což odpovídá 200% standardní úrovně osvětlení



Obr.1 Harmonogram řízení osvětlovací soustavy,

2.2 Současné provedení adaptivního řízení osvětlení

Ve stávajícím technickém provedení aditivního řízení osvětlovací soustavy je informace o přítomnosti uživatele sbírána v rámci dílčího segmentu světelných míst, na která je pro účely řízení celá osvětlovací soustava členěna. Po registraci uživatele některým z čidel daného segmentu je aktivován příslušná část osvětlovací soustavy na vyšší hladinu osvětlenosti.

Pokud není detekována přítomnost uživatele po dobu delší než 10 minut v daném segmentu, dojde k poklesu osvětlenosti na pohotovostní úroveň.

Pohybová čidla jsou neaktivní 30 minut po přivedení napájení. Při aktivaci (v příslušném časovém okně) jsou svítidla ovládána následovně: Při detekci chodce se na dobu 10 minut soustava rozsvítí na 80% světelného toku. Poté 5 minut svítí soustava na 60% normální provozní hodnoty a následovně klesne osvětlenost na minimum, tj. 30 % běžné provozní hodnoty). Pro opětovnou aktivaci je nastavena prodleva 10minut.

V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty příkonu celé osvětlovací soustavy, resp. svítidel v jednotlivých úrovních regulace jejich světelného toku. Tabulka 3 uvádí spotřebu elektrické energie za rok pro jednotlivé časové úseky, kde je úroveň světelného toku měněna dle harmonogramu řízení.

Tab.1 Příkon osvětlovací soustavy, resp. svítidla v závislosti na úrovni regulace světelného toku

Úroveň světelného toku svítidel	Příkon osvětlovací soustavy (kW)	Příkon svítidla (W)
100%	3,7	58
50%	1,9	30
30%	1,2	19
20%	0,8	13

Tab.2 Stanovení příkonu a spotřeby elektrické energie za rok provozu osvětlovací soustavy v závislosti na provozním režimu, resp. časovém úseku

Provozní režim			doba provozu	příkon a spotřeba energie soustavy VO	
Označení/ Třída osvětlení	časový úsek	světelný tok svítidel	T (h/rok)	P (kW)	E (kWh/rok)
I (P4)	zapnutí až 21:59	100%	930	1,9	1 767
II (P5)	22:00 až 22:59	60%	365	1,2	438
III (P6 / P5)	23:00 až 3:59	60%/30%	1 825	1,1*	2 026
IV (P5)	4:00 až 4:59	60%	347	1,2	416
V (P4)	5:00 až vypnutí	100%	627	1,9	1 191
celkem			4 094		5 838

*) příkon osvětlovací soustavy při dynamické regulaci s 50 % času v pohotovostním režimu

Příkon svítidel je maximálně 63 W. V tomu příkonu je zahrnuta výkonová rezerva 10 %, která je využita pro kompenzaci poklesu světelného toku svítidel v důsledku jejich stárnutí po dobu života 70 000 hodin. V současné době dosahuje maximální příkon svítidel 58 W (využito pouze pro potřeby „anti panického“ režimu provozu v třídě osvětlení P2). Během doby provozu se příkon v závislosti na provozním režimu mění a průměrně činní 22 W.

Při srovnání s historickou osvětlovací soustavou, která byla tvořena vysokotlakými sodíkovými výbojkami 50 W a nebyla regulována, došlo k redukci provozního příkonu na úroveň 33 %.

Tab.3 Srovnání instalovaného příkonu původní a stávající osvětlovací soustavy

Počet svítidel	Příkon soustavy osvětlovací soustavy(kW)			stávající příkon (%)
kusy	Stávající (maximální)	Stávající (provozní, průměrný)	původní	ΔP
64	4,0	1,4	4,2	33 %

3 Hodnocení světelnětechnických parametrů

Pro ověření osvětlenosti a rovnoměrnosti bylo použito stejné výpočtové pole, které bylo použito pro ověření instalace v rámci přejímky 30.11. 2020. Vyhodnocovací pole se nachází mezi světelnými místy 408816 a 408817 (obr. 2) s roztečí 32 m, šířkou chodníku 4 metry.

3.1.1 Světelnětechnická měření současného stavu v různých provozních režimech

Po 30 měsících provozu dne 22.5.2023 bylo provedeno provozní měření osvětlenosti (v souladu s [3]) pro: provoz svítidel na maximální výkon – „anti panický“ provozní režim; provozní režim v normální třídě osvětlení; režim v adaptivní třídě osvětlení a režim v pohotovostní třídě osvětlení.

Průměrné hodnoty osvětlenosti chodníku a naměřené minimální hodnoty jsou pro jednotlivé provozní režimy uvedeny v tabulce 4.



Obr.2 Fotografie měřeného úseku mezi body 408817 a 408816

Tab.4 Hodnoty průměrné osvětlenosti a minimální osvětlenosti při různých úrovních regulace osvětlovací soustavy z měření 22.5.2023

Světelný tok svítidla	Průměrná osvětlenost Eav (lx)	Minimální osvětlenost Emin
100%	24,2	1,5
50%	12,3	0,65
30%	7,5	0,34
20%	5,4	0,3

Při srovnání parametru průměrné osvětlenosti kontrolního pole měřeném v listopadu 2020 a v květnu 2023 vyplývá pokles o 25 %. K výsledné relativní hodnotě úbytku osvětlenosti je třeba poznamenat, že nebyly dodrženy shodné podmínky měření. Měření probíhalo v jiném ročním

období, kdy v letních měsících vegetace může způsobovat clonění světelnému toku, dále svítidla – jejich světelně činné plochy nebyly umyty. Měření bylo následně opakováno v září 2023, kdy bezprostředně před měřením byla svítidla umyta. Měření probíhala při provozu na projektovanou třídu osvětlení P2. Výsledky uvádí Tabulka 5.

Pokles průměrné osvětlenosti oproti výchozímu stavu byl stanoven na hodnotu 15 %. Pokles je způsoben vlastním stárnutím světlených zdrojů a jednak olistěnými větvemi vzrostlých stromů. Z měření vyplývá, že čistota světelně činných částí svítidel se na výsledném úbytku osvětlenosti vyhodnocovacího pole podílí 12 %. Svítidla byla umyta po 34 měsících od nainstalování.

Tab.5 Hodnoty průměrné osvětlenosti při provozu osvětlovací soustavy na maximální (projektovaný) výkon během období 2,5 let provozu

Datum měření	Průměrná osvětlenost E_{av} (lx) (maximální výkon)	pokles ΔE (%) vůči původnímu stavu r.2020
11/2020 (nová soustava)	32,4	X
5/2023 (bez mytí)	24,2	– 25 %
9/2023 (po umytí svítidel)	27,4	– 15 %

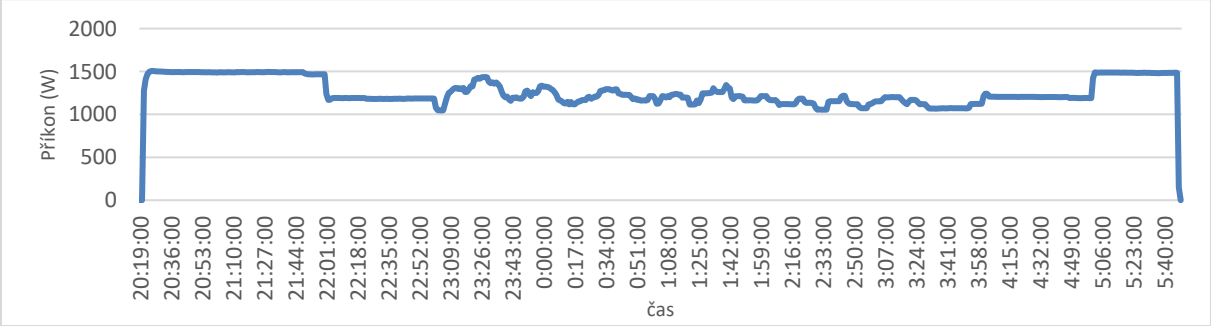
4 Hodnocení obvodových veličin

V rámci hodnocení obvodových veličin byl hodnocen reálný příkon osvětlovací soustavy, v průběhu reálného provozu za standardních podmínek, účiník a celkové harmonické zkreslení proudu.

4.1 Příkon a spotřeba elektrické energie

Na následujícím Obr. 3 je zaznamenám průběh příkonu části osvětlovací soustavy v průběhu provozu s daným harmonogramem řízení. Na Obr. 4 je zchycen průběh příkonu a účiníku jedné z napájecí větvě během manuálního přepínání provozních režimů.

Obr.3 Průběh naměřeného příkonu osvětlovací soustavy



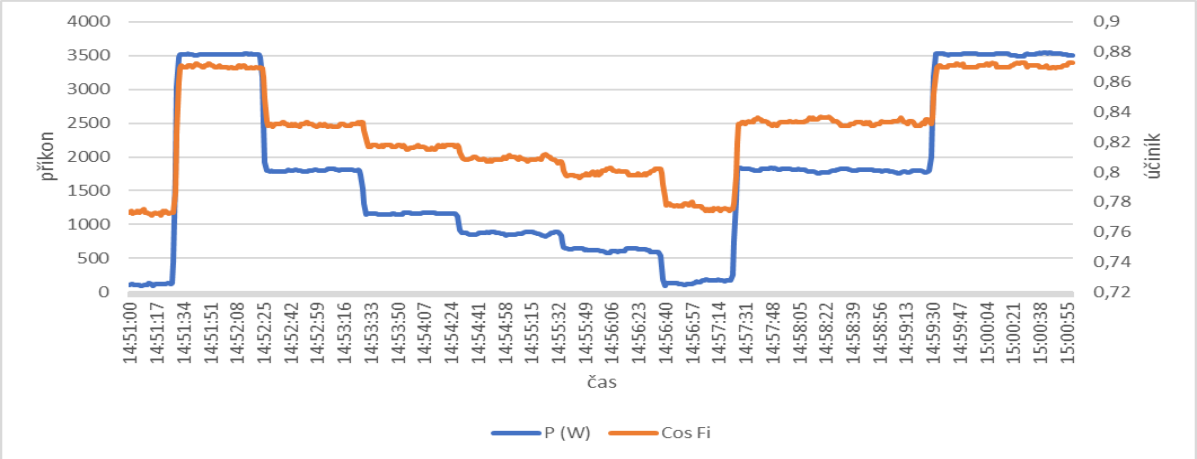
Měření probíhalo v 15. kalendářním týdnu. Obrázek 5 zobrazuje typickou regulační křivku výkonu. Ve středním pásmu je křivka rozkmitaná vlivem zásahů čidel přítomností chodců. V době, kdy je soustava provozována v pohotovostní třídě osvětlení (bez přítomnosti uživatelů/chodců) je příkon svítidla 13 W včetně vlastní spotřeby předřadných přístrojů. Konkrétní hodnoty pro jednotlivé stupně řízení udává Tab. 1. Z reálného provozu osvětlovací soustavy byl stanoven podíl aktivace svítidel pohybovými čidly vůči době setrvávání v pohotovostní třídě na 50 %. Při tomto využití provozu osvětlovací soustavy je střední hodnota

příkonu svítidla 17 W. Pokud by osvětlovací soustava nebyla regulována vůbec v průběhu noci, činil by příkon každého svítidla 30 W.

4.2 Parametry kvality elektrické energie

Na referenční části osvětlovací soustavy bylo provedeno měření parametrů kvality elektrické energie. Vyhodnocen byl celkový účiník PF, účiník základní harmonické Cosϕ a celkové zkreslení vyššími harmonickými proudu THD.

Obr.4 Průběh příkonu a účiníku v napájecím rozvaděči VO při změnách světelného toku svítidel v kroku 100 % (P2), 50 % (P4), 30 %, 20 %, 10 % a 0 %



Při provozu soustavy na maximální hodnotu světelného toku byla naměřena střední hodnota účiníku Cosϕ 0,95 a totálního účiníku PF 0,96. Př regulaci toku svítidel na 50 % se hodnoty Cosϕ a PF ustálily na hodnotách 0,83, resp. 0,80.

Celkové harmonické zkreslení vyššími harmonickými proudu bylo vyhodnoceno pro jednotlivé fázové vodiče a vodič nulový. Z výsledků je patrno vysoké zkreslení proudu nulovým vodičem, které je způsobeno nesymetrickým zatížením jednotlivých fázových vodičů ($THD_{(N)}$ >51 %).

5 Hodnocení ekonomiky provozu

Srovnání spotřeby elektrické energie nové osvětlovací soustavy s LED svítidly bylo provedeno jednak s původními svítidly pro vysokotlaké sodíkové výbojky a také vůči í provozu LED svítidel s různým způsobem řízení a to:

- provoz svítidel bez regulace;
- provoz svítidel dle přednastaveného harmonogramu regulace bez zásahu pohybových čidel;
- provoz svítidel dle přednastaveného harmonogramu regulace a aktivními pohybovými čidly.

Srovnání roční spotřeby elektrické energie v závislosti na způsobu řízení je zobrazeno v Tab. 6. Řízením dle pevného harmonogramu klesá energetická náročnost o 23 % vůči stavu kdy by soustava veřejného osvětlení nebyla v průběhu noci vůbec regulována. Přidáním pohybových čidel se spotřeba elektrické energie sníží o další 2 %.

Tab.6 Srovnání spotřeby elektrické energie pro rozdílný způsob řízení osvětlovací soustavy

typ osvětlovací soustavy a způsob řízení	spotřeba elektrické energie za rok (MWh)	(Δ%) vůči LED (nereg.)	(Δ%) vůči výbojce
sodíkové výbojky (bez regulace)	17,29	X	100
LED bez regulace	7,78	100	45
LED s regulací dle harmonogramu, bez pohybových čidel	6,00	77	35
LED s regulací dle harmonogramu včetně pohybových čidel	5,84	75	33

6 Závěr

Dle srovnání s neregulovanou výbojkovou soustavou došlo k výraznému zlepšení kvantitativních parametrů osvětlovací soustavy. Zvýšila se v průběhu rušných nočních hodin průměrná hladina osvětlenosti a současně během klidové fáze noci dochází k její samočinné regulaci, aniž by byla narušena či ohrožena bezpečnost uživatelů veřejných prostranství. Rovněž došlo ke zlepšení kvalitativních parametrů osvětlení, které se podílí na tvorbě světelné jakosti prostředí.

Spotřeba elektrické energie osvětlovací soustavy v parku Jezerka po obnově veřejného osvětlení poklesla o 67 %. Pokud by z řízení osvětlovací soustavy byla vyřazena pohybová čidla a soustava by se provozovala dle pevného harmonogramu stmívání po celou noc, činila by úspora elektrické energie oproti původnímu stavu 65 %. Pohybový čidla v parku průchozího typu nemají z hlediska snížení energetické náročnosti opodstatnění.

Při srovnání účiníku základní harmonické a celkového účiníku, který respektuje zkreslení vznikající deformačním výkonem vlivem harmonického zkreslení obvodových veličin, lze konstatovat, že LED svítidla nejsou zdrojem rušení a svými vlivy nepůsobí negativně na elektrizační soustavu, pokud jsou provozována v zregulována.

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] Technický standard pražského LED svítidla VO, THMP, 2020 https://thmp.cz/images/Technicky_standard_prazskeho_LED_svitidla.pdf

[2] ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky, 2019

[3] ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření, 2016

Příklady spolupráce s orgány státní při rekonstrukcích soustav veřejného osvětlení v nebezpečných úsecích pozemních komunikací

Jiří Tesař, ČSO – RS Liberec, jiri.tesar@artmetal-cz.com

Abstrakt:

Cílem spolupráce je hodnocení rizikových faktorů posuzovaných prostorů a ověření viditelnosti na komunikacích v extravilánu a intravilánu s veřejným osvětlením a bez veřejného osvětlení, ale také posouzení možnosti příčin vzniku nočních dopravních nehod zapříčiněné špatnými světelnými parametry v nočním dopravním prostoru se zaměřením na hodnocení zrakového vnímání, zpracování informací a orientaci v nočním prostředí na pozemních komunikacích. Dále také doporučení vhodného bezpečnostního opatření, které povedou k jejich odstranění či zmírnění. Zjistí-li pověřená osoba při výkonu státního dozoru porušení stanovených povinností, podle potřeby a povahy zjištěných nedostatků může uložit způsob a lhůtu odstranění těchto nedostatků a jejich příčin. Viz § 41 zákona č. 13 Sb. o pozemních komunikacích.

1 Úvod

Osvětlovací soustava je kompaktní soubor prvků tvořící funkční zařízení, které splňuje požadavky na úroveň osvětlení prostoru. Osvětlení pozemních komunikací (též „Veřejné osvětlení“ – dále VO) se zřizuje pro zvýšení bezpečnosti a zrakové pohody všech účastníků provozu na pozemních komunikacích a je dle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích § 13 příslušenstvím dálnic, silnic a místních komunikací (odchylky viz v § 14 zákona 13/1997 Sb.). Dle § 25 vyhlášky č. 104/1997 Sb. se dálnice a silnice vždy osvětlují v zastavěném území obce. Mimo toto území se osvětlují jen zvlášť určené úseky. Osvětlení lze zřídit i v oblastech s vysokou intenzitou provozu (včetně pěšího a cyklistického). Pozemní komunikace je možné osvětlit také v případech, kdy se prokáže účelnost zřízení takového osvětlení, například v oblastech, kde je žádoucí snížit nehodovost nebo kriminalitu. Pro osvětlení silnic a dálnic ve volné krajině platí ČSN 73 6101 (čl. 13.9), pro osvětlení místních komunikací, průjezdních úseků silnic a dálnic zastavěným územím a přechodů pro chodce platí ČSN 73 6110 (čl. 15.12), pro osvětlení křižovatek na pozemních komunikacích platí ČSN 73 6102 a TP 135. Návrh a provedení veřejného osvětlení musí splňovat podmínky ČSN 73 6101, ČSN 73 6102, ČSN 73 6110, ČSN CEN/TR 13201-1, ČSN EN 13201-2, ČSN EN 13201-3, ČSN EN 13201-4. V případech parkovišť a venkovních pracovních prostor se osvětlení zřizuje podle ČSN EN 12464–2.

Dobře osvětlený noční dopravní prostor ve vodorovné rovině většinou nezajistí jednoznačnou rozlišitelnost a viditelnost překážek – chodců na vozovce. Rozlišitelnost a viditelnost překážky – chodce v nočním dopravním prostoru je vždy závislá na vertikální složce osvětlení v závislosti na jasech pozadí a odrazných vlastnostech dané překážky.

Pro noční dopravní prostor platí přímá úměra, že při ZVYŠUJÍCÍ SE OSVĚTLENOSTI ROZLIŠITELNOSTI KONTRASTŮ STOUPÁ INFORMAČNÍ VÝKON CENTÁLNÍ NERVOVÉ SOUSTAVY a tím se zkracuje reakční doba řidiče. Na základě tohoto poznání by měli být přizpůsobeny veškeré činnosti od projektu, realizace, kolaudace, obnově a následného provozu.

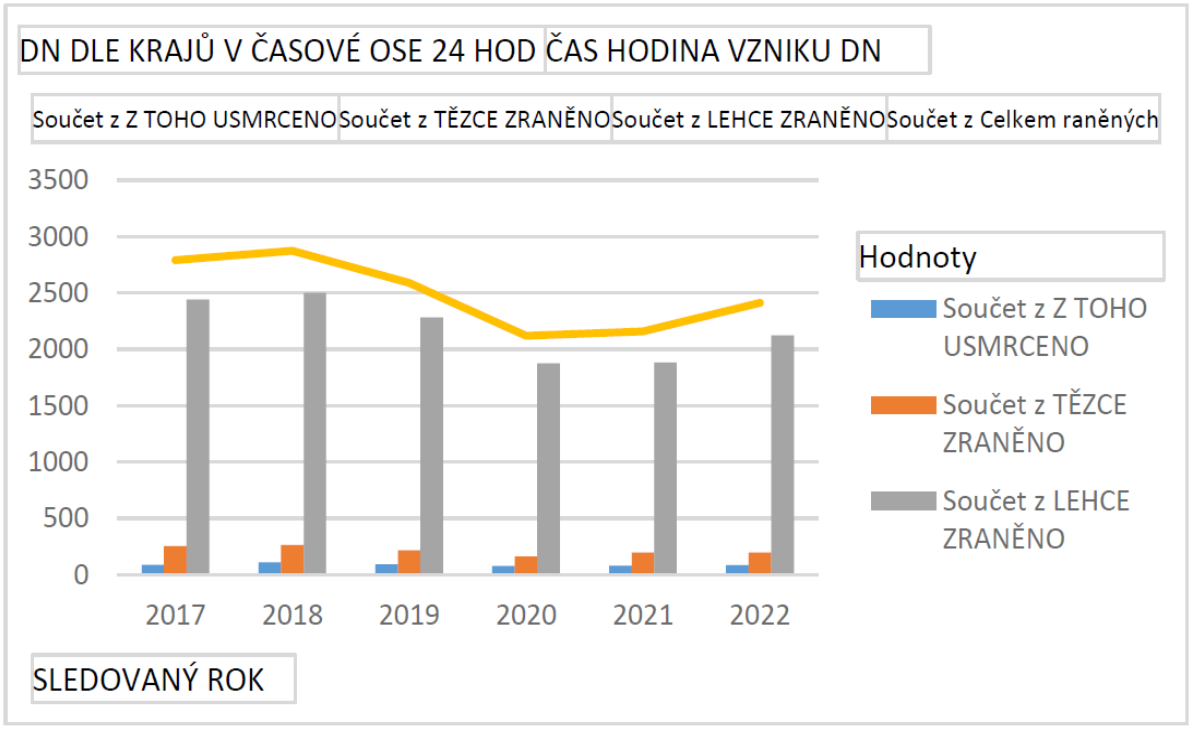
2 Noční dopravní prostor – dopravní nehodovost a celospolečenské ztráty

Vidět a být viděn znamená v nočním dopravním prostoru přežít. Nástupem nové technologie LED osvětlení se zvyšuje riziko dopravní nehodovosti. V poslední době dochází k výraznému nárustu vážných nočních

DN ve srovnání roků 2017 až 2022. Obrázek grafu 1 níže představuje počty vzniklých dopravních nehod od 22:00 hod. do 05:00 hod a obrázek grafu 2 počty usmrcených, těžce a lehce zraněných osob.



Obr.1 Graf vývoje DN v časové ose



Obr.2 Graf vývoje počtu usmrcených, těžce a lehce zraněných osob při nočních DN

Vzniklé celospolečenské ztráty z nočních dopravních nehod v časové ose od 22:00 hod. do 05:00 v letech 2017 až 2022 (viz obr. 3) jsou zarážející a například cca desetkrát převyšují částku alokovanou v Národním plánu obnovy programu MPO 2.2.1. Rekonstrukce veřejného osvětlení. Ze zmíněných důvodů je velice nutná úzká spolupráce s orgány státní správy při utváření, výstavbě a následné údržbě.

DN DLE KRAJŮ V ČASOVÉ OSE 24 HOD (Vše)
ČAS HODINA VZNIKU DN (Více položek)

Popisky řádků	Součet z Z TOHO USMRCENO	Součet z TĚŽCE ZRANĚNO	Součet z LEHCE ZRANĚNO	Součet z Celkem raněných
2017	91	256	2443	2790
2018	108	265	2502	2875
2019	92	218	2282	2592
2020	79	164	1878	2121
2021	80	198	1883	2161
2022	87	197	2126	2410
Celkový součet	**537**	**1298**	**13114**	**14949**

Celospolečenské ztráty z DN se zraněním v době od 22:00 hod do 05:00 hod v letech 2017 až 2022	
Každý člověk, který při autonehodě přijde o život, značí podle CDV pro českou společnost ztrátu v průměru **19,411 mil. Kč.** Za období roků 2017 až 2022 v **době od 22:00 hod do 05:00 hod** jsou tyto celospolečenské ztráty vyčíslené částkou:	**10.423,707 mil. Kč**
Každý člověk, který si během dopravní kolize způsobí vážné zranění, značí podle CDV pro českou společnost ztrátu v průměru 5,098 milionu korun. Za období roků 2017 až 2022 v **době od 22:00 hod do 05:00 hod** jsou tyto celospolečenské ztráty vyčíslené částkou:	**6.617,204 mil. Kč**
Každý člověk, který si během dopravní kolize způsobí lehké zranění, značí podle CDV pro českou společnost ztrátu v průměru 0,668 milionu korun. Za období roků 2017 až 2022 v **době od 22:00 hod do 05:00 hod** jsou tyto celospolečenské ztráty vyčíslené částkou:	**8.917,520 mil. Kč**
TYTO CELOSPOLEČENSKÉ NÁKLADY SE CELKEM VYŠPLHALY ZA OBDOBÍ ROKŮ 2017 AŽ 2022 V ČASOVÉ OSE VZNIKU DN OD 22:00 HOD DO 05:00 HOD NA ZÁVRATNÝCH	**25.958,431 mil.Kč**

Obr.3 Celospolečenské ztráty z nočních DN roků 2017–2022

3 Stanovení jednotného postupu příklady spolupráce

Při utváření dopravního prostoru musíme vycházet z rozdílů rozlišitelnosti a viditelnosti mezi dnem a nocí. To, co může vyhovovat BESIP ve dne nemusí vyhovovat v noci.

Ve dne se orientujeme a reagujeme rychleji zejména z důvodů velkého množství orientačních bodů, jednoznačně viditelných vodících prvků, vysoké rozpoznatelnosti předmětů. Oko rychle reaguje na neočekávané změny v dopravním prostoru atd. V noci se orientujeme a reagujeme pomaleji zejména z důvodů malého množství orientačních bodů v zorném poli řidiče, špatně viditelných vodících prvků, nízkou rozpoznatelností předmětů. Oko pomalu reaguje na neočekávané změny v dopravním prostoru atd.

V extravilánu se viditelnost v nočním dopravním prostoru odvíjí od mnoha okolností a je závislá na kvalitním vodorovném dopravním značení a jeho odrazných vlastnostech, viditelnosti vodících sloupků podél komunikace jejich odraznosti a vhodné polohy, čitelnosti a vysvětlitelnosti neosvětlených nebezpečných míst např. průsečné a okružní křižovatky, ostré oblouky atd. Další příčinou nočních DN jsou výrazně osvětlené průmyslové areály, dynamické reklamní poutače v blízkosti komunikace s nízkým jasem okolí atd.

3.1 Doporučení a spolupráce při zavádění nových nástrojů bezpečnosti na silniční síti v ČR dle směrnice EP a Rady 2008/96/EC o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury.

Doprava a bezpečnost tvoří komplexní systém, ve kterém dochází k neustálým interakcím mezi účastníky provozu, vozidly a infrastrukturou. Výsledkem těchto interakcí mohou být dopravní nehody. Nejdůležitější spolupůsobící faktor jejich vzniku představuje lidský prvek, kterému odborné studie přiřazují dominantní roli u vzniku více jak 90 % všech nehod. Účastníci provozu chybují v úsudku, snadno se nechají vyrušit a rozptýlit, vykazují psychologická a fyzická omezení

Tyto jevy jsou však ovlivňovány nejen samotným člověkem, popř. vozidlem, ale také utvářením komunikace a jejího bezprostředního okolí. Na volbu rychlosti mají vliv mimo jiné poloměry směrových oblouků a šířky jízdních pruhů, únavu řidiče podporuje monotónní dopravní prostředí a vedení trasy, očekávání řidiče je ovlivněno konzistentní kategorizací komunikací, bezpečné chování je podporováno dobrými rozhledovými poměry a minimalizací výskytu neočekávaných událostí. Taktéž následky případných nehod jsou ovlivňovány uspořádáním komunikace a jejího okolí. Nevhodně umístěné pevné překážky, nechráněné konstrukce dopravních staveb (např. mostní pilíře), nebezpečné prvky odvodnění apod. mohou výrazně zhoršovat následky dopravních nehod.

Při snaze zvyšovat bezpečnost provozu na pozemních komunikacích leží tedy určitý díl odpovědnosti také na vlastnících a správcích silnic, kteří mohou kvalitu utváření komunikací a jejich okolí ovlivnit. Nezbytnou podmínku pro tuto snahu pak představuje existence funkčního systému managementu bezpečnosti v rámci celého cyklu životnosti silniční infrastruktury.

Pro efektivní aplikaci nových a již známých nástrojů je nezbytné znát odpovědi na otázky týkající se bezpečnostních charakteristik pozemních komunikací. Patří mezi ně zejména následující otázky:

- Jaké jsou základní charakteristiky této sítě?
- Které kategorie komunikací jsou nejrizikovější?
- Jaké typy nehod se na silniční síti vyskytují? rozdělení na den a noc
- Jaké jsou spolupůsobící faktory jejich vzniku? Viditelnost a rozlišitelnost překážek
- Jaká jsou vhodná nápravná opatření? Ve dne a v noci
- Jak identifikovat nehodovou lokalitu na silniční síti např. software AVISON, dopravní nehody PČR atd.

Následující text se pokusí na některé otázky odpovědět. Pro zodpovězení všech otázek by však byla nutná komplexní analýza silniční sítě ČR.

Vybrané nebezpečné úseky v celkové délce 1 109 km tvoří různým způsobem směrově dělené komunikace, převážně dálničního typu. Celková délka větví složitých křižovatek je 459 km. Směrově nedělené komunikace mají celkovou délku 833 km. Jedná se o nejdůležitější silnice I. třídy (i když sem patří také přibližně 20 km silnic II. třídy), v naprosté většině dvoupruhových, z nichž přibližně čtvrtinu (210 km) tvoří průjezdní úseky silnic obcemi. Intenzita provozu se v rámci vybrané sítě pohybuje dle Celostátního sčítání dopravy (2020) od 5 000 voz/24 hod v obou směrech až po extrémně zatížené úseky na území hlavního města Prahy s intenzitou přes 70 000 voz/24 hod. Silnice sítě vykazují tedy značnou nejednotnost ve svém uspořádání, vybavení, kategorizaci, charakteru provozu a území, intenzitách, skladbě

dopravního proudu atd. Nalezneme zde dálnice s moderními tunely, průjezdní úseky silnic obcemi, dvoupruhové silnice v extravilánu nebo čtyř pruhové silnice směrově dělené lanovým svodidlem. Z rozdílnosti utváření a charakteristik komunikací vyplývá také různorodost v typech dopravních nehod a spolupůsobících faktorech jejich vzniku. Podrobnější analýza nehod na silniční síti ČR nebyla zatím provedena, je však zřejmé, že na dvoupruhových silnicích se vyskytují nehody s různými typy účastníků provozu (motoristé, chodci, cyklisté, motocyklisté) a nehody různých typů (na úrovňových křižovatkách, čelní střety při předjíždění, nehody jednotlivých vozidel ve směrových obloucích atd.), zatímco u čtyř a více pruhových silnic je různorodost nehod určitě menší. Taktéž spolupůsobící faktory vzniku nehod a potenciální nápravná opatření se budou na jednotlivých typech silnic lišit. Důležitou roli hrají také bezpečnostní standardy a kvalita bezprostředního okolí, které jsou vyšší u silnic dálničního typu než u dvoupruhových silnic.

3.2 Noční bezpečnostní inspekce – základní nástroj pro snižování DN

Noční bezpečnostní inspekce je chápana jako systematická, periodická a formální prohlídka stávajících nočních komunikaci. Je prováděna vyškoleným auditorem bezpečnosti společně s nejméně jednou další osobou za účelem identifikace rizikových nočních faktorů, které mohou zhoršovat následky nočních dopravních nehod nebo přispívat k jejich vzniku a které souvisí s utvářením noční komunikace a jejího bezprostředního okolí.

Nejčastější komunikační závady v nočním dopravním prostoru jsou rozděleny na závady v intravilánu obci a extravilánu mimo obce.

<u>Intravilán komunikací měst a obcí osvětlený neosvětlený prostor:</u>

- Vypínání VO na průjezdných komunikacích
- Vypínání VO ob stožár
- Osvětlení přechodu bez adaptační zóny
- Osvětlení křižovatkových prostor bez adaptační zóny
- Vliv areálového osvětlení na neosvětlenou přilehlou komunikaci
- Zeleň bránící šíření světla

<u>Extravilán komunikací mezi městy a obcemi:</u>

- Osvětlené cyklostezky souběžné s neosvětlenou komunikací
- Osvětlené areály, čerpací stanice přilehlé k neosvětlené komunikací
- Nekvalitní vodorovné značení – špatné odrazné vlastnosti
- Absence vodících sloupků – nevhodné umístění v obloucích
- Absence nebo nevhodné umístění vodící tabule Z 03

<u>Doporučení nápravných opatření</u>

- Noční bezpečnostní inspekce PK – posouzení viditelnosti v DP
- Kontrolní světelně technické měření PK a jejího okolí – jasy komunikace, jasy pozadí, osvětlenost, odrazné vlastnosti, kontrasty překážek atd.
- Zpracování návrhu opatření včetně PD na základě zjištěných poznatků

- Realizace návrhu opatření
- Ověření způsobu provedení po realizaci kontrolním měřením

4 Závěr

Nově vypracované metodiky a postupy z výzkumu reflektují na nejaktuálnější znalosti problematiky bezpečného utváření pozemních komunikací a jsou koncipovány takovým způsobem, aby bylo možné jejich využití také na ostatních prostorech mimo silniční síť. Zpracované metodiky a postupy jsou zdarma dostupné na webu. Systém školení auditorů pozemních komunikací a dopravních inženýrů dopravní policie ČR je již plně funkční. To vše přispívá k vytvoření funkčního systému řešení bezpečnosti na pozemních komunikacích ČR.

Pro efektivnější provádění nástrojů směrnice by bylo vhodné zpracovat komplexní analýzu nehodovosti silniční sítě ČR. Stávající pozitivní zkušenosti a nové poznatky s prováděním nástrojů směrnice na silniční síti výších tříd mohou přispět a inspirovat k jejich aplikaci také na zbytku silniční sítě, což mimo jiné doporučuje také Národní strategie bezpečnosti silničního provozu a VIZE 0.

Při bližším pohledu na nehodovost v rámci silniční sítě je zřejmé, že soustředit dopravně bezpečnostní práci na tyto komunikace je více než vhodné. Na základě průběhu funkce bezpečnosti lze jednotlivé kategorie srovnávat a hodnotit komplexněji a v celém rozsahu RPDI. Bylo prokázáno, že neplatí obecná tvrzení o bezpečnosti dělených komunikací – každý typ/kategorii komunikace je proto nutné posuzovat individuálně.

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] Noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací – metodika provádění, Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, prof. Ing. Karel Sokanský CSc., doc. Ing. Tomáš Novák Ph.D., doc. RNDr. Michal Bíl Ph.D., Jiří Tesař, prof. Ing. Michal Vik Ph.D., Ing. Ondřej Dolejší, Ing. Richard Baleja, Ing. Petr Bos, Ing. Tomáš Maixner, doc. Ing. Josef Kocourek Ph.D.

[2] SOUBOR PŘEDNÁŠEK INSTRUKČNĚ METODICKÉHO ZAMĚSTNÁNÍ DOPRAVNÍCH INŽENÝRŮ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE ČR, Jiří Tesař, Česká společnost pro osvětlování, regionální skupina Liberec, pobočný spolek, Technická univerzita Liberec, Čížkova 1034/3, Liberec I-Staré Město, 460 01 Liberec

[3] Statistika Služba dopravní policie Policejního prezidia ČR

Pohled na kamerovou složku osvětlenosti u osvětlovacích soustav hlídacího osvětlení elektrických stanic

Ivo Ullman, Ing., Ph.D., ČEPS, a.s. Praha, ullman@ceps.cz, www.ceps.cz
Jan Šebesta, Ing., ČEPS, a.s., sebestaj@ceps.cz, www.ceps.cz

Abstrakt: Venkovní osvětlení elektrických stranic v ČEPS, a.s. v současné době prochází modernizací v souvislosti s rekonstrukci i výstavbou nových elektrických stanic přenosové soustavy. Nedílnou části těchto změn je venkovní osvětlení zajišťující bezpečnost při práci (safety), tak fyzickou ochranu stanic (security). Venkovní osvětlení musí zároveň splňovat podmínky pro omezování rušivého světla v místech, kde jsou elektrické stanice situovány. Pro tyto podmínky je osvětlení rozvoden a stanovišť transformátorů projektováno, realizováno a ověřeno závěrečným měřením. Zejména je požadovaná správná kamerová osvětlenost ve vazbě na nový typ kamer a řízení světelného toku hlídacího osvětlení elektrických stanic.

1 Úvod

Osvětlení v elektrických stanicích ČEPS, a.s. je definováno technickou normou TN/59 Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS. Tato norma vychází z norem ČSN EN 12464-2, ČSN EN 12464-1, ČSN CENTR/TR 13201 a ČSN 36 0459. Ve stanicích PS jsou používány tyto druhy osvětlení:

- Hlídací osvětlení
- Osvětlení komunikací
- Provozní osvětlení

Nově projektované osvětlení je navrženo tak, aby byla dosažena úspornost řešení a jednotné ovládání osvětlení při dodržení požadavků stanovených normou TN/59. V rámci návrhu dokumentace pro stavební povolení (DSP) při návrhu osvětlovacích soustav je vybrána ekonomicky efektivní a bezpečná varianta.

Provedení a úroveň osvětlení vychází z bezpečnostních požadavků na práci v nebezpečných prostorech venkovních rozvoden, stanovišť transformátorů, kompenzačních tlumivek a ve vnitřních prostorech centrálního domku a domků sekundární techniky.

Při návrhu osvětlení je projekt zaměřen na ekologické vlivy vzhledem k životnímu prostředí s cílem omezit rušivé osvětlení (obtrusive lighting) na okolní krajinu, tzn. pečlivě zvažovat lokální podmínky a plně pracovat s připomínkami a požadavky státních orgánů.

V případě potřeby (pro práce na zařízení za snížené viditelnosti) se doporučuje instalovat přídavné osvětlení.

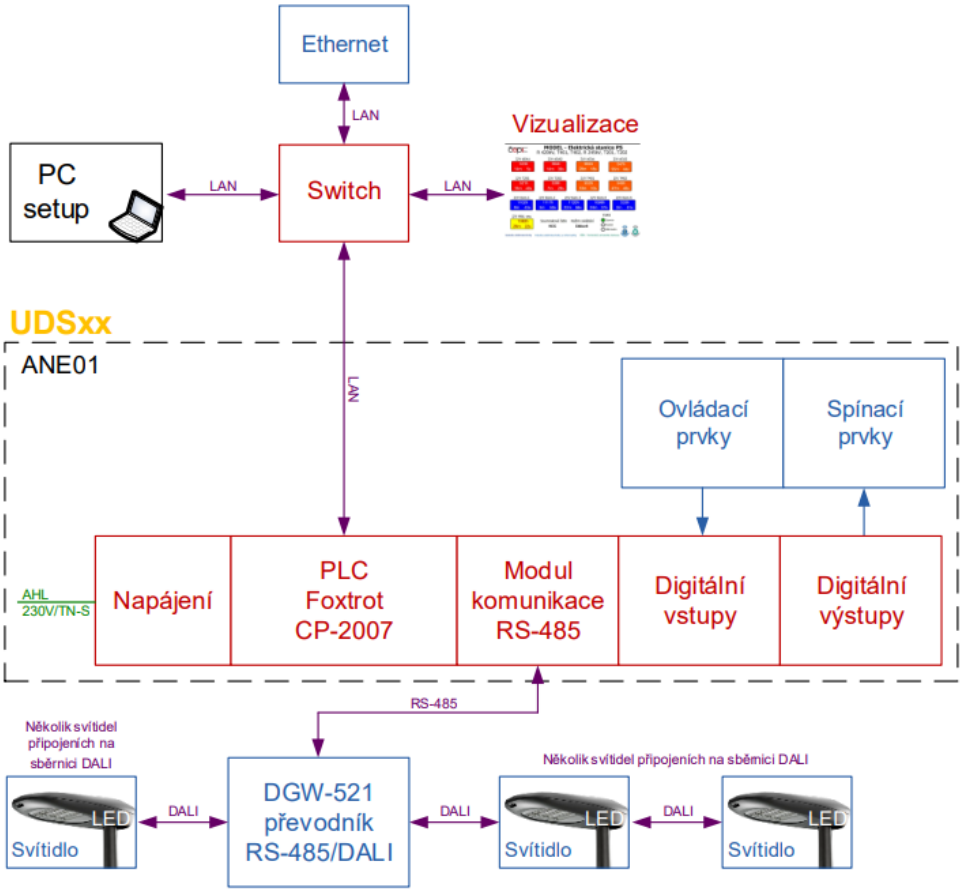
Kamerový systém TSFO (Technický systém fyzické ochrany) elektrický stanic požaduje vazbu na hlídací osvětlení perimetru el.stanic, osvětlení vjezdové brány a vstupů centrálního domku a domků sekundární techniky ve stanici.

2 Řízení světelného toku svítidel

Provoz osvětlovacích soustav elektrických stanic je monitorován řídicím systémem PLC, a to umožňuje provádět diagnostiku jednotlivých druhů osvětlení. Cílem využití řídicího systému PLC je nejen zajištění spolehlivého provozu a ovládání osvětlení, ale také monitoring a diagnostika osvětlovacích soustav se vzdáleným dohledem na osvětlení elektrických stanic PS (přenosové soustavy). Tímto způsobem je dosaženo jednak lepšího vzdáleného dohledu, vyšší bezpečnosti a také efektivnější údržby.

Řízení osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení zahrnuje dvě základní problematiky. Je nutné korektní měření osvětlenosti (horizontální, vertikální i kamerové) ve vyhodnoceném prostoru a tyto přenést do PLC. Následuje proces vyhodnocení naměřených hodnot a signálů z TSFO, který vyúsťuje ve správnou regulaci svítidel osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení. Takto řízená osvětlovací soustava je osazena stmívatelnými svítidly s komunikačním rozhraním DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Také z důvodu nejvyšších provozních hodin svícení je tato problematika zaměřena především na hlídací osvětlení, případně na osvětlení komunikací.

Hardwarová koncepce instalace je patrná z následujícího schématu.



Obr.1 Blokové schéma ovládání a řízení osvětlení s jednotkou PLC

Standard DALI nahrazuje dříve používané analogové stmívací rozhraní 1-10 V. Standard DALI přináší maximální přizpůsobivost díky snadným úpravám řízení osvětlení pouze v řídicím systému PLC. Ovládání svítidel lze beze změny v zapojení snadno přiřazovat nebo seskupovat pro různé potřeby řízení i po instalaci.

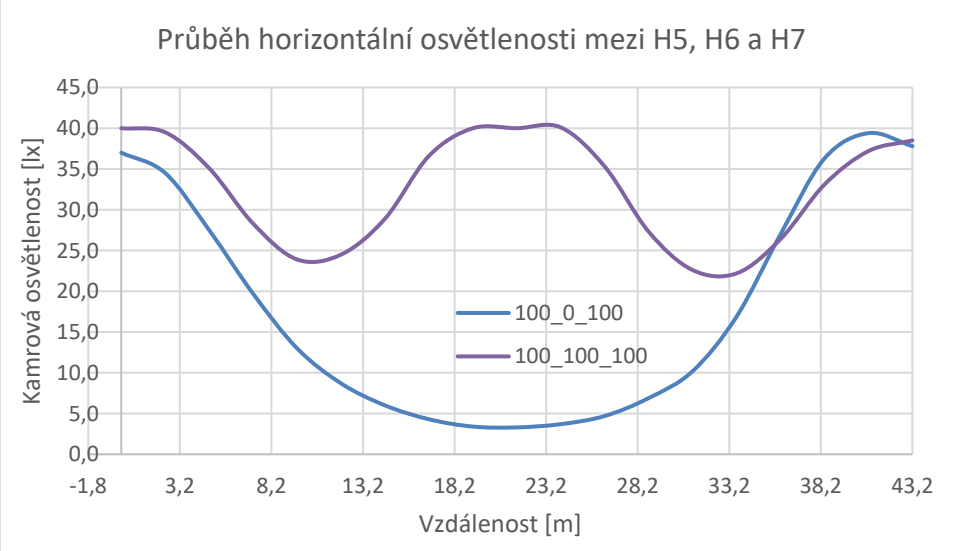
3 Měření hlídacího osvětlení s regulací světelného toku

Měření venkovního osvětlení s regulací světelného toku svítidel hlídacího osvětlení bylo provedeno v březnu 2023 v elektrické stanici TR Bezděčín, konkrétně v rozvodně R 245 kV. Je zde instalováno hlídací osvětlení s regulací pomocí protokolu DALI.

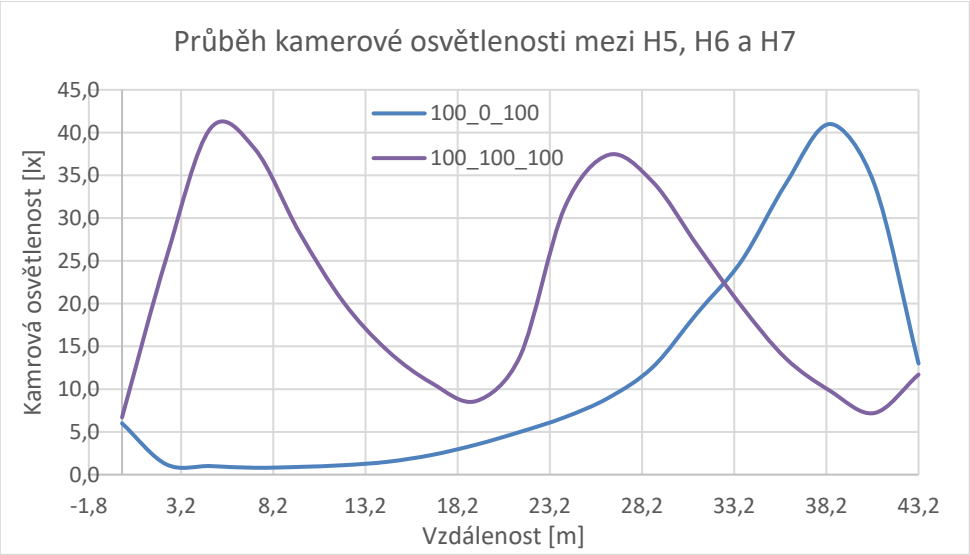
Během měření 30.3.2023 převládaly zhoršené klimatické podmínky, v průběhu měření se vyskytla mlha po dešti. Povětrnostní podmínky vyhovovaly normativním podmínkám pro měření. Následný sběr kamerových záznamů ze systému TSFO byl proveden vzdáleným přístupem dne 13.6.2023.

Na ploše měřených prostorů byly vymezeny sítě rovnoměrně rozložených měřicích bodů. Hodnoty horizontálních osvětleností byly měřeny na srovnávací rovině ve výšce 0 m nad terénem. Hodnoty vertikální osvětlenosti byly měřeny ve výšce 1 m nad terénem (čidlo luxmetru bylo směrováno vodorovně s terénem). Hodnoty kamerové osvětlenosti byly měřeny ve výšce 1 m nad terénem (čidlo luxmetru bylo směrováno na příslušnou kameru). Z důvodu velikosti a členitosti měřeného areálu byly pro měření vytipovány vhodné referenční úseky.

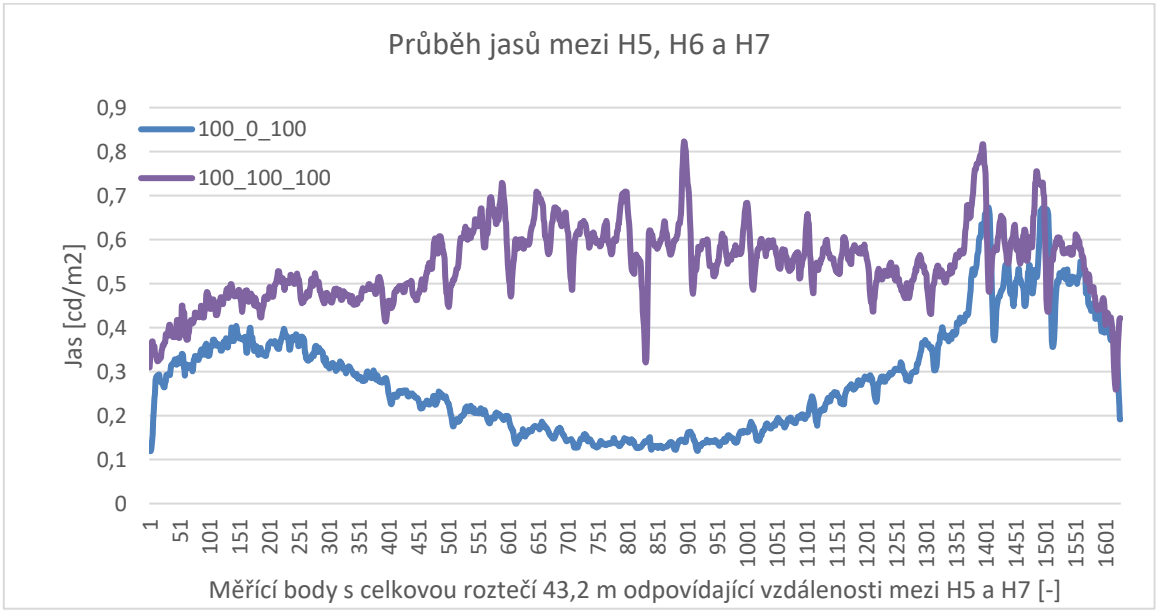
Pro vysvětlení chování osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení v režimu svícení ob stožár bylo použito měření mezi svítidly H5 až H7. Svítidla H5, H6, H7 byla provozována v režimu zapnutých všech svítidel v maximálním provozním režimu (100%, 100%, 100%) a následně v režimu, kdy prostřední svítidlo H6 bylo vypnuto (100%, 0%, 100%). Pro oba tyto režimy byly vytvořeny průběhy měřených hodnot mezi sloupy H5 a H7. Takto byly vyhodnoceny naměřené hodnoty horizontálních osvětleností, kamerových osvětleností a jasů měřených od domku sekundární techniky na úrovni terénu.



Průběh horizontální osvětlenosti při sepnutí všech svítidel kolísá v mezích akceptovatelné rovnoměrnosti, jak je prokázáno v kapitole 9. Při vypnutí svítidla H6 dojde k výraznému poklesu osvětlenosti v okolí tohoto svítidla. Díky tomuto poklesu dojde k nedodržení požadavků rovnoměrnosti. Pokles zapříčiní takový vizuální vjem z okolí elektrické stanice, že oblast v okolí svítidla H6 je nedostatečně osvětlena. Tento jev je zapříčiněn snížením jasů na ploše (plotu) v okolí svítidla H6.



Průběh kamerové osvětlenosti při plně sepnuté osvětlovací soustavě kolísá výrazně víc než u osvětlenosti horizontální. Z průběhu kamerové osvětlenosti lze konstatovat, že nižší, než požadované rovnoměrnosti jsou dosaženy i u velmi kvalitně navržené osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení. Z tohoto průběhu vyplývá, že je nutné pro tyto osvětlovací soustavy používat velmi kvalitní svítidla s širokou vyzařovací charakteristikou a pokud možno co nejmenší rozteče. Toto tvrzení potvrzuje měření při vypnutém svítidle H6, které ukazuje na fakt, že razantní pokles kamerové osvětlenosti v druhé půlce rozteče mezi svítidlem H6 a krajním svítidlem tak, že potenciální překážka nemá možnost odrazit žádný světelný tok do příslušné kamery, a tudíž přispět k primárnímu rozpoznání potenciálního problému v oblasti perimetru elektrické stanice.



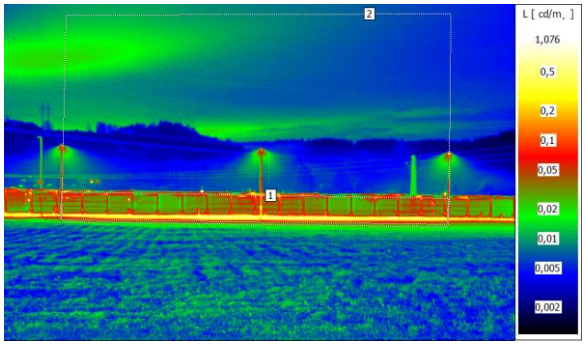
Tvrzení provedená na základě měření horizontální osvětlenosti na povrchu elektrické stanice mezi příslušnými svítidly potvrzuje i výstup z jasové analýzy provedené od domku sekundární techniky a které odpovídá vizuálnímu vjemu potenciálního pozorovatele i mimo oblast elektrické stanice. Pokles jasu v oblasti vypnutého svítidla H6 je více jak razantní.

..

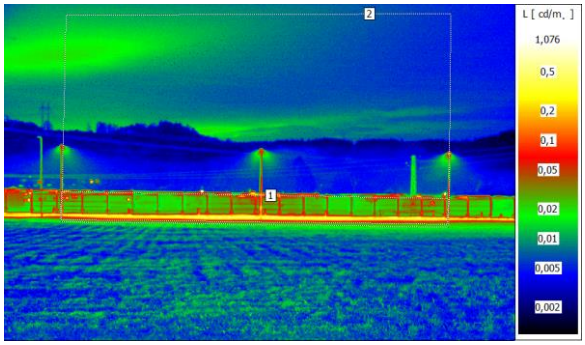
Jasová analýza hlídacího osvětlení ve vazbě na TSFO a ovlivňování okolí elektrické stanice

Jasová analýza byla pořízena ze dvou směrů. A to z prostoru od centrálního domku s pohledem na hlídací osvětlení a z pozice na vnitřní komunikaci s pohledem na hlídací osvětlení.

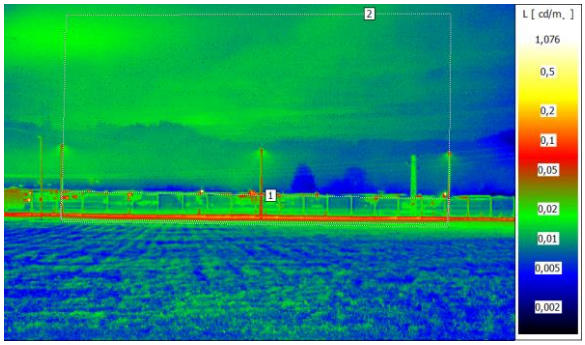
Situace 100% - 100% - 100% světelného toku



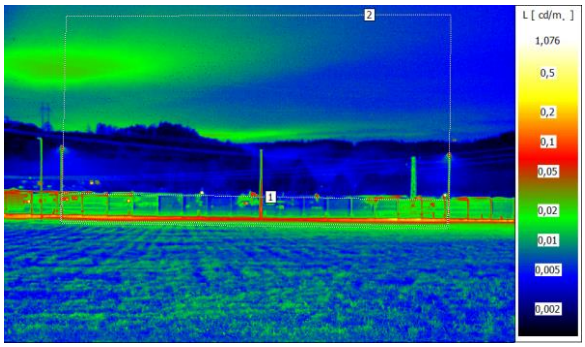
Situace 50% - 50% - 50% světelného toku



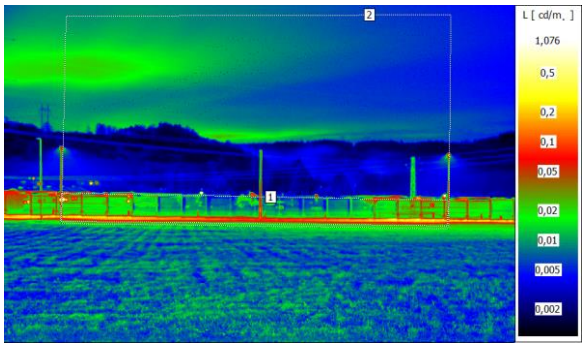
Situace 10% - 10% - 10% světelného toku



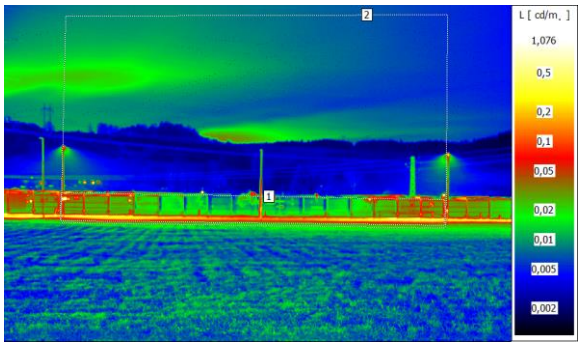
Situace 10% - 0% - 10% světelného toku



Situace 50% - 0% - 50% světelného toku



Situace 100% - 0% - 100% světelného toku



Obr.2 Jasová analýza nové osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení v různých výkonových úrovních

Situace světelného toku svítidel	Průměrný jas plocha 1 (cd/m^2)	Průměrný jas plocha 2 (cd/m^2)
100% - 100% - 100%	0,105	0,022
50% - 50% - 50%	0,080	0,018
10% - 10% - 10%	0,030	0,014
0% - 0% - 0%		
10% - 0% - 10%	0,029	0,010
50% - 0% - 50%	0,040	0,012
100% - 0% - 100%	0,059	0,015

4 Studie osvětlení (světelné studie) elektrických stanic ČEPS, a.s.

Z požadavků technické normy ČEPS TN/59 je doporučeno zpracování světelné studie při vyhotovení dokumentace zadání akce (DZA), dokumentace pro vydání společného povolení (DSpP) v takovém termínu, aby výsledky byly k dispozici při schvalovacím řízení na úřadech.

Studie osvětlení (světelná studie) obsahuje:

- Světelně technické zhodnocení
- Ověření zatřídění elektrické stanice do environmentální zóny
- Doporučení pro návrh nové osvětlovací soustavy
- Doporučení pro provoz osvětlovacích soustav z hlediska eliminace rušivého světla mimo areál el. stanice a v horním poloprostoru

Cílem studie je podat co nejpřesnější informace investorům, projektantům a všem zainteresovaným stranám účastnícím se projektu (angl. stakeholders), jak ve fázi před realizací a uvedením do provozu, tak i v reálném dlouhodobém provozu soustavy.

5 Závěr

Z výsledků měření při regulaci světelného toku svítidel hlídacího osvětlení elektrických stanic lze konstatovat, že kamerová složka osvětlenosti má podstatný význam pro vzdálený dohled na elektrické stanice přenosové soustavy. Při měření byly reálně odzkoušeny i změřeny situace při různých podmínkách provozu hlídacího osvětlení.

Cílem tohoto měření bylo zhodnotit aktuální realizaci venkovního osvětlení elektrických stanic PS při splnění podmínek omezování rušivého světla a zároveň při zajištění reálného kamerového dohledu stanic.

Výsledek je dán spolupráci odborníků vysoké školy s provozovatelem ČEPS, a.s.

Literatura a odkazy (styl literatura)

[1] Tomáš Novák, Pavel Valíček, Měření venkovního osvětlení TR Bezděčín, 2023

[2] Jan Šebesta, Studie na osvětlení v elektrických stanicích ve vazbě na nový typ kamer (AXIS), 2023

[3] Tomáš Mlčák, Roman Hrbáč, Problematika řízení venkovních osvětlovacích soustav pomocí protokolu DALI, Kurz osvětlovací techniky XXXVI, s. 127-134, ISBN 978-80-248-4556-2

[4] Jaromír Klaban, Foxtrot 2 a řízení (nejen) osvětlovacích soustav, Kurz osvětlovací techniky XXXVI, s. 264-270, ISBN 978-80-248-4556-2

[5] Jiří Ullman, Význam studií osvětlení v elektrických stanicích z hlediska optimalizace osvětlovacích soustav a jejich provozu, Kurz osvětlovací techniky XXXVI, s. 238-243, ISBN 978-80-248-4556-2

Příklad návrhu osvětlení pro pěstební box

Lukáš Vávra, Tomáš Novák, Pavel Valíček, Radomír Goňo, VŠB Technická univerzita Ostrava,
lukas.vavra1@vsb.cz, www.vsb.cz

Abstrakt: Rostoucí zájem o pěstování rostlin s využitím umělého osvětlení vyžaduje zajištění požadovaných světelných podmínek pro podporu růstu a zrání rostlin. Tato studie se zaměřuje na optimalizaci výběru LED svítidel pomocí převodu mezi světelně technickými, zářivými a fotosyntetickými jednotkami. Tento proces převádí fotosyntetické požadavky pro růst rostlin do nezbytných požadavků na zářivé a světelně technické parametry. Porozumění těmto převodům nám umožňuje optimalizovat výběr LED světelných zdrojů na základě vztahu mezi elektrickým výkonem a fotosyntetickým tokem fotonů (PPF). Pomocí převodu mezi světelným tokem a PPF lze poté navrhnout a dimenzovat osvětlovací systém pěstebního boxu. Tento přístup dále umožňuje využít standardního osvětlovacího softwaru k návrhu osvětlovacího systému pěstebního boxu. Výsledkem této studie je technický model, který obsahuje vydefinované hodnoty pro hustotu fotosyntetického toku fotonů (PPFD) při různých vzdálenostech (výpočet vodorovných rovin) od osvětlovacího systému a údaje o spotřebě energie. Navíc je zohledněna energetická bilance osvětlovacího systému, která zahrnuje tepelné ztráty způsobené účinností LED při přeměně elektrické energie na zářivý tok a v závislosti na účinnosti svítidel.

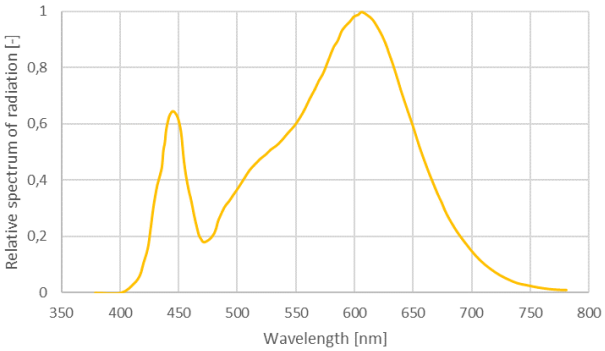
1 Úvod

Zvolené světelné zdroje byly vybrány pro implementaci do svítidel pro použití v pěstebním boxu na základě rozměrových požadavků a fotosyntetických limitů pro pěstování požadovaných plodin. Pro tuto studii byla vybrána řada LED OSRAM OSCONIQ, která spadá do kategorie LED pro osvětlování rostlin. Z této řady byly vybrány dva světelné zdroje na základě spektrální citlivosti rostlin [1]. Tyto zdroje mají nejvyšší výkon v modré a červené části spektra [2]. Modrá spektrální oblast příznivě ovlivňuje rychlost a kvalitu růstu [3], zatímco červená oblast pozitivně ovlivňuje kvalitu kvetení [4]. Proto byly zvoleny DEEP BLUE a HYPER RED LED. Rostliny však do určité míry vnímají a využívají záření i z okolních spektrálních oblastí [5,6]. Proto byla jako poslední LED vybrána bílá LED s teplotou 3000 K. Tento typ záření pokrývá mnohem širší fotosynteticky aktivní spektrální oblast než DEEP BLUE a HYPER RED LED [7].

Bílá LED dioda byla vybrána jako příklad standardního osvětlovacího zdroje, který je široce dostupný, a tudíž efektivní z hlediska investičních nákladů. Bílá LED má účinnost blížící se 50 %, což je na standardní světelný zdroj poměrně dobré.

GW QSLR31.EM OSCONIQ® P 3030 [3000 K]		
Úhel vyzařování	120	°
Světelný tok	150	lm
Účinost	49	%
Jmenovitý proud	0.15	A
Jmenovité napětí	6.15	V
Výkon	0.9225	W

Tab.1 Katalogové hodnoty bíle LED 3000 K [8]

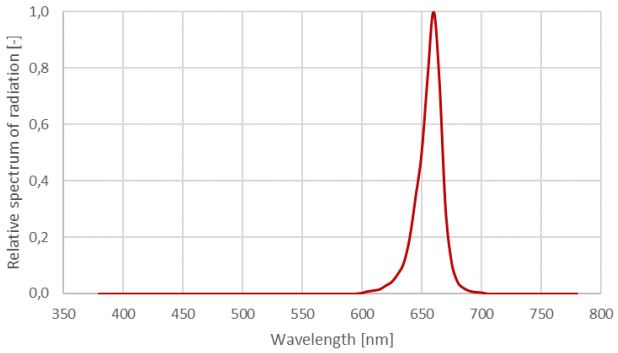


Obr.1 Relativní spektrální rozložení LED 3000 K [8]

Jak již bylo zmíněno, červená LED zvyšuje kvalitu kvetení, a proto může být její použití v pěstebních boxech jako součást světelného spektra vhodné [9].

GH QSSPA1.24 OSCONIQ® P 3030 [HYPER RED]		
Úhel vyzařování	130	°
Světelný tok	0.44	W
Účinost	59	%
Jmenovitý proud	0.35	A
Jmenovité napětí	2.1	V
Výkon	0.735	W

Tab.2 Katalogové hodnoty LED HYPER RED [10]

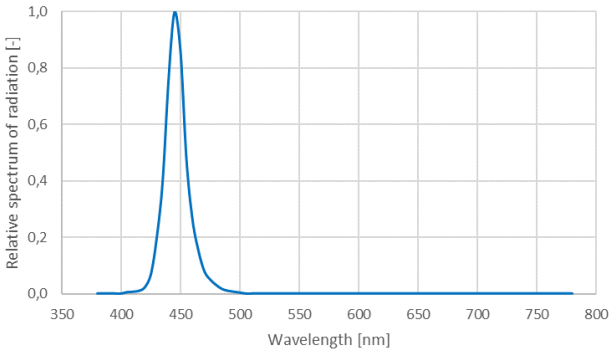


Obr.2 Relativní spektrální rozložení LED HYPER RED [10]

Modrá LED je pak většinou použita ve světelném spektru pro urychlení růstu biomasy. U tohoto zdroje je technologicky dosahováno nejvyšších hodnot účinnosti. Jelikož jsou používány jako základ pro bílé LED a vývoj ještě není ukončen, lze očekávat, že tato hodnota bude dále narůstat na úkor tepelných ztrát [11].

GD QSSPA1.14 OSCONIQ® P 3030 [DEEP BLUE]		
Úhel vyzařování	120	°
Světelný tok	0,7	W
Účinost	70	%
Jmenovitý proud	0,35	A
Jmenovité napětí	2,85	V
Výkon	0,9975	W

Tab.3 Katalogové hodnoty LED DEEP BLUE [12]



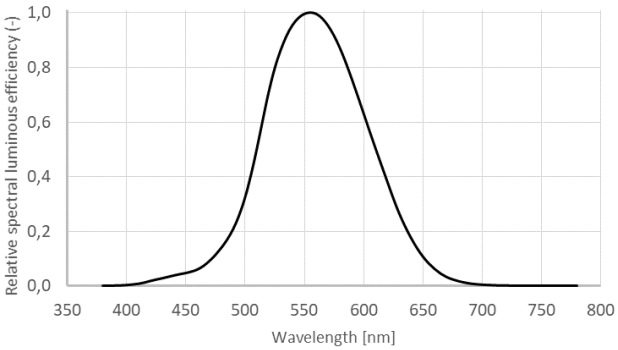
Obr.3 Relativní spektrální rozložení LED DEEP BLUE [12]

2 Materiály a použité Metody

Pro převody jednotek je nutné použít zavedené normy. První převod je založen na spektrální světelné účinnosti lidského oka pro fotopické vidění V(λ) a jedná se o převod zářivého toku Φ_e *(W)* na světelný tok Φ *(lm)* [13]. Tato konverze se provádí pomocí spektrální světelné účinnosti lidského oka a maximální světelné účinnosti, která je stanovena na hodnotu *683 lm·W*$^{-1}$ podle mezinárodních standardů [14].

$$\Phi \doteq 683 \cdot \sum_{\lambda=380}^{780} \Phi_e(\lambda) \cdot V(\lambda)$$

Relativní spektrální světelná účinnost lidského oka se vztahuje k citlivosti oka na různé vlnové délky světla ve viditelném spektru. Tato informace je typicky reprezentována funkcí fotopické světelné účinnosti, také známou jako křivka *V(λ)*, která ukazuje, jak se citlivost oka na světlo mění v závislosti na vlnové délce. Křivka *V(λ)* má vrchol ve 555 nm, což odpovídá zelenému světlu a je to vlnová délka, při které je oko nejcitlivější. Oko je méně citlivé na červené a modré světlo, přičemž citlivost výrazně klesá při vlnových délkách pod 450 nm a nad 650 nm. [15]

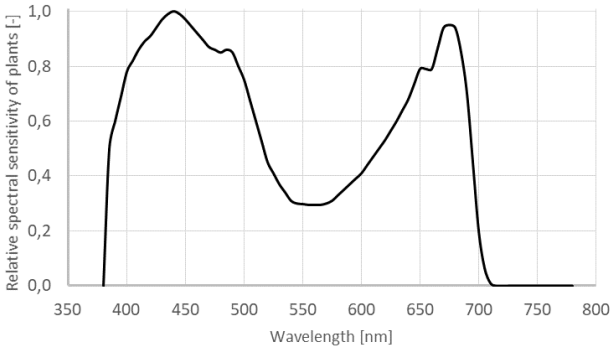


Obr.4 Relativní spektrální světelná účinnost

Druhý převod je založen na normalizované charakteristice PAR rostlin. Jde o převod zářivého toku Φ_e *(W)* na *PPF (μmol·s*$^{-1}$*)* [16]. To se provádí pomocí tabelované normalizované PAR a maximální fotosynteticky aktivní účinnosti, která je dána hodnotou $\frac{1}{119.64}$*mol·s*$^{-1}$*·W*$^{-1}$ [17].

$$PPF \doteq \frac{1}{119.64} \cdot \sum_{\lambda=400}^{800} \Phi_e(\lambda) \cdot PAR(\lambda)$$

Pomocí těchto rovnic upravených z jejich integrálních variant lze provádět rychlé převody katalogových dat pro LED, které výrobci obvykle poskytují ve svých katalogových listech. Je důležité mít na paměti, že některé LED určené pro standardní osvětlení jsou popsány pomocí světelného toku a jejich relativního spektrálního rozložení, zatímco speciální „monochromatické“ LED jsou obecně výrobci popisovány z hlediska zářivého toku a jejich relativního spektrálního rozložení.



Obr.5 Normalizovaná relativní spektrální citlivost rostlin (PAR) [18]

Abychom jasněji znázornili vztahy mezi různými jednotkami zapojenými do návrhu systémů osvětlení pěstebních boxů, uvádíme následující tabulku.

Zářivé jednotky		**Světelně-technické jednotky**		**Fotosyntetické jednotky v PAR**	
Veličina	***Jednotka***	***Veličina***	***Jednotka***	***Veličina***	***Jednotka***
Zářivý tok - Φ_e	W	Světelný tok - Φ	lm	Fotosyntetický tok fotonů - PPF	$\mu mol \cdot s^{-1}$
Intenzita záření - I_e	$W \cdot sr^{-1}$	Svítivost - I	cd ($lm \cdot sr^{-1}$)	Rozložení intenzity fotosyntetických fotonů	$\mu mol \cdot s^{-1} \cdot sr^{-1}$
Ozáření - E_e	$W \cdot m^{-2}$	Osvětlení - E	lx ($lm \cdot m^{-2}$)	Fotosyntetická hustota toku fotonů - PPFD	$\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$
		Světelná účinnost	$lm \cdot W^{-1}$	Účinnost fotosyntetického toku - PPE	$\mu mol \cdot s^{-1} \cdot W^{-1}$

Tab.4 Definice zářivých, světelně technických a fotosyntetických jednotek

Aplikací převodních vzorců na vybrané příklady LED svítidel získáme informace o všech požadovaných hodnotách nutných pro optimalizaci návrhu systému osvětlení pěstebních boxů z hlediska zářivých, světelně-technických a fotosyntetických jednotek. Pro představu o efektivitě použití těchto světelných zdrojů jsou všechny hodnoty vztaženy k hodnotě výkonu světelného zdroje 1 W v následující tabulce.

GW QSLR31.EM OSCONIQ® P 3030 [3000 K]		
Zářivý tok Φ_e	0.491	W
Světelný tok Φ	153.694	lm
Fotosyntetický tok fotonů - PPF	2.309	$\mu mol \cdot s^{-1}$
Světelná účinnost LED	153.694	$lm \cdot W^{-1}$
Účinnost fotosyntetického toku LED - PPE	2.309	$\mu mol \cdot W^{-1}$
Převodní konstanta (Kolik lm odpovídá 1 $\mu mol \cdot s^{-1}$)	66.558	$lm \cdot \mu mol^{-1} \cdot s$
GH QSSPA1.24 OSCONIQ® P 3030 [HYPER RED]		
Zářivý tok Φ_e	0.598	W
Světelný tok Φ	39.167	lm

Fotosyntetický tok fotonů - PPF	3.918	$\mu mol \cdot s^{-1}$
Světelná účinnost LED	39.167	$lm \cdot W^{-1}$
Účinnost fotosyntetického toku LED - PPE	3.918	$\mu mol \cdot W^{-1}$
Převodní konstanta (Kolik lm odpovídá 1 $\mu mol \cdot s^{-1}$)	9.998	$lm \cdot \mu mol^{-1} \cdot s$
GD QSSPA1.14 OSCONIQ® P 3030 [DEEP BLUE]		
Zářivý tok Φ_e	0.7	W
Světelný tok Φ	21.5	lm
Fotosyntetický tok fotonů - PPF	5.653	$\mu mol \cdot s^{-1}$
Světelná účinnost LED	21.5	$lm \cdot W^{-1}$
Účinnost fotosyntetického toku LED - PPE	5.653	$\mu mol \cdot W^{-1}$
Převodní konstanta (Kolik lm odpovídá 1 $\mu mol \cdot s^{-1}$)	3.802	$lm \cdot \mu mol^{-1} \cdot s$

Tab.5 Srovnávací tabulka výsledných parametrů LED vztahující se k 1 W spotřeby elektrické energie

Po vyhodnocení vybraných světelných zdrojů lze usoudit, že tyto světelné zdroje lze vzhledem k jejich fotosyntetické účinnosti fotonů vyšší než *2 $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot W^{-1}$* zařadit do kategorie zdrojů s vynikající účinností [19]. Z čistě kvantitativního hlediska je modrá LED s hodnotou *5,653 $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot W^{-1}$* ideálním zdrojem, avšak pouze pro fázi růstu rostlin.

3 Výsledky

Všechny výpočty byly sloučeny do konečného přehledu v Tab. 6, která shrnuje informace od výkonu samotného osvětlovacího systému až po informace o průměrných úrovních PPFD v každé osvětlené rovině pro použité LED.

Vypočtená data jasně ukazují rozdíly ve všech sledovaných parametrech. Lze však konstatovat, že při použití výkonu cca *150 W* až *200 W* na *1 m^2* lze dosáhnout minimálních požadavků na pěstební boxy při úrovni PPFD kolem *100 $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$* nebo vyšší zavěšením. ve výšce 1 m pomocí kvalitních LED diod. Z hlediska této hodnoty jsou nejlépe zvolené modré LED diody nahoře, které dosahují hodnot PPFD přes *222 $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$* ve výšce *1 m*. Na druhé straně červená LED zvolená na druhé straně spektra dosahuje pouze asi poloviny úrovně modré LED při *109 $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$* z výše zmíněného *1* metru. Standardní bílá LED má v tomto srovnání nejhorší hodnoty, ale je třeba si uvědomit, že vyzařuje v rámci celého viditelného spektra, což může být značná výhoda v celém procesu pěstování.

Při přepočtu účinnosti použitých LED světel pomocí PPE lze opět dospět k podobným závěrům v jednotkách *$\mu mol \cdot s^{-1} \cdot W^{-1}$*. Jak však již bylo spočítáno, všechny tyto světelné zdroje přesahují hodnotu 2 (modrá LED nad 5), a lze je tedy zařadit mezi vysoce účinné zdroje. V tomto bodě musí do rozhodování vstoupit kromě specifických spektrálních požadavků pěstovaných rostlin i investiční náklady ve vztahu ke spotřebované elektrické energii. Je jasné, že standardní svítidla osazená klasickými bílými LED budou na úplně jiné úrovni investičních nákladů, oproti speciálním svítidlům. Touto otázkou se náš příspěvek nezabývá.

4 Závěr

Tato studie poukazuje na možnosti návrhu osvětlovacích soustav pěstebních boxů (skleníků) s využitím stávajících technických prostředků. Lze jej chápat jako základ pro obecnou metodiku, která by umožnila převody mezi fotosyntetickými požadavky a světelně-technickými jednotkami nejen pro modelování samotných osvětlovacích soustav optimalizovaných na minimální spotřebu energie, ale i pro modelování v oblasti spekter složených z několika

světelných zdroj. S takovými zdroji bude možné simulovat výsledné PPFD pro různá spektrální složení potřebná pro různé fáze vývoje rostlin. Tento technický prostředek může v budoucnu sloužit jako velmi užitečný nástroj umožňující pěstitelům a biologům řešit optimalizaci osvětlovacích soustav již ve fázi vývoje.

GW QSLR31.EM OSCONIQ® P 3030 [3000 K – WHITE]				
Převodní konstanta (Kolik lm odpovídá 1 µmol·s-1)	66.56			
Spotřeba [W]	184			
Světelný tok všech zdrojů [lm]	28360			
Světelný tok zdroje [lm·W^{-1}]	154.13			
PPF [µmol·s^{-1}]	426			
Fotosyntetická fotonová účinnost svítidla (PPE) [µmol·W^{-1}]	2.32			
Osvětlená plocha [m^2]	1			
Vzdálenost měřené plochy od svítidla [m]	**1**	**0.75**	**0.50**	**0.25**
Průměrná osvětlenost [lx]	6050	8564	12552	19074
Průměrné PPFD [µmol·m^{-2}·s^{-1}]	90.89	128.67	188.59	286.58
GH QSSPA1.24 OSCONIQ® P 3030 [HYPER RED]				
Převodní konstanta (Kolik lm odpovídá 1 µmol·s^{-1})	9.99			
Spotřeba [W]	147			
Světelný tok všech zdrojů [lm]	5764			
Světelný tok zdroje [lm·W^{-1}]	40.67			
PPF [µmol·s^{-1}]	577			
Fotosyntetická fotonová účinnost svítidla (PPE) [µmol·W^{-1}]	3.22			
Osvětlená plocha [m^2]	1			
Vzdálenost měřené plochy od svítidla [m]	**1**	**0.75**	**0.50**	**0.25**
Průměrná osvětlenost [lx]	1090	1570	2360	3660
Průměrné PPFD [µmol·m^{-2}·s^{-1}]	109.11	157.16	236.24	366
GD QSSPA1.14 OSCONIQ® P 3030 [DEEP BLUE]				
Převodní konstanta (Kolik lm odpovídá 1 µmol·s^{-1})	3.80			
Spotřeba [W]	199			
Světelný tok všech zdrojů [lm]	4300			
Světelný tok zdroje [lm·W^{-1}]	21.6			
PPF [µmol·s^{-1}]	1130			
Fotosyntetická fotonová účinnost svítidla (PPE) [µmol·W^{-1}]	5.68			
Osvětlená plocha [m^2]	1			
Vzdálenost měřené plochy od svítidla [m]	**1**	**0.75**	**0.50**	**0.25**
Průměrná osvětlenost [lx]	846	1202	1777	2739
Průměrné PPFD [µmol·m^{-2}·s^{-1}]	222.51	316.15	467.39	720

Tab.6 Vypočítané parametry osvětlovací soustavy pěstebního boxu pro 3 typy LED

Literatura a odkazy

[1] T. Kozai, “LED lighting for urban agriculture”, KozaiT, ed. LED lighting for urban agriculture, Singapore, Springer, 2016.

[2] J.Z. Xu, T.K. Li, and Ge DY, “Study advances on selective absorption to light wavelengths in the development of plants”, Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 17(2), 180-184, 2002.

[3] M. Yelton, and N. Ohzourk, “Optimizing Lettuce Quality, Taste and Morphology with LED Lighting” LumiGrow Inc., Emeryville, California, USA, 2017.

[4] M.T. Naznin, M. Lefsrud, V. Gravel, and M. O. K. Azad, “Blue Light added with Red LEDs Enhance Growth Characteristics”, Pigments Content, and Antioxidant Capacity in Lettuce, Spinach, Kale, Basil, and Sweet Pepper in a Controlled Environment. Plants (Basel), 2019, 8(4):93, Published 2019 Apr 8, doi:10.3390/plants8040093

[5] H. H. Kim, G. D. Goins, R.M. Wheeler and J. C. Sager, “Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes” HortScience, 2004 Dec,39(7),1617-22, PMID: 15770792.

[6] A. Urbonavičiūtė, P. Pinho, G. Samuolienė, P. Duchovskis, P. Vitta, A. Stonkus, G. Tamulaitis, A. Žukauskas and L. Halonen, "Effect of short-wavelength light on lettuce growth and nutritional quality" Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture - Sodininkystė Ir Daržininkystė, vol. 26, pp. 157-165, 2007.

[7] K. J. McCree, “Physiological Plant Ecology I.” Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, Photosynthetically active radiation, pp. 41–55, 1981.

[8] OSRAM Opto Semiconductors [online datasheet]. GW QSLR31.EM [Citation 2021-04-28], Available from: https://www.osram.com/ecat/OSCONIQ%C2%AE%20S%203030%20GW%20QSLR31.EM/com/en/class_pim_web_catalog_103489/prd_pim_device_5172868/

[9] F. F. Montesano, M. W. van Iersel, F. Boari, V. Cantore, G. D’Amato, A. Parente, “Sensor-based irrigation management of soilless basil using a new smart irrigation system: Effects of set-point on plant physiological responses and crop performance”, Agricultural Water Management, 203:20-29. doi: 10.1016/J.AGWAT.2018.02.019, 2018.

[10] OSRAM Opto Semiconductors [online datasheet]. GD QSSPA1.14 [Citation 2021-04-28], Available from: https://www.osram.com/ecat/OSCONIQ%C2%AE%20P%203030%20GD%20QSSPA1.14/com/en/class_pim_web_catalog_103489/prd_pim_device_8095339

[11] R. Dubnicka, L. Lipnicky, M. Barcik, D. Gasparovsky, “Comprehensive view of LED products in luminaires”, International Conference on Diagnostic of Electrical Machines and Insulating Systems in Electrical Engineering, DEMISEE, ages 66 – 70, Papradno, 2016

[12] OSRAM Opto Semiconductors [online datasheet]. GH QSSPA1.24 [Citation 2021-04-28]. Available from: https://www.osram.com/ecat/OSCONIQ%C2%AE%20P%203030%20GH%20QSSPA1.24/com/en/class_pim_web_catalog_103489/prd_pim_device_7160276/

[13] CEN (2018). EN 12665:2018 Light and lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements.

[14] ISO/CIE 19476:2014 (2014) Characterization and performance of illuminance meters and luminance meters.

[15] Westheimer, G. (1966). The eye as an optical instrument. In: Davson, H., ed. The Eye. Vol. 1, part 1. New York: Academic Press. (pp. 207–262)

[16] Nelson JA, Bugbee B (2014) Economic Analysis of Greenhouse Lighting: Light Emitting Diodes vs. High Intensity Discharge Fixtures. PLOS ONE 9(6): e99010. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099010.

[17] K. J. Mccree, “The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants”, [online], Texas, 1972

[18] M. Roberts, “What light do plants need?”, EconoLux [online], EconoLux Industries Ltd., 2016, 1-14 [Citation 2021-04-28], Available from: http://www.induluxtech.com/What%20Light%20Do%20Plants%20Need-Net.pdf

[19] LED Grow Light Terms: Efficacy (umol/J or PPF/W), 420 LED Guide [online], 420 LED Guide, 2020 [citation 2021-04-29]. Available from: https://www.420ledguide.com/led-grow-light-terms-efficacy-umol-j-or-ppf-w

Aplikace Národní technické normy na omezení rušivého světla

Petr Žák, Ing., ČVUT FEL v Praze, zakpetr@fel.cvut.cz

Abstrakt:

Problematika nežádoucích rušivých vlivů venkovního osvětlení na okolní prostředí se řeší a diskutuje již téměř půl století a zatím nevedla k uspokojivému řešení ani nalezení cesty, která by k takovému řešení vedla. U této problematiky a jejího řešení je jedním z kritických bodů terminologie, definice a popis toho co daná problematika zahrnuje, co se chce a co se má řešit. Co se vlastně skrývá pod pojmy světelné znečištění, světelný smog, rušivé světlo, nežádoucí účinky venkovního osvětlení? Co se má řešit, pouze část světelného toku unikajícího do okolního prostředí nebo celkové množství umělého osvětlení ve venkovním prostředí? Toto neukotvení problematiky již začíná v mezinárodní metodice, která se pro řešení tohoto problému používá i v dnešních technických normách, do kterých se tato metodika propisuje. Předmětem příspěvku je představení nové technické normy, která sice vychází ze zmíněné mezinárodní metodiky, ale snaží se její kritické body narovnávat a upravovat.

1 Úvod

Vznik nové normy ČSN 36 0459 - Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení vychází z dlouhodobé snahy Ministerstva životního prostředí (MŽP) na řešení problematiky tzv. světelného znečištění. V roce 2017 vznikla z iniciativy MŽP meziresortní pracovní skupina pro řešení problematiky světelného znečištění. Cílem činnosti pracovní skupiny, která je stále aktivní, je nalezení účinných nástrojů pro omezení světelného znečištění v co největší míře a poskytnutí právní ochrany před světelným znečištěním občanům ČR. Jednou z aktivit této meziresortní skupiny je řešení problematiky v rámci připravované rekodifikace stavebního práva. Proto, aby bylo možné tuto problematiku promítnout do stavebních právních předpisů požadovalo Ministerstvo pro místní rozvoj (MMR), zodpovědně za zpracování těchto právních předpisů po MŽP, aby byl vytvořen technický předpis (norma), na který se budou právní předpisy odkazovat. Na základě tohoto požadavku iniciovalo MŽP v roce 2020 v rámci České agentury pro standardizaci (ČAS) založení samostatné technické normalizační komise TNK158 – Světelné znečištění – rušivé světlo, jejíž náplní je sledování této problematiky a vytvoření národní technické normy. Tato komise začala pracovat na technické normě v roce 2021. Začátkem roku 2023 byla norma vydána a v březnu 2023 vstoupila v platnost.

V současné době jsou požadavky na omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení řešeny kontrolou rušivého světla v technických normách ČSN EN 12464-2, ČSN EN 12193 a ČSN EN 13201-2. Kontrola rušivého světla se v ČSN EN 12464-2 a ČSN EN 12193 řeší shodným způsobem, v ČSN EN 13201-2 je způsob řešení odlišný. V současné praxi se požadavky na rušivé světlo uvedené v ČSN EN 12464-2 a ČSN EN 12193 používají i na jiné aplikační oblasti osvětlení, což není s ohledem na předmět zmíněných norem opodstatněné. Současně uvedené normy pokrývají jen část aplikačních oblastí venkovního osvětlení. Platnost těchto norem není novou normou nijak dotčena.

Princip nové normy vychází z výše uvedených norem a aktuální publikace CIE [8]. Hlavní charakteristiky nově navržené normy jsou následující:

1) rozšíření původní členění životního prostředí do 4 zón [2,3,6,7] na 5 zón v souladu s dokumentem CIE [8];

2) doplnění požadavků na omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení uvedené v technických normách [2,3] o další kritéria (tolerance návrhu osvětlení, náhradní teplota chromatičnosti, provozní třída svítivosti a regulovatelnost osvětlovací soustavy);

3) rozšíření požadavků na omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení na další aplikační oblasti osvětlení;

4) sjednocení hodnocených kritérii pro všechny aplikační oblasti osvětlení.

Norma neřeší vliv elektrického světla vnitřních osvětlovacích soustav unikající osvětlovacími otvory (okna, světlíky) do venkovního prostředí. Hlavním důvodem je, že požadavky i přístup k řešení této problematiky se velmi zásadně liší od řešení této problematiky u venkovních osvětlovacích soustav.

2 Předmět normy

Nová národní norma obsahuje požadavky na omezení nežádoucích účinků venkovního elektrického osvětlení trvalého charakteru v následujících aplikačních oblastech osvětlení:

- osvětlení pozemních komunikací,
- osvětlení venkovních pracovišť,
- osvětlení venkovních sportovišť,
- architektonické osvětlení,
- reklamní osvětlení.

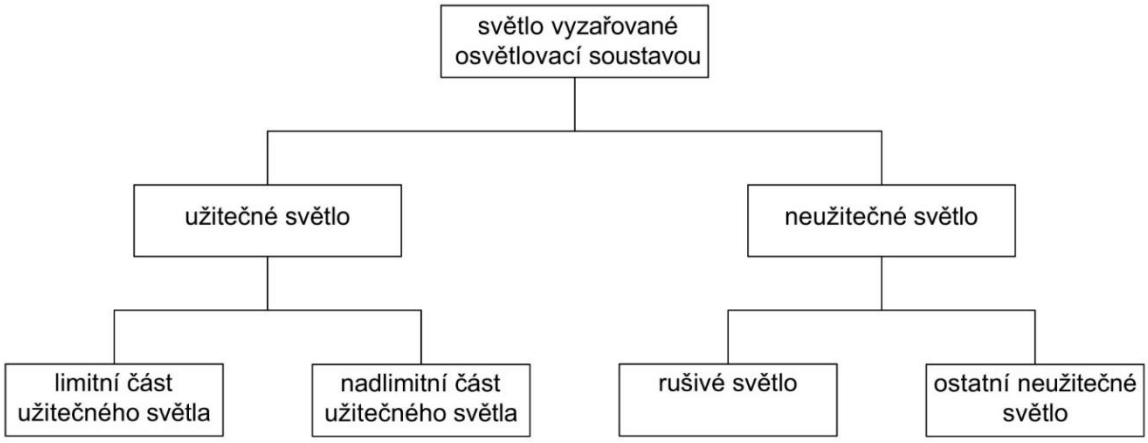
Nad rámec těchto uvedených aplikačních oblastí požadavky normy platí také pro venkovní osvětlení staveništ, které nemá trvalý charakter.

Požadavky normy se nevztahují na dočasné venkovní osvětlení jako je např. vánoční osvětlení, osvětlení krátkodobých kulturních, společenských, sportovních akcí apod. Požadavky se dále nevztahují na parametry svítidel a světlometů u dopravních prostředků v silniční, železniční, letecké a lodní dopravě a světelných návěstidel v dopravě obecně.

Zároveň se požadavky této normy nevztahují na venkovní osvětlení věznic a osvětlení venkovních pracovišť určených pro práci základních složek integrovaného záchranného systému (IZS).

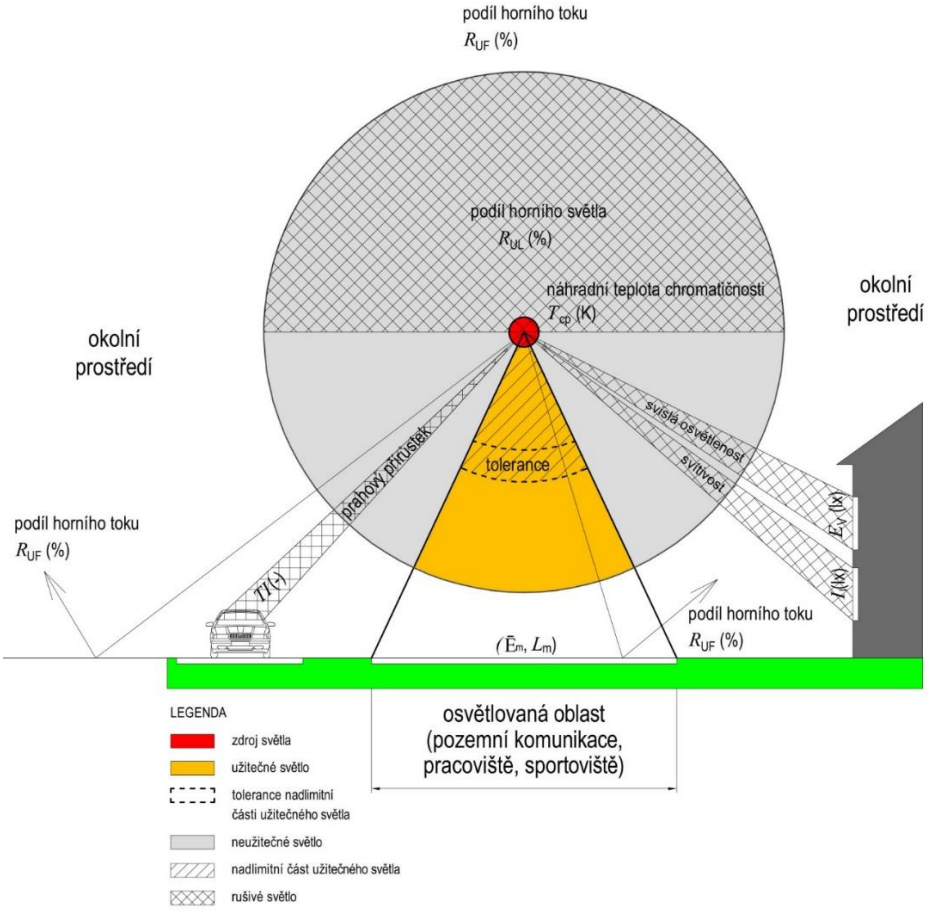
3 Umělé světlo ve venkovním prostředí

Světlo vyzařované venkovními osvětlovacími soustavami lze rozdělit na dvě základní složky, a to na užitečné a neužitečné světlo (obrázek 1).



Obr.1 Schematický popis světla od venkovních osvětlovacích soustav

Užitečné světlo označuje světelný tok osvětlovací soustavy dopadající do oblasti, pro jejíž osvětlení je navržena, tj. osvětlovaná oblast. Osvětlovaná oblast zahrnuje oblasti předepsané v rámci technických norem nebo doporučení (např. jízdní pás pozemní komunikace, okolí pozemní komunikace apod.), pro které jsou stanoveny požadavky na osvětlení.



Obr.2 Grafické znázornění složek světla venkovních osvětlovacích soustav

Užitečné světlo lze pomyslně rozdělit na část limitní a část nadlimitní. Limitní část zahrnuje světelný tok, který je potřebný pro zajištění požadovaných kvantitativních parametrů osvětlení a rezervu potřebnou k pokrytí poklesu světelného toku vlivem stárnutí osvětlovací soustavy a k pokrytí tolerancí (nejistoty měření, tolerance výrobků, výkonové stupně apod.). Nadlimitní část představuje světelný tok, který není potřebný pro osvětlení řešené oblasti a představuje nepotřebné předimenzování osvětlovací soustavy.

Neužitečné světlo představuje světelný tok dopadající mimo oblast, pro jejíž osvětlení je osvětlovací soustava navržena. Tato část světelného toku je nepotřebné a optimálním řešením by byla její úplná eliminace. Vzhledem k tomu, že neexistují tak dokonalá svítidla, u kterých by bylo možné tuto část světelného toku úplně odstranit, omezuje se pomocí parametrů (kritérií) vyjadřující charakter rušení okolního prostředí (tzv. rušivé světlo).

4 Zónování

Zónování, je jedním z nástrojů, který se používá při ochraně přírodního prostředí (různé stupně ochrany NP, CHKO, zóny v NP apod.). V normě je převzat relativně obecný princip zónování, uvedený v mezinárodních doporučeních [6,7,8], a je konkretizován pro území České republiky. Území je primárně rozděleno na území nezastavěné (přírodní) a zastavěné (sídlení). Nezastavěné území je rozděleno do dvou zón na běžné nezastavěné území a na nezastavěné území v chráněných oblastech (NP, CHKO a PP, oblasti tmavé oblohy) Zastavěné území, resp. sídla jsou pro území České republiky rozděleny do tří skupin (viz tab. 1). Toto dělení vychází z právních předpisů [11].

Tab.1 Rozdělení obcí podle statutu

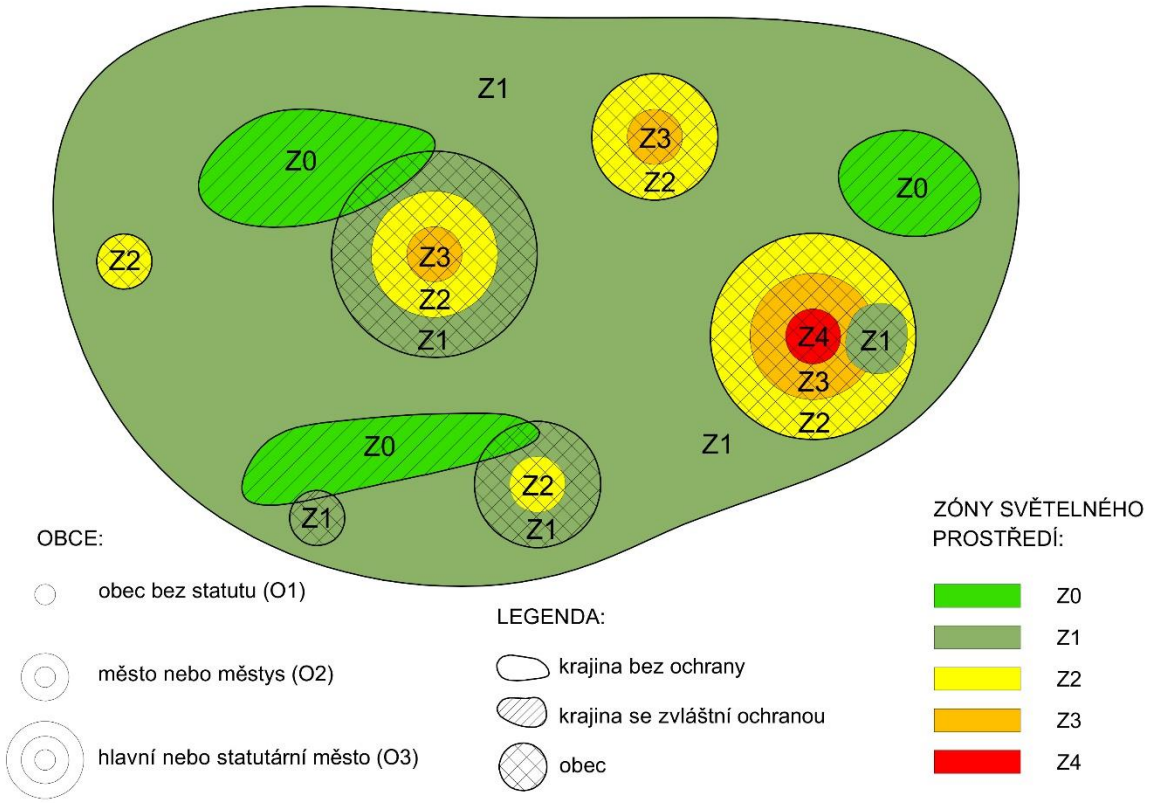
Označení	Obec	Orientační velikost obce (počet obyvatel)
O1	obec bez statutu	14 až 5 300
O2	město a městys	79 až 40 000
O3	hlavní město a statutární město	nad 40 000

Nezastavěné oblasti jsou principiálně území, kde dominuje příroda a kde jedním z důležitých veřejných zájmů je její ochrana a zachování přirozeného přírodního prostředí. U zastavěného území se již podle velikosti sídla začínají potkávat různé veřejné zájmy, dané kulturními společenskými a sociálními vazbami uvnitř sídel. Tyto skutečnosti je třeba při určování požadavků na omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení zohlednit.

Tab.2 Zóny světelného prostředí

Označení	Světelné prostředí	Specifikace
Z0	velmi tmavé	Nezastavěná území v chráněných oblastech
Z1	tmavé	Ostatní nezastavěná území a plochy zeleně přírodního charakteru v zastavěném území
Z2	málo světlé	Zastavěná území a zastavitelné plochy v obcích O1 a v okrajových a odloučených částech v obcích O2 a O3
Z3	středně světlé	Celoměstsky významná centra v obcích O2 a lokální centra a kompaktní vnitřní části v obcích O3
Z4	velmi světlé	Celoměstsky významná centra v obcích O3

Na území České republiky lze rozlišit pět zón světelného prostředí. Nejcitlivější prostředí a nejpřísnější požadavky na omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení jsou v zóně Z0, nejméně přísné požadavky v zóně Z4. Charakteristika jednotlivých zón a jejich specifikace je uvedena v tabulce 2.



Obr.3 Grafické znázornění zón světelného prostředí

5 Kritéria a požadavky

V nové normě jsou pro omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení na okolní prostředí použita následující kritéria: tolerance návrhu osvětlení, jas fasády budovy, jas znaku, svislá osvětlenost na objektech, provozní třída svítivosti, podíl horního světla, prahový přírůstek, spektrální vlastnosti a regulovatelnost osvětlovací soustavy. Na rozdíl od mezinárodních dokumentů i technických norem [2,3,7,8] norma neobsahuje kritérium pro kontrolu svítivosti svítidel. Důvodem je, že toto kritérium je pro praxi velmi složitě aplikovatelné.

5.1 Tolerance návrhu osvětlení

Tolerance návrhu osvětlení uvádí povolenou míru předimenzování výkonových parametrů osvětlovací soustavy (E_m, L_m), které jsou požadovány v technických normách nebo mezinárodních doporučeních. Vyjadřuje se pomocí tolerance osvětlenosti Δe nebo tolerancí jasu Δl. Zohledňuje nejistoty kontrolních měření, nejistoty výpočtů a tolerance výkonových parametrů světelných zdrojů. Tolerance návrhu venkovního osvětlení ve všech zónách světelného prostředí nesmí být větší než 30 %.

5.2 Jas fasády budovy

Jas fasády budovy L_b je počáteční průměrný jas povrchu stavby osvětlené architektonickým osvětlením. Požadavek pro zónu Z0 pro celé noční období je L_b=0 cd/m^2 a vychází z dokumentu CIE [8]. Pro ostatní zóny (Z1 až Z4) stanovuje norma jas fasád pro období od 24:00 do 6:00 [1]. Pro architektonické osvětlení mimo uvedené časové období lze použít hodnoty jasu fasád uvedené například v dokumentu CIE [9]. Zvolené hodnoty musí respektovat požadavky uvedené v technických normách [2,3].

5.3 Jas znaku

Jas znaku L_s je počáteční průměrný jas znaku povrchu reklamní plochy. Požadavek pro zónu Z0 pro celé noční období je L_s=0 cd/m^2 a vychází z dokumentu CIE [8]. Pro ostatní zóny (Z1 až Z4) stanovuje norma jas znaku pro období od 24:00 do 6:00 [1]. Pro reklamní osvětlení mimo uvedené časové období lze použít hodnoty jasu znaku uvedené například v dokumentu CIE [10]. Zvolené hodnoty musí respektovat požadavky uvedené v technické normě [2].

5.4 Svislá osvětlenost na objektech

Svislá osvětlenost na objektech E_v je hodnota počáteční svislé osvětlenosti na stavbách, konkrétně na osvětlovacích otvorech (okna, balkonové dveře, apod.), obytných místností a ubytovacích jednotek, nebo v místě budoucí zástavby na hranici pozemku.

Požadavky na svislou osvětlenost na objektech jsou předepsány v normě pro noční dobu od 22:00 do 6:00 [1]. Požadavek na svislou osvětlenost pro zónu Z0 je neaplikovatelný a vychází z dokumentu CIE [8]. Pro další zóny jsou požadované limitní hodnoty stanoveny samostatně pro soustavy veřejného osvětlení a pro ostatní osvětlovací soustavy. V případech, kdy zdrojem vytvářející svislou osvětlenost je reklamní osvětlení s proměnným zobrazovaným obsahem, se požadované limitní hodnoty snižují na polovinu.

5.5 Provozní třída svítivosti

Provozní třída svítivosti G* uvádí míru clonění silničních svítidel v jejich pracovní poloze. Používá se pro omezení světla vyzařovaného do nežádoucích směrů zejména ve venkovských a příměstských oblastech, kde osvětlovací soustavy působí rušivě při dálkových pohledech přes otevřenou krajinu. Toto kritérium se používá pouze pro nově budované nebo kompletně rekonstruované osvětlovací soustavy pro osvětlení pozemních komunikací a areálových

komunikací a parkovišť [1]. Toto kritérium se nepoužívá u veřejných a areálových pozemních komunikací a parkovišť, u kterých je specifikován požadavek na poloválcovou osvětlenost (E_{sc}) nebo svislou osvětlenost (E_v).

5.6 Podíl horního světla

Podíl horního světla R_{UL} je část světelného toku svítidla vyzařována do horního poloprostoru pro svítidlo instalované v pracovní poloze. Požadovaný podíl horního světla je pro všechny zóny R_{UL} = 0% s výjimkou osvětlovacích soustav, kde jsou předepsány požadavky na poloválcovou osvětlenost E_{sc} nebo svislou osvětlenost E_v. Pro takovéto případy jsou požadavky k tomuto kritériu vedeny v normě [1]. Požadavky na podíl horního světla se nevztahují na architektonické osvětlení. Pro omezení světla vyzařovaného do horního poloprostoru u architektonického osvětlení, kde jsou použity světlomety s rotačně souměrným vyzařováním, musí být světlomety osazeny clonícím příslušenstvím (např. klapky, válcová clona, tvarovací světlomet apod.) a jejich úhly poloviční osové svítivosti nesmějí být větší než 90°.

5.7 Prahový přírůstek

Prahový přírůstek f_{TI} je určen pro kontrolu oslnění u pozemních komunikací (případně jiných dopravních tras) od osvětlovacích soustav (např. architektonické osvětlení, reklamní osvětlení, osvětlení venkovních pracovišť apod.), které nejsou určeny pro jejich osvětlení a nacházejí se v jejich okolí. Prahový přírůstek popisuje míru omezujícího oslnění vyjádřenou jako procentuální zvýšení prahového kontrastu jasu mezi předmětem a jeho pozadím.

5.8 Spektrální vlastnosti

Pro hodnocení tohoto kritéria je použita barva (chromatičnost) vyzařovaného světla vyjádřená náhradní teplotou chromatičnosti T_{cp} světelného zdroje ve svítidle. Požadavky na náhradní teplotu chromatičnosti jsou stanoveny pro noční dobu od 22:00 do 06:00 [1]. Z těchto požadavků jsou v normě specifikovány čtyři výjimky:

- výjimka 1 - konfliktní oblasti pozemních komunikací v zónách Z2, Z3 a Z4 - povolena náhradní teplota chromatičnosti $T_{cp} \leq 4\,000$ K;
- výjimka 2 - architektonické osvětlení významných staveb v zónách Z1, Z2, Z3 a Z4 v zastavěném území - povolena náhradní teplota chromatičnosti $T_{cp} \leq 4\,000$ K.
- výjimka 3 - sportoviště s televizními přenosy a sportoviště pro soutěže, kde jsou spektrální vlastnosti osvětlení stanoveny v rámci předpisů sportovních asociací (např. FIFA apod.).
- výjimka 4 - venkovní osvětlení dopravních staveb (železnice, letiště, lodní doprava), kde se v osvětlovaném prostoru nacházejí světelná návěstidla a kde současně nelze použít takové technické řešení, při kterém by při osvětlování daného prostoru nedopadal světelný tok na světelná návěstidla a neovlivňoval spektrální složení světelné návěsti - požadavky na T_{cp} se neuplatňují.

5.9 Regulovatelnost osvětlovací soustavy

Venkovní osvětlovací soustavy mají být regulovatelné, aby bylo možné snížit úroveň osvětlení při změně účelu nebo charakteru osvětlované oblasti nebo aby bylo možné eliminovat předimenzování osvětlovací soustavy. Při regulaci osvětlení musí být dodrženy požadavky na osvětlení pro jednotlivé aplikační oblasti osvětlení uvedené v technických normách. Regulovatelnost osvětlovací soustavy znamená použití svítidel se stmívatelnými předřadníky nebo rozdělení osvětlovací soustavy do skupin, umožňující její skokovou regulaci.

6 Ověřovací postupy

Pro ověření kritérii pro kontrolu nežádoucích účinků venkovního osvětlení se v praxi používají tři postupy, měření, kontrola projektové dokumentace, katalogové listy výrobců. Měřením se ověřuje tolerance návrhu osvětlení, jas fasád budov, jas znaku a svislá osvětlenost na objektech. Orientačně lze měřením také ověřit náhradní teplotu chromatičnosti. Kontrolou projektové dokumentace se ověřuje tolerance návrhu osvětlení a prahový přírůstek, kde se tyto parametry vyhodnocují výpočtem. Kontrolou katalogových listů výrobce se ověřuje provozní třída svítivosti, podíl horního světla a náhradní teplota chromatičnosti.

7 Závěr

Nová norma na omezení nežádoucích účinků se snaží nastavit jednotná pravidla pro omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení pro většinu venkovních osvětlovacích soustav. V současné době se jedná o první verzi a až praxe prokáže, jaké nedokonalosti jsou v ni obsaženy a co je třeba doplnit, opravit nebo upravit. Primární ambicí normy není úplné vyřešení problematiky rušivých účinků venkovního osvětlení, ale dosažení toho, aby se požadavky na omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení staly běžnou součástí řešení venkovních osvětlovacích soustav. Kvalitní návrh venkovního osvětlení zahrnuje nejen kvalitní osvětlení řešené prostoru, ale také omezení vlivu venkovního osvětlení na okolní prostředí.

Literatura a odkazy

[1] ČSN 36 0459 Omezování nežádoucích účinků venkovního osvětlení, 03/2023

[2] ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory, 12/2014

[3] ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť, 03/2019

[4] ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky, 04/2019

[5] CIE001:1980 Guidelines for minimizing urban sky glow near astronomical observatories (joint publication IAU/CIE), Vídeň, 1980

[6] CIE126:1997 Guidelines for minimizing sky glow, Vídeň, 1997

[7] CIE 150:2003 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, Vídeň 2003

[8] CIE 150:2017 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2nd edition, Vídeň, 2017

[9] CIE 094:1993 Guide for floodlighting, Vídeň, 1993

[10] CIE 136:2000 Guide to the lighting of urban areas, Vídeň, 2000

[11] Zákon č. 128/2000 Sb. Zákon o obcích (obecní zřízení), 2000