

Česká společnost pro osvětlování regionální skupina Ostrava



Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

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

## Kurz osvětlovací techniky XXXVIII

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ  
Loučná nad Desnou  
14. – 16. 10. 2024

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

ISBN 978-80-11-05598-1



9 788011 055981

Mediální partneři akce

**Světlo**  
časopis pro světlo a osvětlování

**ET** Elektro a trh  
Odborný česko-slovenský elektrotechnický časopis

Sponzoři, partneři a vystavovatelé

**AKTÉ**  
light of future

**B.E.G.**

**DAMIJA**

**Elektrosvit**   
Svatobořice, a. s.

 **ELEKTRO  
LUMEN**

 **GMC - měřicí technika**  
GMC-INSTRUMENTS GROUP

 **Lumi  
DISP**

**MODUS**<sup>®</sup>  
ČESKÝ VÝROBCE SVÍTIDEL

**THORN**

  
**SKUPINA ČEZ**



Endorser in GreenLight  
Programme  
EUROPEAN COMMISSION

AKTÉ PK s.r.o.

Nad Pramenem 338 ■ 760 01 ■ Zlín

■ zlin@akte.cz ■ www.akte.cz IČ: 05284368



REVETEC  
BY REVERBERI ENETEC



# light of future

výhradní zastoupení

italské společnosti REVETEC

by REVERBERI enetec

pro českou a slovenskou republiku

Komplexní služby v oblasti:

- veřejné osvětlení

- osvětlení sportovišť

- průmyslové osvětlení

- architektonické osvětlení

- komplexní projektová  
dokumentace

- regulace osvětlení

- energetické úspory

- řízení a monitoring

osvětlovacích soustav

- pasporty **veřejného osvětlení**

- generely **veřejného osvětlení**

- studie, plány obnovy **veřejného osvětlení**

- projektové dokumentace **veřejného osvětlení**

- projektové dokumentace **osvětlení sportovišť**

- projektové dokumentace **nasvětlení přechodů**

- projektové dokumentace **průmyslového osvětlení**

- regulace, monitoring a řízení osvětlení

- adaptivní regulace a řízení osvětlení

- regulace osvětlovacích systémů prostřednictvím

- silového vedení

- napájecího napětí

- DALI, Radio, Zigbee a.j.

## AKTÉ PK s.r.o.

Nad Pramenem 338 ■ 760 01 ■ Zlín ■ Česká republika ■ [zlin@akte.cz](mailto:zlin@akte.cz) ■ [www.akte.cz](http://www.akte.cz), IČ: 05284368 ■ DIČ: CZ05284368  
Zápis v obchodním rejstříku, vedeným Krajským obchodním soudem v Brně, spisová značka C94511, ČSOB a.s., Zlín,  
č. ú.: 275466985/0300



## Automatizace budov pomocí senzorů a akčních členů B.E.G.

Úspora energie, mimořádný komfort, větší bezpečnost a flexibilita budov



### KNX - UDRŽITELNÉ ŘEŠENÍ PRO AUTOMATIZACI BUDOV

KNX neponechává nic náhodě. Řízení osvětlení, vytápění, klimatizace, větrání, kvality vzduchu, ovládání žaluzií a mnoho dalších technických zařízení - s KNX se budova stává funkčním celkem a moderním prostorem, ve kterém se všichni uživatelé cítí dobře.



### DALI - PRO PROFESIONÁLNÍ ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ

Moderní technologie stavebních systémů umožňují využívat pozitivní vlivy světla, abychom se v budovách cítili opravdu příjemně. DALI je celosvětově zavedený průmyslový standard pro stmívatelné osvětlení.



### CASAMBI PRO ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ A SVĚTELNOU INSCENACI

Ovládání, stmívání a změna barvy světla svítidel - to je kromě DALI možné i s bezdrátovým řešením Casambi. Finský výrobce Casambi vytvořil otevřenou platformu pro bezdrátové ovládání osvětlení založenou na technologii Bluetooth Low Energy (BLE). Umožňuje ovládání prostřednictvím mobilních zařízení, jako jsou chytré telefony a tablety.

**CASAMBI**



### LUXONET - VZLÉTNĚTE DO MODERNÍHO PRACOVNÍHO SVĚTA

Náš inovativní systém automatizace budov LUXONET® vytváří efektivitu a svobodu pro naše profesionály! Projektanti, systémoví integrátoři a elektroinstalatéři se mohou těšit na efektivní, na místě nezávislou práci, stejně jako na jednoduchost a úsporu času na stavbě. Nový LUXONET® vám výrazně usnadní práci a poskytne konkurenční výhodu.

**LUXONET**

# DAMIJA

## Komplexní řešení osvětlení pro obce, města a průmysl

Od roku 2014  
navrhujeme, počítáme,  
dodáváme,  
a měříme osvětlení.

### Veřejné osvětlení

**Analýza stávajícího stavu, návrh úsporného řešení  
obnovy a modernizace veřejného osvětlení.**

Určíme ekonomickou náročnost obnovy VO  
a navrhne obecný harmonogram obnovy.

**Vypracování Pasportu a Generelu.**

Základní podklad pro zpracování koncepce obnovy  
a rozvoje veřejného osvětlení.

**Zpracování výpočtů osvětlení.**

Na základě pasportu a generelu zpracujeme výpočty  
osvětlení a návrh modernizace soustavy.

**Modernizace soustavy veřejného osvětlení.**

Používáme LED technologie s vysokou účinností  
a bezdrátové systémy řízení veřejného osvětlení.

**Řízení osvětlení, cyklostezky, parky a sportoviště.**

Ještě efektivnější osvětlení díky řízení osvětlení.  
Řídicí jednotka bezdrátově komunikuje se svítidlem,  
vyhodnocuje pohyb, okolní osvětlenost nebo časový  
harmonogram a řídí intenzitu osvětlení.

**Zpracování žádostí o dotace**

Zpracujeme a připravíme vše potřebné.

**Výroba a dodávky svítidel**

V našich projektech spolupracujeme převážně  
s předními evropskými výrobci osvětlení s vysokou  
kvalitou a životností svítidel. Díky tomu dokážeme  
svítidla upravit na míru projektu.

**Certifikované měření.**

Splnění parametrů osvětlení po realizaci ověříme  
certifikovaným měřením.

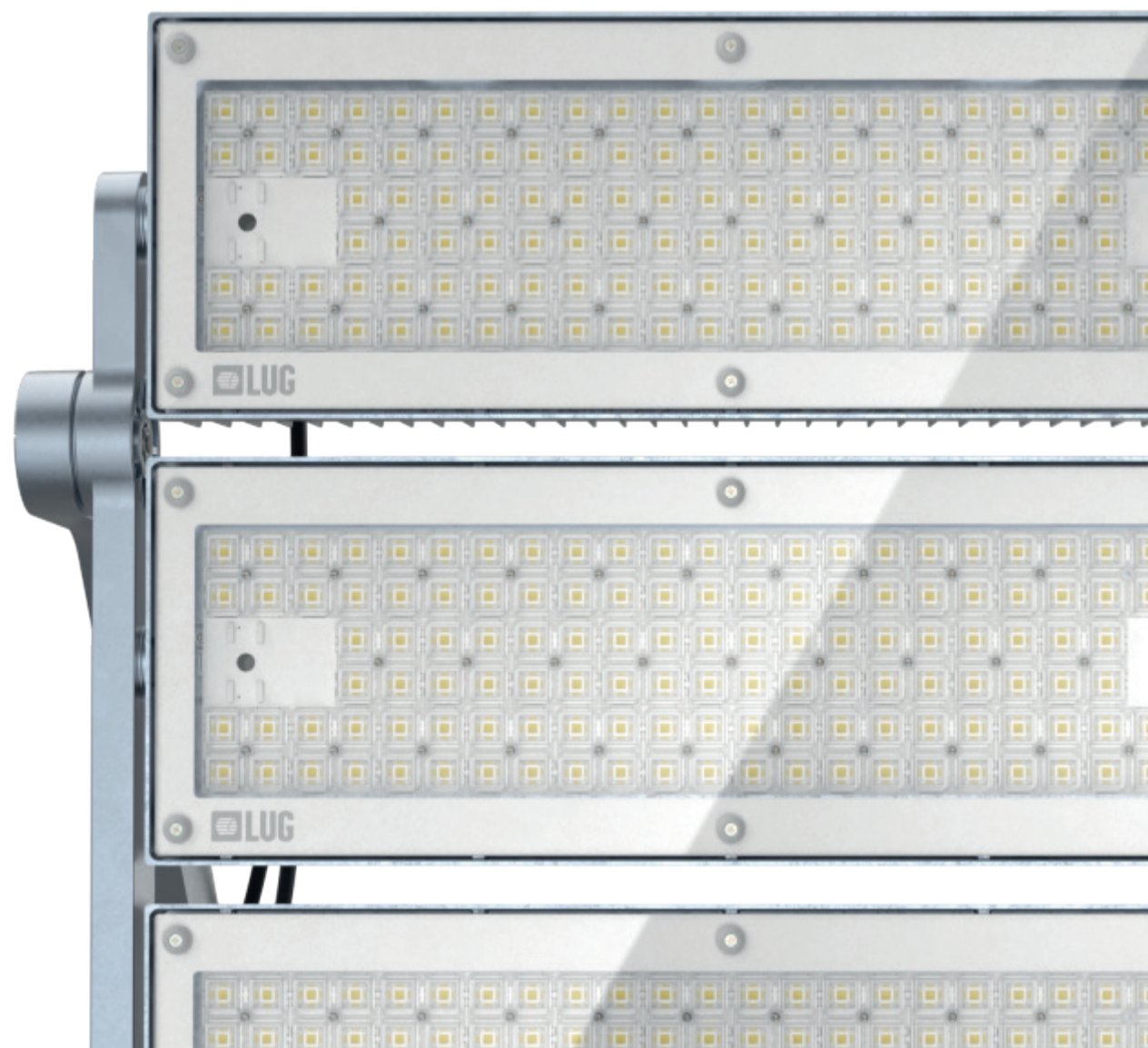
**DAMIJA elektro s.r.o.**



### Osvětlení sportovišť

**Zpracováváme výpočty a vizualizace  
vnitřních i venkovních sportovišť.**

Od malých sportovišť pro trénink a školní sporty,  
až po velká sportoviště pro mezinárodní soutěže.





## Průmyslové osvětlení

Osvětíme každý provoz, pracoviště, laboratoř, nebo showroom.

Máme zkušenosti s osvětlováním všech druhů prostor. V našich referencích najdete uhelné elektrárny, cihelny, hutě, železárny, ale také pracoviště pro instalaci plošných spojů, kontrolu kvality šperků, vývojová centra, laboratoře, učebny, nebo showroomy z různých odvětví.

Dle projektové dokumentace nebo podkladů zjištěných na místě, zpracujeme návrh osvětlení a světelně technický výpočet.

Na základě analýzy požadavků klienta navrhujeme drátové či bezdrátové řízení, a to dle denního osvětlení, pohybu osob, nebo časového harmonogramu.

Nakonec pro Vás nebo Vaše obchodní partnery připravíme prezentaci řešení, jeho technické výhody a srovnání úspor.



## S kým spolupracujeme?



„Jsme přední výrobce profesionálních řešení osvětlení s více než 35 lety zkušeností. Od roku 1989 přemýšlíme mimo zaběhnuté koleje a poskytujeme inovativní řešení pro udržitelné LED osvětlení. Tam, kde ostatní vidí problém, my vidíme potenciál pro dříve neobjevené inovace, i proto jsme přítomni na více než 75 trzích po celém světě a dodáváme ty nejnáročnější projekty.“



## Architektonické osvětlení

Osvětlení budov, dekorativní výzdoba ulic, a tématické osvětlení objektů.

**Architektonické osvětlení s respektem k životnímu prostředí.**

Při výpočtech dbáme v maximální možné míře na plnění norem omezení nežádoucích účinků venkovního osvětlení (rušivého světla).

## Máte dotaz? Neváhejte nás kontaktovat.

**Ing. Petr Běčák, Ph.D**

+420 733 526 029

petr.becak@damija.com

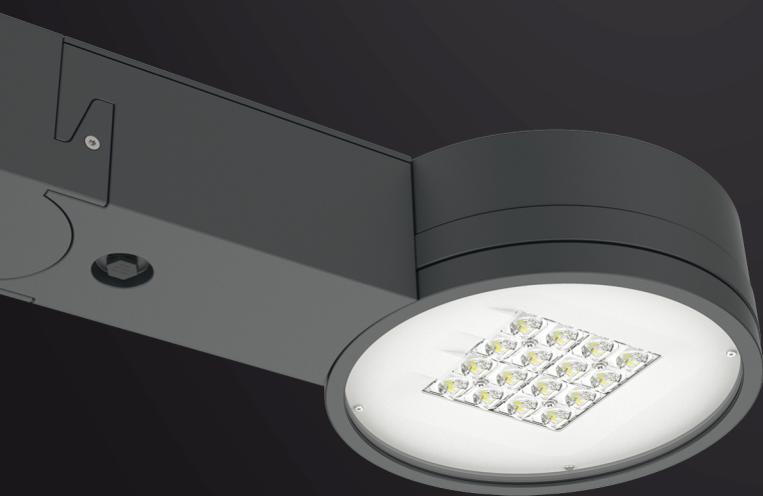
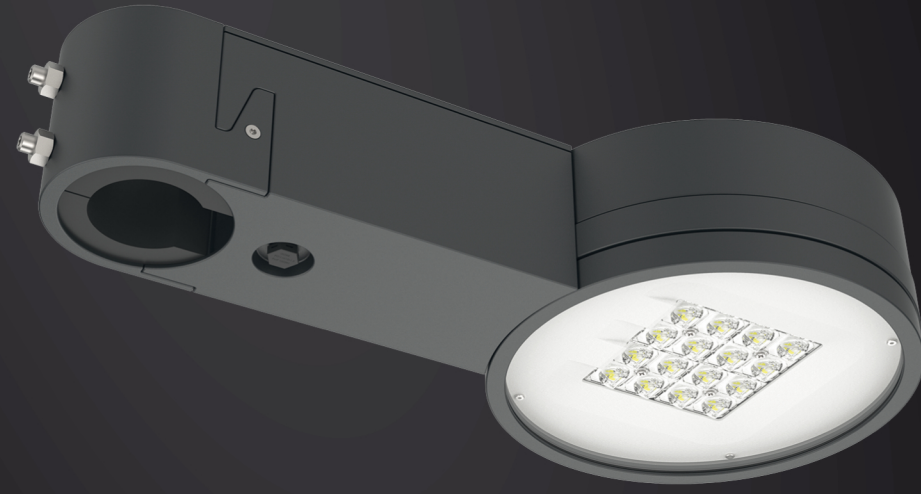
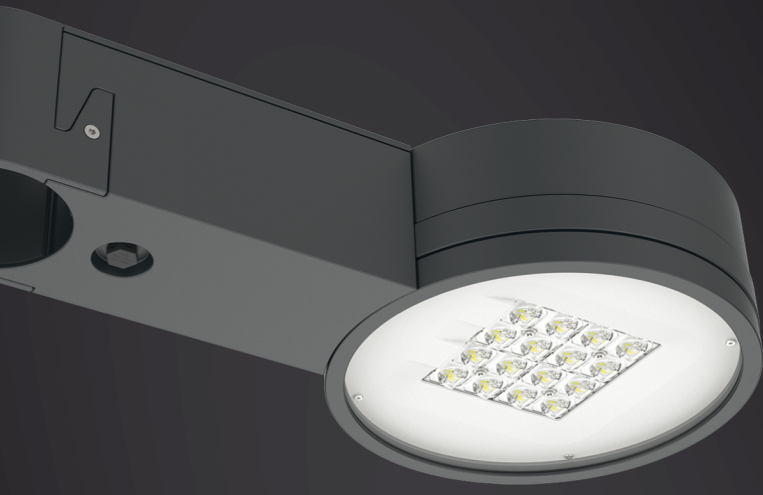
Nebo využijte některý z kontaktů, které naleznete zde:

**[www.damija.com/kontakty](http://www.damija.com/kontakty)**



Brand  
new modular  
luminaires

LUPA



reddot award  
winner  
2024



 GMC - měřicí technika  
GMC-INSTRUMENTS GROUP

**GOSSEN**



# SYSTEM MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ A SVÍTIVOSTI

Jeden měřicí  
přístroj  
MAVOMASTER

Libovolná sonda  
MAVOPROBE

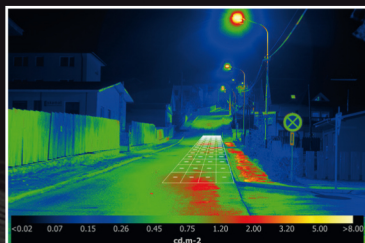
Od základu nově vyvinuté přístroje MAVOMASTER a MAVOPROBES povyšují měření a certifikaci světla na zcela novou úroveň. Univerzální přístroj MAVOMASTER lze snadno a flexibilně kombinovat s různými měřicími sondami MAVOPROBES.

Více informací a kompletní sortiment na [www.gmc.cz](http://www.gmc.cz)

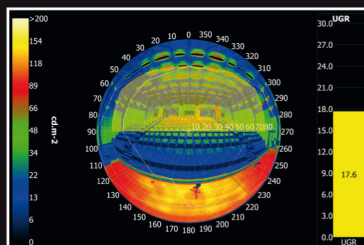
# Jasový analyzátor LumiDISP - LDA ML6

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.

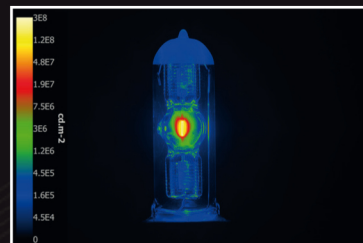
Veřejné osvětlení



Index oslnění UGR



Analýza jasu světelných zdrojů



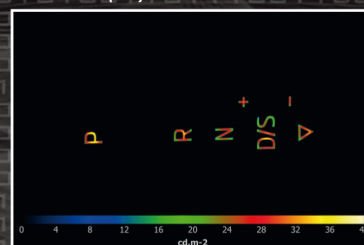
Ocenění  
Zlatý AMPER 2019



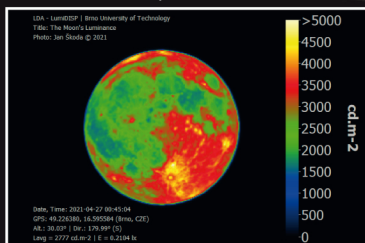
Přechody pro chodce



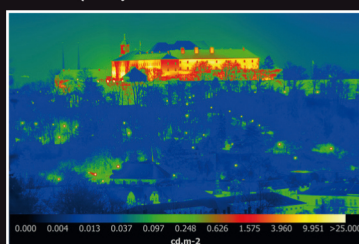
Displeje a zobrazovače



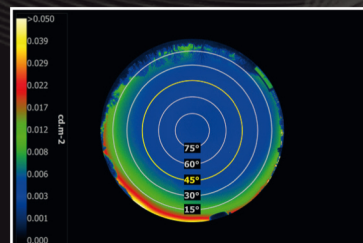
Vědecko-výzkumná měření



Analýza jasu staveb a reklam



Rušivé světlo, světelné znečištění

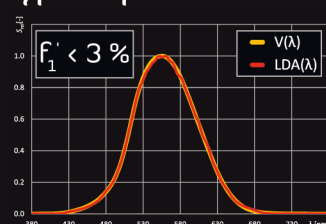


**Rezervujte si prezentaci přístroje a odbornou konzultaci k aplikacím.**

## 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/m<sup>2</sup>

Software: 2x licence LumiDISP ver. 3

**Volitelné příslušenství:** stativ, ND filtr  
Návaznost kalibrace přístroje na NIST

## Obsah

Bálský Marek	Měření činitele odrazu integrálním a směrovým reflektometrem	1
Baxant Petr	Spektrální vlastnosti světelných zdrojů a výhody pro obrazový a neobrazový systém	7
Bos Petr	Rozvoj výuky osvětlení na úrovni středních škol	13
Brzobohatý Antonín	Úskalí projektu osvětlení venkovních pracovních prostor v elektických stanicích přenosové soustavy	16
Darula Stanislav	Budovy na bývanie - možnosti aplikácie EN 17037	24
Demel Martin	Zkoušení způsobilosti měření elektrického osvětlení 2024	34
Demel Martin	Nařízení vlády 361/2007 Sb. – podzimní novela 2024	41
Dolejší Ondřej	Bezpečnost na přechodech - praktická aplikace	45
Gašparovský Dionýz	Súčasný stav a smerovanie problematiky vonkajšieho osvetlenia v Medzinárodnej komisii pre osvetlenie CIE	52
Gřes Radim	Rekonstrukce veřejného osvětlení ul. Nádražní v Ostravě	57
Hanuliak Peter	The effect of deciduous trees on the useful daylight illuminance of an office - case study	66
Hanuliak Peter	Reducing Embodied and Operational Carbon through Strategic Glazing Selection	75
Houžva Martin	Odborný odhad generování světelného toku do venkovního prostoru z železničních stanic	81
Kaňka Jan	Obecně o normách a požadavcích na denní osvětlení	91
Kompan David	Validácia merania kriviek svietivosti pomocou zrkadlového goniofotometra	101
Lepší Jana	Vyhláška 160/2024 Sb.	114
Lepší Jana	Vyhláška 6/2003 Sb.	121
Maixner Tomáš	Ze znalcova deníčku - měření osvětlení	123
Maixner Tomáš	Světelně technické výpočty jak šel čas	131
Niesig Petr	Nové přístupy a požadavky na vnitřní osvětlování	134
Novák Filip	Stanovení přirozené referenční úrovně pro hodnocení míry světelného znečištění	137
Novák Tomáš	Návrh metodiky osvětlování obslužných komunikací	146
Pechová Marcela	Vliv jasu a chromatického kontrastu na reakční rychlost	160
Polák Eduard	Standardizace pro osvětlování v Zemědělství 4.0 a Zemědělství 5.0	165
Raditchova Jana	Pasport obnovy budov ako nástroj podpory modernizácie osvetlenia	179
Skotnicová Iveta	Aplikace nového stavebního zákona (stavební vyhláška 146/2024)	184
Smolík Josef	Jaké je řešení při spínání elektrických obvodů nejen u svítidel v praxi	189
Staněk Pavel	Aplikace nových výpočtů denního osvětlení	196
Stržínek Martin	Světelné znečištění	203
Stupka Pavel	Činnost NRL pro osvětlení za poslední rok	224
Terrich Theodor	Vliv provozních režimů LED svítidel veřejného osvětlení na síť	227
Terrich Theodor	Směrování veřejného osvětlení v Praze	234
Tesař Jiří	Bezpečnost na komunikacích v noci	244
Vik Michal	Funkce Kontrastní Citlivosti - možnost odhadu vlivu barvy, spektrálního složení a velikosti podnětu na viditelnost v různých podmínkách osvětlování	247
Vrbík Petr	Hygiena osvětlování denním světlem	252
Záhorský Martin	Kuchyne v bytoch z pohľadu denného osvetlenia	259
Sousedík Tomáš	Měření osvětlení ve vazbě na aktuální legislativu	263

# Měření činitele odrazu integrálním a směrovým reflektometrem

Marek Bálský, Ing. Ph.D., Michal Kozlok, Ing., ČVUT v Praze, FEL, katedra elektroenergetiky,  
marek.balsky@fel.cvut.cz

*Abstrakt: Činitel odrazu je světelně technická veličina popisující podíl celkového světelného toku odraženého od povrchu materiálu ku celkovému světelnému toku dopadajícímu na povrch materiálu. Jedná se o bezrozměrnou veličinu používanou při výpočtech mnohonásobných odrazů světla zejména v interiérech. Běžné výpočetní programy pro návrh osvětlení využívají pro výpočet mnohonásobných odrazů světla v navrhovaném prostoru idealizovaný difuzní model odrazu, kdy se odražený světelný tok rovnoměrně rozptýlí do všech směrů od povrchu materiálu. Jas ideálně difuzního povrchu je ve všech směrech stejný (konstantní) a pro popis jeho odrazných vlastností se využívá právě integrální činitel odrazu. Povrchy reálných materiálů se však od ideálního difuzního modelu často liší a pro popis jejich odrazných vlastností je třeba se zaměřit na směrovou závislost odraženého světelného toku do jednotlivých částí prostoru (prostorových úhlů). Odrazné vlastnosti nedifuzních materiálů pak nelze charakterizovat pouze integrálním činitelem odrazu, ale tzv. dvousměrovou odrazovou distribuční funkcí. Měření odrazných vlastností nedifuzních materiálů může být velmi složité a časově náročné, což bude popsáno v tomto článku.*

## 1 Úvod

Měření činitele odrazu  $\rho$  lze provést dvojím způsobem: integrálním reflektometrem, založeným na předpokladu ideálního difuzního odrazu světla od povrchu materiálu, nebo směrovým reflektometrem využívajícím měření jasu povrchu materiálů v různých směrech (prostorových úhlech). Idealizovaný difuzní model odrazu se vyznačuje konstantním jasnem  $L_{konst}$  povrchu ve všech směrech pozorování (úhlech  $\gamma$ ) a svítivost povrchu  $I_\gamma$  se řídí funkcí kosinus [1]:

$$I_\gamma = I_0 \cdot \cos \gamma$$

Činitel odrazu  $\rho$  materiálů, jejichž povrchy vykazují vlastnosti blízké se ideálně difuznímu odrazu (zejména konstantní jas ve všech směrech pozorování  $L_{konst}$ ), lze měřit jednoduchým principem, tedy zjištěním poměru celkového světelného toku  $\Phi_i$  dopadajícího na materiál a toku  $\Phi_\rho$  od materiálu odraženého [1]:

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi_i}$$

Na tomto principu je založen integrální reflektometr (viz část 2), který lze využít pouze pro měření činitele odrazu difuzních materiálů. Model idealizovaného difuzního odrazu využívají i výpočetní programy pro návrh osvětlení (např. Dialux, BuildingDesign, Relux), čímž dochází ke značnému zjednodušení, a tudíž zrychlení všech výpočtů. Jas  $L_{konst}$  difuzního materiálu v jakémkoliv směru  $\gamma$  výpočetní programy počítají díky platnosti vztahu mezi jasnem  $L$  a světlením  $M$  difuzních materiálů:

$$L_{konst} = \frac{M}{\pi}$$

Kdy světlení  $M$ , tedy velikost světelného toku  $\Phi_\rho$  vyzářeného z jednotky plochy  $S$ , výpočetní programy stanovují na základě osvětlenosti  $E$  téhož povrchu (tedy velikosti světelného toku  $\Phi_i$  dopadajícího na jednotku plochy  $S$ ) vypočtené výpočetním programem a činitele odrazu  $\rho$  [1] s využitím následujícího vztahu:

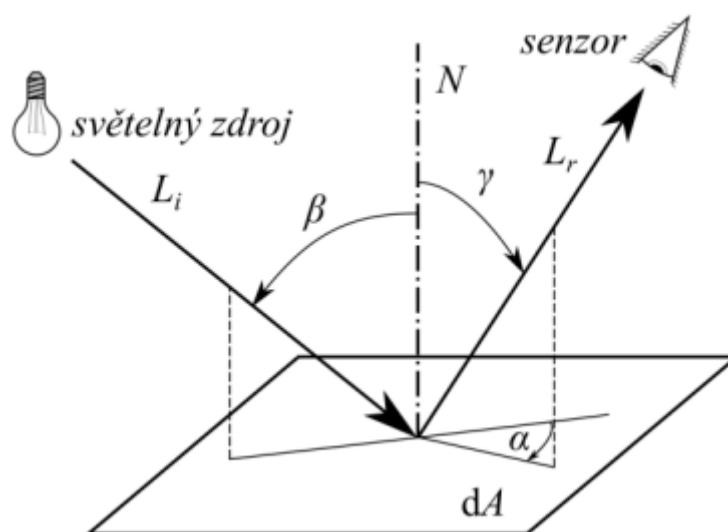
$$M = \frac{\Phi_\rho}{S} = \rho \cdot E = \rho \cdot \frac{\Phi_i}{S}$$

Pro činitel odrazu tedy na základě výše uvedeného platí i vztah založený na osvětlenosti  $E$  a světlení  $M$ :

$$\rho = \frac{M}{E}$$

Pokud však odrazné vlastnosti materiálu nevykazují difuzní vlastnosti (tedy jejich jas není konstantní ve všech směrech pozorování, typicky např. u zrcadlového odrazu), nelze využít výše zmíněné výpočty ani pro měření činitele odrazu, ani ve výpočetních programech. Pak je třeba určit světlení  $M$  (tedy celkový odražený světelný tok z povrchu materiálu vztažený k jednotce plochy  $S$ ) integrací jasů  $L_r(\alpha, \gamma)$  povrchu zjištěných v jednotlivých směrech pozorování (úhlech  $\alpha, \gamma$ ) při osvětlování povrchu pod různými úhly dopadu světla  $\beta$  (viz Obr.1):

$$M = \int_0^{2\pi} L(\alpha, \gamma) \cdot \cos\gamma \cdot d\Omega = \frac{\Phi_\rho}{S}$$



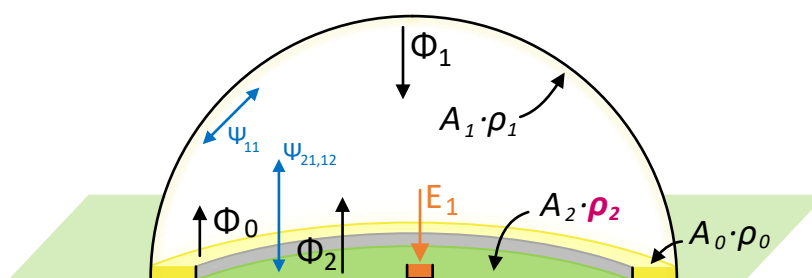
Obr.1 Uspořádání vzorku, světelného zdroje, senzoru a jejich vzájemných úhlů ve směrovém reflektometru OPTE-F3K.

Při měření odrazných vlastností reálných (nedifuzních) materiálů je tedy třeba provést rozsáhlé měření jasu povrchu vzorku v závislosti na úhlu dopadu světla  $\beta$ . Velkému množství hodnot jasu povrchu materiálu odpovídá velká pracnost takového měření. Naměřené hodnoty jasu vzorku v závislosti na úhlu dopadu světla jsou nezbytné i pro tvorbu dvousměrové odrazové distribuční funkce (z angl. Bidirectional Reflectance Distribution Function – BRDF), která je nejčastěji využívána pro popis odrazných vlastností materiálů v programech pro architektonickou vizualizaci [2].

V případě analýzy odrazných vlastností nedifuzních materiálů se zrcadlovou složkou odrazu nebo s anizotropním charakterem odrazu, například u materiálů s vzorkovaným povrchem, je tedy třeba využít směrový reflektometr (viz část 3).

## 2 Integrální reflektometr

Princip přístroje využívá mnohonásobné odrazy v polokouli s rovnoměrně rozptýlným povrchem, viz Obr.2. Vnitřní prostor reflektometru je uzavřený povrchem polokoule  $A_1$ , povrchem mezikruží světelného zdroje  $A_0$  a kruhovou výsečí měřeného povrchu  $A_2$ . Jediným zdrojem světla v uzavřeném prostoru je difuzní povrch  $A_0$ , který na kouli rovnoměrně rozptýluje světelný tok  $\Phi_0$  světelného zdroje. Velikost mezikruží  $A_0$  by měla být vůči geometrii polokoule a povrchu  $A_2$  téměř zanedbatelná.



Obr.2 Řez hemisférou integrálního reflektometru.

Tok  $\Phi_0$  dopadá na povrch koule  $A_1$  a v závislosti na činiteli odrazu povrchu  $\rho_1$  a činiteli vlastní vazby  $\Psi_{11}$  je vlivem mnohonásobných odrazů odražen zpět na vlastní povrch  $A_1$ . Analogicky toto platí i pro povrch  $A_2$  v závislosti na činiteli vazby  $\Psi_{21}$ . Výsledný světelný tok  $\Phi_1$  vyzářený z povrchu  $A_1$  je dán podle vztahu:

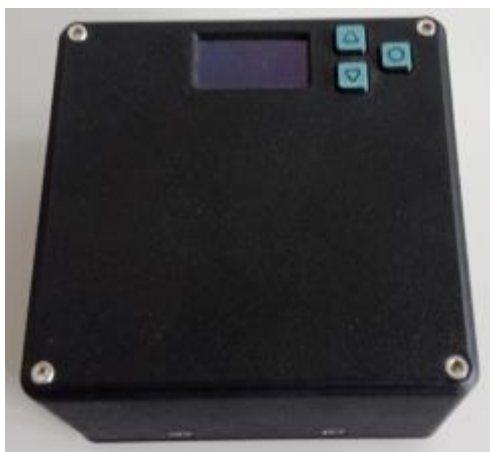
$$\Phi_1 = \rho_1 \cdot \Phi_0 + \rho_1 \cdot \Phi_1 \cdot \Psi_{11} + \rho_1 \cdot \Phi_2 \cdot \Psi_{21} \quad (\text{lm}; -, \text{lm}, -, \text{lm}, -, \text{lm}, -)$$

Do kruhové výseče měřeného povrchu  $A_2$  dopadá tok  $\Phi_1$ . Ten je v závislosti na činiteli odrazu  $\rho_2$  povrchu  $A_2$  a činiteli vazby  $\Psi_{12}$  mezi povrchy  $A_1$  a  $A_2$  odražen a vyzářen zpět do polokoule jako tok  $\Phi_2$  dle vztahu:

$$\Phi_2 = \rho_2 \cdot \Phi_1 \cdot \Psi_{12} + (\rho_2 \cdot \Phi_2 \cdot \Psi_{22}) \quad (\text{lm}; -, \text{lm}, -, \text{lm}, -)$$

Odražený tok  $\Phi_1$  dopadá na fotočlánek, který je umístěn v geometrickém středu polokoule. Povrch koule  $A_1$  je opatřen nátěrem s vysokým obsahem síranu barnatého  $\text{BaSO}_4$ , který je spektrálně neselektivní a zároveň rozptýluje dopadající světlo rovnoměrně do všech směrů.

Na základě uvedených vztahů platí, že pokud bude tok světelných zdrojů  $\Phi_0$  v uzavřeném systému nulový, bude i osvětlenost  $E_1$  měřená senzorem nulová. Pokud budeme uvažovat nenulový tok světelného zdroje  $\Phi_0$  a ostatní parametry systému budou konstantní, můžeme odvodit, že bude hodnota osvětlenosti  $E_1$  také nenulová a lineárně závislá pouze na integrálním činiteli odrazivosti odrazu  $\rho_2$  výseče měřeného povrchu  $A_2$  a absolutní hodnotě toku zdroje světla  $\Phi_0$  [3].



Obr.3 Integrální reflektometr vyvinutý na katedře elektroenergetiky ČVUT v Praze, FEL [3].

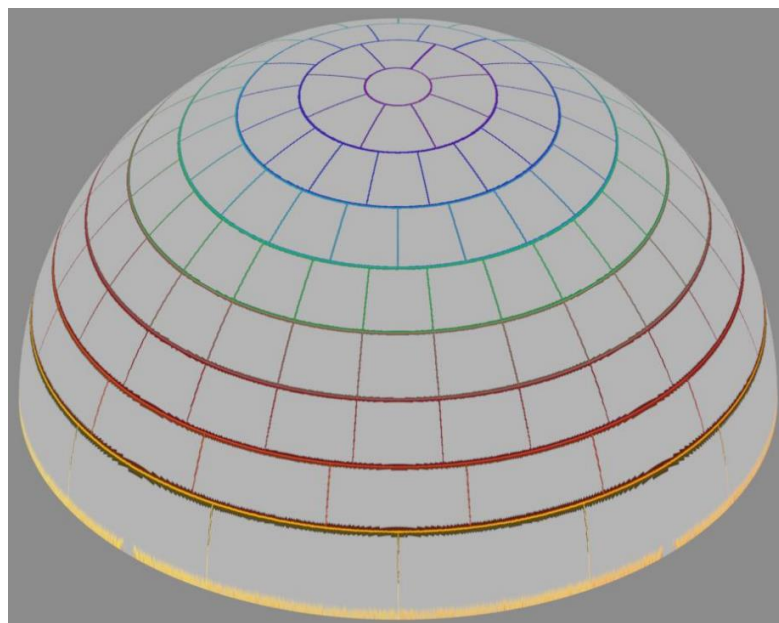
### 3 Směrový reflektometr

Jasová analýza nedifuzního povrchu materiálu může být provedena např. směrovým reflektometrem OPTE-F3K (viz Obr.4), který umožňuje osvětlování vzorku materiálu bodovým zdrojem světla pod různými úhly dopadu světla ( $\beta$ ) a současně měření jasu  $L_r(\alpha, \gamma)$  povrchu tohoto vzorku v různých úhlech odrazu světla ( $\gamma$ ) a při různém natočení vzorku vzhledem k průmětu spojnice zdroj světla – vzorek do vodorovné roviny (úhel  $\alpha$ ), viz Obr.1.



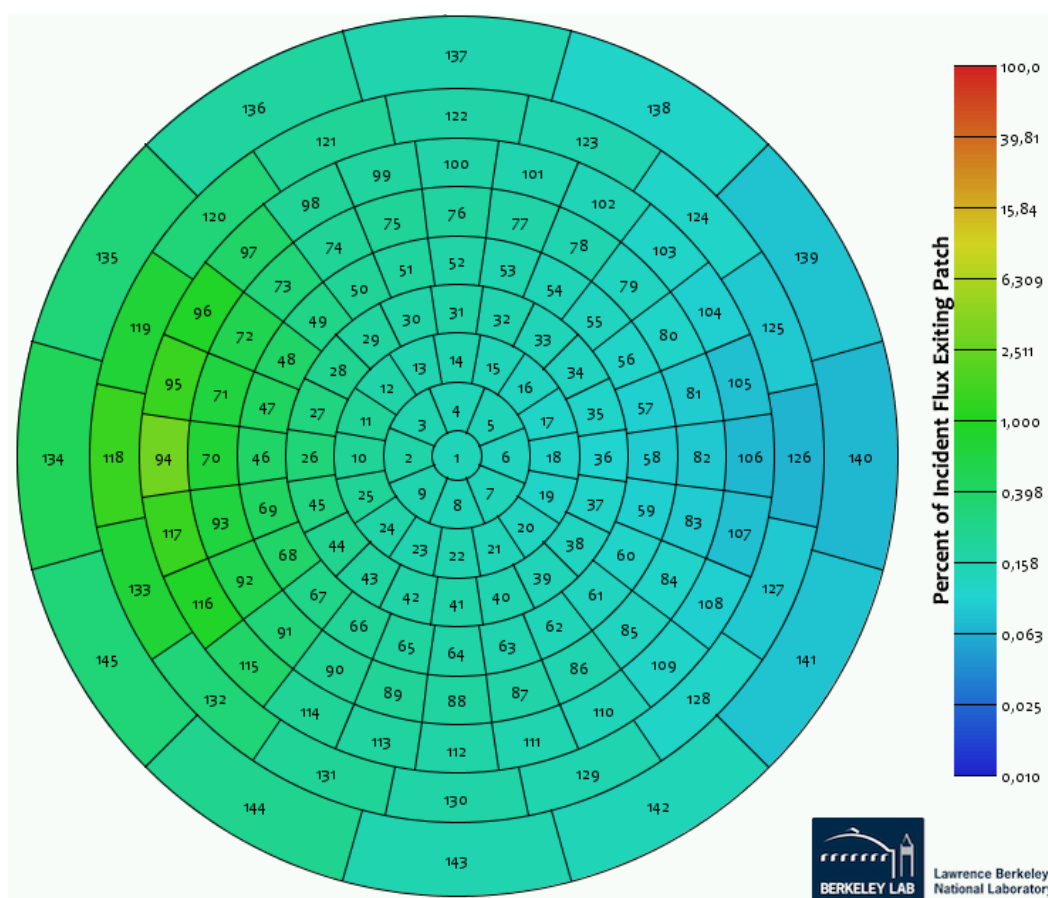
Obr.4 Sestava směrového reflektometru OPTE-F3K.

Směrový reflektometr OPTE-F3K je automatizovaný přístroj, který umožňuje nastavování jednotlivých úhlů  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  v průběhu měření pomocí 3 krokových motorů. Jednotlivé úhly přístroj nastavuje dle rozdělení prostoru na tzv. Klemsovy segmenty (angl. Klems patches) [4], kde jsou jednotlivé segmenty prostoru uspořádány tak, aby jejich prostorový úhel  $\Omega$  byl pro všechny segmenty přibližně stejně velký, viz Obr.5. Poloprostor nad měřeným vzorkem je rozdělen do 145 segmentů, ze kterých může světlo na vzorek dopadat a do kterých se následně může světlo odrazit. Měření tedy může teoreticky probíhat až ve  $145^2 = 21\ 025$  kombinacích úhlů  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . Počet kombinací se snižuje, pokud je odrazu světla na povrchu materiálu jakkoliv symetrický.



Obr.5 Rozdělení poloprostoru na tzv. Klemsovy segmenty [5].

Záznam naměřených hodnot jasu v jednotlivých směrech je ukládán do formátu xml a může být následně využito nebo zobrazeno dalšími aplikacemi [6], viz např. Obr.6.



Obr.6 Prostorové rozložení světelného toku odraženého od měřeného vzorku nedifuzního materiálu při dopadu světla z bodového zdroje umístěného ve zvoleném segmentu č. 94 ve škále poměrných hodnot (%).

## 4 Shrnutí

Měření činitele odrazu výhradně difuzních materiálů lze provést integrálním reflektometrem. Výsledkem měření integrálním reflektometrem je jediný údaj – hodnota integrálního činitele odrazu. Měření lze provést velmi rychle, chybí zde však jakákoliv informace o charakteru odrazu. V případě nedifuzních odrazů na povrchu měřeného materiálu, kdy by nedošlo k rovnoměrnému rozložení světelného toku uvnitř integrálního reflektometru, je výsledek takového měření chybný. Pro měření činitele odrazu reálných (nedifuzních) je třeba využít směrový reflektometr, jehož hlavní nevýhodou je ale vysoká pracnost a časová náročnost měření, které může trvat mnoho hodin.

### Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] J. Habel a kol., Světlo a osvětlování, Praha: FCC Public, 2013. ISBN: 978-80-86534-21-3.
- [2] M. Bálský, Možnosti zpřesnění výpočtu mnohonásobných odrazů světla, Praha, konference ELEN 2014.
- [3] M. Kozlok, M. Bálský, P. Žák, Měřicí přístroj pro terénní měření integrálního činitele odrazu difuzních povrchů, Kouty nad Desnou, Kurz osvětlovací techniky XXXVI 2021.
- [4] J. Klems, „A New Method for Predicting the Solar Heat Gain of Complex Fenestration Systems,“ ASHRAE Winter Meeting, New Orleans, 1994.
- [5] M. Saxena, G. Ward, T. Perry, L. Heschong a R. Higa, „Predicting Annual Daylight with Variable Fenestration Optics using BSDFs,“ Fourth National Conference of IBPSA-USA, New York City, 2010.
- [6] J. H. Klems a J. L. Warner, „Measurement of Bidirectional Optical Properties of Complex Shading Device,“ Lawrence Berkley Laboratory, University of California, Berkley, 1995.

# **Spektrální vlastnosti světelných zdrojů a výhody pro obrazový a neobrazový systém**

Ing. Radim Václavíček, doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D., ČSO Brno

*Abstrakt: Zásadní změny v poznacích o fotoperiodickém řízení organismů až na buněčné úrovni a převratný nástup LED technologie do světelné techniky začátkem 21. století přivedly vědeckou komunitu k úvahám o novém pohledu na účinky a přínos umělého světla. Se změnou společenského kontextu v pozornosti k přirozenému životnímu prostředí a technologickým vývojem v optimalizaci světelných zdrojů dochází i na revizi přístupu k tomu, jak pohlížet na klasifikaci a instalaci zdrojů světla do veřejného prostoru a jak čelit problémům s rušivým světlem a fenoménem „světelného znečištění“.*

## **1. Barva, spektrum a chromatičnost**

V mnoha člancích a návodech pro “správné” svícení či omezování světelného znečištění lze dnes najít vyjádření o “barvě světla”. Bohužel se povětšinou jedná o velmi laické vyjádření zatížené značnými nedokonalostmi a dominantně vzniká po léta vytvářený dojem, že tu “správnou” barvu zajistíme pohodlně jediným číslem tzv. “teplotou chromatičnosti” v Kelvinech. Navíc se nezřídka objevuje i kontroverzní tvrzení, že právě tato hodnota určuje obsah “modré složky”. K vysvětlení, proč je to celé často úplně jinak je potřeba víc než několik řádků.

Barva jako zrakový vjem člověka spadá do oblasti obrazového vnímání světla, a tedy nám z principu nemůže příliš pomoci v moderním zkoumání těch “neobrazových” účinků světla přijímaného okem. Logicky také nelze jednoduše přenášet hodnoty z “lidské” kolorimetrie na vliv světla u rostlin a dalších druhů.

Navíc jednoduchá hodnota náhradní teploty chromatičnosti (CCT) vyjadřuje jen přibližně odstín vnímaného světla a u moderních zdrojů LED či zářivek nemá žádnou fyzikální či technickou vazbu na spektrální charakter světelného záření, což je naprosto zásadní okolnost!

Údaj o “teplotě” světla v Kelvinech (CCT) uvedený na maloobchodním obalu LED-žárovky je užitečný pro základní orientaci při nákupu osvětlení do domácností a dalších interiérů, ale rozhodně to není spolehlivý parametr pro vážnější projekty v oblasti osvětlování, zejména ve veřejném prostoru či při ochraně nočního prostředí nebo dokonce výzkumu - pro takové případy jsou přednostně určeny zdroje světla s podrobnou dokumentací výrobce, kde se dnes standardně uvádí spektrální charakteristika SPD, bez níž nelze vlivy světla na životní prostředí vyhodnotit.

S ohledem na aktuální potřebu kvantifikovat účinky světla na ekosystém a neobrazové vnímání člověka jsou v posledních letech vyvíjeny a testovány zcela nové metriky odvozené z výzkumu v tomto století a ty se zaměřují hlavně na zohlednění vlivu krátkých vlnových délek viditelného záření, neboli modré složky (z anglického Blue content).

## 2. Spektrální charakteristika (SPD)

Ve výčtu parametrů kvality světla je určitě dobré alespoň stručně uvést spektrální charakteristiku (odborně SPD), která vyjadřuje poměrné zastoupení zářivé energie na jednotlivých vlnových délkách a je základem pro všechny obvyklé veličiny uváděné u světelných zdrojů a ve světelných úlohách (candela, lumen, lux, CCT, CRI, CFI, U500, DER<sub>mel</sub>, ...). Stručně řečeno, pokud máme k dispozici zářivou energii světla s rozložením ve viditelném spektru, tak můžeme vyjádřit i ty ostatní hodnoty, ale naopak to možné není!

V současných technických normách, projektech a softwarových simulacích osvětlovacích soustav se dosud pracuje jen s jednotkami fotometrické intenzity a nikoli se spektrální informací, ale na odborných konferencích se již v posledních letech objevují názory, že to bude do budoucna zapotřebí změnit, pokud se má lidstvo posunout ke kvalitativně účinnějším řešením zejména u hodnotné náhrady denního světla v interiérech a optimalizaci ochrany nočního prostředí.

Konkrétním příkladem nastupujících změn v přístupu hodnocení světla z pohledu neobrazového vnímání lidským zrakem je již několik let respektovaná metrika pro ipRGC buňky popsána dokumentem CIE S 026:2018 [2], který vznikl na základě výzkumu Roberta Lucase a kol. [5], [6].

## 3. Chromatická teplota a CCT

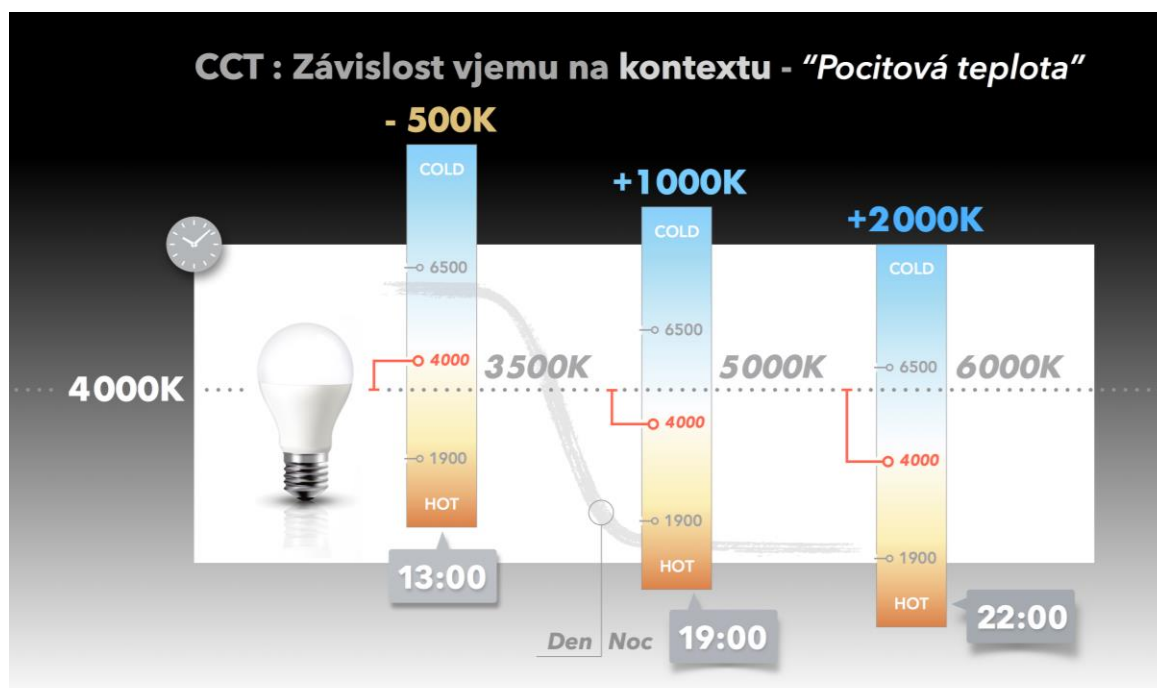
Jak do toho všeho tedy zapadají ta obvyklá doporučení uváděná v Kelvinech? Původní metrika tzv. "barevné teploty", správně však pojem teplota barvy nebo teplota světla, teplota chromatičnosti, je spjata s teorií absolutně černého tělesa z 19. století a funguje výborně pro zdroje světla využívající princip zahřívání hmoty na vysokou teplotu (tzv. "Incandescent") jako jsou hořící plamen, Slunce či žhavé vlákno klasické žárovky. V případě této teorie vázané na teplotu pak stačí pouze jedno číslo, abychom znali dostatečně přesné souřadnice barvy světla díky "předurčené" pozici na křivce teplotních zářičů.

U modernějších "studených" zdrojů umělého světla se ale využívají zcela jiné principy k dosažení viditelného záření, a proto u nich nelze pro vyjádření barvy světla využít souvislost s fyzikální teplotou samotného zdroje (např. fluorescenční zářivky a LED). To bylo vědcům jasné už v počátcích vývoje výbojek a pro zachování kontinuity v klasifikaci a značení umělých zdrojů světla navrhli metodiku "náhradní teploty chromatičnosti" (CCT - Correlated Colour Temperature). Ta je založena na "nejbližším" referenčním zdroji se známou barevnou teplotou, jejíž hodnota je přiřazena zkoumanému světlu v podobě CCT. Taková hodnota nám pak objektivně říká pouze to, jaký referenční zdroj byl našemu vzorku nejbližší v chromatickém diagramu (CIE UCS 1960), ale nevíme, jak to bylo daleko, ani v jakém směru, ani žádné další informace o spektrálním charakteru zkoumaného světla.

Na rozdíl od původní metriky teploty barvy nám jedno číslo u CCT nemůže určit konkrétní zabarvení světla, ale vyjadřuje jakousi množinu barev, které leží v chromatickém diagramu UCS na přímce kolmé ke křivce teplotních zářičů a zároveň procházející bodem referenčního zdroje. Pro nejběžnější hodnoty CCT je to typicky 10 - 20 barev, které člověk rozliší u jedné hodnoty CCT (např. 4000 K).

Metodika CCT je určena výslovně pro klasifikaci umělých zdrojů bílého světla [4], takže pokud zúžíme použití na širokopásmové zářiče v rozsahu obvyklém pro denní světlo (~2700–15000

K), se souřadnicemi blízko křivky teplotních zářičů, tak je CCT i praktickým nástrojem pro rychlou orientaci v zabarvení.



1. Subjektivní vjem "teplého" či "studeného" tónu zdroje bílého světla významně souvisí s okolním prostředím a fází cirkadiánního rytmu, ve které se pozorovatel nachází. V běžných podmínkách se u člověka spektrální citlivost na krátké vlnové délky směrem do noci zvyšuje, a proto také dochází ke změnám ve vnímání neutrality bílého světla.

Z výše uvedeného by mělo jasně vyplývat, že parametr náhradní teploty chromatičnosti (CCT) rozhodně není univerzální metrikou pro určování barvy světla a sám o sobě má význam pouze "doplňkové informace".

Koncept CCT rozhodně nebyl zamýšlen jako obecný systém pro určování barev. I přesto, že je technicky možné u některých pestrých barev hodnotu v Kelvinech také vyčíslit, nelze to doporučit pro praktické využití.

Pro doplnění je možné uvést několik příkladů, co k parametru CCT říkají respektované dokumenty:

#### CCT - příklad 1

##### Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and traffic signals (2019)

*/JRC Science for policy Report/*

Při zadávání maximálního limitu pro CCT je důležité znát dostupnost produktů na trhu, které mohou tento požadavek splnit. Analýza svítidel, která byla přidána do databáze LightingFacts v roce 2016 nebo 2017 jako funkce CCT, je uvedena níže.

K tomuto tématu lze učinit některá **obecná doporučení**: Nepoužívejte termín **modré světlo** v žádných kritériích GPP, pokud se netýkají **spektrální emise** v rámci definovaného rozsahu vlnových délek.

**CCT používejte pouze v případě, že se kritérium vztahuje k estetickým požadavkům na světlo vnímané lidmi (spíše než na světlo vnímané jinými druhy).**

Pokud je omezení obsahu modré složky problémem, měly by být k nastavení limitů použity **specifické metriky** (jako je G-Index nebo podobné). **CCT je nejasná a neuspokojivá metrika modrého obsahu světelných zdrojů.**

Potenciální dopady na divokou přírodu a jas noční oblohy jsou dostatečným odůvodněním pro omezení modrého světla. To by také přineslo výhodu řešení souvislostí s potenciálními účinky na lidské zdraví (složitá oblast, ve které se provádí mnoho výzkumů), protože tyto souvislosti **mají tendenci narůstat s vyšším obsahem modré složky.**

zdroj: <<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC115406>>

#### CCT - příklad 2

**CIE 234:2019** - A Guide to Urban Lighting Masterplanning

##### 6.2.5 Colour contrast of light

“Nikdy nebylo technicky jednodušší nebo levnější využívat světla syté barvy, ať už na statické nebo dynamické bázi, než je tomu dnes. Technologie LED dnes umožňuje pracovat nejen se sytými barvami, ale se všemi odstíny barev. Tato velmi snadná dostupnost ale vyžaduje opatrnost. **Mějte na paměti, že pro tento typ aplikace není CCT relevantní a barva světelného zdroje musí být vyjádřena chromatickými souřadnicemi, obvykle podle standardního kolorimetrického systému CIE 1931 (x, y).**”

#### CCT - příklad 3

Correlated colour temperature is not a suitable proxy for the biological potency of light, 2022

##### Conclusion

“...potřebujeme přesnou a prediktivní metriku biologického potenciálu světla, která je založena na solidních vědeckých poznatcích. V této studii jsme tvrdili, že CCT je pro tento účel koncepčně nevhodná, a provedli jsme numerickou analýzu, která prokázala, že významná variace v cirkadiálním stimulu a melanopickém ekvivalentu denního osvětlení nastává při jakémkoli pevném CCT a fotopickém osvětlení, což činí z CCT nevhodný ukazatel pro takovou kvantifikaci. Použití CCT jako měřítka biologických účinků světla nelze obhájit.”

zdroj: <<https://www.nature.com/articles/s41598-022-21755-7>>

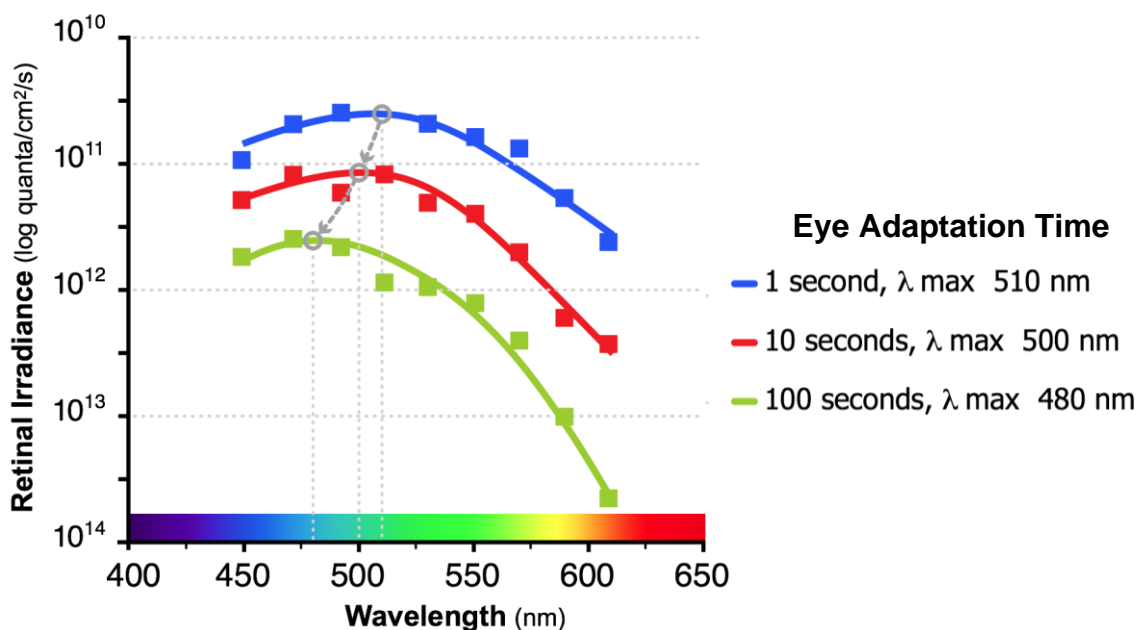
## 4. Modrá složka

Když je řeč o “barevné teplotě” bílého světla, tak je vhodné zmínit návaznost na podíl krátkých vlnových délek, které vnímáme jako odstíny azurové, modré a fialové a jejich účinek vytváří pro většinu známých organismů v neobrazové rovině (NIF, non-image forming) signál o tom, že skončila noc a je den. V odborné literatuře můžeme potkat technické označení pro zmíněnou energii prostřednictvím výrazu “U500”, což je zkratka z anglického “under 500 nm”.

Mnoho vědeckých prací v oblasti přírodních věd spoléhá díky své technické neodbornosti právě na velmi naivní předpoklad, že náhradní teplota chromatičnosti vyjadřuje podíl “modré složky” s přímou úměrou. To je způsobeno zejména návykem používat tento parametr v denním režimu u přirozeného bílého světla (teplotní zdroje širokopásmového záření ~2700–15000 K), kde tento předpoklad celkem dobře vyhovuje. U umělých zdrojů jako jsou zářivky či LED už se dávkuje jednotlivé podíly zářivé energie poměrně nezávisle, takže není možné z výsledné hodnoty CCT v Kelvinech určit, jaké podíly vlnových délek jsou ve světle obsaženy

– například pro 3000 K může modrá složka U500 nabývat bez problému hodnot od nuly do 35 %.

Jak pro záležitosti světelné hygieny, tak i v otázkách rušení světlem hrají významnou roli rozdíly v působení světla různých vlnových délek, které v praxi vnímáme jako různě zbarvené světlo. Jedním ze zásadních adaptačních mechanismů našeho oka je “pupilární reflex”, který má významnou spektrální závislost, a proto velmi záleží na spektrálním charakteru světla, kolik se nám ho dostane do oka, jak dobře uvidíme a jaké signály dostane náš nervový a hormonální systém [1]. Graf na obr. 2 dokládá, že oko reaguje na “modrozelené” složky bílého či barevného světla mnohem výraznějším zavřením pupily než na oranžové či červené světlo.



2. Spektrální závislost pupilárního reflexu lidského oka vykazuje nelineární průběh a dokumentuje řádově odlišnou reakci na modré světlo (450-500 nm) oproti oranžovému světlu např. ze sodíkových výbojek (~ 590 nm). Reakční citlivost se snižuje s dobou expozice a posouvá se ke kratším vlnovým délkám.

/zdroj: CIE TN 003:2015 [1]/

### Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] CIE TN 003:2015 - First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry 2013
- [2] CIE S 026/E:2018 - System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light
- [3] CIE 015:2018 - Colorimetry (4th edition)
- [4] CIE TN 013:2022 - Terms related to Planckian radiation temperature for light sources

- [5] Human melanopsin forms a pigment maximally sensitive to blue light ( $I_{max} \approx 479$  nm) supporting activation of signalling cascades, R. J. Lucas, H. J. Bailes, 2013
- [6] Measuring and using light in the melanopsin age, R. J. Lucas et al., 2014
- [7] Photoreceptor inputs to pupil control, M. Spitschan, Journal of Vision, 8.2019
- [8] Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults, T. M. Brown et al., 2022
- [9] Health considerations of artificial indoor lighting, S. Temple, United Kingdom, 2023
- [10] CCT is not a suitable proxy for the biological potency of light, T. Esposito, K. Houser, Nature 11.2022

# Výuka elektrického světla na střední škole SPŠEI v Ostravě

Ing. Petr Bos, Ph.D.

## 1 Úvod

Tento článek se zaměřuje na koncept výuky elektrického světla na střední škole. Elektrické světlo, zahrnující jeho zdroje a principy fungování, je klíčovou součástí výuky fyziky a elektrotechniky, která je nezbytná pro rozvoj komplexního porozumění elektrotechnickým jevům a aplikacím. Důraz je kladen na propojení teoretického výkladu s praktickou činností, včetně vlastních měření žáků. Na Střední průmyslové škole elektrotechniky a informatiky (SPŠEI) v Ostravě se tomuto tématu věnují žáci oboru elektroenergetika ve třetím ročníku. Je však škoda, že tento předmět má přiděleno pouze jednu hodinu týdně, což omezuje možnosti hlubšího rozboru a praktického procvičení. I přesto kombinace teorie a praxe, doplněná o aktivní zapojení žáků, vede ke zvýšené efektivitě výuky a lepšímu porozumění tohoto důležitého tématu.

## 2 Základy světelné techniky

Výuka světelné techniky již na střední škole zahrnuje klíčové oblasti zaměřené na pochopení základních fyzikálních principů světla a jeho technických aplikací. Žáci se seznamují se světelným tokem, intenzitou osvětlení, křivkami svítivosti, náhradní teplotou chromatičnosti, indexem podání barev a dalšími důležitými parametry, které hrají klíčovou roli v návrhu a hodnocení osvětlovacích soustav. Důležitou součástí je také pochopení vztahů mezi jednotlivými veličinami a jejich aplikace při návrhu osvětlení v praxi.

Součástí výuky je rovněž analýza vlivu spektrálního složení světelných zdrojů na vizuální komfort a kvalitu osvětlení v různých prostředích. Specifický důraz je kladen na požadavky norem a doporučení týkající se intenzity osvětlení, rovnoměrnosti osvětlení a oslnění, které mají zásadní vliv na zdraví a produktivitu uživatelů prostor.

## 3 Druhy svítidel a jejich aplikace

V rámci této části výuky se žáci zaměřují na výběr a charakteristiky různých druhů svítidel v závislosti na jejich účelu a aplikační oblasti. Významnou roli hrají kritéria jako energetická účinnost, životnost, světelný výkon a kvalita barevného podání. Žáci se seznámí s klíčovými typy svítidel, jako jsou zářivková svítidla, LED technologie, vysokotlaké výbojky a halogenové zdroje, a jejich použitím ve specifických aplikacích (průmyslové osvětlení, kancelářské prostory, veřejné osvětlení, sportoviště, osvětlení přechodů pro chodce atd.).

Důležitou součástí je i analýza trendů v oblasti moderní osvětlovací techniky, kde LED technologie zaujímají dominantní postavení díky své vysoké účinnosti a možnosti dynamického řízení světla. Kromě samotného výběru svítidel je v rámci výuky kladen důraz i na správný návrh rozložení svítidel v prostoru, který zajistí optimální osvětlení s ohledem na normativní požadavky a uživatelský komfort.

## **4 Výpočet osvětlení**

Výpočet osvětlení je klíčovým aspektem při navrhování efektivních a normativně vyhovujících osvětlovacích systémů. Žáci jsou vedeni k tomu, aby správně aplikovali metody pro výpočet intenzity osvětlení na základě potřebného světelného toku, osvětlované plochy a dalších relevantních parametrů.

Součástí výpočtů je také zohlednění odrazivosti povrchů, účinnosti svítidel, ztrát v důsledku znečištění a údržby. Vyučující navádí žáky k použití koeficientů údržby a dalších korekčních faktorů, které reflektují reálné podmínky provozu osvětlovacích systémů.

## **5 Návrh osvětlení v programu Relux**

Nedílnou součástí výuky je také praktické zaměření. Žákům je přiblížena a popsána práce s profesionálním softwarovým nástrojem Relux, který umožňuje simulaci a výpočet osvětlení v reálných podmínkách. Program Relux je široce používán v oblasti světelné techniky pro simulaci rozložení osvětlení v interiérových a exteriérových prostorách. Žáci v rámci výuky získávají první zkušenosti, jak pracovat s 3D modely prostor, jak volit vhodná svítidla a simulovat osvětlení na základě zadaných požadavků.

Nástroj Relux umožňuje přesné výpočty intenzity osvětlení na základě normativních požadavků a nabízí možnost vizualizace výsledků v grafické podobě, což umožňuje efektivní hodnocení kvality návrhu. Simulace zahrnují nejen základní parametry osvětlení, ale také aspekty energetické účinnosti, rovnoměrnosti osvětlení a prevence oslnění.

Program rovněž poskytuje nástroje pro analýzu denního světla, což umožňuje žákům vytvořit si představu, jak pracovat s kombinovaným systémem umělého a přirozeného osvětlení, které je stále častěji vyžadováno v moderní architektuře. Relux nabízí rovněž možnost optimalizace návrhů z hlediska úspory energie a snižování provozních nákladů, což je v dnešní době klíčovým aspektem při navrhování osvětlovacích systémů.

## **6 Propojení světelné techniky s praktickými úlohami měření**

Světelná technika hraje zásadní roli v moderním osvětlování vnitřních i venkovních prostor, kde jsou klíčové nejen teoretické základy, ale i praktické dovednosti v oblasti měření a návrhu. Propojení těchto dvou oblastí žákům umožňuje lépe porozumět komplexním problémům v reálných podmínkách. V rámci výuky se proto klade důraz na praktické úlohy, které pokrývají měření umělého osvětlení, analýzu světelných zdrojů, návrhy osvětlení i regulaci světelných systémů.

## **7 Měření umělého osvětlení prostor**

Praktická výuka zahrnuje především měření intenzity osvětlení v různých prostorách, která se provádí pomocí luxmetrů. Žáci se učí měřit intenzitu osvětlení v luxech (lx) na konkrétních místech místnosti, přičemž hodnotí, zda osvětlení splňuje normativní požadavky pro různé typy prostředí (PC učebny, klasické učebny, chodby, pracovní místa apod.). Při těchto měřeních je důležité nejen správné rozložení světelných zdrojů, ale také zohlednění odrazů od stěn a stropu a rovnoměrnost osvětlení.

## **8 Náběhové charakteristiky světelných zdrojů**

Další důležitou praktickou úlohou je měření náběhových charakteristik světelných zdrojů, jako jsou zářivky, LED svítidla nebo halogenové žárovky. Měření se zaměřuje na časové prodlevy při zapnutí a dosažení plného světelného výkonu. Tento parametr je důležitý pro hodnocení vhodnosti světelných zdrojů v různých aplikacích, zejména tam, kde je požadována okamžitá světelná odezva (např. v průmyslu nebo veřejném osvětlení).

## **9 Návrh osvětlení sportovišť**

Navrhování osvětlení pro venkovní a vnitřní sportoviště je specializovanou úlohou, kde je klíčové zajistit dostatečnou intenzitu osvětlení, rovnoměrnost osvětlení a minimalizaci oslnění. Žáci získávají důležité informace k zohlednění předpokladů normy ČSN EN 12193 na osvětlení sportovišť, které zahrnují specifické požadavky pro různé sportovní disciplíny. Kromě technických výpočtů žáci navrhují možnosti rozložení svítidel a učí se simulovat jejich vliv na kvalitu osvětlení.

## **10 Regulace osvětlení**

Další důležitou oblastí je regulace osvětlení, která představuje moderní trend v oblasti osvětlovacích soustav, kde je kladen důraz na energetickou úspornost a přizpůsobení osvětlení aktuálním potřebám uživatele. Žáci se seznamují s různými typy regulačních systémů, od jednoduchých časovačů po sofistikované DALI systémy, které umožňují dynamické řízení intenzity osvětlení a přizpůsobení jeho barevného spektra.

## **11 Závěr**

Výuka světelné techniky na střední škole, konkrétně na Střední průmyslové škole elektrotechniky a informatiky (SPŠEI) v Ostravě, je komplexní disciplínou zahrnující teoretické i praktické aspekty návrhu osvětlovacích systémů. Žáci jsou postupně vedeni od základních pojmů a veličin k pokročilým technikám simulace osvětlení pomocí specializovaného softwaru. I přesto, že pro měření zatím nemáme vybavenou laboratoř, což je škoda, protože žáci nemohou pracovat v ideálních podmínkách, které poskytují profesionální měřicí laboratoře elektrického světla, si osvojují klíčové znalosti a dovednosti. Po absolvování tohoto předmětu se z nich stávají začínající odborníci, což jim poskytuje nejen nezbytné znalosti pro práci v elektrotechnickém prostředí, ale také praktické dovednosti pro navrhování efektivních, energeticky úsporných a uživatelsky komfortních osvětlovacích systémů. Tyto schopnosti mohou být zásadní pro jejich budoucí profesní uplatnění.

# Úskalí projektu osvětlení venkovních pracovních prostor v elektrických stanicích přenosové soustavy

Antonín Brzobohatý, Ing., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, BRZ0033@vsb.cz,

Tomáš Mlčák Ph.D., Ing., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, MLC037@vsb.cz,



*Abstrakt: Tento příspěvek pojednává o problematice projektování venkovních osvětlovacích soustav v prostorech elektrických stanic přenosové soustavy. Mimo jiné se věnuje obecným a normativním požadavkům na projektovou dokumentaci, požadavkům na řízení a diagnostiku osvětlovacích soustav včetně možností omezování spotřeby elektrické energie osvětlovacích soustav.*

## 1 Požadavky na projektovou dokumentaci

Požadavky na dokumentaci staveb jsou upraveny prováděcí vyhláškou. Ke dni 1. 1. 2024 byla novým stavebním zákonem č. 283/2021 Sb. Stavební zákon, vyhláška č. 499/2006 zrušena a podle přechodného ustanovení v §332a stavebního zákona bylo možné do doby vydání nové prováděcí vyhlášky postupovat podle již zrušené vyhlášky, nejpozději však do 1. 7. 2027.

Od 1. 7. 2024 je účinná nová vyhláška č. 131/2024 o dokumentaci staveb. Podle Ministerstva pro místní rozvoj je rozhodným stavem pro posouzení, zda postupovat podle původní vyhlášky nebo nové, zda práce na projektové dokumentaci byly započaty do 30. 7. 2024. To musí u příslušného úřadu doložit projektant.

Podle jiných právních názorů však nelze z přechodných ustanovení toto vyčíst a bude to pravděpodobně stále tématem pro odbornou diskusi.

## 2 Normativní požadavky na projektovou dokumentaci elektrických rozvodů

Normativními požadavky jsou myšleny takové požadavky, kterými se zabývají České technické normy, Harmonizované technické normy a určené normy, dle zákona č. 22/1997 Sb.

### 2.1 České technické normy

Mezi České technické normy se řadí takové dokumenty, které jsou schváleny Českou agenturou pro standardizaci (dále jen „ČAS“). Jsou označovány zkratkou ČSN a jejich vydání předchází oznámení o vydání dané normy ve Věstníku úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Označení ČSN je proto zakázáno používat u jakéhokoliv jiného označování dokumentů. Česká agentura pro standardizaci je příspěvkovou organizací vytvořenou Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví podle zákona č. 265/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 90/2016 Sb. o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh a zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. [2]

V tomto důsledku převzala ČAS všechny činnosti související s tvorbou, vydáváním a distribucí technických norem od ÚNMZ k 1. 1. 2018.

Soustavu českých technických norem tvoří:

Původní české technické normy

Evropské, či mezinárodní normy přejeté překladem a

Evropské či mezinárodní normy přejeté v původním jazyce nebo přejeté schválením k přímému používání. [3]

### 2.2 Harmonizované technické normy

Harmonizovanými technickými normami jsou takové normy, které zpracovávají evropské technické organizace, jako je např. Evropský výbor pro standardizaci (CEN), Evropský výbor pro standardizaci v oblasti elektrotechniky (CENELEC). Všechny evropské normy vydané výše uvedenými organizacemi se stávají harmonizovanými až po oznámení v úředním věstníku k daným předpisům. Všechny harmonizované normy jsou stejně jako většina českých norem nezávaznými a nezávazné musí zůstat i po přijetí do národních norem. Dle platných právních předpisů je možné, aby se česká technická norma stala českou harmonizovanou normou poté, co přijme všechny požadavky stanovené evropskou harmonizovanou normou.

### **3 Normativní požadavky na osvětlování**

Normativními požadavky na osvětlování vnitřních i venkovních prostor se zabýval soubor norem s číselným označením 3604, který byl k 1. březnu 2007 nahrazen harmonizovanými technickými normami. V oblasti veřejného osvětlení, osvětlení místních komunikací a osvětlení silnic a dálnic jsou to následující normy:

ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení

ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky

ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet

ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření

Dalším důležitým dokumentem, týkající se osvětlování venkovních komunikací je předběžná norma ČSN P 36 0455 Osvětlení pozemních komunikací – Doplnující informace

V oblasti umělého osvětlení vnitřních prostor tuto normu nahradila harmonizovaná norma ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovišť – Část 1: Vnitřní pracoviště.

### **4 Specifikace požadavků na omezování vyzařovaného světla mimo osvětlovaný prostor**

Vyzařování nežádoucího světla do okolních prostor je velkým a důležitým tématem. Tato problematika se týká v podstatě každého umělého světelného zdroje umístěného ve venkovním prostředí, ať už jde o veřejné osvětlení v obcích, osvětlení venkovních sportovišť nebo jiných rozsáhlých ploch. Problematice rušivého světla se tedy věnuje i část harmonizované normy ČSN EN 12464-2 (360450) Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – část 2: Venkovní pracovní prostory. Dle této je nejprve potřeba stanovit správné zatřídění prostoru do zón životního prostředí. Jednotlivé zóny životního prostředí rozlišuje norma ČSN EN 12464-2. Jejich určení závisí na lokaci a okolním prostředí daného místa. Určení jednotlivého zatřídění se samozřejmě odvíjí od toho, zda se pohybujeme na území národních parků a chráněných územích nebo v centru měst a obchodních zón.

K tomuto stávajícímu rozdělení se přidává i nové dělení zón světelného prostředí, dle ČSN 36 0459. Tato aktualizace normy bere vyšší ohledy na více proměnných, které se při takovémto rozdělování do jednotlivých zón mohou vyskytnout. To, že jsou obě normy platné a plně účinné ve stejném čase a není mezi nimi žádná nadřazenost a normy si jsou z právního hlediska rovny znamená, že projektant nového venkovního osvětlení může při návrzích postupovat dle ČSN 36 0459 nebo dle ČSN EN 12 464-2.

Norma ČSN 36 0459 pouze doplňuje a v některých případech zpřísňuje požadavky jednotlivých norem, ve kterých se řeší problematika rušivého světla, konkrétně ČSN EN 12 464-2, ČSN 12193 a ČSN EN 13201-2.

## **5 Požadavky na řízení a diagnostiku osvětlovacích soustav ve vazbě na technické možnosti**

Jelikož LED svítidla využívají elektronické předřadníky kompatibilní pro řízení a komunikaci po protokolu DALI je provedení jejich diagnostiky snáze realizovatelná. Za pomoci protokolu DALI lze snadno ovládat svítivost jednotlivých svítidel a získávat o nich informace. Snadno lze získávat data o spotřebě elektrické energie a počtu provozních hodin. Díky této skutečnosti lze dopředu rozplánovat servis a případné výměny svítidel, které se dostanou na hranici své životnosti ještě předtím, než se stanou nefunkčními. V návaznosti na tuto skutečnost by tedy nemělo docházet k situacím, kdy v prostoru elektrické stanice přenosové soustavy bude nefunkční svítidlo, a tak budou dodrženy všechny minimální osvětlenosti vyplývající z požadavků na bezpečnost a ochranu.

V elektrických stanicích přenosové soustavy je řízení a diagnostika osvětlení nově realizováno pomocí komunikačního rozhraní RS485 mezi řídicím PLC, převodníkem DALI a předřadníkem samotného svítidla. Využití metalického přenosu dat je v prostorech elektrických stanic opodstatněno zejména z hlediska zamezení zarušení komunikačního protokolu. Využití bezdrátového přenosu dat v prostorech elektrických stanic pracujících s napětím 400 kV není z hlediska provozovatele přenosové soustavy doporučeno ani požadováno. Jedinou nevýhodou při realizaci metalických datových rozvodů protokolu DALI v rozsáhlých prostorech elektrických stanic je vzdálenostní omezení (300 m) mezi jednotlivými prvky připojenými na sběrnici. Z tohoto důvodu je třeba zajistit dostatek DALI převodníků vhodně rozmístěných v prostorech elektrických stanic.

### **5.1 Rozdělení osvětlovacích soustav v prostorech elektrických stanic přenosové soustavy**

Jelikož elektrické stanice přenosové soustavy spadají do kritické infrastruktury státu, jsou kladeny vysoké požadavky i na jejich osvětlování. Z tohoto důvodu se lze v prostorech elektrických stanic přenosové soustavy setkat s následujícími druhy osvětlovacích soustav.

#### **5.1.1 Hlídací osvětlení**

Soustava hlídacího osvětlení slouží k osvětlení perimetru elektrické stanice. Tato musí být navržena tak, aby byly dodrženy minimální vertikální osvětlenosti mezi jednotlivými světelnými body a zároveň nesmí zbytečně osvětlovat prostory mimo elektrickou stanici. Jedná se o nejvíce využívanou osvětlovací soustavu, protože hlídací osvětlení je spínáno vždy při setmění v závislosti na čidlu osvětlenosti umístěném v prostoru elektrické stanice.

#### **5.1.2 Osvětlení komunikací**

Osvětlovací soustava pro zajištění osvětlení komunikací v prostorech elektrických stanic přenosové soustavy se zabývá osvětlováním příjezdové komunikace od vjezdové brány k centrálnímu domku, k jednotlivým domkům sekundární techniky a k jednotlivým stáním transformátorů. Tato soustava je spínána automaticky při otevření vjezdových vrat.

#### **5.1.3 Provozní osvětlení**

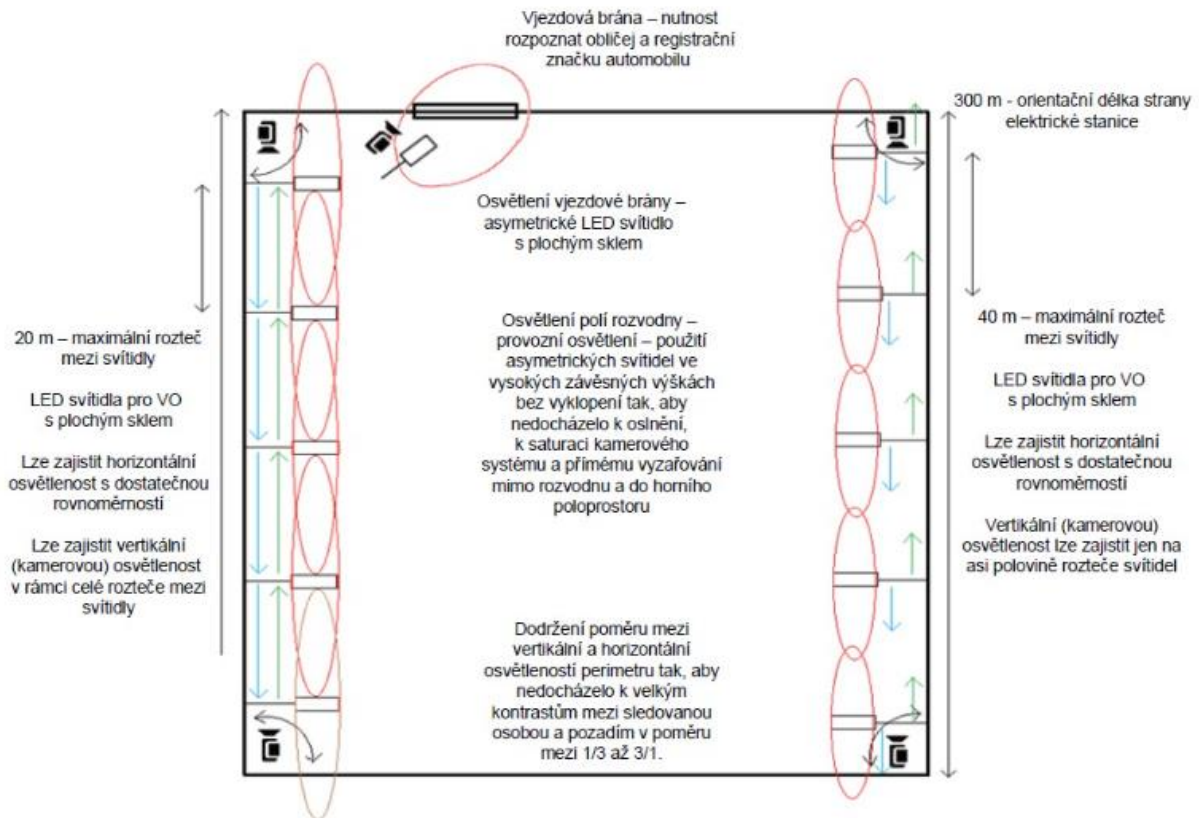
Soustava provozního osvětlení slouží k osvětlení jednotlivých technologických celků v provozních polích elektrických stanic přenosové soustavy. Toto osvětlení není za běžných provozních stavů využíváno a je spínáno pouze při nestandardních situacích, kdy případná obsluha stanice musí vizuálně kontrolovat provozní celky kdy jsou prováděny nezbytné manipulace pro zajištění bezpečnosti práce na daných technologických celcích.

## 6 Požadavky kamerových systémů

Jelikož jsou elektrické stanice přenosové soustavy provozovány bez neustálé přítomnosti obsluhy, je v těchto prostorech kladen velký důraz na dostatečné osvětlenosti kamerových koridorů. Jedná se především o dostatečnou vertikální osvětlenost v různých vzdálenostech mezi jednotlivými světelnými zdroji. Z tohoto důvodu nelze při výpočtech umělého osvětlení na opomíjet požadavky vertikálních osvětleností. Na obrázku níže jsou znázorněny dvě soustavy hlídacího osvětlení s roztečí 20 m mezi svítidly a 40 m mezi svítidly, při použití stejných svítidel v obou soustavách.

Při pohledu na soustavu s roztečemi 20 m je na první pohled patrné, jak se vyzařované světlo jednotlivých světelných zdrojů překrývají v obou směrech od zdroje k dalšímu zdroji. Z tohoto pohledu lze usuzovat, že vertikální osvětlenosti budou dodrženy po celé délce soustavy.

Pohled na soustavu hlídacího osvětlení tvořenou svítidly s roztečí 40 metrů napovídá, že dostatečná vertikální osvětlenost se vyskytuje pouze v malých částech tohoto koridoru. Vertikální osvětlenost je tedy dodržena pouze v místech, kde se protínají vyobrazené vyzařovací charakteristiky jednotlivých svítidel.



Obr.1 Kamerové osvětlenosti hlídacího osvětlení

## **7 Omezení spotřeby elektrické energie nově navržených osvětlovacích soustav**

Spotřeba elektrické energie je dlouhodobě velmi diskutovaným tématem. Toto téma se nevyhýbá ani vlastní spotřebě elektrických stanic přenosové soustavy. Ve všech ohledech je snaha zajistit co nejnižší spotřebu elektrické energie, ale zároveň zachování všech bezpečnostních požadavků. Jelikož elektrické stanice přenosové soustavy spadají do kritické infrastruktury státu, platí v nich mimořádně přísné bezpečnostní požadavky, další bezpečnostní požadavky zde platí z pohledu na nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Ve venkovních elektrických stanicích VVN a ZVN je ochrana před úrazem elektrickým proudem z velké části zajištěna polohou. Ovšem při poruchách a nestandardních situacích musí být všechny části a funkční celky dostatečně osvětleny tak, aby byla zajištěna bezpečnost osob pohybujících se v prostorech elektrické stanice. Jelikož se jedná o osvětlování rozsáhlých ploch, není ani spotřeba elektrické energie zanedbatelná. V současné době je ještě značná část elektrických stanic vybavena výbojkovými svítidly, jejichž spotřeba elektrické energie je značně vyšší než za použití svítidel využívajících LED technologii. Světelné diody o nejvyšším měrném výkonu se v dnešní době (2024) pohybují okolo 250 lm/W. S rostoucím měrným výkonem si světlo emitující diody našly cestu do všech kategorií osvětlování, včetně nejen venkovních prostor elektrických stanic přenosové soustavy. Dnes vyráběná svítidla obsahují sério-paralelně propojené matice jednotlivých světelných diod tak, aby při poruše jedné diody nedošlo k výraznému poklesu světelného toku svítidla. Jejich nespornou výhodou oproti výbojkovým svítidlům je značně nižší spotřeba elektrické energie a z toho plynoucí nižší náklady na jejich provoz.

## **8 Ovládání osvětlovacích soustav v prostorech elektrických stanic přenosové soustavy**

Osvětlení elektrických stanic přenosové soustavy je navrženo s možností místního i dálkového ovládání. Díky připojení programovatelných automatů k interní síti ČEPS je zajištěna možnost vzdálených přístupů z dohledových center a dispečerských pracovišť. Pokud vznikne potřeba ovládat jednotlivé osvětlovací soustavy z místa potřeby je systém navržený tak, aby ovládání bylo pro obsluhu co nejjednodušší. Do podružného rozváděče jsou vyvedeny digitální vstupy programovatelného automatu, které jsou připojeny na tlačítka reprezentující jednotlivé části osvětlovacích soustav. Díky této skutečnosti má obsluha možnost po přepnutí do místního ovládání sepnout jakoukoliv část osvětlení stisknutím jednoho tlačítka. Celý systém je koncipován tak, aby místní ovládání bylo nadřazeno dálkovému. Z uživatelského hlediska je celý systém navržený tak, aby jeho obsluha byla co nejjednodušší a zabírala co nejméně času.

## **9 Závěr**

Tento článek se věnuje vymezení základních pojmů a stěžejním problematikám vyvstávajících při projektování a návrhu osvětlovacích soustav pro elektrické stanice přenosové soustavy. Klade důraz na požadavky projektové dokumentace a normativní požadavky pro venkovní prostory. Specifikuje požadavky na omezování vyzařovaného světla mimo prostory elektrických stanic. Popisuje jednotlivé osvětlovací soustavy nacházející se v elektrických stanicích přenosové soustavy. Vymezuje požadavky na kamerové osvětlenosti a popisuje možnosti přístupu k ovládání jednotlivých osvětlovacích soustav.

## Literatura

- [1] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 283/2021 Sb. Stavební zákon. In: Sbírka zákonů. 2021, 124/21.
- [2] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. Agentura. Online. ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. Česká agentura pro standardizaci. C2024. Dostupné z: <https://www.agentura-cas.cz/o-nas/agentura/>. [cit. 2024-04-24].
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 22/1997 Sb.: Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. In: . 1997, 6/1997.

# Budovy na bývanie - možnosti aplikácie EN 17037

Doc. Ing. Stanislav Darula, CSc., SSTS, AS SKSI

Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

sdarula@gmail.com

*Abstrakt: Byt je jedným z najzložitejších funkčných priestorov užívaných človekom. Ma malom priestore je potrebné zabezpečiť bezpečnosť, zdravé prostredie, potreby na výchovu, vzdelanie, prácu a odpočinok. Jednou z požiadaviek na kvalitu prostredia bytu je dobré svetelné prostredie. V roku 2018 bola CEN publikovaná norma EN 17037 Daylight in buildings, ktorá prináša nové kritéria na posudzovanie denného svetla v budovách. Na Slovensku táto norma je preložená ako STN EN 17037 Denné svetlo v budovách. Krátka prax od vydania normy STN EN 17037 ukázala, že publikované hodnoty cieľových činiteľov dennej osvetlenosti sú pre priestory obytných miestností neaplikovateľné. Príspevok poskytuje možnosti aplikácie minimálneho cieľového činiteľa dennej osvetlenosti založeného na dostupnosti dennej osvetlenosti.*

## 1 Úvod

Vývoj poznania javov určujúcich kvalitatívne a kvantitatívne vlastnosti denného svetla posúvajú na vyššiu úroveň počítače a elektronika. Nové vedomosti umožňujú lepšie a efektívnejšie využívať priame slnečné svetlo a difúzne oblohové svetlo.

Všeobecne je známe, že základným zdrojom denného svetla je slnečné žiarenie Slnka, ktoré dopadá na zemský povrch. Keď sa zem otočí a dané miesto sa dostane na odvrátenú stranu, je noc a o využití denného svetla sa nedá uvažovať. V prípade pokusov o oddelenie denného svetla od slnečného žiarenia, by sa mali revidovať zákony pohybu telies v slnečnej sústave. To nie je možné, preto v teórii osvetľovania denným svetlom musíme pracovať jak s oblohovým, tak i so slnečným svetlom.

V poslednom čase sa objavujú aktivity zamerané na vylúčenie priameho slnečného svetla z bytov a ponechanie len oblohového svetla. Pravdepodobne sa jedná o nepochopenie zákonov prírody. Oblohové svetlo bez väzby na slnečné svetlo neexistuje a obidve sa musia zohľadniť v technickej praxi.

Kritéria EN 17037 prinášajú nový koncept hodnotenia denného osvetlenia v budovách. Využíva sa celoročná dostupnosť oblohového a globálneho svetla na definovanie cieľových činiteľov dennej osvetlenosti alebo simulovanie ich úrovní [1]. Na rozdiel od STN 73 0580-1 alebo ČSN 73 0508-1 v EN 17037 nie sú určené triedy zrakových činností [2, 3]. V bočne osvetľovaných priestoroch sa pracuje s minimálnou vnútornou osvetlenosťou  $E_{TM} = 100$  lx na 95 % porovnávacej roviny alebo  $E_T = 300$  lx, ktorá sa má dosiahnuť v strede porovnávacej roviny.

## 2 Denné osvetlenie obytných miestností podľa mediánu vonkajšej oblohovej osvetlenosti $E_{v,g, med}$

Podľa tab. A3 normy EN 17037 je pre Slovenskú republiku odporúčané kritérium  $D_{TM} = 0,6 \%$  pre  $E_{TM} = 100 \text{ lx}$  a  $D_T = 1,8 \%$  pre  $E_T = 300 \text{ lx}$  na posúdenie dennej osvetlenosti, pričom sa ako vonkajšia oblohová osvetlenosť uvádza  $E_{v,d, med} = 16\,300 \text{ lx}$ .

Ak by sa mala zabezpečiť hodnota cieľovej osvetlenosti  $E_T = 300 \text{ lx}$  na polovici porovnávacej roviny obytnej miestnosti, potom vychádza cieľový činiteľ dennej osvetlenosti  $D_T = 100 \times 300/16300 = 1,8 \%$ . To znamená, že sa podľa STN EN 17037 požaduje dvojnásobná hodnota oproti  $D = 0,9 \%$  požadovanej STN 73 0580-2, ktorá sa uplatňovala celé desaťročia [4, 5].

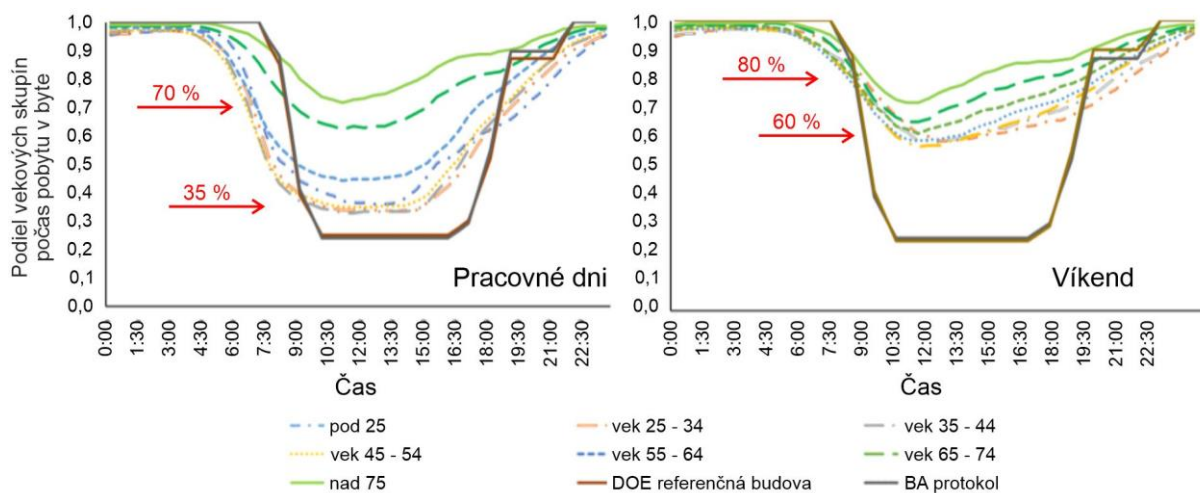
Ukázalo sa, že požiadavka  $D_T = 1,8 \%$  podľa [4] sa nedosiahne v strede bežnej obytnej miestnosti širokej 4 m ani pri šírke okna 4 m ( $D = 1,41 \% < D_T = 1,8 \%$ ) a takmer sa dosiahne iba pri voľnom horizonte a celozasklenej stene 4 x 2,4 m ( $D = 1,81 \% > D_T = 1,8 \%$ ). Z uvedeného vyplýva, že v prípade obytných miestností v osídlenom prostredí sú kritéria STN EN 17037 ťažko splniteľné. Čo je horšie, kritérium založené na mediáne vonkajšej oblohovej osvetlenosti  $E_{v,d, med}$  zabezpečuje vyhovujúcu dennú osvetlenosť **len na pol roka**. Byty sa počas roka využívajú na rôzne činnosti [6] dlhšie ako len polovicu roka [6].

Pre hodnotenie dennej osvetlenosti v bytoch sa z hygienického hľadiska **nesmú použiť tab. A.3 a A.4**, ktoré sú uvedené v **STN EN 17037** alebo **ČSN EN 17037** [7]. Údaje v tab. A.3 a tab. A.4 v STN EN 17037 treba interpretovať ako prahové. Využitelnosť denného svetla kratšie ako 50 % v roku sa podľa STN EN 17037 nepripúšťa, dlhšie využitie denného svetla v budovách sa nezakazuje.

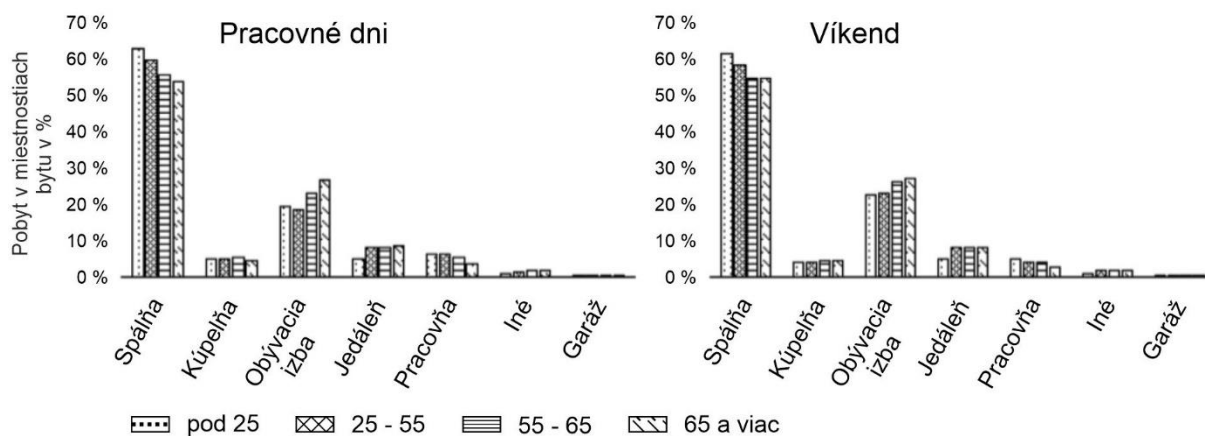
## 3 Funkcia bytu

Budovy sú primárne určené na ochranu ľudí, zvierat, alebo vecí a vykazujú viac funkcií. Kvalita vnútorného prostredia budov je rozhodujúcim faktorom, ktorý ovplyvňuje zdravie ľudí, produktivitu na pracovisku a ekonomickú prevádzku budov. Podobne ako iné budovy aj bytové budovy musia spĺňať požiadavky na ochranu pred hlukom a vibráciami, výskytom znečisťujúcich látok vo vzduchu a požiadavky na denné osvetlenie a preslnenie, tepelno-vlhkostné prostredie, ochranu zdravia a efektívne nakladanie so všetkými druhmi energií.

Možno sa stretnúť s názorom, že do bytov sa chodí len spať a preto nie je potrebné im pri projektovaní venovať väčšiu pozornosť. V skutočnosti sa v bytoch nachádzajú matky s deťmi na materskej dovolenke, žiaci a študenti tu robia úlohy alebo študujú literatúru, dôchodcovia a imobilní občania s obmedzenými schopnosťami sú takmer bez možnosti pobytu mimo bytu a v poslednom čase aj občania v aktívnom veku využívajú byt na prácu formou home-office. V [6] sú publikované výsledky trvania pobytu ľudí v byte, obr. 1, a v jednotlivých priestoroch bytu, obr. 2. Obr. 1 zreteľne ukazuje vyššiu obsadenosť bytov cez víkendy 35 % - 75 % a nerovnomerné využívanie vekovými skupinami. Najviac sa v bytoch zdržujú ľudia vo vekovej skupine viac ako 65 rokov. Takmer tretinu dňa prespíme na lôžku. V noci sa požiadavky na denné osvetlenie neuplatňujú. Obr. 2 dokazuje, že v dennej dobe ľudia najviac využívajú priestor obývacej izby, jedálne a pomerne dlhý čas trávia v priestore s požiadavkami na zrakové práce, v pracovni (čítanie, písanie, home-office).



Obr.1 Priemerný pobyt obyvateľov v bytoch, podľa [6]. DOE referenčná budova [8], BA protokol (Building America Simulation Protocol [9]).



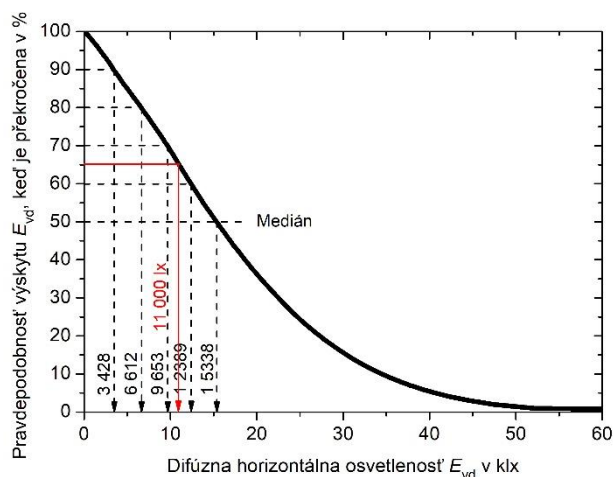
Obr.2 Čas strávený v rôznych vnútorných priestoroch bytu v % podľa [6]

#### 4 Výskyt oblohovej osvetlenosti v Bratislave

Na CIE IDMP stanici v Bratislave sa realizovali dlhodobé merania vonkajšej dennej osvetlenosti zamerané na zistenie ich dostupností. Štatistické spracovanie získaných dát je publikované v [10]. Výskytu vonkajšej oblohovej osvetlenosti  $E_{vd}$  v rozsahu 40 % až 90 % použiteľné na zistenie dostupnosti denného svetla v bytových domoch sú uvedené v tab. 1. Na obr. 3 je odčítaná hodnota  $E_{vd,65\%} = 11\,000\text{ lx}$  zodpovedajúca 65 % výskytu, keď je hodnota  $E_{vd}$  prekročená.

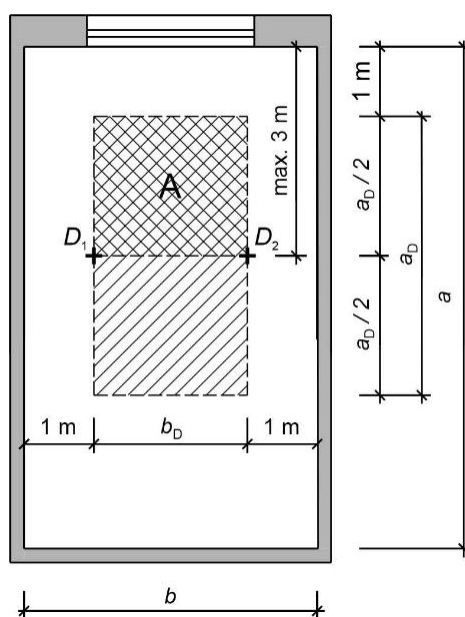
Percentily	40 %	50 %, $E_{v,d,med}$	60 %	70 %	80 %	90 %
Hodnota $E_{vd}$ [lx]	18 629	15 338	12 389	9 653	6 612	3 428

Tab.1 1 Výskyt oblohovej osvetlenosti  $E_{vd}$  v Bratislave



Obr.3 Dostupnosť oblohovej osvetlenosti  $E_{vd}$  v Bratislave

Pokiaľ vnímanie vnútorného priestoru je prijateľne osvetlené denným svetlom pri priemernej hodnote  $D = 0,9\%$  v strede miestnosti, [11, 12], v súčasnosti sa od bytu požaduje viacej funkcií spojených aj so zrakovými činnosťami. V tomto prípade sa dá využiť kritérium  $E_{TM} = 100\text{ lx}$  z STN EN 17037. Navrhol sa koncept osvetlenia obytného priestoru založený na funkčne vymedzenej jeho časti. Obvod porovnávacej roviny je vzdialený 1 m od bočných stien. Poloha posudzovaných bodov  $D_1$  a  $D_2$  je v strede miestnosti alebo v strede porovnávacej roviny, ktorých vzdialenosť od okennej steny je najviac 3 m [5]. Odporúča sa navrhovať porovnávaciu rovinu s kontrolnými bodmi nie bližšie ako 1,5 m od okennej steny, aby sa dal priestor pri okne využiť na práce spojené so zrakovými činnosťami [13]. Priemeru bodov  $D_1$  a  $D_2$  je priradená osvetlenosť  $E_{TM} = 100\text{ lx}$ , ktorá vystihuje požiadavky na zrakové činnosti v triede IV v tab. 1 normy STN 73 0580-1:1987. Týmto je umožnené určiť 95 % časť porovnávacej roviny na hodnotenie minimálneho cieľového činiteľa dennej osvetlenosti  $D_{TM}$ , vyšrafovaná plocha „A“ na obr. 4. Potom funkčne vymedzená zóna priestoru s denným svetlom bude mať hĺbku  $a_D$ , zodpovedajúcu dvojnásobku hĺbky plochy „A“.



Obr.4 Poloha kontrolných bodov  $D_1$  a  $D_2$  a funkčné rozdelenie porovnávacej roviny

## 5 Test použitia $E_{TM} = 100 \text{ lx}$ v obytných miestnostiach

Významnú úlohu pri projektovaní budov zohrávajú požiadavky na šetrenie energiami. Všeobecne platí, že tam kde sa využíva denné svetlo, nie je potrebné míňať elektrickú energiu na elektrické osvetlenie. V súčasnosti sa podľa STN 73 0580-2 posudzuje denná osvetlenosť v obytnej miestnosti podľa kritéria (1).

$$D = D_1 + D_2 > 0,9 \% \quad (1)$$

Doteraz sa v oknách používali dvojité zasklenia. Vplyvom šetrenia energiami sa navrhujú a osadzujú okná s trojitým zasklením. To má za následok zníženie svetelného toku, ktorý prechádza oknami. Pri použití kritéria  $D = 0,9 \%$  podľa (1) sa v miestnosti s oknami s trojitým bežným zasklením znižuje využiteľná plocha s denným osvetlením oproti ploche v miestnosti s dvojitým zasklením a obytné miestnosti by mali byť plytšie alebo mať väčšie rozmery okien alebo by mali byť použité kvalitnejšie zasklenia. Pri použití kvalitnejších zasklení rastú investičné náklady na výstavbu.

Na zrealizovanie výpočtov dennej osvetlenosti a zohľadnenie možností svetelnej techniky s úsporami energií existuje niekoľko možností. Prvá predstavuje zväčšenie plochy zasklenia v osvetľovacích otvoroch, Druhá predstavuje zmenšenie porovnávacej roviny s dostatočným denným svetom, t. j. izočiary  $D = 0,9 \%$  priblížiť viac k okennej stene, tretia možnosť predpokladá zníženie hodnoty  $D_{TM} < 0,9 \%$  a viac menej zachovať veľkosť porovnávacej roviny. V obidvoch posledných prípadoch je nutné zachovať minimálnu vnútornú osvetlenosť  $E_{TM} = 100 \text{ lx}$ , ktorá je požadovaná STN EN 73037. Tretia možnosť znamená, že sa zníži počet hodín v roku s využiteľným denným osvetlením [14].

Použitím tab. 1 je možné určiť hodnotu kritéria  $D_{TM,\%}$  (2) na určité percentuálne využitie denného svetla v roku. Pri požiadavke  $E_{TM} = 100 \text{ lx}$  a 65 % využití denného svetla vychádza  $D_{TM,65\%} = 100 \times 100/11\ 000 = 0,9 \%$ , pričom pri 60 % využití je  $D_{TM,60\%} = 100 \times 100/12\ 400 = 0,8 \%$ .

$$D_{TM,\%} = 100 \frac{E_{TM}}{E_{vd,\%}} \quad (2)$$

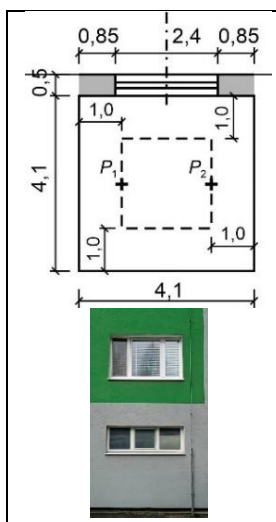
Výpočtom pomocou programu WDLS sa testovala možnosť zníženia  $D_{TM} = 0,9 \%$  na  $D_{TM} = 0,8 \%$  pri zabezpečení  $E_{TM} = 100 \text{ lx}$ . Testovacím parametrom bola vzdialenosť od okennej steny izočiary  $D = 0,9 \%$  (miestnosť s dvojitým zasklením) a izočiary  $D = 0,8 \%$  (miestnosť s trojitým zasklením). Ak by poloha týchto čiar bola podobná, tým by sa plocha s dostatočným denným svetlom nemusela významne meniť pri použití  $D_{TM} = 0,8 \%$  a hĺbka miestností by sa mohla zachovať. Predstavená úvaha má za následok kratšiu dobu využitia denného svetla v roku.

Kittler meral činiteľa dennej osvetlenosti v obytných miestnostiach s loggiou rôznej hĺbky pri vonkajšom tienení súvislou prekážkou s pomerom jej výšky ku vzdialenosti od miestnosti 1:2 a 1:3 [15, 16]. Merania boli realizované pod umelou oblohou na ÚSTARCHE SAV v Bratislave. Na základe získaných výsledkov odporúča navrhovať loggie nie hlbšie ako 1,2 m.

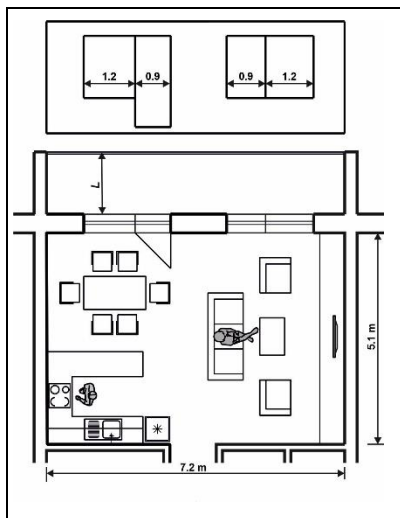
V programe WDLS sa uskutočnili výpočty činiteľa dennej osvetlenosti vo vybraných obytných miestnostiach svetlej výšky 2,75 m bez loggie aj v miestnostiach rôznych pôdorysov s loggiou hĺbky 1,2 m. Zohľadnilo sa tienenie prekážkou v súvislej ulici v hodnote ekvivalentného uhla tienenia  $\alpha_e = 30^\circ$  a  $36^\circ$ , podľa STN 73 0580-1/Z2 [17]. Ďalšie vstupné údaje do výpočtu sú uvedené v tab. 2 a výsledky na obr. 5 až obr. 9.

Údaj	Hodnota	Údaj	Hodnota
výška okna	1,5 m	činiteľ odrazu svetla	$\rho$
výška balkónových dverí	2,3 m	steny	0,5
hrúbka obvodovej steny	0,45 m	strop	0,7
výška referenčnej roviny	0,85 m	podlaha	0,5
vzdialenosť porovnávacej roviny od bočných stien	1,0 m	ostenie	0,5
činiteľ priepustnosti svetla dvojitým zasklením, $\tau$	0,81	podlaha loggie	0,2
činiteľ priepustnosti svetla trojitým zasklením, $\tau$	0,78	steny loggie	0,5
činiteľ priepustnosti svetla plastovým oknom, $\tau$	0,75	zábradlie loggie	0,2

Tab.2 Údaje pre testovací výpočet

	Vzdialenosť od okenej steny					
	$\alpha_e = 30^\circ/x$	3,1	2,7	2,3	1,8	1,4
$D_{0,9}$ (dvojsklo)	1,90	1,95	2,01	2,01	1,96	1,91
$D_{0,8}$ (trojsklo)	1,92	1,97	2,05	2,05	1,97	1,92
$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,02	-0,02	-0,04	-0,04	-0,01	-0,01
$\alpha_e = 36^\circ/x$	3,1	2,7	2,3	1,8	1,4	1,0
$D_{0,9}$ (dvojsklo)	1,43	1,52	1,55	1,56	1,52	1,44
$D_{0,8}$ (trojsklo)	1,46	1,54	1,57	1,57	1,54	1,47
$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,02	-0,03

Obr.5 Petržalka, stavebná sústava P.1.14. Obytná miestnosť 4,1 x 4,1 x 2,75 m, bez loggie

	Vzdialenosť od okenej steny						
	$\alpha_e = 30^\circ/x$	1,0	1,5	2,6	3,6	4,6	5,7
$D_{0,9}$ (dvojsklo)	1,26	1,42	1,41	N	1,33	1,45	1,34
$D_{0,8}$ (trojsklo)	1,29	1,44	1,44	N	1,37	1,47	1,37
$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,03	-0,02	-0,03	N	-0,04	-0,02	-0,03
$\alpha_e = 36^\circ/x$	1,0	1,5	2,6	3,6	4,6	5,7	6,2
$D_{0,9}$ (dvojsklo)	N	1,04	N	N	N	1,04	N
$D_{0,8}$ (trojsklo)	N	1,07	N	N	N	1,07	N
$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	-0,03	N	N	N	-0,03	N

Obr.6 Obytná miestnosť 7,2 x 5,1 x 2,75 m, loggia 1,2 m

	<b>Vzdialenosť od okenej steny</b>					
	$\alpha_e = 30^\circ/x$	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6
	$D_{0,9}$ (dvojsklo)	1,46	1,49	1,49	1,43	1,36
	$D_{0,8}$ (trojsklo)	1,49	1,52	1,52	1,47	1,39
	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03
	$\alpha_e = 36^\circ/x$	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6
	$D_{0,9}$ (dvojsklo)	N	N	N	N	N
	$D_{0,8}$ (trojsklo)	N	N	N	N	N
	$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	N	N	N	N
	N - nevyhovuje					

Obr.7 Obytná miestnosť 3,6 x 4,2 x 2,75 m, loggia 1,2 m

	<b>A</b>					
	<b>Vzdialenosť od okenej steny</b>					
	$\alpha_e = 30^\circ/x$	1,0	1,2	1,5	1,8	
	$D_{0,9}$ (dvojsklo)	1,36	1,38	1,39	1,38	
	$D_{0,8}$ (trojsklo)	1,38	1,40	1,40	1,39	
	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	
	$\alpha_e = 36^\circ/x$	1,0	1,2	1,5	1,8	
	$D_{0,9}$ (dvojsklo)	N	1,11	1,06	N	
	$D_{0,8}$ (trojsklo)	N	1,13	1,09	N	
	$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	-0,02	-0,03	N	
	<b>B</b>					
	<b>Vzdialenosť od okenej steny</b>					
	$\alpha_e = 30^\circ/x$	1,0	1,6	2,2	2,7	3,3
	$D_{0,9}$ (dvojsklo)	1,34	1,54	1,55	1,58	1,52
	$D_{0,8}$ (trojsklo)	1,37	1,56	1,57	1,61	1,55
	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,03	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03
	$\alpha_e = 36^\circ/x$	1,0	1,6	2,2	2,7	3,3
	$D_{0,9}$ (dvojsklo)	N	1,27	1,32	1,29	1,25
$D_{0,8}$ (trojsklo)	N	1,31	1,35	1,33	1,28	
$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	-0,04	-0,03	-0,04	-0,03	

Obr.8 A) Izba 2,75 x 4,4 x 2,75 m, súvislá loggia 1,2 m; B) Izba 4,3 x 8,1 x 2,75, súvislá loggia 1,2m

	Vzdialenosť od okennej steny				
$\alpha_e = 30^\circ/x$	1,0	1,5	1,9	2,4	2,9
$D_{0,9}$ (dvojsklo)	1,21	1,27	1,30	1,26	1,38
$D_{0,8}$ (trojsklo)	1,22	1,29	1,31	1,28	1,41
$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,03
$\alpha_e = 36^\circ/x$	1,0	1,5	1,9	2,4	2,9
$D_{0,9}$ (dvojsklo)	N	N	N	N	N
$D_{0,8}$ (trojsklo)	N	N	N	N	N
$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	N	N	N	N

Obr.9 Miestnosť 3,9 x 6,0 x 2,75 m, loggia 1,2 m

## 6 Záver

Výsledky výpočtov ukazujú, že v niektorých prípadoch je vzdialenosť senzora od okennej steny s hodnotou  $D = 0,9\%$  (obytné miestnosti s dvojsklom) rovnaká ako senzora s  $D = 0,8\%$  (obytné miestnosti s trojsklom). Kladná hodnota predstavuje väčšiu vzdialenosť senzora  $D = 0,9\%$  od okennej steny ako senzora  $D = 0,8\%$ . Ak sa hodnota činiteľa dennej osvetlenosti v mieste senzora líšila od hodnoty  $0,9\%$  alebo  $0,8\%$ , lineárnou interpoláciou v príslušnom intervale sa zistila poloha sledovaných hodnôt. Rozdiely vo vzdialenostiach polohy senzorov  $D_{0,9\%}$  a  $D_{0,8\%}$  sa menia od  $-0,04$  m do  $0,0$  m, tab. 3.

			Vzdialenosť od okennej steny						
	$\alpha_e$	X	3,1	2,7	2,3	1,8	1,4	1	
Petržalka, stavebná sústava P.1.14. Obytná miestnosť 4,1 x 4,1 x 2,75 m, bez loggie	$30^\circ$	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,02	-0,02	-0,04	-0,04	-0,01	-0,01	
	$36^\circ$	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,02	-0,03	
	$\alpha_e$	x	1	1,5	2,6	3,6	4,6	5,7	6,2
Obytná miestnosť 7,2 x 5,1 x 2,75 m, loggia 1,2 m	$30^\circ$	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,03	-0,02	-0,03	N	-0,04	-0,02	-0,03
	$36^\circ$	$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	-0,03	N	N	N	-0,03	N
	$\alpha_e$	x	1	1,4	1,8	2,2	2,6		
Obytná miestnosť 3,6 x 4,2 x 2,75 m, loggia 1,2 m	$30^\circ$	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03		
	$36^\circ$	$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	N	N	N	N		

Tab.3 Súhrn výsledkov výpočtu

Izba 2,75 x 4,4 x 2,75 m, súvislá loggia 1,2 m	Vzdialenosť od okenej steny						
	$\alpha_e$	x	1	1,2	1,5	1,8	
	30°	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	
	36°	$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	-0,02	-0,03	N	
Miestnosť 3,9 x 6,0 x 2,75 m, loggia 1,2 m	$\alpha_e$	x	1	1,5	1,9	2,4	2,9
	30°	$D_{0,9}-D_{0,8}$	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,03
	36°	$D_{0,9}-D_{0,8}$	N	N	N	N	N

Tab.3 Súhrn výsledkov výpočtu, pokračovanie

Ukazuje sa, že by sa dalo použiť kritérium  $D_{TM} = 0,8 \%$  na posudzovanie denného osvetlenia v obytných budovách. Umožnila by sa tým využiteľnosť priestoru porovnateľná so súčasnou a rešpektovali požiadavky na úsporu energií pri prevádzke. Zadarmo by to nebolo. Doba využiteľnosti dostatočného denného osvetlenia by sa skrátila o asi 15 dní v roku.

### PodĎakovanie

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.

### Literatura a odkazy

- [1] EN 17037:2018. Daylight in buildings. Brussels: CEN CENELEK.
- [2] STN 73 0580-1: 1987. Denné osvetlenie budov. Časť 1: Základné požiadavky. Praha: ÚNM.
- [3] ČSN 73 0580-1:2007, Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky. Praha: ČNI.
- [4] STN EN 17037+A1:2022. Denné svetlo v budovách. Bratislava ÚNMS.
- [5] STN 73 0580-2: 2000, Denné osvetlenie budov. Časť 2: Denné osvetlenie budov na bývanie.. Bratislava: SÚTN.
- [6] Mitra, D., Steinmetz, N., Chu, Y., Cetin, K.S. Typical occupancy profiles and behaviors in residential buildings in the United States. Energy and Buildings, Vol. 210, 2020, 109713
- [7] ČSN EN 17037+A1:2023. Denní osvětlení budov. Praha. ÚNMZ.
- [8] Deru, M., Field K., Studer D., Benne K., Griffith B., Torcellini P., Liu B., et al. 2011. "U.S. Department of Energy commercial reference building models of the national building stock." Nrel/Tp-5500-46861, no. February 2011: 1–118.
- [9] E. Wilson, C. Engebrecht Metzger, R. Hendron, S. Horowitz, 2014 Building america house simulation protocols, Natl. Renew. Energy Lab. NREL/TP-55, (2014).

- [10] Ferenčíková, M. a Darula, S. *Daylight availability in interiors during operating time*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019, 81s. ISBN: 978-613-9-45969-8.
- [11] Seidl, M. Tageslicht im Wohnbereich. Beispiele für die Umsetzung subjektiver Beurteilung der Beleuchtungsqualität in lichttechnischen Anforderungen. *Licht* 1979(31), No. 9, p. 371-373.
- [12] Seidl, M. Tageslicht im Wohnbereich II. . *Licht* 1979(31), No. 10, p. 426-429.
- [13] Darula, S., Czafík, M., Rajnohová, A. Daylighting in shaded rooms with loggia. 5<sup>th</sup> Central European Symposium on Building Physics 2022 (CESBP 2022). Melville, USA: AIP Publishing, 2023. ISBN 978-0-7354-4734-9. ISSN 0094-243X. art. no. 010002, 8 p.
- [14] Darula, S. Obytná miestnosť – testovanie polohy  $D = 0,9 \%$  a  $D = 0,8 \%$ . Štúdiá, Bratislava: august 2024.
- [15] Kittler, R. a kol. Experimentálny výskum svetlotechnických vlastností stavebných prvkov a systémov II a. Modelové merania prírodného osvetlenia interiérov za loggiou. Záverečná správa ÚSTARCH SAV, P 12-121-001-002-03/4, 107 s., 1975.
- [16] Kittler, R.: Svetlotechnické problémy typových obytných budov NKS a ich experimentálny výskum. *Architektúra a Urbanizmus*, 9, 1975, 4, 11-24, 10, 1976, 1, 23-36, 2, 29-40.
- [17] STN 73 0580-1/Z2:2000, Denné osvetlenie budov. Základné požiadavky. Bratislava: SÚTN.

# Zkoušení způsobilosti měření elektrického osvětlení 2024

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

Ve dnech 28. a 29. května 2024 se konal další ročník zkoušení způsobilosti měření elektrického osvětlení. Již tradičně se měřilo na půdě Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, v zánovní budově fakulty Elektrotechniky a informatiky. Předmětem měření byla bezokenní místnost spisovny vybavena regály (Obr. 1. a 2.). Zavítalo k nám celkem 21 měřících skupin, z toho 2 skupiny byly ze Slovenska a 7 skupin k nám přijelo letos poprvé.



Obr. 1. Spisovna EA003



Obr. 2. Elektrické osvětlení spisovny

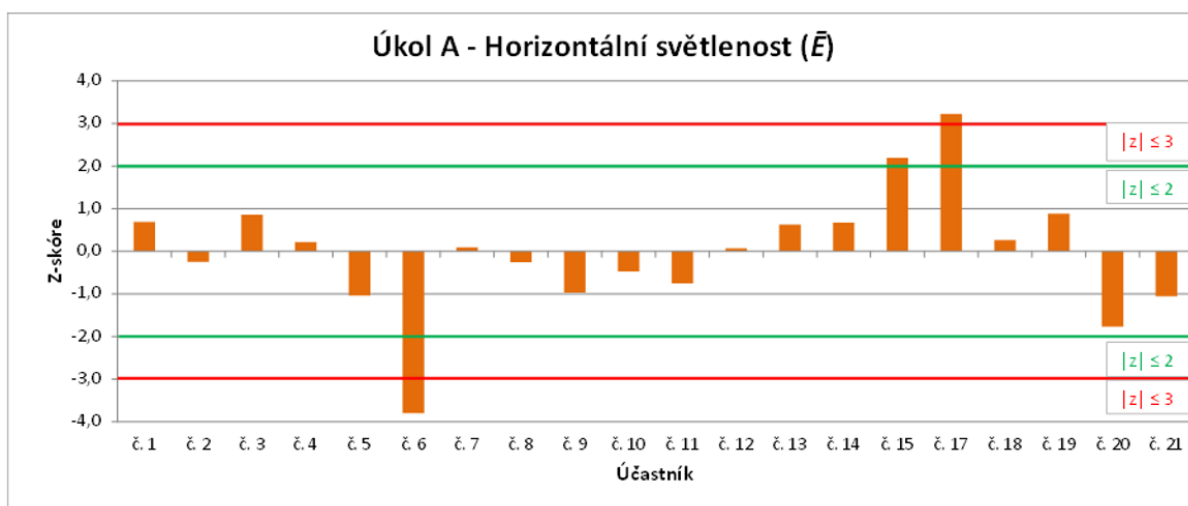
Účastníky měření jsme vůbec nešetřili. Připravili jsme si pro ně 5 úkolů (A-E), které musely splnit ve stanoveném časovém intervalu 60 minut. Nyní si představme jednotlivé úkoly a výsledky z-scóre v grafickém provedení. Osvědčení o účasti obdržel pouze ten účastník, který dosáhl v daném úkolu hodnot z-skóre  $|z| \leq 2,0$ .

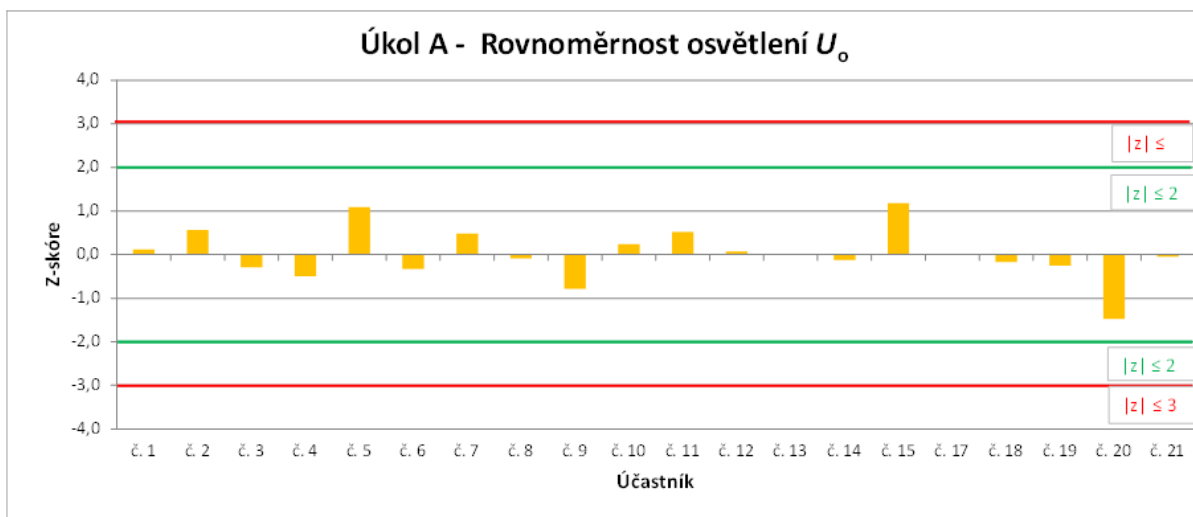
## Úkol A)

Změřte horizontální osvětlenost a vypočítejte rovnoměrnost osvětlení vymezeného prostoru uličky spisovny EA003 (Obr. 3.), kde se nachází regálový sklad spisů. Vycházejte z ref. č. 13.5 normy ČSN EN 12464-1.



Obr. 3. Vymezený prostor uličky



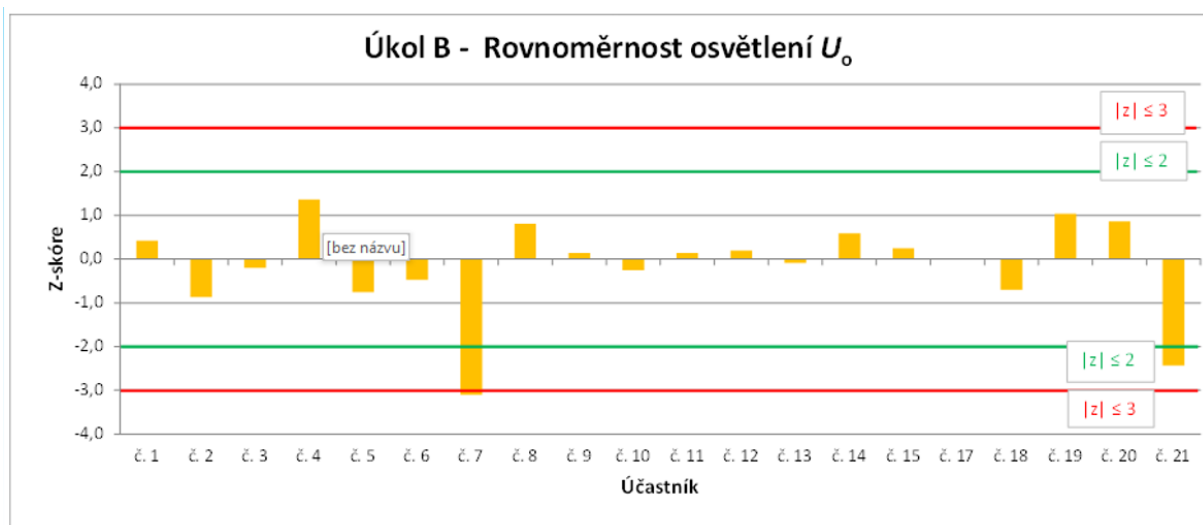
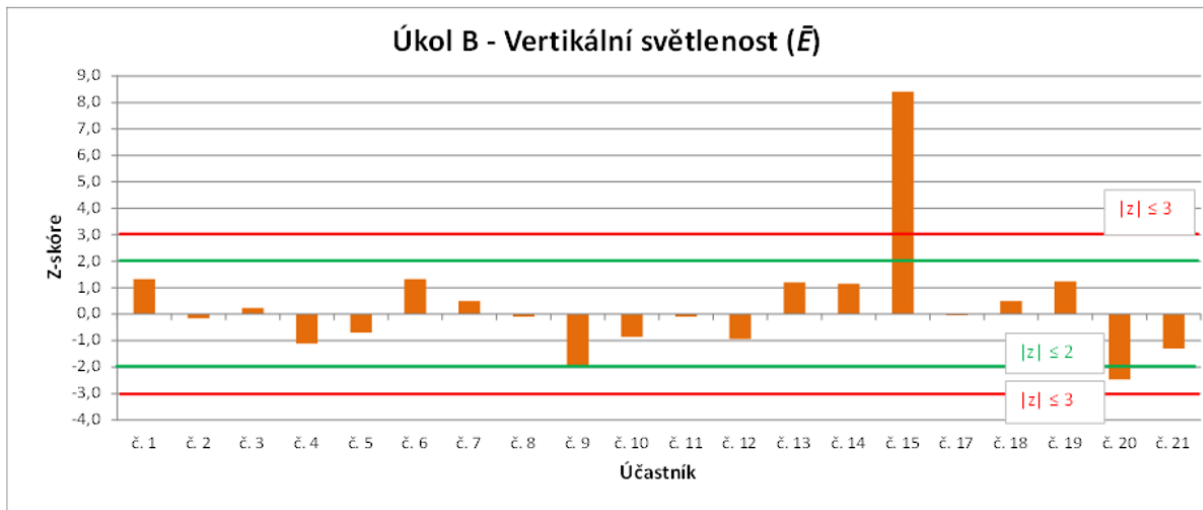


### Úkol B)

Změřte vertikální osvětlenost a vypočítejte rovnoměrnost osvětlení vymezené části regálu (Obr. 4.). Vycházejte z ref. č. 13.6 normy ČSN EN 12464-1.



Obr. 4. Vymezený prostor regálu

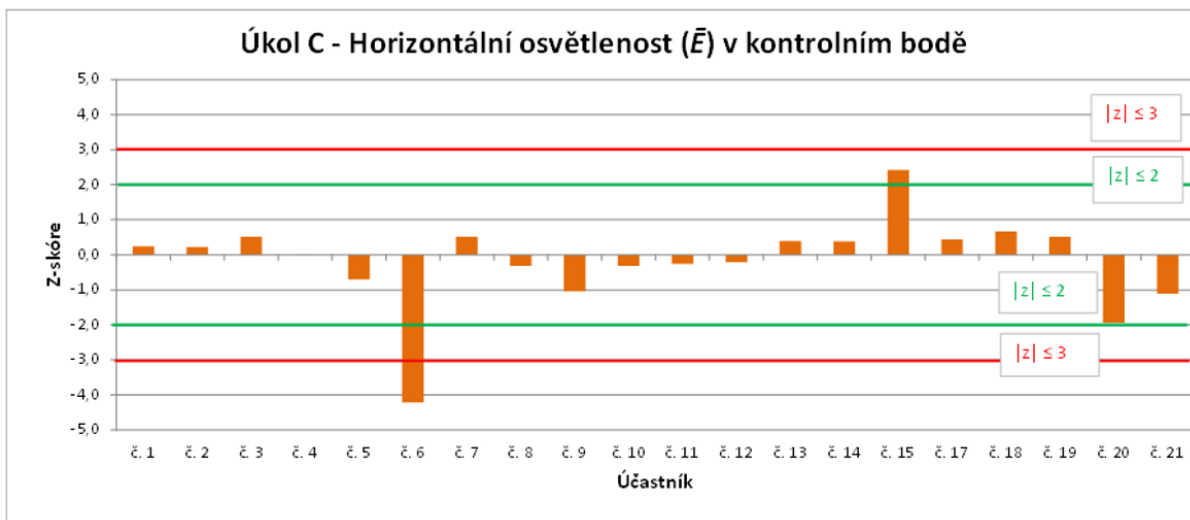


## Úkol C)

Změřte horizontální osvětlenost kontrolního bodu (KB) umístěného v úrovni podlahy (Obr. 5).



Obr. 5. Vymezený prostor regálu

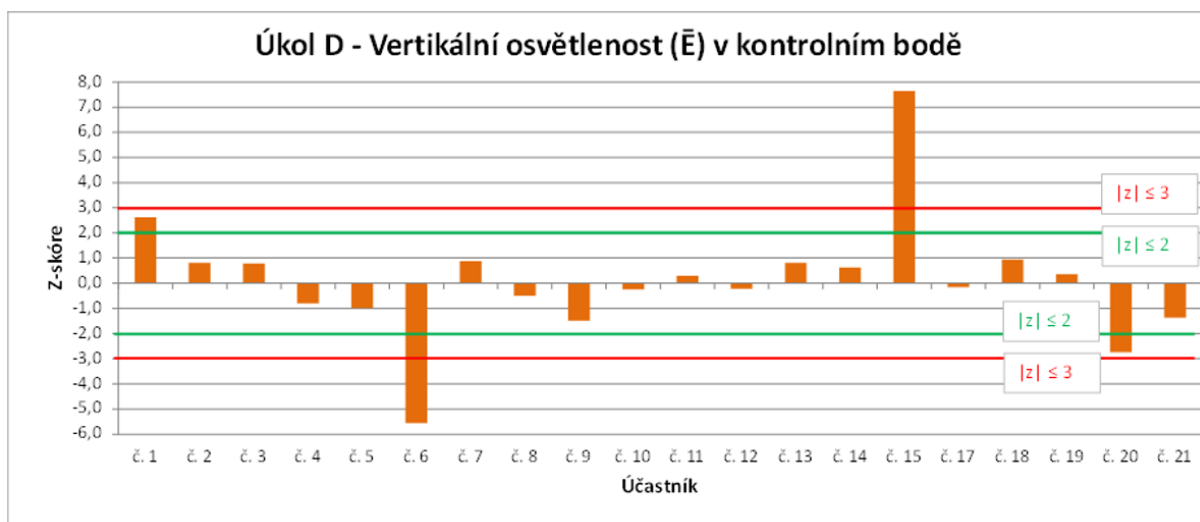


### Úkol D)

Změřte vertikální osvětlenost kontrolního bodu (KB) umístěného v úrovni regálu (Obr. 6.).



Obr. 6. Kontrolní bod umístěný vertikálně na regále

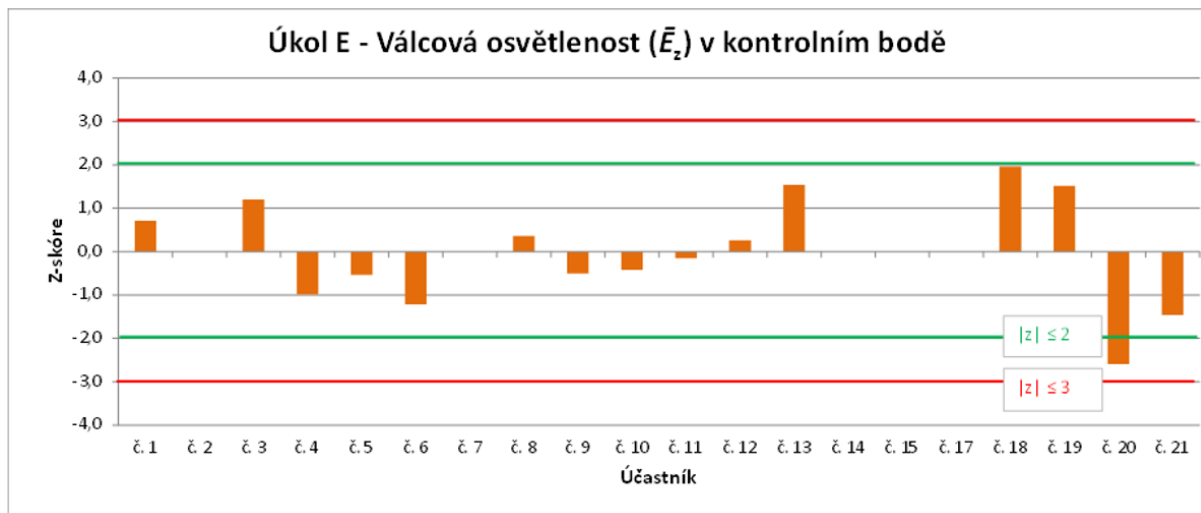


### Úkol E)

Změřte válcovou osvětlenost kontrolního bodu (KB) ve výšce pro stojící osobu (Obr. 7.).



Obr. 7. Měření válcové osvětlenosti



Letošní ročník zkoušení způsobilosti nám přinesl zajímavé poznatky. Obecně měřící skupiny mají značný problém se správným rozmístěním měřící sítě. Jeden účastník neuměl spočítat rovnoměrnost osvětlení. Díky úkolu C jsme zjistili, že třem účastníkům dobře neměří luxmetr, i když vlastní kalibrační list. A problémy byly i u válcové osvětlenosti. Jeden účastník ji neuměl spočítat a další tři měřili v jiné výšce, než udává norma pro stojící osobu (1,6 m). Z 21 měřících skupin nevlastní potřebný ověřovací list 7 účastníků, tedy celá 1/3.

# Osvětlení v novele NV č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (platnost od XX. 10. 2024)

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

Dne 4. října 2024 vypršel termín pro připomínky tzv. vnějšího připomínkového řízení novely Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Nyní se provádí vypořádání připomínek a novela půjde na vládu. Po jejím schválení a vydání ve sbírce zákonů začne novela platit dnem vydání. Předpokládaný termín platnosti je tedy někdy na přelomu října a listopadu 2024. Níže si ukážeme předpokládané změny, které se týkají osvětlení a za kterými převážně stojí NRL pro osvětlení. Schválně píšu předpokládané změny, protože drobné změny ještě nemohu vyloučit. Doplněná slova či věty jsou zeleně vybarveny.

Nastávají změny v paragrafovém členění:

- § 45 + § 45a Osvětlení vnitřních pracovišť s trvalou prací
- § 45b Osvětlení **vnitřních venkovních** pracovišť bez trvalé práce
- § 45c Osvětlení venkovních pracovišť **s trvalou prací**

Nejprve se podíváme na změny v **§ 45 Osvětlení vnitřních pracovišť s trvalou prací**

V odstavci 1 opravujeme chybný odkaz:

1) V průběhu dne musí být na pracovištích použito osvětlení denním světlem, mimo případů uvedených v odstavci **6 5**.

V odstavci 3 definujeme pracovní prostor a dále doplňujeme větu do odstavce 3b):

3) Pracovní prostor,  **kterým se pro účely tohoto nařízení rozumí funkčně vymezený prostor s pracovišti s trvalou prací**, s vyhovujícím denním osvětlením, musí splňovat minimálně tyto hodnoty: .....

3b) celkové elektrické osvětlení **pracovišť posuzovaného prostoru** vyjádřené udržovanou osvětleností musí být nejméně  $\bar{E}_m = 200$  lx s rovnoměrností osvětlení  $U_0 \geq 0,4$  v převažující rovině místa zrakového úhlu,  **pokud česká technická norma upravující hodnoty elektrického osvětlení<sup>18)</sup> (ČSN EN 12464-1) nestanoví vyšší hodnoty.**

V odstavci 4 a 4b) doplňujeme větu:

4) Pracovní prostor,  **ve kterém nelze technicky zajistit vyhovující denní osvětlení se navrhuje se sdruženým osvětlením** musí splňovat v převažující rovině místa zrakového úhlu minimálně tyto hodnoty: .....

4b) celkové doplňující elektrické osvětlení **pracovišť** vyjádřené udržovanou osvětleností nejméně  $\bar{E}_m = 300$  lx s rovnoměrností osvětlení  $U_0 \geq 0,4$  v posuzovaných prostorech se **svislými a šikmými** osvětlovacími otvory nebo vyjádřené udržovanou osvětleností nejméně  $\bar{E}_m = 200$  lx s rovnoměrností osvětlení  $U_0 \geq 0,4$  pro **vodorovné** osvětlovací otvory, pokud česká

technická norma upravující hodnoty sdruženého osvětlení<sup>17)</sup> (ČSN 360020) nestanoví vyšší hodnoty.

Upravené znění odstavce 5:

5) Pracoviště, kde technicky nebo technologicky nelze zajistit vyhovující denní osvětlení nebo sdružené osvětlení, lze provozovat nebo nově zřizovat pouze ve zcela výjimečných a odůvodněných případech. Jedná se o pracoviště,

- a) na kterém probíhá pouze noční provoz,
- b) které musí být z technologických důvodů bez denního osvětlení, **kdy zpracovávaný materiál, povaha výrobků nebo činnosti vyžadují vyloučení denního světla nebo zvláštní požadavky na osvětlení, například použití technologicky nutných vlnových délek spektrálního složení světla, které nelze docílit denním osvětlením,**
- c) jehož konstrukční požadavky neumožňují zřídit dostačující počet nebo dostatečnou velikost osvětlovacích otvorů, **jedná se především o pracoviště za účelem obrany státu v režimu vyššího stupně zabezpečení,**
- d) jehož účel neumožňuje zřídit dostatečný počet nebo dostatečnou velikost osvětlovacích otvorů; **jedná se především o pracoviště za účelem obrany státu v režimu vyššího stupně zabezpečení,**
- e) kde je nutné zajištění ochrany zdraví zaměstnance před pronikáním chemické látky, aerosolu nebo prachu z výrobní nebo jiné činnosti, jejichž zdrojem je technologie.

V odstavci 6b) ručíme část věty, se kterou měli problémy pracovníci hygien:

6b) Zaměstnavatel musí zajistit, aby práce na nově zřizovaných pracovištích ~~a na základě písemné dohody s orgány ochrany veřejného zdraví i na současných pracovištích~~ podle odstavce 5 písm. c) až e) s nevyhovujícím denním osvětlením netvořila více než polovinu směny nebo, aby po nejvýše 2 pracovních dnech trvalé práce na pracovištích podle odstavce 5 písm. c) až e) následovala nejméně jedna celá směna v prostoru splňujícím požadavky podle odstavce 3 nebo 4 nebo následoval jeden den odpočinku.

V odstavci 7 dochází k upřesnění a doplnění:

7) Na pracovišti uvedeném v odstavci 5 musí být elektrické osvětlení prostoru vyjádřené udržovanou osvětleností nejméně  $\bar{E}_m = 300 \text{ lx}$  s rovnoměrností osvětlení  $U_o \geq 0,4$ , pokud česká technická norma upravující hodnoty elektrického osvětlení<sup>18)</sup> (ČSN EN 12464-1) nestanoví vyšší hodnoty. Normové požadavky a hodnoty udržované osvětlenosti  $\bar{E}$   $\bar{E}_m$ , požadovaná uvedená v české technické normě upravující hodnoty elektrického osvětlení<sup>18)</sup> (ČSN EN 12464-1) se navýší nejméně o jeden stupeň řady osvětlenosti, **stejně tak i hodnoty válcové osvětlenosti  $\bar{E}_{m,z}$ , osvětlenosti stěn  $\bar{E}_{m, \text{wall}}$  a stropů  $\bar{E}_{m, \text{ceiling}}$ .**

Nyní se podíváme na změny v **§ 45a Osvětlení vnitřních pracovišť s trvalou prací**

V odstavci 1 se doplňuje věta:

1) Místnosti pro odpočinek podle § 55 odst. 3 nebo funkčně vymezené části místnosti pro odpočinek musí mít vyhovující denní osvětlení podle § 45 odst. 3 **písm. a) a mimo jiné musí být zřízeny pro prostory s nevyhovujícím denním osvětlením podle § 45 odst. 4 a 5.**

V odstavci 2 se opravují chybně uvedené odkazy na odstavce:

2) Osvětlovací soustavy denního osvětlení, osvětlovací soustavy zajišťující elektrické osvětlení a části vnitřních prostor pracoviště odrážející světlo musí být pravidelně čištěny a trvale udržovány v takovém stavu, aby byly splněny požadavky podle § 45 odst. 4, 3, 4, 6 5 a 7.

V odstavci 3 se ruší pojem slunění a nově bude sluneční záření:

3) Osvětlovací otvory včetně ochranných prvků proti **slunění slunečnímu záření** musí umožňovat jejich bezpečné používání, údržbu a čištění a nesmí ohrožovat další osoby zdržující se v budově nebo v jejím okolí během údržby a čištění. Zaměstnanci musí být umožněno manipulovat s okny a světlíky, pokud jsou otevíratelné; jejich regulační zařízení musí být možné otevírat, zavírat, nastavovat nebo zajišťovat z podlahy bezpečným způsobem. Jsou-li okna a světlíky otevřeny, musí být zajištěny tak, aby se předešlo úrazu. Umožnění manipulace s okny a světlíky není nezbytné tam, kde je větrání zajišťováno automatickým regulačním systémem.

V odstavci 4 doplňujeme větu a rušíme povinnost vždy požadovat měření:

4) Požadované **normové** hodnoty elektrického osvětlení se v projektu ověřují podle návrhu osvětlení<sup>14)</sup> (ČSN EN 12665) včetně jeho výpočtu. Po realizaci **záměru** provede **na základě objednávky investora** akreditovaná, **autorizovaná laboratoř nebo držitel osvědčení o odborné způsobilosti v oboru fotometrie<sup>37)</sup>** (NV č. 592/2006 Sb.) **vždy** měření v souladu s postupy popsány v českých technických normách upravujících měření elektrického osvětlení<sup>31)</sup> (ČSN 360011-1, ČSN 360011-3). **Od požadavku na měření je možné ustoupit za předpokladu, kdy typy a rozmístění svítidel uvedených v návrhu osvětlení se prokazatelně shodují s instalovanou osvětlovací soupravou a zároveň je dle výpočtu udržovaná osvětlenost  $\bar{E}_m \geq 1,2$  násobku udržované osvětlenosti  $\bar{E}_m$  požadované českou technickou normou<sup>18)</sup> (ČSN EN 12464-1) pro konkrétní zřakový úkol a činnost.**

Odstavec 6 má zcela nové znění:

6) **Pro dosažení zřakového výkonu musí mít pracovní prostory barevný tón světla neutrálně bílý. V prostorech s udržovanou osvětleností  $\bar{E}_m \geq 1000$  lx nebo se zvláštními nároky na zřakový výkon se připouští barevný tón světla chladně bílý.**

V odstavci 7 zaměňujeme slovo průměrných za udržovaných:

7) Poměr **průměrných-udržovaných** osvětleností při celkovém nebo odstupňovaném osvětlení mezi sousedními propojenými místnostmi nebo halami nesmí být menší než **0,2**

V odstavci 9 opravujeme slovo umělé za elektrické:

9) Pracoviště včetně spojovacích cest, na kterých je zaměstnanec při výpadku **umělého elektrického** osvětlení vystaven ve zvýšené míře možnosti úrazu nebo jiného poškození zdraví, musí být vybaveno vyhovujícím nouzovým osvětlením podle české technické normy upravující nouzové osvětlení<sup>19)</sup> (ČSN EN 1838).

## Změny v § 45b Osvětlení **vnitřních venkovních** pracovišť bez trvalé práce

Odstavec 2 bude mít nové znění:

2) ~~Požadované hodnoty elektrického osvětlení se kontrolují měřením v souladu s postupy popsány v české technické normě upravující měření elektrického osvětlení<sup>36)</sup>.~~

Požadované normové hodnoty elektrického osvětlení se v projektu ověřují podle návrhu osvětlení<sup>14)</sup> (ČSN EN 12665) včetně jeho výpočtu.

Změny v **§ 45c Osvětlení venkovních pracovišť** ~~bez trvalé práce~~

Odstavec 2 bude mít nové znění:

2) ~~Požadované hodnoty elektrického osvětlení se kontrolují měřením v souladu s postupy popsány v české technické normě upravující měření elektrického osvětlení<sup>36)</sup>.~~

Požadované normové hodnoty elektrického osvětlení se v projektu ověřují podle návrhu osvětlení<sup>14)</sup> (ČSN EN 12665) včetně jeho výpočtu.

Tolik přehled změn v připravované novele NV č. 361/2007 Sb. Již nyní se připravuje zcela nové nařízení vlády, které by mělo platit od 1. ledna 2026. Jestli tomu tak bude, ukáže až čas.

# Veřejné osvětlení ve vazbě na vertikální osvětlenost a dráhu zastavení vozidla – případová studie

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

VŠB TU Ostrava, [ondrej.dolejsi@vsb.cz](mailto:ondrej.dolejsi@vsb.cz), [www.vsb-fei.cz](http://www.vsb-fei.cz)

*Abstrakt: Článek se zabývá modelovou situací dopravního prostoru osvětleném kombinací předních světlometů vozidla v tlumeném režimu a svítidel veřejného osvětlení. V modelové situaci bylo hodnoceno rozložení vertikální osvětlenosti před vozidlem nacházejícím se přímo pod svítidlem. Při pozici vozidla pod svítidlem dochází k nejkratším vzdálenostem před vozidlem, ve kterých jsou dostatečné podmínky pro rozpoznání překážek. Zvolené okrajové podmínky modelu reprezentovaly nejméně příznivou situaci z pohledu viditelnosti v dopravním prostoru. Cílem případové studie bylo zhodnocení viditelnosti v prostoru před vozidlem při provozu soustavy veřejného osvětlení s regulací svítidel. Hlavní motivací provozu regulace osvětlovacích soustav je úspora elektrické energie a jsou zdůvodněny poklesem intenzity dopravy v pozdních nočních hodinách.*

*Je ovšem vhodné provést regulaci osvětlení vozovky bez zohlednění viditelnosti překážek v dopravním prostoru v závislosti na dráze zastavení ovlivněné maximální povolenou rychlostí vozidel?*

## 1 Úvod

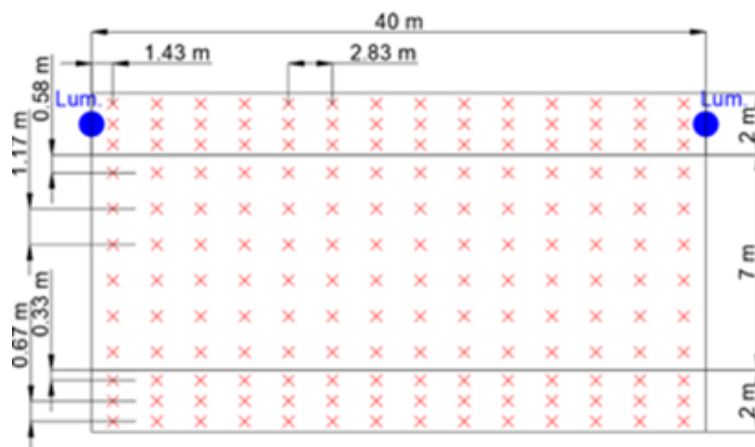
Pro vyhodnocení vlivu regulace světelného toku svítidel na viditelnost překážek v dopravním prostoru byla zvolena konfigurace reprezentující běžně se vyskytující situace v intravilánu skládající se z pozemní komunikace se dvěma jízdními pruhy a chodníky přilehlými po obou stranách vozovky. Pro stanovení minimálních požadavků osvětlení vozovky byla vozovka zařazena do třídy osvětlení M5, protože se jedná o třídu osvětlení s nejnižšími požadavky, u které lze provést regulaci hladiny osvětlení. Přilehlé chodníky byly zařazeny do třídy osvětlení P5. Šířka vozovky a chodníků odpovídá běžným rozměrům pozemních komunikací. Parametry geometrie soustavy osvětlovací soustavy byly zvoleny na základě limitních rozměrů pro splnění kvalitativních požadavků ( $U_0$ ,  $U_l$ ,  $f_{TI}$ ,  $R_{EI}$ ) osvětlení dopravního prostoru pro motorová vozidla. Montážní výška svítidel byla stanovena na:

- 8 m nad vozovkou,
- přesahem -1 m od hrany vozovky,
- a s roztečí 40 m.

Počty a pozice výpočtových bodů byly stanoveny podle požadavku technické normy ČSN EN 13201-3.

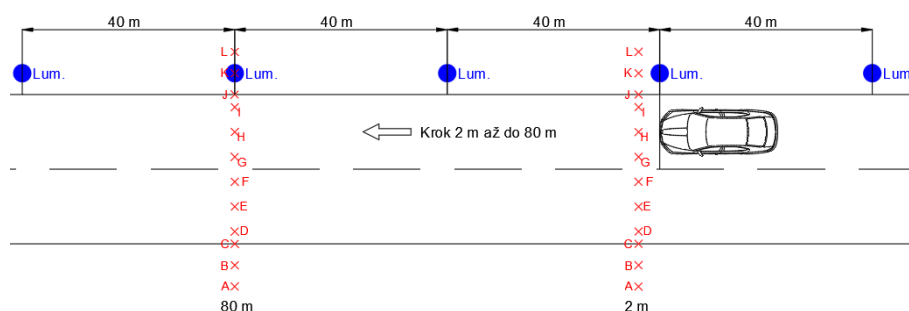
Pro hodnocení světelných parametrů (viditelnosti) dopravního prostoru před vozidlem bylo zvoleno vyhodnocení rozložení vertikální osvětlenosti ve výšce 1 m nad úrovní vozovky. Definovaná výška výpočetních bodů nad úrovní vozovky reprezentuje přibližnou výšku pasu dospělého člověka. Vizualizace rozložení vertikální osvětlenosti v dopravním prostoru umožňuje lokalizovat oblasti, ve kterých vertikální osvětlenost klesá pod kritickou hodnotu, která odpovídá minimální vertikální osvětlenosti potřebné pro rozpoznání objektů v dopravním

prostoru. Tato hodnota byla stanovena jako polovina minimální udržované průměrné horizontální osvětlenosti třídy osvětlenosti P6 definované dle dokumentu ČSN EN 13201-2 na 1 lx.



Obr.1 Schéma pozemní komunikace včetně znázornění rozložení výpočetních bodů a svítidel

Pro hodnocení rozložení vertikální osvětlenosti byla vybrána situace, kdy je dopravní prostor osvětlen kombinací svítidel veřejného osvětlení a čelních světlometů vozidla v tlumeném režimu. Při umístění vozidla přímo pod svítidlem dochází k nejhorsším podmínkám z pohledu viditelnosti, jelikož příspěvek svítidel VO k vertikální osvětlenosti se vzdáleností významně klesá a v prostoru před následujícím svítidlem přispívají k vertikální osvětlenosti především čelní světlometry vozidla. Pozice výpočtových bodů vertikální osvětlenosti v příčném směru byly zvoleny podle pozic dle výpočtu horizontální osvětlenosti. Výpočtové body byly v příčném směru označeny písmeny A až L. V podélném směru byla první řada výpočetních bodů umístěna ve vzdálenosti 2 m před úrovní vozidla. Následující řady výpočetních bodů byly umístěny s délkou kroku 2 m až do vzdálenosti 80 m před vozidlem. Hodnocení rozložení vertikální osvětlenosti bylo provedeno v rozsahu dvou výpočetních polí pro hodnocení vertikální osvětlenosti.



Obr.2 Schéma modelové situace pozemní komunikace včetně rozložení výpočetních bodů vertikální osvětlenosti

V případě změny parametrů pozemní komunikace ovlivňující výběr třídy osvětlení lze v průběhu provozu osvětlovací soustavy provést úpravu třídy osvětlení v definovaném časovém období. Pro úpravu světelného toku svítidel lze v současné době využít různé typy regulace. Nejvíce rozšířená je z důvodu jednoduchosti regulace autonomní. Tato je prováděna naprogramováním pevného stmívacího režimu přímo do řídicí jednotky svítidla. Svítidla

následně snižují svůj světelný tok v pevně nastaveném časovém období bez ohledu na vnější vlivy. V této případové studii bude sledována změna rozložení vertikální osvětlenosti před vozidlem v případě regulace z požadavků třídy M5 na třídu M6.

## 2 Motivace

Dle Globální zprávy o stavu bezpečnosti silničního provozu, kterou vydává Světová zdravotnická organizace, byly v roce 2019 úrazy spojené s dopravními nehodami globálně 12. nejčastější příčinou úmrtí. U mladých lidí ve věku 5-29 let se dokonce jednalo o hlavní příčinu úmrtí. Roku 2010 zemřelo na následky zranění způsobených při dopravních nehodách 1,25 milionu osob. Dle odhadů WHO bylo v roce 2021 způsobeno 1,19 milionu úmrtí v souvislosti s dopravními nehodami, což odpovídá 15 úmrtím v silničním provozu na 100 000 obyvatel. V České republice ročně připadá přibližně 5 úmrtí na 100 000 obyvatel na následky dopravních nehod. Konkrétně v roce 2023 došlo v České republice k 390 dopravním nehodám, při kterých zemřelo 418 osob. Z celkového počtu došlo k 118 úmrtím v noci, přičemž 85 úmrtí se stalo na silnicích bez veřejného osvětlení a 33 úmrtí na silnicích s veřejným osvětlením.



Obr.3 Počet smrtelných nehod v Evropské unii mezi lety 2011 až 2021.

V Evropské unii dochází od roku 2011 k poklesu úmrtí spojených s dopravními nehodami. Nicméně roce 2021 se projevil nárůst zaznamenaný nejen v Evropě, ale po celém světě. Významného poklesu úmrtí v roce 2020 při dopravních nehodách bylo způsobeno omezením pohybu obyvatel v souvislosti s pandemií COVID-19. V roce 2020 také došlo k náhradě dopravy automobily a veřejné dopravy cyklistikou. Z uvedených dat je ale patrné, že i přes klesající míru úmrtnosti na silnicích, je třeba věnovat pozornost zvyšování bezpečnosti na pozemních komunikacích.

Díky probíhající dotacím na obnovu soustav veřejného osvětlení probíhá v České republice v řadě obcí a měst plošná výměna svítidel. Původní svítidla s převážně vysokotlakými sodíkovými výbojkami jsou nahrazována svítidly se zdroji typu LED. Z důvodu motivace obcí a měst na snížení nákladů za spotřebovanou elektrickou energii jsou (téměř ve všech případech) do nových svítidel instalovány stmívací harmonogramy, které autonomně v určitém časovém období sníží světelný tok svítidla na požadovanou úroveň (50% světelného toku). Toto řešení je oblíbené z důvodu nenáročnosti – není třeba provozovat systém, který by v reálném čase sledoval vnější vlivy (intenzitu dopravy apod.) a následně reguloval světelný tok.

Z důvodu rozsáhlého využití autonomní regulace je žádoucí posoudit vliv tohoto řešení z pohledu světelných parametrů a následně i nehodovosti.

### 3 Metoda

Návrh soustavy osvětlení pozemní komunikace byl proveden s běžně užívanými typy svítidel při modernizacích veřejného osvětlení v České republice. Pro provedení návrhu osvětlení dopravního prostoru byla vybrána svítidla s náhradní teplotou chromatičnosti 3000 K a indexem podání barev 70. Celkově byly provedeny výpočty osvětlení dopravního prostoru pro 1723 konfigurací svítidel. Výběr svítidla byl proveden na základě následujících parametrů:

- Nejnižší instalovaný příkon (konfigurace A)
- Maximální povolený jas vozovky dané třídy (konfigurace B)
- Nejvyšší celkové rovnoměrnosti jasu vozovky (konfigurace C)
- Nejnižšího oslnění pozorovatele (konfigurace D)

V níže uvedené tabulce je uvedeno porovnání výsledků výpočtu osvětlení pozemní komunikace a přilehlých chodníků dle rozdílných konfigurací svítidel na základě vybraných požadavků.

Tab.1 Souhrn výsledků výpočtů minimálních požadavků dle vybraných konfigurací svítidel

Parametr	Konfigurace svítidla			
	A	B	C	D
Příkon (W)	<b>49</b>	75	86	49
Světelný tok zdroje (lm)	8318	11788	13313	8318
Světelný tok svítidla (lm)	7333	10392	10764	7333
Vozovka - $L_m$ (cd.m <sup>-2</sup> )	0,52	<b>0,74</b>	0,67	0,52
Vozovka - $U_0$ (-)	0,39	0,39	<b>0,52</b>	0,39
Vozovka - $U_I$ (-)	0,43	0,43	0,5	0,43
Vozovka - $f_{TI}$ (%)	10	11	11	<b>10</b>
Vozovka - $R_{EI}$ (-)	0,49	0,49	0,75	0,49
Chodník pravý - $E_m$ (lx)	9,25	13,11	10,55	9,25
Chodník pravý - $E_{min}$ (lx)	2,48	3,51	1,7	2,48
Chodník levý - $E_m$ (lx)	5,21	7,39	9,76	5,21
Chodník levý - $E_{min}$ (lx)	2,09	2,96	3,79	2,09

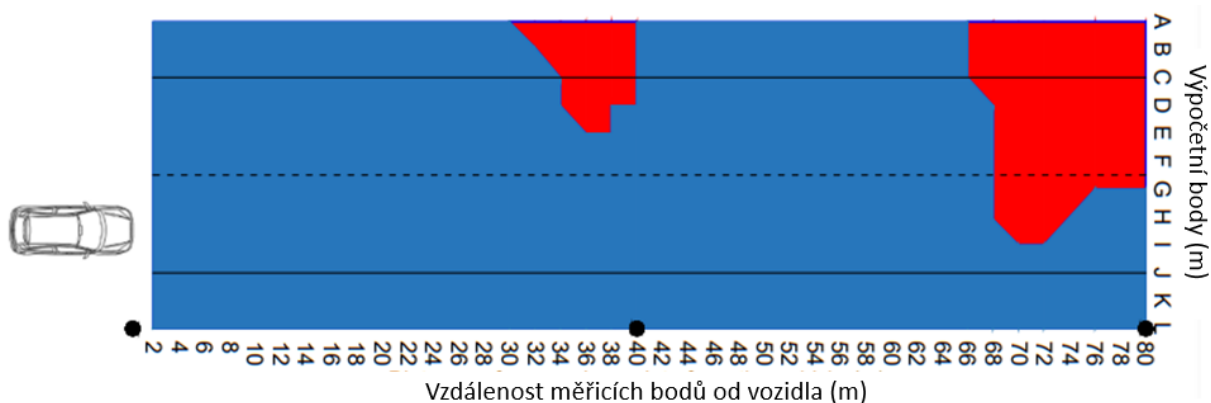
Finální výběr konfigurace svítidla splňující minimální podmínky osvětlení specifikovaného dopravního prostoru byl proveden podle nejnižšího instalovaného příkonu. Konfigurace svítidla splňující požadavek na nejnižší instalovaný příkon zároveň splnila i požadavek na nejnižší míru oslnění pozorovatele. Požadavek na konfiguraci svítidla s nejnižším instalovaným příkonem je užíván z důvodu optimalizace spotřeby elektrické energie. V modelové situaci pro analýzu rozložení vertikální osvětlenosti v dopravním prostoru byla tedy vybrána konfigurace svítidla A.

Hodnocení vertikální osvětlenosti v dopravním prostoru bylo provedeno pro kombinaci osvětlení čelních světlometů vozidla typu H7 v tlumeném režimu a svítidel veřejného osvětlení. Světlometry byly v modelu umístěny 0,85 m nad úroveň vozovky a mezi sebou byly vzdáleny

1,5 m. Pozice čelních světlometů splňují požadavky umístění předních světlometů dle předpisu EHK č. 48. Za účelem sledování změn rozložení vertikální osvětlenosti v dopravním prostoru byl proveden opakovaně výpočet při snižování světelného toku svítidel veřejného osvětlení s krokem odpovídajícím 10 % nominální hodnoty světelného toku. Nominální světelný tok svítidla A byl 8318 lm. Výpočet vertikální osvětlenosti byl tedy proveden vždy při snížení o 832 lm.

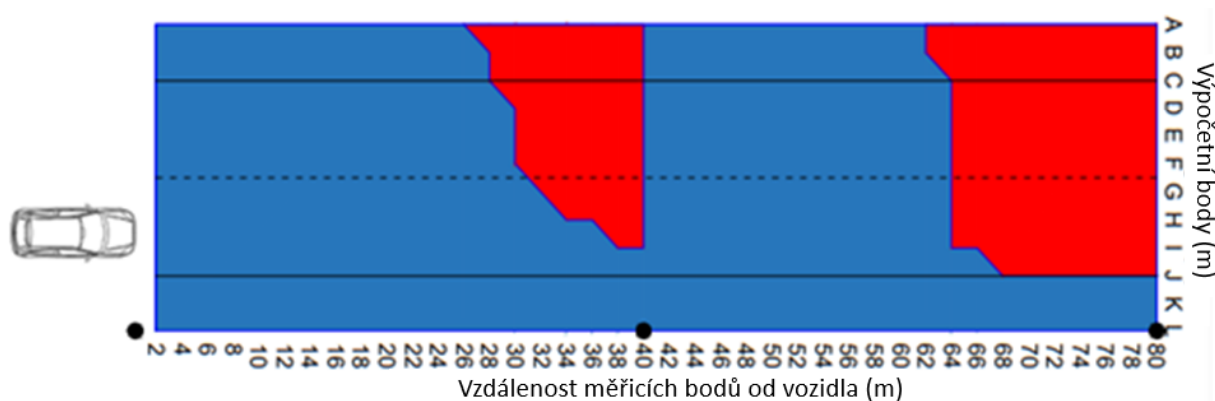
#### 4 Výsledky

Při osvětlení modelového dopravního prostoru kombinací čelních světlometů vozidla v potkávacím režimu a svítidel veřejného osvětlení splňujících minimální požadavky třídy osvětlení M5 nastal v pravé části modelového dopravního prostoru pokles vertikální osvětlenosti pod kritickou hodnotu ve vzdálenosti 70 m od vozidla. V levé části dopravního prostoru došlo k poklesu pod námi nastavenou kritickou hodnotu 1 lx vertikální osvětlenosti v úseku mezi vzdálenostmi od vozidla 32 m až 40 m v nástupním prostoru a přilehlém kraji jízdního pruhu. Oblast s vertikální osvětleností pod kritickou hodnotou se v dopravním prostoru osvětleném svítidly veřejného osvětlení bez příspěvku čelních světlometů vozidla v tlumeném režimu cyklicky opakuje. Ve vytvořené modelové situaci tato oblast byla detekována ve vzdálenosti 68 m od vozidla.



Obr.4 Rozložení vertikální osvětlenosti před vozidlem při úrovni osvětlení 100 %. Splnění požadavků třídy osvětlení M5

Při regulaci světelného toku svítidel veřejného osvětlení na úroveň 60 % nominální hodnoty došlo k poklesu vertikální osvětlenosti pod kritickou hodnotu v levé části pravého jízdního pruhu úseku mezi vzdálenostmi 32 m až 40 m před vozidlem. K poklesu pod kritickou hodnotu vertikální osvětlenosti došlo v celé šířce levého jízdního pruhu a přilehlého nástupního prostoru v úseku mezi vzdálenostmi 28 m až 40 m před vozidlem. K následnému cyklicky se opakujícímu poklesu vertikální osvětlenosti došlo ve vzdálenosti přibližně 64 m od vozidla.



Obr.5 Rozložení vertikální osvětlenosti před vozidlem při úrovni osvětlení 60 %. Splnění požadavků třídy osvětlení M6.

Z výsledků případové studie rozložení vertikální osvětlenosti je při regulaci osvětlení ze třídy M5 na třídu M6 patrné rozšíření oblasti s poklesem pod kritickou hodnotu. Provedením definované regulace dojde k přiblížení kritické oblasti z pohledu řidiče vozidla o 4 m.

## 5 Diskuse

Na základě provedené analýzy rozložení vertikální osvětlenosti v modelovém dopravním prostoru zařazeném do třídy osvětlení M5 bylo zajištěno kvalitní osvětlení v celé šířce sledovaného prostoru do vzdálenosti 32 m před vozidlem. Dostatečné osvětlení bylo zajištěno do vzdálenosti přibližně 70 m před vozidlem.

Po provedení regulace světelného toku svítidel veřejného osvětlení, kdy byly splněny podmínky o stupeň nižší třídy osvětlení došlo ke zkrácení vzdálenosti kvalitního osvětlení o 4 m. V úseku mezi vzdálenosti 28 m až 40 m před vozidlem nastalo významné rozšíření oblasti s hodnotou vertikální osvětlenosti pod kritickou hladinou zasahující do pravé části dopravního prostoru.

Provoz regulace osvětlovacích soustav je nejčastěji odůvodněn nižší intenzitou dopravy během pozdních nočních hodin bez změny maximální povolené rychlosti. V uvedené modelové situaci byla zajištěno dostatečné osvětlení dopravního prostoru do vzdálenosti přibližně 70 m před vozidlem, což odpovídá dráze zastavení vozidla na mokré vozovce při rychlosti 75 km/h až 80 km/h. Akceptovatelného osvětlení bylo do vzdálenosti 32 m před vozidlem, což odpovídá dráze zastavení vozidla na mokré vozovce při rychlosti přibližně 50 km/h. Provedením regulace o jednu třídu osvětlení bylo dosaženo kvalitního osvětlení pouze do vzdálenosti 28 m před vozidlem. Při zohlednění dráhy zastavení vozidla a podmínek pro rozpoznání překážek v dopravním prostoru není vhodné zařazení vozovek s vyšší povolenou rychlostí než 80 km/h do třídy M5 a silnic s vyšší povolenou rychlostí než 50 km/h do třídy M6. Na základě uvedených tvrzení není vhodné provést regulaci osvětlení z třídy M5 na třídu M6 u vozovek s maximální povolenou rychlostí vyšší než 50 km/h bez úpravy maximální povolené rychlosti v průběhu regulace.

## Literatura a odkazy

- [1] EN 13201-3. Road lighting - Part 3: V Calculation of performance. 2016.
- [2] EN 13201-2. Road lighting - Part 2: Performance requirements. 2019.
- [3] Global status report on road safety 2023. Geneva : World Health Organization, 2023.
- [4] T. Terrich and P. Zak, "Analysis of Traffic Accidents as a Part of Methodology for Selecting a Lighting Class for Road Lighting," in 7th Lighting Conference of the Visegrad Countries, LUMEN V4 2018, September 2018.
- [5] TRANSPORT RESEARCH CENTRE, Traffic accidents in the Czech Republic [online]. Available from: <https://nehody.cdv.cz/statistics.php>
- [6] Eurostat. Road safety statistics in the EU. Lucemburk : European Union, 2023.
- [7] F. N. Ogwueleka, S. Misra, T. Ch. Ogwueleka and L. Fernandez-Sans, "An artificial neural network model for road accident prediction: a case study of a developing country," Acta Polytechnica Hungarica (Óbuda University), Vol. 11, Iss: 5, pp 177-197, Januar 2014.
- [8] T. Terrich and M. Balsky, "The Effect of Spill Light on Street Lighting Energy Efficiency and Light Pollution," Sustainability (Switzerland), Volume 14, Issue 9, May 2022.
- [9] D. Gasparovsky, P. Janiga and J. Raditschova, "Typical values of energy performance indicators in road lighting," Advances in Electrical and Electronic Engineering, Volume 19, Issue 2, Pages 134 – 144, June 2021.
- [10] Regulation No 48 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UNECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices [2019/57].
- [11] J. Kocourek and T. Padelek, "Accurate road safety level assessment for effective road safety inspection," Smart Cities Symposium Prague, SCSP 2018 - Proceedings, 2018.
- [12] J. Kacovsky, J. Kocourek and T. Padelek, "Examination of Logical Trends in Traffic Conflicts and Traffic Accidents in the Context of Road Safety at Roundabouts," Smart Cities Symposium Prague, SCSP 2019 - Proceedings, 2019.

# Súčasný stav a smerovanie problematiky vonkajšieho osvetlenia v Medzinárodnej komisii pre osvetlenie CIE

Dionýz Gašparovský, prof. Ing. PhD., dionyz@gasparovsky.sk

*Abstrakt: Príspevok prináša aktuálne informácie o stave a vývoji prác v Medzinárodnej komisii pre osvetlenie CIE so zameraním na problematiku vonkajšieho osvetlenia. Predstavuje vedeckovýskumnú stratégiu CIE, ktorá predurčuje ďalšie smerovanie aktivít v tejto organizácii, a teda aj globálne smerovanie svetelnej techniky na svetovej úrovni. Upozorňuje na pripravované odborné podujatia a ponúka možnosť zapojiť sa do práce tejto významnej medzinárodnej organizácie.*

## 1 Vonkajšie osvetlenie v CIE

Medzinárodná komisia pre osvetlenie CIE (*Commission Internationale d'Eclairage*) je najvyššou inštitucionálnou autoritou v oblasti svetelnej techniky. Je uznávaná ako vedecká platforma a zároveň ako normalizačná organizácia, ktorej poslaním je medzinárodná spolupráca a výmena informácií o všetkých otázkach vedy a umenia týkajúcich sa svetla a osvetlenia vnútorných aj vonkajších priestorov, videnia a farieb, fotometrie a kolorimetrie, fotobiológie a fotochémiie aj obrazových technológií. S pevným technickým, vedeckým a kultúrnym základom je nezávislou (mimovládnu) a neziskovou organizáciou, ktorú štruktúrne tvoria členské krajiny (národné komitety) na dobrovoľníckom základe. Prezidentkou spoločnosti je v súčasnosti Jennifer Veitch (Kanada), generálnou tajomníčkou Diana Wernisch (Rakúsko).

CIE sa tematicky člení na šesť divízií pokrývajúcich oblasti uvedené vyššie. Kompetencie v oblasti aplikácií vonkajšieho osvetlenia prináležia Divízii 4 s názvom „Doprava a vonkajšie aplikácie“. Oficiálnym predmetom činnosti divízie 4 je štúdium a príprava návodov pre návrh vonkajšieho osvetlenia a svetelnej signalizácie. Oblasť vonkajšieho osvetlenia zahŕňa aj vonkajšie a vnútorné osvetlenie dopravných prostriedkov, vonkajšie pracoviská, športoviská (aj vnútorné), verejné osvetlenie a iluminácia, dopravná signalizácia, rušivé svetlo. Pre funkčné obdobie 2023-2027 riadiaci orgán divízie pracuje v zložení:

- predseda: Dionýz Gašparovský (Slovensko)
- podpredsedovia: Steve Fotios (Spojené kráľovstvo), Sermin Onaygil (Turecko)  
Jérôme Dehon (Belgicko)
- tajomník: Steve Lau (Čína)
- redaktor: Nigel Parry (Spojené kráľovstvo)

S. Onaygil súčasne zastáva funkciu členky správnej rady CIE a D. Gašparovský je členom technického riadiaceho výboru CIE. Divízia 4 má celkom 36 oficiálnych členov zo všetkých kútov sveta. Oficiálnym členom divízie 4 za Slovensko je D. Gašparovský, Českú republiku zastupuje Jaroslav Kotek.

## 2 Aktuálne pracovné úlohy

Činnosť divízie 4 sa sústreďuje najmä v technických komisiách (TC, *Technical Committee*), ktoré môžu byť divízne alebo prierezové, naprieč viacerými divíziami CIE alebo v kooperácii s externými partnermi – najmä s ISO/TC274 (JTC, *Joint Technical Committee*), a to pod

vedením alebo s participáciou divízie 4. Vybrané témy alebo problémy riešia spravodajcovia (DR, *Division Reportership*). Spoluprácu s významnými normalizačnými a profesnými organizáciami zabezpečujú ustanovení zástupcovia (L/LR, *Liaison Representative*) v prípade, že CIE má s danou organizáciou uzatvorené memorandum o porozumení, ináč túto činnosť vykonávajú schválení divízni korešpondenti (DC, *Division Correspondent*). Naliehavé témy, ku ktorým ešte nie je k dispozícii dostatočne robustný stav poznania, sa prerokávajú vo vedeckovýskumných fórach (RF, *Research Forum*). Prehľad štruktúry divízie 4 prekazuje veľmi bohatú a koordinovanú činnosť zameranú na tieto konkrétne problémy:

**a) Technické komisie:**

- TC 4-11 Záležitosti vysokej úrovne (*socializačná komisia*)
- TC 4-47 Aplikácia LED v dopravnom osvetlení a signalizácii
- TC 4-50 Charakteristiky povrchov vozoviek pre svetelnotechnické aplikácie
- TC 4-53 Vývoj osvetlenia tunelov
- TC 4-57 Návod na osvetlenie športovísk
- TC 4-58 Rušivé svetlo z pestrofarebného a dynamického osvetlenia a jeho obmedzenie
- TC 4-59 Návod na osvetlenie prvkov mestskej architektúry
- TC 4-60 Dopravná svetelná signalizácia – Fotometrické vlastnosti kruhovej dopravnej signalizácie
- TC 4-61 Umelé osvetlenie a jeho vplyv na prírodné prostredie
- TC 4-62 Adaptívne verejné osvetlenie
- JTC 01 (D4/D1/D2) Implementácia CIE 191:2010 Mezopická fotometria vo vonkajšom osvetlení
- JTC 08 (D1/D2/D3/D4/D6/D8) Terminológia v oblasti svetla a osvetlenia
- JTC 13 (D4/D3) Znehodnocovanie a údržba osvetľovacích sústav
- JTC 18 (D3/D4) Vzdelávanie vo svetelnej technike

**b) Spravodajstvá:**

- DR 4-50 Aktuálny stav a recenzia dokumentov
- DR 4-53 Environmentálne hľadiská rušivého svetla z vonkajších osvetľovacích sústav
- DR 4-54 Osvetlenie pre cyklistov
- DR 4-55 Východiská a vývoj súčasných odporúčaní na verejné osvetlenie

**c) Zástupcovia a korešpondenti:**

- L 4-06 LUCI
- L 4-08 CEN/TC169/WG12 Verejné osvetlenie
- L 4-09 ISO/TC22/SC35 Svetlo a viditeľnosť
- L 4-10 ISO/TC274/AHG2 Osvetlenie športovísk
- DC 4-01 Medzinárodná astronomická únia IAU (*International Astronomic Union*)
- DC 4-02 Svetová cestná asociácia PIARC (*Permanent International Association of Road Congresses*)
- DC 4-03 Medzinárodná expertná skupina pre automobilové osvetlenie a svetelnú signalizáciu GTB (*Groupe de Travail „Bruxelles“*)
- DC 4-04 Medzinárodná asociácia námornej navigačnej pomoci a majákových úradov IALA (*International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*)

Aktuálny stav prác vo vybraných technických komisiách: TC 4-47 už odovzdala podklady na technické a redakčné spracovanie dokumentu v etape komisionálneho návrhu. Z TC 4-60 a JTC 01 sa už dlhšie očakáva ukončenie návrhu a postúpenie na ďalšie spracovanie,

dokončevanie však ešte stále prebieha; TC 4-60 pritom reviduje medzinárodnú normu ISO 16508:1999/CIE S006 a stanovuje požiadavky na LED dopravnú signalizáciu (semafóry) s priemerom 200 mm a 300 mm, JTC 01 nadväzuje na fotometriu mezopického videnia v CIE 191:2010 s cieľom jej aplikácie v praxi. Technické správy vypracúvané v komisiách TC 4-53, TC 4-57 vyžadujú ešte určitý čas na dokončenie; TC 4-53 pripravuje revíziu dôležitej smernice CIE 88:2004, TC 4-57 aktualizuje návod na osvetlenie športovísk s cieľom nahradiť celý rad starých smerníc (CIE 42-1978, CIE 45-1979, CIE 57-1983, CIE 58-1983 a CIE 62-1984). Komisia TC 4-50 pracuje mimoriadne intenzívne a sľubuje kvalitnú technickú správu. V záverečných fázach sa nachádzajú návrhy dokumentov v komisiách TC 4-58 a TC 4-62, kde odovzdanie rukopisov a prípadne i ich vydanie sa očakáva v priebehu roka 2025; po dokončení práce v TC 4-58 sa očakáva otvorenie revízie a už tretie vydanie dôležitej smernice o rušivom svetle CIE 150:2017, CIE 4-62 pripravuje vôbec prvú smernicu o adaptívnom verejnom osvetlení. Dokončenie návrhu smernice o údržbe osvetľovacích sústav v JTC 13 a odovzdanie v roku 2025 sa forsírjuje najmä zo strany ISO/TC274, ktorá ju využíva ako základ pre (pred)normatívny dokument ISO/CIE TS 22012; tu však ešte zostáva mnoho práce. Práce v komisiách TC 4-59 a TC 4-61 napredujú veľmi pomaly a sú ešte vzdialené od cieľovej čiary.

### 3 Vedeckovýskumná stratégia CIE

Vedeckovýskumná stratégia CIE sa bude aktualizovať v štvorročných cykloch, v súčasnosti platí pre funkčné obdobie 2023 – 2027. Významným počínom súčasnej verzie je priama nadväznosť na strategické rozvojové ciele OSN (SDG, *Strategic Development Goals*). Podrobnejšie informácie sa dajú nájsť na tomto odkaze: <https://cie.co.at/research-strategy/research-strategy-2023-2027>, kde sa dá nájsť aj samotný dokument na stiahnutie. Vedeckovýskumná stratégia uvádza dve premost'ujúce témy a šesť parciálnych tém.

I keď témy vedeckovýskumnej stratégie nie sú striktné členené na konkrétne oblasti a majú všeobecný charakter, problematiku vonkajšieho osvetlenia explicitne pokrýva téma 2.3 „Ekologicky ohľaduplné, kvalitné vonkajšie osvetlenie“. Okrajový prienik sa však dá nájsť aj v téme 2.2 „Integratívne osvetlenie pre ľudí“, kde vonkajšie osvetlenie treba chápať ako súčasť cirkadiálneho rytmu človeka. Téma 2.3 prispieva mimoriadne až k ôsmim cieľom SDG, čím predčí všetky ostatné, vrátane premost'ujúcich. Aj to dokazuje, aké je vonkajšie osvetlenie dôležité. Na jednej strane sa zdôrazňujú hľadiská zvyšovania bezpečnosti a estetickej hodnoty, na druhej strane sa upozorňuje na potrebu minimalizácie dopadov na životné prostredie priamo, cez emisie a uhlíkovú stopu nepriamo, tiež na spotrebu energie a nákladov.

### 4 Nové témy a perspektívy

Snáď najviac sa v CIE divízii 4 hovorí o potrebe revízie požiadaviek na verejné osvetlenie, t. j. smernice CIE 115:2010. Hoci silná motivácia spočíva v potrebe prispôsobenia požiadaviek s ohľadom na LED technológiu pre vyššiu kvalitu osvetlenia a súčasne pre čo najväčšie obmedzenie nepotrebného alebo príliš intenzívneho svietenia, proces revízie bude veľmi náročný, vedecky i časovo. Vzhľadom na komplexnosť problematiky sa javí ako optimálne riešenie rozbiť tému na viacero čiastkových úloh podľa toho, aké poznatky sú aktuálne k dispozícii a kde ešte treba posilniť vedecký výskum a bádanie. V odrážkach si uvedme, o akých nových témach a vývojových perspektívach sa v CIE divízii 4 uvažuje (výber):

- **Požiadavky na verejné osvetlenie:** Potreba zberu údajov o dopravnej nehodovosti a ich dôkladná analýza. Pred revíziou CIE 115 bude ešte potrebné sa obrátiť na absolútne

základy a revidovať smernice, ktoré sú vedeckým základom pre odporúčania v CIE 115: CIE 100-1992 Základy zrakových úloh pri šoférovaní v noci a CIE 093-1992 Verejné osvetlenie ako opatrenie na zníženie dopravnej nehodovosti. Novšie poznatky sú už k dispozícii o osvetlení pre chodcov (smernica CIE 236:2019) a pracuje sa na osvetlení pre cyklistov (spravodajstvo DR 4-54), zastaralé sú však poznatky o motorovej doprave a nič sa nevie o požiadavkách na osvetlenie pre zraniteľných užívateľov ako sú elektrické kolobežky apod. V tretej vrstve na báze požiadaviek v CIE 115 potom môžeme pripravovať revíziu smernice na mestské osvetlenie CIE 136-2000.

- **Metodika výpočtu a merania verejného osvetlenia:** V nadväznosti na predchádzajúci bod treba prispôbiť aj metodiku merania parametrov, ktoré budú v jednotlivých prípadoch zavedené. Predovšetkým metodika výpočtu verejného osvetlenia je mimoriadne zastaralá, vhodná pre kalkulačky, neodráža súčasné možnosti výpočtovej techniky. Uvažuje sa o výpočte parametrov na komplexných plošných a dokonca aj priestorových štruktúrach, importovaných napr. z katastrálnych máp alebo LIDAR-ového mapovania.
- **Umelá inteligencia vo vonkajšom osvetlení:** Umelá inteligencia (AI, *Artificial Intelligence*) zažíva neuveriteľný rozmach a vývoj aplikácií s AI napreduje doslova šialeným tempom. Na tento trend je nevyhnutné reflektovať rýchlym vydávaním publikácií. Ich predmetom môže byť napríklad: generovanie koncepčných riešení, optimalizovaný návrh optických častí svietidiel, prediktívne riadenie osvetlenia a prediktívna údržba, strojové učenie pre návrh a výpočet osvetlenia.
- **Rušivé osvetlenie – nové smerovanie:** V CIE sa otvára nová platforma – vedeckovýskumné fórum RF-07 Rušivé svetlo a budovy. Hoci pod vedením divízie 3 pre vnútorné osvetlenie, rozhranie medzi vnútornými priestormi budov a vonkajším prostredím sa musí skúmať z oboch strán, teda svetlo zvnútra budov rušiacich nočné prostredie a svetlo z vonkajších osvetľovacích sústav rušiace obyvateľov v interiéroch. Dôležitosť problematiky rušivého svetla podčiarne aj pripravované stanovisko CIE, prvé rokovanie autorského kolektívu je naplánované na 31. októbra 2024.

## 5 Pripravované podujatia

Aktuálny stav a ďalší postup prác v technických komisiách a na iných pracovných platformách sú uvedené na základe známych skutočností. Budú sa prerokovať na nadchádzajúcom výročnom zasadnutí divízie 4 dňa 5. novembra 2024, teda o 2 týždne neskôr ako je konferencia, ku ktorej tento príspevok vzniká.

Budúci rok, v dňoch 4. až 11. júla 2025 sa vo Viedni uskutoční medzikvadreniálny kongres CIE, ktorého súčasťou bude zasadnutie riadiacich orgánov, technické zasadnutia i vedecká konferencia. Informácie k tomuto podujatiu sa dajú nájsť tu: <https://cie.co.at/news/cie-midterm-meeting-vienna-austria-2025>. Nakoľko miesto podujatia je veľmi blízko k Slovensku i Českej republike, odporúčam zúčastiť sa tohoto významného svetelnotechnického podujatia.

## 6 Záver

Medzinárodná komisia pre osvetlenie CIE ako rešpektovaná organizácia reflektuje aktuálne trendy do vývoji vedy, techniky a technológií a navrhuje pracovné témy, v ktorých tieto trendy implementuje a naopak, k týmto trendom aktívne prispieva. Na druhej strane treba upozorniť, že s týmito trendmi musí držať krok aj časovo a procesy vydávania smerníc a dokumentov

podstatne zrýchliť. Ináč zastarajú skôr, než sa dostanú na verejnosť. V súčasnosti je to hádam najväčšia výzva, ktorej CIE čelí.

K práci CIE môže prispieť každý odborník na svetelnú techniku svojimi návrhmi a nápadmi, a to prostredníctvom Slovenského alebo Českého národného komitétu CIE.

# Rekonstrukce veřejného osvětlení ul. Nádražní v Ostravě

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

*Abstrakt: Cílem příspěvku je seznámení posluchačů s projektem a praktickou realizací stavby veřejného osvětlení ve frekventované části centra města pohledem projektanta, který řeší střet teoretických požadavků a všeobecných očekávání s realitou.*

## 1 Úvod

Nádražní ulice se nachází v ostravském městském obvodu Moravská Ostrava a Přívoz. Začíná křižovatkou s ul. 28. října a končí u hlavního nádraží. Jedná se o důležitou a velmi frekventovanou komunikaci, zajišťující přístup do historického centra města a spojení ostatních částí města s hlavním nádražím. Původní historická nezpevněná komunikace byla kolem roku 1860 poprvé opatřena zpevněným dlážděným povrchem. Název ulice se v průběhu let měnil. Kolem roku 1865 byla v tehdejších mapách její hlavní část označena jako Bahnhof StraÙe, v roce 1893 doÙlo k přejmenování na Ostrauer StraÙe a přes dostavbu a změny pojmenování dílčích úseků v následujících letech doÙlo v roce 1949 k přejmenování ulice v celé délce na ulici Dimitrovovu. Od roku 1990 je používán název Nádražní ulice. Část ulice Nádražní se nachází v městské památkové zóně, středem je vedena vytížená tramvajová trať, v podstatné části je ulice lemována historickými budovami, sídly bank a úřadů, obchody apod.

## 2 Rozsah stavby

Stavba „Rekonstrukce VO ul. Nádražní I. část“ zahrnovala rekonstrukci veřejného osvětlení části ul. Nádražní v úseku od křižovatky s ulicí Āeskobratrskou po křižovátku s ul. Valchařskou, dále přilehlé parky a prostory před bytovými domy a ulici Žerotínovu v úseku od ul. Nádražní po ul. Poděbradovu. Jednalo se o investiční akci města Ostravy, která byla vyvolána plánovanou investiční akci Dopravního podniku Ostrava, a.s. „Modernizace TT na ul. Nádražní v úseku ul. 30. dubna – ul. Valchařská“. V rámci uvedené stavby byla mimo jiné navržena výměna stávajících trakčních stožárů podél ulice Nádražní, na kterých bylo osazeno zařízení VO. Vzhledem k pevně danému termínu uzávěry dopravy souvisejícího s rekonstrukcí tramvajové trati byl pevně dán termín realizace podstatné částí prací rekonstrukce VO a práce musely být vyprojektovány a realizovány ve vzájemné koordinaci.

## 3 Projektová dokumentace

Projekční práce pro stavbu „Rekonstrukce VO ul. Nádražní I. část“ zajišťovala společnost PTD Muchová, s.r.o. Projekt 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). Zpracování projektové dokumentace a proces územního rozhodnutí probíhaly v letech 2022 a 2023. Odstranění původního zařízení VO bylo v rámci projektové

dokumentace řešeno samostatně získáním „Povolením odstranění stavby“, pro jehož vydání byly příslušnému stavebnímu úřadu doloženy požadované náležitosti.

V rámci stavby bylo dotčeno celkem 79 ks světelných míst. – 71 ks nových světelných míst, 8 ks modernizovaných světelných míst, odstraněno v rámci stavby bylo celkem 70 ks stávajících světelných míst.

Stávající osvětlovací soustavu tvořila světelná místa rozdílného charakteru – trakční stožáry Dopravního podniku Ostrava, a.s. s výložníky a svítidly, ocelové patkové stožáry VO s výložníky a svítidly, výložníky se svítidly na budovách a sadové ocelové stožáry VO se svítidly na dřících. Kabelové rozvody VO byly tvořeny hliníkovými kabely typu AYKY uloženými v zemi. Většina osvětlovací soustavy byla za hranicí své životnosti, s výjimkou svítidel na ul. Nádražní.



Obr.1 (Stávající stav - ul. Nádražní, VO na stožárech DPO, a.s.)

Soustava VO ul. Nádražní v dotčeném úseku v nedávné minulosti prošla částečnou modernizací, kdy byla nahrazena původní výbojková svítidla moderními LED svítidly. Jelikož doba provozu těchto LED svítidel v době zpracování projektu ještě nedosáhla ani polovinu předpokládané životnosti svítidel a jejich LED zdrojů, byl ze strany provozovatele osvětlovací soustavy vznesen požadavek na další využití těchto svítidel. Na přílehlých komunikacích s motoristickým provozem byla následně v návaznosti navržena svítidla odpovídajícího vzhledu. V plochách parkového charakteru byl vzhled světelných míst vč. svítidel navržen dle stávajících světelných míst obdobného charakteru, která byla příslušným orgánem památkové péče schválena pro použití v městské památkové zóně Moravská Ostrava.



Obr.2 (Stávající stav - ul. Žerotínova, VO ve větvích stromů)



Obr.3 (Stávající stav - ul. Nádražní, VO na historických budovách)



Obr.4 (Stávající stav - ul. Nádražní, VO na ocelových stožárech)

Projekt rekonstrukce osvětlovací soustavy musel být, kromě základních požadavků vyplývajících z technických norem a souvisejících předpisů, zpracován zejména s ohledem na:

- 1) Rozsah, způsob a časový horizont realizace související stavby Dopravního podniku Ostrava, a.s., v rámci které byly prováděny výměny stávajících stožárů využívaných pro veřejné osvětlení, a to i s ohledem na zajištění nepřetržitého osvětlení úseků komunikací, na nichž nebyl omezen provoz
- 2) Velmi hustý výskyt stávajících inženýrských sítí (v dotčené oblasti výskyt sítí více než 20 správců), kdy vedení nových kabelových tras a umístění nových stožárů VO vyžadovalo velké množství kompromisů a jednání se správci dotčených sítí o umístění zařízení VO v jejich ochranných pásmech
- 3) Požadavky orgánu památkové péče na provádění stavby v městské památkové zóně Moravská Ostrava
- 4) Požadavky a práva vlastníků dotčených budov, zejména při provádění oprav dotčených objektů
- 5) Místy velmi hustý výskyt vzrostlých stromů a požadavky dotčených orgánů ochrany přírody
- 6) Požadavky správců dotčených komunikací a chodníků, které byly stavbou ve velkém rozsahu dotčeny.

Kromě výše uvedených aspektů se v průběhu zpracování dokumentace řešily i další problémy, např. rozsah a způsob osvětlení soukromých pozemků a komunikací s přístupem veřejnosti, osvětlení chodníků v místech zastínění vzrostlou zelení dodatečným výložníkem se svítidlem na stožárech, způsob omezení dopadu rušivého světla na přilehlé objekty apod.



Obr.5 (Nový stav - ul. Žerotínova – přídatný výložník v místě zastínění zelení)

Celkově se jednalo o velice náročnou projekční práci, zejména s ohledem na koordinaci a s hledem na řešení majetkoprávních vztahů k dotčeným pozemkům a budovám. Vzhledem k předem danému pevnému termínu realizace s ohledem na prováděné výměny trakčních stožárů, zdlouhavému projednávání projektové dokumentace s množstvím dotčených vlastníků nemovitostí, správců inženýrských sítí a orgánů státní správy či místní samosprávy byl na projektanta vyvíjen velký tlak na zajištění dokumentace a všech potřebných povolení v požadovaném termínu. A tento termín musel zohlednit i čas nezbytný pro výběr zhotovitele stavby a zajištění nezbytných záležitostí (povolení záborů veřejných prostranství, povolení zvláštního užívání komunikací apod.) tak, aby stavba mohla být realizována v požadovaném termínu, který nebylo možno měnit s ohledem na dlouhodobě avizovanou a schválenou výlukou provozu tramvajové trati.

#### **4 Realizace stavby**

Realizace stavby byla zahájena v červenci roku 2023. Pro realizaci byl investorem vybrán zhotovitel – společnost Ostravské komunikace, a.s. Práce probíhaly v několika etapách a v úzké koordinaci se zhotovitelem stavby „Modernizace TT na ul. Nádražní v úseku ul. 30. dubna – ul. Valchařská“. V návaznosti na plánovaný postup prací na uvedené stavbě musely být prováděny demontáže a montáže zařízení VO v souladu s postupem demontáží a montáží trakčních stožárů. V rámci těchto prací musely být vyměněny i kabelové rozvody VO, a to tak, aby byl zajištěn nepřetržitý provoz osvětlovací soustavy na provozovaných

úsecích komunikací. Práce v dotčeném úseku musely být realizovány v průběhu 7 týdnů, během kterých byla schválena výluka provozu tramvajové trati s částečným omezením automobilové dopravy na komunikacích (výluka probíhala v období 1.7. – 18.8. 2023).

Významnou komplikací při realizaci rekonstrukce VO byla v průběhu stavby provedena změna technického provedení výměny části trakčních stožárů – místo osazení nových vetknutých trakčních stožárů do nových základů byly stávající základy ponechány, stožáry v úrovni země uříznuty a do stávajících rour dříků v základu byly osazeny trny s přírubou, která byla šrouby ukotvena ke stávajícím základům, a na tyto příruby byly osazeny nové trakční stožáry v přírubovém provedení. Vzhledem k použití stožárů s dvířky pro osazení elektrovýzbroje VO uvnitř stožárů bylo nutno během stavby řešit odlišný způsob zatažení nových kabelů VO do těchto stožárů a ochranu těchto kabelů.



Obr.6 (Nový stav – způsob kotvení některých nových trakčních stožárů)



Obr.7 (Nový stav – ul. Nádražní, VO na trakčním stožáru)

Následně byla realizována rekonstrukce zařízení VO na navazujících komunikacích a plochách, kde nebyla nutná koordinace s rekonstrukcí tramvajové trati. Mezi tyto práce spadala i výměna napájecích kabelů stávajících rozváděčů a provedení protlaků pod tramvajovou tratí mimo úsek rekonstrukce tramvajové trati.



Obr.8 (Nový stav – sadový stožár VO v parku)

Samostatnou kapitolou bylo provedení výměn zařízení VO na dotčených budovách, kdy práce probíhaly na základě individuálních dohod s vlastníky objektů a následně byly prováděny opravy fasád prostřednictvím specializované odborné firmy. Zvláštní zřetel musel být brán na použití nátěrů a struktur fasád a soklů ve shodě s nedotčenými částmi budov.

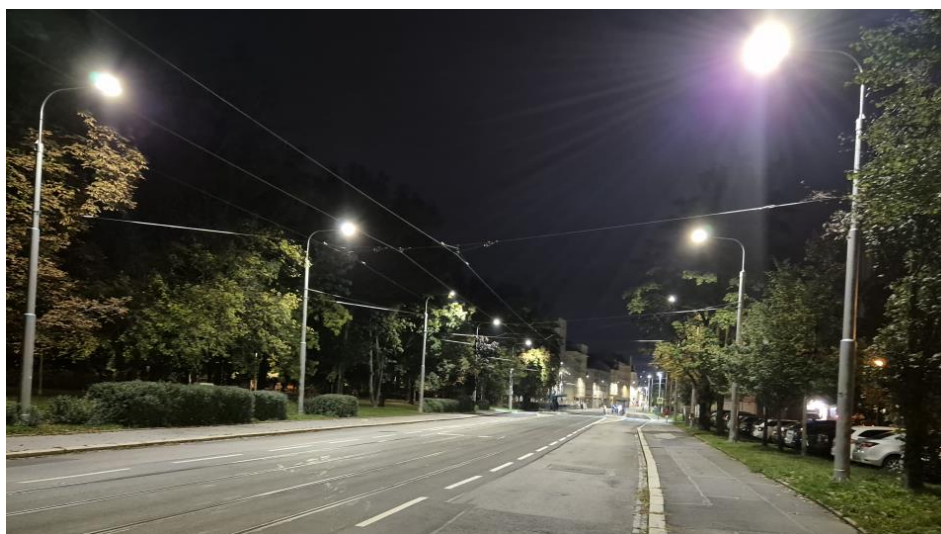


Obr.9 (ul. Nádražní – VO na historické budově + detail skříňky)

Provádění prací v úsecích mimo rekonstrukcí tramvajové trati bylo z důvodu bezpečnosti a možnosti provádění zimní údržby omezeno na období mimo zimní měsíce, nezaházené výkopy tedy musely být během zimního období řádně zabezpečeny a toto zabezpečení bylo zhotovitelem i technickým dozorem pravidelně kontrolováno. Kompletní dokončení a předání stavby proběhlo na jaře 2024.



Obr.10 (Nový stav – VO během provozu)



Obr.11 (Nový stav – VO během provozu)

## 5 Závěr

Předmětem tohoto příspěvku není rozbor světelně technického návrhu osvětlovací soustavy a jeho aspektů, které byly již v minulosti řešeny v mnoha prezentacích a přednáškách. Zvolená ukázka projektu rekonstrukce veřejného osvětlení s následnou realizací má ukázat na někdy opomíjené skutečnosti předcházející zadání zpracování projektové dokumentace.

Mnohdy je obnova či rekonstrukce soustavy VO vyvolána přípravou realizace jiných staveb či stavebních záměrů v dotčeném území. Vlastník zařízení VO se o těchto stavbách často dozvídá se zpožděním, kdy již jsou projekční práce téměř u konce. Pak nastává řada problémů technického i finančního charakteru. Aby se bylo možno těmto problémům co nejvíce vyhnout, je nutno zajistit několik kroků.

V první řadě je nutno zmínit nezbytnost součinnosti a vzájemné komunikace investorů staveb VO s investory jiných připravovaných staveb, aby bylo možno včas zajistit vzájemnou koordinaci již od fáze zpracování projektové dokumentace.

Investoři cizích staveb s dopadem na osvětlovací soustavu by měli s dostatečným předstihem o svých záměrech informovat příslušné orgány. Před zadáním zpracování projektové dokumentace VO je nezbytné odborně odhadnout jak technickou a administrativní náročnost projektu a předpokládanou náročnost řešení majetkoprávních vztahů, tak předpokládanou délku vyřízení povolení příslušné stavby. Na základě těchto kvalifikovaných odhadů je možno stavbu včas zařadit do investičního plánu města či obce a včas zadat zpracování projektové dokumentace. V návaznosti je nutno s dostatečným předstihem provést výběr zhotovitele stavby, aby bylo možno zajistit požadovanou věcnou a časovou koordinaci staveb.

Při výběru zhotovitele je nutno kromě ceny zohlednit i jeho kvalitu a odbornost (reference, zkušenosti, technické zázemí, dostatek pracovníků), aby byl nejen práce schopen realizovat za vysoutěženou cenu, ale aby je byl schopen realizovat v požadované kvalitě a v požadovaném termínu. A právě termíny jsou častým kamenem úrazu, neboť v časové tísní je vždy větší pravděpodobnost vzniku chyb, a to jak u projektantů, tak i u zhotovitelů. A cílem všech zúčastněných stran by vždy měla být na prvním místě kvalita a bezpečnost.

# **The effect of deciduous trees on the useful daylight illuminance of an office - case study**

Tomáš Hakszer, Ing., Stavebná fakulta STU v Bratislave, tomas.hakszer@stuba.sk, www.svf.stuba.sk

Peter Hanuliak, Ing. Phd., Stavebná fakulta STU v Bratislave, peter.hanuliak@stuba.sk, www.svf.stuba.sk

*Abstract: This study investigates the effect of deciduous trees on the useful daylight illuminance (UDI) in an office building. Daylighting is vital to reduce reliance on artificial lighting, improve energy efficiency and the environmental aesthetics. However, excessive glare from direct sunlight can have a negative impact on visual comfort. An office space designed for 32 employees was modelled to assess different tree spacings (between 10 m to 20 m from the façade). The findings show that the absence of trees leads to optimal daylight conditions, while the introduction of trees reduces the availability of sufficient daylight, especially if they are situated near the building. Specifically, the study reveals that trees within 10 m significantly increase dependence on artificial lighting. UDI metrics show a decrease in autonomous daylight and an increase in the need for supplemental lighting with increasing proximity to trees. The research illustrates that the impact of trees on daylighting is minimal in the months of defoliation, thus reinforcing the need for strategic planning in tree placement to optimize both natural lighting and energy efficiency.*

## **1 Introduction**

Climate change has damaging effects on the environment and poses risks to human health as well as risks to private and public property. As a result, it is becoming a critical global environmental challenge. The harmful impacts of climate change are evident in lasting alterations in temperature, leading to extreme weather events such as severe droughts, heatwaves, insufficient irrigation, declining groundwater levels, significant wildfires, glacier melting, more frequent heavy rainfall, flooding, landslides, intense storm activities, loss of biodiversity, and disruption of ecosystems.<sup>[1,2]</sup>

One of the factors that negatively affects the climate globally is greenhouse gas emissions, which are man-made and produced by the burning of fossil fuels in various sectors of the economy. The construction and building maintenance sector alone accounts for up to 39% of greenhouse gas emissions.<sup>[3,4]</sup> Reducing the negative impact of building construction and the performance of buildings on the environment and climate is becoming a key issue in modern architecture and construction. Buildings consume up to 70% of their total maintenance costs in energy to provide thermal and light comfort.<sup>[5]</sup> To mitigate adverse climate impacts and reduce energy costs, it is essential that buildings are built to endure and adapt to changing climatic patterns. To achieve energy efficiency and adaptability in response to climate change, such as rising temperatures and extreme weather events, it is essential to introduce innovative technologies and materials in the planning and construction phases of both new buildings and their retrofitting. This includes the use of high-quality thermal insulation, low-energy heating and cooling systems and the integration of renewable energy sources such as solar panels. Architects should adapt building designs to suit the specific climatic conditions of the local area.<sup>[6]</sup>

A positive response in the construction industry is the exploration of the impact of ecologisation, which shows that vegetation has an impact on the surrounding environment and can promote the reduction of energy consumption. Building green roofs and façades improves air quality, regulates temperature and thus supports the reduction of energy consumption. The planting of trees and greenery in residential areas contributes significantly to the improvement of environmental quality, aesthetics and ecological diversity in urban areas.<sup>[1,6]</sup> They have the ability to reduce CO<sub>2</sub> emissions into the environment, reduce atmospheric dust, noise, wind speed, capture rainwater, provide shade, provide moisture and cool the surroundings.<sup>[7,8]</sup> Strategically planted trees around buildings create shade that is dependent on the type of tree (deciduous - non-deciduous), the height, density and width of the canopy, the shape and area of the leaves and the orientation and location relative to the building. Shadows from trees in the summer months prevent direct sunlight from reaching the façade, thereby affecting the need for cooling and shading of interior spaces.<sup>[9,10,11]</sup>

Impact of trees on the quantity and quality of daylighting in indoor spaces has received little attention so far, as trees have a specific complexity that leads to different phenomena of light transmittance - reflection, diffusion and different degrees of light shading - which vary depending on the sun's position, season of the year and weather conditions. At the same time, deciduous trees are not considered to be permanent shading obstacles. When evaluating the light that passes through the tree canopy, it is crucial to consider seasonal variations and the relative positioning of the trees concerning the building surfaces. Deciduous trees pose a unique challenge due to their phenological changes and leaf drop, which influence the density and color of their leaves throughout the seasons. Furthermore, the diversity among tree genera and species complicates modelling because they display a broad spectrum of seasonal and morphological traits. Additionally, the distance of the tree from the building and its height significantly impact shading.<sup>[12]</sup>

Daylighting is an essential element in architectural design, significantly impacting the aesthetic and functional quality of interior spaces. One of the key considerations in optimizing daylighting is the use of trees as exterior shading barriers. These natural elements can greatly influence both the outdoor direct and reflected daylight components, which ultimately determines the indoor daylighting quality of a space. To ensure effective daylighting in buildings, various standards have been established. Notably, the European standard EN 17037 for daylighting in buildings has been in effect since 2018, and it has been adopted into the Slovak standards system as STN EN 17037.<sup>[13,14,15]</sup>

## **2 Work methodology**

The aim of this study is to determine the effect of deciduous trees on the daylighting of an office building located in Bratislava using computer simulation methods. In particular, the work focuses on analysing the impact of deciduous tree shading on the availability of daylighting in the interior space during different seasons of the year.

The 3D model of the building was made using Rhinoceros software<sup>[16]</sup>, it is a proposed two-storey office building with an L-shaped floor plan (Fig. 1). The layout of the addressed space is designed as an open space and is located on the first floor with east-west orientation of windows (Fig. 2). The office space is designed for 32 employees with a total area of 260 m<sup>2</sup>. The windows are 1.2 m x 3.25 m (w x h). The glazing was considered as clear insulating three-

pane glass with a light transmittance value  $\tau = 0.6$  as well as with dynamic shading - textile blinds.

ClimateStudio software<sup>[17]</sup> was used as a simulation tool to calculate daylight availability. The climatic data of the selected location were considered in the form of a typical meteorological year weather file (SVK\_BL\_Bratislava-Stefanik.AP.118160\_TMYx.2004-2018) with an hourly time step (Fig. 3).

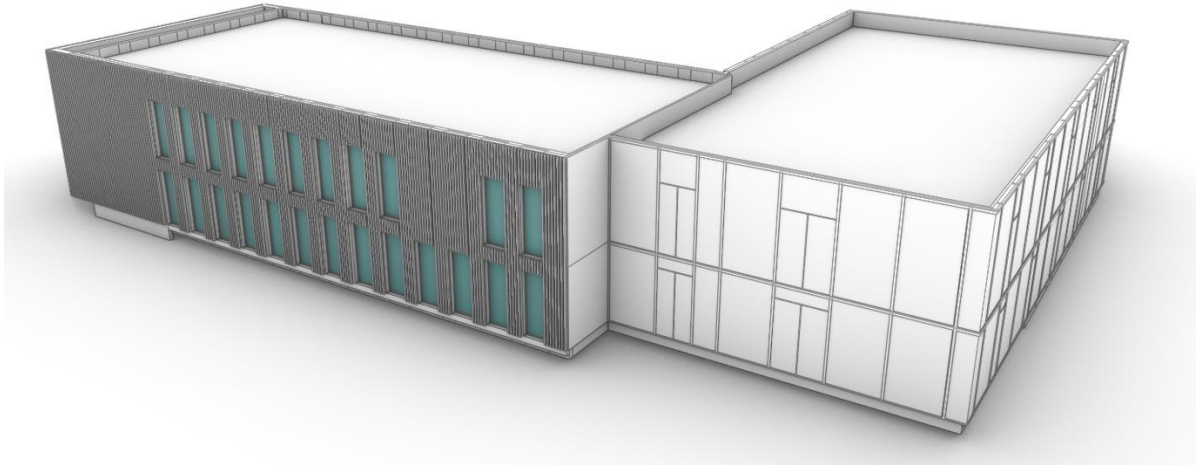


Fig.1 - 3D model of the evaluated office building

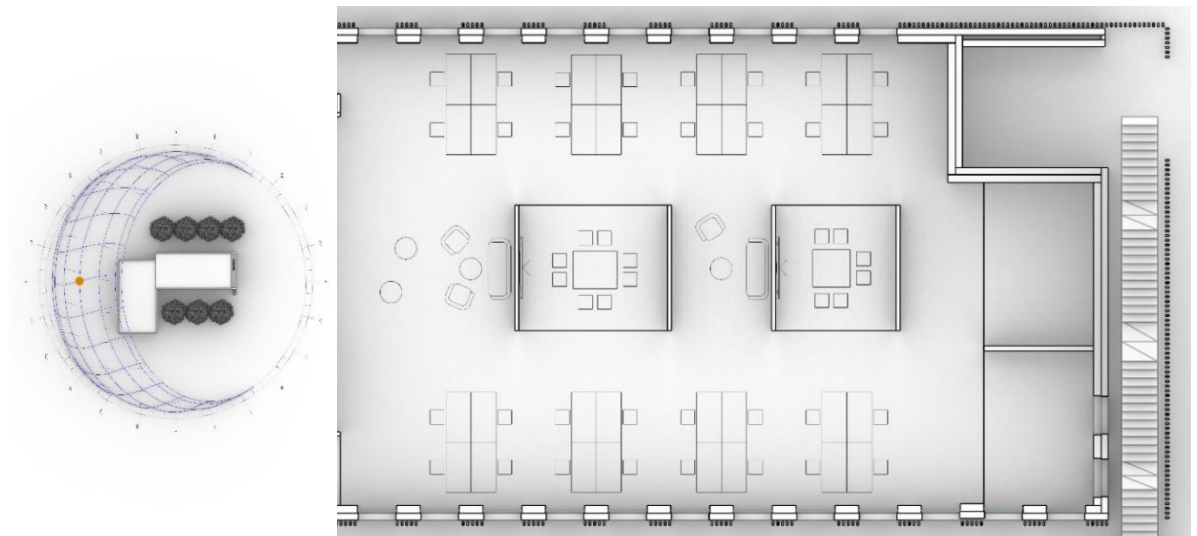


Fig.2 - Top view with cardinal directions (right) and floor plan of the space (left)

The control of the fabric roller blind was set as manual according to the LM-83 methodology in the IES-NA LM-83 standard. The roller blind is applied in the computational model during the year-round simulation only when more than 2% of the control points in the room receive direct sunlight (defined as direct horizontal illumination exceeding 1000 lux). The control points were placed on a horizontal reference plane 250 mm apart, at a height of 850 mm above the floor. Changing the shading blind to the open position in the simulation occurs only at a subsequent time step where this condition is no longer met.<sup>[18,19]</sup>

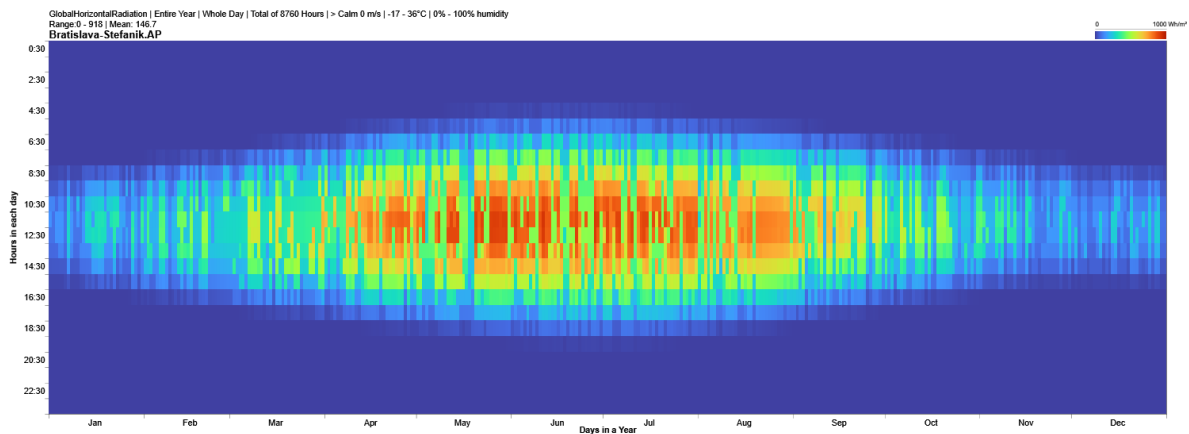


Fig.3 - Annual course of global solar radiation on the horizontal surface – Bratislava

For the simulation of deciduous trees, ClimateStudio V 2.0 was used. Trees were modeled as blocks, where leaves represent the dynamic material, allowing to account for their varying state on the trees during the year. At each time step of the calculation, the software switches between leaf colours and sizes depending on latitude and season.<sup>[20]</sup> The leaf schedule is shown in Fig. 4 and is as follows during the year:

- leaf growth 11.3 - 10.4.
- spring color change 25.3 - 24.4
- autumn color change 6.10 - 5.11
- leaf drop 5.11 - 20.11.

The bottom edge of the canopy of the trees used in the simulation is 3.5 m above the ground, the top edge of the canopy is 14 m high, and the canopy radius is approximately 5.5 m.

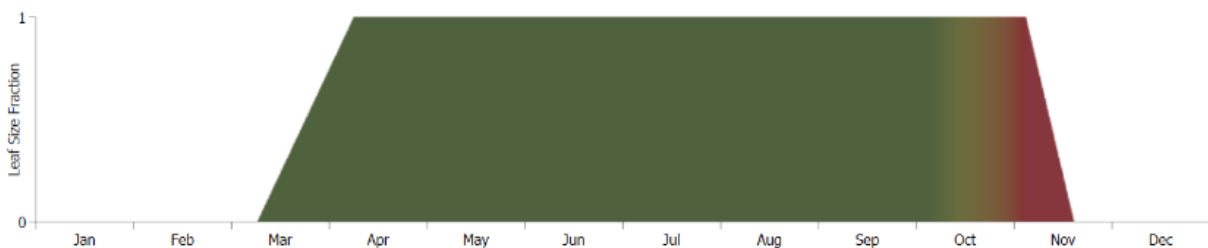


Fig.4 - Schedule: dynamic material applied to leaves

In this work the following variants (Fig. 5) of tree distribution in relation to the studied building were considered:

- Variant 1 (V1) - Building without considering surrounding trees
- Variant 2 (V2) - Trees placed 10 m from the building's east and west façade
- Variant 3 (V3) - Trees located 15 m from the building's east and west façade
- Variant 4 (V4) - Trees located 20 m from the building's east and west façade

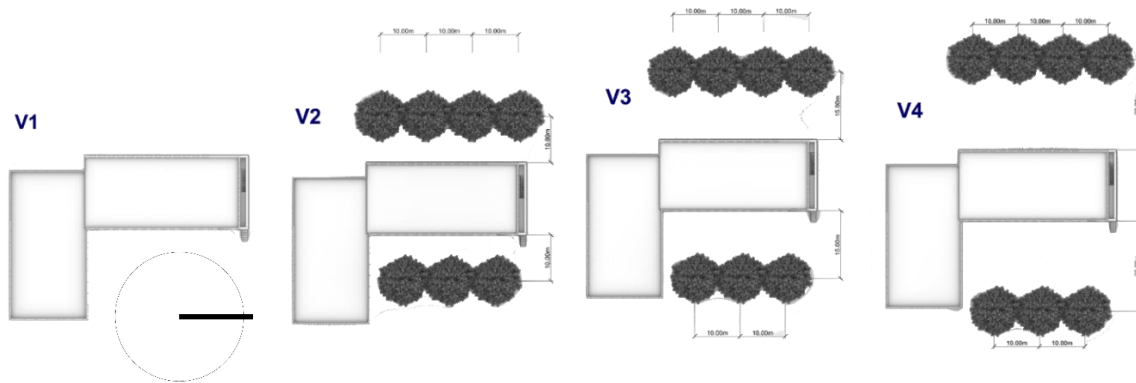


Fig.5 - Variants of tree placement

Indoor daylighting is evaluated using the Useful daylight illuminances (UDI) metric. Introduced by researchers Mardaljevic and Nabil in 2005,<sup>[21]</sup> UDI serves as a modification of the traditional Daylight Autonomy metric. While it is only slightly more complex than the traditional daylight autonomy approach, UDI provides a significantly deeper insight into the spatial-temporal dynamics of daylight illumination.<sup>[22]</sup> UDI categorizes illuminance levels for a space (Fig. 6). Failing (UDI<sub>f</sub>) indicates areas below 100 lux, requiring artificial light. Supplemental (UDI<sub>s</sub>) suggests areas between 100-300 lux, potentially needing additional lighting. Autonomous (UDI<sub>a</sub>), the ideal range (300-3,000 lux), signifies sufficient daylight for most tasks. Excessive (UDI<sub>e</sub>) denotes areas exceeding 3,000 lux, potentially causing glare discomfort. UDI also reflects the average floor area within the autonomous range throughout the year.<sup>[23]</sup>

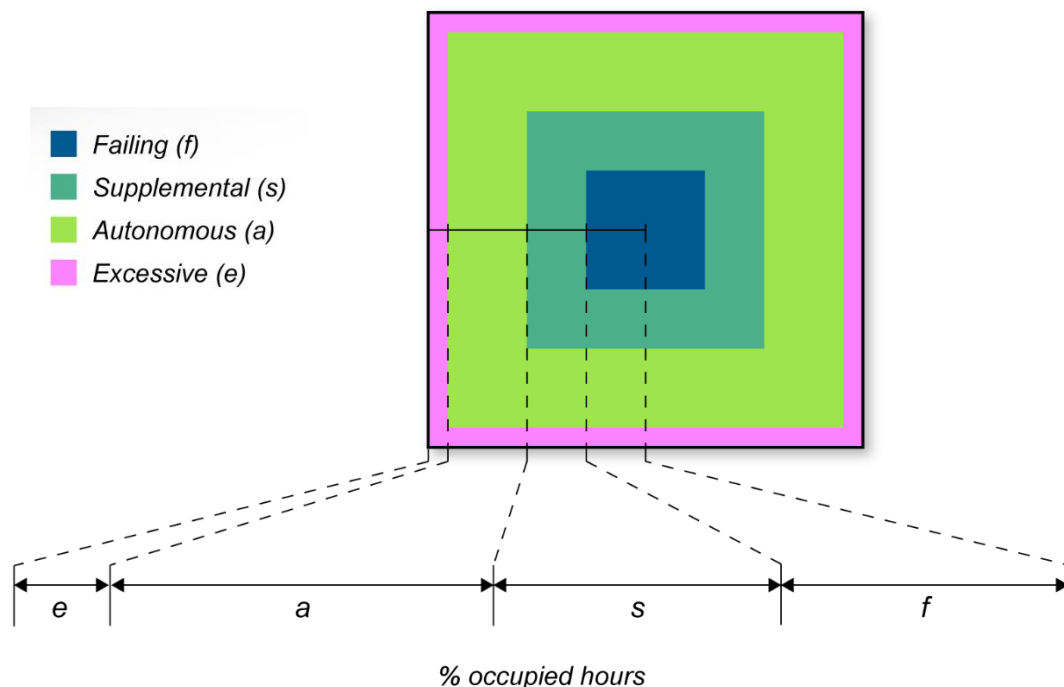


Fig.6 - Useful Daylight Illuminance intervals<sup>[23]</sup>

The UDI presents a holistic scheme that allows for a straightforward yet meaningful evaluation of both daylight and solar penetration. By utilizing realistic, climate-based conditions specific to the building's location, UDI supports a more context-aware analysis. This is particularly valuable in promoting the broader adoption of climate-based modeling techniques in evaluating daylight in buildings.<sup>[24]</sup>

### 3 Results and discussion

Table 1 provides a summary of the UDI results. Figs.7 to 10 show the year-long pattern of UDI metric in the space.

Variant 1 has the lowest UDI<sub>f</sub> value, indicating that without trees, significant areas of the space are sufficiently illuminated. In Variants 2, 3 and 4, the UDI<sub>f</sub> increases, indicating that the introduction of trees reduces the availability of sufficient daylight. The analysed space without trees benefits from higher levels of daylight, the introduction of trees, especially close to the building, increases the need for artificial lighting. The UDI<sub>s</sub> percentage rises notably in Variant 2, suggesting that trees at 10 m create conditions where some areas require additional lighting during certain times. The decrease in UDI<sub>s</sub> in the subsequent variants suggests that as trees are placed further away, there's a slight improvement in overall daylight availability. The highest percentage of autonomous daylight is in Variant 1. There is a noticeable decrease in UDI<sub>a</sub> as trees are placed closer to the building, with Variant 2 having the lowest. All variants show very low percentages for excessive daylight, indicating minimal glare risk, but it is apparent from the UDI<sub>e</sub> results that trees mitigate the potential for excessive daylight.

Variant	Description	UDI <sub>f</sub> (%)	UDI <sub>s</sub> (%)	UDI <sub>a</sub> (%)	UDI <sub>e</sub> (%)	Time without the need to use shading device (%)
1	Building without surrounding trees	12.52	21.34	64.31	1.83	84.9
2	Trees with trees placed 10 m from the building façade	18.19	35.94	45.54	0.33	95.8
3	Trees with trees placed 15 m from the building façade	18.00	32.35	49.03	0.62	87.9
4	Trees with trees placed 20 m from the building façade	17.72	28.66	52.67	0.95	85.1

Table 1 - UDI results for variants

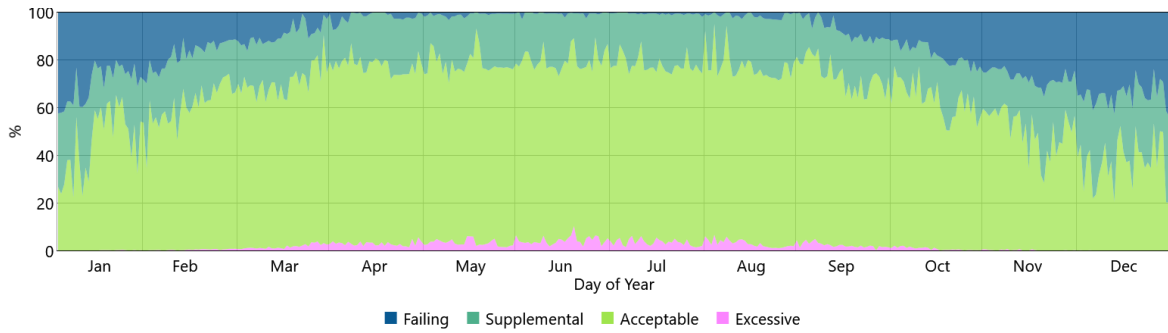


Fig.7 - Useful Daylight Illuminance - Variant 1

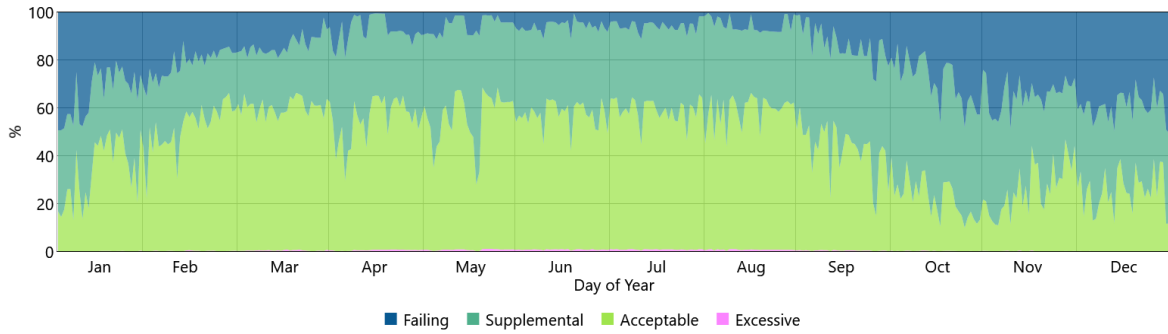


Fig.8 - Useful Daylight Illuminance - Variant 2

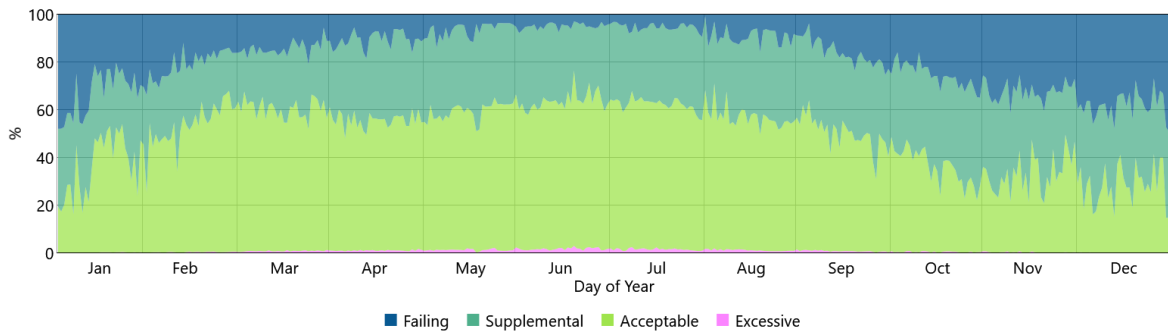


Fig.9 - Useful Daylight Illuminance - Variant 3

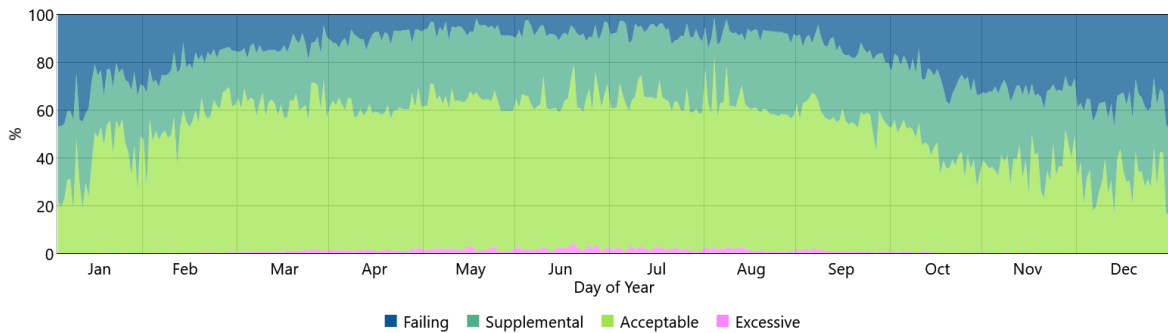


Fig.10 - Useful Daylight Illuminance - Variant 4

From the results of the time of need for shading device use in the office space, it can be observed that trees in proximity - 10 m from the façade significantly reduce the need for shading device use. At distances of 15 and 20 m, the differences in the time of use of the dynamic shading device compared to the variant without trees are negligible.

It is clear from the graphs showing the year-round progression of the UDI metric (Figs.7 to 10) that trees have little effect on indoor daylighting during the months in which they have leaf fall. In the other parts of the year, their impact is significant.

#### 4 Conclusion

In conclusion, the findings of this case study underscore the complex relationship between deciduous trees and indoor daylighting quality. While trees enhance environmental aesthetics and contribute to ecological diversity, their proximity to buildings can adversely affect daylight availability, necessitating careful consideration in architectural design. The study highlights the importance of utilizing the Useful Daylight Illuminances (UDI) metric to provide a nuanced understanding of daylight dynamics influenced by seasonal variations in tree foliage. A strategic approach to tree placement can help balance the benefits of natural shading with the need for sufficient daylighting in workspaces. The insights gained from this research advocate for the integration of climate-responsive strategies in urban architecture, promoting healthier and more sustainable office environments.

#### References

- [1] Katalóg adaptačných opatrení miest a obcí BSK na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy. In [online]. Available online: <<https://bratislavskykraj.sk/regionalny-rozvoj/strategie/katalog-adaptacnych-opatreni-miest-a-obci-bsk-na-nepriaznive-dosledky-zmeny-klimy/>>.
- [2] Klimatická zmena a jej dopady. In *Fakty o klíme* [online]. Available online: <<https://faktyoklime.sk/temy/klimaticka-zmena>>.
- [3] SHMÚ.sk - Meteo / Počasie / Hydrológia / Kvalita ovzdušia. In [online]. Available online: <<https://www.shmu.sk/sk/?page=1>>.
- [4] VOIGT, M.P. et al. Decision Support for Defining Adaptive Façade Design Goals in the Early Design Phase. In *Energies* . 2023. Vol. 16, no. 8, s. 3411. .
- [5] Zníženie prevádzkových nákladov budovy [online]. 2023. Available online: <<https://www.iqrc.sk/ako-znizit-prevadzkovye-naklady-budovy-na-minimum/>>.
- [6] Klimatická odolnosť a prispôsobivosť | Dobré stavby. In [online]. 2024. [cit. 2024-10-04]. Available online: <<https://dobrestavby.sk/clanky/klimaticka-odolnost-a-prisposobivost-adaptacia-na-klimaticke-zmeny-v-stavebnictve/>>.
- [7] HSIEH, C.-M. et al. Effects of tree shading and transpiration on building cooling energy use. In *Energy and Buildings* . 2018. Vol. 159, s. 382–397. .
- [8] SIMPSON, J.R. - MCPHERSON, E.G. Simulation of tree shade impacts on residential energy use for space conditioning in Sacramento. In *Atmospheric Environment* . 1998. Vol. 32, no. 1, s. 69–74. .
- [9] Comfort, Cooling loads, Energy saving, Passive cooling, Shading, Mediterranean climate. In *American Journal of Environmental Engineering* . 2015. .

- [10] MCPHERSON, E.G. et al. [online]. .Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 2016. [cit. 2024-09-08]. Available online: <<https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/52933>>.
- [11] TAN, Z. et al. Urban tree design approaches for mitigating daytime urban heat island effects in a high-density urban environment. In *Energy and Buildings* . 2016. Vol. 114, s. 265–274. .
- [12] PAN, J. - JAKUBIEC, J.A. Simulating the Impact of Deciduous Trees on Energy, Daylight, and Visual Comfort: Impact Analysis and a Practical Framework for Implementation. In . .
- [13] STN EN 17037: 2020 (73 0581), Denné svetlo v budovách. In . Bratislava: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, 2020. .
- [14] HRAŠKA, J. - ČURPEK, J. The practical implications of the EN 17037 minimum target daylight factor for building design and urban daylight in several European countries. In *Heliyon* . 2024. Vol. 10, no. 1, s. e23297. .
- [15] HRAŠKA, J. - HARTMAN, P. KOLKO DENNÉHO SVETLA MÁ BYŤ V OBYTNÝCH MIESTNOSTIACH BYTOV? In *Mladá veda* . 2022. Vol. 10, no. 6, s. 17. .
- [16] ASSOCIATES, R.M.& Rhinoceros 3D. In *www.rhino3d.com* [online]. Available online: <<https://www.rhino3d.com/>>.
- [17] ClimateStudio. In *Solemma* [online]. Available online: <<https://www.solemma.com/climatestudio>>.
- [18] Exterior Glass (with Dynamic Shade (optional)) — ClimateStudio latest documentation. In [online]. Available online: <[https://climatestudiodocs.com/docs/materials\\_exteriorGlass.html](https://climatestudiodocs.com/docs/materials_exteriorGlass.html)>.
- [19] Approved *method: IES spatial daylight autonomy (sDA) and annual sunlight exposure (ASE)*. . New York, N.Y.: Illuminating Engineering Society of North America, 2012. ISBN 978-0-87995-272-3.
- [20] Dynamic Leaf — ClimateStudio latest documentation. In [online]. Available online: <[https://climatestudiodocs.com/docs/materials\\_dynamicLeaf.html](https://climatestudiodocs.com/docs/materials_dynamicLeaf.html)>.
- [21] NABIL, A. - MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. In *Lighting Research & Technology* . 2005. Vol. 37, no. 1, s. 41–57. .
- [22] Useful Daylight Illuminance | Daylighting Pattern Guide. In [online]. [cit. 2024-09-30]. Available online: <<https://patternguide.advancedbuildings.net/using-this-guide/analysis-methods/useful-daylight-illuminance.html>>.
- [23] Custom Daylight Availability — ClimateStudio latest documentation. In [online]. [cit. 2024-10-04]. Dostupné na internete: <<https://climatestudiodocs.com/docs/daylightCustom.html>>.
- [24] NABIL, A. - MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. In *Energy and Buildings* . 2006. Vol. 38, no. 7, s. 905–913. .

# Reducing Embodied and Operational Carbon through Strategic Glazing Selection

Peter Hanuliak, Ing., PhD. – STU Bratislava – Stavebná fakulta, [peter.hanuliak@stuba.sk](mailto:peter.hanuliak@stuba.sk), [www.svf.stuba.sk](http://www.svf.stuba.sk)

Tomáš Hakszer, Ing. – STU Bratislava – Stavebná fakulta, [tomas.hakszer@stuba.sk](mailto:tomas.hakszer@stuba.sk), [www.svf.stuba.sk](http://www.svf.stuba.sk)

Tereza Pavlů, Doc. Ing., PhD. – UCEEB ČVUT Praha, [tereza.pavlu@cvut.cz](mailto:tereza.pavlu@cvut.cz), [www.uceeb.cz](http://www.uceeb.cz)

*Abstract: Glazing systems are integral to the energy performance and sustainability of buildings, yet they contribute significantly to both embodied and operational carbon emissions across their lifecycle. Traditionally, the selection of glazing systems has focused primarily on optimizing thermal and optical properties to enhance energy efficiency. However, this narrow focus overlooks the broader environmental impact associated with the production, installation, and decommissioning of these systems, which collectively result in substantial greenhouse gas emissions. This paper explores the multifaceted role of glazing systems in carbon reduction and offers a set of strategies and ideas to improve their environmental performance. By expanding the evaluation criteria to include factors such as material sourcing, manufacturing processes, and end-of-life disposal, this paper emphasizes the need for a more comprehensive approach to glazing system selection. The proposed strategies aim to reduce the overall carbon footprint of buildings, providing architects and designers innovative solutions to promote more sustainable building practices and contribute to global carbon reduction efforts.*

## 1 Introduction

The selection/procurement of glazing systems in building projects is linked with challenges that can significantly impact the overall performance and sustainability of a building structure [1]. While much of the groundwork for proper glazing selection can be established during the design phase by the architect or the responsible engineer, the realities of construction often result in modifications to the initially specified systems. Despite these complexities, the selection of appropriate glazing systems during the design process remains crucial to the success of a building's energy performance and environmental footprint [2].

A key challenge in glazing system selection is navigating the complex requirements involved. Glazing systems must satisfy a range of technical specifications, including energy efficiency, optical properties, acoustic performance, security, and aesthetic appeal. Ensuring that the selected systems meet these diverse requirements can be demanding, as it requires a thorough understanding of both performance metrics and regulatory standards. Another significant consideration is system compatibility; glazing systems must seamlessly integrate with other building components, such as the structural framework and HVAC systems. Identifying and addressing potential compatibility issues early on is relatively time-consuming and may require iterative design adjustments. Cost management further complicates the procurement process. Balancing the desire for high-quality glazing systems with budget constraints often necessitates value engineering, wherein cost-saving measures are explored without compromising the overall performance and sustainability goals.

Finally, sustainability considerations are becoming increasingly central to glazing system selection. There is a growing emphasis on incorporating energy-efficient technologies and utilizing materials with a lower environmental impact [3]. However, meeting these sustainability requirements can add layers of complexity to the design selection/procurement process, as it

involves not only evaluating product performance but also considering the environmental implications of material sourcing and manufacturing.

By providing strategies to improve the selection and implementation of glazing systems, we want to address these challenges and contribute to a more sustainable and carbon-efficient built environment [4].

## 2 Greenhouse gas emissions

The building sector is a major contributor to global greenhouse gas emissions, with a substantial portion arising from both the materials used in construction and the energy consumed throughout a building's lifespan (fig. 1). And it is important to say, that the 62% of energy is influenced by glass selection [6]. Efforts to mitigate these emissions have traditionally focused on improving energy efficiency to lower operational carbon. However, there is increasing awareness of the need to address embodied carbon, which is often locked into a building before it is even occupied. Together, embodied and operational carbon define the environmental footprint of a building, and addressing both is crucial for reducing the overall carbon emissions of the built environment. This paper explores the impact of glazing systems on both aspects, highlighting opportunities for reducing their carbon footprint through thoughtful design, material selection, and sustainable practices.

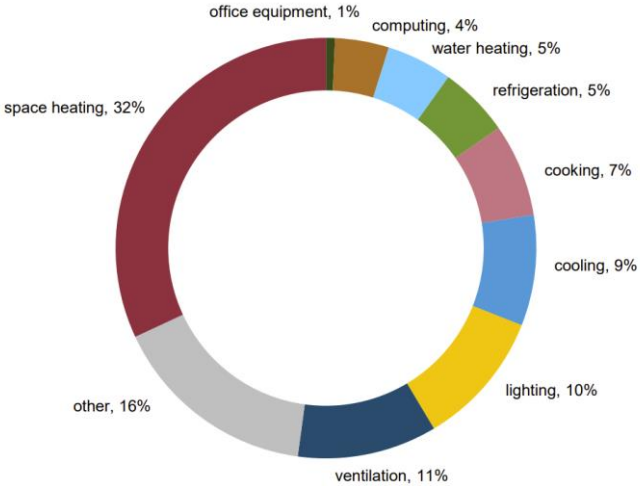


Fig. 1 Major fuels consumption by end use [6].

### 2.1 Embodied carbon

Embodied and operational carbon are two critical components in evaluating the overall environmental impact of a building. Embodied carbon refers to the total greenhouse gas emissions associated with production, transportation, installation, maintenance, and disposal of building materials throughout their lifecycle.

A crucial source of data for assessing the embodied carbon of glazing products is the Environmental Product Declaration (EPD). EPDs are standardized documents that quantify the environmental impact of a product throughout its entire life cycle and are becoming an essential tool in sustainable construction. By 2030, it is expected that EPDs will be compulsory for every producer of building materials within the European Union [7], marking a significant step toward transparency and accountability in the industry.

EPDs are based on life cycle assessment (LCA) methodologies and can include both cradle-to-gate and cradle-to-cradle analyses. Cradle-to-gate focuses on the environmental impact from raw material extraction to production and distribution. This is particularly relevant for glazing systems, as it includes the environmental costs associated with raw material extraction (e.g., sand mining for glass production), processing, fabrication, and transportation to the building site. While EPDs often use cradle-to-gate data, many are now incorporating cradle-to-cradle elements, which consider the entire product lifecycle, including recyclability and disposal. This approach helps evaluate how glazing materials can be recycled or repurposed, minimizing environmental impact and promoting circular economy practices. By using EPDs, stakeholders can make more informed choices about glazing systems, ensuring alignment with sustainability goals and supporting more responsible consumption and production patterns.

Environmental indicators	PRODUCT STAGE	CONSTRUCTION STAGE			USE STAGE							END OF LIFE STAGE				REUSE, RECOVERY RECYCLING
	A1 / A2 / A3	A4 Transport	A5 Installation	B1 Use	B2 Maintenance	B3 Repair	B4 Replacement	B5 Refurbishment	B6 Operational energy use	B7 Operational water use	C1 Deconstruction / demolition	C2 Transport	C3 Waste processing	C4 Disposal	D Reuse, recovery, recycling	
Climate Change - total [kg CO <sub>2</sub> eq.] <sup>3</sup>	9.21E+00	5.88E-01	0	0	1.84E-01	0	0	0	0	0	0	3.66E-02	0	2.40E-01	0	
Climate Change (fossil) [kg CO <sub>2</sub> eq.]	9.17E+00	5.77E-01	0	0	8.08E-02	0	0	0	0	0	0	3.59E-02	0	2.28E-01	0	
Climate Change (biogenic) [kg CO <sub>2</sub> eq.]	3.30E-02	6.32E-03	0	0	3.03E-02	0	0	0	0	0	0	3.93E-04	0	1.20E-02	0	
Climate Change (land use change) [kg CO <sub>2</sub> eq.]	7.28E-03	4.78E-03	0	0	7.28E-02	0	0	0	0	0	0	2.98E-04	0	6.55E-04	0	
Ozone depletion [kg CFC-11 eq.]	7.05E-09	7.10E-17	0	0	4.39E-09	0	0	0	0	0	0	4.42E-18	0	8.43E-16	0	
Acidification terrestrial and freshwater [Mole of H <sup>+</sup> eq.]	4.94E-02	2.51E-03	0	0	4.99E-04	0	0	0	0	0	0	1.56E-04	0	1.63E-03	0	
Eutrophication freshwater [kg P eq.]	7.18E-05	1.80E-06	0	0	3.23E-05	0	0	0	0	0	0	1.12E-07	0	3.91E-07	0	
Eutrophication marine [kg N eq.]	1.01E-02	1.18E-03	0	0	5.33E-04	0	0	0	0	0	0	7.33E-05	0	4.20E-04	0	
Eutrophication terrestrial [Mole of N eq.]	1.09E-01	1.31E-02	0	0	1.38E-03	0	0	0	0	0	0	8.14E-04	0	4.62E-03	0	
Photochemical ozone formation - human health [kg NMVOC eq.]	2.87E-02	3.16E-03	0	0	3.22E-04	0	0	0	0	0	0	1.97E-04	0	1.27E-03	0	
Resource use, mineral and metals [kg Sb eq.]	4.55E-05	4.23E-08	0	0	2.55E-06	0	0	0	0	0	0	2.64E-09	0	2.04E-08	0	
Resource use, energy carriers [MJ]	1.26E+02	7.86E+00	0	0	1.38E+00	0	0	0	0	0	0	4.90E-01	0	2.98E+00	0	
Water deprivation potential [m <sup>3</sup> world equiv.]	2.84E+00	5.28E-03	0	0	3.27E-01	0	0	0	0	0	0	3.29E-04	0	2.38E-02	0	

Fig. 2 Example of the EPD results for the life-cycle of a particular glass [8].

We can observe the typical environmental outputs of glazing systems in terms of Global Warming Potential (GWP), Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Ozone Depletion Potential (ODP), Smog Formation Potential (SFP), and Metal Depletion, each measured in their respective units (Fig. 2).

Global Warming Potential (GWP) is the most critical measure when evaluating the environmental impact of glazing systems, as it directly relates to global temperature increases. Rising temperatures lead to higher energy demands, particularly for Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) systems, which must work harder to maintain comfortable indoor conditions. This increased energy consumption exacerbates the very issue of global warming, creating a feedback loop.

In the context of building facades, this means placing greater emphasis on advanced protective measures, such as the use of low-emissivity (low-e) coatings and the improved management of thermal bridge breaks. These measures, traditionally considered crucial for winter insulation, are now equally important for reducing heat gains during summer months.

For glazing systems, a substantial portion of their carbon footprint is linked to the energy-intensive production process of glass itself, particularly the melting of sand and other raw materials, which require temperatures around 1600°C. Approximately 78% of the total carbon emissions associated with glazing systems stem from the glass manufacturing process alone. Then the 10% refers to glass processing and 12% for fabrication of glazing system [6]. This highlights the need for innovations in glass production, such as increased use of recycled glass and improved energy efficiency in melting technologies, to significantly reduce the embodied carbon of these systems.

## 2.2 Operational carbon

Operational carbon represents the carbon emissions generated from a building's operations, primarily related to maintaining indoor comfort for occupants. The selection of glazing systems plays a crucial role in influencing these emissions, as it directly affects the performance of HVAC and lighting systems. For instance, glazing with a lower U-value reduces heat loss, thereby decreasing heating demands and associated emissions. Similarly, a lower g-value limits solar heat gain, leading to reduced cooling requirements. Additionally, glazing with a higher visible transmittance ( $T_{vis}$ ) allows for better utilization of natural daylight, minimizing the need for artificial lighting and further reducing operational carbon. Optimizing these properties in glazing selection is key to lowering a building's overall operational carbon footprint.

## 3 Ways of reduction embodied and operational carbon

Embodied carbon reduction strategies for glazing systems can be divided into three main categories: raw material collection, manufacturing processes, and integrated actions that address both embodied and operational carbon. In raw material collection, the key influencing factors are reducing natural gas consumption during material extraction, minimizing transportation distances from mines to manufacturing sites, and evaluating the Global Warming Potential (GWP) of different raw material suppliers. These aspects are primarily within the control of glass producers, with limited influence from architects and engineers. In the manufacturing phase, utilizing recycled glass cullet is an effective strategy, as it lowers the melting point of the batch, reducing fuel consumption and overall energy use. Pioneering glass manufacturers are also adopting oxy-fuel technology, which can reduce energy consumption in the glass melting process by up to 20% and cut greenhouse gas emissions by half [6].

In our region, the minimum standard for building envelopes typically requires the use of triple-glazed insulation systems. However, since the majority of embodied carbon in glazing systems is associated with the glass substrate itself, the most effective strategy from an embodied carbon perspective would be to use single glazing systems. This, however, goes against conventional practices, as it would lead to a substantial increase in operational carbon due to higher energy demands for heating and cooling. Consequently, achieving a balance between reducing embodied carbon and minimizing operational carbon becomes a challenging trade-off that requires careful consideration of both immediate and long-term environmental impacts.

Quadruple-pane glazing systems are generally not viable due to significant reductions in visible transmittance ( $T_{vis}$ ), increased weight, and the resulting higher embodied carbon. Therefore, advancements in glazing technology must explore alternative solutions to improve energy performance without compromising visual comfort or sustainability. Tinted glazing (also electrochromic glazings) can effectively lower the g-value, reducing solar heat gain, but it may also alter the spectral quality of light entering the space. Another promising option is the use

of Vacuum Insulated Glass (VIG), which provides high thermal insulation with a thinner profile. In addition, well-established strategies like filling the glass cavity with noble gases (e.g., argon or krypton), using warm-edge spacers, and optimizing the air/gas cavity dimensions are commonly employed to enhance thermal performance. However, the most effective approach in current practice is the application of additional low-emissivity (low-e) coatings. As shown in Tab. 1, applying multiple low-e coatings can achieve small reductions in U-value while significantly lowering the g-value. Nevertheless, each additional layer results in a decrease in  $T_{vis}$ , which must be carefully balanced to maintain adequate daylight availability and visual comfort.

Glazing system (Low-e glass, Airspace, Clear glass)	U-Value	$T_{vis}$	SHGC
Clear (Uncoated)	0.47	79%	0.70
Passive Low-e	0.32	76%	0.60
Double-Silver Solar Control Low-e	0.29	70%	0.39
Triple-Silver Solar Control Low-e	0.28	64%	0.27
Quad-Silver Solar Control Low-e	0.29	51%	0.23

Tab.1 Comparison of different properties of the glazing system as a result of additional application of low-e coatings, note: SHGC values are comparable with g-values and both refer to the solar heat gain performance evaluation [6]

### 3.1 Emerging Technologies: Hybrid Vacuum Insulating Glass (HVIG)

New systems like Hybrid Vacuum Insulating Glass (HVIG) are gradually being introduced as innovative solutions in glazing technology. HVIG systems combine the benefits of traditional vacuum insulating glass (VIG) with the versatility of multi-pane configurations. By substituting a VIG unit for the interior pane in a standard insulating glass unit (IGU), HVIG can achieve superior thermal performance [9] within the same thickness as a conventional double-glazed unit. This allows HVIG to outperform standard triple glazing systems by providing more surfaces for low-emissivity (low-e) coatings and maximizing the thermal insulation benefits of vacuum spacing[10], all while maintaining a slim profile and reducing the overall weight and embodied carbon of the glazing unit.

## 4 Conclusions and recommendations

Before selecting a glazing system, it is essential to understand the subcontractors involved and where they source their products. Early engagement with the project team or project owner helps establish acceptable sourcing distances to reduce transportation-related carbon emissions. Consulting with glazing subcontractors to identify more localized manufacturers can further minimize the carbon footprint. Additionally, the Global Warming Potential (GWP) of specified products should be compared against other options through a review of Environmental Product Declarations (EPDs) within the same product category. Engineers and architects should collaborate with manufacturer representatives to propose alternative solutions that can reduce the project’s overall embodied carbon.

Sustainable principles are increasingly being integrated into the material selection process for building projects, making it vital to evaluate materials not just for performance, but also for their

environmental impact. A key part of this approach involves reviewing the embodied carbon data for each glass product and strategically selecting combinations of low-emissivity (low-e) coatings and substrates to optimize building energy usage and operational carbon. Conducting specific building simulations to test different scenarios can help find the ideal trade-off between embodied and operational carbon. To remain effective, industry professionals must continuously educate themselves on emerging technologies and advanced glazing solutions, incorporating these innovations to achieve the most sustainable and efficient building designs.

## References

- [1] S.A.Moghaddam, et.al., Comprehensive Review and Analysis of Glazing Systems towards Nearly Zero-Energy Buildings: Energy Performance, Thermal Comfort, Cost-Effectiveness, and Environmental Impact Perspectives, *Energies* 2023, 16(17), 6283; DOI: 10.3390/en16176283
- [2] SaadatianShiva, Freire Fausto, Simões Nuno, Embodied impacts of window systems: A comparative assessment of framing and glazing alternatives, 2021, *Journal of Building Engineering*, vol.35, DOI:10.1016/j.jobbe.2020.102042
- [3] Lennart Y. Ljungberg, Materials selection and design for development of sustainable products, 2007, *Materials & Design*, Volume 28, Issue 2, 2007, Pages 466-479
- [4] Pomponi Francesco, Moncaster Alice, Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment - What does the evidence say? 2016 *Journal of Environmental Management* Volume 181, Pages 687-700
- [5] Bryce Given, Using Glass to Reduce Embodied and Operational Carbon, 2024, Vitro Glass Education online webinar
- [6] U.S. Energy Information Administration, Commercial Buildings Energy Consumption Survey, 2018 Commercial Buildings Energy Consumption Survey, Consumption and Expenditures Highlights, available online:[www.eia.gov/consumption/commercial/](http://www.eia.gov/consumption/commercial/)
- [7] EU,Roadmap to climate-proof buildings and construction – How to embed whole-life carbon in the EPBD, 2022, available online:<https://build-up.ec.europa.eu/>
- [8] Saint-Gobain, Magetron coated ORAÉ - ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION, 2023, Programme operator: EPD international AB, available online:[www.environdec.com](http://www.environdec.com)
- [9] Ivan Chmúrny, Daniel Szabó, Thermal performance of hybrid vacuum glazing installed in the wood-aluminium frame, 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 960 032008
- [10] Yueping Fang et.al, Solar thermal performance of two innovative configurations of air-vacuum layered triple glazed windows, 2020, *Renewable Energy*, Volume 150, Pages 167-175, ISSN 0960-1481, DOI: 10.1016/j.renene.2019.12.115.

# Odborný odhad generování světelného toku do venkovního prostoru z železničních stanic

Martin Houžva, Ing., VŠB TÚ-Ostrava, martin.houzva.st@vsb.cz, www.fe.i.vsb.cz

**Abstrakt:** Tento příspěvek se zabývá odborným odhadem světelného toku, který je generován do venkovního prostoru z železničních stanic a osvětlovaného prostoru určeného pro dráhy v České republice. Zaměřuje se nejen na původní osvětlovací soustavy s vysokotlakými sodíkovými výbojkami, ale také na nově používaná svítidla typu LED. V rámci návrhů nových osvětlovacích soustav pro vybrané železniční stanice je porovnáván jejich celkový světelný tok s osvětlovacími soustavami stávajícími. Příspěvek poukazuje na úroveň snižování potenciálního rušivého světla v nočním venkovním prostoru a zároveň toto porovnává s úrovněmi, které generuje klasické veřejné osvětlení.

## 1 Úvod

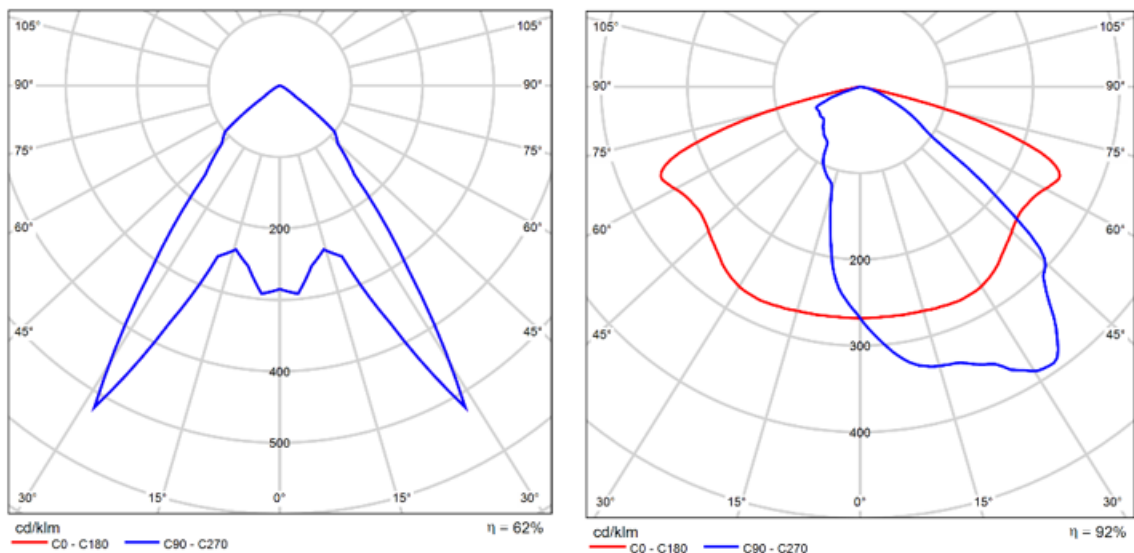
Cílem příspěvku je odborný odhad světelného toku generovaného světelnými zdroji v železničních stanicích v České republice. V současné době probíhá rozsáhlá modernizace těchto stanic. Dochází k výměně stávajících vysokotlakých sodíkových výbojek novými LED světelnými zdroji. Význam těchto změn se projevuje především ve snížení energetické náročnosti, lepší distribucí světelného toku a omezením tzv. „světelného znečištění“, které se projevuje zejména v přímém vyzařování do horního poloprostoru. Tento článek analyzuje rozdíly mezi stávajícími a novými osvětlovacími soustavami, včetně srovnání světelného toku a energetické náročnosti. Odborný odhad světelných toků vyzařovaných z železničních stanic je proveden na příkladu 4 stanic v různých obcích před a po rekonstrukci jejich venkovního osvětlení. Světelně-technické modely železničních stanic jsou provedeny v softwaru Dialux.

## 2 Příklad nepoužívanějších svítidel pro osvětlení železničních stanic

Jak již bylo v úvodu bylo zmíněno, ve stávajícím stavu se pro osvětlování železnic používají hrcová svítidla osazená vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Jedná se o světelné zdroje s nižší náhradní teplotou chromatičnosti a také nižším měrným světelným výkonem než je tomu u nových LED svítidel, které také většinou disponují příhodnější křivkou svítivosti pro použití na železnicích. Ukázka nepoužívanějších svítidel u starých i nových osvětlovacích soustav je provedena v následující tabulce a obrázku.

Typ svítidla	Stav	Typ světelného zdroje	Světelný tok zdroje (lm)	Teplota chromatičnosti (K)
SHC/250W	stávající	NAV	27 000	1 967
MARUT L G2	nový	LED	8 118	2 700

Tab.1 Příklad používaných stávajících a nových svítidel



Obr.1 Příklad křivek svítivosti používaných u stávajících (vlevo) a nových svítidel (vpravo)

K dispozici je samozřejmě řada výrobců, typů a výkonových řad svítidel, kteří jsou schopni dodávat svítidla pro účely osvětlování železničních prostor.

### 3 Počet stanic a zastávek na území ČR

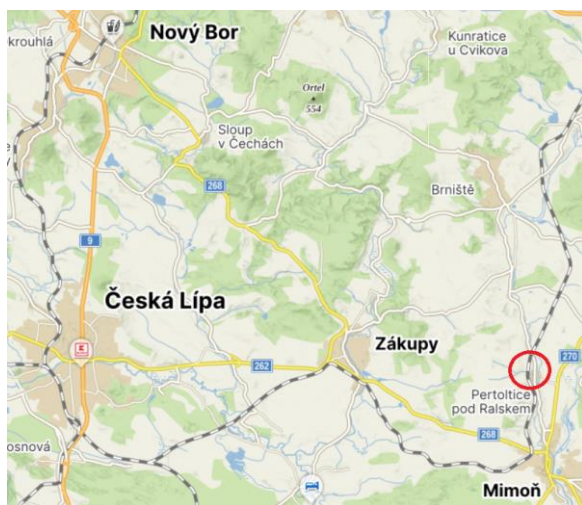
Na území ČR se nachází přibližně 2 600 železničních stanic a zastávek. Ty lze rozdělit na malé, střední a velké stanice dle jejich velikosti, provozního významu a objemu dopravního provozu.

#### 3.1 Malé stanice a zastávky

Celkový počet stanic je přibližně **1 900** ks. Tyto zastávky obvykle obsluhují regionální dopravu. Osvětlení je řešeno menším počtem svítidel (odhadem **5-30** svítidel dle konkrétní zastávky).

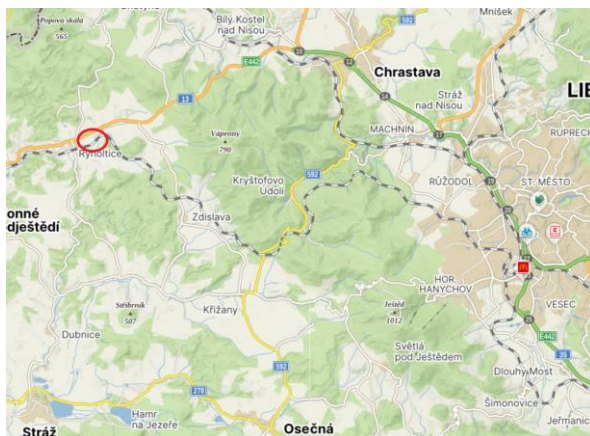
##### 3.1.1 Příklad malých stanic

Do této kategorie lze zařadit zastávku Pertoltice pod Ralskem v severních Čechách. Jedná se o zastávku na trati mezi Libercem a Českou Lípou s počtem obyvatel do 500.



Obr.2 Poloha obce Pertoltice pod Ralskem

Do malých stanic lze zařadit i Rynoltice, která se nachází na téže trati. Ve stanici je trať rozdělena na dvě koleje a tudíž je tato zastávka trochu větší. Počet obyvatel příslušné obce je přibližně 850.



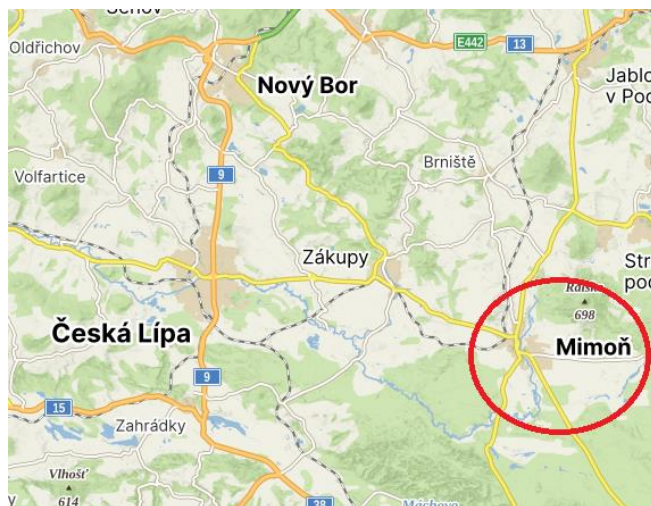
Obr.3 Poloha obce Rynoltice

### 3.2 Středně velké stanice

Celkový počet těchto stanic je přibližně **500** ks. Mají větší význam v regionální a příměstské dopravě a obvykle obsluhují regionální dopravu. Osvětlení je tedy řešeno větším počtem svítidel (odhadem **30-60** svítidel dle konkrétní stanice).

#### 3.2.1 Příklad střední stanice

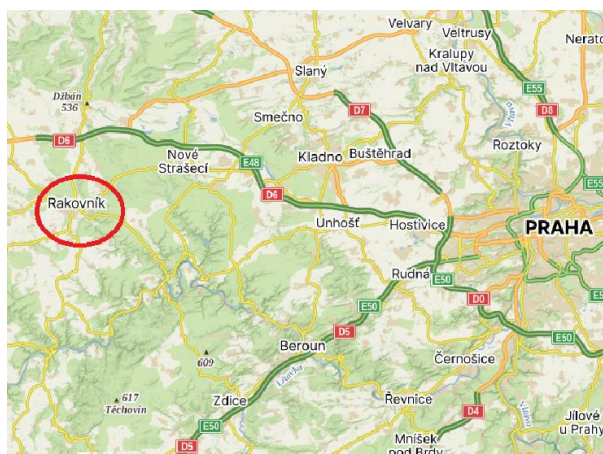
Jako příklad lze použít stanici Mimoň opět ležící na téže trati mezi Libercem a Českou Lípou. Počet obyvatel činí cca 6 500.



Obr.4 Poloha obce Mimoň

### 3.3 Velké stanice

Celkový počet těchto stanic je přibližně **200** ks. Jedná se o klíčové dopravní uzly obsluhující velký objem cestujících a nákladní dopravy. Osvětlení je opět řešeno vyšším počtem svítidel. Jedná se o více než **60** svítidel a v případě velkých železničních uzlů ještě mnohem víc. Mezi velké stanice patří stanice hlavních nádraží větších měst apod. Jako konkrétní případ je zde uvedena stanice Rakovník.



Obr.5 Poloha města Rakovník

## 4 Základní popis vybraných stanic před a po rekonstrukci

### 4.1 Zastávka Pertoltice pod Ralskem (malá zastávka)

V současné době se v zastávce nacházejí pouze tři výbojková svítidla osvětlující zastávku.

V rámci stávajícího osvětlení jsou pro zastávku charakteristické tyto parametry:

Počet svítidel	Celkový příkon svítidel	Světelný tok jednoho svítidla	Celkový světelný tok
3 ks	249 W	6 klm	18 klm

Tab.2 Hodnoty stávajícího osvětlení - Pertoltice pod Ralskem



Obr.6 Model stávajícího osvětlení Pertoltice pod Ralskem – letecký pohled

Pro nový světelný návrh bude použito celkem 7 nových LED svítidel, jejichž parametry lze vyčíst z následující tabulky:

Počet svítidel	Celkový příkon svítidel	Celkový světelný tok
7	131,6 W	18,9 klm

Tab.3 Hodnoty nově navrženého osvětlení - Pertoltice pod Ralskem



Obr.7 Model nově navrženého osvětlení Pertoltice pod Ralskem – letecký pohled

Porovnání stávajícího a nově navrženého stavu je uvedeno v tabulce 4.

Stav	Celkový příkon svítidel (W)	Celkový světelný tok (lm)
Stávající	249	18 000
Nový	131,6	18 900
Rozdíl	<b>117,4</b>	<b>-900</b>
<b>Procentuální rozdíl</b>	<b>52,85 %</b>	<b>-1,05 %</b>

Tab.4 Porovnání hodnot stávajícího a nově navrženého stavu - Pertoltice pod Ralskem

Pro porovnání osvětlení železnice s veřejným osvětlením v obci bylo vzato v úvahu cca 40 svítidel VO. Pokud by každé svítidlo VO vyzařovalo průměrně 7 500 lm, bude celkový světelný tok roven 300 klm. Z toho plyne, že celkové osvětlení pro zastávku činí necelých 6 % z celkového světelného toku venkovního osvětlení v obci.

#### 4.2 Stanice Rynoltice (malá stanice)

V rámci stávajícího osvětlení jsou pro stanici charakteristické tyto parametry:

Počet svítidel	Celkový příkon svítidel	Celkový světelný tok
16 ks	1 215 W	227,8 klm

Tab.5 Hodnoty stávajícího osvětlení - Rynoltice



Obr.8 Model stávajícího osvětlení Rynoltice – letecký pohled

Pro nový stav budou použita LED svítidla k osvětlování výhybek, přístupových cest a nástupišť.

Počet svítidel	Celkový příkon svítidel	Celkový světelný tok
32 ks	1 127,2 W	149,6 klm

Tab.6 Hodnoty nově navrženého osvětlení - Rynoltice



Obr.9 Model nově navrženého osvětlení Rynoltice – letecký pohled

Porovnání stávajícího a nově navrženého stavu je uvedeno v tabulce 5.

Stav	Celkový příkon svítidel (W)	Celkový světelný tok (lm)	Přímá složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)	Odražená složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)
Stávající	1 215	227 800	1 665	7 973
Nový	1 127,2	149 600	0	5 386
Rozdíl	<b>87,8</b>	<b>78 200</b>	<b>1 665</b>	<b>2 587</b>
<b>Procentuální rozdíl</b>	<b>7,23 %</b>	<b>34,33 %</b>	<b>100 %</b>	<b>32,45 %</b>

Tab.7 Porovnání hodnot stávajícího a nově navrženého stavu - Rynoltice

Obec Rynoltice v rámci nedávné revitalizaci VO vybudovala pro osvětlení obce 189 svítidel. Uvažujeme opět průměrný světelný tok 7 500 lm, což činí dohromady 1 417 500 lm. V rámci rekonstrukce nového osvětlení na železnicích bude celkový světelný tok včetně veřejného osvětlení 1 567 100 lm. Nově navržené osvětlení železniční stanice činí 9,55 % z celkového osvětlování v obci.

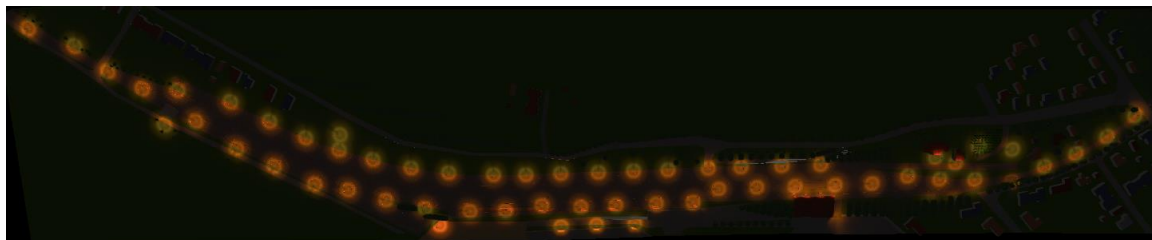
#### 4.3 Stanice Mimoň (střední stanice)

V současné době se ve stanici nachází 69 výbojkových svítidel. Stanice ovšem projde rekonstrukcí a počet svítidel se v rámci nového návrhu vymění za LED.

V rámci stávajícího osvětlení jsou pro stanici charakteristické parametry uvedené v tabulce 8.

Počet svítidel	Celkový příkon svítidel	Celkový světelný tok
69 ks	15,472 kW	1 665,2 klm

Tab.8 Hodnoty stávajícího osvětlení - Mimoň



Obr.10 Model stávajícího osvětlení Mimoň – letecký pohled

Nový navržený stav, který počítá s použitím LED svítidel je uveden v tabulce 9.

Počet svítidel	Celkový výkon svítidel	Celkový světelný tok
33 ks	1 304,5 W	168,221 klm

Tab.9 Hodnoty nově navrženého osvětlení



Obr.11 Model nově navrženého osvětlení Mimoň – letecký pohled

Porovnání stávajícího a nově navrženého stavu je uvedeno v tabulce 10.

Stav	Celkový výkon svítidel (W)	Celkový světelný tok (lm)	Přímá složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)	Odražená složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)
Stávající	15 472	1 665 200	1 665	58 282
Nový	1 304	168 221	0	13 962
Rozdíl	<b>1 545 895</b>	<b>1 496 979</b>	<b>1 665</b>	<b>44 320</b>
<b>Procentuální rozdíl</b>	<b>99,92 %</b>	<b>89,90 %</b>	<b>100 %</b>	<b>76,04 %</b>

Tab.10 Porovnání hodnot stávajícího a nově navrženého stavu

V obci Mimoň se nachází celkem 565 světelných bodů veřejného osvětlení, jelikož obec absolvovala rozsáhlou rekonstrukci VO. Pokud budeme znovu uvažovat průměrný světelný tok jednoho svítidla 7 500 lm, bude celková hodnota světelného toku veřejného osvětlení 4 237 500 lm. Jestliže přičteme osvětlení nového stavu v železniční stanici, bude světelný tok osvětlující všechny prostory obce roven 4 405 721 lm. Z toho plyne, že železniční stanice bude osvětlována 3,82 % celkového světelného toku.

#### 4.4 Stanice Rakovník (velká stanice)

V současné době prochází stanice Rakovník projekční přípravou, která zahrnuje rekonstrukci osvětlení. Vzhledem k podobě stávajících podkladů ze strany správce mohou být informace drobně odchylné od skutečnosti.

Ve stanici se v aktuálním stavu nachází celkem 72 svítidel osazených vysokotlakými sodíkovými výbojkami (viz tabulka 11).

Počet svítidel	Celkový příkon svítidel	Světelný tok jednoho svítidla	Celkový světelný tok
72 ks	25,2 kW	34 klm	2 448 klm

Tab.11 Hodnoty stávajícího osvětlení - Rakovník

V rámci světelného návrhu obnovy byla použita různá LED svítidla s různými charakteristikami a příkony. V tabulce 12 je uveden pouze výsledný světelný tok.

Počet svítidel	Celkový příkon svítidel	Celkový světelný tok
181	12,49 kW	1 401,012 klm

Tab.12 Hodnoty nově navrženého osvětlení - Rakovník

Porovnání stávajícího a nově navrženého stavu je uvedeno v tabulce 13.

Stav	Celkový příkon svítidel (W)	Celkový světelný tok (lm)	Přímá složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)	Odražená složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)
Stávající	25 200	2 448 000	2 448	122 400
Nový	12 490	1 401 012	0	68 650
Rozdíl	<b>12 710</b>	<b>1 046 988</b>	<b>2 448</b>	<b>53 750</b>
<b>Procentuální rozdíl</b>	<b>50,44 %</b>	<b>42,77 %</b>	<b>100 %</b>	<b>43,91 %</b>

Tab.13 Porovnání hodnot stávajícího a nově navrženého stavu - Rakovník

Město Rakovník má aktuálně ve správě VO přibližně 1630 svítidel, jelikož prošla rovněž modernizací. Opět uvažujeme průměrný odborný odhad jednoho svítidla stanoveného na 7 500 lm, tedy celkový světelný tok VO činí 12 225 000 lm. Opět přičteme-li nově navržené osvětlení železničních prostor, bude celkový světelný tok roven 13 626 012 lm, a tedy procentuálně pro železniční prostory činí hodnota světelného toku 10,12 %.

## Diskuse

Berme v potaz situaci, která by nepočítala se žádnou rekonstrukcí na železnici, a tedy bychom stále využívali stávající svítidla s vysokotlakými sodíkovými výbojkami pro osvětlování železničních prostor. Pokud odborným odhadem zprůměrujeme celkový světelný tok pro malé stanice s celkovým počtem 1 900 ks, bude průměrný světelný tok na jednu malou stanici stanoven na cca 30 klm. Další kategorie stanic spadajících do střední velikosti, kterých bychom uvažovali 500 ks, budou mít průměrný světelný tok cca 1 000 klm a velké stanice v orientačním celkovém počtu do 200 s průměrem 3 000 klm. Jestliže tyto hodnoty vynásobíme, dostaneme celkový počet dodávaného toku 38 Mlm pro malé stanice, pro střední 500 Mlm, a nakonec pro velké stanice 600 Mlm. V České republice by tedy v rámci železničních stanic vyzařovaly vysokotlaké sodíkové výbojky celkem 1,16 Glm, které jsou součástí osvětlovací soustavy, jež prozatím neprošly rekonstrukcí.

Uvažujme, že k dnešnímu dni je rekonstruováno zhruba 60 % stanic a zastávek, které díky použití nových LED svítidel sníží světelný tok průměrně o cca 50 %. Pokud budeme mít rekonstruovaných 60 % stanic a zastávek, jejichž rekonstrukcí snížíme celkový světelný tok o 50 % bude tedy v aktuální situaci úspora světelného toku 348 Mlm. Rekonstrukcí 60 % stanic nám celková hodnota klesne na 812 Mlm.

Nyní vezmeme v úvahu vyzařování světelného toku do horního poloprostoru v přímém směru. Obecně víme, že nové LED systémy jsou konstruovány tak, aby nevyzařovaly přímý světelný tok do horního poloprostoru vůbec. Z toho plyne, že pokud bychom pouze s výbojkovými svítidly vyzařovali 1,16 Glm, tak 0,1 % bude 1,16 Mlm, jež jsou vyzářeny do horního poloprostoru a přispívají ke světelnému znečištění. Rekonstrukcí 60 % stanic na LED systémy, které nevyzáří v přímém směru žádný světelný tok, bude právě úspora tohoto toku 696 klm.

Rovněž provedme průměr pro odraženou složku. Pokud by průměrně vysokotlaké sodíkové výbojky vyzářily do horního poloprostoru cca 10 %, hodnota světelného toku v původním nerekonstruovaném stavu by činila cca 116 Mlm. LED svítidla samo o sobě neeliminují odraženou složku. Průměrné procento vyzářeného světelného toku do horního poloprostoru tedy nebe příliš odlišné od cca 10 % a tedy po rekonstrukcích nám vyzářený celkový světelný tok s novými LED svítidly vyzáří do horního poloprostoru odraženou složku světelného toku o hodnotě cca 81 Mlm. Tato hodnota je sice výrazně nižší než u původních osvětlovacích soustav, nicméně stále srovnatelná.

Velmi zajímavé je také porovnání osvětlování železničních prostor s VO. V rámci návrhu našeho osvětlování železnic jsme si uvedli celkový světelný tok vybraných obcí a procentuálně představili, kolik světelného toku v konkrétním místě náleží železničnímu prostoru. Vezmeme-li v potaz celkový počet světelných bodů v ČR, činí tento počet cca 1,35 milionů svítidel. Jestliže bude jedno svítidlo v průměru vyzařovat 7 500 lm, bude celkový světelný tok roven 10,1 Glm. Přičteme-li celkový světelný tok železnic k osvětlování VO, dostaneme výsledek 11,26 Glm, což představuje cca 10 % osvětlení pro železniční prostranství. Výsledky je nutné brát v úvahu tak, že se jedná o odborný odhad a skutečné hodnoty se mohou značně lišit.

Nicméně cílem příspěvku bylo ukázat, že z hlediska nočního prostoru, existují i jiné osvětlovací soustavy, které mohou svým světelným tokem do venkovního prostoru významnou měrou vyzařovat nejen lokálně, ale i z pohledu celé ČR.

### **Literatura a odkazy**

[1] Karel Sokanský, Kurz osvětlovací techniky, 2016

[2] Tomáš Novák, Kurz osvětlovací techniky, 2015

# Obecně o normách a požadavcích na denní osvětlení

Jan Kaňka, doc. Ing. Ph.D. – TNK 76 Osvětlení (zpracovatel ČSN 730580-1, 2) – ooakanka@centrum.cz

*Abstrakt: Na příkladech z teorie i praxe je ukázáno, jak obtížná je tvorba legislativy o denním osvětlení budov. Důležitá je jednoznačnost požadavků, která by neměla ustupovat snahám o co největší „přesnost“, tj. o věrnost legislativního modelu reálnému působení denního světla v budovách.*

## 1 Úvod

Při pojednání o technických normách na denní osvětlení by nebylo dobré spokojit se s pouhým výčtem těchto norem a popisem toho, co v jednotlivých člancích nařizují či doporučují. Je dobré si uvědomit, proč vznikají normy a jakým způsobem napomáhají k vyrovnání našeho světa. O to si částečně dovoluje usilovat tento příspěvek.

Slovníky definují pojem „norma“ jako „všeobecně závazné pravidlo nebo předpis“. K tomu je možno dodat, že normy vydávají různé subjekty s cílem chránit své nebo obecné zájmy. Existují normy podnikové, oborové, státní a dnes dokonce i normy evropské. Prvek ochrany zájmů vydavatele normy je vždy přítomen. Může jím být ochrana zdraví, bezpečnost při práci, úspora energií a jiné důvody. Ustanoveními normy je regulována činnost jednotlivců i celých skupin (například firem) tak, aby zájem vydavatele normy byl chráněn či naplňován. Že zájem vydavatele normy by měl být v souladu s dobrými mravy, to snad ani není třeba dodávat. Technické normy o denním osvětlení se starají o pohodu a zdraví uživatelů budov, ale také chrání stavebníky (developery) před nadměrnými požadavky jejich zákazníků a před nadměrnými požadavky okolí jejich staveb. Zajišťují přiměřené osvětlení budov denním světlem.

Aby regulace normou byla úspěšná, musejí být její ustanovení při praktické činnosti vymahatelná. To je zajištěno různým stupněm závaznosti. České technické normy jsou obecně nezávazné, ale řada z nich je uvedena v závaznost odkazem v jiném závazném předpise – ve vyhlášce nebo v nařízení vlády. Tímto způsobem jsou závazné i české technické normy o denním osvětlení. Všechny normy pak mohou být závazné na základě smluvních vztahů.

## 2 Nikoli na různých ustláno

Osvětlení denním světlem a přítomnost slunečního záření v interiéru jsou významnou součástí *kvality* budov, zejména bytů. V České republice (a možná nejen v ní) existuje silná tendence omezit, či dokonce rušit požadavky na denní osvětlení a proslunění budov. Je tomu tak proto, že při výstavbě a prodeji bytů selhává jeden ze základních předpokladů ideologie tržního hospodářství, kterou jsme si osvojili před 35-ti lety. Selhává totiž předpoklad udržování kvality produkce poptávkou v prostředí volného trhu. Značná část nových bytů se neprodává k bydlení, ale jako investice, která zhodnotí vložené prostředky a ochrání je před inflací. Podle šetření MMR [1] se v roce 2021 v Česku nacházelo celkem 860 tisíc neobydlených bytů, z toho 200 tisíc v bytových domech. Počet dlouhodobě neobydlených bytů v bytových domech se za posledních deset let zvýšil o 40 % a v podstatě se vyrovnal počtu bytů, který byl získán novou výstavbou za tuto dobu. Bytů je na trhu stálý nedostatek kvůli jejich spekulativnímu skupování, což vede k dalšímu zvyšování jejich ceny a tím i k zachování jejich užitečnosti jako investice. Developer dobře prodá i byt nekvalitní, neboť i takový se časem zhodnotí. Navíc se snadněji

bez potřeby větší míry invence navrhne a výhodněji se postaví. O kvalitu bytů není dnes na trhu zájem. Logicky ho nemají ani developeři a kupodivu o kvalitu neusilují ani někteří architekti. Ve falešném tržním prostředí vnímají požadavky norem na denní osvětlení a proslunění budov jen jako překážku svého podnikání a ekonomického rozvoje. Stručně řečeno: normy na denní osvětlení nemají dnes na různých ustláno.

### 3 Normy a občanský zákoník

Potřebnou vlastností norem je jejich soulad s ostatními závaznými předpisy. Ve vztahu k dennímu osvětlení je třeba připomenout § 1013 Zákona 89/2012 Sb. (občanský zákoník) [2] Článek (1) § 1013 cituji:

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

Nelze připustit, aby subjekt naplňující ustanovení normy následně pak spolu se stavebním úřadem, který rozhodl podle normy, prohrál při u soudu na základě § 1013 uvedeného zákona [2], jehož závaznost má přednost před normami a vyhláškami. Tato obava byla důvodem pro stanovení výjimky z požadavků normy v případě stínění zástavbou v prolukách. Každý znalec u soudu dosvědčí, že zastavení proluky je přiměřené poměrům. Nepochopení této výjimky vede k otázkám některých kritiků našich norem: Jestliže při zástavbě proluk není nutno požadavky normy splnit a ti lidé to „vydrží“, pak proč tedy je třeba trvat na těchto požadavcích vůbec? Vysvětlením je skutečnost, že účelem našich norem není a nemůže být ochrana zdraví každého jednotlivce, ale cílem je ochrana veřejného zdraví, která se spokojí s ochranou velké většiny populace. Předchází se tak hromadnému výskytu zdravotních vad a nemocí, neboť takový hromadný výskyt může negativně ovlivnit fungování zdravotnictví a tím i rozvoj státu a společnosti. Urbanistická struktura našich měst je tak mnohotvárná, že ji nelze celou striktně svázat jednoduchými předpisy. Proto možnost výjimek z požadavků norem nejen v případě proluk je na místě. Skutečnost, že v některých případech není možno požadavky normy splnit, musí vést k úvaze o zdůvodněné výjimce, nikoli ke zrušení závaznosti či existence požadavku normy jako takového.

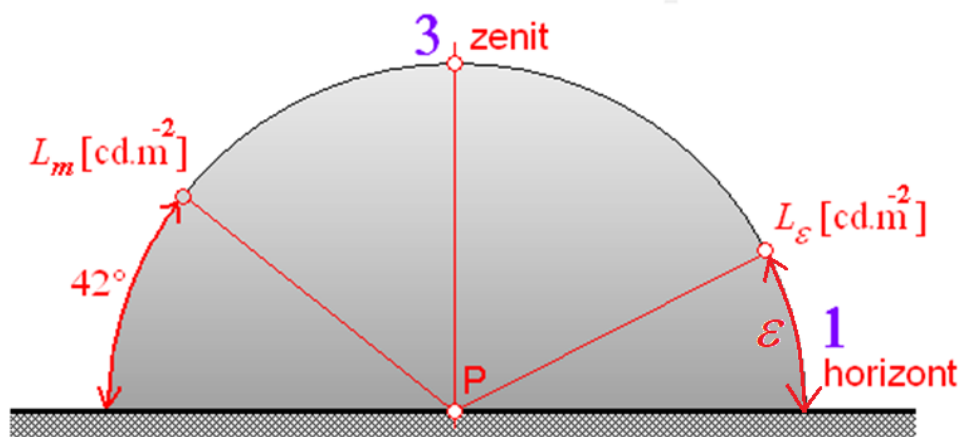
Nařízení hlavního města Prahy číslo 12/2024 (tzv. pražské stavební předpisy) [3] platí od 1.7.2024. V §37 odst. (2) obsahuje text:

*(2) Technické požadavky na stavby podle prováděcího právního předpisu podle § 152 odst. 1 stavebního zákona se v rozsahu požadavků na proslunění **nepoužijí**, a to ani pro stávající stavby ovlivněné navrhovanou stavbou.*

Jedná se o ustanovení velmi riskantní. Stěžovatele na zastínění přímého slunečního záření v Praze sice stavební úřad podle uvedeného článku (2) odmítne, avšak soudní projednávání této věci se nevyhne požadavkům na proslunění podle platné ČSN EN 17037 [4] a rozhodnutí soudu nakonec bude podle § 1013 Zákona 89/2012 Sb. [2] ve prospěch stěžovatele. Předmětem sporu nemusí být jen záměr stavby, ale i předchozí rozhodnutí stavebního úřadu.

## 4 Náhradní realita

Největším problémem oboru stavební světelná technika, ba přímo jeho prokletím, je obloha. Vlastnosti tohoto zdroje světla se neustále dynamicky mění. Nelze předpovědět jeho stav ani na minutu dopředu. Stav zatažené oblohy v zimě (obloha CIE 1:3), který už dlouhou dobu technické normy jako model zdroje denního světla v celé Evropě používají, ve své úplnosti nikdy nenastane, leda snad na dvě vteřiny jednou za tisíc let.



Obr.1 Obloha CIE 1:3

U výpočtů denního osvětlení ztrácí význam pojem „přesnost“. Stav oblohy nikdy nepoznáme natolik, abychom mohli přesnost výpočtu ověřit pozorováním nebo měřením. Měření denního osvětlení sice odhalí závažná pochybení způsobující zdravotní závadnost, avšak jeho přesnost je vždy o řád nižší v porovnání s „přesností“, kterou deklarují výpočetní programy. I simulace oblohy CIE 1:3 umělou oblohou nemůže být zcela přesná, protože se bude vždy jednat o zmenšený model skutečnosti. Pojem „přesnost“ do technického oboru, který se zabývá denním osvětlením, nepatří. Lze ho ale nahradit pojmem „správnost“. Správný výpočet denního osvětlení je takový výpočet, který je proveden zcela podle pravidel stanovených závaznou legislativou. Legislativa tak namísto neuchopitelné reálné skutečnosti nabízí *náhradní realitu*, která je zjednodušeným modelem reality skutečné. Přesto ale správný výpočet činitele denní osvětlenosti spolu s následným posouzením dokáže spolehlivě plnit záměr legislativy, tj. stanovit přiměřenou míru osvětlení vnitřních prostor budov. Je tomu tak proto, že ona „náhradní realita“ dostatečně věrně kopíruje realitu skutečnou, tj. skutečné působení denního světla v budovách. O tuto „věrnost“ se snažily všechny normy už od samého počátku. Namísto „náhradní realita“ by také bylo možno říkat „legislativní model skutečnosti“, ale toto označení je pro některé níže popsané metody až příliš vznešené. Autor si proto dovoří pracovat s pojmem „náhradní realita“ v celém příspěvku.

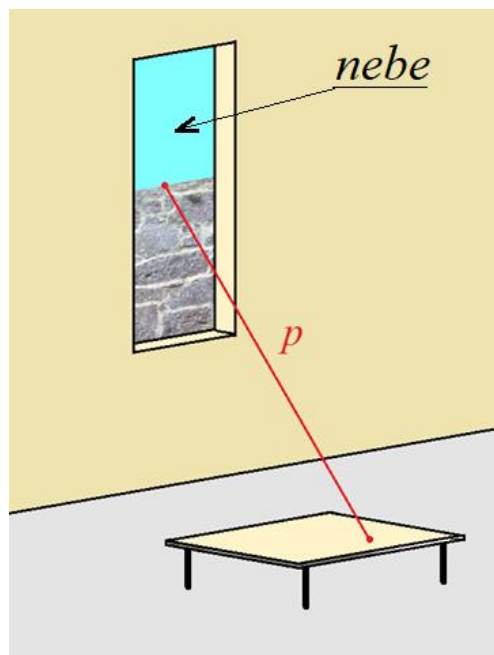
## 5 Vitruvius

Je na tvůrcích norem, jak složitou náhradní realitu udělají. Podle ní pak budou složité také výpočty a posuzování denního světla. Jednoduchý způsob posouzení popsal už v 1. století před naším letopočtem Marcus Vitruvius Pollio ve svém spise Deset knih o architektuře [5]. Příslušnou pasáž lze najít v šesté kapitole šesté knihy v článku kapitoly rovněž šestém:

6. Omniaque aedificia ut luminosa sint, oportet curari; sed quae sunt ad villas, facilia videntur esse, ideo quod paries nullius vicini potest obstare, in urbe autem aut communium parietum altitudines aut angustiae loci inpediundo faciunt obscuritates. itaque de ea re sic erit experiendum. ex qua parte lumen oporteat sumere, linea tendatur ab altitudine parietis, qui videtur obstare, ad eum locum, quo oporteat inmittere, et si ab ea linea, in altitudinem cum prospiciatur, poterit spatium puri caeli amplum videri, in eo loco lumen erit sine inpeditione.

6. Je nutno postarat se i o to, aby všechny budovy měly dobré osvětlení; u venkovských dvorců je to však zřejmě dost snadné, poněvadž u nich nemůže v cestě stát zeď žádného souseda, kdežto ve městě jsou na překážku a působí šero bud' vysoké společné zdi, nebo příliš stěsnaný prostor. Na to je třeba provést zkoušku: Na straně, ze které má přicházet světlo, se vede přímka k vrcholku zdi, která se zdá překážet, až k místu, kam se má osvětlení zavést. Jestliže při pohledu po této přímce je možno **zahlédnout značnou část čistého nebe**, nebude na onom místě přístup světla rušen.

Na Vitruviově metodě je znepokojivé ono „amplum spatium puri caeli“. Značnou část čistého nebe si může každý představit po svém. Vitruviovu požadavku chybí jednoznačnost. Vzhledem k tomu, že požadavky norem o denním osvětlení rozhodují o realizaci řádově milionových investic, je jejich jednoznačnost nutnou podmínkou.



Obr. 2 Vitruviova metoda posouzení denního světla (1. stol. př. n. l.)

## 6 Modely obloh

S konstantním jasem oblohy pracoval už v 18. století zakladatel fotometrie švýcarský matematik, fyzik, astronom a filozof Johann Heinrich Lambert (1728 – 1777). Model oblohy s konstantním jasem se používal velmi dlouho. Počítala s ním ještě ČSN 730511 z roku 1956 [6]. Modely oblohy s gradovaným jasem (jas v zenitu je vyšší oproti jasů na horizontu – viz obr.1) mohly být zavedeny až po zkonstruování prvních jasoměrů. Předpokládají mnohonásobný odraz světla od terénu a od spodní vrstvy oblaků zcela zatažené oblohy.

Jas  $L(\varepsilon)$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) oblohy s gradovaným jasem závisí jen na elevačním úhlu  $\varepsilon$  ( $^\circ$ ) nad obzorem. Protože cílem výpočtů je veličina poměrná k průměrnému jasů oblohy, tj. činitel denní osvětlenosti  $D$  (%), i jas oblohy se vyjadřuje jako poměrná veličina – činitel gradovaného jasu  $q$  (-).

$$q(\varepsilon) = \frac{L(\varepsilon)}{L_m}$$

Pro činitel gradovaného jasu platí [7]

$$q(\varepsilon) = \frac{3 + 6(1 - \rho_T^3)\sin\varepsilon}{7 - 4\rho_T^3}$$

V těchto vztazích je  $L_m$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) průměrný jas oblohy a  $\rho_T$  (-) je činitel odrazu světla terénu.

Různé modely obloh uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: Přehled používaných modelů zatažených obloh

$\rho_T^3$ (-)	$q(\varepsilon)$ (-)	$E_H$ (lx)	$L_H / L_Z$	název oblohy
0,0	$\frac{3}{7}(1 + 2 \sin \varepsilon)$	$\pi L_m$	1 : 3	Zatažená obloha v zimě s tmavým terénem podle ČSN 730580-1 (CIE 1:3)
0,5	$\frac{3}{5}(1 + \sin \varepsilon)$	$\pi L_m$	1 : 2	Zatažená obloha v zimě se zasněženým terénem podle ČSN 730580-1 (CIE 1:2)
1,0	1	$\pi L_m$	1 : 1	Obloha s konstantním jasem

Zlomek  $L_H / L_Z$  v tabulce je poměr jasu v horizontu k jasů v zenitu a  $E_H$  (lx) je osvětlenost vodorovné roviny celou oblohou.

Oproti obloze s konstantním jasem se u oblohy s gradovaným jasem zvýšila věrnost náhradní reality vzhledem ke zcela zatažené obloze za cenu jen mírných komplikací ve výpočtu. Ten nadále probíhá podle všeobecně známých fotometrických zákonitostí. Jednoznačnost požadavků zůstala zachována.

## 7 Evropská norma

Česká republika zavedla EN 17037 *Daylight in buildings* v srpnu 2019 jako ČSN EN 17037 *Denní osvětlení budov* [4]. Zároveň byly zrušeny ty části dosud platných českých technických norem, které se zdály být ve zjevném rozporu s evropskou normou. Technická normalizační komise v současné době připravuje vydání ČSN 730580 *Denní osvětlení budov – doplňující požadavky* [8], která dosud platné části českých technických norem zcela nahradí.

Ve zřejmé snaze ještě více přimknout svůj legislativní model k realitě skutečné nová evropská norma způsobila málem revoluci v posuzování denního světla. Namísto posuzování jen jednoho stanoveného modelu oblohy zavedla mnohočetný model vycházející z klimatických dat. V normě uvedená metoda výpočtu číslo 2 je založena na podrobném výpočtu denního osvětlení, při kterém se stanovují hodnoty osvětleností od denního světla v hodinovém (nebo

kratším) intervalu v běžném roce při oblohových a slunečních podmínkách v hodinovém (nebo kratším) intervalu, vycházejících z klimatických údajů pro dané místo.

Avšak klimatická data nejsou nic stálého. Media nás o tom přesvědčují téměř denně. Navíc jsou významně závislá na místě posuzování. Jiná jsou v Koutech nad Desnou a jiná ve 27 km vzdáleném Jeseníku, kde lidé, chtějí-li znát předpověď počasí, pouštějí si polskou televizi. Kolik různých klimatických dat lze na našem území sestavit a která z nich jsou ta správná? Je proto možné se domnívat, že posuzování podle klimatických dat neposiluje předpokládaným způsobem věrnost náhradní reality evropské normy reality skutečné, a navíc neposkytuje potřebnou jednoznačnost požadavkům normy.

Naštěstí ČSN EN 17037 [4] preferuje metodu výpočtu číslo 1, která pracuje s již dříve nám známým činitelem denní osvětlenosti  $D$  (%), který je stanoven v podmínkách oblohy CIE 1:3. Limitní hodnoty tohoto činitele jsou normou jednotlivým zemím EU zcela jednoznačně přiděleny, i když údajně na základě klimatických dat v jejich metropolích. Tím se zdá být vše napraveno.

## 8 Jas stínících překážek

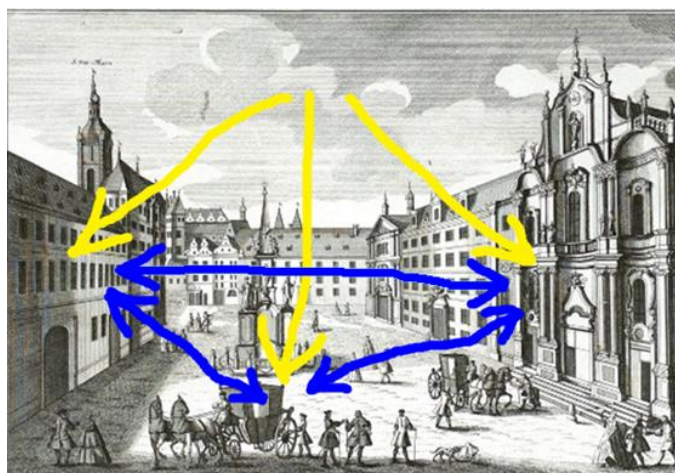
Stínící překážky, většinou budovy, zakrývají část oblohy, ale mají také svůj jas (menší než jas oblohy). V souladu s poměrným vyjádřením fotometrických veličin, tj. činitele denní osvětlenosti  $D$  (%) a činitele gradovaného jasu  $q$  (-), musí být i jas překážek  $L$  ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ) vyjádřen poměrně jako činitel jasu  $k$  (-).

$$k = \frac{L}{L_m}$$

V českých technických normách se dlouho udržovala jednoduchá metoda, která předpokládala, že jas stínících překážek i terénu se rovná jedné desetíně průměrného jasu oblohy.

$$k = 0,1 \cdot L_m$$

Toto pravidlo dostatečným způsobem modelovalo skutečný stav a bylo jednoznačné.



Obr. 3 Schéma světelné interakce v urbanistické situaci

Spolu se zaváděním výpočetní techniky se začal prosazovat složitější způsob výpočtu, který vycházel z hodnot činitele odrazu světla. Obloha svítí na budovy i na terén a zároveň budovy a terén svítí mezi sebou navzájem, jak je schematicky znázorněno na obrázku 3. Tuto světelnou interakci lze modelovat výpočtem, při kterém se budovy i terén rozdělí na velké množství  $n$  dílčích ploch, které navzájem na sebe svítí. Výpočet vede k řešení  $n$  rovnic o  $n$  neznámých, kde  $n$  je zpravidla v řádu stovek či tisíců. Výpočet se tak stává tisícinásobně složitější oproti původní metodě s jednotným činitelem  $k = 0,1$ . Výsledkem výpočtu je činitel jasu  $k_n$  (-) každé z dílčích ploch. S narůstajícím počtem  $n$  dílčích ploch roste čas výpočtu i jeho „přesnost“. Volba velikosti a počtu  $n$  dílčích ploch však vnáší do výpočtu už jistou, zatím snad malou, nejednoznačnost. Výpočet pak ztrácí jednoznačnost úplně, jestliže je ponecháno na vůli počítače, jaké hodnoty činitele odrazu si sám do výpočtu zvolí. Vysokou míru nejednoznačnosti srovnatelnou snad jen s Vitruviovým „amplum“ vykazuje tabulka A.4 dnes již téměř neplatné ČSN 730580-1 [9] (viz obrázek 4). Tuto nešťastnou tabulku zde autor příspěvku připomíná, třebaže byl kdysi sám zpracovatelem uvedené normy a nenašel tehdy odvahu tabulku A.4 zrušit. V připravované ČSN 730580 [8] už tato tabulka nebude.

**Tabulka A.4 – Směrné hodnoty činitele odrazu světla běžných povrchů**

Druh povrchu	Činitel odrazu světla		
	$\rho$		
Povrch konstrukce	bílý	0,75	až 0,80
	krémový, béžový	0,60	až 0,70
	světle žlutý	0,60	až 0,70
	tmavě žlutý	0,50	až 0,60
	světle červený	0,40	až 0,50
	tmavě červený	0,15	až 0,30
	světle zelený	0,45	až 0,65
	tmavě zelený	0,05	až 0,20
	světle modrý	0,40	až 0,60
	tmavě modrý	0,05	až 0,20
	hnědý	0,12	až 0,25
	světle šedý	0,40	až 0,60
	tmavě šedý	0,15	až 0,20
	černý	0,01	až 0,03
	Cihla (červená, pálená hlína)	0,25	
Písek světlý	0,50		
Sádra bílá	0,80	až 0,92	
Mramor bílý	0,55	až 0,80	
Žula	0,40	až 0,50	
Dřevo světlé	0,30	až 0,50	
tmavé	0,15	až 0,25	
Zeleň, tráva	0,05	až 0,10	
Asfaltový povrch	0,10		
Betonová dlažba	0,30		
Zemina	0,08	až 0,20	
Ocel	0,28		
Hliník eloxovaný nebo leštěný	0,75	až 0,85	
Zrcadlo skleněné (zrcadlový odraz)	0,80	až 0,90	
Okno s čirým sklem (z vnější strany)	0,10		
s čirým sklem a bílou záclonou	0,30	až 0,40	
Sníh (čistý)	0,75	až 0,80	

POZNÁMKA Hodnoty jsou průměrné pro čisté povrchy; není-li uvedeno jinak, jde o povrchy rozptýlné.

Obr. 4 Tabulka A.4 z ČSN 730580-1 (2007)

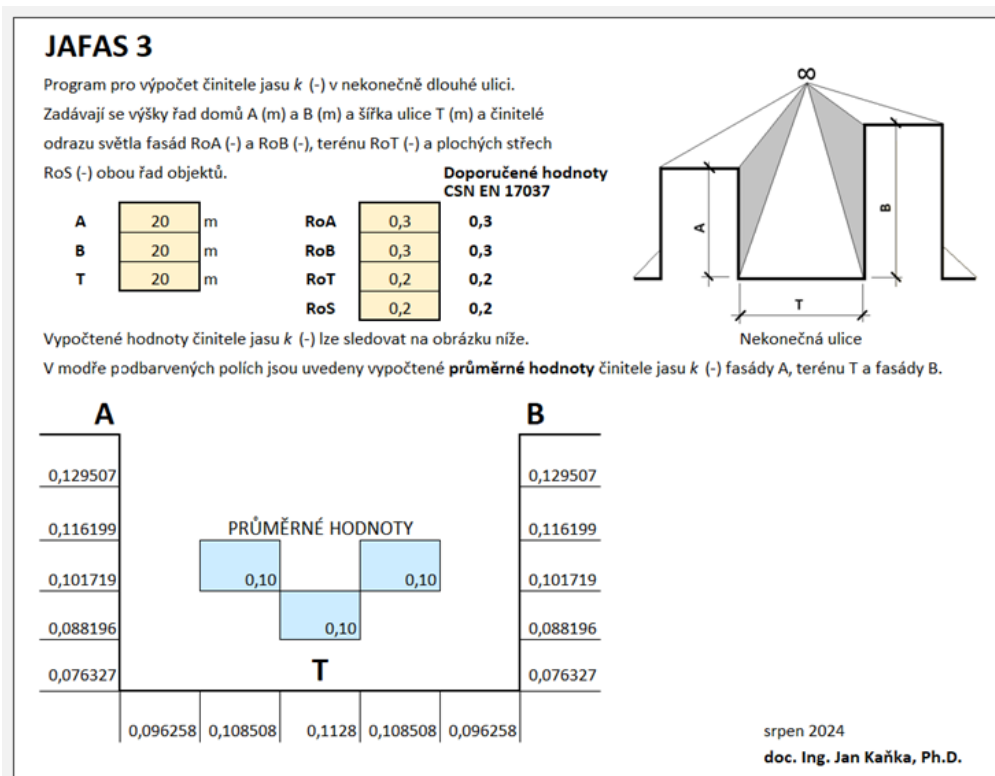
Evropská norma [4] podporuje jednoznačnost hodnot činitelů odrazu světla, které do výpočtu vstupují, tímto textem:

*Při návrhu denního osvětlení je třeba pečlivě zvážit volbu činitelů odrazu světla hlavních ploch prostoru, běžně doporučované hodnoty činitelů odrazů hlavních ploch vnitřního prostoru se pohybují v následujících rozsazích: strop 0,7 až 0,9; vnitřní stěny 0,5 až 0,8; podlaha 0,2 až 0,4; venkovní stěny 0,2 až 0,4; činitel odrazu venkovního terénu se obvykle volí 0,2. Odchyłky od uvedených rozsahů jsou povoleny, ale jejich použití má být zdůvodněno.*

*Při provádění zkušebních nebo kontrolních výpočtů se doporučuje používat výchozí hodnoty činitelů odrazu pro podlahu 0,2, pro stěny 0,5 a pro strop 0,7.*

Nejednoznačnost hodnot pro vnitřní povrchy místností je ve druhém odstavci opravena. Problém je ponechán u venkovních stěn (možnost volby 0,2 až 0,4). V návrhu ČSN 730580 [8] je i tato závada odstraněna a pro fasády se udává jednotně hodnota 0,3. Činitelé ostatních povrchů jsou návrhem této české normy rovněž jednoznačně stanoveny, i když v jiných hodnotách. Přes tato vymezení není možnost použití odlišných hodnot činitelů odrazu světla zcela vyloučena a pokušení vylepšovat si podmínky výpočtů vyššími hodnotami činitele odrazu bude velké. Například u podhledů balkonů bude třeba volit vysoké hodnoty činitele odrazu (bílá barva 0,75 až 0,80?), aby výsledek výpočtu poskytl příznivé výsledky a skutečně se tak přiblížil realitě. Autor příspěvku si dovoluje vyjádřit názor, že původní metoda univerzálně užívaná  $k = 0,1$  poskytovala výpočtům větší jednoznačnost a byla tedy pro normalizaci denního osvětlení vhodnější. Naštěstí návrh ČSN 730580 [8] zmiňuje i tuto jednodušší metodu.

Výpočet činitelů jasu v jednoduché urbanistické situaci velmi dlouhé rovné ulice lze provést pomocí programu JAFAS 3, který autor tohoto příspěvku poskytuje zdarma ke stažení na stránkách [10]. Aby správně fungoval, je třeba u staženého programu povolit makra. Něco o tom, jak je program sestaven, viz [11].



Obr. 5 Ukázka výstupu programu JAFAS 3

## 9 Křišťálově jednoznačná metoda posouzení

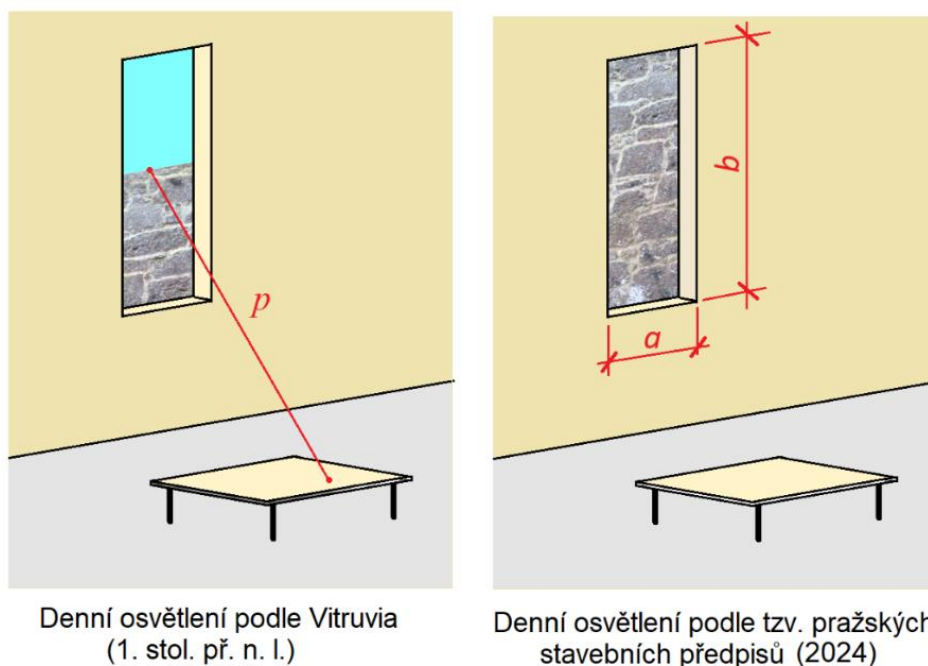
Nejnovější vydání nařízení hlavního města Prahy číslo 12/2024 (tzv. pražské stavební předpisy) [3] platí od 1.7.2024. Již byl z tohoto nařízení citován článek, který zakazuje posuzování proslunění bytů. Článek (2) ad a) § 37 této legislativy lze použít jako příklad požadavku, který je křišťálově jednoznačný:

*(1) Technické požadavky na stavby podle prováděcího právního předpisu podle § 152 odst. 1 stavebního zákona se v rozsahu požadavků na denní osvětlení a stínění použijí s tím, že:*

*a) požadavky na denní osvětlení obytných místností, případně prostor, a bytových místností, případně prostor, ve stavbách ubytovacího zařízení **se nepoužijí** na stavby 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 ploch okenních otvorů, kterými se osvětlují obytné a bytové místnosti, nejméně jedna desetina podlahové plochy místnosti (plocha okenních otvorů se stanovuje ze skladebných rozměrů oken),...*

Jedná se o velmi jednoduchý požadavek, který má platit naštěstí zatím jen v určitém typu zástavby. K jeho ověření není třeba specializovaného software. Navzájem násobit nebo podělit dvě čísla dokáže s kalkulačkou každý. Rozměry místnosti a oken se odečtou z kót na stavebním výkrese nebo se v reálné budově změří. Třeba krejčovským metrem. Požadavek je formulován jednoznačně a srozumitelně. Neumožňuje žádný dvojí výklad.

Avšak tento § 37 odst. (1) ad a) nařízení hlavního města Prahy 12/2024 [3] má jeden velký problém. Jeho „náhradní realita“ totiž nepojednává vůbec o světle. Stanovuje pouze velikost díry ve zdi. Nemůže proto uživatelům budov garantovat žádné denní světlo. Tato metoda posouzení se od skutečné reality dokonce vzdaluje podstatně více než metoda výše zmíněného Vitruvia [5] z 1. století před naším letopočtem. Ve věci osvětlení denním světlem tak pražské stavební předpisy posílají české stavitelství do hlubokého starověku až před dobu římského impéria. Možná až do neolitu.



Obr. 6 Schéma posouzení denního osvětlení podle Vitruvia a podle nařízení 12/2024 [3]

## 10 Závěr

Na několika příkladech z teorie i praxe bylo ukázáno, že tvorba legislativy a technických norem pro osvětlení denním světlem není jednoduchá, a navíc jí současná doba nepřeje. Normy by měly být v souladu s ostatní legislativou, zejména s tou, která má vyšší právní závaznost. Nezbytným předpokladem úspěšného fungování normy je přiměřená věrnost vytvořené „náhradní reality“ nebo chcete-li „legislativního modelu“ realitě skutečné. Zároveň přílišné lpění na „přesnosti“ metody, tj. snaha o maximální věrnost náhradní reality skutečnému světu, může vést k nadbytečné složitosti posuzování spojené se ztrátou jednoznačnosti požadavků. Při tvorbě legislativy je proto nutné pracovat s uvážlivým kompromisem, ve kterém by však „přesnost“ neměla mít nikdy přednost před jednoznačností.

### Literatura

- [1] <https://mmr.gov.cz/cs/ostatni/web/novinky/v-bytovych-domech-je-na-200-tisic-bytu,-ve-kterych>
- [2] Zákon 89/2012 Sb. (občanský zákoník)
- [3] Nařízení 12/2024 hl. m. Prahy (tzv. pražské stavební předpisy)
- [4] ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov (2019)
- [5] Marcus Vitruvius Pollio: Deset knih o architektuře (1. stol. př. n. l.) přeložil Alois Otoupalík, ARISTA Praha 2009
- [6] ČSN 730511 Denní osvětlení průmyslových budov (1956)
- [7] Kittler, R. Kittlerová, L: Návrh a hodnotenie denného osvetlenia, Alfa Bratislava 1975
- [8] ČSN 730580 Denní osvětlení budov – doplňující požadavky (připravovaná norma)
- [9] ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov – základní požadavky (2007 – je před zrušením)
- [10] <https://www.svetloplus.cz/index.php?p=news>
- [11] Darula, S. Kaňka, J. Mohelníková, J: Osvětlení denním světlem (připravovaná publikace)

# Validácia merania kriviek svietivosti pomocou zrkadlového goniofotometra

David Kompan, Ing., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Fakulta Elektrotechniky a Informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky

Roman Dubnička, Mgr., Phd., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Fakulta Elektrotechniky a Informatiky, Ústav informatiky a matematiky

*Abstrakt: Táto práca sa zaoberá identifikáciou a elimináciou chýb v meraniach pomocou zrkadlového goniofotometra. Hlavným cieľom je dosiahnuť spoľahlivé výsledky meraní kriviek svietivosti, čo je kľúčové pre návrh osvetlenia v praxi. Práca sa zameriava na analýzu rôznych zdrojov chýb, ktoré sa môžu vyskytnúť pri použití zrkadlového goniofotometra, a na efektívne metódy ich zohľadnenia vo výsledkoch merania. Výsledky práce poslúžia na zlepšenie presnosti a spoľahlivosti meraní kriviek svietivosti v skúšobnom laboratóriu svetelnotechnických zariadení FEI STU.*

## 1 Úvod

Goniofotometria je kľúčovým procesom vo fotometrii svietidiel, ktorý umožňuje presne zmerať rozloženie svietivosti svetelného zdroja, resp. svietidla v rôznych smeroch. Tieto merania sú nevyhnutné pre návrh a hodnotenie osvetľovacích sústav, a tiež pre certifikáciu svietidiel a ich zhodu s normami.

V praxi sa používajú rôzne typy goniofotometrov, ktoré sa líšia princípom merania, čím nadobúdajú odlišné vlastnosti. Zrkadlové goniofotometre, vďaka zrkadlovej sústave, vykazujú výhodu v menšom nároku na rozmery laboratória. To umožňuje meranie aj väčších svietidiel, s dlhšou optickou dráhou, pri dodržaní inverzného štvorcového zákona. Avšak, zavádzajú do meraní špecifické chyby, ktoré je potrebné identifikovať a zohľadniť pre dosiahnutie presných výsledkov.

Táto práca sa zaoberá validáciou meraní zrkadlovým goniofotometrom, jej cieľom je dosiahnuť spoľahlivé výsledky pri meraní kriviek svietivosti. Práca analyzuje rôzne zdroje chýb, ktoré sa môžu vyskytnúť pri použití tohto typu goniofotometra, a navrhuje metódy ich zohľadnenia vo výsledkoch merania.

## 2 Goniofotometre v laboratóriu SL STZ FEI STU

Zrkadlový goniofotometer je hlavným predmetom tejto práce. Goniofotometer je vybavený elektronickým pohonom osí (vertikálnej a horizontálnej) a systémom na odčítanie hodnôt osvetlenosti. Pohyb osí aj odčítanie veličín riadi počítačový softvér, zatiaľ čo polohu svietidla resp. výšku ramena vertikálnej osi je možné nastavovať manuálne. Počítačový softvér obsahuje korekčnú maticu pre zohľadnenie nepravidelných chýb v polohovaní uhlov. Zrkadlová sústava zabezpečuje minimalizáciu priestorových nárokov a umožňuje meranie aj väčších svietidiel, resp. svietidiel s väčšími nárokmi na fotometrickú skúšobnú vzdialenosť.

### 3 Zdroje chýb pri meraní zrkadlovým goniofotometrom, a ich uváženie

Po starostlivom zvážení zdrojov chýb, ktoré vstupujú do meraní zrkadlovým goniofotometrom, boli identifikované tie, ktoré sú špecifické pre tento typ zariadenia. Tieto zdroje chýb je potrebné zohľadniť vo výsledkoch meraní.

#### 3.1 Umiestnenie svietidla resp. svetelného zdroja v goniofotometri

Správne umiestnenie svetelného zdroja resp. svietidla vo vzťahu k osi rotácie goniofotometra je kľúčové pre dosiahnutie spoľahlivých meraní. Nesprávne umiestnenie môže viesť k tieneniu svetelného zdroja alebo k chybnému určeniu fotometrického stredu, čo sa odrazí na presnosti meraní svetivosti.

Umiestnenie svetelného zdroja resp. svietidla sa overuje pomocou laserového lúča. Laserový lúč sa umiestni na miesto fotometrickej hlavice goniofotometra a odrazom cez zrkadlovú sústavu sa premietne na miesto umiestnenia svetelného zdroja resp. svietidla. Ak sa lúč premietne do fotometrického stredu svetelného zdroja resp. svietidla, je umiestnenie správne. V opačnom prípade je potrebné korigovať polohu svietidla resp. svetelného zdroja v goniofotometri, a to zmenou výšky ramena vertikálnej osi alebo natočením zrkadiel.

#### 3.2 Overenie plochy záberu fotometra

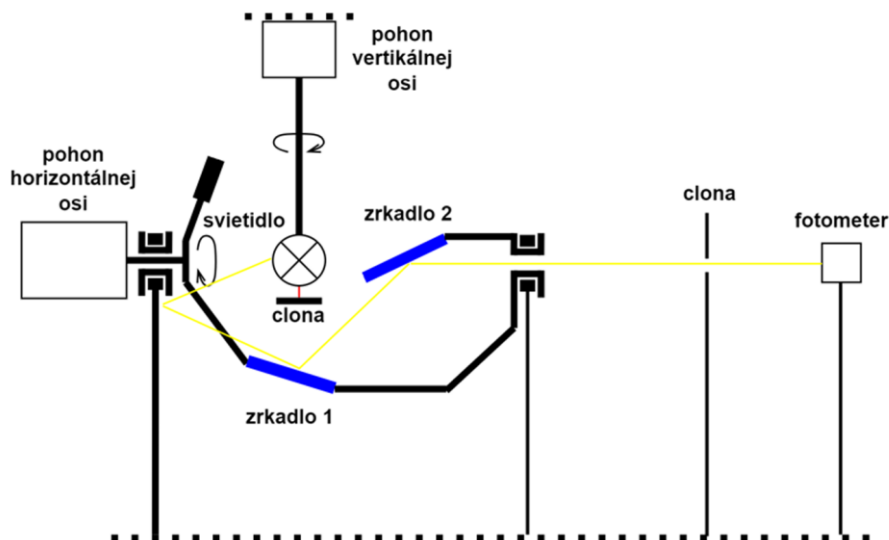
Je dôležité zabezpečiť, aby celá plocha svetelnočinnnej časti svetelného zdroja resp. svietidla bola viditeľná zo všetkých smerov citlivej plochy fotometra. Ak tomu tak nie je, luxmeter nebude schopný správne zmerať osvetlenie pre daný smer.

Overenie plochy záberu fotometra sa vykonáva pomocou laserového lúča. Laserový lúč sa umiestni na miesto fotometrickej hlavice goniofotometra a odrazom cez zrkadlovú sústavu sa premietne na okraje svetelnočinnnej časti svetelného zdroja resp. svietidla. Ak sa lúč premietne na všetky okraje svetelnočinnnej časti svetelného zdroja resp. svietidla, považuje sa plocha záberu fotometra za dostatočnú. Ak nie, je potrebné zmeniť polohu fotometra v goniofotometri resp. zmeniť veľkosť zrkadiel tak, aby nedošlo k tieneniu.

#### 3.3 Určenie hodnoty parazitného svetla

Ako parazitné svetlo, táto práca identifikuje svetlo nechcene zachytávané fotometrickou hlavice goniofotometra. Môže pochádzať z okolitého prostredia alebo z odrazu od plôch v miestnosti. Pre minimalizáciu vplyvu parazitného svetla sa povrchy miestnosti a zariadenia upravujú čiernou farbou, a počas merania sa na podlahu umiestňuje čierna látka. Ďalej sa pred luxmeter umiestňuje clona, ktorá vymedzuje pozorovací uhol tak, aby luxmeter zachytával najmä meraný svetelný zdroj resp. svietidlo.

Hodnotu parazitného svetla ( $E_p$ ) je možné určiť meraním s clonou umiestnenou pred svetelným zdrojom resp. svietidlom (Obr.1).



Obr.1 Meranie parazitného svetla

Hodnotu parazitného svetla je potrebné zohľadniť pri každej meranej hodnote osvetlenia:

$$E_{c,\gamma kor} = E_{c,\gamma mer} - E_p \quad (1)$$

kde  $E_{c,\gamma mer}$  je intenzita osvetlenia pred zavedením korekcie, a  $E_{c,\gamma kor}$  je intenzita osvetlenia po zavedení korekcie.

### 3.4 Korekcia polohovania uhlov goniofotometra

Pre dosiahnutie dostatočne presného polohovania uhlov goniofotometra je potrebné dodržať: [1]

- rozlíšenie uhlového merania, ktoré nesmie prekročiť  $0,1^\circ$ .
- rozdiel súbežností osí rotácie goniofotometra a osí svietidla, ktorý by nemal prekročiť  $0,5^\circ$ .

Softvér goniofotometra polohuje uhly pomocou elektromotorov a odčítavanie aktuálnej polohy je realizované za pomoci inkrementálnych snímačov polohy. Zariadenie je schopné zabezpečiť vysokú presnosť polohovania, avšak v prípade zrkadlového goniofotometra v SL STZ FEI STU sa na prenos síl používajú reťazové prevody, ktoré zavádzajú do merania nepravidelné chyby. Tieto chyby sa taktiež líšia v závislosti od smeru otáčania osí goniofotometra. Preto je potrebné vyhodnotiť korekciu pre každý meraný uhol natočenia osí goniofotometra v oboch smeroch otáčania.

Softvér goniofotometra pre tento účel obsahuje korekčnú maticu, ktorá každej meranej hodnote priradí korekčnú hodnotu pre konkrétny uhol natočenia. Riešením korekcie polohovania uhlov goniofotometra je správne dosadenie tejto korekčnej matice.

### 3.4.1 Korekcia horizontálnej osi

Korekcia polohovania horizontálnej osi bola realizovaná v rozsahu 0-180° v kroku 2,5°, s uvážením noriem STN EN 13032-2 [2] a STN EN 13201-3 [3].

Digitálny sklonomer bol umiestený na rameno horizontálnej osi. Následne bola horizontálna os otáčaná v určených krokoch, a bola odčítaná požadovaná a reálna hodnota uhlového natočenia osi (hodnota so sklonomera). Rozdiely týchto uhlov (odchýlky) sa neskôr použili na vytvorenie korekčnej matice. Po vložení korekčnej matice do softvéru goniofotometra bolo vykonané overujúce meranie.

		Pred zavedením korekcie	Po zavedení korekcie
Maximálna odchýlka [°]	Priamy smer	1.5	0.3
	Spätný smer	1.4	0.4
Priemerná odchýlka [°]	Priamy smer	0.9	0.1
	Spätný smer	0.8	0.1

Tab.1 Výsledky korekcie polohovania horizontálnej osi

Norma STN EN 13032-1 [1] hovorí, o rozdiel súbežností osí rotácie goniofotometra a osí svietidla maximálne 0,5°, a teda možno konštatovať že v zmysle normy je korekcia vyhovujúca.

### 3.4.2 Korekcia vertikálnej osi

Korekcia polohovania vertikálnej osi bola realizovaná v rozsahu 0-360° v kroku 5°, s uvážením noriem STN EN 13032-2 [2] a STN EN 13201-3 [3]. Po doplnení korekčnej matice do softvéru goniofotometra však softvér s maticou pre uhly vertikálnej osi nepočítal, a teda možno konštatovať že korekcia je bez zásahu do softvéru goniofotometra neúčinná.

### 3.5 Testovanie rovinnosti zrkadiel

Použitie rovinných zrkadiel zabezpečuje presné uhly odrazu meraného svetla, čo priamo ovplyvňuje kvalitu odrazu. Ak sú zrkadlá zakrivené alebo nerovnomerné, svetlo sa odráža nepravidelne, čo do meraní môže zaviesť chyby.

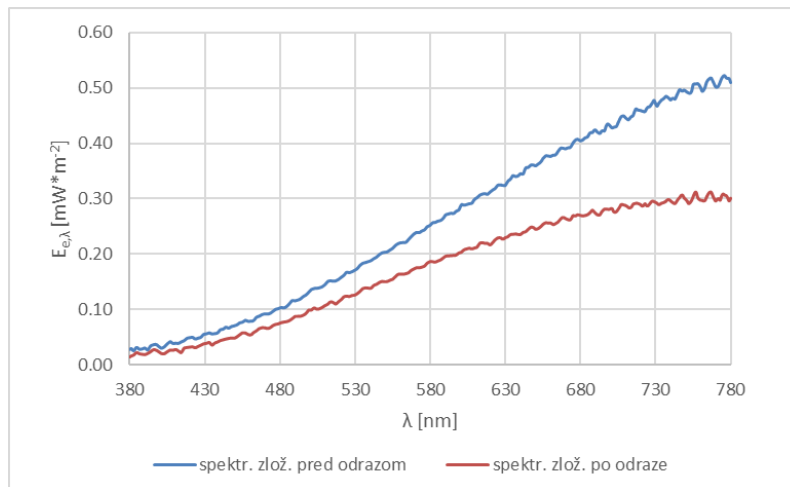
Norma STN EN13032-1 [1] popisuje postup testovania rovinnosti zrkadiel. Zrkadlá sú testované pomocou zdroja s konštantnou svietivosťou, ktorý je posúvaný po tyči, a odčítavané sú hodnoty osvetlenia a vzdialenosti, pre neskorší výpočet korekcie na zmenu fotometrickej skúšobnej vzdialenosti.

Namerané údaje osvetlenia a vzdialenosti boli prepočítané na osvetlenie po korekcii na zmenu vzdialenosti medzi skúšobným zdrojom a fotometrom, a bola vyhodnotená percentuálna odchýlka od priemeru. Merania ukázali, že zrkadlá nespĺňajú požiadavky na rovinnosť dané normou STN EN13032-1 [1]. Je preto potrebné hľadať dodávateľa zrkadiel, ktorý ponúka zrkadlá s testovaním rovinnosti.

### 3.6 Korekcia spektrálnej odrazivosti zrkadiel

Spektrálna odrazivosť zrkadiel vyjadruje ich schopnosť, odrážať svetlo každej vlnovej dĺžky v rovnakej miere. V ideálnom prípade by spektrálne zloženie svetla po odraze od zrkadla bolo totožné so spektrálnym zložením svetla pred odrazom. V praxi to však nie je vždy pravda, preto je potrebné vyhodnocovať korekciu spektrálnej odrazivosti zrkadiel.

V rámci práce boli vykonané merania spektrálneho zloženia svetelného zdroja pred odrazom a po odraze od zrkadla, pri rovnakej skúšobnej vzdialenosti.



Obr.2 Spektrálne zloženie pred a po odraze od zrkadlovej sústavy

Odraz od zrkadla má za následok aj pokles odčítanej osvetlenosti. Je preto vhodné zaviesť korekčný činiteľ, ktorý odčítanú osvetlenosť po odraze od zrkadlovej sústavy prevedie na osvetlenosť ktorá by bola odčítaná pri rovnakej fotometrickej skúšobnej vzdialenosti bez odrazu od zrkadlovej sústavy.

Pre určenie korekčného činiteľa poklesu meranej intenzity osvetlenia vplyvom zrkadlovej sústavy boli vykonané merania svietidla LED v zrkadlovom goniofotometri a ručnom goniofotometri typu 1 pri rovnakej fotometrickej skúšobnej vzdialenosti. Merania osvetleností sa uskutočnili za identických podmienok, pri rôznych uhloch natočenia goniofotometrov, a po odčítaní hodnôt parazitného svetla bol vyhodnotený korekčný činiteľ  $K_{EZ}$ :

$$K_{EZ} = \frac{1}{n} \sum_{1}^n \frac{E_{1n}}{E_{2n}} \text{ za podmienky } E_{2n} > 0. \quad (2)$$

Kde  $E_{1n}$  je osvetlenosť meraná na referenčnom goniofotometri (ručný goniofotometer),  $E_{2n}$  je osvetlenosť meraná na zrkadlovom goniofotometri,  $n$  je počet meraní.

Korekčný činiteľ bol z nameraných údajov v zmysle vzťahu vyššie určený:  $K_{EZ} = 1,288$ .

### 3.7 Korekcia na chybu spektrálnej citlivosti luxmetra

Meranie osvetlenosti luxmetrom je ovplyvnené jeho spektrálnou citlivosťou. Fotometer je zvyčajne kalibrovaný na spektrálne zloženie CIE štandardizovaného svetelného zdroja A (halogénová žiarovka). Meranie svetla s odlišným spektrálnym zložením však môže viesť ku chybe merania. Na elimináciu tejto chyby je potrebné vypočítať korekčný faktor spektrálnej citlivosti fotometra.

Výpočet korekčného faktora  $F^*(S_Z(\lambda))$  sa realizuje v zmysle vzťahu: [4]

$$F^*(S_Z(\lambda)) = \left[ \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_Z(\lambda) k(\lambda) s_{rel}(\lambda) d\lambda}{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_Z(\lambda) k(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_A(\lambda) s_{rel}(\lambda) d\lambda}{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \right]^{-1} \quad (3)$$

Kde  $S_Z$  je spektrálne zloženie meraného svetelného zdroja,  $S_A$  je spektrálne zloženie CIE štandardného svetelného zdroja a  $S_{rel}$  je relatívna spektrálna odozva fotometra získaná z certifikátu o overení luxmetra.

Hodnota korekčného faktora sa líši v závislosti od spektrálneho zloženia meraného zdroja, a luxmetra ktorým je meranie vykonávané, a preto je potrebné počítať ho pre každé meranie osobitne.

#### 4 Neistota merania zrkadlovým goniofotometrom

Stanovenie neistoty merania zrkadlovým goniofotometrom vychádza z matematického modelu založeného na výpočte svietivosti pomocou inverzného štvorcového zákona:

$$I = E \cdot r^2 \quad (4)$$

kde  $I$  je svietivosť,  $E$  je osvetlenie a  $r$  je vzdialenosť.

Pre vyjadrenie neistoty je tento základný model rozšírený o faktory (vplyvy) ovplyvňujúce presnosť meraní:

$$I(C, \gamma) = [(E + E_{fs} + E_{sz} - E_p) \cdot K_I \cdot F^*(S_Z(\lambda))] \cdot [r]^2 \quad (5)$$

Kde:

- $E_{fs}$  je vplyv vychýlenia fotometrického stredu vplyvom jeho pohybu,
- $E_{sz}$  je vplyv smerovej závislosti luxmetra vo vzťahu k vychýleniu horizontálnej osi goniofotometra,
- $E_p$  je vplyv parazitného svetla,
- $K_I$  je integrálna odrazivosť zrkadiel,
- $F^*(S_Z(\lambda))$  je korekcia na chybu spektrálnej citlivosti fotometra.

Pre určenie celkovej rozšírenej neistoty merania sa využívajú parciálne derivácie podľa jednotlivých vplyvov. Tento prístup umožňuje kvantifikovať príspevok každého vplyvu k výslednej neistote. [5]

$$u_a(y) = \left| \frac{\partial f(a,b)}{\partial a} \right| \cdot u(a), \quad u_b(y) = \left| \frac{\partial f(a,b)}{\partial b} \right| \cdot u(b) \quad (6)$$

Kde  $u_a(y), u_b(y)$  sú príspevky vplyvov na výslednú neistotu merania,  $u(a), u(b)$  sú neistoty vplyvov.

Potom možno určiť štandardnú neistotu pri súčasnom pôsobení všetkých príspevkov: [5]

$$u(y) = \sqrt{\left( \frac{\partial f(a,b...n)}{\partial a} \right)^2 \cdot u^2(a) + \left( \frac{\partial f(a,b...n)}{\partial b} \right)^2 \cdot u^2(b) + \dots + \left( \frac{\partial f(a,b...n)}{\partial n} \right)^2 \cdot u^2(n)} \quad (7)$$

Pomocou ktorej možno určiť rozšírenú neistotu meracieho zariadenia, ktorá zodpovedá intervalu pokrytia približne 95% za predpokladu normálneho rozdelenia:

$$U(y) = u(y) \cdot 2 \quad (8)$$

Vzťah vyššie možno na v zmysle matematického modelu upraviť nasledovne:

$$u(I(C, \gamma)) = \sqrt{c_E^2 \cdot u_E^2 + c_{E_{fs}}^2 \cdot u_{E_{fs}}^2 + c_{E_{sz}}^2 \cdot u_{E_{sz}}^2 + c_{E_p}^2 \cdot u_{E_p}^2 + c_{K_I}^2 \cdot u_{K_I}^2 + c_{F^*(S_Z(\lambda))}^2 \cdot u_{F^*(S_Z(\lambda))}^2 + c_r^2 \cdot u_r^2} \quad (9)$$

Na základe týchto vzťahov bola vytvorená tabuľka citlivostných koeficientov a neistôt merania ktoré vstupujú do matematického modelu:

<b>x</b>	<b>c<sub>x</sub></b>	<b>u<sub>x</sub></b>	<b>poznámka</b>
<i>E</i>	$K_I \cdot F^*(S_Z(\lambda)) \cdot r^2$	$2 \% \cdot E$	Štandardná odchýlka luxmetra (rozšírená neistota 4%, k=2)
<i>E<sub>fs</sub></i>	$K_I \cdot F^*(S_Z(\lambda)) \cdot r^2$	$-0,00112 \% \cdot E$	Štandardná odchýlka zmeny osvetlenia vplyvom posunu fotometrického stredu
<i>E<sub>sz</sub></i>	$K_I \cdot F^*(S_Z(\lambda)) \cdot r^2$	$-0,0127 \% \cdot E$	Štandardná odchýlka zmeny osvetlenia vplyvom vychýlenia horizontálnej osi
<i>E<sub>p</sub></i>	$K_I \cdot F^*(S_Z(\lambda)) \cdot r^2$	$2 \% \cdot E_p$	Štandardná odchýlka luxmetra (rozšírená neistota 4%, k=2)
<i>K<sub>I</sub></i>	$(E + E_{fs} + E_{sz} - E_p) \cdot F^*(S_Z(\lambda)) \cdot r^2$	0,00184	Štandardná odchýlka aritmetického priemeru (výpočtu <i>K<sub>I</sub></i> )
<i>F*(S<sub>Z</sub>(λ))</i>	$(E + E_{fs} + E_{sz} - E_p) \cdot K_I \cdot r^2$	$-3,9 \cdot 10^{-14} \% \cdot F^*(S_Z(\lambda))$	Štandardná odchýlka faktora <i>F*</i> , pri odchýlke odčítania ožiarenosti ±5% (Uprtek MK350N plus)
<i>r</i>	$2 \cdot r \cdot (E + E_{fs} + E_{sz} - E_p) \cdot K_I \cdot F^*(S_Z(\lambda))$	0,557 mm	Štandardná odchýlka diaľkomera (Leica DISTO)

Tab.2 Tabuľka citlivostných koeficientov a neistôt merania

Štandardnú neistotu zrkadlového goniofotometra pri pôsobení všetkých vplyvov je možné určiť pre konkrétne alebo maximálne hodnoty osvetlenia a fotometrickej skúšobnej vzdialenosti. Vyčíslenie neistoty merania zrkadlového goniofotometra bolo vykonané na základe merania krivky svietivosti LED svietidla, v smere maximálnej svietivosti svietidla, čo poskytuje reprezentatívny príklad pre analýzu neistoty v praktických podmienkach:

$$I(max) = I(C = 135^\circ, \gamma = 30^\circ) = 1788,6 \text{ cd} \quad (10)$$

$x$		$c_x$	$u_x$	$c_x^2 \cdot u_x^2$
$E$ [lx]	79,18	23,3	1,58E+00	1358,69
$E_{fs}$ [lx]	-8,87E-04	23,3	-8,87E-04	4,26E-04
$E_{sz}$ [lx]	-1,01E-02	23,3	-1,01E-02	5,48E-02
$E_p$ [lx]	1,087	23,3	2,17E-02	2,56E-01
$K_i$ [-]	1,309	1388,4	1,84E-03	6,53E+00
$F^*$ [-]	0,985	1845,3	-3,84E-16	5,02E-25
$r$ [m]	4,249	855,5	5,57E-04	2,27E-01
			$u(y)$ [cd]	37,0
			<b><math>U(y)</math> [cd]</b>	<b>73,9</b>
			<b><math>U(y)</math> [%]</b>	<b>4,1</b>

Tab.3 Hodnoty a priebežné výpočty vstupujúce do výpočtu neistoty merania

Výpočty ukázali hodnotu rozšírenej neistoty merania zrkadlovým goniofotometrom, čo zodpovedá intervalu pokrytia približne 95% za predpokladu normálneho rozdelenia:

$$U(I(max)) = 73,9 \text{ cd} \quad (11)$$

Čo po vztiahnutí na meranú hodnotu predstavuje:

$$U(I(max)) = 4,1 \% \quad (12)$$

## 5 Výsledky praktických meraní

V súlade s predchádzajúcimi časťami práce boli do meraní zahrnuté korekčné faktory. Zrkadlový goniofotometer, na rozdiel od iných typov goniofotometrov, vnáša do meraní chyby spôsobené zrkadlovou sústavou. Možno teda predpokladať, že zrkadlová sústava bude predstavovať najväčší zdroj chyby merania, a je preto dôležité vyhodnotiť, do akej miery bol jej vplyv minimalizovaný.

Pre takéto vyhodnotenie je vhodné porovnať výsledky meraní, konkrétne krivky svietivosti, získané zo zrkadlového goniofotometra a referenčného goniofotometra, ktorý na meranie nevyužíva zrkadlovú sústavu. Z tohto dôvodu bola uskutočnená séria meraní dvoch objektov: 60W žiarovky a LED svietidla pre verejné osvetlenie.

### 5.1 Zavedenie korekcií do meraní

Na hodnoty namerané zrkadlovým goniofotometrom boli aplikované spomínané korekčné činitele a vynesené krivky svietivosti. Korigované hodnoty osvetlenosti boli prepočítané na hodnoty svietivosti v zmysle vzťahu:

$$I(C, \gamma) = (E - E_p(\gamma)) * K_{EZ} * F^*(S_Z(\lambda)) * r^2 \quad (13)$$

Kde  $I(C, \gamma)$  je výsledná hodnota svietivosti,  $E$  je odmeraná hodnota osvetlenosti,  $E_b(\gamma)$  je hodnota parazitného svetla pri natočení  $\gamma$ ,  $K_{EZ}$  je korekčný činiteľ poklesu meranej intenzity osvetlenia vplyvom zrkadlovej sústavy,  $F^*(S_Z(\lambda))$  je korekčný faktor spektrálnej citlivosti fotometra,  $r$  je fotometrická skúšobná vzdialenosť.

Pre vynesenie kriviek svietivosti v zaužívanom formáte LDT, bolo potrebné svietivosti prepočítať na svietivosť 1000 lm svietidla (cd/klm):

$$I_{cd/klm} = I * \frac{1000}{\phi} \quad (14)$$

Kde  $I_{cd/klm}$  hodnota svietivosti prepočítaná na svietivosť 1000 lm svietidla,  $I$  odmeraná hodnota svietivosti,  $\phi$  svetelný tok meraného svietidla.

## 5.2 Spôsob porovnania meraní

Krivky svietivosti možno porovnať pomocou vzťahu: [6]

$$f_{lum,fit} = 100 * \left( 1 - \sqrt{\frac{\sum_{C=0^\circ}^{360^\circ} \sum_{\gamma=0^\circ}^{180^\circ} (I_1(C, \gamma) - I_2(C, \gamma))^2}{\sum_{C=0^\circ}^{360^\circ} \sum_{\gamma=0^\circ}^{180^\circ} (I_1(C, \gamma) + I_2(C, \gamma))^2}} \right) \quad (15)$$

Kde  $f_{lum,fit}$  vyjadruje zhodnosť kriviek, hodnota 98 sa považuje za dobrú zhodu, nad 99 za veľmi dobrú a pri zhode 100 sú krivky identické,  $I_1(C, \gamma)$  sú hodnoty svietivosti referenčnej krivky svietivosti, pri vychýlení  $(C, \gamma)$ ,  $I_2(C, \gamma)$  sú hodnoty svietivosti porovnáwanej krivky svietivosti, pri vychýlení  $(C, \gamma)$ .

Aj pri viacerých meraniach identického svietidla môžu vzniknúť odlišnosti vo vypočítanom svetelnom toku. Preto je vhodné určiť pomer svetelných tokov, ktorým možno krivky „naškálovať“ a porovnávať len ich tvar:

$$\phi = \sum_{\gamma=0^\circ}^{180^\circ} \sum_{C=0^\circ}^{360^\circ} I(C, \gamma) * \sin(\gamma) * 2,5^\circ \quad (16)$$

$$f_{lum,flux} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \quad (17)$$

Kde  $f_{lum,flux}$  vyjadruje pomer svetelných tokov,  $\phi_1$  je svetelný tok referenčnej krivky svietivosti,  $\phi_2$  je svetelný tok porovnáwanej krivky svietivosti.

Doplnením vzťahu vyššie, možno porovnať tvar kriviek po naškálovaní: [6]

$$f_{lum,max} = 100 * \left( 1 - \sqrt{\frac{\sum_{C=0^\circ}^{360^\circ} \sum_{\gamma=0^\circ}^{180^\circ} (I_1(C, \gamma) - (I_2(C, \gamma) * f_{lum,flux}))^2}{\sum_{C=0^\circ}^{360^\circ} \sum_{\gamma=0^\circ}^{180^\circ} (I_1(C, \gamma) + (I_2(C, \gamma) * f_{lum,flux}))^2}} \right) \quad (18)$$

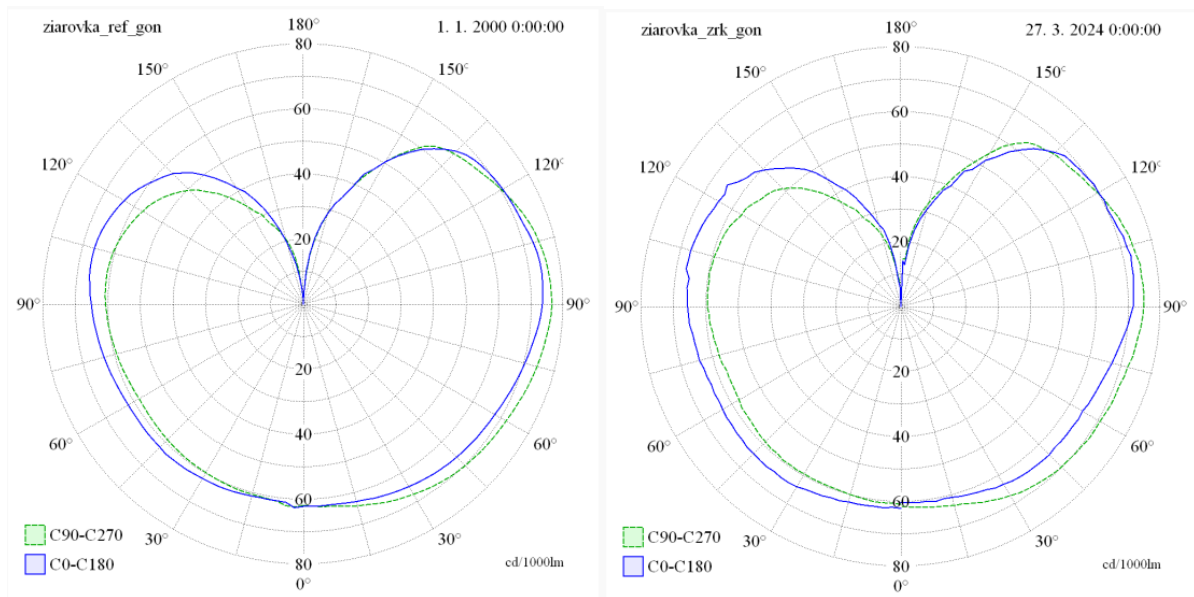
## 5.3 Vyhodnotenie meraní

Po aplikácii korekcií boli vykreslené krivky svietivosti meraných svietidiel. Na kvantifikáciu pozorovaných rozdielov boli vykonané výpočty zhodnosti kriviek svietivosti. Pre lepšie pochopenie výsledkov sú kľúčové tieto veličiny:

- $f_{lum,fit}$ : zhodnosť kriviek (98 - dobrá, 99 - veľmi dobrá, 100 - absolútna zhoda)

- $\phi_1$  a  $\phi_2$ : svetelné toky vypočítané z kriviek svietivosti
- $f_{lum,flux}$ : pomer svetelných tokov (škálovací faktor)
- $f_{lum,max}$ : zhodnosť kriviek po naškálovaní

Pri meraní žiarovky bolo referenčné meranie vykonané na zrkadlovom goniofotometri, upravenom na typ 2 umiestnením hlavice luxmetra na primárne zrkadlo. Presné umiestnenie bolo zabezpečené samonivelizačným laserom, aby sa hlavica pri nulovom vychýlení horizontálnej osi nachádzala vo vertikálnej osi s fotometrickým stredom žiarovky.



Obr.3 Krivky svietivosti žiarovky (vľavo ref. goniofotometer, vpravo zrkadlový goniofotometer)

Pri meraní sa taktiež dbalo na to, aby natočenie žiarovky vo vzťahu k rovinám C bolo rovnaké ako v prípade meraní zrkadlovým goniofotometrom. Táto konzistencia v orientácii je kľúčová pre presné porovnanie výsledkov, keďže aj malá zmena v orientácii svietidla môže viesť k významným rozdielom v nameraných hodnotách.

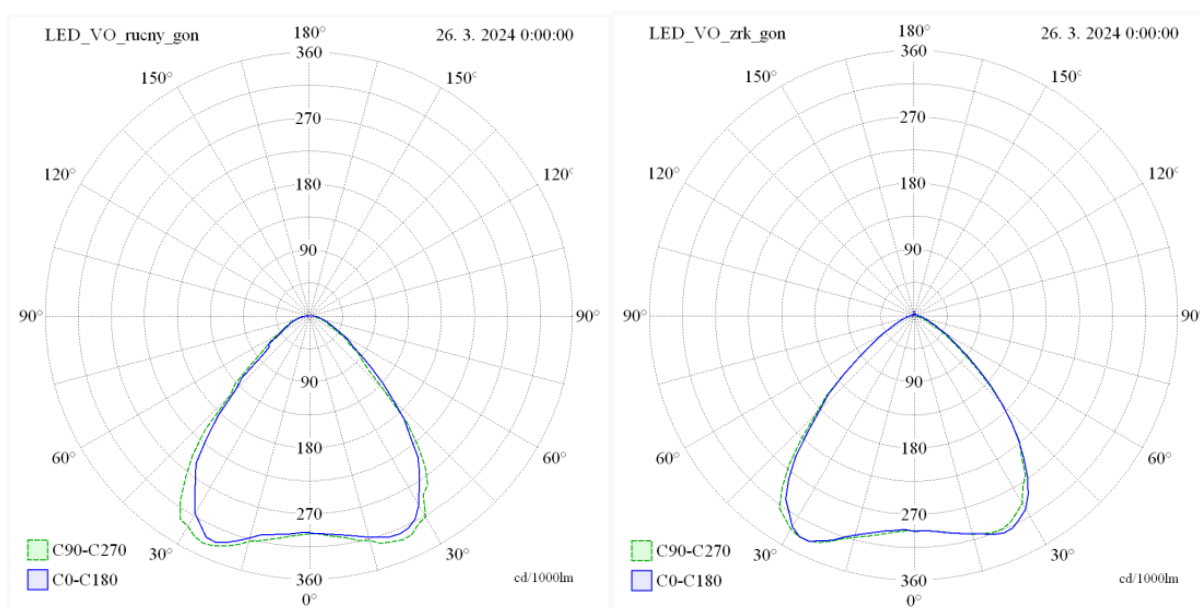
$f_{lum,fit} = 96.94$
$\phi_1 = 639.59 \text{ lm}$
$\phi_2 = 670.78 \text{ lm}$
$f_{lum,flux} = 0.95$
$f_{lum,max} = 98.11$

Tab.4 Porovnanie meraní žiarovky

Z výsledkov porovnania možno konštatovať, že zhoda medzi výstupom z goniofotometra typu 2 a zrkadlového goniofotometra je dobrá. Tento výsledok je povzbudivý a naznačuje, že základné princípy merania a aplikované korekčné faktory sú účinné.

Malé nedostatky, ktoré sa vyskytli, nemôžu byť spôsobené uplatnením zrkadlovej sústavy, a preto sú pravdepodobne zapríčinené odchýlkami polohovania osí alebo chybou odčítania z luxmetra. Tieto faktory môžu mať väčší vplyv najmä pri meraní svetelných zdrojov s výraznou smerovou charakteristikou. Dochádza tiež k malému rozdielu vypočítaných svetelných tokov, čo by bolo možné minimalizovať presnejším určením korekčných činiteľov. To by mohlo zahŕňať opakované merania a výpočty korekčných činiteľov alebo použitie presnejších meracích zariadení.

V prípade svietidla LED verejného osvetlenia bolo referenčné meranie vykonané na ručnom goniofotometri typu 1. Tento typ goniofotometra má odlišnú konštrukciu v porovnaní so zrkadlovým goniofotometrom, čo umožňuje posúdiť presnosť meraní z inej perspektívy – uplatnenie zrkadlovej sústavy. Rovnako ako pri meraní žiarovky, sa dbalo na rovnakú orientáciu vo vzťahu k rovinám C, ako v prípade merania zrkadlovým goniofotometrom.



Obr.4 Krivky svetivosti LED svietidla (vľavo ref. goniofotometer, vpravo zrkadlový goniofotometer)

$f_{lum,fit} = 96.65$
$\phi_1 = 5205.06 \text{ lm}$
$\phi_2 = 4990.64 \text{ lm}$
$f_{lum,flux} = 1.04$
$f_{lum,max} = 97.49$

Tab.5 Porovnanie meraní LED svietidla

V prípade porovnania ručného goniofotometra typu 1 a zrkadlového goniofotometra je zhoda síce menšia ako v predchádzajúcom prípade, avšak stále sa považuje za dobrú zhodu. Tento rozdiel v zhode je pochopiteľný vzhľadom na odlišnosti v konštrukcii a princípe fungovania oboch typov goniofotometrov.

V predchádzajúcom porovnaní bolo polohovanie osí zabezpečené elektronicky za použitia identického hardvéru v prípade oboch meraní, čo prispelo k vyššej zhode výsledkov. Pri tomto porovnaní môže byť menšia zhoda spôsobená práve uplatnením odlišného spôsobu polohovania osí.

Zaujímavým pozorovaním je, že pomer svetelných tokov sa vyvíja opačným smerom ako v predchádzajúcom prípade. Toto môže byť spôsobené vzájomnou odlišnosťou svetelných zdrojov, konkrétne rozdielmi v tvoriacej krivke aj spektrálnom zložení svetla. LED svietidlo verejného osvetlenia má odlišnú charakteristiku vyžarovania a spektrálne zloženie v porovnaní so žiarovkou, čo môže viesť k rozdielnym výsledkom pri meraní rôznymi typmi goniofotometrov.

Tieto pozorovania zdôrazňujú dôležitosť zohľadnenia špecifických vlastností meraných svetelných zdrojov pri interpretácii výsledkov z rôznych typov goniofotometrov a potrebu ďalšieho výskumu v oblasti porovnávaní a kalibrácie rôznych meracích metód.

## 6 Záver

V rámci práce boli identifikované zdroje chýb pri meraní zrkadlovým goniofotometrom, na základe ktorých boli navrhnuté meracie postupy a výpočty korekčných činiteľov. Pomocou tých, je možné identifikované chyby zohľadniť vo výsledkoch meraní, a tým zabezpečiť konzistentné výstupy.

V rámci validácie zrkadlového goniofotometra bol vytvorený komplexný matematický model merania, ktorý zahŕňa všetky relevantné zdroje neistôt. Na základe tohto modelu bola určená rozšírená neistota merania zrkadlovým goniofotometrom  $U(l(\max)) = 4,1 \%$  pre koeficient pokrytia  $k = 2$ , čo zodpovedá intervalu pokrytia približne 95% za predpokladu normálneho rozdelenia. Toto kvantifikovanie neistoty poskytuje cenný nástroj pre hodnotenie presnosti meraní a interpretáciu výsledkov.

Výsledky meraní ukázali, že aj napriek rozdielom medzi rôznymi typmi goniofotometrov a meranými svietidlami je možné dosiahnuť dobrú zhodu výsledkov. Pri porovnávaní meraní žiarovky na goniofotometri typu 2 so zrkadlovým goniofotometrom bola zaznamenaná dobrá zhoda výsledkov. Podobne, merania LED svietidla na ručnom goniofotometri typu 1 vykazovali uspokojivú zhodu s výsledkami zo zrkadlového goniofotometra. Tieto zistenia potvrdzujú spoľahlivosť použitých meracích metód a postupov.

Poznatky získané v tejto práci majú významný potenciál pre zlepšenie presnosti a spoľahlivosti meraní svietidiel v skúšobnom laboratóriu svetelnotechnických zariadení FEI STU. Tieto zlepšenia sú kľúčové pre úspešné hodnotenie a certifikáciu svietidiel v súlade s príslušnými normami a štandardmi v oblasti osvetlenia.

Celkovo táto práca prispela k lepšiemu pochopeniu faktorov ovplyvňujúcich presnosť meraní goniofotometrom a poskytla praktické postupy pre minimalizáciu chýb a neistôt. Tieto poznatky môžu byť cenné nielen pre dané laboratórium, ale môžu slúžiť ako referencia pre ďalší výskum a vývoj v oblasti merania a hodnotenia svetelnotechnických zariadení.

## Literatura a odkazy

- [1] STN EN 13032-1:2004+A1:2012, Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 1: Meranie a formulár súborov.
- [2] STN EN 13032-2:2019, Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 2: Prezentácia údajov pre vnútorné a vonkajšie pracoviská.
- [3] STN EN 13201-3:2015, Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 3: Svetelnotechnický výpočet.
- [4] ISO/CIE 19476:2014, Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters.
- [5] KUNDRACIK, František. Spracovanie experimentálnych dát. Bratislava : Univerzita komenského, 1999.
- [6] A practical method of comparing luminous intensity distributions. In Lighting Research & Technology . 2012. Vol. 44, no. 1, s. 27–36. BERGEN, A.

## Vyhláška č. 160/2024 Sb.

### **o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětských skupin**

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

*Abstrakt: V přednášce bude představena část vyhlášky pro školské prostory platné od 1. 7. 2024 týkající se osvětlení*

#### § 2

##### **Základní pojmy**

Pro účely této vyhlášky se rozumí

c) dlouhodobým pobytem pobyt ve vnitřním prostoru nebo jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne 4 hodiny a déle a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně; za dlouhodobý pobyt se považuje i pravidelné střídání krátkodobého pobytu v různých vnitřních prostorech, trvá-li v průběhu jednoho dne 4 hodiny a déle a opakuje-li se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně,

d) krátkodobým pobytem pobyt v místnosti během jednoho dne po dobu kratší než 4 hodiny,

f) zobrazovací jednotkou zařízení, které mění elektronické informace na optické a je určené pro zrakovou komunikaci s člověkem,

g) ubytovacím zařízením domov mládeže, internát, zařízení pro děti vyžadující okamžitou pomoc, školské zařízení pro výkon ústavní a ochranné výchovy a školské zařízení preventivně výchovné péče.

##### **Prostorové podmínky**

#### § 3

(1) Zařízení pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku, provozovna pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku a dětská skupina ...

(3) Na konzervatoře, jazykové školy s právem státní jazykové zkoušky, vyšší odborné školy, školská výchovná a ubytovací zařízení a školská zařízení pro zájmové vzdělávání ...

(4) Na rodinnou a výchovnou skupinu zařízení pro ústavní a ochrannou výchovu a na zařízení pro děti vyžadující okamžitou pomoc, která jsou umístěna v samostatné bytové jednotce...

(5) Rostliny a dřeviny vysazené ve venkovním prostoru podle odstavců 1 až 4 věty první a užití ve vnitřních pobytových prostorech zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny

pro výchovu a vzdělávání a dětské skupiny musí být vybrány a udržovány tak, aby byla zachována ochrana zdraví dětí a žáků.

#### § 4

(2) V zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovně pro výchovu a vzdělávání se musí zřídit pro žáky učebny a pracovny, které musí být vybaveny a uzpůsobeny tak, aby byly zajištěny podmínky pro vzdělávání žáků se zdravotním postižením podle druhu jejich zdravotního postižení. Ve školách uskutečňujících vzdělávací program pro žáky se speciálními vzdělávacími potřebami se v učebnách vytvářejí relaxační kouty umístěné mimo prostor lavic.

(3) Podlaha v zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovně pro výchovu a vzdělávání a dětské skupině musí být snadno čistitelná. Ve výukových místnostech musí být podlahové krytiny matné, které splňují minimální hodnotu činitele odrazu 0,2.

#### § 5

V zařízení pro výchovu a vzdělávání a v provozovně pro výchovu a vzdělávání a dětské skupině musí být hygienická zařízení a šatny osvětlené a větratelné.

#### § 7

(1) Prostory určené k výuce tělesné výchovy a tělocvičny v zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovně pro výchovu a vzdělávání musí být větratelné; požadavky na větrání jsou upraveny v příloze č. 4 k této vyhlášce. Podlaha musí být snadno čistitelná.

#### § 13

### Vybavení nábytkem

(3) Při uspořádání pracovních stolů se dbá na to, aby u žáků nedocházelo k jednostrannému statickému zatížení svalových skupin a aby byly dodrženy požadavky na úroveň osvětlení podle české technické normy upravující osvětlení<sup>13),14),15)</sup>.

### Osvětlení

#### § 14

(1) Ve vnitřních prostorech budov zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu a vzdělávání a dětské skupiny určených k dlouhodobému pobytu dětí a žáků musí denní osvětlení odpovídat požadavkům české technické normy upravující denní osvětlení<sup>13)</sup>.

(2) Požadavky na denní, elektrické a sdružené osvětlení jsou upraveny v příloze č. 3 k této vyhlášce. Měření se provádí podle českých technických norem pro měření osvětlení prostorů<sup>16),17)</sup>.

(3) V případě, že u užívané stavby zařízení pro výchovu a vzdělávání nebo provozovny pro výchovu a vzdělávání nelze ze stavebně-technických důvodů dodržet povinnosti stanovené v odstavci 1, je možné použít celkové sdružené osvětlení splňující odstavec 2 písm. a) a b) přílohy č. 3 k této vyhlášce v jeho celém prostoru. Stejným způsobem lze postupovat i v případě stavby, která byla doposud užívána za jiným účelem než jako prostory zařízení pro výchovu a vzdělávání nebo provozovny pro výchovu a vzdělávání poskytující střední vzdělání.

a to včetně konzervatoře, jazykové školy s právem státní jazykové zkoušky a vyšší odborné školy, s výjimkou školy poskytující vedle středního i základní vzdělání.

(4) U klastrových škol je možné použít celkové sdrúžené osvětlení, elektrické osvětlení musí být navýšeno o dva stupně osvětlenosti a musí být regulovatelné pro různé činnosti.

(5) V prostorech určených pouze ke krátkodobému pobytu je možné použít celkové sdrúžené osvětlení. Dále je možné celkové sdrúžené osvětlení použít v dílnách při potřebě osvětlit stíněné povrchy. Pro děti a žáky se zrakovým postižením nebo zrakovými vadami je nutné zajistit denní i elektrické osvětlení<sup>(13),(15)</sup> odpovídající specifickým potřebám podle stupně jejich postižení. V soustavě sdrúženého osvětlení denní i doplňující elektrické osvětlení musí splňovat požadavky podle odstavce 2 písm. a) a b) přílohy č. 3 k této vyhlášce a požadavky české technické normy upravující sdrúžené osvětlení<sup>(14)</sup>.

(6) Rostliny a dřeviny vysázené ve venkovním prostoru podle § 3 odst. 1 až 4 věty první nesmí způsobit v učebnách, hernách a pracovnách snížení parametrů denního osvětlení pod úroveň požadovanou pro sdrúžené osvětlení<sup>(14)</sup>.

(7) Parametry elektrického osvětlení ve vnitřních prostorech budovy zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu a vzdělávání a dětské skupiny musí odpovídat normovým požadavkům české technické normy upravující požadavky na osvětlení pro vnitřní pracoviště<sup>(15)</sup>.

(8) Osvětlení tabule musí odpovídat normovým požadavkům české technické normy upravující požadavky na osvětlení pro vnitřní pracoviště<sup>(15)</sup>. Tabule musí mít matný povrch, což se nevztahuje na tabule, na které se nepíše křídou. Ze všech pracovních míst ve směru pohledu na tabuli musí být vyloučeno zrcadlení svítidel na tabuli. Ve stěně za tabulí nesmí být osvětlovací otvor, v opačném případě musí být zakryt neprůsvitným materiálem, jehož činitel odrazu světla se blíží hodnotě činitele odrazu této stěny.

(9) U užívané stavby bude po výměně lineárních zářivkových trubic stávajících svítidel za LED trubice se srovnatelným světelným tokem nebo po výměně elektrického osvětlení provozovatelem bezodkladně zajištěno měření elektrického osvětlení v souladu s postupy popsány v českých technických normách upravujících měření elektrického osvětlení<sup>(16)</sup> prokazující splnění normových požadavků<sup>(15)</sup>. Výměna elektrického osvětlení, svítidel, elektrických rozvodů a ovládání musí být provedena podle návrhu elektrického osvětlení a v souladu s požadavky české technické normy upravující požadavky na osvětlení pro vnitřní pracoviště<sup>(15)</sup>.

## § 15

(1) Úroveň denního i elektrického osvětlení prostorů se zobrazovacími jednotkami musí být v souladu s požadavky české technické normy upravující osvětlení<sup>(13),(14),(15)</sup>.

(2) Pracoviště u zobrazovacích jednotek musí být umístěna tak, aby žáci nebyli oslňováni jasným osvětlovacím otvorem a ani se jim tyto otvory nezrcadlily na zobrazovací jednotce. Svítidla musí být vhodně rozmístěna a mít takové rozložení jasů a úhly clonění, aby se nezrcadlila na zobrazovací jednotce a nedocházelo ke ztížení zrakové činnosti potřebné k práci nebo místa s vizuálními prvky vykonávané práce (dále jen „zrakový úkol“).

(3) Vzdálenost zobrazovací jednotky od očí musí být regulovatelná, nejméně 0,5 m od horního okraje zobrazovací jednotky ve výši očí. U pracovišť se zobrazovacími jednotkami musí být pro zachování dobrých podmínek vidění, zrakové pohody i vyhovující pracovní polohy zajištěna pro všechny uživatele možnost úprav pracovního místa podle jejich individuálních potřeb, zejména podle tělesné výšky a prováděných činností, a regulace denního osvětlení.

## § 16

V ložnicích ubytovacího zařízení musí denní osvětlení vyhovovat požadavkům české technické normy upravující osvětlení pro obytné místnosti<sup>18)</sup>. Celkové elektrické osvětlení v ničem necloněné srovnávací rovině v úrovni podlahy musí mít  $\bar{E}_m = 200 \text{ lx}$ . Svítilna místního osvětlení musí být polohovatelná tak, aby se osvětlení dalo přizpůsobit zrakovým potřebám uživatelů a zajištěna se osvětlenost  $\bar{E}_m = 500 \text{ lx}$ . Studovny musí mít celkové elektrické osvětlení na srovnávací rovině v úrovni stolů  $\bar{E}_m = 500 \text{ lx}$ .

## § 17

(1) Pro většinu zrakových činností v zařízení pro výchovu a vzdělávání, provozovně pro výchovu a vzdělávání a dětské skupině se vyžaduje směr denního osvětlení zleva a shora. Svítilna u soustav elektrického osvětlení se umísťují na strop rovnoběžně s okenní stěnou, pokud to umožní stavebně technické dispozice prostor. Místa dětí a žáků u pracovních stolů musí být v učebnách, hernách a pracovních orientována tak, aby děti a žáci nebyli v zorném poli oslňováni jasným osvětlovacím otvorů a ani si nestínili místo, kde se nachází předmět zrakové činnosti (dále jen „místo zrakového úkolu“).

(2) Výška horizontálních srovnávacích rovin pro návrh a posouzení osvětlení místa zrakového úkolu

a) u denního osvětlení

1. v zařízení pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku, provozovně pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku a dětské skupině je 0,45 m nad podlahou,

2. v zařízení pro výchovu a vzdělávání žáků a provozovně pro výchovu a vzdělávání žáků je 0,85 m nad podlahou,

b) u elektrického osvětlení

1. v zařízení pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku, provozovně pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku a dětské skupině je dána převládající výškou stolů, v ostatních prostorech herny a v ložnici úrovni podlahy,

2. v zařízení pro výchovu a vzdělávání žáků a provozovně pro výchovu a vzdělávání žáků je stejná jako převládající výška stolů.

(3) Za místo zrakového úkolu v zařízení pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku, provozovně pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku a dětské skupině je považován prostor se stoly a prostor herny s výjimkou prostoru určeného k uskladnění lehátek a lůžek.

(4) Za místo zrakového úkolu v zařízení pro výchovu a vzdělávání žáků a provozovně pro výchovu a vzdělávání žáků je považován prostor s maximálním počtem možných řad

pracovních stolů včetně stolu učitele a za okolí zrakového úkolu je považován prostor místnosti sloužící výuce.

(5) Osvětlovací soustavy a části vnitřních prostorů odrážející světlo musí být čištěny a obnovovány ve lhůtách daných plánem údržby v souladu s projektem osvětlení a musí být udržovány v takovém stavu, aby požadované vlastnosti osvětlení byly splněny po celou dobu života osvětlovací soustavy. Není-li zpracován v projektu osvětlení plán údržby, provádí se nejméně dvakrát ročně mytí oken, rámu, svítidel a světelných zdrojů.

(6) Výplně u svislých a šikmých osvětlovacích otvorů v prostorech s dlouhodobým pobytem osob musí být čiré, bezbarvé a umožňovat výhled ven.

## § 18

(1) Regulace denního osvětlení, rozložení světla a zábrana oslnění musí být v souladu s českou technickou normou upravující denní osvětlení<sup>13)</sup>.

(2) Osvětlení prostor určených pro sport musí být v souladu s českými technickými normami upravující osvětlení<sup>15),19)</sup>. U těchto prostor výška srovnávací roviny pro návrh a posouzení elektrického osvětlení musí být na úrovni podlahy.

## § 19

### **Mikroklimatické podmínky**

(1) Prostory zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu a vzdělávání a dětské skupiny určené k pobytu musí být přímo větratelné. Požadavky na větrání čerstvým vzduchem a výměnu vzduchu v době využití interiéru jsou upraveny v příloze č. 4 k této vyhlášce. Pro zajištění větrání z venkovního prostoru budovy přirozeným větráním je nutné zajistit otevírání a zavírání oken z podlahy bezpečným způsobem. Bezpečným způsobem z podlahy je nutné zajistit i manipulaci se žaluziemi a dalšími clonicími zařízeními.

### **Provozní podmínky**

## § 20

(1) Časové rozložení výuky a režim dne v zařízení pro výchovu a vzdělávání, s výjimkou zařízení sociálně výchovné činnosti a zařízení pro děti vyžadující okamžitou pomoc, a v provozovně pro výchovu a vzdělávání musí odpovídat věkovým zvláštnostem dětí a žáků a jejich biorytmům. Při výuce je třeba dbát na prevenci jednostranné statické zátěže vybraných svalových skupin výchovou dětí a žáků k správnému sezení a držení těla. Zásady pro práci dětí a žáků v sedě jsou upraveny v příloze č. 2 k této vyhlášce.

(2) V zařízení pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku, provozovně pro výchovu a vzdělávání pro děti předškolního věku a dětské skupině je denní doba pobytu venku po maximální možnou dobu. Dobu pobytu venku lze upravit s ohledem na klimatické podmínky.

## § 21

(1) Prostory zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu a vzdělávání a dětské skupiny musí být udržovány v čistém a nepoškozeném stavu s ohledem na účel jejich užívání, a to včetně používaných lůžkovin, ručníků a prádla.

(3) U nuceného větrání a klimatizace musí být zajištěna pravidelná údržba a čištění podle návodu výrobce nebo dodavatele.

§ 22

### **Přechodná ustanovení**

(1) Na stavby zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovny pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětské skupiny, jejichž užívání bylo povoleno přede dnem nabytí účinnosti této vyhlášky, se ustanovení § 4 odst. 3 věty druhé a § 19 odst. 4 nepoužijí.

§ 23

### **Dostupnost českých technických norem**

České technické normy, které se podle této vyhlášky používají, jsou zveřejněny na internetových stránkách České agentury pro standardizaci.

---

### **Příloha č. 3**

#### **Požadavky na denní, elektrické a sdružené osvětlení**

(1) Prostor s denním osvětlením musí splňovat minimálně tyto hodnoty:

a) denní osvětlení

1. pro svislé a šikmé osvětlovací otvory vyjádřené cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 2 \% \text{ na } 50 \%$  posuzovaného prostoru a zároveň minimálním cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_{TM} = 0,7 \% \text{ na } 95 \%$  posuzovaného prostoru,

2. pro vodorovné osvětlovací otvory s čirým materiálem vyjádřené cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 2,0 \% \text{ na } 95 \%$  posuzovaného prostoru, denní osvětlení pro vodorovné osvětlovací otvory s difúzním materiálem vyjádřené cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 1,7 \% \text{ na } 95 \%$  posuzovaného prostoru,

b) celkové elektrické osvětlení prostoru vyjádřené udržovanou osvětleností musí být minimálně  $\bar{E}_m = 200 \text{ lx}$  s rovnoměrností osvětlení  $U_o \geq 0,4$  v převažující rovině místa zrakového úhlu, pokud příslušná česká technická norma upravující hodnoty elektrického osvětlení<sup>15)</sup> nestanoví vyšší hodnoty.

(2) Celý prostor místnosti se sdruženým osvětlením musí splňovat minimálně tyto hodnoty:

a) denní osvětlení

1. pro svislé a šikmé osvětlovací otvory vyjádřené cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 1 \% \text{ na } 50 \%$  posuzovaného prostoru a zároveň minimálním cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_{TM} = 0,5 \% \text{ na } 95 \%$  posuzovaného prostoru,

2. pro vodorovné osvětlovací otvory vyjádřené cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 1,5 \% \text{ na } 50 \%$  posuzovaného prostoru a zároveň minimálním cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_{TM} = 0,5 \% \text{ na } 95 \%$  posuzovaného prostoru,

b) celkové doplňující elektrické osvětlení vyjádřené udržovanou osvětleností minimálně  $\bar{E}_m = 300 \text{ lx}$  s rovnoměrností osvětlení  $U_o \geq 0,4$  v posuzovaných prostorech, pokud příslušná česká technická norma upravující hodnoty elektrického osvětlení<sup>15)</sup> nestanoví vyšší hodnoty. Intenzita elektrického osvětlení u udržovaných osvětleností 200-500 lx včetně se navyšuje o jeden stupeň řady osvětleností podle české technické normy pro elektrické osvětlení<sup>15)</sup>.

(3) Stanovení hodnoty indexu oslnění  $R_{UG}$  pro elektrické osvětlení ve vnitřních prostorech musí být součástí návrhu elektrického osvětlení, který bude obsahovat výpočet  $R_{UG}$  použitím rovnice<sup>15)</sup> a vyhodnocuje se pro sedící osobu ve výšce 1,2 m a pro stojící osobu 1,7 m v prostoru místnosti před tabulí sloužící výuce. Výsledek výpočtu se zaokrouhlí na celé číslo směrem dolů. Barevný tón elektrického světla volit pro hodnoty  $\bar{E}_m \leq 200 \text{ lx}$  teple bílý;  $200 \text{ lx} < \bar{E}_m \leq 1000 \text{ lx}$  neutrálně bílý;  $\bar{E}_m > 1000 \text{ lx}$  chladně bílý podle české technické normy upravující hodnoty elektrického osvětlení<sup>15)</sup>.

---

## Poznámky

<sup>5)</sup> § 3 odst. 7 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

<sup>6)</sup> Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů.

<sup>13)</sup> ČSN EN 17037+ A1 Denní osvětlení budov, ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov Část 1: Základní požadavky a ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov Část 3: Denní osvětlení škol.

<sup>14)</sup> ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení.

<sup>15)</sup> ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory.

<sup>16)</sup> ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení, ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů.

<sup>17)</sup> ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení.

<sup>18)</sup> ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov.

<sup>19)</sup> ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť

## Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] Vyhláška č. 160/2024 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětských skupin

# **Návrh nové vyhlášky č. x/202x (dříve č. 6/2003 Sb.) kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb**

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

*Abstrakt: V přednášce bude představena část navrhované vyhlášky týkající se osvětlení*

## **návrh**

### **§ 1**

#### **Předmět úpravy**

Touto vyhláškou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí staveb<sup>1)</sup> podle § 13 odst. 1 zákona

Zákon č. 258/2000 Sb.

### **§13**

Vnitřní prostředí staveb a hygienické požadavky na venkovní hrací plochy

(1) Uživatelé staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání, provozoven živností podle § 7 odst. 1, staveb, v nichž je poskytována služba péče o dítě v dětské skupině,<sup>92)</sup> vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení, zařízení sociálních služeb, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a staveb se shromažďovacím prostorem<sup>93)</sup> jsou povinni zajistit, aby vnitřní prostředí pobytových místností<sup>15)</sup> v těchto stavbách odpovídalo hygienickým limitům chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů, upravených prováděcími právními předpisy. Tím není dotčena povinnost vlastníka stavby podle zvláštních právních předpisů udržovat stavbu v dobrém stavebním stavu.<sup>16)</sup>

~~<sup>15)</sup> Vyhláška č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu.~~

<sup>16)</sup> § 86 zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

<sup>92)</sup> Zákon č. 35/2021 Sb., o Sbírce právních předpisů územních samosprávných celků a některých správních úřadů.

~~<sup>93)</sup> Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů.~~

<sup>15) 93)</sup> platná - Vyhláška č. 146/2024 Sb. o požadavcích na výstavbu

### **§ 5**

#### **Osvětlení**

Denní, sdružené a elektrické osvětlení staveb podle § 1 musí odpovídat požadavkům českých technických norem upravujících požadavky na osvětlení<sup>3)</sup>.

-----

3)

ČSN EN 17037+ A1 Denní osvětlení budov,

ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky,

ČSN 73 0580- 2 Denní osvětlení budov- Část 2: Denní osvětlení obytných budov,

ČSN 73 0580-3 Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol,

ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení,

ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovišť - Část 1: Vnitřní pracoviště,

ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť

§ 12

### **Dostupnost českých technických norem**

České technické normy, které se podle této vyhlášky používají, jsou zveřejněny na internetových stránkách České agentury pro standardizaci.

§ 13

### **Účinnost**

Tato vyhláška nabývá účinnosti prvním dnem kalendářního měsíce následujícího po dni jejího vyhlášení.

### **Literatura a odkazy (styl literatura)**

[1] návrh vyhlášky

# Výpočty – jak šel čas

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: Text navazuje na někdejší pojednání o historických světloměrech – luxmetrech popisem historie návrhu osvětlení. Ať už je to grafická metoda stanovení účinnosti svítidla, metoda poměrného příkonu, b/h křivky apod.

## 1 Bylo, nebylo

Manželka tvrdí, že jsem tak starý, že pamatuji Panské války. Nevěřte jí, má sklony k přehánění. Byť mírnému. Také je ale možné, že jsem na války již zapomněl. Co si však vybavuji je doba kdy nebyly počítače. Dokonce ani kalkulačky. Výpočty se prováděly pomocí logaritmického pravítka a tabulek, rychlopočítáče a hbitých ručních kalkulek.



Obr.1 Počítací stroj, který stál za mými úspěšnými výpočty v diplomce. Jenom odmocňování byl trochu problém.

Časem se začaly objevovat první kalkulačky, ale ani s nimi nebyl návrh osvětlení nějak výrazně snadnější. To se začalo zlepšovat až s programovatelnými kalkulačkami. Nejdříve ve strojovém kódu, později už i v Basicu. Jejich chudší majitelé byli přeborníky v mačkání kláves. Rychlostí by se vyrovnali i dnešním mladým komunikujících na mobilu. Bohatší měli kalkulačky s možností nahrávat programy z magnetických štítků nebo kazetového magnetofonu. A co teprve, když se objevil Sinclair ZX81 a jeho následníci!

## 2 Metody výpočtů bez počítače

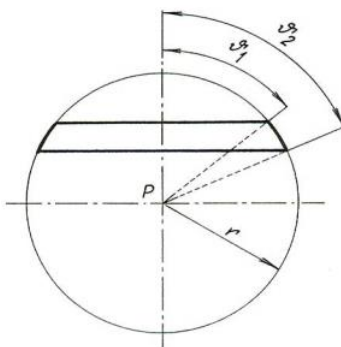
### 2.1 Stanovení pásmových světelných toků

Stanovit pásmové toky lze výpočtem, což jistě všichni čtenáři tohoto textu umí... No, bojím se, že ne. To je neštěstí světelné techniky, kdekdo se má za odborníka. Ovšem nezná základy světelné techniky. K tomu patří třeba povědomí, jak se co počítá. Například pásmové světelné toky, potažmo účinnost svítidla. Nemusí ze sebe sypat vzorečky, ale musí alespoň tušit jaké jsou souvislosti. Jen tak lze porozumět.

Světelný tok  $d\Phi$  vyzářený do nějakého prostorového úhlu  $\Omega$  je dán velikostí prostorového úhlu a střední svítivostí  $I_\gamma$  v onom prostorovém úhlu. Stanoví se podle dále uvedeného vztahu.

$$d\Phi = I_{\gamma} \cdot d\Omega$$

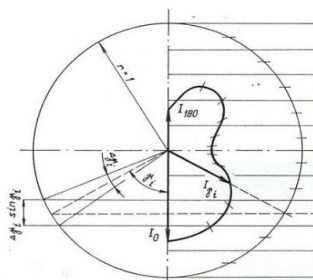
Pro svítidla se prostor rozděluje do pásem podle obr. 2



Obr.2 Prostorový úhel na (jednotkové) kouli

Lze odvodit, že velikost prostorového úhlu je

$$d\Omega = 2\pi(\cos\vartheta_1 - \cos\vartheta_2)$$

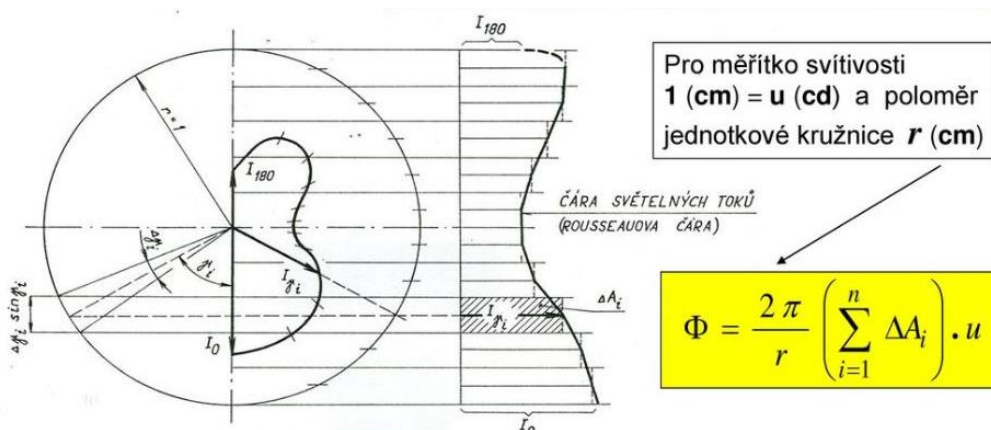


Obr.3 Jiné dělení prostoru

A pro tehdy obvyklé dělení po 10° je světelný tok do prostorového úhlu podle obr. 3

$$d\Phi = 1,091064 \cdot (\sin(\vartheta_i)) \cdot I_{\gamma i}$$

Podle předešlého vztahu je možné početně stanovit celkový světelný tok, a tedy účinnost svítidla.



Obr.4 Grafická metoda stanovení pásmových toků

Prostorový úhel je úměrný výšce proužku na jednotkové kružnici (resp. s poloměrem  $r$ ). Ploška  $A_i$  má délku odpovídající střední svítivosti v daném pásmu. Součin je tedy úměrný světelnému toku podle vztahu uvedeném v pravém dolním rohu.

Neodolám, abych nevedl výpočet prostorových úhlů pomocí počítače (Excel):

úhel	prost. úhel
5	0,095092465
15	0,282388059
25	0,461103435
35	0,625808417
45	0,771498526
55	0,893747043
65	0,988839508
75	1,053886585
85	1,086911852
součet	6,25927589
má být	$2\pi$
chyba	0,38%

Tab.1 Chyba výpočtu prostorových úhlů

Jejich součet má být polovina prostoru, tedy  $2\pi$ . Ve skutečnosti se liší, chyba je 0,38 %. Samozřejmě, je to závislé na hrubosti či jemnosti dělení prostoru. Pro  $5^\circ$  je chyba již jen 0,10 %. Pochopitelně s dalším dělením se bude zmenšovat. Jen nevím, jaká je chyba výpočtu chyby.

Uvádím to z prostého důvodu – přesnost výpočtu je závislá na mnoho okolnostech. A rozhodně nelze výsledky výpočtu prohlásit za přesné. Dokonce se mi stalo, že jsem náhodou spustil jeden a týž výpočet, aniž bych cokoliv změnil. Výsledek se lišil. Sice až na třetím desetinném místě, ale lišil. Tak, pěkně prosím, nevěřte, že co vyleze z počítače je přesné a správné číslo. A to míním výsledky bez nějakých manipulací.

Popsaná metoda se pochopitelně nejlépe aplikovala pro rotačně symetrická svítidla. Samozřejmě je možné stanovit průměrnou hodnotu svítivosti i u rotačně nesymetrického svítidla – pak budou výsledky s větší chybou.

V dnešní době je to přežitek. Všechna svítidla mají účinnost 100 %, některá dokonce vyšší. Pak nechápu, proč zhasnou, když se přeruší napájení.

## 2.2 Nomogramy pro osvětlovací techniku

V dobách dávno minulých se používala metoda poměrného příkonu. Pro určitý zdroj byl stanoven příkon na metr osvětlované plochy a 100 luxů. Pro žárovky to bylo  $25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ , pro zářivky  $7 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ . Pro usnadnění takto „náročných“ výpočtů byly dokonce navrženy nomogramy [4].

Na obr. 6 je ukázka jednoho z nomogramů. Ze znalosti velikosti osvětlovaného prostoru  $S$ , měrného příkonu  $p$  zvoleného světelného zdroje a kýžené osvětlenosti  $E$  ve stovkách luxů se odečetl potřebný příkon osvětlovací soustavy. Tedy stanovila komplikovaného hodnota vztahu:

$$P = S \cdot p \cdot E$$

V sadě nomogramů je i trojice pro stanovení osvětlenosti v bodě. Pomocí prvního nomogramu se stanovila vzdálenost svítidla  $l$  od kontrolního bodu. Druhý nomogram sloužil je stanovení  $\cos^3\gamma$  podle vzdálenosti  $l$  a výšky svítidla nad výpočtovou rovinou  $h$ . Konečně třetím se pro známou svítivost  $I$  a výšku  $h$  stanovila osvětlenost. Ano, tři diagramy řešily vyčíslení vztahu

$$E = I \cdot \frac{\cos^3 \gamma}{h^2}$$

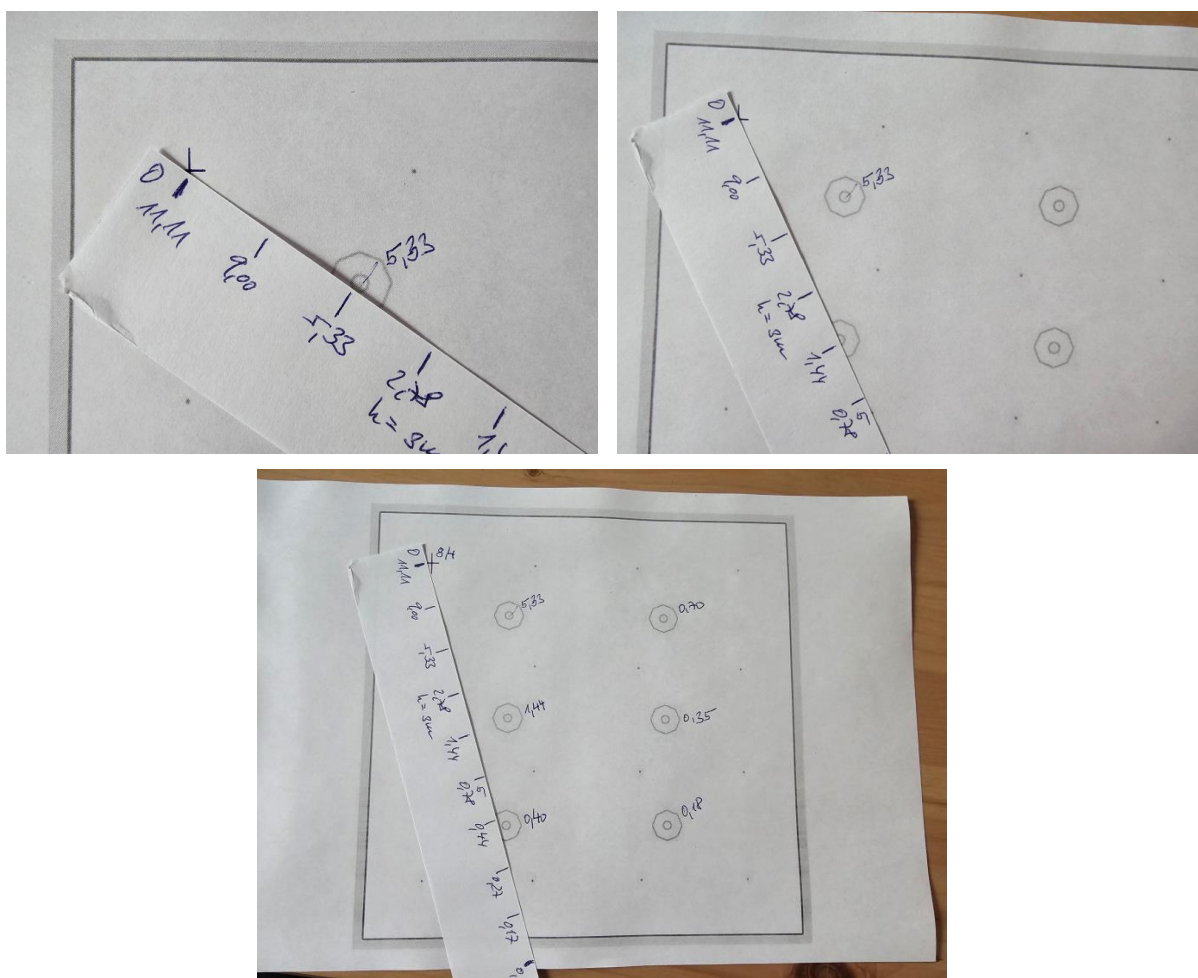
V publikaci je ještě řada dalších informací, poplatných době vzniku a možnosti použít rychlopočítáče nebo „nejlevnější počítač stroj“ [3].

Jen poznámka: Autor [3] byl patrně agent CIA, protože v knize jsou numerické chyby.

### 2.3 Proužková metoda

Opět graficko početní metoda. Pro danou výšku a svítidlo se spočítaly hodnoty osvětleností v bodech vzdálených například po jednom metru od průmětu svítidla na výpočtovou rovinu.

Vypočtené hodnoty se v měřítku vynesly na papírový proužek. Bylo tedy pro různá měřítka, ale i výšky a svítidla, zapotřebí různých proužků. Proužek se pak počátkem přiložil do kontrolního bodu a v místě svítidla se odečetla osvětlenost – na obr. 5 vlevo nahoře to je 5,33 lx. Pak se totéž provedlo pro další svítidlo (obr. 5 vpravo nahoře je 1,44 lx), Tak se pokračovalo dál, až se vyčerpala svítidla, délka proužku nebo trpělivost počtáře. Zjištěné hodnoty se sečetly – na obr. 5 dole je uvedena hodnota 8,4 luxu.



Obr.5 Proužková metoda

Popsaná metoda pochopitelně platí pouze pro rotačně symetrická svítidla. Což v době největší slávy tohoto postupu bylo poměrně časté. Osobně jsem tak počítal osvětlení v „Domu hrůzy u Radbúzy“, což byl plzeňský „palác kultury“, nyní již neexistující. Byly tam použito desítky

svítidel. V té době nebylo jiné řešení. Pohodovější již byl návrh osvětlení plzeňského Velkého divadla, kde byl jeden lustr a jen něco málo svítidel nástěnných.

## 2.4 Katalogové listy KOS Plzeň

Jde o pomůcku, kterou v osmdesátých letech vypracovala parta plzeňské Krajské odborné skupiny Světlo (Linda, Gubernát, Boháč, Froněk, Šuchmann, Maixner). Scházela se každý týden na „kumpánských“. Nekonzumovala alkohol, ale usilovně se snažila o povznesení světla. Později byly katalogové listy vydány nákladem DQL osvětlování (viz. obr. 7, žel, původní listy jsem ve svých nenašel).

Jde v principu o metodu obdobnou poměrnému příkonu, jen o nějaký řád kvalitnější. Svítidla se navrhovala podle činitele využití, oslnění hodnotilo zobecněnou metodou mezních jasů (za její odvození by měl být metál). Nezapomnělo se ani na úhly clonění (na což raději současní „taky odborníci“ rádi zapomínají), součinitele jasu stropu a stěn, ba ani na rozložení světelného toku svítidla v prostoru.

Popsat katalogové listy by byl materiál na samostatnou přednášku, ba celý seminář, kdyby se mělo dopodrobna objasnit jak a proč...

Listy původně vznikly na programovatelných kalkulačkách. Čemuž nebudete patrně věřit, žel není tu již žádný pamětník, který by to potvrdil. Až koncem osmdesátých let jsem vyvexloval marky (promlčeno) a povedlo se po půlročním zdolávání překážek a obtíží vyjet do zlé kapitalistické ciziny a zakoupit a propašovat tehdy embargovaný počítač (XT s jedním slotem pro 5,25" disketu). Výstupy jsme tiskli na vyřazeném dálkopisu a později na úžasné jehličkové tiskárně.

## 2.5 Další metody

Existovaly i další metody, třeba v případě světlometů po políčkách odečítat z grafů světelné toky promítnuté na objekty. Nebo metoda b/h křivek, která se občas pro svoji názornost objeví i v současné době, či alespoň době nedávné [5] (patnáct let není zas tak moc).

## 3 Historie se opakuje

Omezení logaritmickým pravítkem a jinými stroji vedlo k tomu, že se notně zaokrouhlovalo. Výsledek („strojový“) se mohl významně vzdálit skutečného („ručního“). V té době se docela oprávněně mluvilo o nejistotě výpočtu. Těžko šlo prohlásit, že výsledek po provedení nějakého početnějšího počtu matematických operacích je přesný.

S nejistotou výpočtu je třeba počítat. Dokonce je o tom zmínka v ČSN 36 0456, bez dalšího vysvětlení a využití. Žel, zatím jen jedna vlašťovka je v návrhu ČSN 73 0580, kde se připouští diference 1 % pro porovnání navrhovaného a stávajícího stavu při použití kritéria přístupu světla k průčelí. Žel i vlašťovka má pochroumané křídlo, když pro výpočty v interiéru již nepřipustí ani tisícinu – co nastane? Výpočtáři budou podvádět, protože pro 0,994 se od 1,0 liší jen o 6 tisícín, takže přepíšou 0,9 na 1,0 %. Přitom takovou diferenci nelze subjektivně vnímat a už vůbec není síla je změřit. Tak proč nepovolit přípustnost odchylky desetiny procenta a bez podvodů prezentovat výsledky?

Historie se uzavírá. Před čtyřiceti lety jsme navrhovali osvětlení pomocí tabulek. Dnes se k tomu vrací např. tabulková metoda hodnocení oslnění podle ČSN EN 12464-1. Žel, nikdo z těch, kteří ji používají neznají pravidla platnosti této metody. V tabulce najdou číslo menší či

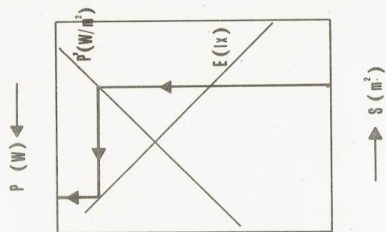
rovno devatenácti a tím je pro ně svítidlo vyhovující. Je lhostejno, zda je soustava pravidelná s odpovídajícími roztečemi svítidel... Nechápu to, vypočítat tuto veličinu umí každý program a je to záležitost na zlomky vteřin. Tak proč?

Nepochopitelné v době počítačů výkonnějších než 6 000 učitelů tělocviku s počítacími stroji pro každého.

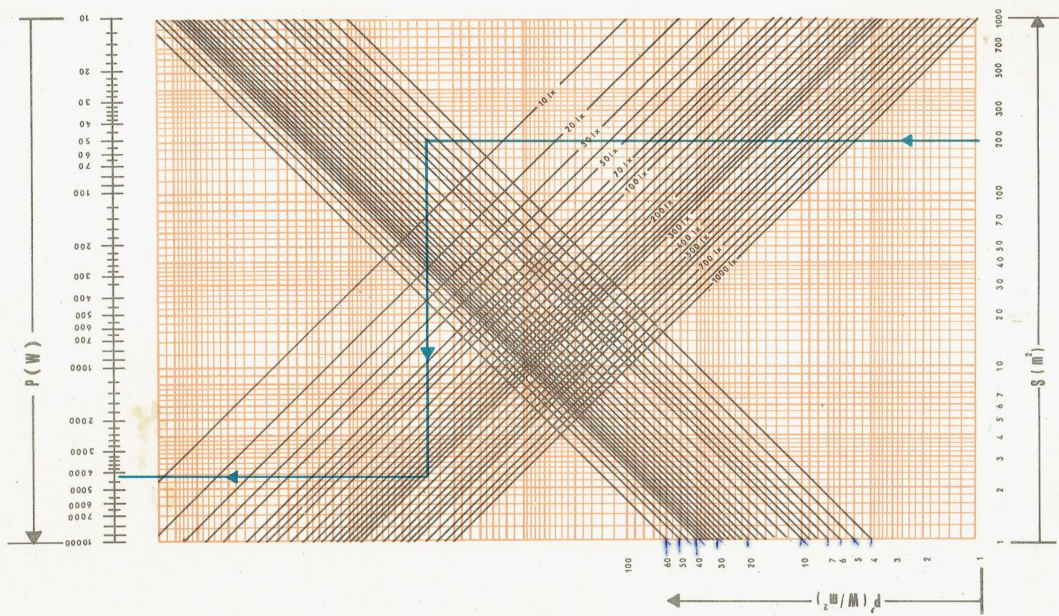
### **Literatura a odkazy**

- [1] Maixner Tomáš, O světloměrech, Sborník Kurs osvětlovací techniky XXXIII, TU Ostrava 2017,
- [2] Habel Jiří, Osvětlování, ČVUT FE, 1991
- [3] Kreinhansel Vojtěch, Ščot – nejlevnější počítací stroj pro každého, Průmyslové nakladatelství 1950,
- [4] Oliva Jiří, Nomogramy pro osvětlovací techniku, Spojprojekt Praha (1971?)
- [5] Maixner Tomáš, Z šera dávných věků – aneb o duševním úpadku (Publikováno pod nudným názvem „K výběru svítidel pro osvětlení komunikací“), Světlo 2/2009,
- [6] Soukup Ivo, Světelný tok vyzařovaný svítidlem, <https://slideplayer.cz/slide/13079315/>

Klíč:



Příklad:  
 $S = 200 \text{ m}^2$   
 $\dot{P} = 7 \text{ W/m}^2$  (zařívky)  
 $E = 300 \text{ lx}$   
Potřebný příkon:  
 $P = 4200 \text{ W}$



**NOMOGRAM ČÍS. 1**

Obr.6 Nomogram č. 1

**kataloŕ svítidel DOL** 181 **typ: 231 61 41**

Popis bytové stropní vaničkové	
Zdroj 2 x 2 36 W	Kategorie V
Poznámka	

úhel	Čáry svítivosti [cd/klm]		Pásmové toky		Jasy	
	C-0	C-90	pásmo	[lm]	úhel	C-0 C-90
0	182.0	182.0	1	17.2	45	3272.0 3216.0
10	181.0	178.0	2	49.9	55	3221.0 2972.0
20	175.0	169.0	3	76.6	65	3175.0 2568.0
30	165.0	153.0	4	94.7	75	3035.0 1871.0
40	151.0	132.0	5	100.9	85	3082.0 1222.0
50	136.0	106.0	6	98.5		
60	114.0	80.0	7	83.5		
70	91.0	45.0	8	59.6		
80	66.0	13.0	9	36.7		
90	45.0	3.0				
100	28.0	1.5	10	26.0		
110	26.0	0.5	11	17.8		
120	16.5	0.0	12	10.2		
130	10.5	0.0	13	6.1		
140	4.5	0.0	14	2.7		
150	1.5	0.0	15	1.0		
160	0.0	0.0	16	0.4		
170	0.0	0.0	17	0.0		
180	0.0	0.0	18	0.0		

Úhel cionění [°]	
C-0/C-90	uzavřené

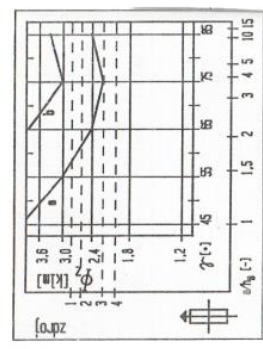
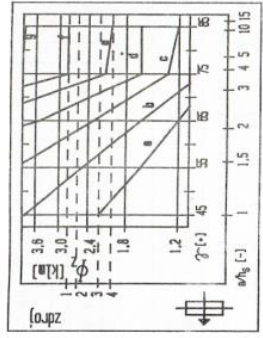
Světelné toky [lm]	
Horní poloprostor	64.2
Dolní poloprostor	617.5

Účinnost svítidla: 68.0 %

**kataloŕ svítidel DOL** 181 **typ: 231 61 41**

ř	Činitel využití (x 1000)															
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10				
k=1	681	649	620	659	630	604	618	595	573	581	562	544	546	531	517	497
2	595	547	507	577	533	496	542	506	474	510	480	484	481	466	455	416
3	521	464	419	505	453	411	476	431	395	448	411	380	423	392	366	348
4	466	406	360	452	397	354	427	380	342	404	363	331	382	349	320	303
5	413	352	306	402	344	301	380	330	292	360	317	283	341	304	275	258
6	370	309	265	361	303	262	342	292	254	324	280	247	308	270	240	225
7	329	268	226	320	263	223	304	253	216	288	244	211	274	235	205	190
8	298	239	199	290	235	196	276	226	191	262	218	186	250	210	181	167
9	265	208	169	259	204	167	246	197	163	234	190	159	223	183	154	141
10	240	185	148	234	181	146	223	175	142	212	169	139	202	163	132	122

Oslňení (mezní osvětelné toky vztahené na jeden zdroj)



1 - 20 - 10 LP, 2 - 20 - 10 - 3 - 20 - 01 - 4 - 10 - 81

Obr.7 Katalogový list

# Výpočty – jak šel čas

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: Text navazuje na někdejší pojednání o historických světloměrech – luxmetrech popisem historie návrhu osvětlení. Ať už je to grafická metoda stanovení účinnosti svítidla, metoda poměrného příkonu, b/h křivky apod.

## 1 Bylo, nebylo

Manželka tvrdí, že jsem tak starý, že pamatuji Panské války. Nevěřte jí, má sklony k přehánění. Byť mírnému. Také je ale možné, že jsem na války již zapomněl. Co si však vybavuji je doba kdy nebyly počítače. Dokonce ani kalkulačky. Výpočty se prováděly pomocí logaritmického pravítka a tabulek, rychlopočítáče a hbitých ručních kalkulek.



Obr.1 Počítací stroj, který stál za mými úspěšnými výpočty v diplomce. Jenom odmocňování byl trochu problém.

Časem se začaly objevovat první kalkulačky, ale ani s nimi nebyl návrh osvětlení nějak výrazně snadnější. To se začalo zlepšovat až s programovatelnými kalkulačkami. Nejdříve ve strojovém kódu, později už i v Basicu. Jejich chudší majitelé byli přeborníky v mačkání kláves. Rychlostí by se vyrovnali i dnešním mladým komunikujících na mobilu. Bohatší měli kalkulačky s možností nahrávat programy z magnetických štítků nebo kazetového magnetofonu. A co teprve, když se objevil Sinclair ZX81 a jeho následníci!

## 2 Metody výpočtů bez počítače

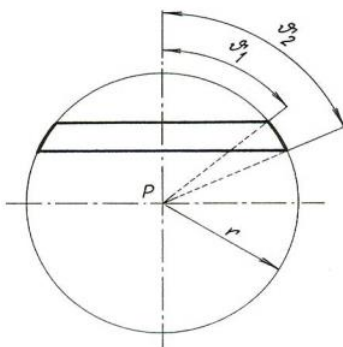
### 2.1 Stanovení pásmových světelných toků

Stanovit pásmové toky lze výpočtem, což jistě všichni čtenáři tohoto textu umí... No, bojím se, že ne. To je neštěstí světelné techniky, kdekdo se má za odborníka. Ovšem nezná základy světelné techniky. K tomu patří třeba povědomí, jak se co počítá. Například pásmové světelné toky, potažmo účinnost svítidla. Nemusí ze sebe sypat vzorečky, ale musí alespoň tušit jaké jsou souvislosti. Jen tak lze porozumět.

Světelný tok  $d\Phi$  vyzářený do nějakého prostorového úhlu  $\Omega$  je dán velikostí prostorového úhlu a střední svítivostí  $I_\gamma$  v onom prostorovém úhlu. Stanoví se podle dále uvedeného vztahu.

$$d\Phi = I_{\gamma} \cdot d\Omega$$

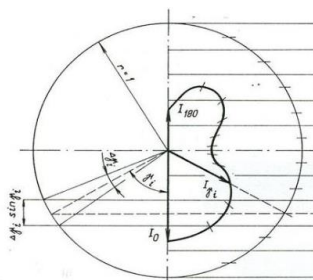
Pro svítidla se prostor rozděluje do pásem podle obr. 2



Obr.2 Prostorový úhel na (jednotkové) kouli

Lze odvodit, že velikost prostorového úhlu je

$$d\Omega = 2\pi(\cos\vartheta_1 - \cos\vartheta_2)$$

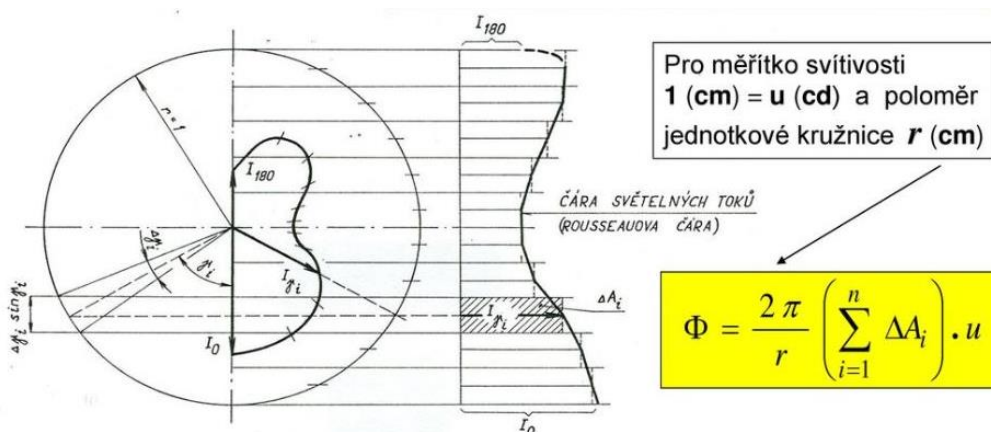


Obr.3 Jiné dělení prostoru

A pro tehdy obvyklé dělení po 10° je světelný tok do prostorového úhlu podle obr. 3

$$d\Phi = 1,091064 \cdot (\sin(\vartheta_i)) \cdot I_{\gamma i}$$

Podle předešlého vztahu je možné početně stanovit celkový světelný tok, a tedy účinnost svítidla.



Obr.4 Grafická metoda stanovení pásmových toků

Prostorový úhel je úměrný výšce proužku na jednotkové kružnici (resp. s poloměrem  $r$ ). Ploška  $A_i$  má délku odpovídající střední svítivosti v daném pásmu. Součin je tedy úměrný světelnému toku podle vztahu uvedeném v pravém dolním rohu.

Neodolám, abych nevedl výpočet prostorových úhlů pomocí počítače (Excel):

úhel	prost. úhel
5	0,095092465
15	0,282388059
25	0,461103435
35	0,625808417
45	0,771498526
55	0,893747043
65	0,988839508
75	1,053886585
85	1,086911852
součet	6,25927589
má být	$2\pi$
chyba	0,38%

Tab.1 Chyba výpočtu prostorových úhlů

Jejich součet má být polovina prostoru, tedy  $2\pi$ . Ve skutečnosti se liší, chyba je 0,38 %. Samozřejmě, je to závislé na hrubosti či jemnosti dělení prostoru. Pro  $5^\circ$  je chyba již jen 0,10 %. Pochopitelně s dalším dělením se bude zmenšovat. Jen nevím, jaká je chyba výpočtu chyby.

Uvádím to z prostého důvodu – přesnost výpočtu je závislá na mnoho okolnostech. A rozhodně nelze výsledky výpočtu prohlásit za přesné. Dokonce se mi stalo, že jsem náhodou spustil jeden a týž výpočet, aniž bych cokoliv změnil. Výsledek se lišil. Sice až na třetím desetinném místě, ale lišil. Tak, pěkně prosím, nevěřte, že co vyleze z počítače je přesné a správné číslo. A to míním výsledky bez nějakých manipulací.

Popsaná metoda se pochopitelně nejlépe aplikovala pro rotačně symetrická svítidla. Samozřejmě je možné stanovit průměrnou hodnotu svítivosti i u rotačně nesymetrického svítidla – pak budou výsledky s větší chybou.

V dnešní době je to přežitek. Všechna svítidla mají účinnost 100 %, některá dokonce vyšší. Pak nechápu, proč zhasnou, když se přeruší napájení.

## 2.2 Nomogramy pro osvětlovací techniku

V dobách dávno minulých se používala metoda poměrného příkonu. Pro určitý zdroj byl stanoven příkon na metr osvětlované plochy a 100 luxů. Pro žárovky to bylo  $25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ , pro zářivky  $7 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ . Pro usnadnění takto „náročných“ výpočtů byly dokonce navrženy nomogramy [4].

Na obr. 6 je ukázka jednoho z nomogramů. Ze znalosti velikosti osvětlovaného prostoru  $S$ , měrného příkonu  $p$  zvoleného světelného zdroje a kýžené osvětlenosti  $E$  ve stovkách luxů se odečetl potřebný příkon osvětlovací soustavy. Tedy stanovila komplikovaného hodnota vztahu:

$$P = S \cdot p \cdot E$$

V sadě nomogramů je i trojice pro stanovení osvětlenosti v bodě. Pomocí prvního nomogramu se stanovila vzdálenost svítidla  $l$  od kontrolního bodu. Druhý nomogram sloužil je stanovení  $\cos^3\gamma$  podle vzdálenosti  $l$  a výšky svítidla nad výpočtovou rovinou  $h$ . Konečně třetím se pro známou svítivost  $I$  a výšku  $h$  stanovila osvětlenost. Ano, tři diagramy řešily vyčíslení vztahu

$$E = I \cdot \frac{\cos^3 \gamma}{h^2}$$

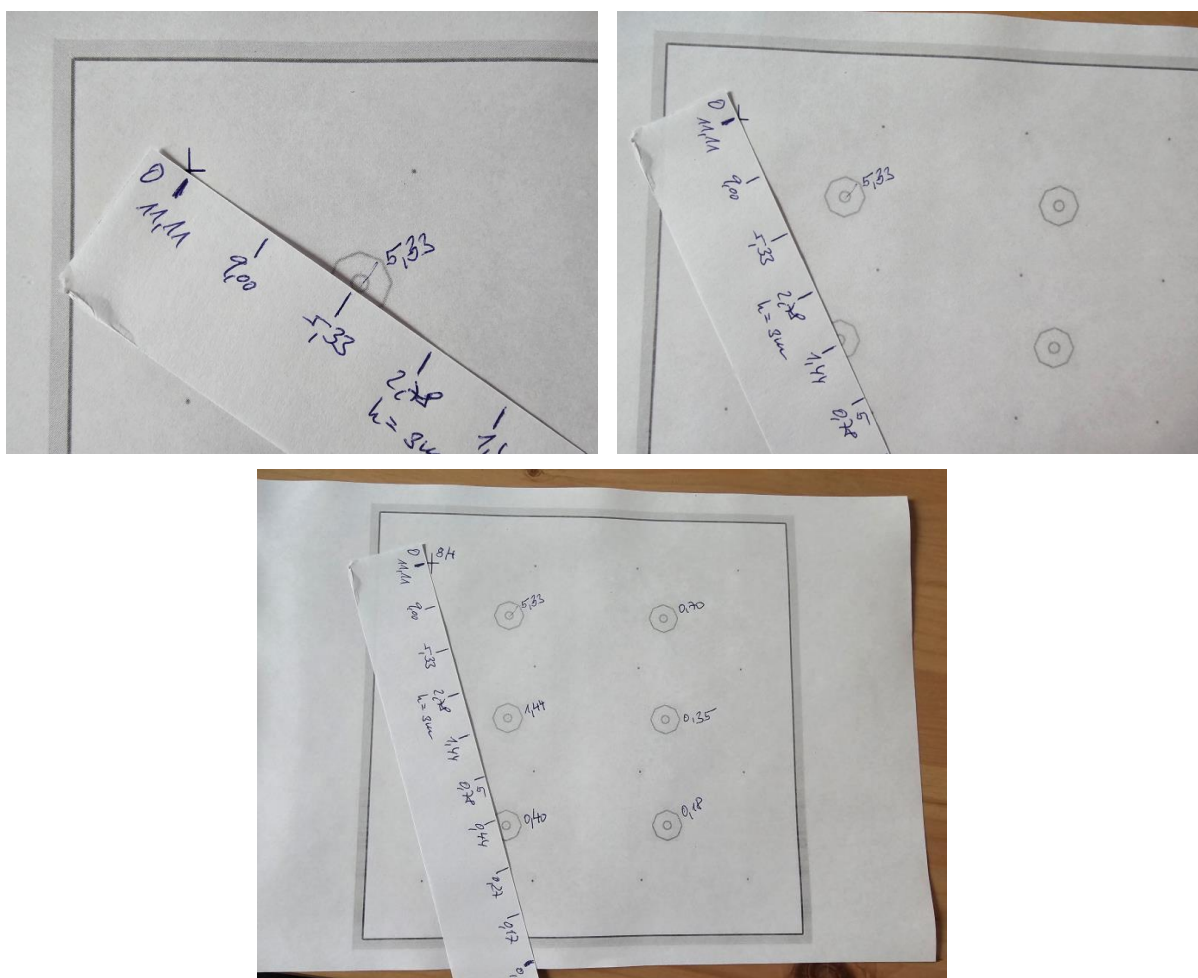
V publikaci je ještě řada dalších informací, poplatných době vzniku a možnosti použít rychlopočítáče nebo „nejlevnější počítač stroj“ [3].

Jen poznámka: Autor [3] byl patrně agent CIA, protože v knize jsou numerické chyby.

### 2.3 Proužková metoda

Opět graficko početní metoda. Pro danou výšku a svítidlo se spočítaly hodnoty osvětleností v bodech vzdálených například po jednom metru od průmětu svítidla na výpočtovou rovinu.

Vypočtené hodnoty se v měřítku vynesly na papírový proužek. Bylo tedy pro různá měřítka, ale i výšky a svítidla, zapotřebí různých proužků. Proužek se pak počátkem přiložil do kontrolního bodu a v místě svítidla se odečetla osvětlenost – na obr. 5 vlevo nahoře to je 5,33 lx. Pak se totéž provedlo pro další svítidlo (obr. 5 vpravo nahoře je 1,44 lx), Tak se pokračovalo dál, až se vyčerpala svítidla, délka proužku nebo trpělivost počtáře. Zjištěné hodnoty se sečetly – na obr. 5 dole je uvedena hodnota 8,4 luxu.



Obr.5 Proužková metoda

Popsaná metoda pochopitelně platí pouze pro rotačně symetrická svítidla. Což v době největší slávy tohoto postupu bylo poměrně časté. Osobně jsem tak počítal osvětlení v „Domu hrůzy u Radbúzy“, což byl plzeňský „palác kultury“, nyní již neexistující. Byly tam použito desítky

svítidel. V té době nebylo jiné řešení. Pohodovější již byl návrh osvětlení plzeňského Velkého divadla, kde byl jeden lustr a jen něco málo svítidel nástěnných.

## 2.4 Katalogové listy KOS Plzeň

Jde o pomůcku, kterou v osmdesátých letech vypracovala parta plzeňské Krajské odborné skupiny Světlo (Linda, Gubernát, Boháč, Froněk, Šuchmann, Maixner). Scházela se každý týden na „kumpánských“. Nekonzumovala alkohol, ale usilovně se snažila o povznesení světla. Později byly katalogové listy vydány nákladem DQL osvětlování (viz. obr. 7, žel, původní listy jsem ve svých nenašel).

Jde v principu o metodu obdobnou poměrnému příkonu, jen o nějaký řád kvalitnější. Svítidla se navrhovala podle činitele využití, oslnění hodnotilo zobecněnou metodou mezních jasů (za její odvození by měl být metál). Nezapomnělo se ani na úhly clonění (na což raději současní „taky odborníci“ rádi zapomínají), součinitele jasu stropu a stěn, ba ani na rozložení světelného toku svítidla v prostoru.

Popsat katalogové listy by byl materiál na samostatnou přednášku, ba celý seminář, kdyby se mělo dopodrobna objasnit jak a proč...

Listy původně vznikly na programovatelných kalkulačkách. Čemuž nebudete patrně věřit, žel není tu již žádný pamětník, který by to potvrdil. Až koncem osmdesátých let jsem vyvexloval marky (promlčeno) a povedlo se po půlročním zdolávání překážek a obtíží vyjet do zlé kapitalistické ciziny a zakoupit a propašovat tehdy embargovaný počítač (XT s jedním slotem pro 5,25" disketu). Výstupy jsme tiskli na vyřazeném dálnopisu a později na úžasné jehličkové tiskárně.

## 2.5 Další metody

Existovaly i další metody, třeba v případě světlometů po políčkách odečítat z grafů světelné toky promítnuté na objekty. Nebo metoda b/h křivek, která se občas pro svoji názornost objeví i v současné době, či alespoň době nedávné [5] (patnáct let není zas tak moc).

## 3 Historie se opakuje

Omezení logaritmičkým pravítkem a jinými stroji vedlo k tomu, že se notně zaokrouhlovalo. Výsledek („strojový“) se mohl významně vzdálit skutečného („ručního“). V té době se docela oprávněně mluvilo o nejistotě výpočtu. Těžko šlo prohlásit, že výsledek po provedení nějakého početnějšího počtu matematických operacích je přesný.

S nejistotou výpočtu je třeba počítat. Dokonce je o tom zmínka v ČSN 36 0456, bez dalšího vysvětlení a využití. Žel, zatím jen jedna vlašťovka je v návrhu ČSN 73 0580, kde se připouští diference 1 % pro porovnání navrhovaného a stávajícího stavu při použití kritéria přístupu světla k průčelí. Žel i vlašťovka má pochroumané křídlo, když pro výpočty v interiéru již nepřipustí ani tisícinu – co nastane? Výpočtáři budou podvádět, protože pro 0,994 se od 1,0 liší jen o 6 tisícín, takže přepíšou 0,9 na 1,0 %. Přitom takovou diferenci nelze subjektivně vnímat a už vůbec není síla je změřit. Tak proč nepovolit přípustnost odchylky desetin procenta a bez podvodů prezentovat výsledky?

Historie se uzavírá. Před čtyřiceti lety jsme navrhovali osvětlení pomocí tabulek. Dnes se k tomu vrací např. tabulková metoda hodnocení oslnění podle ČSN EN 12464-1. Žel, nikdo z těch, kteří ji používají neznají pravidla platnosti této metody. V tabulce najdou číslo menší či

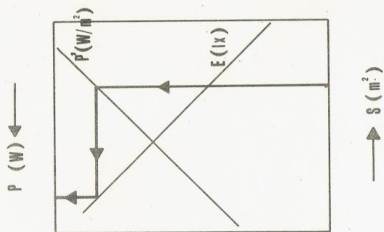
rovno devatenácti a tím je pro ně svítidlo vyhovující. Je lhostejno, zda je soustava pravidelná s odpovídajícími roztečemi svítidel... Nechápu to, vypočítat tuto veličinu umí každý program a je to záležitost na zlomky vteřin. Tak proč?

Nepochopitelné v době počítačů výkonnějších než 6 000 učitelů tělocviku s počítacími stroji pro každého.

### **Literatura a odkazy**

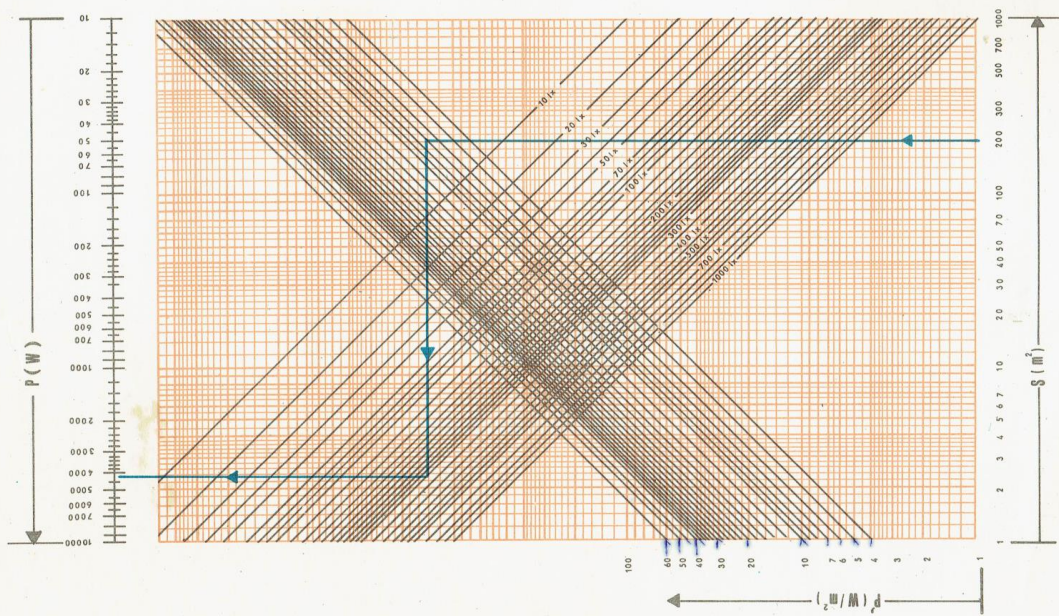
- [1] Maixner Tomáš, O světloměrech, Sborník Kurs osvětlovací techniky XXXIII, TU Ostrava 2017,
- [2] Habel Jiří, Osvětlování, ČVUT FE, 1991
- [3] Kreinhansel Vojtěch, Ščot – nejlevnější počítací stroj pro každého, Průmyslové nakladatelství 1950,
- [4] Oliva Jiří, Nomogramy pro osvětlovací techniku, Spojprojekt Praha (1971?)
- [5] Maixner Tomáš, Z šera dávných věků – aneb o duševním úpadku (Publikováno pod nudným názvem „K výběru svítidel pro osvětlení komunikací“), Světlo 2/2009,
- [6] Soukup Ivo, Světelný tok vyzařovaný svítidlem, <https://slideplayer.cz/slide/13079315/>

Klíč:



Příklad:  
 $S = 200 \text{ m}^2$   
 $\dot{P} = 7 \text{ W/m}^2$  (zařítka)  
 $E = 300 \text{ lx}$

Potřebný příkon:  
 $P = 4200 \text{ W}$



# NOMOGRAM ČÍS. 1

Obr.6 Nomogram č. 1



# Ze znalcova deníčku – Měření osvětlení

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: V textu jsou uvedeny příklady jak se také „měří“. Případy měření osvětlení, se kterými jsem se setkal jako znalec, ale i jinak. Jedno, zda jde o měření zcela amatérská (např. většiny revizních techniků) nebo profesionálních akreditovaných a uctívaných měřičů (i mistr tesař se někdy utne, nebo podlehe motivační pobídce).

## 1 Úvod

Miluji školní – osnova – úvod, stat' a závěr... Když jsem psal manuály ke svým programům, tak jsem uváděl, že pro lačné úvodu jej uvádím v závěru. Ale zde se podřídím. Tak ať něco do úvodu napíšu... třeba, že můžete čerpat z mého textu bez omezení, pokud mě o to požádáte. To nepíši proto, že bych své texty považoval za výjimečné. Píši to proto, že se již několikrát stalo, že byl můj text vytržen z kontextu a dodán mu zcela jiný význam. Tak se předběžně bráním. Totéž platí i pro nelegální záznam přednášky.

V dalším textu uvádím některé příklady, jak se také „měří“. Přitom je někdy překvapivé, že měřit neumí ani certifikované osoby. Dopouští se základních chyb. Jde o to, do jaké míry je to neznalost a do jaké míry se na tom podílí, kulantně řečeno, poskytnutá motivační pobídka. Sázím na to druhé.

## 2 Stat'

Uvedu jen na ochutnávku několik příkladů. Ostatní si ponechám do přednášky.

### 2.1 Jak ušetřit na kalibraci

Pozoruhodná diskuze byla před řadou let na jistém portálu věnovanému elektrotechnice, kam se, žel, zařazuje i světelná technika.

Celou diskuzi rozproudil příspěvek, který si dovolím volně přetlumočit: „Problém je kalibrace, protože můj přístroj je nový a je nelogické ho nechat hned kalibrovat. Tak bych rád použil kalibrační protokol od „půjčeného“ luxmetru. Najde se někdo, kdo mi důvěrně pošle kopii kalibrace? Díky.“

Nechci dotyčného jmenovat, ale, jak se píše v tisku – „redakce jméno autora zná“, tak i já „jméno autora znám“. Abych uklidnil amatéry i profesionály, nebudu jmenovat ani v dalších případech, byť „redakce jméno...“.

### 2.2 Kterak měřiti umělé osvětlení za dne

Nevím, zda někdo ubližovanému reviznímu techniku z předešlého příběhu poslal kopii kalibračního protokolu. Kdosi v diskuzi však pochopil protokol o kalibraci jako protokol o měření a zaslal svůj – vzorový. Patrně měřil jen jednou v životě (redakce jméno...), protože proč by jinak poslal právě protokol, který (cituji): „Intenzita osvětlení byla měřená při rozsvíceném umělém osvětlení (sdružené osvětlení) a následně při vypnutém umělém osvětlení.“

Pozoruhodné je také to, že měření proběhlo za „jasného slunečního dne“ v poledních hodinách. Ještě zajímavější však jsou naměřené hodnoty a jejich interpretace.

Některé z hodnot jsou v následující tabulce 1:

<b>Pracoviště</b>	Z15	J02	Z30	Z10	Z10
<b>Zapnuté osvětlení</b>	150	180	110	120	140
<b>Vypnuté osvětlení</b>	110	170	150	70	230

Tab.1 Naměřené hodnoty osvětlenosti na pracovištích

Pozorný čtenář se jistě pozastavil nad tím, že tabulka obsahuje dvakrát stejný bod. Opravdu to není překlep. Možná opakované měření, když při prvním nebyl získán kýžený výsledek?

Ještě pozornější v úžasu zírání na to, že v daném objektu se musí vyskytovat silný zdroj tmonů [1], protože na pracovišti Z30 je umělým osvětlením odebíráno množství světla odpovídající rozdílu  $110 - 150 = -40$  lx. Ve druhém bodu Z10 to je dokonce  $-90$  lx.

Vysvětlení od autora měření? Během měření se změnila poloha slunce, a proto jsou v několika případech naměřené hodnoty vyšší v případě vypnutého umělého osvětlení.

Co dodat. Snad jen to, že popsaná představa revizního technika o měření sdruženého osvětlení není ojedinělá. Dokonce je přijata i na místech, kde by to nikdo znalý nečekal. Jeden z mých kolegů byl hygienou vyzván, aby změnil sdružené osvětlení za dne (obě složky, aby nevznikly pochybnosti).

### 2.3 Soutěž

Na obrázku 1 je (upravená) kopie části výstupu od akreditovaného měřiče (redakce jméno zná, ale nepoví).

<u>Užité symboly:</u>		<u>Požadavky normy na třídy osvětlenosti:</u>				
$E_{m0}$	naměřená hodnota osvětlenosti (lx)	třída	$E_m$	$E_{min}$		
$E_m$	průměrná udržovaná osvětlenost ( $E_m = E_{m0} * MF$ ) (lx)	P1	15,0	3,0		
$E_{min}$	minimální naměřená hodnota osvětlenosti (lx)	P2	10,0	2,0		
$U_0$	rovnoměrnost ( $E_{min}/E_{m0}$ ) (-)	P3	7,5	1,5		
<u>Vyhodnocení měření osvětlenosti:</u>						
úsek	Třída	$E_{m0}$	$E_m$	$E_{min}$	$U_0$	Výsledek
1	P3	7,4	7,4	1,2	0,16	nevyhovuje
2	P3	16,3	16,3	5,7	0,35	vyhovuje
29	P3	5,2	5,2	2,0	0,38	nevyhovuje

Obr.1 Najděte tři chyby

Z údajů na obrázku lze odhalit tři chyby. První, kdo je nalezne, má u mne pivo (dáma nějaký ušlechtlejší nápoj). Soutěže se nesmí zúčastnit osoba, která má k ukázce bližší vztah jako je například autor měření či protokolu.

### 3 Závěr

Předešlý text je cosi jako ochutnávka toho, co uvedu v prezentaci. Vynasnažím se tam ukázat další otřesné případy, aniž bych nekorektním měřičům poskytl návod, jak se šidit. Když už šidí, tak ať si na metody přijdou sami.

Nekvalitní měření je velice časté u revizních techniků. Protože panuje obecné přesvědčení, že světlo je primitivní obor a rozumí mu každý [2], tak se bezostyšně do měření pouští. Do určité míry jim lze odpustit, nedopouštějí se chyb úmyslně. Pokud ovšem nechtějí podvádět s nekalibrovaným přístrojem a cizím kalibračním protokolem.

Smutnější je, že podvodné protokoly o měření vydávají i akreditovaní metrologové. Dostal jsem za roky své praxe znalce k posouzení řadu měření. Od některých z akreditovaných jsem ještě neviděl korektní měření. Dost možná proto, že už poctivě měřit ani neumí. Je prokázáno, že existují lháři, kteří se prohlali k tomu, že svým lžím věří. Podívejte se do parlamentu kdekoliv na světě. Dost možná, že jsou měřiči, kteří musí ošidit měření, protože to už jinak neumějí.

V podmínkách různých dotačních titulů by neměl být požadavek na akreditovaného metrologa, ale ne metrologa poctivého. Jenže, jak to má laik poznat. Problém s tím má i odborník. Myslím skutečného znalce oboru a nikoli samozvané odborníka „který si plete pojmy s dojmy“ nebo svítivost se světelným tokem (a že jich je!).

Ale už dost mravokárných řečí.

### **Literatura a odkazy**

- [1] Necyklopedie, Pohlčovač tmy, [https://necyklopedie.org/wiki/Pohlčova%C4%8D\\_tmy](https://necyklopedie.org/wiki/Pohlčova%C4%8D_tmy)
- [2] Maixner Tomáš, Co Čech, to světelný technik, Světlo – netuším kdy – pokud někdo ví, budu vděčný za info (pivo, ušlechtilý nápoj je samozřejmostí!)

# Nové přístupy a požadavky na vnitřní osvětlování

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

*Abstrakt: Souhrn možností jak vylepšit osvětlení pracovního prostoru + informace o melanopické osvětlenosti MEDI, činiteli MDER a jejich výpočtu.*

## 1 Co najdeme v technické normě ČSN EN 12464-1

Název této normy je Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovišť - Část 1: Vnitřní pracoviště.

**Norma uvádí hodnoty** požadované udržované osvětlenosti  $\bar{E}_m$ , rovnoměrnosti osvětlení  $U_0$ , mezní hodnoty indexu oslnění  $R_{UGL}$  a minimálním indexu podání barev  $R_a$ . Bohužel někteří navrhovatelé osvětlení však při návrhu nedodrží ani tyto požadavky.

Pozorný čtenář si všimne i dalších požadavků a doporučení. Těmi jsou například:

- Doporučuje se navrhnout vyšší osvětlenost až o dva stupně (pro zajištění zrak. výkonu)
- Osvětlení má být nastavitelné podle potřeb uživatele (stmívání a/nebo řízení)
- Požadovaná udržovaná válcová osvětlenost  $\bar{E}_{m,z}$  (pro dobrou vizuální komunikaci)
- Podání tvaru (ukazatelem je poměr  $\bar{E}_{m,z}/\bar{E}_m$  v bodě, dobrá hodnota je 0,3 až 0,6)
- Jasnost místností (udržované osvětlenosti stěn  $\bar{E}_{m,wall}$  a stropu  $\bar{E}_{m,ceilings}$ )
- Je důležité nedělat kompromisy u zrakových hledisek za účelem snížení spotř. energie
- V 6.6 je zmínka o „neobrazové“ osvětlenosti (nevizuální), více info v článku

Uspořádání požadavků pro místa zrakového úkolu a prostoru v ČSN EN 12464-1:

Tabulka 8 – Přiřazení sloupců k požadavkům

Návrh místa zrakového úkolu nebo místa činnosti				Požadavky pro návrh místnosti nebo prostoru			
Požadavky týkající se úkolů nebo činností				Vizuální komunikace a rozlišení předmětů (5.6.2)	Jasnost místností (5.2.2/5.2.3)		
$\bar{E}_m$ lx		$U_0$	$R_a$	$R_{UGL}$	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx
požadovaná <sup>a</sup>	upravená <sup>b</sup>				$U_0 \geq 0,10$		
<sup>a</sup> požadovaná: minimální hodnota <sup>b</sup> upravená: se zohledněním okolností podle 5.3.3							

## 2 Certifikát WELL

Jedná se o certifikát z International WELL Building Institute (IWBI), který posuzuje budovu z hlediska vlivu na uživatele.

<https://v2.wellcertified.com/en>

WELL posuzuje 11 oblastí (Vzduch, Voda, Výživa, **Světlo**, Pohyb, Inovace, Teplo, Hluk, Materiály, Mysl, Přátelství).

L01 Light Exposure	Provide indoor light exposure through daylight and electric light strategies.	PRECONDITION
L02 Visual Lighting Design	Provide visual comfort and enhance visual acuity for all users through electric lighting.	PRECONDITION
L03 Circadian Lighting Design	Support circadian and psychological health through indoor daylight exposure and outdoor views.	OPTIMIZATION
L04 Electric Light Glare Control	Minimize glare caused by electric light.	OPTIMIZATION
L05 Daylight Design Strategies	Provide daylight exposure indoors through design strategies.	OPTIMIZATION
L06 Daylight Simulation	Ensure indoor daylight exposure through daylight simulation strategies.	OPTIMIZATION
L07 Visual Balance	Create lighting environments that enhance visual comfort.	OPTIMIZATION
L08 Electric Light Quality	Enhance visual comfort and minimize flicker for electric light.	OPTIMIZATION
L09 Occupant Lighting Control	Provide individuals with access to customizable lighting environments.	OPTIMIZATION

V oblasti světla jsou ve WELL povinná kritéria

L01 – denní světlo dle ČSN EN 17037 a L02 – elektrické světlo dle ČSN EN 12464-1 a další kritéria, dle kterých lze získat „plusové body“ těmi jsou:

L03 – elektrické osvětlení zaměřené na podporu udržení denního rytmu (1 nebo 3 body)

L04 – oslnění (lepší omezení oslnění než požaduje norma, 2 body)

L05 – denní osvětlení (umístění pracovních míst blízko oken – výhled ven, 1 nebo 2 body)

L06 – denní osvětlení (více denního světla než požaduje norma, 2 body)

L07 – rovnoměrnost osvětlení horizontální, ale i návaznost osvětlení prostorů (1 bod)

L08 – kvalita elektrického světla ( $R_a > 90$ ,  $R_9 > 50$ , flicker, 1 až 3 body)

L09 – řízení osvětlení (stmívání, změna teploty chromatičnosti, 1 až 3 body)

Zajímavé je kritérium

### **L03 – elektrické osvětlení zaměřené na podporu udržení denního rytmu**

Dle kritéria L03 je možno získat 1 nebo 3 body

- 1 bod při splnění  $MEDI > 136$  lx (pozor jedná se o melanopickou osvětlenost)
- 3 body při splnění  $MEDI > 250$  lx (pozor jedná se o melanopickou osvětlenost)

### **Melanopická osvětlenost M-EDI, nebo MEDI (lx)**

$$MEDI = MDER * E_v$$

kde

MEDI – vertikální melanopická osvětlenost v místě oka (lx)

MDER – melanopický poměr účinnosti denního světla (D65) a biologického účinku umělého zdroje světla.

$E_v$  – vertikální osvětlenost v místě oka (lx) ve výšce 1,2 m pro sedícího člověka



### **MDER a jak ho zjistit**

Hodnota MDER se určí ze spektra použitého světla dle metodiky popsané v CIE S 026:2018 a TNI CEN/TR 16791 (Hodnocení nevizuálních účinků záření přijatého zrakem člověka) sekce 3.7. Konkrétní hodnoty pro LED Samsung, LM281B+, 2835 uvedeny v tabulce 1. Prosím nebrat jako dogma, LED jiných výrobců se mění dle složení luminoforu a modré LED.

### **3 Místo závěru**

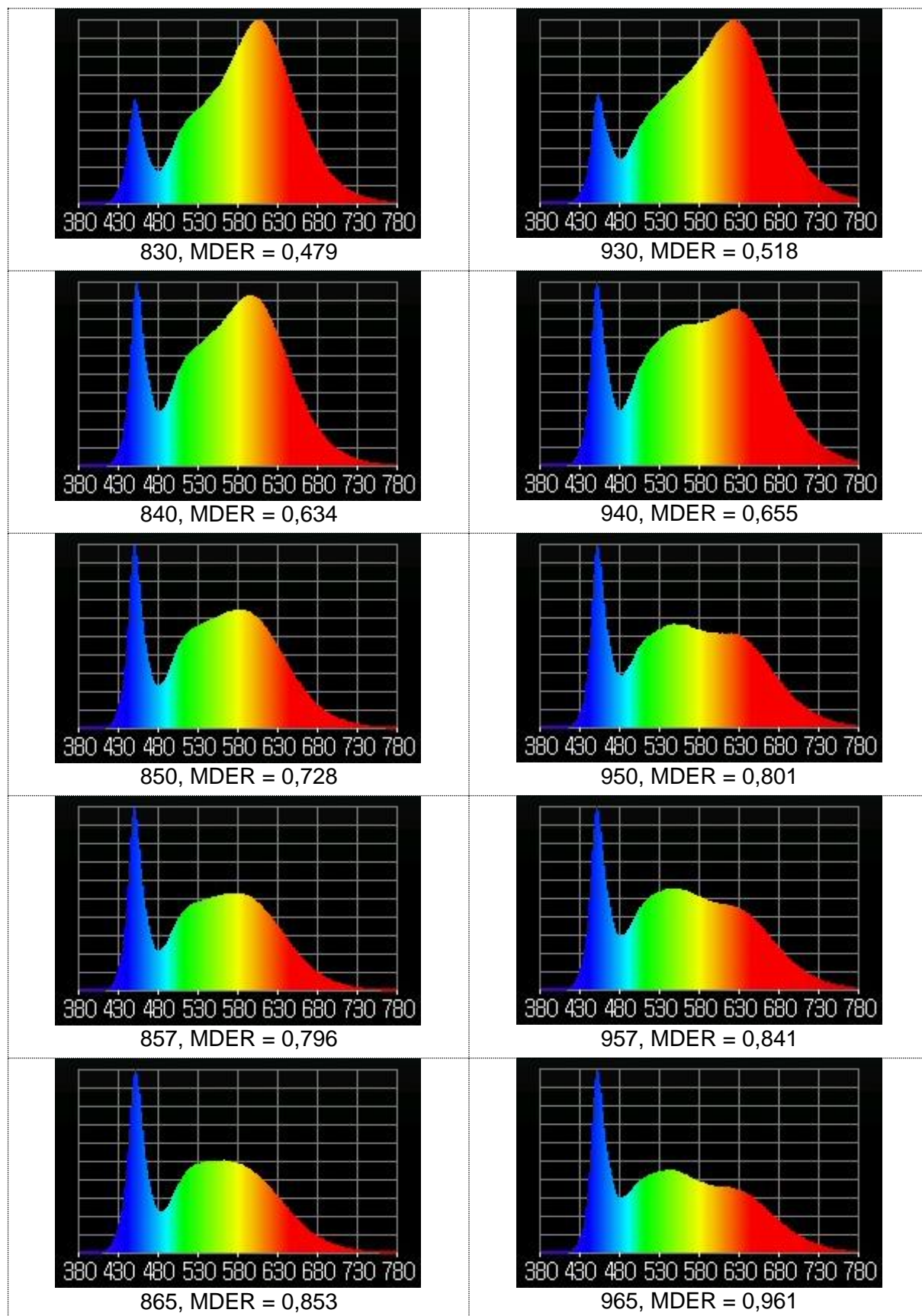
V případě snahy o zlepšení kvality osvětlení nelze opomenout požadavky technických norem. Teprve v případě dodržení zmíněných požadavků, lze světlo vylepšovat, v opačném případě je osvětlovací soustava dle legislativních požadavků nevhodná pro použití.

Poděkování:

Děkuji za konzultaci a připomínkování

Ing.arch. Lence Maierové, Ph.D. a Ing. Antonínu Fuksovi.

Příklady hodnoty MDER pro konkrétní spektra (LED Samsung, LM281B+, 2835):  
**Pozor! Hodnoty jiných LED se mohou lišit, závisí např. na zdrojové modré LED**



Tab.1

# Stanovení přirozené referenční úrovně pro hodnocení míry světelného znečištění

Filip Novák, Ing., UEEN FEKT VUT v Brně, xnovak1x@vutbr.cz

Petr Baxant, Ph.D, doc. Ing., UEEN FEKT VUT v Brně, baxant@vutbr.cz

Jan Škoda, Ph.D., Ing., UEEN FEKT VUT v Brně, skoda@vutbr.cz

Martin Motyčka, Ph.D., Ing., UEEN FEKT VUT v Brně, motyckam@vutbr.cz

*Abstrakt: Článek se věnuje matematickému popisu osvětlenosti od Měsíce v nočním prostředí v prostoru a čase, a to za účelem stanovení mediánu prostorové osvětlenosti pro Českou republiku, který bude sloužit jako referenční hodnota pro hodnocení světelného znečištění.*

## 1 Úvod

Pro potřeby právě vznikající metodiky pro hodnocení světelného znečištění [1] bylo třeba určit vztahnou hodnotu osvětlenosti od přírodních zdrojů v nočním prostředí. V oblastech, nezasažených světelným znečištěním je měsíční světlo zcela majoritním zdrojem světla v nočním prostředí [2, 3] - platí tedy pochopitelně s výjimkou bezměsíčných nocí. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k tvorbě simulačního výpočtu pro určení normálové a prostorové osvětlenosti od Měsíce pro určené místo a čas. Následně byly tímto algoritmem vygenerovány hodnoty těchto osvětleností pro celkem 4 místa – Prahu, Brno, Helsinky a Athény, a to s šestiminutovým krokem pro celý rok 2024. Tyto hodnoty byly následně základně statisticky analyzovány a byl určen medián obou hodnot osvětlenosti pro všechna tato místa. Výpočet uvažuje celoročně bezoblačnou oblohu, a to z důvodu jeho zjednodušení, ale také pro stanovení nejvyšší teoreticky možné úrovně osvětlenosti, což může být pro určení referenční hodnoty výhodné.

## 2 Matematický model

Výpočty referenční osvětlenosti vycházejí především z [4]. Vyjdeme z hodnoty fázového úhlu Měsíce  $i$ , který si určíme jako:

$$i = 180 - d - 0,1468 \cdot \sin(d) \cdot \frac{1 - 0,0549 \cdot \sin(M')}{1 - 0,0167 \cdot \sin(M)} \quad (1)$$

kde parametr  $d$  určíme jako

$$d = \arccos(\cos(\lambda - \theta) \cdot \cos(\beta)) \quad (2)$$

$M'$  je střední anomálie Měsíce,  $M$  je střední anomálie Slunce,  $\lambda$  je ekliptikální délka Měsíce,  $\theta$  je ekliptikální délka Slunce a  $\beta$  je ekliptikální šířka Měsíce. Určení těchto parametrů viz [4].

Z hodnoty fázového úhlu je následně určena hvězdná velikost (resp. zdánlivá magnituda) Měsíce [5], a to jako

$$m = -12,73 + 1,49 \cdot |i| + 0,043 \cdot i^4 \quad (3)$$

kde  $i$  je fázový úhel Měsíce v radiánech.

Dalším krokem je určení hodnoty tzv. koeficientu opozice. Ten ve výpočtu zohledňuje poměrně prudký vzrůst jasů měsíční plochy v době, kdy se Měsíc blíží úplňku (definováno jako  $i < 7^\circ$ ) a určíme jej jako

$$k_o = \max(1; 1,35 - 2,865 \cdot |i|) \quad (4)$$

opět z hodnoty fázového úhlu v radiánech [6].

Zenitový úhel určíme jako

$$z = 90^\circ - a \quad (5)$$

kde  $a$  je výška Měsíce nad horizontem korigovaná o lom světla v atmosféře. Tuto hodnotu určíme jako

$$a = a' + \frac{1,02}{60 \cdot \tan\left(a' + \frac{10,3}{a' + 5,11}\right)} \quad (6)$$

kde  $a'$  je skutečná výška Měsíce nad horizontem v radiánech [13].

Do výpočtu je třeba zahrnout také útlum atmosféry. Ve výpočtu je zohledněn útlum vlivem Rayleighova rozptylu, aerosolů, a ozónu. Hodnotu měrného útlumu obdržíme jako

$$A_{tot} = A_{Ray} + A_{aer} + A_{O_3} = 0,1454 \cdot \exp\left(\frac{-h}{7,996}\right) + 0,12 \cdot \exp\left(\frac{-h}{1,5}\right) + 0,016 \quad (7)$$

kde  $h$  je nadmořská výška místa pozorování v km [7,8].

Pro výpočet skutečného útlumu potřebujeme ještě znát hodnotu aktuální airmass – masy vzduchu, kterou světlo Měsíce prochází. Tuto hodnotu určíme jako

$$X = \frac{1}{\cos(z) + 0,025 \cdot e^{-11 \cdot \cos(z)}} \quad (8)$$

kde  $z$  je výše uvedený zenitový úhel se zahrnutím korekce lomu světla v atmosféře [9].

Nyní je již možné vyčíslit celkovou hodnotu útlumu v magnitudách, a to jako

$$M_Z = A_{tot} \cdot X \quad (9)$$

a také hodnotu hvězdné velikosti Měsíce se zahrnutím útlumu [7] jako

$$m_m = m + M_Z \quad (10)$$

Dalším krokem je pak již výpočet nekorigované hodnoty osvětlenosti od Měsíce na povrchu Země. Vydeme z výše určené hodnoty  $m_m$  a můžeme psát

$$E_{nc} = 10^{(-0,40195 \cdot m_m - 5,5917)} \quad (11)$$

kde  $E_{nc}$  je nekorigovaná prostorová osvětlenost v luxech [10,11].

Hodnotu skutečné prostorové osvětlenosti od Měsíce pak určíme s využitím koeficientu opozice a aktuální topocentrické vzdálenosti povrchu Měsíce od místa pozorování jako:

$$E_0 = k_o \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^2 \cdot E_{nc} \quad (12)$$

kde  $d_0$  je průměrná topocentrická vzdálenost vzdálenost Měsíc – Země (384 399 km) a  $d$  je aktuální topocentrická vzdálenost. Pro její určení využíváme Meeusovu metodu lineárních kombinací, která je detailně popsána v [12].

Pro úplnost připomeňme, že prostorová osvětlenost je skalární veličinou světelného pole definovanou jako algebraický součet všech normálových osvětleností v uvažovaném bodě pole [14]. V našem případě se jedná prakticky o normálovou osvětlenost v přímém směru při pohledu na Měsíc.

Posledním krokem je pak určení normálové osvětlenosti horizontální roviny, kterou určíme pomocí vztahu

$$E_n = E_0 \cdot \cos(z) \quad (13)$$

### 3 Ověření vypočtených hodnot

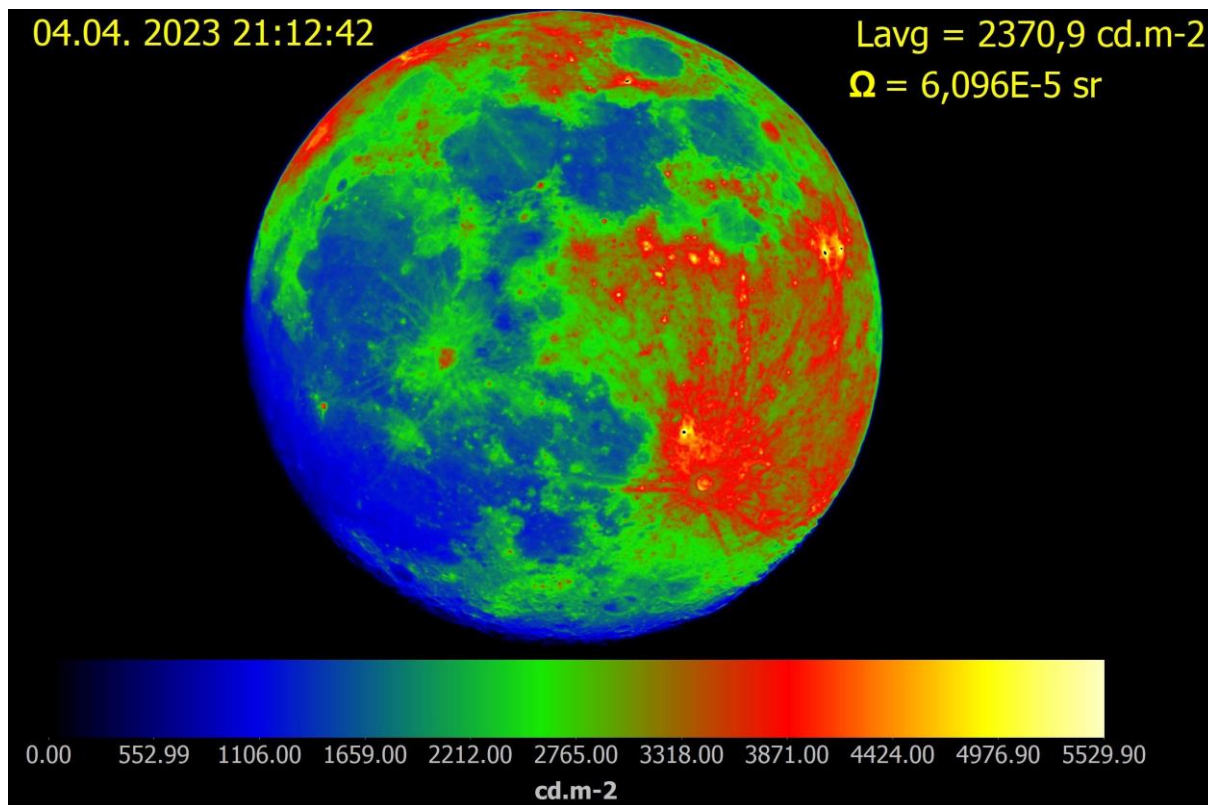
Vypočítané hodnoty byly porovnány s naměřenými hodnotami osvětleností od Měsíce, jež byly naměřeny jasovým analyzátozem v průměru let 2023–2024.

Datum	Čas	$a$ (°)	$L_\theta$ (cd.m <sup>2</sup> )	$\Omega$ (sr)	$E_m$ (mlx)	$E_c$ (mlx)	$\delta$ (%)
04.04.2023	21:12:42	30,9	2370,9	6,096E-05	144,5	136,4	-5,63
04.07.2023	0:26:58	11,5	1008,8	7,301E-05	73,7	97,8	32,8
31.08.2023	21:35:05	11,9	1174,1	7,353E-05	86,3	95,9	11,1
28.09.2023	23:52:19	35,9	3081,7	7,479E-05	230,5	219,4	-4,81
29.09.2023	0:31:10	36,7	3131,4	7,493E-05	234,6	222,8	-5,04
29.11.2023	18:10:12	8,2	458,7	5,809E-05	26,6	32,2	20,8
25.03.2024	19:30:56	7,66	1157,4	5,759E-05	66,7	53,2	-20,2
25.04.2024	23:28:34	8,1	757,9	5,810E-05	44,0	37,3	-15,3

Tab.1 Porovnání naměřených a vypočtených hodnot osvětlenosti od Měsíce

V Tab. 1 značí  $a$  vypočtenou výšku Měsíce nad horizontem (včetně korekce),  $L_\theta$  je průměrný jas povrchu Měsíce naměřený jasovým analyzátozem,  $\Omega$  je naměřený prostorový úhel, pod kterým je Měsíc viditelný,  $E_m$  je naměřená hodnota prostorové osvětlenosti, určená jako  $E_m = L_\theta \cdot \Omega \cdot 1000$ ,  $E_c$  je vypočítaná hodnota prostorové osvětlenosti od Měsíce pro dané místo a čas a  $\delta$  je relativní chyba naměřené a vypočtené hodnoty.

Průměr relativních chyb je pro zkoumaných 8 měření 1,72 %, byť jednotlivé chyby dosahují hodnot i o řád větších. Z tabulky je patrné, že větších chyb hodnota vypočtené osvětlenosti dosahuje pro nižší polohy Měsíce na obloze. Toto může být způsobeno nedokonalou aproximací útlumu atmosféry a jeho komponentů. Velký vliv na výsledek má také aktuální povětrnostní situace – v případě druhého měření byl Měsíc viditelný za mírným oparem, což se výrazně projevilo na nižší hodnotě naměřené osvětlenosti, potažmo jasu.

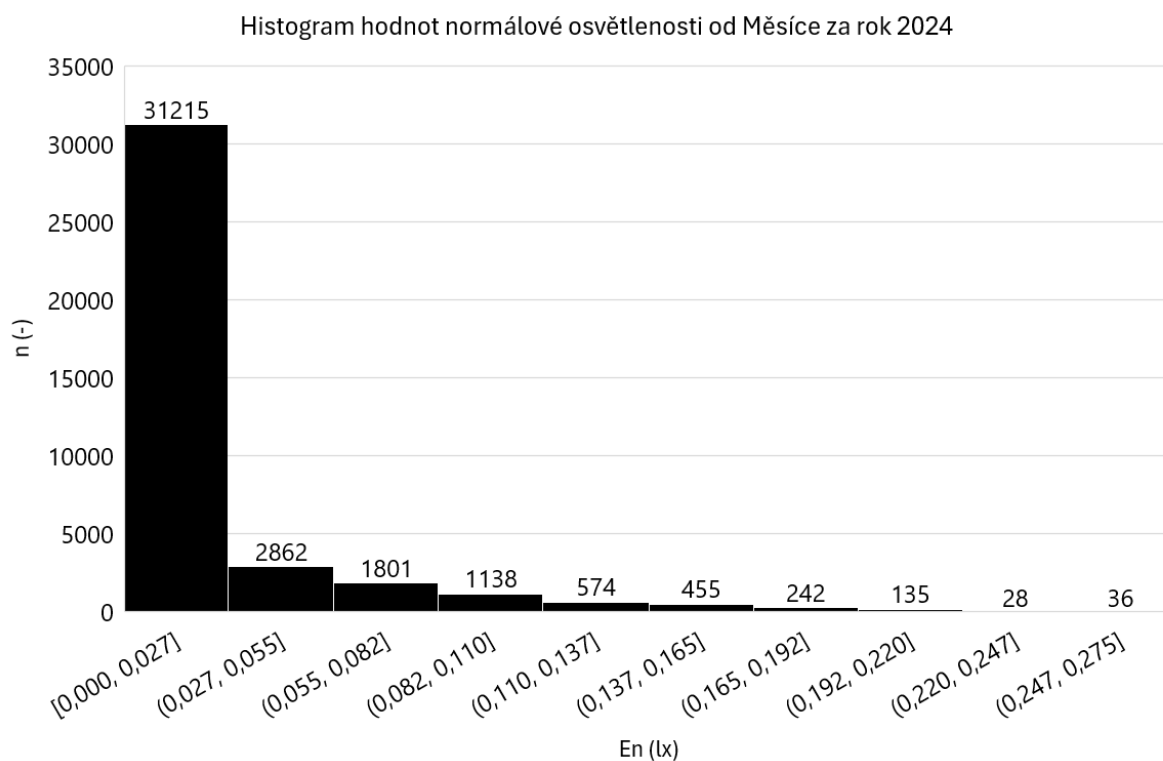


Obr.1 Jedna z pořízených jasových map Měsíce

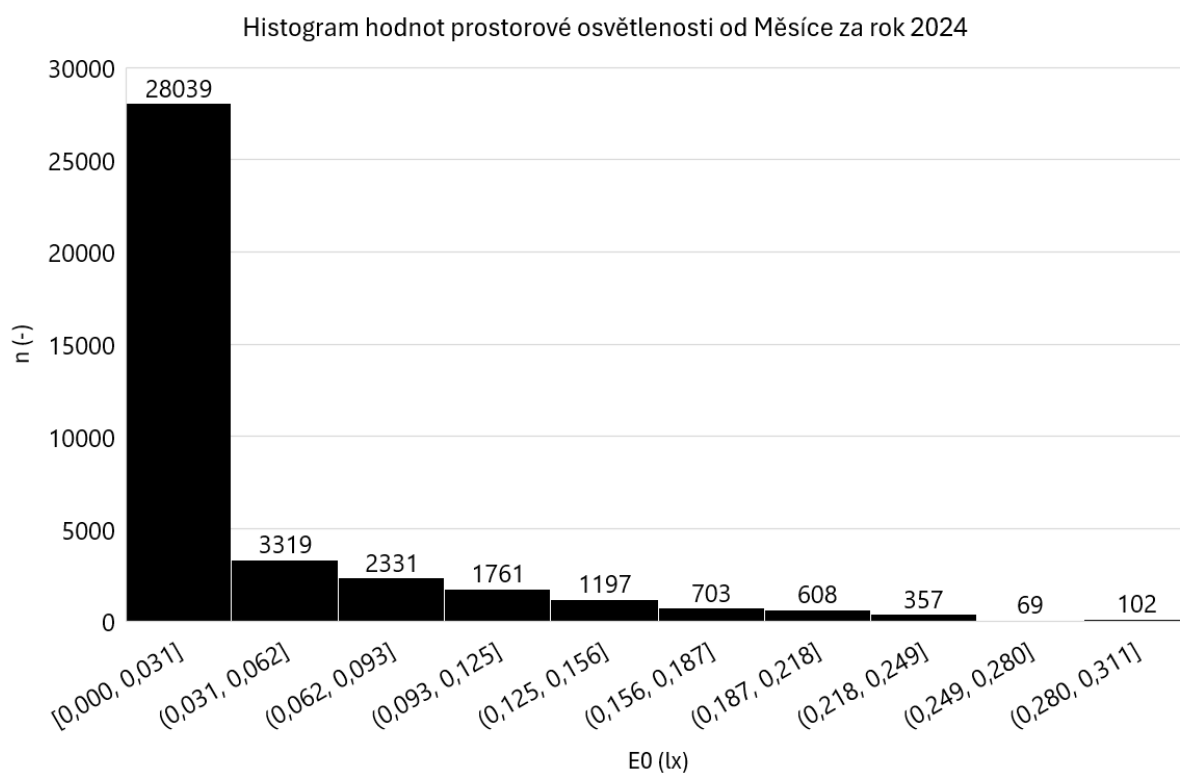
#### 4 Statistické zpracování dat

Při zpracování dat bylo postupováno následovně: Rok 2024 byl rozdělen do šestiminutových intervalů a do algoritmu výpočtu byly zadány souřadnice centra Prahy. Rok 2024 je přestupný, celkem bylo tedy vypočteno 87 840 hodnot prostorové a normálové osvětlenosti. Poté byly vyřazeny hodnoty, které odpovídaly času, kdy je Slunce nad horizontem nebo jen velmi nízko pod ním – jako hraniční hodnota byla stanoveno  $6^\circ$  pod horizontem, což se shoduje s definicí občanského soumraku. Takto bylo odstraněno 49 354 hodnot, tedy 56,19 % z celku. Zbývající data byla následně analyzována. Průměrná hodnota osvětlenosti byla určena jako 16,87 mlx pro normálovou a 29,83 mlx pro prostorovou osvětlenost. Medián hodnot je v obou případech roven 0, maximální hodnota je pak 274,84 mlx pro normálovou osvětlenost a 311,34 mlx pro prostorovou osvětlenost – tyto hodnoty odpovídají úplňku dne 15.11. 2024.

Pokud hodnoty zobrazíme v podobě histogramu a rozdělíme je do decilů, budou vypadat následovně:



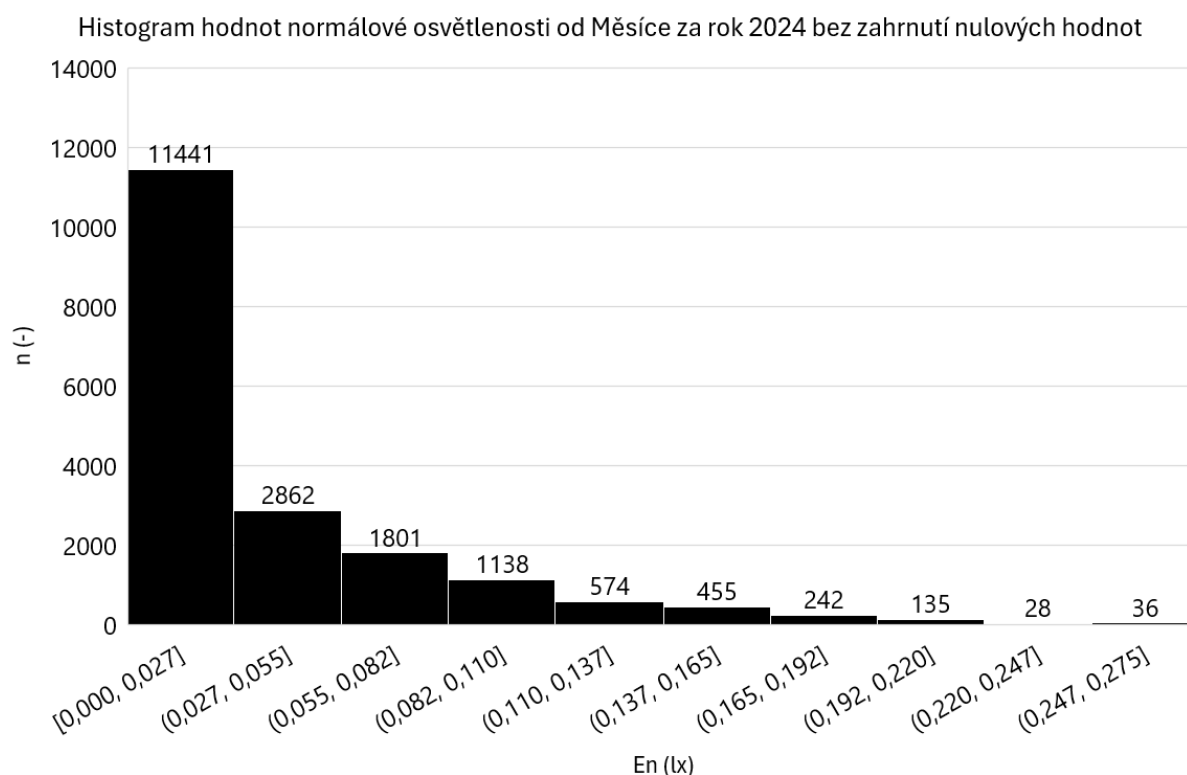
Obr.2 Histogram hodnot normálové osvětlenosti od Měsíce za rok 2024



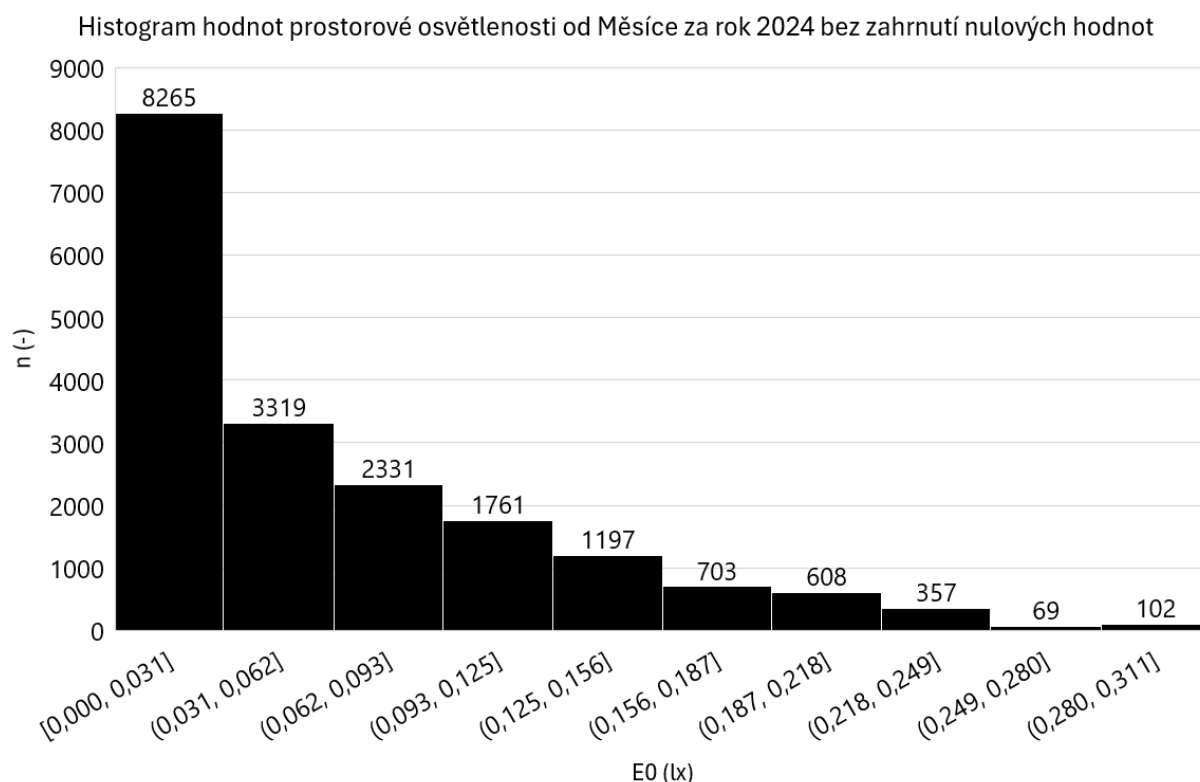
Obr.3 Histogram hodnot prostorové osvětlenosti od Měsíce za rok 2024

Jak je patrné z Obr 2. a 3., většina hodnot spadá do prvního decilu - 28 039 hodnot z 38 486, tedy přes 70 %. Analýzu proto provedeme ještě jednou, teď ale vyloučíme i datové body, které odpovídají času, kdy Měsíc není na obloze. Stav, kdy je Měsíc na obloze a zároveň je Slunce alespoň 6° pod horizontem odpovídá 18 712 šestiminutových intervalů, tedy 21,3 % roku a zároveň 48,6 % občanského soumraku – lze tedy konstatovat, že Měsíc je na obloze v průměru polovinu nočního času.

Aritmetický průměr hodnot je v tomto případě 34,71 mlx u normálové a 61,35 mlx u prostorové osvětlenosti. Medián má pak hodnotu 15,38 mlx pro normálovou osvětlenost a 39,68 mlx pro osvětlenost prostorovou. Histogramy pak vypadají následovně:



Obr.4 Histogram hodnot normálové osvětlenosti od Měsíce za rok 2024 s vyloučením nulových hodnot



Obr.5 Histogram hodnot prostorové osvětlenosti od Měsíce za rok 2024 s vyloučením nulových hodnot

Jako referenční hodnota prostorové osvětlenosti pro hodnocení světelného znečištění byl pak zvolen medián prostorové osvětlenosti ve druhém případě, tedy 39,86 mlx.

## 5 Závěr

Uvedené návrhy referenčních hodnot jsou klíčovým faktorem pro stanovení standardu přirozeného světla v nočním prostředí. Je zřejmé, že jako referenci nemůžeme brát v žádném případě nulovou hodnotu, tedy absolutní tmou. Jako druhý mezní případ, který je limitující, je svit Měsíce, tedy osvětlenost, jakou toto nebeské těleso vytvoří na daném místě planety. Zde se však dostáváme do problému, jaká hodnota je relevantní? Můžeme vzít maximální možnou, tedy přímou složku při úplňku, nebo normálovou složku, a to u vodorovné nebo svislé roviny. U svislé roviny bychom dále museli uvažovat její azimutální orientaci. Jako neobjektivnější se však jeví hodnota prostorové osvětlenosti, která eliminuje vliv orientace čidla přijímače světla, což znamená, že v daném bodě nemusíme řešit natočení detektoru, ale uvažujeme souhrnné působení světla ze všech stran. To je výhodné i pro hodnocení umělého světla, které může objektivně působit také ze všech možných směrů a zejména např. pro ptáky hnízdící v korunách stromů anebo pro samotné stromy je irelevantní řešit směr, odkud světlo přichází, ale klíčová bude integrální hodnota - tj. kolik světla do daného místa dopadá – obecně záření, tedy nejen světla. Z toho důvodu je prostorová osvětlenost v prvním kroku optimálním parametrem. Provedené statistické výpočty této hodnoty způsobené dominantním zdrojem, tedy Měsícem, vykazují specifické statistické rozložení. Pro potřeby navrhované metodiky budeme uvažovat s hodnotou mediánu pro danou statistiku, který definuje polovinu hodnot nad a polovinu pod touto hodnotou, tedy 50% pravděpodobnost výskytu dané hodnoty.

Podobná úvaha se použila i pro hodnocení rušivého oslnění a lze ji tedy v této fázi navrhnout i zde.

V článku bylo ukázáno, že výpočty víceméně korespondují s provedeným měřením a zjištěné odchylky lze snadno identifikovat jako vliv okolních podmínek prostředí. Můžeme tedy s vysokou mírou pravděpodobnosti uvažovat, že navržená metoda výpočtu referenční hodnoty je správná a použitelná pro plánovaný účel. Vůči takto stanovené hodnotě reference se pak bude srovnávat konkrétní příspěvek umělého světla v nočním prostředí (ALAN, ALAN skóre). Zde budeme opět vycházet ze zaužívaných poměrových vztahů jako např. pro kontrast a dále využití logaritmické stupnice, která se v mnoha metodách hodnocení vlivu světla na fyziologické i psychologické odezvy u člověka používá. Lze očekávat, že v rostlinné a živočišné říši bude logaritmická odezva velmi podobná. Klíčovým faktorem tak bude pouze nastavení vhodných konstant, která stanoví měřítko finální veličiny. To bude provedeno na základě analýz z měření, která budou takto provedena a podrobena souhrnné statistice. Lze očekávat vícere korekce v budoucnu, které budou vycházet např. ze subjektivního hodnocení respondentů anebo objektivních metod pozorování např. od přírodovědců – určení vlivu záření na konkrétní živočišný nebo rostlinný druh.

### Poděkování

Tato výzkumná práce byla provedena v Centru pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE). Autoři děkují za finanční podporu Technologické agentury České republiky (projekt č. SS05010159).

### Literatura a odkazy

[1] Novák, F.; Baxant, P.; Škoda, J.; Motyčka, M.: Nová metodika měření a vyhodnocování světelného znečištění na obzoru, Světlo 2/2024, ISSN 1212-0812

[2] KRIEG, Jürgen. Influence of moon and clouds on night illumination in two different spectral ranges. Online. *Scientific Reports*. 2021, roč. 11, č. 1. ISSN 2045-2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98060-2>. [cit. 2024-10-07].

[3] ILLINOIS COALITION FOR RESPONSIBLE OUTDOOR LIGHTING. *Bright as The Full Moon: How Much to Light Up The Night?* Online. Illinois Coalition for Responsible Outdoor Lighting. 2011. Dostupné z: <http://www.illinoislighting.org/moonlight.html>. [cit. 2024-10-07].

[4] MEEUS, Jean. *Astronomical formulae for calculators*. Online. 3. Volkssterrenwacht Urania V.Z.W. en Verenigin voor sterrenkunde V.Z.W., 1980. Dostupné z: <https://literature.hpcalc.org/community/astronomical-formulae.pdf>. [cit. 2024-10-07].

[5] ALLEN, C. W. *Astrophysical quantities*. 3rd. ed. London: The Athlone Press, c1973. ISBN 0-485-11150-0.

[6] KRISCIUNAS, Kevin a SCHAEFER, Bradley E. A model of the brightness of moonlight. Online. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. 1991, roč. 103. ISSN 0004-6280. Dostupné z: <https://doi.org/10.1086/132921>. [cit. 2024-10-07].

- [7] GREEN, Daniel W. E. Correcting for Atmospheric Extinction. Online. *International Comet Quarterly*. 1992, č. 14., s. 55-59. Dostupné z: <http://www.icq.eps.harvard.edu/ICQExtinct.html>. [cit. 2024-10-07].
- [8] HAYES, D. S. a LATHAM, D. W. A rediscussion of the atmospheric extinction and the absolute spectral-energy distribution of VEGA. Online. *The Astrophysical Journal*. 1975, roč. 197. ISSN 0004-637X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1086/153548>. [cit. 2024-10-07].
- [9] ROZENBERG, Grzegorz V. (1966). *Twilight: A Study in Atmospheric Optics*. New York: Plenum Press. ISBN 978-1-4899-6353-6.
- [10] WUCHTERL, Günther. *Conversion of light measurements*. Online. How Many Stars ...? 2016. Dostupné z: [https://hms.sternhell.at/lightwiki/index.php/Conversion\\_of\\_light\\_measurements](https://hms.sternhell.at/lightwiki/index.php/Conversion_of_light_measurements). [cit. 2024-10-07].
- [11] SCHLYTER, Paul. *Radiometry and photometry in astronomy*. Online. 1997, 2023. Dostupné z: <http://stjarnhimlen.se/comp/radfaq.html#10>. [cit. 2024-10-07].
- [12] MEEUS, Jean. Position of the Moon. In: *Astronomical Algorithms*. 2. Willmann-Bell, 1998, s. 337 - 345. ISBN 978-0943396613.
- [13] Sæmundsson, Þorsteinn (1986). "Astronomical Refraction". *Sky and Telescope*. 72: 70. [Bibcode:1986S&T....72...70S](#).
- [14] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.

# Návrh metodiky osvětlování obslužných komunikací

Tomáš Novák, Pavel Valíček, Petr Šebesta, Martin Wilk, Jiří Tesař, ČSO – RS Ostrava, VŠB-TUO,  
tomas.novak@vsb.cz, www.csorsostrava.cz

## 1 Úvod

Každý správce veřejného osvětlení se snaží o to aby jím obhospodařované osvětlovací soustavy spravoval pokud možno co neoptimálněji. K tomuto cíli je nezbytně nutné udělat první krok, kterým je navržení (instalace) osvětlovací soustavy. U průtahových komunikací, které jsou většinou výstavní skříní veřejného osvětlení není standardně nutné řešit žádné problémy zásadního charakteru. Jak technici, tak politici a bezpečnostní složky se shodují na závaznosti a dodržování norem, a tedy i na provozu veřejného osvětlení, které odpovídá zatřídění příslušné průtahové komunikace.

Jak ale nakládat s tím zbytkem, který se dá obecně zařadit do skupiny komunikací obslužných?

Zpracování tohoto tématu iniciovali kolegové, kteří mají ve správě významné množství osvětlovacích soustav na obslužných komunikacích a přístup k údržbě i obnově VO řeší na denní bázi. Cílem zadání pro skupinu odborníků tedy bylo vypracování metodiky se stanovením možností a postupů pro pracovníky, kteří se zabývají projekcí, budováním, provozem a údržbou veřejného osvětlení.

Pro stanovení rámce celé metodiky byly nejprve vypracovány okrajové podmínky:

- Cílová skupina – malá obec, která nedosáhne na dotace.
- Řešené třídy komunikací – dominantně P4 – P6, maximálně M5 – M6.

Kromě okrajových podmínek se musely vyspecifikovat i základní požadavky, respektive oblasti, které jsou pro správce VO na obslužných komunikacích nejzásadnější:

- Závaznost norem na osvětlování komunikací.
- Potenciální kritické (rizikové) oblasti nočního dopravního prostoru.
- Priority ve vazbě na technické parametry řešených osvětlovacích soustav.
- Volba svítidel.
- Vyzařovací charakteristiky svítidel.
- Zóny světelného prostředí dle ČSN 36 0459.
- Nakládání s oslněním.
- Vyhodnocování světelného přesahu na obytných domech.
- Použití řízení osvětlovacích soustav VO.

Jádrem samotného návrhu metodiky, je tedy seskupení postupů vhodných pro optimalizaci soustav veřejného osvětlení zejména v malých obcích, na co nejmenším prostoru a s

maximálním využitím odkazů na technické normy a doporučení včetně dílčích materiálů, které již byly pro VO zpracovány a jsou veřejně k dispozici.

## **2 Rozbor současného právního stavu**

Rozbor současného právního stavu vyplývá z materiálu, který byl zpracován odborníky na bezpečnost a odborníky na veřejné osvětlení v rámci řešení energetické krize. Tento rozsáhlý a obecný materiál s názvem „Možnosti omezení nákladů na provoz veřejného osvětlení a analýza možných dopadů v době energetické krize“ je kompletně k dispozici na webových stránkách:

[https://csorsostrava.cz/index\\_publicace.htm](https://csorsostrava.cz/index_publicace.htm)

Rozboru právního stavu se věnuje zejména příloha 1 tohoto materiálu s názvem „Právní rozbor statusu VO“.

Z dostupných materiálů a právních rozborů vyplývá následující:

- Pro osvětlování průtahových komunikací v obcích jsou technické normy závazné.
- Pro osvětlování obslužných komunikací jsou technické normy doporučené.
  - Závaznost technických norem a požadavků lze nastavit v rámci smluvního vztahu.

Pro veřejné osvětlení v malých obcích s převažujícími třídami osvětlení M5, M6, P4, P5 a P6 s přílehlými veřejnými prostory a bez průtahových komunikací je tedy zásadní specifikace okrajových podmínek pro technické parametry nově budovaného, rekonstruovaného, nebo pouze provozovaného veřejného osvětlení.

Při stanovování technických podmínek doporučujeme brát v potaz:

- Technické normy.
- Pasport veřejného osvětlení.
- Generel veřejného osvětlení.
- Grantové výzvy, které se veřejného osvětlení týkají.
  - Lze vysledovat strategické záměry státního aparátu.
  - Lze se technicky i časově připravit na potenciální čerpání dotací bez narušení koncepce veřejného osvětlení.
- Environmentální strategii státního aparátu, která je zejména propojena s národní normou ČSN 360 459 a intenzivní snahou o její zezávnění.

### 3 Stanovení potenciálních kritických (rizikových) oblastí řešeného nočního dopravního prostoru

Stanovení potenciálně kritických míst nočního prostoru včetně nočního dopravního prostoru vychází z generelu VO. Generel je důležitý dokument pro sjednocení pravidel a pro komunikaci mezi vlastníkem, provozovatelem soustavy VO a ostatními účastníky, kteří se při své činnosti VO dotýkají, upravují nebo VO jako nové navrhuji. Generel umožňuje strategické plánování osvětlení celého nočního prostoru, který je spravován municipalitami. Díky výhledové strategii umožňuje i plánování příprav VO tak, aby celý investiční celek fungoval jak v přítomnosti, tak v budoucnosti s minimálními investičními a provozními náklady při zajištění požadavků na viditelnost, bezpečnost a v neposlední řadě i na wellbeing a zrakovou pohodu.

Rizikovitost daného úseku je dle ČSN TR 13 201 – 1 posuzována v různých třídách komunikací (M,C,P) pomocí předdefinovaných tabulek, které berou v potaz komplikovanost řešeného nočního prostoru. Díky příslušnosti výše uvedeného ČSN TR 13 201 – 1 k technickým normám pro osvětlování komunikací (ČSN 13 201) lze konstatovat, že projektanti a designéři VO jsou dostatečně erudovaní v posuzování komunikací dle norem pro veřejné osvětlení, a tudíž způsobilí pro municipalitu generel připravit. Pokud není generel VO k dispozici před započítáním obnovy VO, tak doporučujeme, aby byl tento součástí vlastní obnovy VO.

Součástí generelu může, ale nemusí, být i stanovení kritických úseků komunikací v řešeném intravilánu. Pokud není, tak doporučujeme v rámci projektové přípravy tento doplnit o odkazy na veřejně dostupné databáze, které na základě matematických operací nad anonymizovanou policejní databází určují potenciálně nebezpečné úseky komunikací. Popis možností získávání relevantních dat je proveden v materiálu s názvem „Možnosti omezení nákladů na provoz veřejného osvětlení a analýza možných dopadů v době energetické krize“ který je k dispozici na webu:

<https://csorsostrava.cz/publikace/Methodick%C3%BD%20pokyn%20mo%C5%BEnosti%20omez%C3%AD%20n%C3%A1klad%C5%AF%20na%20provoz%20ve%C5%99ejn%C3%A9ho%20osv%C4%9Btlen%C3%AD%20a%20anal%C3%BDza%20dopad%C5%AF%20b%C5%99ezen%202023.pdf>

Další existující a veřejně dostupné odkazy na stanovení kritických oblastí nočního dopravního prostoru řeší výše zmíněný materiál v příloze 3 - Možnosti ověření, vyhodnocení následků při omezování provozu VO z mapových a datových aplikací Policie ČR a CDV, kde je proveden popis jejich základních funkcionalit. Odkazy jsou uvedeny jak v původním materiálu, tak i zde:

- APLIKACE NEHODY POLICIE ČR – ODKAZ <https://nehody.policie.cz/>
- APLIKACE NEHODY CDV – ODKAZ <https://nehody.cdv.cz/>
- Aplikace Mapa kriminality – ODKAZ <https://kriminalita.policie.cz>
- Aplikace AVISON – ODKAZ <https://avison.cdvinfo.cz/>

Poslední z uvedených aplikací se pro použití při stanovení kritických úseků jeví jako nejvhodnější. Na základě stanovení potenciálního kritického úseku lze například provádět i historické analýzy s porovnáváním vazeb mezi výpadky, nebo obnovou VO a nehodovostí v noci.

V rámci stanovení potenciálních kritických oblastí není nutné spoléhat pouze na normativní odkazy, potažmo on-line databáze. S výhodou lze využít i faktické noční prohlídky řešených lokalit. On-site prohlídky se stanovením potenciálně kritických lokalit lze realizovat na základě certifikované Metodiky provádění noční bezpečnostní inspekce. Metodiku je možné získat na jejím originálním úložišti na Ministerstvu dopravy ČR, nebo na odkazu:

<https://csorsostrava.cz/metodika.htm>

Nespornou výhodou metodiky pro provádění noční bezpečnostní inspekce je možnost její aplikace od bez přístrojové kontroly až po sofistikovaná odborná měření s využitím jasového analyzátoru. Součástí této metodiky jsou kromě metodiky samotné i vzorové listy a ukázky noční inspekce ve fázi posouzení viditelnosti, kontrolního měření a speciální inspekce s již zmíněným využitím jasové analýzy.

#### **4 Stanovení priorit ve vazbě na technické parametry řešených osvětlovacích soustav**

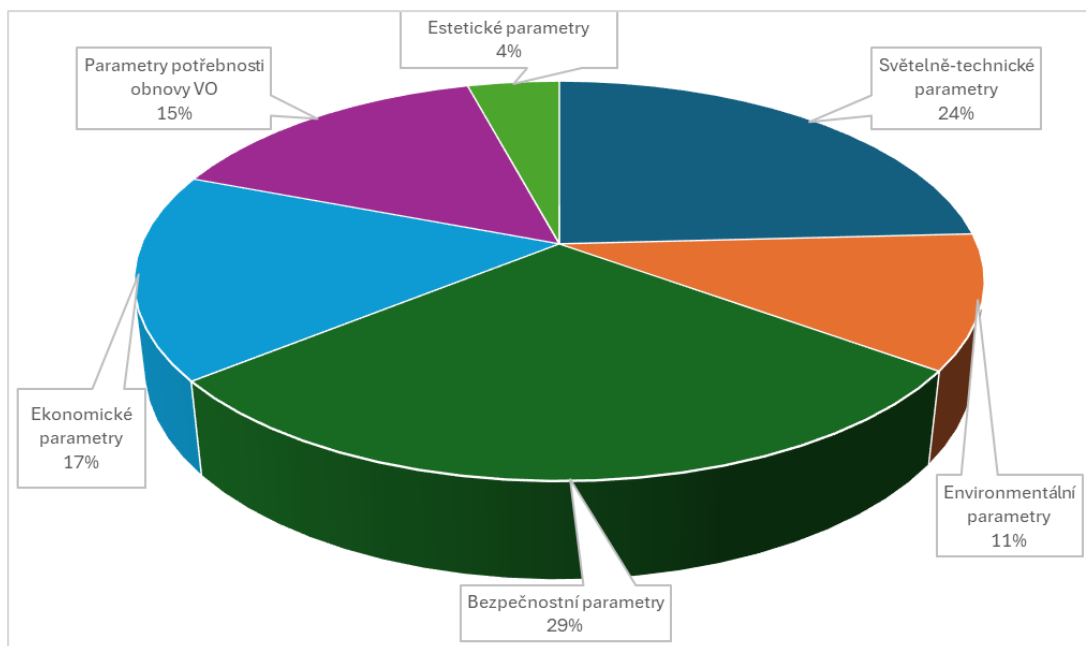
Tato část metodiky se zabývá podrobným návodem, jak pro konkrétní veřejné osvětlení (obec, město, správce VO) stanovit priority. Toto stanovení priorit vychází z materiálů, které byly zpracovány pro program EFEKT z MPO v roce 2013. Tento původní materiál z názvem „Návrh kritérií pro vyhodnocování žádostí o dotace na obnovu veřejného osvětlení“ je k dispozici na webu:

[https://csorsostrava.cz/publikace/Navrh\\_kriterii\\_pro\\_vyhodnocovani\\_zadosti\\_o\\_dotaci\\_na\\_obnovu\\_VO/N%C3%A1vrh%20krit%C3%A9ri%C3%AD%20pro%20vyhodnocov%C3%A1n%C3%AD%20%20%20dotace%20na%20obnovu%20ve%20%20%20osv%C4%9Btlen%C3%AD.pdf](https://csorsostrava.cz/publikace/Navrh_kriterii_pro_vyhodnocovani_zadosti_o_dotaci_na_obnovu_VO/N%C3%A1vrh%20krit%C3%A9ri%C3%AD%20pro%20vyhodnocov%C3%A1n%C3%AD%20%20%20dotace%20na%20obnovu%20ve%20%20%20osv%C4%9Btlen%C3%AD.pdf)

Pro konkrétní potřeby osvětlování obslužných komunikací u zadavatele této metodiky byla váhová kritéria pro stanovení priorit rozdělena do šesti základních skupin (A až F).

- A. Světelně-technické parametry (priorita jednotlivých parametrů).
- B. Environmentální parametry (nejdůležitější aspekty).
- C. Bezpečnostní parametry (nejdůležitější bezpečnostní opatření).
- D. Ekonomické parametry (vliv nákladů na provoz a údržbu VO).
- E. Parametry potřebnosti obnovy VO (stanovení priorit pro obnovu).
- F. Estetické parametry (vliv VO na vzhled obce).

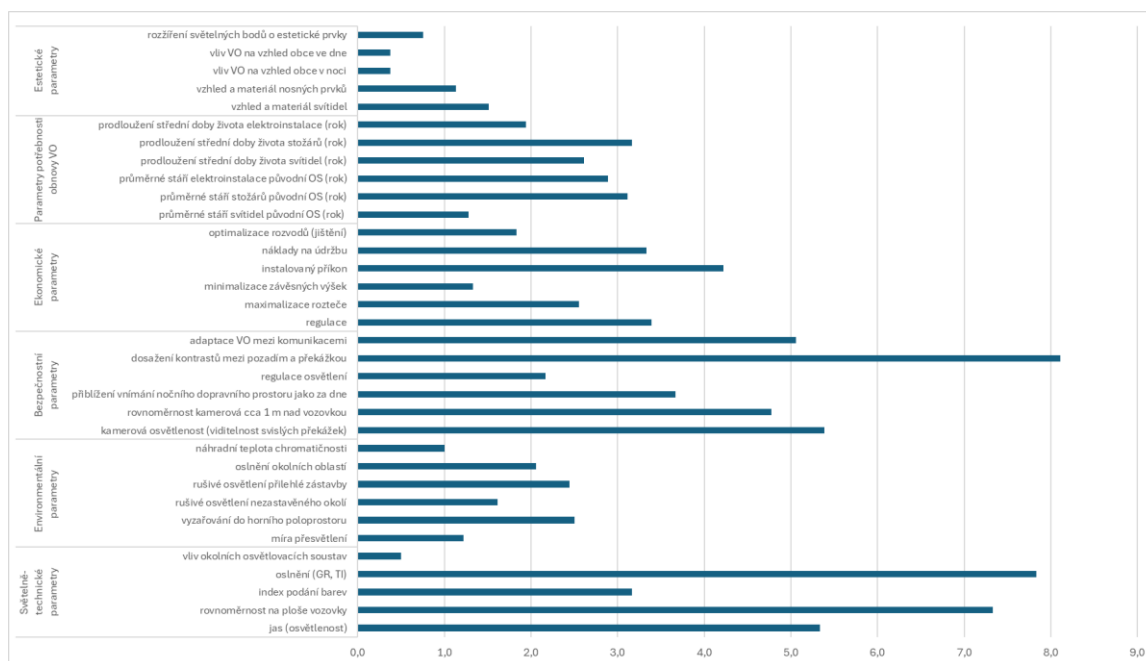
Stanovení váhových kritérií ukazuje na priority konkrétnímu správci VO tak, aby byl schopen provádět relevantní rozhodovací procesy na základě vlastních zkušeností ve vazbě na danou konkrétní municipalitu, která může být tímto jednoduchým způsobem do stanovení priorit zainteresována také.



Obr.1 Příklad stanovení vah hlavních kritérií

Z výsledků námi provedeného příkladu je patrné, že hlavní důraz konkrétního zadavatele je kladen na bezpečnostní parametry. Za těmito teprve následují požadavky na parametry světelně-technické a ekonomické. Nejnížší váhy mají parametry environmentální a estetické.

Pro technické aplikace VO ale není stanovení vah hlavních kritérií dostatečné. Odborníci a specialisté by měli, v rámci jednotlivých hlavních kritérií, přistoupit ke stanovení a vyhodnocení vah jednotlivých konkrétních kritérií. Podíváme-li se opět na provedený příklad aplikace, dojdeme k velmi zajímavým prioritám, na kterých odborníci a odborná veřejnost VO staví. Je nutné konstatovat, že ne vždy se tyto priority promítají do vlastních realizací, projektů a výběrových řízení.



Obr.2 Příklad stanovení vah všech kritérií

Jak již bylo avizováno, tak vcelku překvapivě je nejvyšší váha kladena na dosažení kontrastů, přičemž téměř žádný projekt tímto hodnocením primárně nedisponuje. Zajímavé je také zjištění, že odborníci výrazně preferují omezení oslnění a rovnoměrnost osvětlení před požadavky na jasy (osvětlenosti) a ve světelně-technických návrzích tyto preference vyznívají naprosto naopak. Výše uvedená zjištění ukazují na zajímavá fakta, která by bylo vhodné u komunikacích nižších tříd brát v potaz.

Pokud nebude možné technicky splnit některé normativní požadavky, tak je vhodné k realizaci nového, potažmo rekonstruovaného VO na obslužných komunikacích přistoupit s přihlédnutím na výše uvedené priority (váhy), které ale mohou být pro různé správce, různé oblasti a různé municipality různé. Pokud bude jednoznačně patrné, že technické podmínky, umístění VO v prostoru, nebo požadavky obce nebudou zcela standardní, tak doporučujeme projít stanovení vah (priorit) na základě konkrétních požadavků přímo se zástupci obcí a jednoznačně a neoddiskutovatelně tak stanovit priority, které se budou při návrhu a realizaci VO dodržovat a budou v souladu jak s technickými a normativními požadavky, tak s požadavky vyplývajícími z místních specifik. Pro úpravy a stanovování váhových kritérií lze využívat a upravovat tabulky zpracované v editoru EXCEL a dostupné jako přílohy k Návrhu kritérií pro vyhodnocování žádostí o dotace na obnovu veřejného osvětlení, které jsou dostupné na webu:

[https://csorsostrava.cz/publikace/Navrh\\_kriterii\\_pro\\_vyhodnocovani\\_zadosti\\_o\\_dotaci\\_na\\_obnovu\\_VO/P%C5%99%C3%ADlohy.zip](https://csorsostrava.cz/publikace/Navrh_kriterii_pro_vyhodnocovani_zadosti_o_dotaci_na_obnovu_VO/P%C5%99%C3%ADlohy.zip).

## 5 Doporučení pro volbu svítidel

Doporučení pro volbu svítidel se u každého provozovatele VO liší, nicméně mohou být podobná doporučením uvedeným níže. Tato by měla směřovat k eliminaci svítidel, která nemají dlouhodobý potenciál splňovat požadavky v rámci provozu a údržby veřejného osvětlení. Ukázky doporučení pro výběr svítidel:

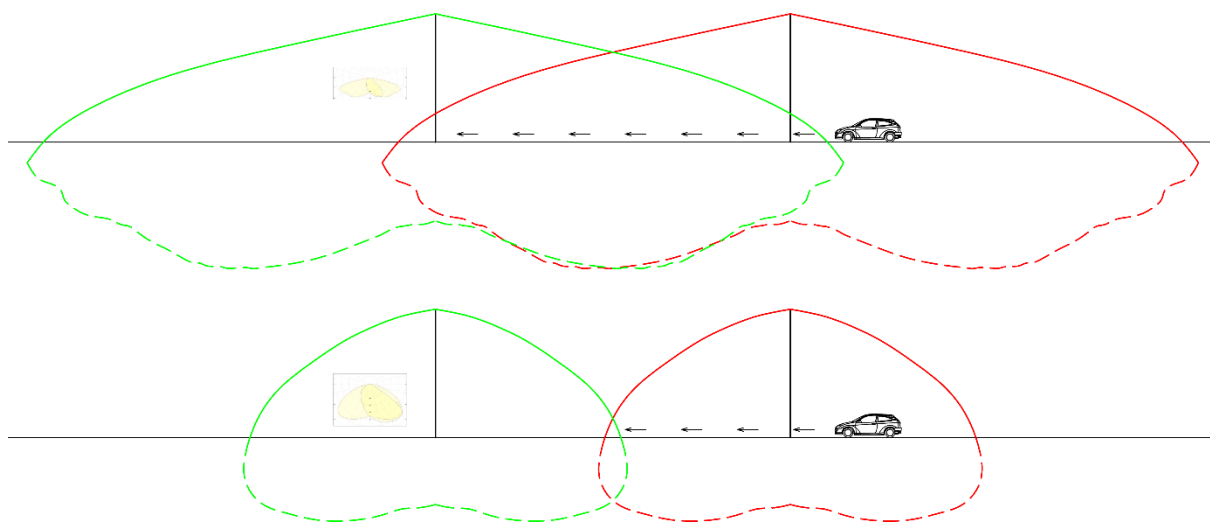
- Typ svítidla – svítidlo pro veřejné osvětlení.
  - Jiné typy, zejména s ASM vyzařovací charakteristikou lze akceptovat při rozšíření osvětlení komunikací o osvětlení velkých veřejných prostranství.
- Typ optického krytu – ploché sklo.
  - I když ploché sklo (už ze své fyzikální podstaty) snižuje účinnost svítidel veřejného osvětlení, tak je nutné tyto preferovat z důvodu tzv. „eliminace světelného smogu“.
  - S plochým sklem jde ruku v ruce i požadavek na vodorovnou montáž svítidel s nulovým vyklopením, a tudíž nulovým přímým vyzařováním svítidel do horního poloprostoru.
- Typ montáže – doporučuje se beznástrojová montáž.
  - Cena práce i montážních plošin se neustále zvyšuje (nejen absolutně, ale také proporcionalně k ostatním položkám osvětlovacích soustav VO).
- Typ uchycení – doporučuje se uchycení na dřív.
  - Eliminace přílišných momentů, kmitání a namáhání sloupů ve vazbě na jejich životnost a přesnost současných optických systémů.
- Údržba – samočisticí schopnost.
  - Zaměřit se na vrchní kryty svítidel, které neumožní usazování nečistot, a tudíž bude zajištěno kvalitní chlazení čipů během celé doby života svítidel.
- Typ LED – teple bílá barva světla 3000 K, respektive nižší.
  - 3000 K z důvodu optimální spolupráce s potenciálními bezpečnostními kamerovými systémy.
  - Nižší CCT z důvodu environmentálních požadavků státního aparátu.

- Nižší CCT z důvodu preferencí zrakové pohody před zrakovým výkonem na veřejných prostranstvích a obslužných komunikacích.
- Typ křivky svítivosti – široká vyzařovací charakteristika pro osvětlení komunikací.
  - Maximalizace roztečí.
  - Zajištění kamerové osvětlenosti (pozitivní kontrast na svislé překážce) v rámci celé rozteče svítidel
  - Umožnění fungování retroreflexních prvků v celé délce roztečí svítidel VO.
- Ochrana proti přepětí.
  - Zejména u napájení venkovním vedením.
- Třída izolace – I.
  - Svítidla fungují jako Faradayova klec a elektronika je tudíž odolnější vůči vnějším elektro – magnetickým jevům, které mohou být spojeny jak s atmosférickými jevy, tak s blízkostí energetických zařízení přenosové a distribuční soustavy.
- Krytí – alespoň IP 65.
  - Poměr cena výkon, u svítidel s vyšším krytím, a tudíž s vyšší pravděpodobností nižšího „slepnutí“, se se zvyšujícím IP příliš nehorší.
  - Pozor na kvalitu průchodek a jejich mechanickou odolnost. Pokud dojde k montáži přívodního kabelu ve sloupu bez odlehčovací svorky, tak deklarované krytí může být dodrženo pouze po velmi krátkou dobu z důvodu nadměrného zatížení kabelové průchodky.
- Materiál krytu – Al.
  - Z důvodu jeho recyklovatelnosti a z důvodu eliminace rychlejší degradace plastů nejen vlivem UV.
- Stmívání – úspora elektrické energie.
  - Možnost regulace světelného toku podle aktuální viditelnosti.
  - Možnost připojení na DALI z důvodu okamžité diagnostiky a plánování údržby.
- Záruka – alespoň 5 let na celý výrobek včetně LED (možno i za příplatek).
  - Jde o cca ½ střední doby života LED, kdy by se měly potenciální závady projevit a má ještě smysl řešit náhradu adekvátní výměnou pouze 1 ks svítidla.
- Reference výrobce – doložení výroby a vývoje svítidel alespoň 10 let.
  - Eliminace výrobců a montérů bez schopnosti dodržet dlouhodobé závazky v horizontu životnosti zejména elektronické vybavy svítidel.
- Reference v realizacích v ČR – alespoň 2 doložené realizace veřejného osvětlení.
  - Výhodné z pohledu municipality a ověření zkušeností na této úrovni.

## 6 Doporučení pro použití vyzařovacích charakteristik svítidel

Vezmeme-li v potaz **vysoké váhy u bezpečnostních parametrů**, které se týkají adaptace VO mezi komunikacemi, dosažení kontrastu mezi pozadím a překážkou a kamerové osvětlenosti (viditelnost svislých překážek), tak je jednoznačně patrné, že **tyto parametry nejsou v klasických normativních požadavcích** (viz hlavní kritérium – světelně-technické požadavky) **popsané**, a tudíž v technických zprávách vyžadované, potažmo z klasických světelně-technických výpočtů přímo exportované.

Pro tvorbu kvalitních osvětlovacích soustav veřejného osvětlení je tedy vhodné používat **široké vyzařovací charakteristiky**, které budou schopny zajistit **vertikální složku** světelného toku **v rámci celé rozteče sloupů veřejného osvětlení** tak, jak je znázorněno na horní části obrázku 1. Dolní část tohoto obrázku zobrazuje standardní distribuci světelného toku, která není schopna zajistit vertikální složku světelného toku v celé rozteči.



Obr.3 Rozdíl ve vertikální složce světelného toku mezi sloupy VO u svítidla s širokou a klasickou vyzařovací charakteristikou

Díky využití výše uvedeného doporučení dojde k následujícím změnám v chování osvětlovací soustavy:

- Adaptace na VO mezi komunikacemi bude pozvolnější z důvodu delších úseků, které jsou osvětlovány z jednotlivých svítidel. Na koncích osvětlovacích soustav bude docházet k pozvolnějším přechodům mezi osvětlenou a neosvětlenou plochou a dojde i ke zvětšení adaptačního pásma.
  - o Ve vazbě na rozteče svítidel VO a délky adaptačních pásem je vhodné provést odkaz na Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací MD ČR, kapitola 15 – osvětlení pozemních komunikací (TKP 15). Tento závazný materiál řeší v příloze č. 1 – přisvětlování přechodů i délku adaptačních pásem ve vazbě na dovolenou rychlost.
  - o Adaptační pásmo 50 m je v tomto materiálu dostatečné pro maximální rychlost 30 km/h.
  - o Při použití širokých charakteristik svítidel VO se dá k osvětlené oblasti okolo 50 m přiblížit i v rámci jednoho laloku křivky svítivosti.
- Zajištění kontrastu mezi pozadím a překážkou bude dosaženo díky široké vyzařovací charakteristice, která umožní vygenerování alespoň nějaké vertikální osvětlenosti na potenciální překážce v rámci celé rozteče (viz Obrázek 1) a za předpokladu tmavého pozadí, tedy pozadí bez aktivních reklam, ptažmo nákupních, průmyslových či sportovních center.
- Kamerová osvětlenost bude zajištěna za předpokladu umístění kamer na sloupech v blízkosti svítidel VO. Pokud bude tato v rámci celé rozteče sloupů, tak bude možné, v rámci bezpečnostního monitoringu, snímat potenciální problémové aktivity s pozitivním kontrastem. Pozitivní kontrast umožňuje rozpoznání obličeje potencionálního delikventa.

## 7 Doporučení pro zóny světelného prostředí dle ČSN 36 0459

Z hlediska požadavků na cílovou skupinu, což jsou malé obce, které nedosáhnou na dotace, s obslužnými třídami komunikací (dominantně P4 – P6, maximálně M5 – M6) bylo provedeno zařídění tohoto druhu aglomerací do světelné zóny prostředí. Dle příslušné normy byly tyto

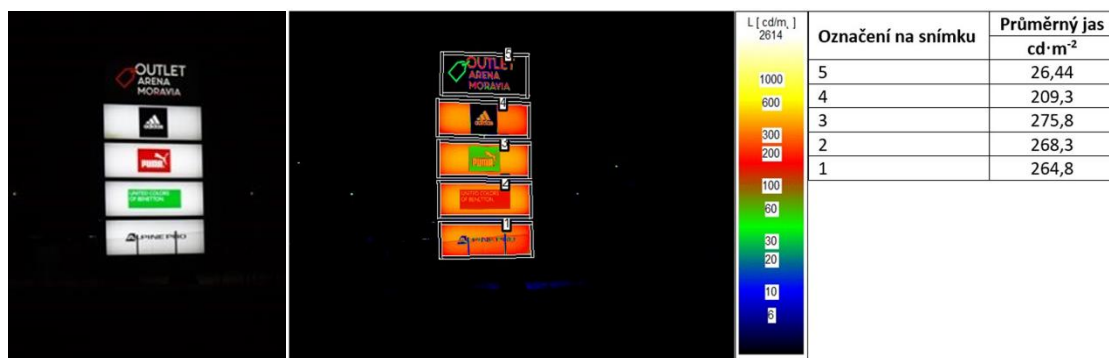
obce zařazeny do skupiny „O1 – Obec bez statusu“. Z tohoto následně vyplývá zařazení do zóny světelného prostředí Z2:

- **Málo světlé oblasti.**
- **Zastavěná území a zastavitelné plochy v obcích.**

Následná doporučení (omezení) vycházejí z předpokladu klasické aplikace standardních postupů pro návrh veřejného osvětlení. Při aplikaci těchto doporučení nelze ale rezignovat na požadavky, které jsou uvedeny v tomto materiálu ve vazbě na křivky svítivosti a typy svítidel.

Upozornění na omezení, která mohou vyplývat z tabulky 4 příslušné normy pro zvolenou zónu světelného prostředí Z2:

- Jas fasády budovy:
  - o Omezení je stanoveno od 24 hodin do 6 hodin na hodnotu menší než 2 cd/m<sup>2</sup>.
  - o Z toho plyne doporučení pro provoz případného architektonického osvětlení pouze do 24 hodin.
- Jas znaku:
  - o Omezení jasu na hodnotu menší než 200 cd/m<sup>2</sup> v době od 24 hodin do 6 hodin není pro malé obce v zásadě limitující.
  - o Jasy 200 cd/m<sup>2</sup> se vyskytují například na aktivních reklamních pylonech před nákupními centry velkých obchodních center na krajích měst (viz Obrázek 2).
  - o Tento parametr může využít municipalita pro řešení případných aktivních reklamních ploch, které nejsou v souladu s nočním prostředím obce.



Obr.4 Foto reklamního pylonu včetně jeho jasové analýzy

- Svislá osvětlenost na objektech – veřejné osvětlení:
  - o Osvětlenost na obydlých oknech je v této zóně požadována menší než 5 lx v době od 22 hodin do 6 hodin.
  - o V rámci návrhu osvětlovacích soustav doporučujeme implementovat do výpočetního software i svislé plochy stěn u objektů s kritickými okny a ověřit tak tento parametr pro celou osvětlovací soustavu.
  - o Volbou svítidla s vhodnou vyzařovací charakteristikou lze tento parametr bez problému splnit.
- Svislá osvětlenost na objektech – ostatní osvětlení:
  - o Na obytných domech s okny je vyžadována hodnota menší než 1 lx od 22 hodiny.
  - o Tyto hodnoty by mohly generovat například sportoviště, případně průmyslové areály.
  - o Není na správci veřejného osvětlení, aby tyto zdroje řešil.

- Norma tímto dává municipalitám nástroj na omezení zdrojů z objektů, které nejsou přímo v jejím majetku či správě.
- Třída svítivosti:
  - Třída svítivosti větší, než G3 má přímou vazbu na parametry svítidla a normy pro osvětlování komunikací.
  - Projektanti řeší tento parametru standardně na základě světelně-technického výpočtu a katalogových listů svítidel.
- Podíl horního světla:
  - Pro danou zónu platí požadavek, aby přímé záření do horního poloprostoru bylo menší nebo rovno 2,5 %.
  - Svítidla veřejného osvětlení s plochým sklem bez vyklopení nemohou vyzařovat žádnou přímou složku světelného toku do horního poloprostoru, a tudíž není nutné tento atribut u nových osvětlovacích soustav řešit.
  - Tento parametr může být využit municipalitou při požadavku na omezení vyzařování z objektů, na které nemají přímý vliv. Opět se jedná o sportoviště, průmysl, nebo obchodní prostory. Pokud budou přímo vidět (oslnovat) některá svítidla těchto osvětlovacích soustav, tak lze předpokládat, že tento parametr normy nebudou splňovat.
- Náhradní teplota chromatičnosti:
  - Tc menší nebo rovno 3000 K, nedává příliš velký výběr pro volbu barvy světelných zdrojů. Omezení sice platí od 22 hodin, nicméně používání světelných zdrojů s proměnnou Tc se jeví z hlediska poměru ceny a přínosu naprosto bezpředmětné.
  - V rámci VO doporučujeme používat maximální dovolenou Tc na komunikacích nižších tříd s prioritou bezpečnosti. V rezidenčních oblastech s prioritou zrakové pohody lze volit Tc nižší.
  - V aplikacích mimo VO se zaměřením na zrakový výkon (průmysl, sport) nedoporučujeme snižování Tc pod 3000 K.
  - V rámci problematických a konfliktních částí osvětlovacích soustav lze Tc zvýšit (viz kapitola 5.4.8 normy).

## 8 Doporučení pro nakládání s oslněním

Oslnění je fenomén, který se významně řeší v normách na osvětlování komunikací a ve formě prahového přírůstku TI je propsán i do normy ČSN 360 459. Jakékoliv matematické vyjádření oslnění vychází z empirických vztahů, které se snaží přiblížit chování oka. Vzhledem k tomu, že oko (tak jako všechny ostatní receptory v lidském těle) je schopno rozpoznávat nikoliv absolutní, ale relativní hodnoty, tak se vždy jedná vyjádření jasu pozorovaného předmětu vůči jasů pozadí. Toto relativní číselné vyjádření je nutné chápat jak v čase, tak v prostoru.

- Matematické modelové vyjádření oslnění pomocí TI, GR, nebo dalších typů poměrů nemusí nutně odpovídat faktické zrakové situaci na řešené komunikaci.
- Z hlediska návrhů VO je vyjádření prahového přírůstku standardní částí výstupního protokolu světelně-technického výpočtu.
  - Při použití svítidel s plochými skly bez vyklopení z horizontální roviny by projektanti neměli dosahovat maximálně akceptovatelných hodnot oslnění.
  - Při použití svítidel s plochými skly bez vyklopení z horizontální roviny je minimalizováno i potenciální oslnění (saturace) kamerových systémů ve snímaném prostoru v blízkosti svítidel VO.

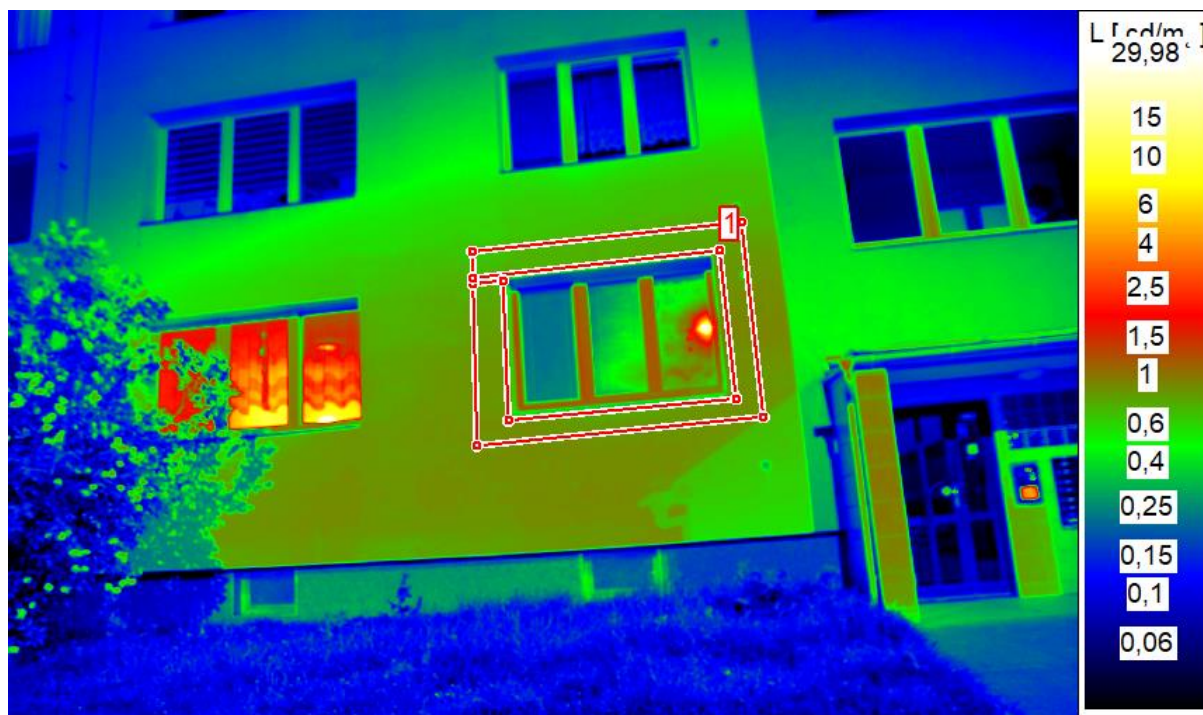
- Široké vyzařovací charakteristiky v oblasti směru vozovek jsou výhodné i z hlediska pozvolných přechodů jasů vozovky a zamezení nutnosti rychlé readaptace zraku mezi svítidly s nízkou rovnoměrností a na konci osvětlovací soustavy.
- Na potencionální oslnění a tzv. tunelový efekt, je navázán požadavek na určité procento světelného toku, které je nutné generovat mimo samotnou oblast vozovky.
  - o Tento světelný tok nelze chápat jako světelný přesah, nebo světelné ztráty, protože umožňuje všem přítomným v osvětleném nočním (nejen dopravním) prostoru vidět a být viděn, ještě dřív, než vstoupí do nejnebezpečnější části prostoru, tedy do vozovky.
  - o Tento světelný tok zvyšuje adaptační jas, a tudíž tak snižuje faktické hodnoty potencionálního oslnění.
  - o Nespornou výhodou takto generovaného světelného toku je i zvýšená možnost orientace v prostoru obce. Jedná se o zlepšenou orientaci v prostoru intravilánu nejen pro řidiče, ale i pro chodce.
- Nebezpečné situace v nočním dopravním prostoru osvětleném pomocí VO mohou nastat i vlivem vnějších vlivů, které nelze samotnou instalací a provozem VO ovlivnit. Jedná se zejména o:
  - o Nekoncepční instalace přídavných osvětlovacích soustav jako je například osvětlení přechodu pro chodce, které může nadměrně zvýšit jas v okolí přechodu pro chodce a znemožnit tak viditelnost překážek před a za přechodem.
    - Vždy je nutné toto přisvětlení koordinovat s požadavky již zmíněného TKP 15.
    - Pozor na nekoncepčnost chování při osvětlování přechodů. Preferencí marketingu nad bezpečností v daném regionu nemusí docházet ke snížení nehodovosti v kritických úsecích.
  - o Výskyt významných světelných zdrojů v okolí komunikací, které svým vysokým jasnem zasahují do zorného pole řidičů a mohou vyvolat nejen přímé oslnění řidiče, ale také srovnání jasů potencionální vertikální překážky (chodce), který je dán příspěvkem VO a příspěvkem potkávacích svítlen automobilu tak, že tato už bude disponovat obdobným jasnem jako pozadí a bude tedy nerozpoznatelná.
  - o Informativní hodnoty průměrných jasů potencionálně problematických světelných zdrojů:
    - Okna obytných budov dosahují průměrných hodnot jasů v oblasti okolo  $6 \text{ cd/m}^2$ . Tato hodnota je z hlediska adaptace a kontrastů vůči vozovce, která se pro řešené aplikace pohybuje v oblasti pod  $1 \text{ cd/m}^2$  akceptovatelná. Lze vycházet z teoretických doporučení pro omezení oslnění, že by jasy v zorném poli neměli kolísat ve větším rozsahu než 1/10 pro negativní kontrast, resp. 10/1 pro kontrast pozitivní.
    - Výlohy kancelářů, obchodů a restaurací dosahují hodnot jasů okolo  $50 \text{ cd/m}^2$ . Vypínání a zapínání těchto zdrojů už může způsobit změny viditelnosti překážek.
    - Aktivní reklamní plochy, znaky a obrazovky již přesahují hodnoty  $200 \text{ cd/m}^2$  a v některých extrémních případech (např. čerpací stanice) se hodnoty jasů blíží až k  $1000 \text{ cd/m}^2$ .
    - Optické části svítidel venkovních osvětlovacích soustav (sportoviště, parkoviště, průmysl) samozřejmě disponují jasy ještě vyššími a při přímé viditelnosti LED světelných zdrojů se hodnoty maximálních jasů blíží až k jednotkám milionů  $\text{cd/m}^2$ .

- Měření a zejména vyhodnocování oslnění je velmi problematické, nicméně v kritických případech lze využít možností jasových analyzátorů pro prokázání výskytu jasů, které snižují bezpečnost v dané lokalitě. Některé jasové analyzátory umožňují i výpočet TI z nasnímané jasové mapy.

## 9 Doporučení pro vyhodnocování světelného přesahu na obytných domech

Vyhodnocování světelného přesahu na obytných domech lze řešit ve dvou fázích. První, již výše popsaná fáze, je fáze projekční. Druhá fáze je fáze ověřovací, tedy nasazení měřicí techniky.

- V projekční fázi, tak jak již bylo popsáno, je nutná specifikace kritických oblastí obytných domů.
  - Jedná se o okna obytných místností v nejbližších vzdálenostech od svítidel VO.
  - Okna doporučujeme modelovat jako svislou překážku s výpočetními body normálové (vertikální) osvětlenosti.
  - Vyhodnocení osvětleností na fasádách je nutné provádět v nejkritičtějších stavu, což je nová osvětlovací soustava. Pro výpočet to znamená volba udržovacího činitele  $MF = 1$ , tedy výpočet  $E_0$ .
- V ověřovací fázi, je po realizaci osvětlovací soustavy, možné provést měření na kritických fasádách domů s okny vedoucími do obytných místností.
  - Měření pomocí luxmetru – měření vertikální osvětlenosti přímo na úrovni okna je principiálně nejjednodušší a nejlevnější forma ověření, kterou lze získat přímo osvětlenost v kritickém bodě (oblasti).
    - Pokud budou naměřené hodnoty osvětleností vyšší než 5 lx doporučujeme provést identické měření ještě bez zapnutého VO, čímž se zjistí vliv ostatních venkovních světelných zdrojů, které je dle litery normy možné od vlivu VO odečíst.
  - Měření pomocí jasového analyzátoru (jasoměru) – je měření nepřímé a lze ho aplikovat v těch případech, kdy jsou okna obytných domů nepřístupná a nelze před ně umístit čidlo luxmetru.
    - Na základě stanovení okrajových podmínek lze z naměřených jasů v blízkém okolí kritických oken přepočítat vertikální osvětlenost na okně.
      - Okrajové podmínky měření a vyhodnocování:
        - Předpokládáme, že blízké okolí nepřímo měřeného okna bude disponovat identickou vertikální osvětleností jako okno samotné.
        - Předpokládáme, že stěny v blízkém okolí okna disponují tzv. difuzním (cosinovým, Lambertovským) odrazem.
      - Díky stanoveným okrajovým podmínkám lze provést přepočet mezi jasem (L) a osvětleností (E) na základě stanovení (dle tabulek) činitele odrazu ( $\rho$ ) podle vztahu:
        - $\rho * E = \pi * L$
      - Doporučení pro provedení měření při zapnutém i vypnutém VO platí i pro měření jasů.



Obr.5 Ukázka jasové analýzy s vyznačením vyhodnocované plochy pro přepočet osvětlenosti

## 10 Vymezení možností použití řízení osvětlovacích soustav VO

Řízení osvětlovacích soustav je nutné brát v potaz z několika zásadních úhlů pohledu:

- První pohled, který musí mít vždy prioritu je ten, že není možné, aby poklesla viditelnost (obecně tedy světelné parametry) pod akceptovatelnou úroveň.
  - o **Veřejné osvětlení se nerealizuje primárně proto, aby se šetřilo**, ale proto aby se minimálně zajistila viditelnost a bezpečnost v nočním prostoru.
  - o Ve vazbě na VO doporučujeme mít na zřeteli základní heslo BESIP:
    - **Vidět a být viděn.**
- Omezení nákladů na provoz VO je v současné době stále rostoucích cen za elektrickou energii největší motivace pro instalování řízení osvětlovacích soustav.
  - o Do kalkulace vhodnosti je třeba brát v potaz návratnost systému, která by měla být výrazně kratší než střední doba života svítidel. Obecně lze vycházet z faktu, že střední doba života klasické elektroniky (tedy i LED svítidel VO) se pohybuje okolo 50 000 hod, což při provozu VO cca 4 000 h/rok činí dobu okolo 12 let.
  - o Do kalkulace doporučujeme brát v potaz i snížení nákladů na údržbu, které by měly být spojeny s možností diagnostiky svítidel pomocí DALI sběrnice.

Na základě obecného pohledu na použití regulace VO lze přistoupit i k jednotlivým konkrétním možnostem, které vyplývají z technických a investičních možností osvětlovacích soustav. Pro rozbor možností stmívání lze opět využít materiál „**Možnosti omezení nákladů na provoz veřejného osvětlení a analýza možných dopadů v době energetické krize**“ který v příloze 3 – Doporučení pro omezení nákladů na provoz VO řeší právě možnosti regulace VO. Tato kapitola ukazuje na možnosti úspor již od výměny klasického svítidla VO osazeného vysokotlakou sodíkovou výbojkou s příkonem 70 W, přes jejich náhradu LED svítidla a aplikaci různých možností stmívání (regulace).

Vzhledem k potencionálnímu nástupu nutnosti nestandardních řešení při omezování spotřeby VO (prudký a neočekávaný nárůst cen elektrické energie, nebo její nedostatek) jsou zde popsána doporučení z dlouhodobého hlediska, tedy v klasickém režimu, ale i řešení krátkodobá, která s sebou mohou přinášet i zásadní problémy spojené s viditelností.

- Dlouhodobá doporučení vycházejí z dodržování norem a předpisů, a tudíž se u aplikace regulace tohoto typu nepředpokládá snížení viditelnosti (bezpečnosti) pod akceptovatelnou hladinu, a tudíž není nutné řešit regulaci VO s dalšími kroky, které mohou být například spojeny s nižší dovolenou maximální rychlostí v regulovaných úsecích VO. Dlouhodobý pohled na regulaci bere v potaz možnosti řízení podle hustoty provozu, měření faktického jasů na komunikacích a v neposlední řadě řízení na základě vyhodnocení doby se sníženým provozem.
  - o Ve zmíněné příloze jsou důležitá doporučení a vlastnosti jednotlivých typů řízení zvýrazněny barevně.
- Krátkodobá řešení jsou řešení, která spolu se snížením příkonu, a tedy i regulací světelného toku, přinášejí spolu s přínosem úspory plateb za elektrickou energii i potenciální problémy, se kterými se municipality a provozovatelé musí vyrovnat a zejména za ně převzít zodpovědnost. V příloze jsou popsána opatření spojená s vypínáním VO jako celku, vypínáním VO ob stožár, přímou regulací na svítidlech, prodloužením doby regulovaného provozu VO, posunutím doby zapnutí a vypnutí VO, ale také vypínáním architektonického osvětlení či omezením montáže vánočního osvětlení.
  - o Ve zmíněné příloze jsou popsány pozitivní i negativní vlastnosti spojené s jednotlivými typy řízení. Zásadní vlastnosti jsou zvýrazněny barevně.

Z hlediska bezpečnosti a dodržení základní filozofie provozu VO **zásadně nedoporučujeme volit variantu regulace pomocí vypínání svítidel VO ob stožár**. Dojde sice k okamžitému poklesu příkonu o 50 % při minimálních nákladech (odstranění pojistky na příslušném sloupu), ale nedodržení kvalitativních parametrů osvětlení, které jsou spojené s rovnoměrností, nutností readaptace zrakového orgánu, eliminace kamerové složky osvětlenosti na významných úsecích atd. jsou de-facto nevykompenzovatelné.

## 11 Vymezení možností použití řízení osvětlovacích soustav VO

Domníváme se, že na základě výše uvedených rozborů a doporučení lze po aplikaci metodiky na konkrétní správce veřejného osvětlení a na jejich vnitřní předpisy a procesy ve vazbě na specifika jednotlivých spravovaných oblastí realizovat kvalitní veřejné osvětlení od jeho přípravy až po provoz s přesahem do budoucna.

# Vliv jasu a chromatického kontrastu na reakční rychlost

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

Dominik Dušek, Ing., FT TUL, dominik.dusek@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: Tento příspěvek se zabývá vlivem jasu a chromatického kontrastu mezi pozadím a podnětem na reakční rychlost pozorovatelů. V rámci experimentu byly simulovány čtyři různé chromatické podněty či pozadí a současně i achromatické podněty či pozadí za účelem získání reakčních rychlostí pozorovatelů při jejich posuzování. Experiment byl zaměřen na zjištění, zda je pozorovatel v daných adaptačních podmínkách schopen vidět a rozlišit objekt o různé velikosti a společně s tím i to, jak rychle je schopen zareagovat, že daný podnět či objekt vidí. V rámci zde prezentovaných dílčích výsledků bylo zjištěno, že největší změna v schopnosti rozpoznat daný objekt je velikost objektu či vzoru 10 úhlových minut.*

## 1 Viditelnost osob

V dnešní době je viditelnost a s tím související bezpečnost osob na vozovce v extravilánu i intravilánu obcí stále více diskutovanějším tématem napříč několika různými odvětvími. Viditelnost osob a jejich bezpečnost je ovlivněna nejenom tím, má-li na sobě jedinec nějaké bezpečnostní prvky, ale velkou roli hraje v tomto to, jak velké objekty/znaky/vzory, které na sobě jedinec má umístěné, jsou, z jakých materiálů jsou, kde jsou umístěné, ale především také to, v jakém kontrastu jsou vůči okolí. Ať už z pohledu samotného oděvu, tak i z pohledu vůči okolí, ve kterém se pohybují. Vezmeme-li v úvahu dynamiku vizuální scény během řízení, je zřejmé, že typicky v případě nočního dopravního prostoru může docházet k významnému prodloužení reakční doby ve srovnání s jízdou ve dne. Tato zjištění mají významný dopad na hodnocení bezpečné vzdálenosti v případě nízkých adaptačních jasů.

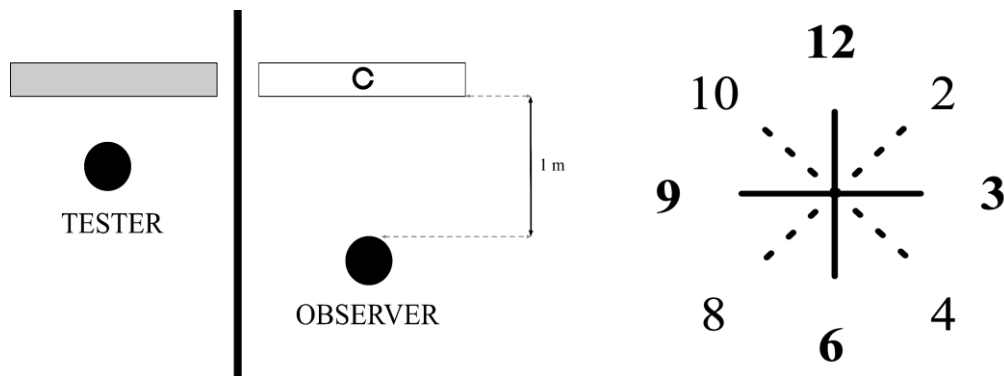
V rámci přípravy experimentu bylo vycházeno z práce Medina a spol. [1], ve kterém měřili reakční čas při pozorování různých velikostí podnětů. Na základě těchto výsledků je použito logaritmické škálování velikostí Landoltových znaků i výsledných kontrastů. Pro testování zrakové ostrosti je používána celá řada optotypů. Na konci 19. století navrhl Landolt používat pro testování zrakové ostrosti jednotný podnět s různou orientací, aby se předešlo rozdílům způsobeným různou složitostí písmen. [2]. Autoři zjistili, že při hodnocení znaků v blízkosti prahové úrovně pozorovatelů se objevuje anizotropie zrakové ostrosti, tedy že pro orientaci znaku na 6 hodinách je prahová úroveň vyšší než u ostatních orientací. Zároveň zjistili, že neexistuje signifikantní rozdíl při hodnocení ortogonálních a diagonálních orientací. Jak uvádějí [3], protože právě u Landoltova kruhu je kritický detail (mezera) na rozdíl od většiny dalších optotypů dobře definovaný a jednoznačný. Autoři zároveň uvádějí, že na prahové nebo blízko prahové úrovni nemusí být znak vidět jako prsteneček s mezerou, ale jako skvrna se světlejší nebo asymetrickou oblastí. Toto zjištění bylo nezávisle potvrzeno v rámci experimentů prováděných v Laboratoři Měření Barevnosti a Vzhledu na Technické univerzitě v Liberci (LCAM FT TUL).

## 2 Experiment

### 2.1 Vizualní experiment

Pro vizuální experiment, který se sestával z opakovaného hodnocení různě chromatických a achromatických pozadí s podněty, byl použit 27 palcový LCD monitor DELL 2715Q a počítač Apple MacMini s operačním systémem MacOS BigSur (verze 11.7.10). Poměr stran monitoru byl 16:9. Před začátkem experimentu byla provedena kalibrace monitoru pomocí kalibrační sondy DATACOLOR SpyderX.

Pozorovatelé měli před začátkem každého hodnocení nastavenou 5 minutovou adaptaci na pozadí s nejvyšším kontrastem. Pozorovatelé byli usazeni ve vzdálenosti 1 m od monitoru. Komunikace mezi pozorovatelem a operátorem experimentu probíhala pomocí numerické klávesnice, na které bylo k dispozici 6 tlačítek. 4 tlačítka s označením směrů, tlačítko 5 pro možnost odpovědi, kdy pozorovatel znak vidí, ale nerozliší směr jeho natočení a tlačítko +, které odpovídalo tomu, že jedinec znak nevidí. Pozorovatelé měli během experimentu za úkol označit směr natočení použitého znaku v co nejkratší možné době.



Obr.1 Vizualizace experimentu (vlevo), orientace Landoltových znaků (vpravo)

#### 2.1.1 Landoltovy znaky

Pro experiment byly využity Landoltovy obrazce, které patří mezi jedny z nejobektivnějších nástrojů pro testování kontrastní citlivosti osob. Znaky byly během experimentu promítány ve středu použitého monitoru. Velikost znaků byla zvolena na základě zrakové ostroty lidského oka, kde nejmenší úhlová vzdálenost mezi dvěma skvrnami, kterou je oko schopno rozlišit je 0,003 rad. Tato vzdálenost odpovídá 1 úhlové minutě. Celkem bylo na základě Weber-Fechnerova zákona a [1] zvoleno 7 logaritmičsky odstupňovaných velikostí znaků (3, 6, 10, 18, 32, 56 a 100 úhlových minut).

Dohromady byly použity 4 natočení Landoltova obrazce, a to v pozici 3, 6, 9 a 12 hodin.

#### 2.1.2 Pozadí a podněty

Pro vizuální experiment byly zvoleny 4 základní chromatická pozadí, která odpovídají barevným centrům podle Mezinárodní komise pro osvětlování CIE (červené, modré, žluté a zelené) a achromatické pozadí.

#### 2.1.3 Kontrast

Jednotlivé kontrasty a velikosti podnětů byly logaritmičsky odstupňovány. Pro výpočet kontrastu mezi podnětem a pozadím byl využit Michelsonův kontrast. Experiment byl tvořen 12 logaritmičsky odstupňovanými kontrasty. Nejmenší použitý kontrast byl 0,002, nejvyšší 1,

respektive i jejich záporné hodnoty, protože pozorovatelé hodnotili jak pozitivní, tak i negativní kontrast.

## 2.2 Pozorovatelé

Experimentu se zúčastnilo celkem 14 pozorovatelů (z toho 7 žen) s věkem 22 až 65 let bez předchozích výrazných zkušeností s vizuálním hodnocením. Každý z pozorovatelů byl před hodnocením podroben testu na rozlišování barev. Žádný z pozorovatelů nebyl na základě testu hodnocen jako pozorovatel s nízkou rozlišovací schopností barev. Ze 14 pozorovatelů bylo 8 pozorovatelů zařazeno do skupiny s vynikající rozlišovací schopností barev (z toho 5 žen) a 6 pozorovatelů bylo zařazeno do skupiny s průměrnou rozlišovací schopností barev (z toho 2 ženy). Skupina vybraných pozorovatelů měla nízkou nebo neměla žádnou korekci zraku s výjimkou jednoho pozorovatele.

## 3 Vyhodnocení a diskuze výsledků

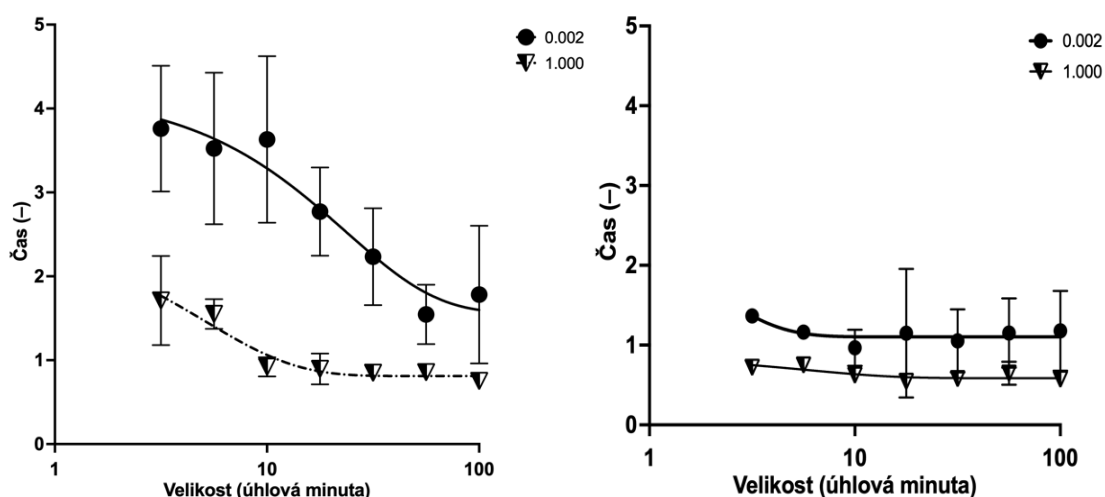
### 3.1 Zpracování výsledků

Pro zpracování výsledků byl použit software GraphPad Prism 10, verze 10.3.0 (461). Pro získání výsledků byla použita exponenciální funkce One Phase Decay.

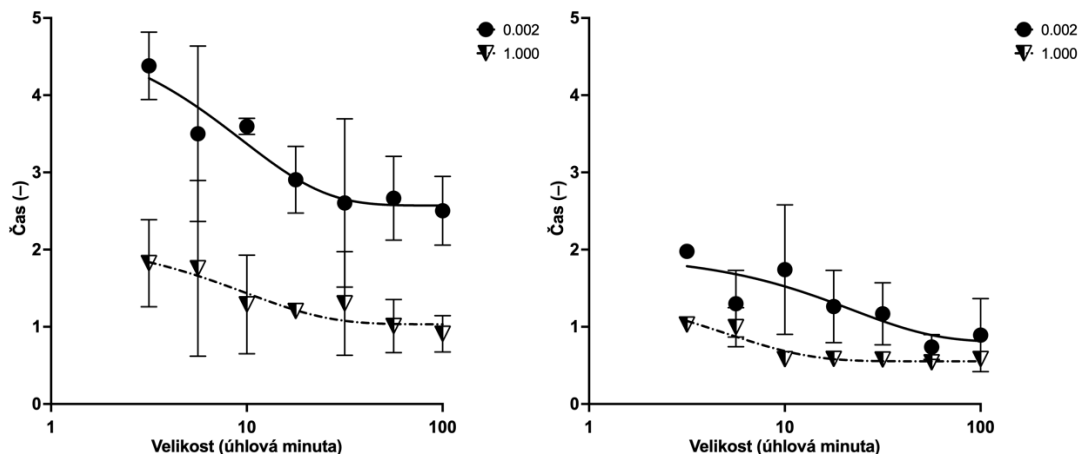
Po uskutečnění vizuálních experimentů se skupinou pozorovatelů byla data zpracována ve dvou základních krocích. Prvním krokem bylo hodnocení vlivu velikosti na rozlišování či vidění kontrastu. Druhým krokem bylo hodnocení, jak rychle je pozorovatel schopen v případě, že daný znak spatří, zareagovat.

### 3.2 Výsledky

V rámci toho příspěvku je diskutován reakční čas pozorovatelů na podněty s různým kontrastem vůči achromatickému nebo chromatickému pozadí. Pro ukázkou výsledků jsou prezentovány výsledky pro dva pozorovatele. Pozorovatel 1, věk 29 let. Pozorovatel 8, věk 57 let.



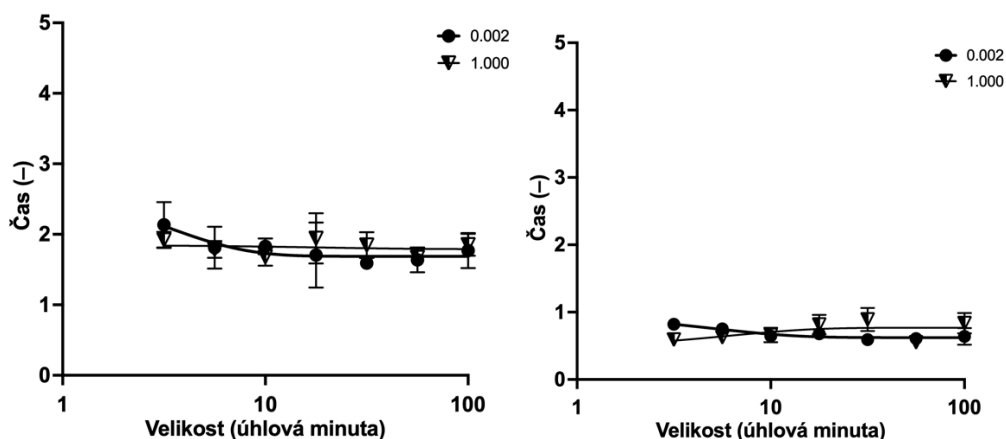
Obr.2 Graf vyjadřující závislost reakčního času na velikosti objektu pro dva různé kontrasty v případě žlutého pozadí – a) starší pozorovatel, b) mladší pozorovatel



Obr.3 Graf vyjadřující závislost reakčního času na velikosti objektu pro dva různé kontrasty v případě modrého pozadí – a) starší pozorovatel, b) mladší pozorovatel

Ze získaných výsledků bylo zjištěno a zároveň i potvrzeno, že pozorovatel s nižším věkem má kratší reakční čas než pozorovatel s vyšším věkem. U nižších čistot a nižších kontrastů, bez ohledu na chromatičnost daného podnětu či pozadí, je to rozdíl téměř o 3 až 6 vteřin. U vyšších kontrastů a vyšších čistot se tento rozdíl snižuje na rozdíl 1 až 2 vteřin. Tento dílčí výsledek poukazuje na fakt, že věk pozorovatele je taktéž důležitým faktorem.

U všech pozorovatelů bylo zjištěno, že se zvyšujícím se kontrastem, ať už negativním či pozitivním, se potřebná velikost znaku pro jeho rozlišení mění. U starších pozorovatelů je potřebná velikost u nižších kontrastů (0,002 – 0,010) až 50 úhlových minut, kdežto u vyšších kontrastů (0,318 – 1) je to okolo 10 úhlových minut. S vyšším kontrastem se zároveň snižuje i čas potřebný k rozlišení znaku. Vše výše zmíněné platí pro achromatický i chromatický kontrast s tím rozdílem, že u achromatického kontrastu je čas pro rozlišení znaků stejný pro obě věkové kategorie. U mladších pozorovatelů je změna v potřebné velikosti pro rozlišení těchto znaků 15 až 10 úhlových minut bez ohledu na kontrast.



Obr.4 Graf vyjadřující závislost reakčního času na velikosti objektu pro dva různé kontrasty v případě modrého pozadí – a) starší pozorovatel, b) mladší pozorovatel

V případě achromatického kontrastu není mezi věkovými kategoriemi pozorovatelů takový rozdíl jako je tomu u chromatických pozadí. Čas je v pásmu nejistoty podobný pro všechny testované velikosti. To vede k tomu, že v případě achromatického kontrastu nezávisí tolik na velikosti znaku, jako je tomu chromatického kontrastu.

Ze získaných dílčích výsledků pro jednotlivé pozorovatele bylo zjištěno, že velikost, která je potřebná pro rozlišení objektu, je přibližně 10 úhlových minut s ideálním jednotkovým kontrastem, což odpovídá 10 cm velkému znaku na vzdálenost 35 metrů. V případě nižších kontrastů by znak musel být velký až 50 cm, aby jej starší pozorovatel uviděl a byl schopen reagovat.

#### **4 Závěr**

Pro zajištění maximální bezpečnosti v nočních podmínkách je důležité kombinovat chromatický kontrast a kontrast jasů. Kontrast jasů je klíčový pro rozpoznávání objektů při nízkých adaptačních jasech, protože tyčinky v lidském oku reagují na rozdíly v jasech nikoliv na rozdíly v barevnosti. Nicméně i chromatický kontrast hraje svou roli, zejména v oblastech s umělým osvětlením, kde čípky přispívají k vnímání barev. Kombinace vysokého kontrastu jasů s barevnými prvky například použitím reflexních materiálů s vysoce chromatickými odstíny, může výrazně zlepšit viditelnost osob a tím i celkovou bezpečnost na silnicích v noci.

Velikost objektu je dalším kritickým faktorem pro jeho viditelnost a rozpoznatelnost, zejména v nočních podmínkách. Kombinace kontrastu jasů a achromatického kontrastu zvyšuje šanci, že si řidič objektu všimne, ale samotný kontrast nemusí být dostatečný, pokud je objekt příliš malý. Větší objekty jsou snáze viditelné na větší vzdálenosti, což dává řidičům více času na reakci. Proto pro zvýšení bezpečnosti je nutné kromě zvýšení kontrastu (jasového i chromatického) zohlednit i dostatečnou velikost reflexních prvků či oblečení, aby byly zřetelně viditelné v noci.

#### **Poděkování**

Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou soutěží Technické univerzity v Liberci v rámci projektu č. SGS-2023-6385 – Zvýšení viditelnosti chodců v podmínkách komplexních vizuálních scén v denním a nočním dopravním prostoru.

#### **Literatura a odkazy**

[1] José M. Medina, José A. Díaz, Response variability of the red-green color vision system using reaction times, 2011.

[2] Matthias Schrauf, Charlotte Stern, The visual resolution of Landolt–C optotypes in human subjects depends on their orientation: the `gap-down` effect, 2001.

[3] William J. Benjamin, Irvin M. Borish, Borish's Clinical Refraction, 2006.

[4] Sven P. Heinrich, T. Blechenberg, Christoph Reichel, Michael Bach, The `speed` of acuity in scotopic vs. photopic vision, 2020.

## Standardizace pro osvětlování v Zemědělství 4.0 a Zemědělství 5.0

Eduard Polák, Ing.

[polak@lightvortex.cz](mailto:polak@lightvortex.cz), [www.lightvortex.cz](http://www.lightvortex.cz)

### *Abstrakt:*

Článek se zabývá klíčovou úlohou standardizace osvětlovacích technologií v moderním zemědělství, konkrétně v rámci koncepcí Zemědělství 4.0 a 5.0. V rámci Zemědělství 4.0 je osvětlování řízeno sofistikovanými systémy využívajícími senzorové sítě, automatizaci a umělou inteligenci, které optimalizují světelné podmínky pro růst plodin ve sklenících a uzavřených systémech. Zemědělství 5.0 naopak klade větší důraz na spolupráci mezi člověkem a stroji, což zahrnuje i adaptivní světelné systémy, které se přizpůsobují potřebám jednotlivých farmářů a plodin, zatímco sledují ekologické a etické standardy. Článek zdůrazňuje potřebu aktuálních norem, jež reflektují pokročilé systémy světelného managementu, a zároveň podporují udržitelnost, efektivitu a etiku v rámci moderního zemědělství.

### 1 Úvod

Zemědělství 4.0 představuje digitální transformaci zemědělství prostřednictvím automatizace senzorů a umělé inteligence, která zlepšuje efektivitu výroby a udržitelnost. Zemědělství 5.0 se soustředí na propojení člověka a technologií, kdy stroje adaptivně reagují na potřeby plodin i samotných zemědělců. Technologie, jako jsou drony, roboti a IoT (Internet věcí), mění způsob, jakým se zemědělská produkce realizuje. Zásadní roli v této transformaci hraje osvětlování, zejména ve vertikálním zemědělství, kde umělé světlo zajišťuje optimální podmínky pro růst rostlin. Například ve vertikálních farmách může LED osvětlení pomáhat při optimalizaci růstu rostlin, kdy se přizpůsobuje každé fázi vývoje.

Efektivní a udržitelné osvětlení vyžaduje standardizaci. Bez pevně daných standardů by bylo obtížné dosáhnout konzistence v kvalitě světelných zdrojů a jejich využití pro různé druhy plodin. Například standardy jako DIN 5031-10 určují fotobiologická spektra a fotometrické parametry, které jsou nezbytné pro hodnocení osvětlovacích systémů. Díky těmto normám lze navrhnout osvětlení, které maximalizuje výnosy, minimalizuje plýtvání energií a chrání rostliny před negativními vlivy.

Praktický příklad je vertikální farma v Japonsku, kde bylo LED osvětlení nakonfigurováno tak, aby vyhovovalo specifickým požadavkům různých druhů plodin. Díky této technologii se zvýšila produkce o 30 %, zatímco spotřeba energie byla snížena o 40 %. Tento pokrok přináší nové výzvy, jako jsou náklady na počáteční investice a potřeba vyškoleného personálu, ale dlouhodobé přínosy v oblasti efektivity a udržitelnosti jsou nepopiratelné. [1]

### 2 Teorie fotosyntézy

Fotosyntéza je základním biologickým procesem, při kterém rostliny přeměňují světlo na chemickou energii. Tento proces je závislý na světelném spektru známém jako PAR (Photosynthetically Active Radiation) - fotosynteticky aktivní záření, které zahrnuje spektrum

světla od 400 do 700 nm. V rámci tohoto spektra jsou nejdůležitější modré (430–450 nm) a červené (640–660 nm) vlnové délky, které mají zásadní význam pro růst a kvetení rostlin.

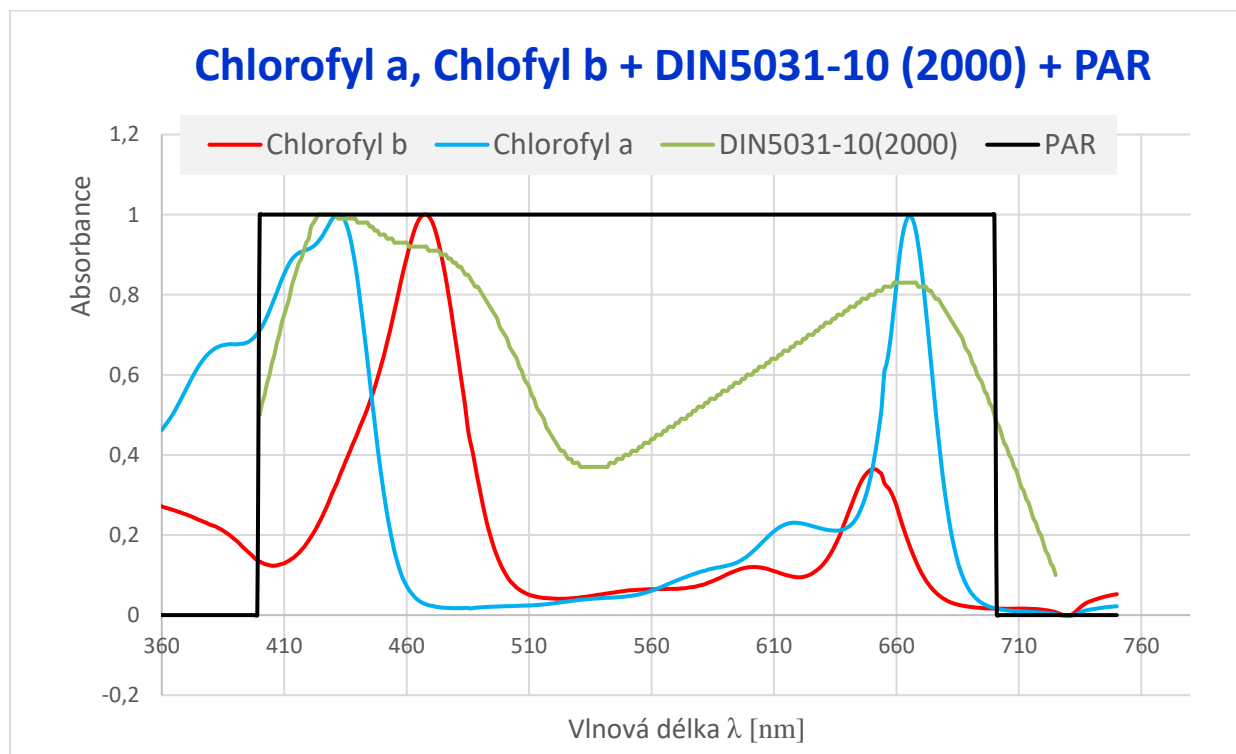
V praxi to znamená, že osvětlení v moderních zemědělských systémech musí být navrženo tak, aby emitovalo přesně tyto vlnové délky. Ve sklenících se například často používají LED světla, která jsou schopna dynamicky měnit své spektrum tak, aby odpovídala aktuální fázi růstu rostlin. Například během vegetativního růstu jsou potřeba vyšší hodnoty modrého světla, zatímco během fáze kvetení je klíčové červené světlo.

Důsledky správného nastavení PAR jsou zřejmé – rostliny rostou rychleji, jsou odolnější vůči chorobám a škůdcům a dosahují vyšších výnosů. Pokud však osvětlení není optimalizováno, může dojít k nadměrnému růstu některých částí rostlin nebo ke snížení kvality plodů. [2]

### 3 Akční spektra a absorpční spektra fotosyntézy

Norma DIN 5031-10 definuje akční spektra, která ukazují, jak účinné jsou různé vlnové délky při spouštění biologických reakcí, jako je fotosyntéza. Absorpční spektra *chlorofylu a* a *b* poskytují užitečné informace o tom, jaké vlnové délky světla rostliny preferují. *Chlorofyl a* absorbuje světlo nejvíce kolem 430 nm a 662 nm, zatímco *chlorofyl b* má vrcholy kolem 453 nm a 642 nm.

Tato data jsou základem pro navrhování pokročilých osvětlovacích systémů, které mohou optimalizovat růst plodin. Například při pěstování salátů ve vnitřních farmách se používají LED světla s modrým a červeným spektrem, což vede ke zkrácení doby růstu o více než 25 %. Tímto způsobem mohou farmy dosáhnout vyšších výnosů na menší ploše. [3]



Obr.1 Na obrázku je vidět akční a adsorbční spektra *chlorofylu a*, *chlorofylu b* v pásmu od 400 po 550 nm. Mimo toto spektrum neabsorbují skoro nic a druhý pík mají kolem 675 nm.

### 3.1 Fotosynteticky aktivní záření (PAR)

PAR (Photosynthetically Active Radiation) - fotosynteticky aktivní záření se týká rozsahu vlnových délek od 400 do 700 nm, což je světelné spektrum, které rostliny využívají pro fotosyntézu. Odborná literatura v rámci PAR uvádí parametry, které jsou důležité pro měření světelného záření, například:

PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) - hustota fotonů v tomto spektru, které dopadají na povrch rostliny, vyjádřená v  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . [4]

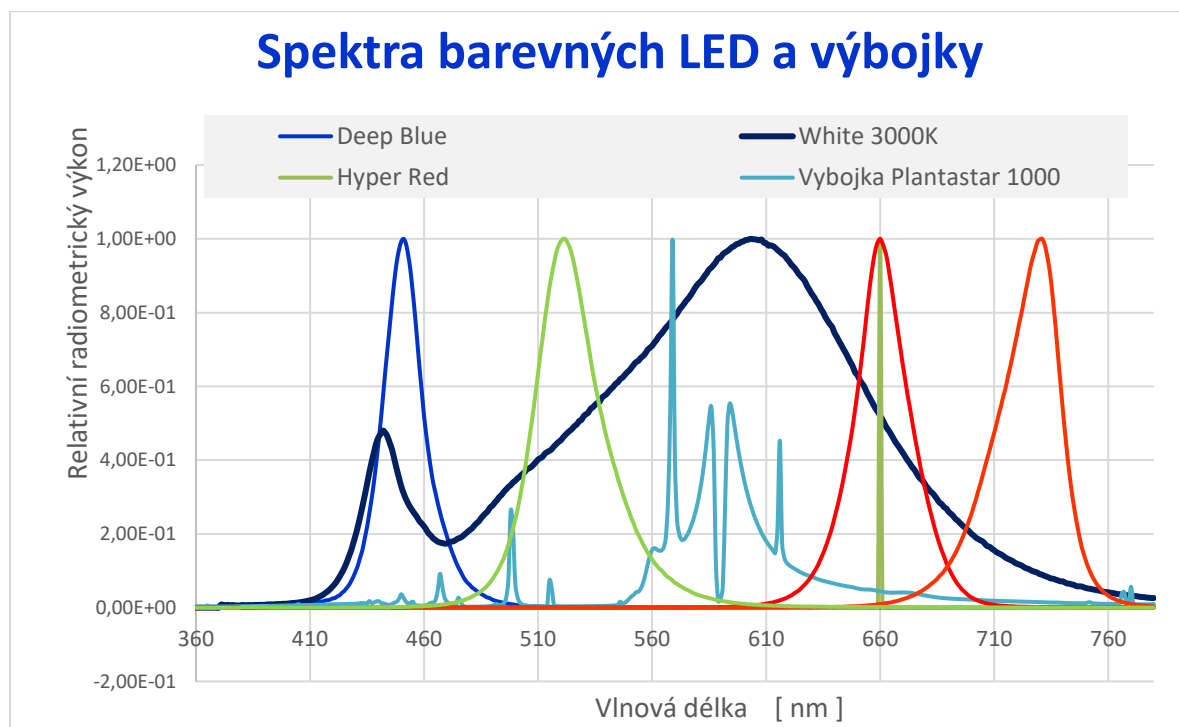
### 3.2 Spektrum světla pro růst rostlin

Různé části spektra mají různé účinky na růst rostlin.

Například:

- Modré světlo (450–495 nm) podporuje růst listů a vegetativní fázi.
- Červené světlo (620–750 nm) podporuje květenství a plodnost.
- Dalekočervené světlo (>750 nm) ovlivňuje vývoj a může podporovat prodloužení stonků.

Odborná literatura a normy zkoumá a doporučuje vhodné kombinace světelného spektra, které mohou být optimální pro růst specifických druhů plodin. [5]



Obr.2 Na obrázku je vidět spektra používaných barevných LED v porovnání se spektrem výbojky

### 3.3 Parametry osvětlení pro růst rostlin

Pro růst rostlin jsou důležité následující parametry:

- PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density) - hustota fotonů dostupná pro fotosyntézu, měří se ve  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .
- Spektrum světla - různé části spektra (modré, červené, dalekočervené světlo) mají odlišné účinky na růst rostlin, a tedy osvětlení musí být přizpůsobeno specifickým požadavkům plodin.

- Doba osvětlení - časové cykly osvětlení mohou ovlivnit růst a kvalitu plodin.

Na obrázcích vidíme rozdíl ve velikosti přírůstku biomasy u salátu Sunmang pro různé osvětlování. Sunmang je odrůda římského salátu s pevnějšími a křupavými listy, vhodná pro hydroponii a teplé podmínky. [6]



Obr.3 Průměrná velikost hlávkového salátu pěstovaného v hydroponii podle různých světelných spekter: červeno/modré (RB), bílé světlo (WL), bílé světlo s daleko červeným (WL+FR), bílé světlo s UV-A (WL+UV)

### 3.4 Měření světla pro účely zemědělství

Normy uvádí postupy pro měření světla pro účely zemědělství. Důležitým dokumentem je CIE S 017/E:2020, který poskytuje normy pro měření fotosyntetického záření a dalších fotobiologických aspektů. Tento dokument definuje klíčové parametry, jako je měření intenzity světla, spektra a doby osvětlení.

Optimální osvětlovací systém pro pěstování rostlin by měl být navržen tak, aby co nejlépe napodoboval přirozené světelné podmínky, které jsou pro různé druhy rostlin ideální, a zároveň byl energeticky účinný. V moderním zemědělství se často využívají LED osvětlovací systémy, které umožňují přesné nastavení spektra světla, intenzity a doby osvětlení.

#### 3.4.1 Propojení mezi zářivými a světelnými jednotkami a absorpcí rostlin

Rostliny přeměňují světelnou energii na chemickou energii prostřednictvím fotosyntézy, což závisí na množství a kvalitě světla, které jsou schopny absorbovat. Světelné zdroje jako LED mohou produkovat světlo s vysokou účinností v klíčových vlnových délkách pro fotosyntézu. Matematické vztahy, které popisují množství světla a jeho absorpci rostlinami, zahrnují luminous flux (světelný tok) a photosynthetic photon flux (PPF) fotosyntetický tok fotonů. [7]

### 3.4.2 Matematické vztahy pro oblast viditelného spektra lidského oka a rostlin

[https://www.researchgate.net/publication/372004559\\_Example\\_of\\_Grow\\_Box\\_Lighting\\_System\\_Designing](https://www.researchgate.net/publication/372004559_Example_of_Grow_Box_Lighting_System_Designing)

#### Luminous Flux (Světelný tok)

Luminous flux ( $\Phi$ ) měří celkový viditelný světelný výkon zdroje, tedy množství světla vyzařovaného zdrojem ve všech směrech, vyjádřené v lumenech (lm). Tento vztah je dán jako:

$$\Phi \doteq 683 \cdot \sum_{\lambda=380}^{780} \Phi_e(\lambda) \cdot V(\lambda)$$

Kde:

- $\Phi_e$  - Radiant flux (Zářivý tok) je spektrální výkon světelného zdroje při určité vlnové délce  $\lambda$ .
- 683 – je zesílení soustavy.
- $V(\lambda)$  je spektrální citlivost lidského oka na vlnové délky (fotopická funkce).
- $\lambda_{\min}_{\{380\}}$  a  $\lambda_{\max}_{\{780\}}$  jsou minimální a maximální vlnové délky viditelného spektra (380–780 nm).

Tento vzorec popisuje, kolik světla vyzařovaného zdrojem je viditelné lidským okem. Pro rostliny není tento údaj tak důležitý jako pro lidské prostředí, protože rostliny vnímají světlo jinak.

#### Photosynthetic Photon Flux (PPF) - Fotosyntetický tok fotonů

PPF (měřený v  $\mu\text{mol/s}$ ) měří množství fotonů, které jsou vyzařovány světelným zdrojem a které jsou dostupné pro fotosyntézu v rozsahu fotosynteticky aktivního záření (PAR).

$$PPF \doteq \frac{1}{119.64} \cdot \sum_{\lambda=400}^{800} \Phi_e(\lambda) \cdot PAR(\lambda)$$

Kde:

- PPF- Photosynthetic Photon Flux (PPF) - Fotosyntetický tok fotonů
- Zesílení soustavy 1/119.64
- $\Phi_e$  - Radiant flux (Zářivý tok) je spektrální výkon světelného zdroje při určité vlnové délce  $\lambda$ .
- $PAR(\lambda)$  fotosynteticky aktivní záření při určité vlnové délce  $\lambda$ .
- $\lambda_{\min}_{\{400\}}$  a  $\lambda_{\max}_{\{800\}}$  jsou minimální a maximální vlnové délky rozsahu vlnových délek fotosynteticky aktivního záření (400–800 nm).

Vztah k fotosyntetickému toku fotonů (PPF) je důležitý, protože zářivý tok v oblasti fotosynteticky aktivního záření (PAR) (400–700 nm) přímo ovlivňuje růst rostlin. Tato energie je pak přeměňována na tok fotonů, který je kritický pro fotosyntézu. Osvětlovací systémy založené na LED technologiích mohou být navrženy tak, aby maximalizovaly účinnost světelného výkonu v oblasti fotosynteticky aktivního záření. Kombinací správných hodnot PPF a výběru světelného spektra lze optimalizovat růst rostlin a zefektivnit celý proces pěstování. [8]

### 3.4.3 Celkový přehled jednotek

Radiační jednotky		Světelné technické jednotky		Jednotky pro oblast fotosynteticky aktivního záření (PAR)	
Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka	Hodnota	Jednotka
$\Phi_e$ Radiant flux - (Zářivý tok)	W	$\Phi$ Luminous flux (Světelný tok)	lm	<b>PPF</b> (Photosynthetic photon flux) - fotosyntetický tok fotonů	$\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$
$I_e$ Radiant intensity (Zářivost)	$\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}$	<b>I</b> Luminous intensity (Svítivost)	cd ( $\text{lm}\cdot\text{sr}^{-1}$ )	Intensity distribution of photosynthetic photons	$\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$
$E_e$ Irradiance - (Ozáření)	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	Illuminance - E (Osvětlenost)	lx ( $\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$ )	<b>PPFD</b> (Photosynthetic photon flux density) - hustota fotonů dostupná pro fotosyntézu	$\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$
		Luminous efficiency (Světelná účinnost)	$\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$	<b>PPE</b> (Photosynthetic flux efficacy) - účinnost fotosyntetického toku	$\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{W}^{-1}$

### 3.5 Fotobiologické efekty

CIE S 017/E:2020 také analyzuje vliv světla nejen na fotosyntézu, ale i na další biologické procesy, jako jsou cirkadiánní rytmy a hormonální regulace rostlin. To znamená, že osvětlení musí být navrženo nejen s ohledem na množství světla, ale také na jeho kvalitu a časové rozložení.

### 3.6 Doporučení pro pěstírny a skleníky

CIE S 017/E:2020 poskytuje pokyny pro osvětlovací systémy ve specifických prostředích, jako jsou pěstírny, skleníky a vertikální farmy. Tyto pokyny zahrnují doporučení pro správné umístění svítidel, rovnoměrnost osvětlení a regulaci osvětlení na základě aktuálních světelných podmínek.

Normy a doporučení tak pomáhají zajistit, že světelné podmínky pro růst rostlin jsou optimalizovány pro efektivní produkci s minimálním plýtváním energií a s ohledem na specifické potřeby rostlin.

Mezinárodní komise pro osvětlování poskytuje pokyny pro osvětlovací systémy v různých specifických prostředích, jako jsou pěstírny, skleníky a vertikální farmy, aby zajistila optimální růst rostlin a efektivní využití energie.

Hlavní aspekty, které CIE v těchto prostředích zohledňuje jsou:

### 3.6.1 Osvětlení pro pěstírny (indoor farming)

Pěstírny jsou uzavřené systémy, kde je celý růstový cyklus rostlin závislý na umělém osvětlení. CIE S 017/E:2020 poskytuje pokyny pro návrh osvětlovacích systémů, které zohledňují následující faktory:

- Světelné spektrum - v indoor prostředí je nutné přesně nastavit spektrum světla tak, aby odpovídalo specifickým požadavkům rostlin v různých fázích růstu (např. modré světlo pro vegetativní růst, červené světlo pro květ a plod).
- Intenzita osvětlení – PPFd je klíčový parametr, který určuje, kolik fotosynteticky aktivních fotonů dopadne na povrch rostlin. Doporučuje se přesně měřit a kontrolovat intenzitu světla podle potřeby plodin.
- Regulace doby osvětlení - pěstírny často pracují s regulovanými světelnými cykly, které simulují denní a noční fáze. Doporučují se vhodné časové cykly pro optimalizaci růstu rostlin.

### 3.6.2 Osvětlení pro skleníky

Skleníky kombinují přirozené a umělé osvětlení, což vyžaduje specifické pokyny pro doplňkové osvětlení:

- Doplňkové světlo - doporučuje se doplňovat přirozené světlo umělým osvětlením (např. LED), zejména v období s nízkou intenzitou slunečního svitu nebo během zimních měsíců. Umělé světlo by mělo být přizpůsobeno tak, aby doplňovalo přirozené spektrum.
- Kontrola světelných podmínek - v závislosti na intenzitě přirozeného světla by mělo být umělé osvětlení regulováno senzory. Doporučuje se použít systémy, které měří a upravují světelnou intenzitu v reálném čase, což zajistí, že rostliny dostanou vždy optimální množství světla.
- Rovnoměrné rozložení světla - zdůrazňuje se důležitost rovnoměrného rozložení světla po celém prostoru skleníku. To je obzvláště důležité pro zajištění rovnoměrného růstu plodin, zejména ve velkých sklenících, kde může docházet k nerovnoměrnému osvětlení.

### 3.6.3 Osvětlení pro vertikální farmy

Vertikální farmy jsou víceúrovňové struktury, kde jsou rostliny pěstovány v uzavřených prostorách s kompletní kontrolou nad podmínkami prostředí. Doporučují se následující pokyny pro osvětlení v těchto specifických prostředích:

- Vysoká hustota osvětlení - vertikální farmy vyžadují intenzivní osvětlení s vysokou PPFd, protože růstové plochy jsou často velmi blízko u sebe a rostliny potřebují intenzivní světlo pro maximální efektivitu fotosyntézy.
- Optimalizace spektra světla – doporučuje se přizpůsobit spektrum osvětlení podle specifických požadavků plodin. Různá spektra (modré, červené, dalekočervené světlo) mohou být nastavena na různých úrovních farmy, aby odpovídala potřebám plodin v různých fázích růstu.
- Chlazení a energetická účinnost - vzhledem k vysoké hustotě světla a omezeným prostorovým podmínkám je důležité efektivně řešit odvod tepla. Doporučuje se používat osvětlovací technologie s vysokou energetickou účinností, jako jsou LED, a implementovat systémy aktivního chlazení pro zamezení přehřívání.
- Automatizace a senzorová technologie - vzhledem k pokročilé technologii vertikálních farem se doporučuje nasadit automatizované systémy pro monitorování a úpravu

světelných podmínek na základě sensorových dat, které měří parametry, jako je vlhkost, teplota a intenzita světla. [9]

#### 4 Srovnání tradičních osvětlovacích systémů s moderními adaptivními LED systémy

Srovnání tradičních osvětlovacích systémů (např. vysokotlaké sodíkové lampy, zářivky) s moderními adaptivními LED systémy v zemědělství ukazuje významný pokrok v technologii osvětlení, zejména v účinnosti, trvanlivosti a vlivu na výnosy plodin.

##### 4.1 Účinnost

- Tradiční systémy - například vysokotlaké sodíkové (HPS) lampy a zářivky mají relativně nízkou energetickou účinnost. Značná část energie se ztrácí jako teplo místo toho, aby byla přeměněna na užitečné světlo pro fotosyntézu. Typická účinnost HPS lamp se pohybuje kolem 100–150 lumenů na watt.
- Moderní LED systémy - LED osvětlení je výrazně účinnější, protože generuje světlo s minimální ztrátou energie v podobě tepla. LED systémy dosahují účinnosti až 200 lumenů na watt a jsou schopné přizpůsobit spektrum vyzařovaného světla tak, aby bylo ideální pro různé fáze růstu rostlin. Tím je optimalizována spotřeba energie.

##### 4.2 Trvanlivost

- Tradiční systémy - HPS a zářivky mají omezenou životnost, obvykle kolem 10 000 až 24 000 hodin, a postupně ztrácí jas, což vyžaduje častou výměnu.
- LED systémy - LED technologie nabízí podstatně delší životnost, často přes 50 000 až 100 000 hodin. Navíc LED neztrácí svůj výkon tak rychle, což znamená méně údržby a nižší provozní náklady.

##### 4.3 Optimalizace výnosu plodin

- Tradiční systémy - HPS lampy emitují světlo v širším spektru, které není specificky optimalizováno pro růst rostlin. Plodiny dostávají světlo, které obsahuje vlnové délky méně důležité pro fotosyntézu, což může omezit výnos.
- Moderní LED systémy - LED technologie umožňuje přesně zacílit spektrum světla na vlnové délky, které rostliny nejlépe využívají, například v oblasti červeného a modrého světla. To vede k vyšší míře fotosyntézy, lepšímu růstu a výnosům. Adaptivní LED systémy mohou dynamicky měnit spektrum světla podle růstové fáze plodin, což maximalizuje jejich růstový potenciál.

##### 4.4 Další výhody moderních LED systémů

- Kontrola a automatizace - LED systémy mohou být integrovány do inteligentních farmářských systémů a napojeny na senzory, které monitorují potřeby rostlin. Světelné podmínky lze dynamicky upravit podle aktuálních podmínek, což dále zvyšuje efektivitu a snižuje plýtvání energií.
- Snížení tepla - LED emitují výrazně méně tepla než tradiční lampy, což snižuje potřebu chlazení, a tím šetří energii i náklady.

Shrnuto, moderní adaptivní LED systémy představují významný pokrok ve srovnání s tradičními osvětlovacími systémy. Zlepšená energetická účinnost, delší životnost, možnost

přesné regulace spektra a přizpůsobení potřebám plodin přinášejí vyšší výnosy a nižší provozní náklady. [10]

## 5 Standardizace osvětlovacích technologií v Zemědělství 4.0, Zemědělství 5.0

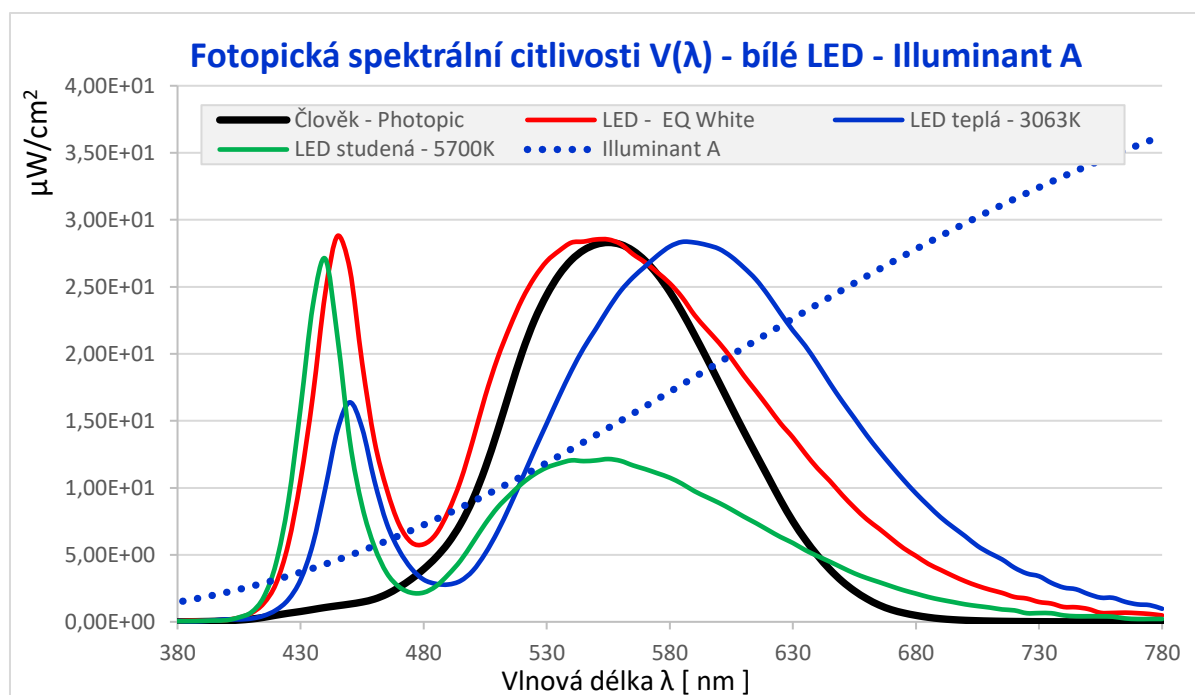
Zemědělství 4.0 spoléhá na přesnou a efektivní integraci technologií do zemědělské produkce. Osvětlovací technologie, zejména LED, hrají klíčovou roli v zajištění efektivního růstu plodin. Mezinárodní standardy, jako je DIN 5031-10, CIE S 017 a ANSI/ASABE S640, specifikují, jak by měla být tato osvětlovací zařízení konstruována a jaké by měly mít vlastnosti.

LED osvětlení se v zemědělství stalo preferovaným řešením, protože umožňuje přesné řízení světelného spektra, je energeticky úsporné a dlouhodobě udržitelné. Pro zajištění efektivního růstu je nezbytné, aby farmáři a výrobci osvětlovacích systémů dodržovali stanovené normy, což zajistí vysokou kvalitu plodin a optimální spotřebu energie. V níže uvedeném seznamu je několik norem a standardů, které se vztahují k osvětlování rostlin v tomto kontextu.

### 5.1 LED osvětlení

LED osvětlení je široce používáno v digitálním zemědělství kvůli své efektivitě, možnosti regulace spektra světla a dlouhé životnosti. Existuje několik norem, které se týkají LED osvětlení pro růst rostlin:

- ISO/IEC 60598-1 - normy pro bezpečnost osvětlovacích systémů, které zahrnují LED.
- ANSI/IES RP-11-20 - osvětlovací doporučení pro růst rostlin, která stanovuje specifické světelné parametry pro fotosyntetické procesy.
- CIE S 017/E:2020 - mezinárodní norma, která definuje měření světelných podmínek, včetně biologických účinků světla na rostliny.



Obr.4 Na obrázku je vidět spektra LED s různou CCT (Correlated Color Temperature) v porovnání s fotopickou spektrální citlivostí lidského oka  $V(\lambda)$  a standardem osvětlování typu A, která se používají digitálním zemědělství kvůli své efektivitě a ceně.

## 5.2 Normy pro energetickou efektivitu

V rámci udržitelnosti a snižování spotřeby energie v zemědělství jsou často využívány následující normy:

- EU 2019/2020 - tato směrnice Evropské unie stanovuje minimální požadavky na energetickou účinnost světelných zdrojů, včetně LED.
- ISO 50001 - mezinárodní norma pro řízení spotřeby energie, která se uplatňuje na farmách využívajících digitální technologie.

## 5.3 Normy pro automatizace a senzory

V rámci Zemědělství 4.0 jsou osvětlení a jeho regulace často integrovány s automatizovanými systémy řízenými senzory, které sledují parametry jako vlhkost, teplotu, CO<sub>2</sub> a intenzitu světla. Pro tyto účely se používají normy pro IoT (Internet of things)-Internet věcí a senzorové technologie:

- ISO/IEC 30141 - referenční architektura pro IoT systémy, která zahrnuje i řízení osvětlení.

Tato kombinace osvětlovacích standardů a technologií umožňuje farmářům v digitálním zemědělství optimalizovat produkci a zvyšovat výnosy, přičemž zohledňují ekologické a ekonomické požadavky.

## 6 Normy pro osvětlování rostlin

Mezinárodní komise pro osvětlování CIE se zabývá osvětlovacími standardy, včetně těch, které se týkají osvětlování rostlin. V oblasti růstového osvětlení je CIE zodpovědná za poskytování norem a doporučení týkajících se fotobiologických efektů světla na rostliny. V níže uvedeném textu je několik hlavních bodů, jak jsou popsány osvětlovací standardy pro růst rostlin v dokumentech CIE.

### 6.1 Standardy CIE pro osvětlení rostlin

#### 6.1.1 CIE S 017/E:2020 – International Lighting Vocabulary

Tento dokument poskytuje základní terminologii a definice pro měření světla, včetně termínů spojených s PAR, PPFD a dalšími parametry, které jsou klíčové pro osvětlení v zemědělství.

#### 6.1.2 CIE 220:2016 – Characterization and Measurement of Visible Optical Radiation for Plants (Photosynthetically Active Radiation)

Tato publikace se zaměřuje na měření PAR a poskytuje doporučení pro osvětlení pro růst rostlin, včetně definic pro měření intenzity a kvality světla.

#### 6.1.3 CIE 225:2017 – Optical Radiation Measurements for Plants in Controlled Environments

Tento dokument poskytuje pokyny pro měření světelných podmínek v kontrolovaných prostředích, jako jsou pěstírny, vertikální farmy a skleníky. Definuje parametry a techniky měření světelných podmínek, které jsou důležité pro růst rostlin.

#### 6.1.4 CIE 150:2017 – Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations

I když se tento dokument primárně zaměřuje na venkovní osvětlení, může být užitečný pro skleníky, kde se mohou použít externí světelné zdroje. Zahrnuje doporučení pro minimalizaci světelného znečištění.

### 6.2 Standardy ČSN EN pro osvětlení rostlin

České normy ČSN EN (České státní normy přejímané z evropských standardů) často přejímají doporučení mezinárodních organizací, jako je CIE a DIN, a aplikují je na místní podmínky. V oblasti osvětlování pěstíren, skleníků a vertikálních farem se tyto normy zaměřují na specifické aspekty osvětlení, jako je světelné spektrum, intenzita osvětlení, energetická efektivita a bezpečnostní aspekty.

#### 6.2.1 ČSN EN 12464-1 – Osvětlení pracovních prostorů – Vnitřní pracovní prostory

Tato norma je základní pro osvětlování interiérových pracovních prostorů, ale její principy lze aplikovat také na řízení umělého osvětlení v pěstírnách a vertikálních farmách. Zahrnuje doporučení pro intenzitu osvětlení, rovnoměrnost a kvalitu světla, což je klíčové pro optimalizaci růstu rostlin v kontrolovaných prostředích. Norma reflektuje obecná doporučení CIE ohledně intenzity světla a rovnoměrnosti osvětlení.

#### 6.2.2 ČSN EN 13032-2 – Světelně-technické veličiny světelných zdrojů a osvětlovacích systémů

Tato norma harmonizuje s evropskou normou a je důležitá pro měření světelných zdrojů a systémů, včetně LED osvětlení, které je hojně používáno v pěstírnách, sklenících a vertikálních farmách. Tato norma vychází z doporučení CIE týkajících se měření světelné intenzity, spektra a účinnosti. Norma stanovuje technické parametry pro osvětlení, jako je PAR a PPF, což je klíčové pro růst rostlin.

#### 6.2.3 ČSN EN 62471 – Fotobiologická bezpečnost světelných systémů

Tato norma vychází z mezinárodní normy IEC a zabývá se fotobiologickou bezpečností světelných systémů, což je důležité pro ochranu jak rostlin, tak pracovníků v prostředích, kde je používáno intenzivní umělé osvětlení. Norma zajišťuje, že světelné zdroje nepřekračují bezpečné limity pro fotobiologické záření a reflektuje doporučení CIE ohledně bezpečnosti osvětlení v řízených prostředích.

#### 6.2.4 ČSN EN 5031 – Měření a specifikace radiační energie

Tato norma stanovuje metody pro měření radiační energie světelných zdrojů, což zahrnuje i doporučení pro měření světla v pěstírnách a sklenících. Přijímá koncepty z CIE, jako je měření PAR a jeho dopadu na rostliny, a definuje postupy měření světelného spektra (400-700 nm), které rostliny používají pro fotosyntézu.

#### 6.2.5 ČSN EN 60598-1 – Svítidla – Obecné požadavky a zkoušky

Tato norma specifikuje požadavky na svítidla, která jsou používána v různých prostředích, včetně zemědělství. Osvětlení v pěstírnách, sklenících a vertikálních farmách musí splňovat požadavky na bezpečnost a energetickou účinnost. Norma obsahuje pokyny pro návrh a zkoušení svítidel, aby byla zajištěna jejich bezpečnost a optimální provozní podmínky, včetně aspektů doporučených CIE pro osvětlení rostlin. [11]

## 7 Výzvy a příležitosti pro osvětlování v Zemědělství 5.0

Zemědělství 4.0 a Zemědělství 5.0 představují dvě odlišné fáze vývoje moderního zemědělství, přičemž se zaměřují na různé technologické pokroky, které ovlivňují jak osvětlovací systémy, tak celkový přístup k produkci plodin.

### 7.1 Zemědělství 4.0

Zemědělství 4.0 je charakterizováno digitální transformací, která integruje pokročilé technologie, jako jsou senzory, automatizace, umělá inteligence (AI) a Internet věcí (IoT).

Osvětlovací technologie v této fázi zahrnují:

- Adaptivní LED systém - využívají senzorové sítě a automatizované systémy, které dynamicky upravují světelné spektrum a intenzitu na základě potřeb plodin. LED osvětlení se stalo standardem díky své energetické účinnosti, možnosti regulace spektra (např. zvýšení modrého světla během vegetativní fáze) a delší životnosti.
- Optimalizace růstových podmínek - v uzavřených systémech, jako jsou vertikální farmy a skleníky, se používají sofistikované světelné plány, které maximalizují fotosynteticky aktivní záření (PAR) a přizpůsobují osvětlení různým fázím růstu plodin.

### 7.2 Úloha udržitelnosti v Zemědělství 4.0

- Zemědělství 4.0 klade důraz na efektivitu a udržitelnost prostřednictvím snížení energetické spotřeby a optimalizace zdrojů. LED technologie umožňují významné úspory energie ve srovnání s tradičními zdroji světla, což přispívá k celkové udržitelnosti zemědělských systémů.

### 7.3 Zemědělství 5.0

Zemědělství 5.0 posouvá hranice technologie směrem k spolupráci mezi člověkem a stroji, s důrazem na adaptivní a personalizované systémy, které reflektují potřeby jednotlivých farmářů i plodin. Osvětlovací technologie zde hrají klíčovou roli v kombinaci pokročilých technologií s human-centered designem.

- Individuální přizpůsobení - systémy osvětlení jsou navrženy tak, aby se přizpůsobily nejen plodinám, ale i preferencím farmářů, zohledňují ekologické, etické a sociální aspekty produkce potravin.

Úloha udržitelnosti a přístupů zaměřených na člověka v Zemědělství 5.0:

- V této fázi dochází ke snížení dopadu zemědělství na životní prostředí, a zároveň o zlepšení kvality života farmářů. Systémy řízené AI zajišťují optimalizaci spotřeby energie a zdrojů, přičemž se přihlíží k udržitelnosti na globální úrovni.

### 7.4 Shrnutí rozdílů

- Technologické zaměření - Zemědělství 4.0 se zaměřuje na automatizaci a optimalizaci prostřednictvím technologií, zatímco Zemědělství 5.0 klade důraz na spolupráci mezi člověkem a strojem, přičemž technologie jsou více přizpůsobeny individuálním potřebám.
- Osvětlovací systémy - Zemědělství 4.0 využívá LED a senzorové systémy pro zajištění optimálního růstu plodin, zatímco Zemědělství 5.0 integruje AI pro personalizované a adaptivní osvětlení.
- Udržitelnost - Zemědělství 4.0 je udržitelnost zaměřena na snížení spotřeby energie a zvýšení efektivity. V Zemědělství 5.0 je udržitelnost propojena s etickými a ekologickými standardy, které zohledňují jak farmáře, tak životní prostředí. [12]

## 8 Odborné časopisy se zaměřením na osvětlování pěstíren, skleníků a vertikálních farem.

Existuje několik odborných časopisů, které se zaměřují na osvětlování pěstíren, skleníků a vertikálních farem. Tyto časopisy pokrývají výzkum a technologie spojené s řízením osvětlení, světelnými zdroji (jako jsou LED) a jejich vlivem na růst rostlin. Níže jsou uvedeny některé z klíčových odborných periodik, která se touto problematikou zabývají:

### 8.1 Horticulture Research

- [www.nature.com/hortres](http://www.nature.com/hortres)
- Zaměření - tento časopis pokrývá široké spektrum témat v oblasti zahradnictví, včetně osvětlovacích technologií pro pěstírny a skleníky. Často se zabývá výzkumem světelného spektra a jeho optimalizací pro různé druhy rostlin.
- Tematické oblasti - LED osvětlení, světelné spektrum, vertikální farmy, kontrolované zemědělství.

### 8.2 Scientia Horticulturae

- [www.journals.elsevier.com/scientia-horticulturae](http://www.journals.elsevier.com/scientia-horticulturae)
- Zaměření - tento mezinárodní časopis se zaměřuje na pěstování rostlin, s důrazem na inovativní postupy ve sklenících a pěstírnách. Publikuje články zaměřené na světelné podmínky a optimalizaci růstu rostlin prostřednictvím umělého osvětlení.
- Tematické oblasti - růst rostlin, LED technologie, skleníky, kontrolované prostředí, osvětlení.

### 8.3 Acta Horticulturae

- [www.ishs.org/acta-horticulturae](http://www.ishs.org/acta-horticulturae)
- Zaměření - publikace od Mezinárodní společnosti pro zahradnictví (ISHS), která pokrývá všechny aspekty zahradnictví včetně osvětlovacích systémů v pěstírnách a vertikálních farmách, včetně nových osvětlovacích LED technologií.
- Tematické oblasti - skleníky, umělé osvětlení, kontrolované prostředí, nové technologie pro osvětlení rostlin.

### 8.4 LED Professional Review

- <https://www.led-professional.com/>
- Zaměření - časopis se zaměřuje na LED technologie a jejich aplikace, včetně osvětlovacích systémů pro pěstírny a vertikální farmy. Zahrnuje vývoj nových technologií, regulaci osvětlení a výzkum účinnosti světelných systémů.
- Tematické oblasti - LED osvětlení, vertikální farmy, energetická efektivita, světelné spektrum.

### 8.5 Indoor and Built Environment

- <https://us.sagepub.com/en-us/nam/journal/indoor-and-built-environment>
- Zaměření - časopis se zaměřuje na vnitřní prostředí, včetně osvětlení v kontrolovaných prostředích, jako jsou pěstírny a vertikální farmy. Zahrnuje technologie pro řízení osvětlení a optimalizaci vnitřního prostředí pro růst rostlin.
- Tematické oblasti - osvětlení v kontrolovaných prostředích, energetická efektivita, světelné technologie.

## 9 Doporučené literární zdroje pro vámi klíčová témata

- [1] Vertikální farmy v Japonsku  
[MDPI](#), [SpringerLink](#)
- [2] Teorie fotosyntézy  
[Agritech Tomorrow](#), [MDPI](#)
- [3] Akční spektra a absorpční spektra fotosyntézyn  
[Save My Exams](#), [Agritech Tomorrow](#)
- [4] Fotosynteticky aktivní záření (PAR)  
[Agritech Tomorrow](#), [MDPI](#)
- [5] Spektrum světla pro růst rostlin  
[MDPI](#), [MDPI](#)
- [6] Parametry osvětlení pro růst rostlin  
[SpringerLink](#), [Agritech Tomorrow](#), [SpringerLink](#)
- [7] Měření světla pro účely zemědělství  
[Agritech Tomorrow](#), [Arrow](#)
- [8] Matematické vztahy pro oblast viditelného spektra lidského oka a rostlin  
[Wikipedia](#), [ASHS](#)
- [9] Doporučené osvětlení pro indoor pěstování  
[SpringerLink](#), [Arrow](#), [Arrow](#)
- [10] Srovnání tradičních osvětlovacích systémů s moderními adaptivními LED systémy  
[ASHS](#), [SpringerLink](#), [Arrow](#)
- [11] Standardizace osvětlovacích technologií v Zemědělství 4.0 a Zemědělství 5.0  
[SpringerLink](#), [Agritech Tomorrow](#), [Arrow](#)
- [12] Výzvy a příležitosti pro osvětlování v Zemědělství 5.0  
[SpringerLink](#), [Arrow](#)

# **Pasport obnovy budov ako nástroj podpory modernizácie osvetlenia**

Jana Raditschová, Ing., PhD., Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, raditschova@stuba.sk,  
Dionýz Gašparovský, prof. PhD., Lucent Labs, s.r.o. Bratislava, dionyz@gasparovsky.sk

*Príspevok predstavuje Pasport obnovy budov ako nový nástroj podpory modernizácie osvetlenia na Slovensku, vzniku databázy a systému výmeny údajov o energetickej hospodárnosti budov, čím sa umožní štruktúrovaný zber dát o fonde budov. Príspevok nie je uceleným prehľadom Pasportu obnovy budov ako celku, zameriava sa na osvetlenie ako na jedno z viacerých technických systémov budovy.*

## **1 Úvod**

Potreba hodnotenia energetickej hospodárnosti budov vyplýva z implementácie európskej smernice o energetickej hospodárnosti budov [1],[3] do sústavy národnej legislatívy, ktorým je na Slovensku zákon NR SR č. 555/2005 Z. z. [4] v znení neskorších predpisov. Podrobnosti o výpočte energetickej hospodárnosti rieši vykonávací predpis k zákonu – vyhláška MVaRR SR č. 364/2012 Z. z. [4] v znení vyhlášky č. 35/2020 Z. z. [6]. Osvetlenie je jedným z miest spotreby, ktorá je predmetom hodnotenia, popri tepelnej ochrane / vykurovaníu, príprave TÚV a vetraniu / klimatizácii.

Dňa 26. apríla 2023 Slovensko predložilo upravený národný plán obnovy a odolnosti vrátane kapitoly REPowerEU v súlade s článkom 21c nariadenia (EÚ) 2021/241 [2]. Cieľom kapitoly REPowerEU slovenského plánu obnovy a odolnosti je znížiť celkovú závislosť od dovozu fosílnych palív, uľahčiť zavádzanie obnoviteľných zdrojov energie prostredníctvom cielených reforiem a posilniť sieťovú infraštruktúru spolu s opatreniami v oblasti energetickej efektívnosti vo verejných budovách a domácnostiach zameranými na zraniteľné skupiny, dopravu s nulovými emisiami a podporu zelených zručností.

Slovenská kapitola REPowerEU zahŕňa 6 reforiem a 8 investícií, ktoré sú rozdelené do 5 tematických oblastí (energetika a postupy vydávania povolení, renovácia a správa budov, udržateľná doprava, zelené zručnosti, komunikácia a koordinácia). Očakáva sa, že implementácia opatrení zahrnutých v kapitole REPowerEU prispeje k podpore cieľov uvedených v článku 21c ods. 3 nariadenia (EÚ) 2021/241. Súčasťou slovenskej kapitoly REPowerEU je aj reforma podpory vzniku databázy a systému výmeny údajov o energetickej hospodárnosti budov, ktorá umožní štruktúrovaný zber dát o fonde budov (bytových aj nebytových, verejných aj súkromných), ktorý je nevyhnutným predpokladom a nástrojom pre tvorbu politík a opatrení pre urýchlenie obnovy budov. Vytvorená bude nová digitálna platforma údajov o energetickej hospodárnosti budov („IS“), ktorá bude obsahovať doteraz evidované údaje o energetickej hospodárnosti budov („EHB“) celého fondu budov (súkromných aj verejných) a doplnená bude údajmi zo zberu dát o verejných budovách, vrátane integrácie dát o budovách z iných národných databáz.

## **2 Pasport obnovy budov (Building renovation passport) - POB**

POB je cestovná mapa obnovy zameraná na konkrétnu budovu určujúca vymedzený počet krokov, ktorými sa zabezpečí významná zmena energetickej hospodárnosti tejto budovy.

### **2.1 Skladba POB**

Skladba POB spĺňa podmienky vyplývajúce z platnej smernice 2018/844/EÚ [1] a návrhov zmeny predmetnej smernice (čl. 10 návrhu zmeny smernice zo 17. októbra 2022) a rešpektuje potrebu obsiahnutia všetkých stavebných konštrukcií a technických systémov budovy, ktoré ovplyvňujú EHB, ale súčasne aj potrebu uskutočnenia procesov obnovy, vrátane technických systémov osvetlenia. POB je spracovaný s využitím tabuľkového procesoru v operačnom systéme Microsoft Excel ako podklad pre doplnenie funkcionality spracovania pasportu v IS Inforeg, kde boli doteraz evidované energetické certifikáty budov. POB je rozdelený do jednotlivých častí prezentovaných v samostatných listoch jednotlivých zošitov s možnosťou vstupných údajov a výstupom vo forme Roadmap. POB neobsahuje výpočty a ani nevyžaduje uskutočnenie výpočtov, ktoré sú až súčasťou spracovania projektovej dokumentácie, resp. projektového a normalizovaného energetického hodnotenia. Spracovateľmi POB budú osoby oprávnené na energetickú certifikáciu.

## **3 Technické systémy osvetlenia v POB**

Titulná strana celého dokumentu – Pasportu obnovy budovy sa spracováva pre konkrétnu budovu. Na titulnej strane POB uvedený obsah uvádza kompletný rozsah dokumentov, spĺňajúci požiadavky na spracovanie POB. Podkladmi pre spracovanie osvetlenia je typový zoznam svietidiel, pasport osvetľovacej sústavy, prehliadka osvetľovacej sústavy a osvetľovaných priestorov, návrhové kritériá osvetlenia, koncepčné riešenie osvetlenia vrátane riadenia a rozvodov a hodnotenie energetickej hospodárnosti osvetlenia

### **3.1 Základné údaje – Časť A**

V časti A sa uvádzajú základné údaje všeobecného charakteru. Základné grafické informácie o budove uvedené pomocou obrázkov, fotografií, výkresov, prípadne detailov a textov. Všeobecné údaje charakterizujú budovu v pôvodnom stave, ale aj jej zmeny počas užívania budovy. Uvedené sú aj vstupné údaje, ktoré sa použijú pri návrhu obnovy a výpočte potreby energie pre jednotlivé miesta spotreby. Všeobecný opis technických systémov osvetlenia obsahuje stručný opis osvetľovacích sústav v rôznych priestoroch, spôsoby riešenia osvetlenia a jeho riadenia, technický stav osvetľovacích sústav a kvalitu osvetlenia

Všeobecný opis je zameraný na typické charakteristiky a upozorňuje na prípadné významnejšie odchýlky. Do pasportu obnovy sa zahŕňajú iba svietidlá na všeobecné osvetlenie potrebné na riadnu prevádzku budovy, vrátane príslušnej infraštruktúry. Nezahŕňajú sa svietidlá na technologické osvetlenie a pod. Uvádza sa tu napr. zdrojová štruktúra osvetlenia podľa príkonu. K osvetleniu sa odkazom na konkrétny riadok ponúkajú možnosti výberu vstupných údajov v osobitnom liste A3a. Potrebné je vybrať možnosť/možnosti z ponuky, ktoré sa zapíšu do konkrétnej bunky v riadkoch.

P.č.	Opis	Výber / M.J.	Údaj	Poznámka	P.č.	Opis	Výber / M.J.	Údaj	Poznámka
76	Osvetlenie (možnosti výberu - list A3a)				80	Priemerný príkon svietidiel	W	35,4	
77	Celkový inštalovaný príkon osvetlenia	kW	38,2	Súhrnný príkon pre stanovené kategórie zdrojov	91	Priemerný mený výkon svietidiel	lm/W	102,6	
78	- z toho príkon žiarivkových svietidiel	kW	1,7		92	Prevažujúca náhradná teplota chromatickosti	K	4 000	
79	- z toho príkon svietidiel pre kompaktné žiarivky	kW	1,5		93	Prevažujúci index podania farieb	-	80	
80	- z toho príkon svietidiel pre lineárne žiarivky	kW	24,6		89	Priemerný príkon svietidiel			W
81	- z toho príkon svietidiel pre ortuťové výbojky	kW			Treba vypočítať ako podiel celkového inštalovaného príkonu osvetlenia (r. 76) a celkového počtu všetkých svietidiel v osvetľovacej sústave.				
82	- z toho príkon svietidiel pre sodíkové výbojky	kW			90	Priemerný mený výkon svietidiel			lm/W
83	- z toho príkon svietidiel pre halogenidové výbojky	kW	1,2		Treba vypočítať ako aritmetický priemer mených výkonov všetkých svietidiel v osvetľovacej sústave. Pokiaľ mený výkon niektorých svietidiel nie je známy, musí sa vypočítať ako podiel ich svetelného toku a príkonu. Ak sa nedá zistiť údaj o svetelnom toku a/alebo príkone, stanoví sa odborným odhadom.				
84	- z toho príkon LED svietidiel	kW	6,4		91	Prevažujúca náhradná teplota chromatickosti			K
85	- z toho príkon svietidiel s LED retrofitmi	kW	2,8						
86	- z toho príkon ostatných svietidiel	kW							
87	Celkový pasívny príkon osvetlenia	kW	1,9	Podľa metodiky EHB					
88	- z toho príkon pohotovostného režimu a riadenia	kW	0,6						
89	- z toho nabíjaci príkon núdzových svietidiel	kW	1,3						

Obr.1 Príklad opisu základných údajov konkrétnej budovy v časť A – (list 4/A3)

### 3.2 Opis technických systémov – osvetlenie – Časť B6

List B6 týkajúci sa opisu systému osvetlenia spodrobňuje údaje o zariadeniach a ich druhoch zabudovaných na zabezpečenie osvetlenia priestorov budovy. Na tomto liste sa uvádza kvantifikácia, technický stav a potreba obnovy konkrétnych prvkov a zariadení technického systému osvetlenia. Zariadenia sú rozdelené na tieto celky: svietidlá, samostatné predradníky, riadiaci systém osvetlenia a elektroinštalácia v rámci svetelných obvodov. Formulár obsahuje preddefinované druhy zariadení. Údaje sa vyplňajú pre tie druhy zariadení, ktoré sa v budove vyskytujú.

P.č.	Zariadenie	Opis, materiál	Príkon (kW)	M.J.	Hodnota /Počet	Stav	Poznámka	Návrh obnovy
1	Výkonné kancelárske s obmedzením oslnenia (UGR<19)	Žiarivkové stropné s mriežkou a LED svietidlá s mikroprizmou	12,50	ks	254	vyhovujúce		nie
2	Uzatvorené s difúzorom na všeobecné osvetlenie	Žiarivkové stropné vaničkové	24,30	ks	417	degradované difúzory		áno
3	Uzatvorené s difúzorom do vlhkých a prašných priestorov (IP4X/IP54)			ks				
4	Prachotesné s vyšším stupňom krytia (IP65/IP66)	Žiarivkové prisadené	2,80	ks	56	vytečený elektrolyt		áno
5	Vodotesné, ponorné (IP67/IP68), pre vysoký tlak/teplotu (IP69)			ks				

Obr.2 Príklad opisu technických systémov – osvetlenie v časti B6 (list 17/B6)

### 3.3 Návrh a rozsah obnovy – osvetlenie– Časť C6

V liste dielčej časti C6 sa uvádza kvantifikácia a spôsob obnovy konkrétnych prvkov a zariadení technického systému osvetlenia. Zoznam preddefinovaných druhov zariadení je rovnaký ako na východiskovom liste dielčej časti B6.

P.č.	Zariadenie	Opis, materiál, parameter				M.J.	Množstvo			Poznámka	Návrh obnovy	Typ obnovy	Postupné kroky obnovy		
		parameter	jednotka	hodnota pôvodná	hodnota nová		pôvodné	zostávajúce	nové				VO/HO/CO	jednotlivo	súčasne
1	Výkonné kancelárske s obmedzením oslnenia (UGR<19)	mený výkon elektrický príkon	lm/W			ks									
2	Uzatvorené s difúzorom na všeobecné osvetlenie	mený výkon elektrický príkon	lm/W	78,4	126,5	ks	417	21	382	Nové svietidlá budú v nových pozíciách, zníženie počtu svietidiel	Výmena svietidiel				
3	Uzatvorené s difúzorom do vlhkých a prašných priestorov (IP4X/IP54)	mený výkon elektrický príkon	lm/W			ks									

Obr.3 Príklad návrhu a rozsahu obnovy – osvetlenie v časti C6 (list 48/C6)

### 3.4 Ceny materiálu a práce – osvetlenie (list 51/D6) – Časť D6

V liste 46/D6: Technické systémy – osvetlenie sa uvádzajú štandardné cenové relácie potrebné na vyhodnotenie nákladov jednotlivých opatrení. Zoznam preddefinovaných druhov zariadení je rovnaký ako na východiskovom liste 17/B6. V jednotlivých stĺpcoch sa údaje uvádzajú v tomto rozsahu preddefinovaného druhu zariadenia, špecifikácie opatrenia na obnovu jednotlivých svetelnotechnických zariadení a inštalácií, rozdelenia cenových údajov na demontáž a montáž. Štandardná jednotková cena jednotlivých položiek je určená na základe smerných cenníkov CENEKON a prieskumu trhu pre vzorový typ sortimentu.

P. č.	Stavebné konštrukcie/ technické systémy	Stavebné konštrukcia/Zariadenia a prvky technického systému	Návrh opatrenia	Počet/ plocha/ dĺžka M.J.	Hodnota	Cena	Koeficient štandardu	Koeficient cenovej úrovne	Cena za opatrenie	Cena celkom	Poznámka
						CÚ II. PoI. 2023			€ BEZ DPH	€ BEZ DPH	
						€ BEZ DPH / M.J.	Kš	Kcu	€ BEZ DPH	€ BEZ DPH	
15	SYSTEM OSVETLENIA: SVIETIDLA	So zmiešaným rozložením svetelného toku (direct-indirect)	Demontáž	ks		14,50			0,00		
16			Montáž	ks		268,00			0,00		
17		Ploché stropnice na povrchovú montáž do menších priestorov	Demontáž	ks	125	12,00			1 500,00		
18		Montáž	ks	128	177,00			22 656,00			
19		Malé a miniatúrne na zariadenie do tesných priestorov	Demontáž	ks		12,00			0,00		
20		Montáž	ks		154,00			0,00			
21		Úzkouhlé projektory na akcentačné osvetlenie	Demontáž	ks		12,00			0,00		
22		Montáž	ks		413,00			0,00			
23		Širokouhlé svetelomy na plošné osvetlenie	Demontáž	ks		17,50			0,00		
24		Montáž	ks		1 144,00			0,00			
25		Asymetrické (wallwasher) na rovnomerné vertikálne osvetlenie	Demontáž	ks		12,00			0,00		
26		Montáž	ks		525,00			0,00			

Obr.4 Príklad súhrnnej tabuľky nákladov: množstvo x cena = náklady opatrenia

Výsledky stanovenia nákladov pre všetky technické zariadenia budovy sa priamo použijú na uvedenie nákladov v tlačive Cestovnej mapy /Roadmap (časť F1).

121	Súhrny nákladov na EHB na jednotlivé oblasti	
122	Náklady EHB na stavebné konštrukcie - významná obnova (vrátane termostatických ventilov prvkov vyregulovania, rekuperácie, bez tienenia)	594 912,30
123	Náklady EHB na systém vykurovania (bez termostatických ventilov a prvkov vyregulovania)	119 879,55
124	Náklady EHB na systém prípravy teplej vody	93 560,50
125	Náklady EHB na systém vetrania (bez rekuperačných jednotiek)	124 367,32
126	Náklady EHB na systém chladenia (vrátane tienenia)	103 685,50
127	Náklady EHB na systém osvetlenia (bez CO)	243 300,90

Obr.5 Tabuľka súhrnu nákladov na EHB na jednotlivé oblasti

Časť E uvádza podklady na určenie predpokladov zlepšenia energetickej hospodárnosti budovy po uplatnení navrhovaných opatrení. Zhrnutie navrhnutých opatrení, nákladov a dopadov sa uvádza v samostatnej tabuľke Roadmap (časť F).

Návrh opatrení zohľadňuje pôvodné riešenie stavebných konštrukcií a technických systémov budovy a predpoklady na splnenie platných minimálnych požiadaviek na EHB. POB nenahrádza projektovú dokumentáciu návrhu obnovy stavebných konštrukcií a technických systémov, ani s ňou súvisiace projektové energetické hodnotenie.

## 4 Záver

Energetická hospodárnosť budov sa doteraz na Slovensku posudzovala prostredníctvom energetického certifikátu (EC) [7], čo je dokument, ktorým sa zaraďuje budova do energetickej triedy na základe výpočtu energetickej hospodárnosti budovy pri uvažovaní normalizovaných podmienok a poskytuje všeobecný prehľad vlastností jednotlivých prvkov v čase ich spracovania a uvádza jednoduchý prehľad samostatných opatrení a prípadne aj hodnotenie nákladov.

POB je dokument, ktorý uvádza konkrétne odporúčania na základe skutočného stavu budovy, potrieb a očakávaní užívateľov. Odporúčania sú POB stanovené podrobne, s návrhom maximálneho počtu postupných krokov a aj scenárom uskutočnenia obnovy. Vznik takéhoto druhu databázy a systému výmeny údajov o energetickej hospodárnosti budov umožní štruktúrovaný zber dát o fonde budov, ktorý je nevyhnutným predpokladom a nástrojom pre tvorbu politík a opatrení pre urýchlenie obnovy budov.

### Zoznam použitej literatúry

- [1] Smernica 2018/844/EÚ Európskeho parlamentu a Rady z 30. mája 2018, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti, Ú. v. L 156, 19.6.2018, s. 75 – 90
- [2] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2021/241 z 12.februára 2021, ktorými sa zriaďuje Mechanizmus na podporu obnovy a odolnosti
- [3] Proposal for a Directive of European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) zo 17. októbra 2022, č. 13279/22
- [4] Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [5] Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov v znení neskorších predpisov
- [6] Vyhláška MDV SR č. 35/2020 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.
- [7] STN EN 15193-1+A1:2022 (36 0460) Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Časť 1: Špecifikácie, Modul M9

# Aplikace nového stavebního zákona

## (Vyhláška č. 146/2024 Sb.)

Iveta Skotnicová, doc. Ing., Ph.D., Vojtěch Kolarčík, Ing., Fakulta stavební Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, [iveta.skotnicova@vsb.cz](mailto:iveta.skotnicova@vsb.cz), [vojtech.kolarcik@vsb.cz](mailto:vojtech.kolarcik@vsb.cz)

*Abstrakt: Příspěvek představuje změny, které do oblastí denního osvětlení a proslunění budov přináší nová celostátní Vyhláška č. 146/2024 Sb., o požadavcích na výstavbu. Zároveň je věnována pozornost vybraným článkům z nových pražských a brněnských stavebních předpisů. Ostrava na vydání nových ostravských stavebních předpisů stále pracuje.*

### 1 Legislativní rámec

Nový stavební zákon č. 283/2021 Sb. [1], který nabyt účinnosti od 1. ledna 2024, byl závazný pouze pro vyhrazené stavby (infrastrukturu). Od 1.7. 2024 nabyt účinnosti také pro všechny ostatní stavby. Od stejného data 1.7. 2024 vstoupil v účinnost nový prováděcí předpis ke stavebnímu zákonu, kterým je celostátní vyhláška č. 146/2024 Sb., o požadavcích na výstavbu [2], Vyhláška nahradila 3 původní vyhlášky (č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby [3], č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území [4], č. 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb [5]) a nyní stanovuje podrobné požadavky na vymezení pozemků, požadavky na umístování staveb a technické požadavky na stavby.

Současně s novou celostátní vyhláškou od 1.7. 2024 vstoupilo v platnost Nařízení hlavního města Prahy č. 12/2024, o požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze (pražské stavební předpisy) [6] a Nařízení č. 14/2024, o požadavcích na výstavbu ve statutárním městě Brně (brněnské stavební předpisy) [7]. Statutární město Ostrava vydání ostravských stavebních předpisů stále připravuje.

### 2 Změny v požadavcích na denní osvětlení a proslunění budov v celostátní vyhlášce č. 146/2024 Sb., o požadavcích na výstavbu

#### 2.1 Osvětlení, proslunění a stínění

Požadavky na osvětlení, proslunění a stínění jsou uvedeny v § 20 v Části 4, v Díle 2, v Požadavcích na ochranu zdraví a životního prostředí.

(1) „Vnitřní prostor stavby musí být navržen a proveden tak, aby bylo zajištěno jeho denní osvětlení podle účelu užívání stavby. Požadavky na denní osvětlení pobytových místností staveb pro výchovu a vzdělávání stanoví jiný právní předpis.“

Požadavky uvedené v § 20 odst. 1 až 6 se považují za splněné, jsou-li splněny požadavky normy nebo její části určené ve věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (§ 94). Tyto požadavky mohou být splněny i jiným technickým řešením, pokud se prokáže, že navržené řešení garantuje nejméně základní požadavky na stavby podle stavebního zákona.

Normové požadavky na denní osvětlení v prostorech s dlouhodobým pobytem jsou uvedeny v ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov [8] a v ČSN EN 17 037 Denní osvětlení budov [9] (doporučující normové hodnoty). Připravovaná norma ČSN 73 0580 – Doplnující požadavky přináší změny zejména v hodnocení denního osvětlení pro obytné místnosti a ubytovací jednotky pro dlouhodobé ubytování, místnosti pro odpočinek a rekreaci.

Požadavky na denní osvětlení pobytových místností staveb pro výchovu a vzdělávání uvádí Vyhláška č. 160/2024 Sb., Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětských skupin, s účinností od 1.7. 2024 [10].

Z ustanovení ods. (1) až (4) může stavebník požádat o udělení výjimky (§ 95).

(2) *„Prostor lůžek ve zdravotnickém zařízení, pobytová místnost ve stavbě pro sociální služby a stavbě pro účely Vězeňské služby České republiky musí být navrženy a provedeny tak, aby bylo zajištěno jejich elektrické osvětlení.“*

Za pobytové místnosti ve stavbě pro sociální služby se považuje stavba domova pro osoby se zdravotním postižením, domova pro seniory, domova se zvláštním režimem, chráněného bydlení, azylového domu, domu na půl cesty a zařízení následné péče.

(3) *„Pobytová místnost ve stavbě pro sociální služby a herna mateřské školy s výjimkou zázemí lesní mateřské školy a výdejny lesní mateřské školy musí být navrženy a provedeny tak, aby bylo zajištěno jejich proslunění.“*

Požadavek proslunění se tak nově již nevztahuje vůbec na bytové a rodinné domy, ty už pro proslunění nemusí vyžadovat určitou orientaci bytu. Stačí, že budou splňovat požadavky na denní osvětlení a větrání, jejichž parametry jsou rozvedeny v technické normě.

(4) *„Stavba se navrhuje a provádí s ohledem na zastínění obytných a pobytových místností stávající budovy ovlivněné navrhovanou stavbou, s výjimkou pobytové místnosti ve stavbě pro bydlení a bytu v podzemním podlaží.“*

Požadavky na zastínění stávající budovy navrhovanou stavbou se považují za splněné, jsou-li splněny požadavky normy nebo její části určené ve věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (§ 94). Normové požadavky na zastínění jsou uvedeny v ČSN 73 0580 -1 Denní osvětlení budov a hodnotí se pomocí činitele denní osvětlenosti  $D_w$  (%) roviny zasklení okna z vnější strany [11].

(5) *„U stavby ve stavební proluce se požadavek podle odstavce 4 nepoužije. Ve stavbě ve stavební proluce se navržené stínění porovnává se stíněním, které by vyvolala stavba, jejíž parametry by odpovídaly úplné souvislé zástavbě stejné výškové úrovně jako okolní zástavba a případně dalším kritériím s ohledem na stavební čáru.“*

(6) *„Při výpočtu denního a sdruženého osvětlení, proslunění a stínění se posuzuje stínění podle současného stavu okolí a podle změn v území, zejména podle podmínek rozhodnutí nebo jiných opatření vydaných podle stavebního zákona nebo jiných právních předpisů nebo podle regulačního plánu nebo územního plánu s prvky regulačního plánu, jsou-li pro dané území vydány.“*

Požadavky uvedené v § 20 odst. 1 až 6 se považují za splněné, jsou-li splněny požadavky normy nebo její části určené ve věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Tyto požadavky mohou být splněny i jiným technickým řešením, pokud se prokáže, že navržené řešení garantuje nejméně základní požadavky na stavby podle stavebního zákona.

## 2.2 Zvláštní požadavky na některé stavby

V § 49 – Stavba pro bydlení a byty - jsou požadavky na byty uvedeny pouze ve dvou odstavcích. Další bližší požadavky už se týkají bytů zvláštního určení, s univerzálním standardem, pro osoby s těžkým pohybovým postižením či s těžkým zrakovým postižením. Oproti podrobné úpravě zvláštních požadavků na další typy staveb je tato stručná úprava poněkud zarážející.

(1) *Byt musí být stavebně uzavřený.*

(2) *Bytové domy musí být vybaveny místností nebo prostorem s výlevkou pro úklid společných částí domu.*

Původní vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby předepisovala v § 39 (3) denní osvětlení v prostoru hlavního domovního schodiště bytového domu. Nová vyhláška č. 146/2024 Sb. tento požadavek nevyžaduje.

## 3 Nařízení hlavního města Prahy č. 12/2024, o požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze (pražské stavební předpisy)

Požadavky na osvětlení, proslunění a stínění jsou uvedeny v § 37 v Části 4 v Technických požadavcích na stavby.

(1) *Technické požadavky na stavby podle prováděcího právního předpisu podle § 152 odst. 1 stavebního zákona se v rozsahu požadavků na denní osvětlení a stínění použijí s tím, že:*

*a) požadavky na denní osvětlení obytných místností, případně prostor, a pobytových místností případně prostor, ve stavbách ubytovacího zařízení se nepoužijí na stavby 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 ploch okenních otvorů, kterými se osvětlují obytné a pobytové místnosti, nejméně jedna desetina podlahové plochy místnosti (plocha okenních otvorů se stanovuje ze skladebných rozměrů oken),*

*b) požadavky na denní osvětlení pro pobytové místnosti, případně prostory, neuvedené v písmenu a) 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; tím nejsou dotčeny požadavky jiného právního předpisu,*

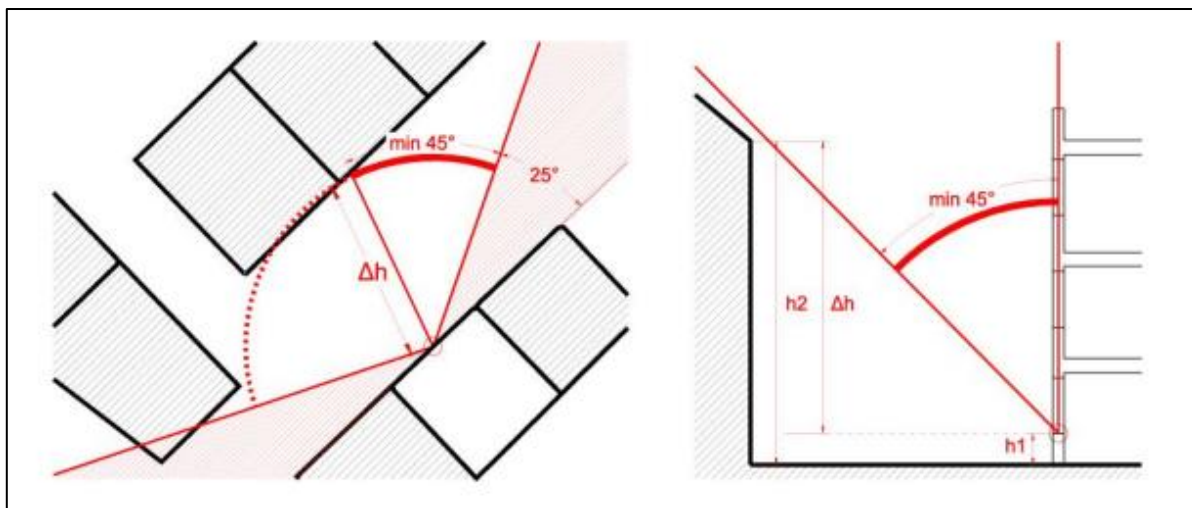
*c) požadavky na denní osvětlení v obytných prostorech a pobytových místnostech, případně prostor, ve stavbách ubytovacího zařízení, které jsou navrhovanou stavbou ovlivněny, se nepoužijí v případě povolování staveb v zástavbě s polouzavřenou stavební čarou stanovenou v územně plánovací dokumentaci nebo územní studii a v zástavbě s uzavřenou stavební čarou.*

(2) *Technické požadavky na stavby podle prováděcího právního předpisu podle § 152 odst. 1 stavebního zákona se v rozsahu požadavků na proslunění nepoužijí, a to ani pro stávající stavby ovlivněné navrhovanou stavbou.*

Požadavky na proslunění nejsou tak požadovány ani pro bytové místnosti ve stavbě pro sociální služby ani herny mateřských škol.

V § 21 Odstupy od okolních budov - jsou stanoveny následující požadavky:

- (1) *Stavba musí být umístěna tak, aby měla dostatečný odstup od oken obytných místností stávajících okolních budov. Splnění požadavku se prokazuje splněním odstupového úhlu podle bodu II přílohy č. 1 k tomuto nařízení pro okna obytných místností stávajících okolních budov.*
- (2) *Požadavek na odstup se neuplatní, pokud by znemožnil splnění podmínek prostorové regulace stanovené územním nebo regulačním plánem nebo znemožnil ve stabilizovaném území 11 zástavbu v souladu se stavební čarou; v takovém případě lze stavět do hloubky zastavění a výšky odpovídající okolní zástavbě.*



Obr. 1 Příklad prokázání odstupového úhlu na situaci stavby []

#### **4 Nařízení č. 14/2024, o požadavcích na výstavbu ve statutárním městě Brně (brněnské stavební předpisy)**

Požadavky na osvětlení, proslunění a stínění jsou uvedeny v § 37 v Části 4 v Technických požadavcích na stavby.

Tyto požadavky jsou ve všech bodech zcela shodné s technickými požadavky uvedenými v pražských stavebních předpisech.

## **5 Připravované Nařízení o požadavcích na výstavbu ve statutárním městě Ostrava (ostravské stavební předpisy)**

O vyjádření ke stavu vydání ostravských stavebních předpisů jsem požádala Ing. arch. Pavla Řiháka, Ph.D., vedoucího Oddělení prostorového plánování a projektů z Městského ateliéru prostorového plánování a architektury (MAPPA), který finalizaci předpisů předpokládá v řádu jednotek měsíců.

*“Odlišné řešení oproti celostátní vyhlášce č. 146/2024 Sb., konkrétně v § 20 (Osvětlení, proslunění a stínění), zatím není součástí schválených témat k projednání. Pravděpodobně tedy bude osvětlení a oslunění řešeno totožně s celostátní vyhláškou. Rádi bychom však do OSP zahrnuli zpřesněné požadavky z celostátní vyhlášky v § 11 (Umístování stavby s ohledem na stavební čáru a na hranici pozemku), například dodržování odstupového úhlu, podobně jako tomu bylo v návrhu Městských stavebních předpisů, které již mají schváleny Brno a Praha.”*

### **Literatura a odkazy**

- [1] Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon, ve znění pozdějších novelizací.
- [2] Vyhláška č. 146/2024 Sb., o požadavcích na výstavbu. 1.7. 2024.
- [3] Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby.
- [4] Vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území.
- [5] Vyhláška č. 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.
- [6] Nařízení hlavního města Prahy č. 12/2024, o požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze (pražské stavební předpisy).
- [7] Nařízení č. 14/2024, o požadavcích na výstavbu ve statutárním městě Brně (brněnské stavební předpisy).
- [8] ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov. ČNI Praha. Červen 2007. Změna Z3/2019.
- [9] ČSN EN 17 037 +A1 Denní osvětlení budov. ÚNMZ Praha. Červenec 2022.
- [10] Vyhláška č. 160/2024 Sb., Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětských skupin, s účinností od 1.7. 2024.
- [11] ČSN 73 0580 -1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky. ČNI Praha. Červen 2007. Změna Z3/2019.

# Jaké je řešení při spínání elektrických obvodů nejen u svítidel v praxi?

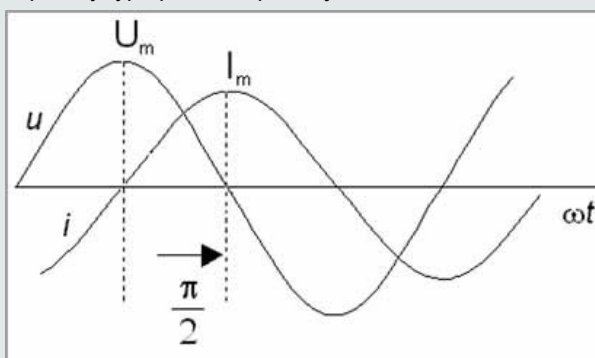


14/7/2024 Josef Smolík



1

Problematika spínání elektrických obvodů je stejně stará jako používání elektrického proudu pro náš jednodušší život. Při spínání vzniká mnoho zajímavých jevů, které se ale mohou nepříznivě projevit na spínacích přístrojích. Proto je důležité mít o některých jevech určitou představu a na základě znalosti, jak obvody ovlivňují spotřebiče, volit správný typ spínacího přístroje.



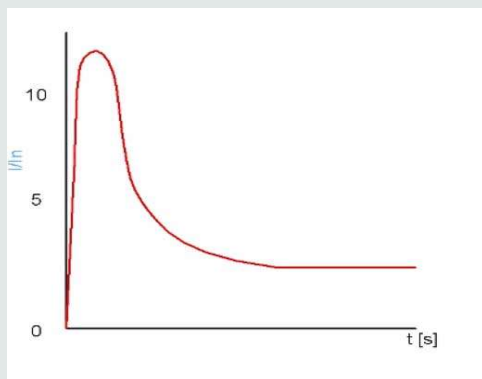
**Fázový posun mezi napětím a proudem (induktivní zátěž)**

Zopakujme si charakter zátěží - odporová, induktivní, kapacitní. Jaké jsou proudy u odporové zátěže, cívky relé, motoru, žárovky nebo třeba kondenzátoru?



2

**Charakter zátěže** - Spotřebiče v elektrickém obvodu mohou mít tři typy zátěže, a to odporovou, induktivní a kapacitní. Vždy se ale v obvodu vyskytuje kombinace těchto typů zátěží s tím, že některá z uvedených vlastností je dominantní. Typ zátěže způsobuje fázový posun mezi napětím a proudem. Tento posun se nepříznivě projevuje právě při spínání elektrických obvodů.

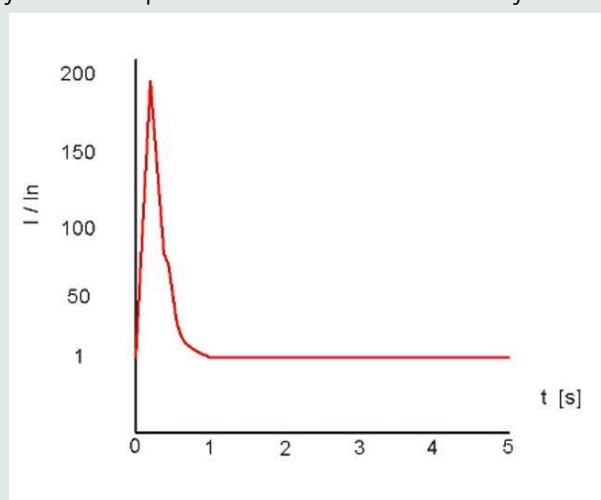


**Odporová zátěž** – ukázkou takového spotřebiče jsou například odporová topení, proud s napětím jsou ve fázi a v obvodech dochází při spínání k malým násobkům proudového nárazu.



3

**Induktivní zátěž** – typickým představitelem těchto spotřebičů jsou motory a transformátory. Obecně spotřebiče s vysokou indukčností. Při spínání dochází k proudovému nárazu který může dosahovat až dvanáctinásobku jmenovitého proudu a k ustálení dochází v řádu jednotek až desítek vteřin.



4

**Kapacitní zátěž** – zde se setkáváme s druhým extrémem, kdy proud předbíhá napětí, v tomto případě dosahuje spínaný proud poměrně extrémních hodnot, a to až stonásobky jmenovitého proudu. Tato proudová špička má však poměrně krátkou dobu trvání od desítek mikrosekund do stovek milisekund. Bohužel ale v současné době má převážná část zátěží tento charakter. Jedná se například o spotřební elektroniku, počítače, frekvenční měniče a také o **LED osvětlení**.

spotřebič	zapínací proud/jmenovitý proud
odporová zátěž	1
cívka relé	2 - 3
motor	5 - 12
žárovka	10 - 15
kondenzátor	20 - 250
spínaný zdroj	až 200

V tabulce je základní přehled, v jakém rozsahu se pohybují násobky jmenovitého proudu pro různé typy spotřebičů.



5

**Výběr spínacího přístroje** - Na základě těchto skutečností musíme přistupovat k výběru spínacích přístrojů v místě jejich použití na základě znalostí:

- Typu zátěže
- Velikosti spínaného proudu
- Četnosti spínání

Na základě výše uvedených vlastech závisí kategorie užití, kterou **popisují příslušné předmětové normy**:

**EN 60947-1** (Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí – Všeobecná ustanovení)

**EN 60947-3** (Spínače, odpojovače, odpínače a pojistkové kombinace)

**EN 60947-4-1** (Elektromechanické stykače a spouštěče motorů)

**EN 61095** (Elektromechanické stykače pro domácnost a podobné účely)

Kategorie užití je charakterizována hodnotami proudů, napětí, účinníků nebo časových konstant a dalšími údaji uvedenými v těchto normách. Zde jsou uvedeny základní charakteristiky pro různé kategorie užití podle norem EN 60947-4-1 a EN 61095. Proč se zaměřuji na tyto dvě normy? Protože se často přístroje navržené podle normy EN 61095 naprosto nevhodně používají například v obvodech, kde převažuje induktivní nebo kapacitní charakter zátěže, na což podle této normy nejsou přístroje konstruované. Norma EN 61095 předpokládá užití spínacích prvků pro převážně odporovou zátěž. Bohužel nevhodným použitím přístrojů mohou nastat fatální závady a s tím způsobené škody.



6

Kategorie užití	Podmínky zapínání a vypínání					
	$I_n/I_e$	$U_r/U_e$	$\cos \varphi$	Doba zapnutí <sup>b</sup> s	Doba vypnutí s	Počet spínacích cyklů
AC-1	1,5	1,05	0,8	0,05	f	50
AC-2	4,0 <sup>h</sup>	1,05	0,65 <sup>h</sup>	0,05	f	50
AC-3 <sup>i</sup>	8,0	1,05	a	0,05	f	50
AC-4 <sup>i</sup>	10,0	1,05	a	0,05	f	50
AC-5a	3,0	1,05	0,45	0,05	f	50
AC-5b	1,5 <sup>c</sup>	1,05	c	0,05	60	50
AC-6a	j					
AC-6b	e					
AC-8a <sup>k</sup>	6,0	1,05	a	0,05	f	50
AC-8b <sup>k</sup>	6,0	1,05	a	0,05	f	50

Kategorie užití <sup>a</sup>	Typická použití
AC-7a	Nepatrné indukční zátěže <span style="float: right;">≈ AC-1</span>
AC-7b	Motorové zátěže <sup>b</sup> <span style="float: right;">≈ AC-3</span>
AC-7c	Spínání řízení kompenzovaných elektrických výbojek <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Stykače mohou mít další kategorie užití, v tom případě musí vyhovět požadavkům IEC 60947-4-1 pro takové kategorie.  
<sup>b</sup> Kategorie AC-7b může být použita pro příležitostné krátkodobé zapínání a vypínání (pomalé posouvání krokem) nebo brzdění protiproudem po omezené době; během takových omezených dob nemá počet operací překročit pět za minutu nebo více než deset za dobu 10 minut.  
<sup>c</sup> Tato kategorie je podobná kategorii kapacitního spínání AC-6b, definované v IEC 60947-4-1 pro spínání kondenzátorových baterií, přičemž charakteristika je do značné míry závislá na hodnotě kapacity obvodu výbojky.



7

Zde z těchto výňatků z norem je zřejmé, jak se liší přístroje podle výše citovaných norem. A jak je proto důležité při realizaci spínacího obvodu a výběru vhodného spínacího prvku vycházet z předpokládaných požadavků na typ spínané zátěže. Typický přístroj navržený podle EN 61095 je například spínací přístroj typu RSI společnosti OEZ.



8

Jako typické spínací přístroje podle normy EN 60947-4-1 jsou stykače a motorstartery společnosti Siemens.



9

Zajímavou možností pro spínání je použít moderní polovodičové spínací přístroje podle normy EN 60947-4-3, které mají tyto vlastnosti:

- Spínání v nule napětí, což snižuje proudovou špičku při zapnutí.
- Vyznačují se vysokou elektrickou životností.
- Jako nevýhodu musíme uvést, že se nejedná se o galvanické odpojení.

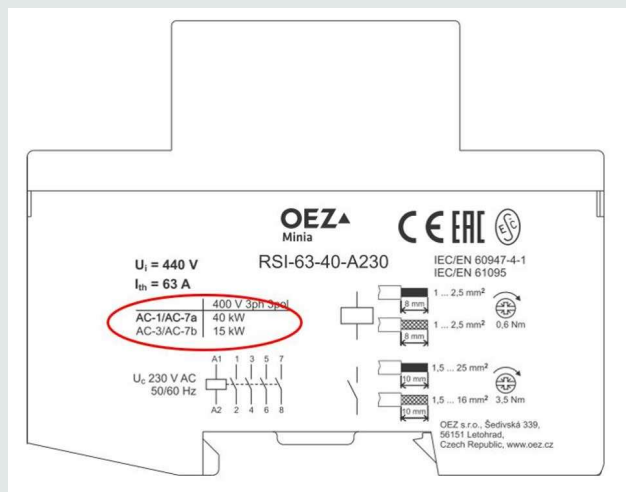
RSI-25-...-X...	RSI-32-...-X...	RSI-40-...-X...
ČSN EN 60947-4-1	ČSN EN 60947-4-1	ČSN EN 60947-4-1
ČSN EN 60947-5-1	ČSN EN 60947-5-1	ČSN EN 60947-5-1
ČSN EN 61095	ČSN EN 61095	ČSN EN 61095
40, 31, 04	40, 31, 04	40, 31, 04
25 A	32 A	40 A
AC 400V	AC 400V	AC 400V
25 A	32 A	40 A
8,5 A	8,5 A	22 A

Jako příklad je možné uvést zase přístroje společnosti Siemens 3RF



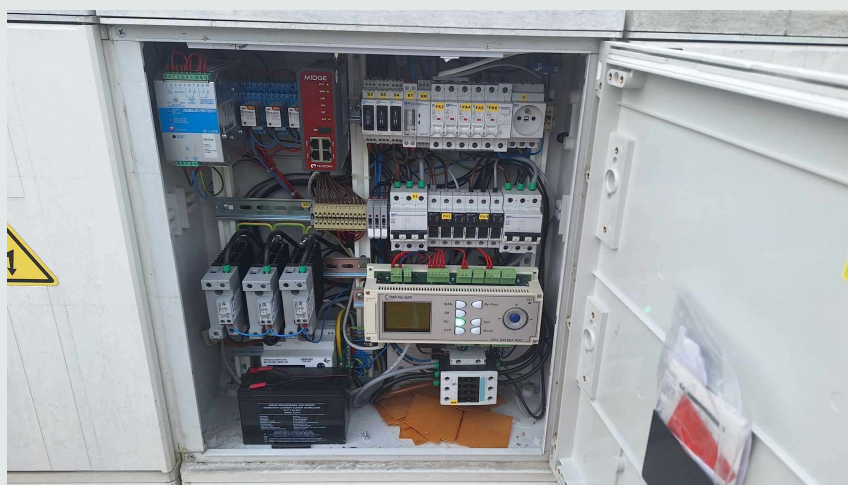
10

Pokud používáme přístroje podle norem EN 61095, musíme se v katalogu výrobce seznámit s redukcí jmenovitého proudu pro jiný typ zátěže než je odporová. Tato redukce je významná a dá se zhruba hovořit o tom, že tato redukce mezi AC-1 (AC-7a) a AC-3 (AC-7b) se pohybuje kolem čtyřnásobku jmenovitého tepelného proudu, jak je vidět na výňatku z katalogu OEZ pro stykač RSI.



11

Dobrým příkladem z praxe jsou SS stykače (polovodičové stykače). U konkrétní zakázky v Plzni na TT trati Borská pole jsme doporučili řešení od firmy Phoenix Contact. SS stykače se dodávají včetně chladiče, který je nezbytnou součástí. Princip je, že SS stykače spínají náběh až poté, co se časové relé přepne na stykač. Nicméně v případě na fotce sepne stykač a po něm se až aktivují SS stykače. Toto řešení s časovým relé je určitě vhodnější, protože zkrat nebo přepětí může polovodičový stykač zničit.



12

# Děkuji za pozornost

**Josef Smolík**  
**M: +420 727 920 995**  
**E: [smolik@spren.cz](mailto:smolik@spren.cz)**  
**W: [www.spren.cz](http://www.spren.cz)**  
**Společnost SPREN s.r.o.**  
**Teslova 1202/3, Pízeň, PSČ 301 00**



# Aplikace výpočtů denního osvětlení

Pavel Staněk, Ing., ASTRA MS Software s.r.o., pavel.stanek@astrasw.cz, www.astrasw.cz.cz

*Článek se zaměřuje na aplikace výpočtů denního osvětlení v souvislosti se změnami normativního a zákonného rámce. V první části provedeme souhrn provedených a plánovaných změn rámce, v druhé části pak představíme aplikace výpočtu ve smyslu provedených změn.*

## 1 Změny zákonného a normativního rámce

V letošním roce začala platit zásadní změna NV 361:2007, která byla realizovaná NV 452:2024, která se týká denního osvětlení. Denní osvětlení již nehodnotíme oproti minimální hodnotě činitele denní osvětlenosti, ale ve smyslu harmonizované evropské normy oproti v této normě uvedené cílové hodnotě a minimální cílové hodnotě.

Současně také dochází ke změnám v hodnocení sdruženého osvětlení. Sice stále zůstává v platnosti norma ČSN 36 0020, ale výše uvedené NV hovoří jinak a má vyšší právní sílu. Konkrétně musí být pro denní osvětlení splněny tyto hodnoty:

- pro svislé a šikmé osvětlovací otvory vyjádřené cílovým činitelem denní osvětlenosti  $DT = 1 \%$  na  $50 \%$  posuzovaného prostoru a zároveň minimálním cílovým činitelem denní osvětlenosti  $DTM = 0,5 \%$  na  $95 \%$  posuzovaného prostoru,
- pro vodorovné osvětlovací otvory vyjádřené cílovým činitelem denní osvětlenosti  $DT = 1,5 \%$  na  $50 \%$  posuzovaného prostoru a zároveň minimálním cílovým činitelem denní osvětlenosti  $DTM = 0,5 \%$  na  $95 \%$  posuzovaného prostoru

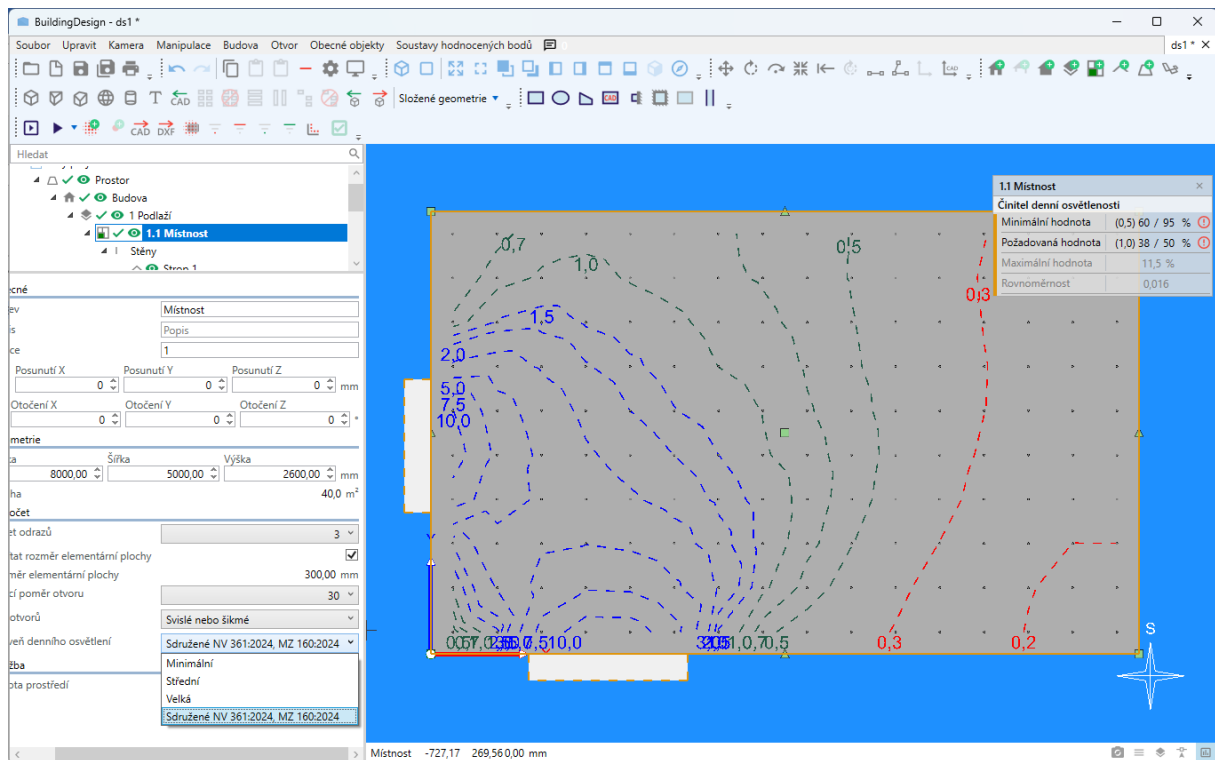
Ve stejném smyslu jako uvedené NV hovoří také nová, již platná vyhláška MZ 160:2024, která nahradila původní vyhlášku MZ 410. Tedy i ve školních prostorech je třeba denní osvětlení hodnotit v intencích evropské normy, jak je uvedeno výše.

V současné době také probíhají práce na dokončení nové české normy ČSN 73 0580 (bez pomlčky), která se snaží definitivně narovnat požadavky na denní osvětlení. Tato norma by měla jednak mít konkrétní požadované hodnoty v normativní části a dále by měla, kromě jiného upravit požadavky na denní osvětlení v obytných prostorech.

V dalším textu se pokusíme na příkladech ukázat, jak lze realizovat výpočty denního osvětlení ve smyslu výše uvedených i některých neuvedených změn.

## 2 Hodnocení sdruženého osvětlení podle NV 361:2024

Výše uvedené NV přineslo změny do hodnocení denního osvětlení v pracovních prostorech. Zajímavostí je, že i pro vodorovné osvětlovací otvory je požadovaná cílová i minimální cílová hodnota činitele denní osvětlenosti. Ukázku nastavení požadovaných hodnot úrovně denního osvětlení jako součásti sdruženého osvětlení můžete najít na následujícím obrázku. Předpokládaná úprava pro obytné prostory ve smyslu připravované normy ČSN 73 0580 bude teprve implementována.

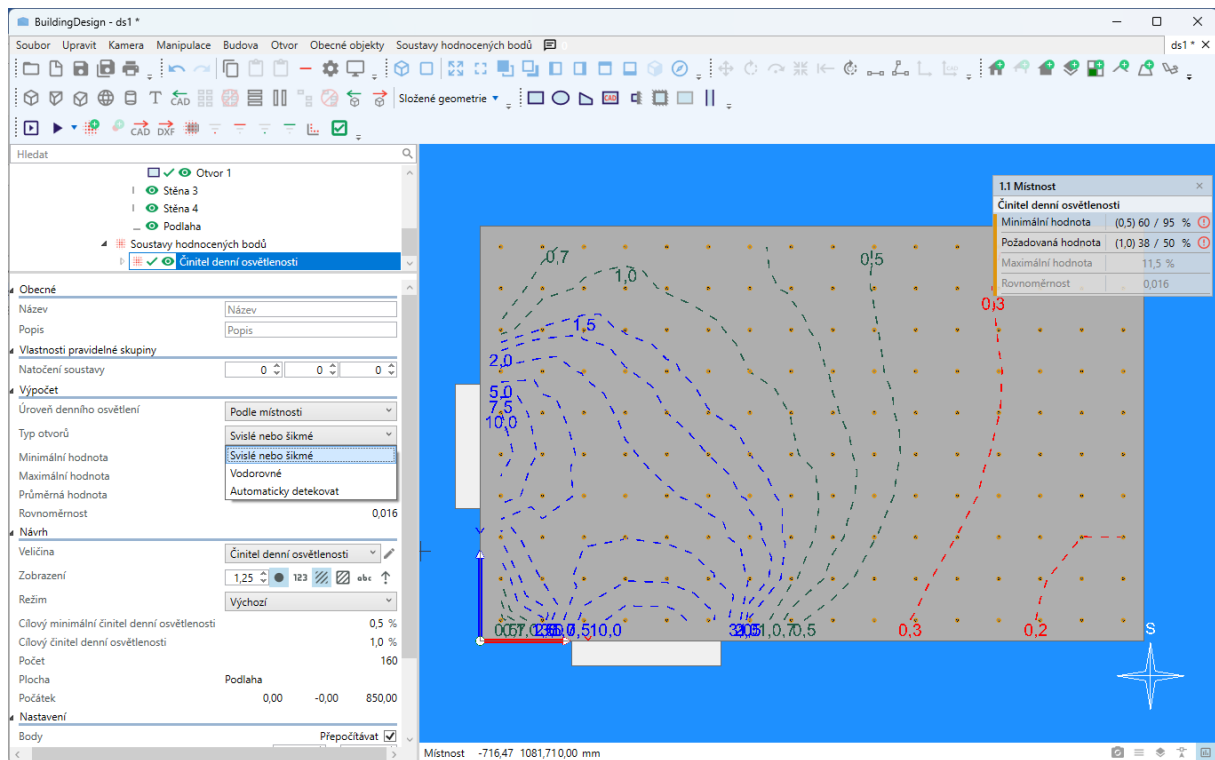


Obr. 1 Nastavení požadované úrovně denního osvětlení

### 3 Nastavení na soustavě hodnocených bodů

V poměrně velkém množství posuzovaných prostorů dochází k situacím, kdy v jedné části prostoru je denní osvětlení provedené vodorovnými otvory a v druhé části pak svislými otvory. Rovněž dochází i k situaci, kdy v části prostoru denní osvětlení bez problémů vyhovuje, v další části pak vyhovuje pouze jako součást sdruženého osvětlení.

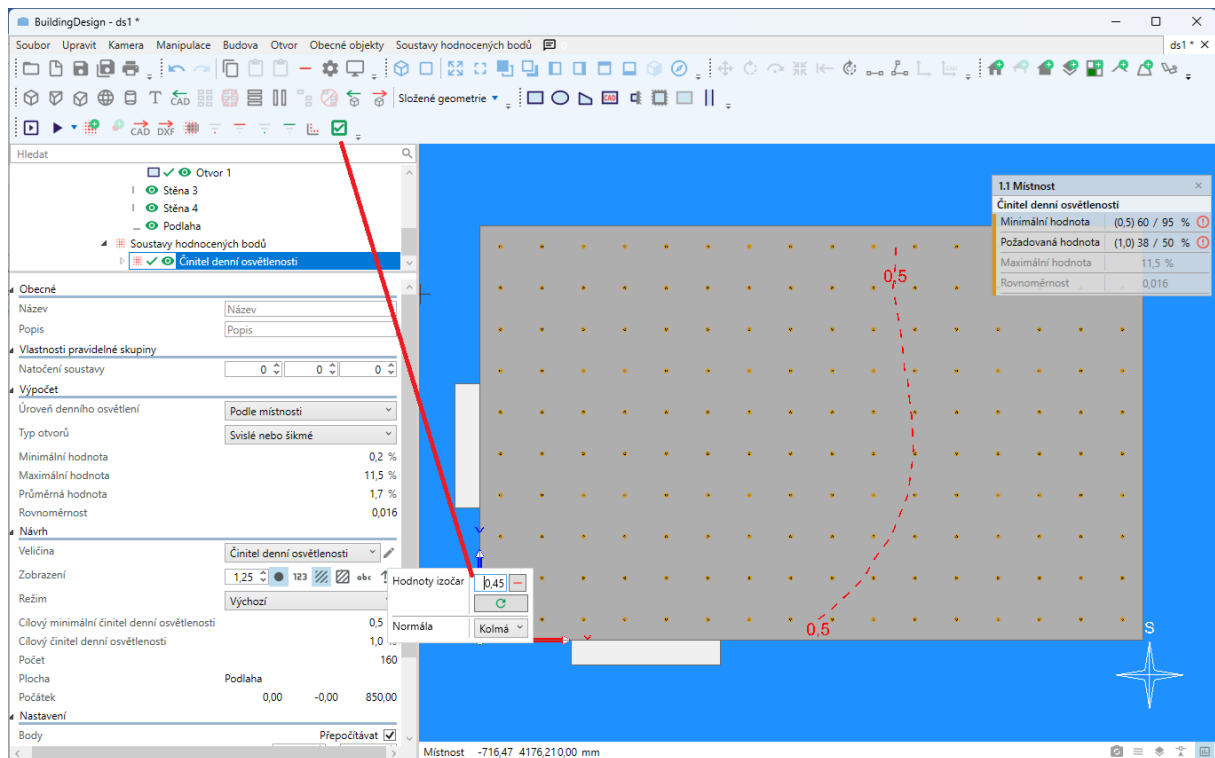
Za tímto účelem lze typ otvorů i úroveň denního osvětlení nastavit přímo na soustavě hodnocených bodů, jak je naznačeno na dalším obrázku.



Obr. 2 - nastavení na soustavě hodnocených bodů

#### 4 Nalezení oblasti s vyhovujícím denním osvětlením

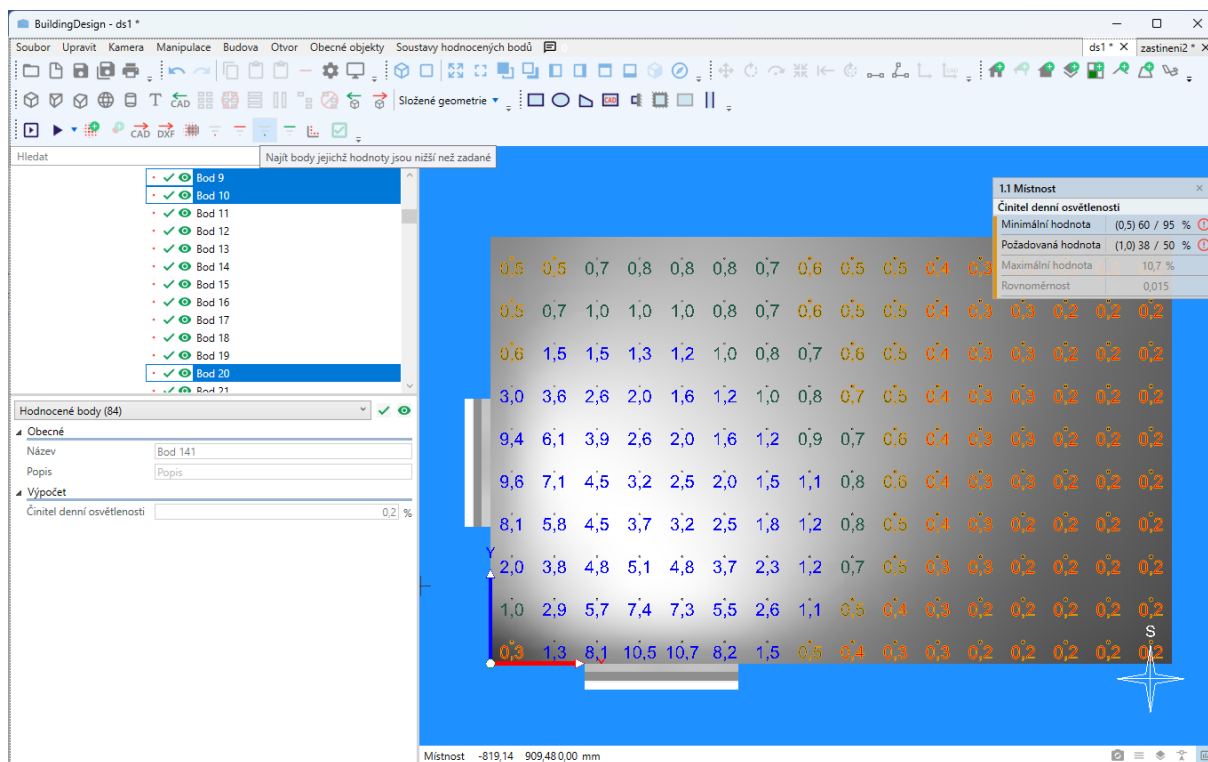
Hodnocení denního osvětlení postaru bylo jednoduché v tom, že bylo snadné vymezit oblast, kde je denní osvětlení vyhovující a kde nikoliv. Požadavky na denní osvětlení ve smyslu EN 17037 však znamená např. v prostoru se svislými otvory splnit cílovou hodnotu 2.0 % na 50% plochy a současně 0,7 % na 95% plochy. Proto byla implementována metoda, která je schopná oblast, kde jsou splněny obě podmínky, vymezit formou izofoty. Tuto funkčnost demonstruje následující obrázek.



Obr. 3 - vymezení vyhovující oblasti

## 5 Nalezení bodů s nevyhovujícími hodnotami

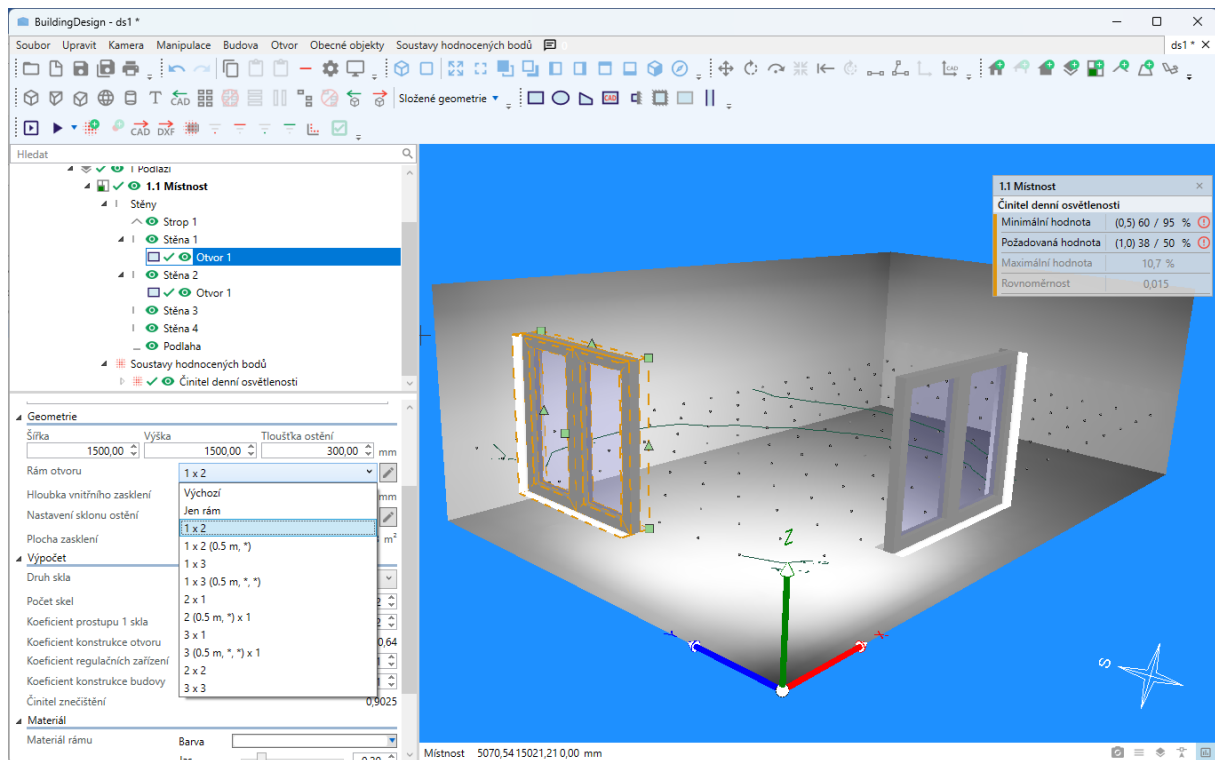
V praxi je také často třeba najít a vybrat body, ve kterých je vypočtená hodnota činitele denní osvětlenosti nižší než požadovaná. Za tímto účelem lze použít funkci, která takové body dokáže nalézt. Použití můžete najít opět na následujícím obrázku. Pak bude na uživateli, jak s takovými body naloží.



Obr. 4 - nalezení bodů s nevyhovujícími hodnotami

## 6 Použití okenních rámců

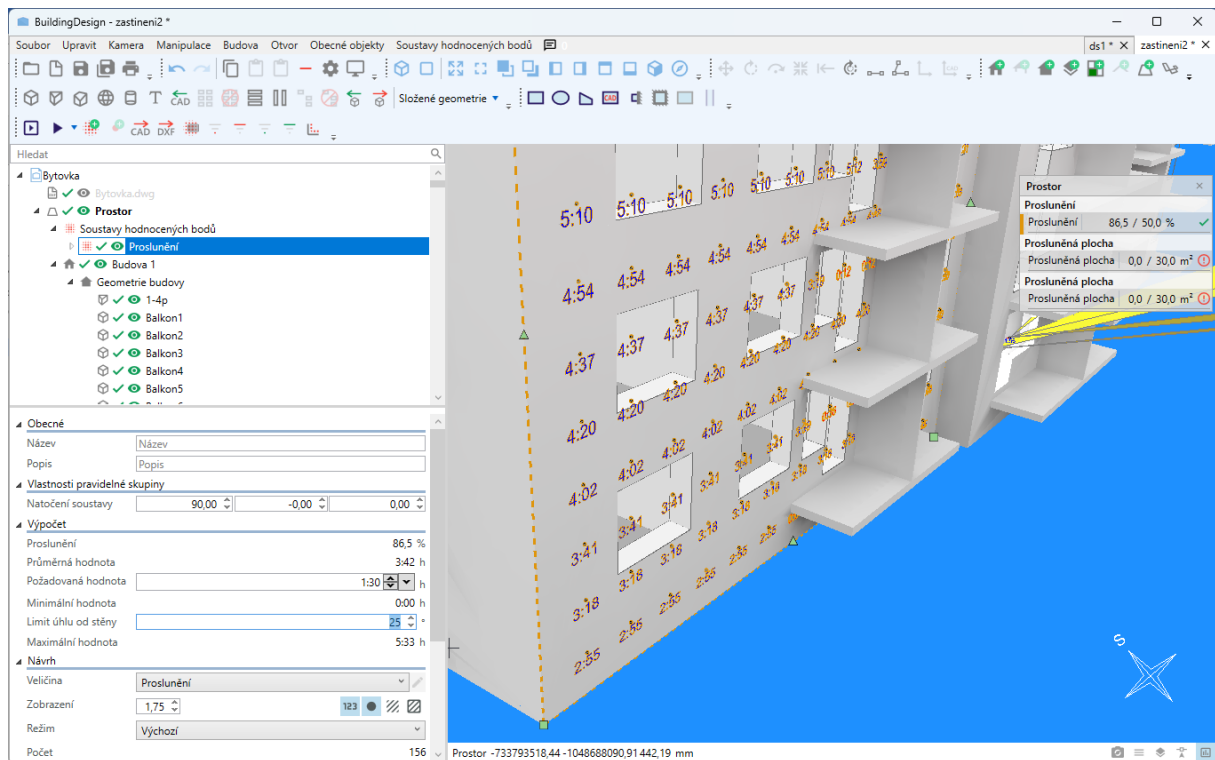
Připravovaná norma ČSN 73 0580 pravděpodobně umožní použít skutečných stínících vlastností okenních rámců místo zadaného koeficientu konstrukce otvoru. Odstraní se tím použití zprůměrovaného činitele přes celou plochu a může tak dojít k dalšímu zpřesnění výpočtu, a to často směrem nahoru. Podmínkou ovšem je, aby měl zpracovatel výpočtu detailní informace o konstrukci oken. Uživatel může konfiguraci rámců provést poměrně volným způsobem. Použití rámců můžete najít na dalším obrázku, koeficient konstrukce otvoru je v tomto případě počítanou hodnotou. Jen ještě bude třeba dořešit případné stínění prostředním sloupcem rámu při hodnocení proslunění.



Obr. 5 - Použití okenních ráků

## 7 Nastavení výpočtu proslunění na fasádě

V následujícím obrázku je ukázána možnost nastavení limitů úhlů pro hodnocení oslunění na fasádě. Tato metoda se používá zejména v případech, kdy ještě není zřejmé, kde konkrétně jsou osvětlovací otvory.



Obr. 6 - nastavení limitů hodnocení proslunění na fasádě

Závěrem bych rád uvedl, že výše uvedené změny jistě nejsou poslední, které budou implementovány, aby výpočet co nejlépe odpovídal platným vyhláškám a normám. Budeme se těšit i na přání uživatelů, podněty z praxe nás mohou posunout dále do budoucnosti.

SRVO

# Světelné znečištění

Co se pod tím skrývá?

1

Světelné znečištění hodnotí 3 základní parametry

Svícení do  
horního  
poloprostoru

Svícení mimo  
požadovanou  
oblast

Oslnění

2

**Extrémní světelné znečištění má řadu negativních dopadů na životní prostředí, lidské zdraví a noční oblohu. Zde jsou některé z následků:**

- 1. Zdravotní problémy:** Přebytké světlo v noci může narušit spánek a biologické hodiny. Lidé, kteří jsou vystaveni nepřírozenému světlu v noci, mají vyšší riziko vzniku poruch spánku, obezity, cukrovky a kardiovaskulárních onemocnění.
- 2. Ekologické dopady:** Světelné znečištění ovlivňuje rostliny, živočichy a ekosystémy. Ptáci a hmyz jsou přitahováni k umělým světlům, což může mít negativní dopad na jejich migraci, hnízdění a orientaci.
- 3. Ztráta noční oblohy:** Extrémní světelné znečištění brání pozorování hvězd, planet a meteoritů. Mnoho lidí již nemá možnost vidět krásu noční oblohy kvůli přebytku umělého světla.
- 4. Energetické plýtvání:** Neefektivní osvětlení spotřebovává zbytečně velké množství elektriny. To znamená vyšší náklady a zvýšenou emisi skleníkových plynů. Je důležité, aby se společnost zaměřila na snižování světelného znečištění a chránila noční tmavost pro budoucí generace.

3

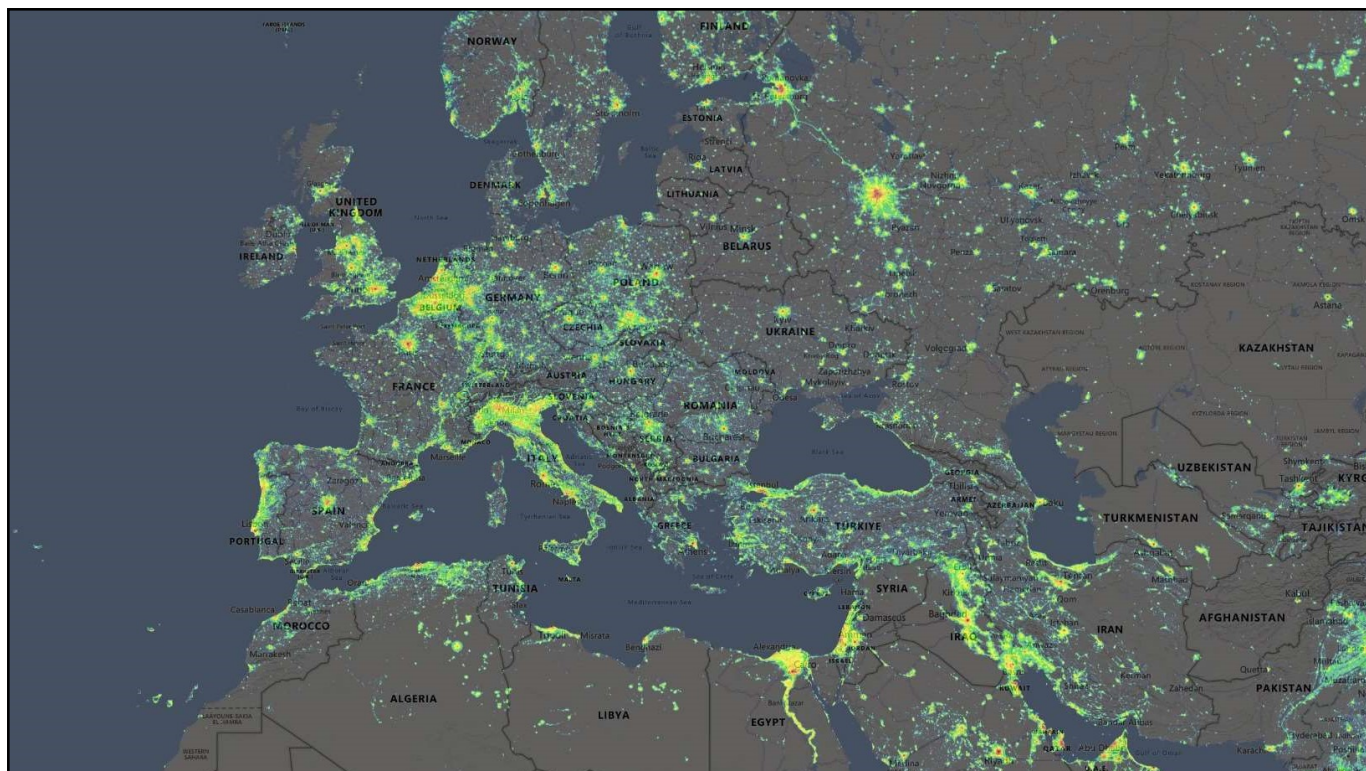
## 1. Přebytké světlo v noci

4

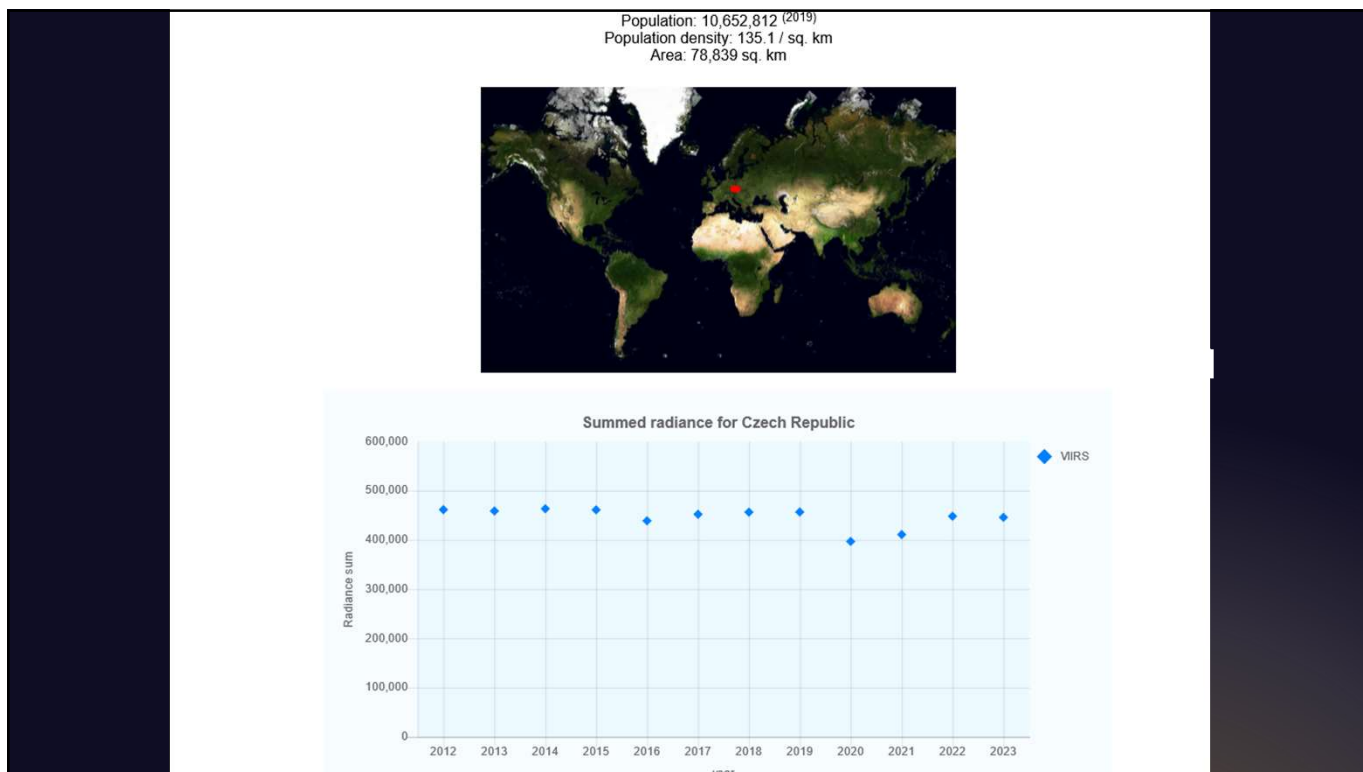
## Zobrazení záření Evropy na mapě světelného znečištění

Až 80% populace je postiženo světelným znečištěním

5




6



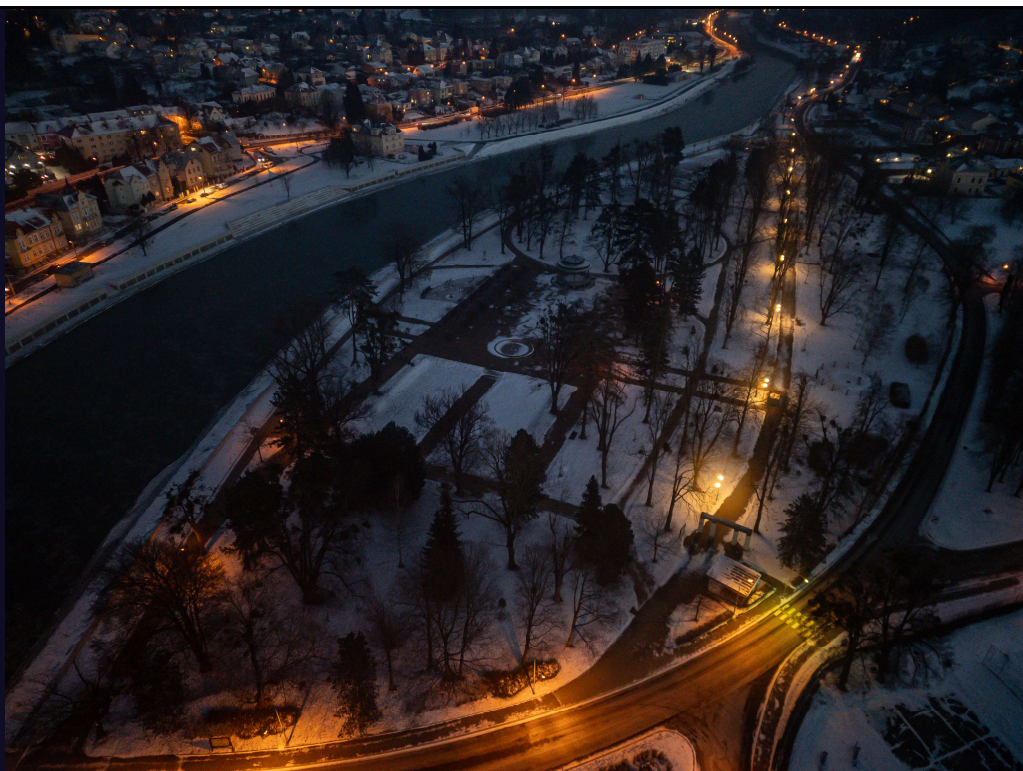
7

## Jak jsme na to v číslech?

Country	Population	Area (sq. km)	Avg. Sum	Trend	Rad./ 1k pop	Avg. Mean
 <b>Czech Republic</b>	10,652,812	78,838.50	445,730	-0.68 %	41.8	1.216
 <b>Democratic Republic of the Congo</b>	86,790,567	2,329,354.38	110,390	+2.64 %	1.3	0.010
 <b>Belgium</b>	11,473,875	30,790.18	658,740	-1.33 %	57.4	4.604
 <b>Croatia</b>	4,130,304	60,768.05	305,582	-0.64 %	74.0	1.082
 <b>Cuba</b>	11,209,628	119,540.68	164,753	-1.29 %	14.7	0.296
 <b>Poland</b>	38,413,000	312,967.62	1,591,956	+0.54 %	41.4	1.094
 <b>Portugal</b>	10,276,617	93,928.59	1,032,728	-1.65 %	100.5	2.365
 <b>United Arab Emirates</b>	9,770,529	73,215.13	1,703,809	+2.95 %	174.4	5.007
 <b>United Kingdom *</b>	66,435,600	258,026.39	1,957,904	-3.05 %	29.5	1.632
 <b>United States *</b>	329,572,000	9,555,291.61	32,625,229	+0.46 %	99.0	0.913

8

Původní  
osvětlení  
parku v  
Hranicích  
pomocí  
tzv. koulí



9

Nové  
osvětlení  
svítidly  
HASSTA

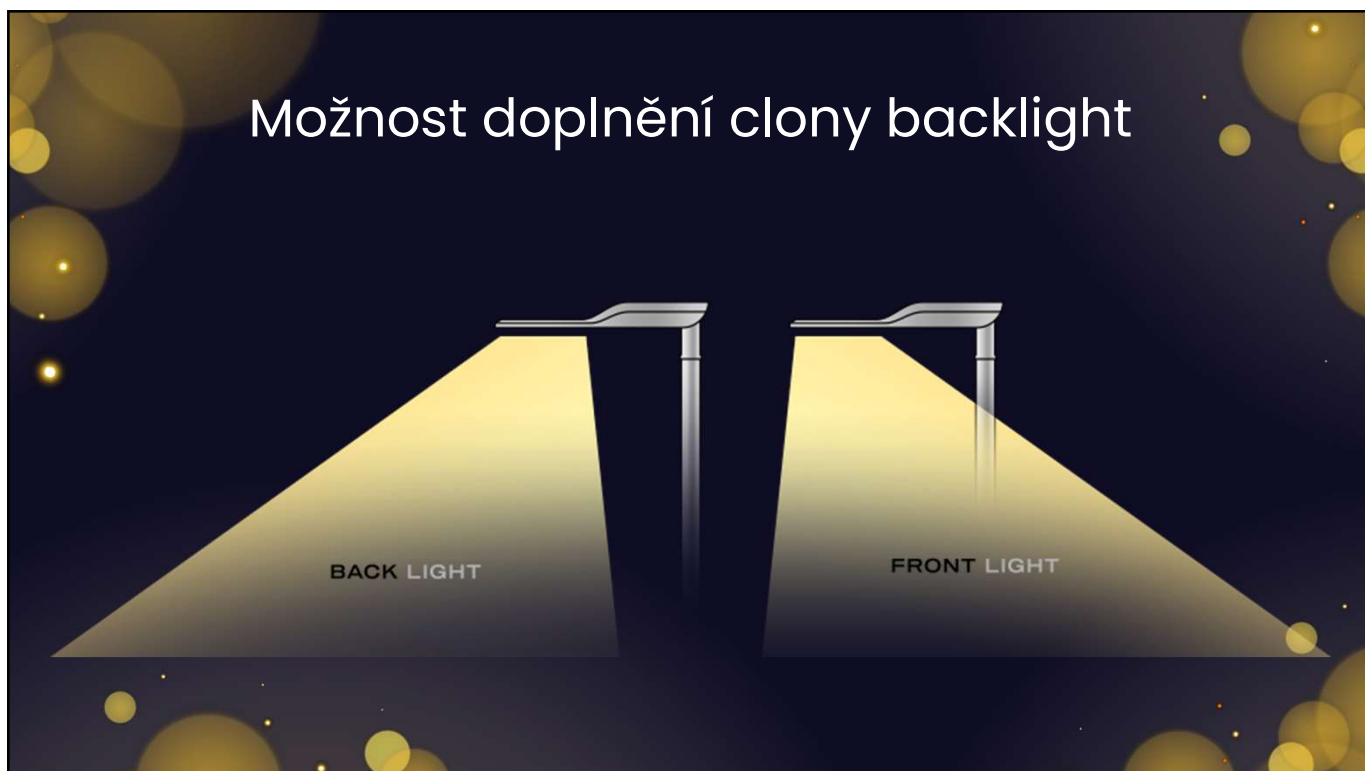


10



Světelné  
znečištění  
fasád

11

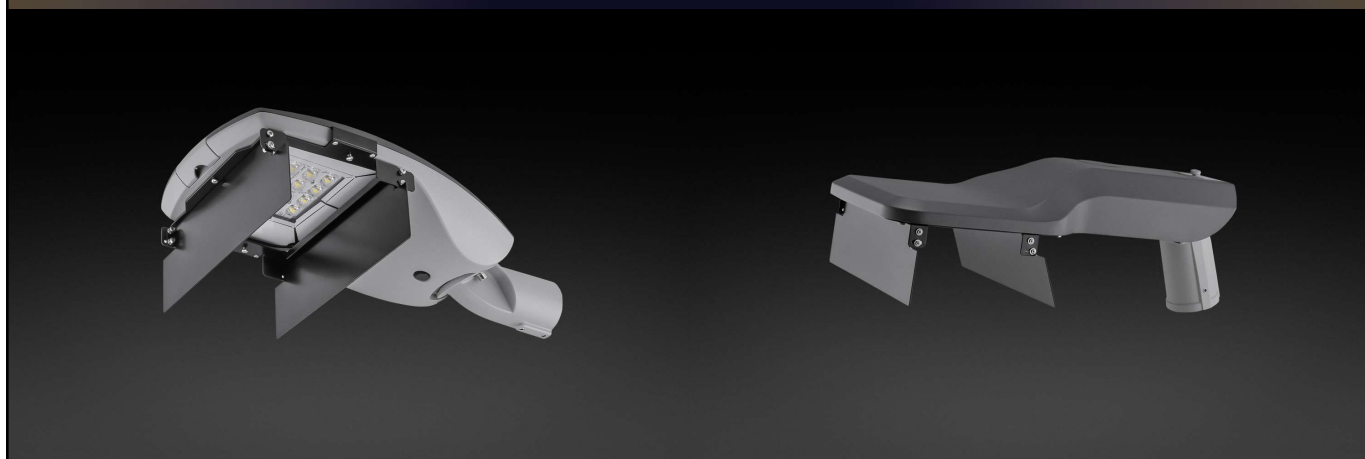


12



13

Řešením může být i externí clona – není to hezké řešení, ale plní svůj účel



14

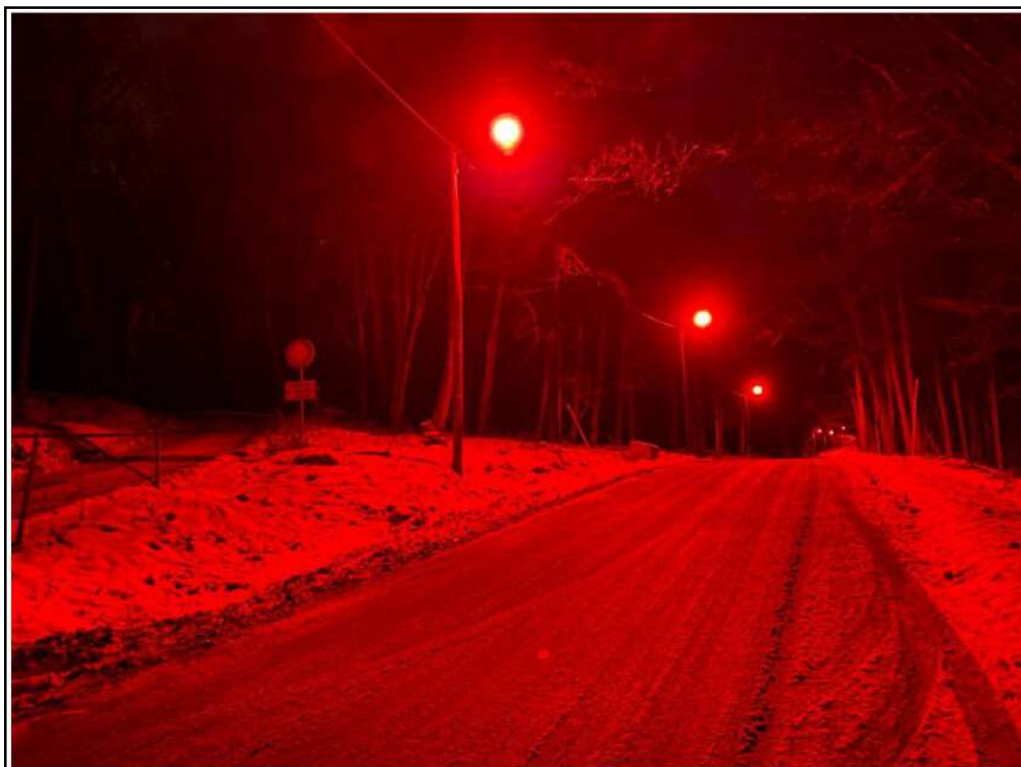
Instalační firma s investorem vymysleli vlastní řešení.



15

## 2. Ekologické dopady

16



Je dostatečné limitovat pouze modrou složku?

17

## Červené světlo

1. Je předpoklad že červené světlo bude mít ještě nižší dopad na citlivé organismy oproti již známe technologii Amber. Jedná se zejména o netopýry a hmyz jako jsou například noční můry.
2. Předpokládá se, že červené světlo v rozmezí 625nm až 780nm se v atmosféře rozptyluje méně než světlo jiných vlnových délek. Což může snížit záření na obloze, nebude mít žádný dopad na cirkadiální rytmy a zároveň bude snižovat oslnění
3. Monochromatická barva zamezuje vnímání jakýchkoliv barev. Snižuje tak subjektivní hodnocení prostor, což může potenciálně ovlivnit vnímání bezpečnosti a ochrany.
4. Měrný výkon monochromatického zdroje se pohybuje na 50% účinnosti oproti standardní LED
5. Dopady na netopýry a noční hmyz jsou možná příznivé, ale na jaký úkor? Není tedy lepší nesvítit vůbec?

18

## Snížení podílu modré složky

Nějpoužívanější označení svítidel je Amber. (Jantarová)  
Tento typ svítidel svítí v teplotě kolem 1800K.

Je možné svítit s nízkým obsahem modré složky i v jiných teplotách chromatičnosti?

Pomocí oranžových filtrů je možné snížit podíl modré složky na minimální hladinu. Tento filtr mění teplotu chromatičnosti podle teploty zdroje a celkového obsahu filtrační složky v optice. U varianty 4000K může být podle typu optiky rozdíl 2300 – 2500K. Podíl modré složky se pohybuje pod 1%.

Zde je tedy vidět, že teplota chromatičnosti je pouze orientační údaj.



19

Světelné  
znečištění není  
produkováno  
pouze svítidly  
veřejného  
osvětlení

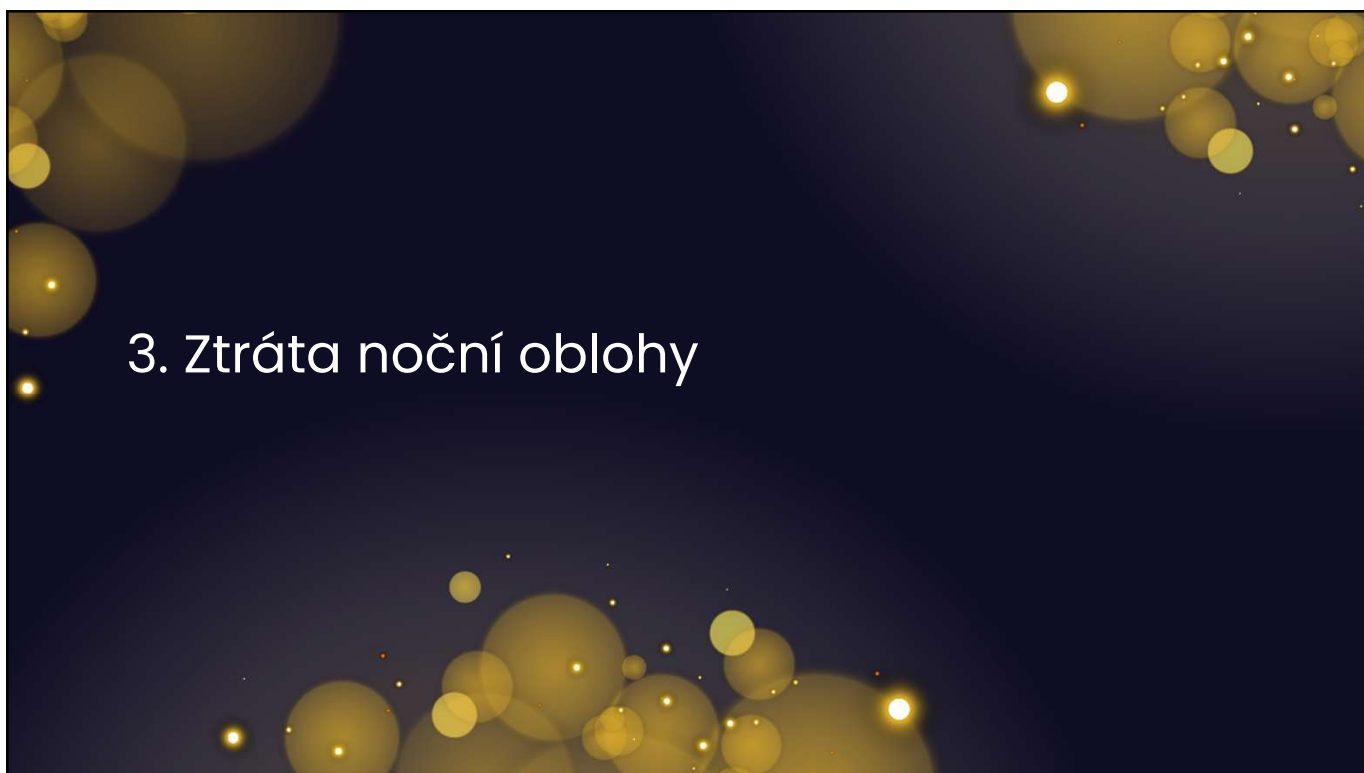
V době migrace zahynulo  
nárazem do skel  
největšího  
kongresového centra  
McCormig place v  
Severní Americe přes  
1. tis. ptáků.



20



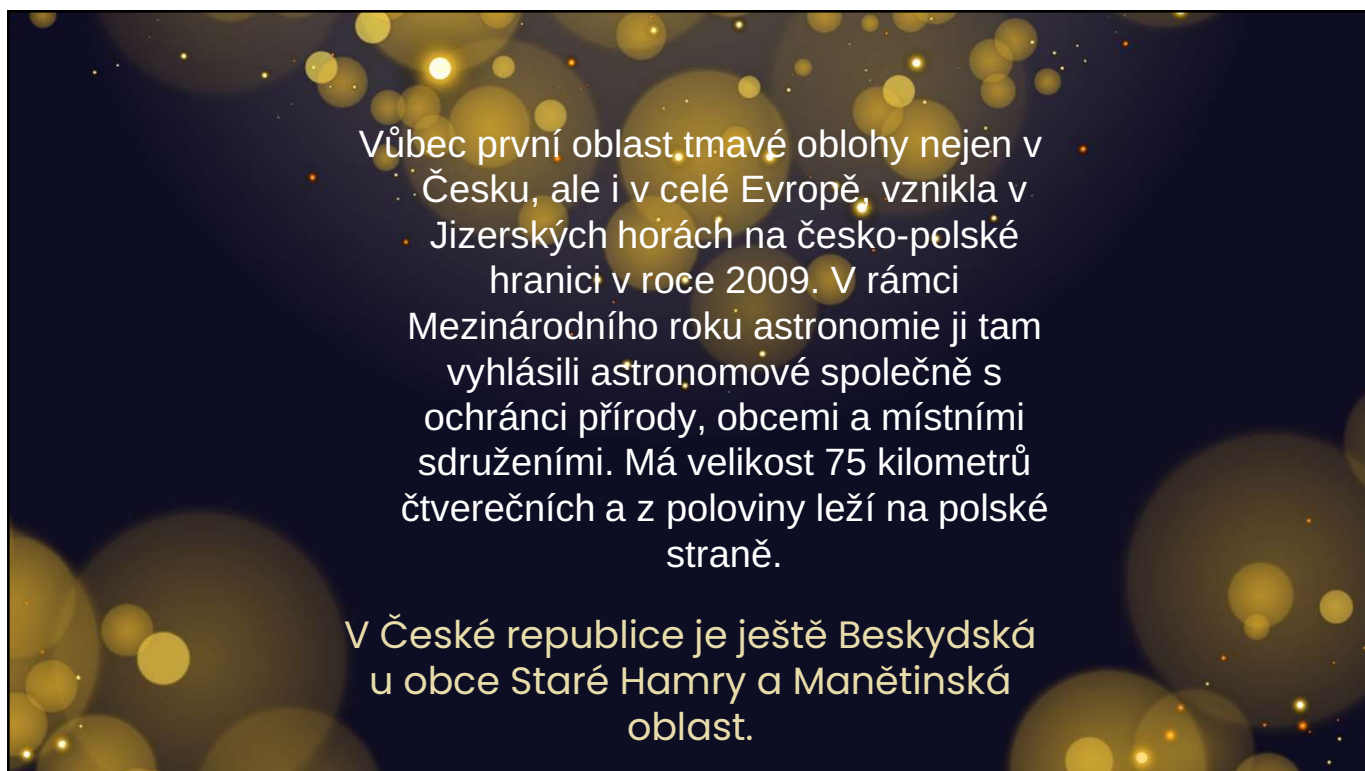
21



22



23



24

## Dark Sky Places – IDA

Místa tmavé oblohy můžete jednoduše vyhledat přes organizaci DARK SKY.

Jenom v Evropě jich máme 51.



**DARKSKY  
APPROVED**  
Reduces light pollution  
Certified by DarkSky.org



## Find a Dark Sky Place



25

## Jak to vypadá u ostatních států?

### Francie

Vydala novou příručku na ochranu přírody, která zahrnuje různé omezení, od používání pesticidů, přes limitaci hluku i na mořském dně až po světelné znečištění. Jedním ze závazků je snížení světelného znečištění během 10-ti let o 50 %. Jedná se o městské osvětlení, ale také osvětlení obchodní center, parkovišť, výkladních skříní...

### Slovensko

Rušivé světlo je světlo zo zdrojov umelého svetla vo vonkajšom prostredí okrem svetla z dopravných prostriedkov a okrem svetla z verejného osvetlenia, ktoré po dopade na vonkajšiu plochu osvetľovacieho otvoru obytnej miestnosti svojím pôsobením subjektívne obťažuje užívateľov obytnej miestnosti

### Bali

12. 3. je největší svátek Nyepi, neboli den klidu a ticha. Během tohoto svátku je zákaz vycházení a všichni vč. turistů musí zůstat doma, Po setmění je zakázáno svítit, aby si démoni mysleli, že je ostrov neobydlený. Dokonce je zakázáno vařit na plynových sporácích a celý den ani nefunguje internet.

26

V předvečer svátku se spalují démoni na břehu moře.



27

Následující den je pak světelné znečištění minimalizováno a je možné vidět hvězdné nebe



28

# 4. Energetické plýtvání

29

# Výběr správné křivky, může ušpóřit nemalé náklady

The screenshot shows the 'Lumen Road Calculator 0.6.1 (3.05.2022)' interface. The main window is titled 'Výběr správné křivky, může ušpóřit nemalé náklady'. The interface is divided into several sections:

- Project Settings:** Project name 'Vzorový projekt', Situation 'Silnice M5 + parkování', and a 'Vypočítat (F5)' button.
- Input Parameters:** 'Číselná údržba' set to 0.90, 'Povrch' set to 'CIE R3', 'Šířka' set to 6.00 m, and 'Počet pruhů' set to 1.
- Light Curve Selection:** A list of light curves (MARUT G2 L01 to L24) is shown on the left. A 'Rozmíření svítidel' section includes 'Vzdálenost sloupů' (24.0 m), 'Výška sv. bodu' (12.0 m), 'Náклон svítidla' (0.0), 'Přesah nad voz.' (0.0 m), 'Délka vyžádání' (1.5 m), and 'Podélné posunutí' (0.0 m).
- Comparison Table:** A table titled 'Parkovací pruh 1' and 'Vozovka 1' compares various light curves. The table has columns for 'Křivka', 'Min.tok', 'D.', 'G', 'Em', 'U0', 'Lm', 'U0', 'U1', 'TI', and 'EIR'. The first row is highlighted in blue.
- Light Curve Diagram:** A circular diagram at the bottom left shows the beam spread of the selected light curve.

Křivka	Min.tok	D.	G'	Em	U0	Lm	U0	U1	TI	EIR
MARUT G2 M17 7x4 B1x4	2 940			5,22	0,81	0,50	0,78	0,92	5	0,69
MARUT G2 M10 7x4 B1x4	3 410			7,22	0,87	0,50	0,86	0,93	3	0,38
MARUT G2 M18 7x4 B1x4	3 500			5,01	0,83	0,52	0,72	0,89	3	0,58
MARUT G2 L10 7x4 TSx4	3 710			6,50	0,83	0,50	0,79	0,88	3	0,56
MARUT G2 M07 7x4 B1x4	3 800			7,30	0,83	0,50	0,82	0,78	5	0,35
MARUT G2 L19 7x4 TSx4	3 810			5,67	0,80	0,50	0,73	0,84	2	0,64
MARUT G2 L07 7x4 TSx4	3 910			6,99	0,86	0,50	0,85	0,91	3	0,60
MARUT G2 L03 7x4 TSx4	3 960			5,72	0,92	0,92192381424198239	0,92	0,92	5	0,66
MARUT G2 L52 7x4 TSx4	3 990			5,17	0,79	0,50	0,66	0,87	6	0,81
MARUT G2 M03 7x4 B1x4	3 990			5,12	0,91	0,50	0,77	0,90	5	0,58
MARUT G2 L17 7x4 TSx4	4 040			5,82	0,86	0,50	0,70	0,92	3	0,72
MARUT G2 L53 7x4 TSx4	4 050			5,80	0,85	0,50	0,69	0,83	5	0,82
MARUT G2 L51 7x4 TSx4	4 080			5,68	0,76	0,50	0,69	0,87	4	0,70
MARUT G2 M08 7x4 B1x4	4 220			6,01	0,80	0,50	0,66	0,79	4	0,75
MARUT G2 L04 7x4 TSx4	4 220			6,06	0,91	0,50	0,77	0,95	4	0,78
MARUT G2 M05 7x4 B1x4	4 380			6,36	0,87	0,50	0,82	0,89	2	0,72
MARUT G2 L12 7x4 TSx4	4 430			7,04	0,85	0,50	0,81	0,93	4	0,76
MARUT G2 M12 7x4 B1x4	4 450			6 46	0,80	0,50	0,79	0,97	4	0,90
MARUT G2 M04 7x4 B1x4	4 450			5,83	0,82	0,50	0,76	0,90	5	0,76
MARUT G2 L06 7x4 TSx4	4 670			7,88	0,87	0,50	0,88	0,93	3	0,69
MARUT G2 L05 7x4 TSx4	4 710			7,49	0,90	0,50	0,81	0,90	1	0,74
MARUT G2 L54 7x4 TSx4	4 730			6,48	0,89	0,50	0,74	0,92	4	0,87
MARUT G2 L06 7x4 TSx4	4 790			7,95	0,86	0,50	0,77	0,84	3	0,80
MARUT G2 M13 7x4 B1x4	4 820			7,13	0,77	0,50	0,74	0,74	5	0,44
MARUT G2 L14 7x4 TSx4	4 840			7,31	0,87	0,50	0,85	0,90	3	0,74
MARUT G2 M19 7x4 B1x4	4 840			5,01	0,80	0,51	0,57	0,77	2	0,67
MARUT G2 L01 7x4 TSx4	4 930			8,04	0,89	0,50	0,87	0,90	3	0,73
MARUT G2 M22 7x4 B1x4	5 000			7,32	0,93	0,50	0,76	0,89	3	0,57
MARUT G2 L22 7x4 TSx4	5 050			6,38	0,91	0,50	0,87	0,97	3	0,62
MARUT G2 L13 7x4 TSx4	5 110			7,55	0,89	0,50	0,80	0,76	3	0,58
MARUT G2 M25 7x4 B1x4	5 150			6,72	0,74	0,50	0,72	0,86	4	0,81

30

Někdy ani  
správná  
křivka nestačí



31

Jak vidí světelné  
znečištění umělá  
inteligence?

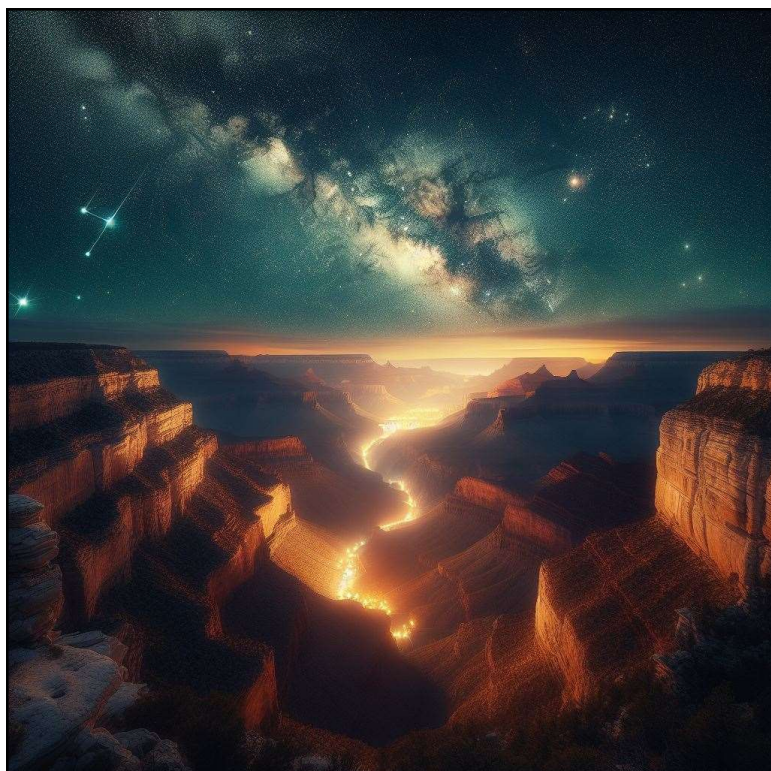
32

Světelné  
znečištění  
městských  
oblastí



33

Extrémní světelné  
znečištění



34



35



36

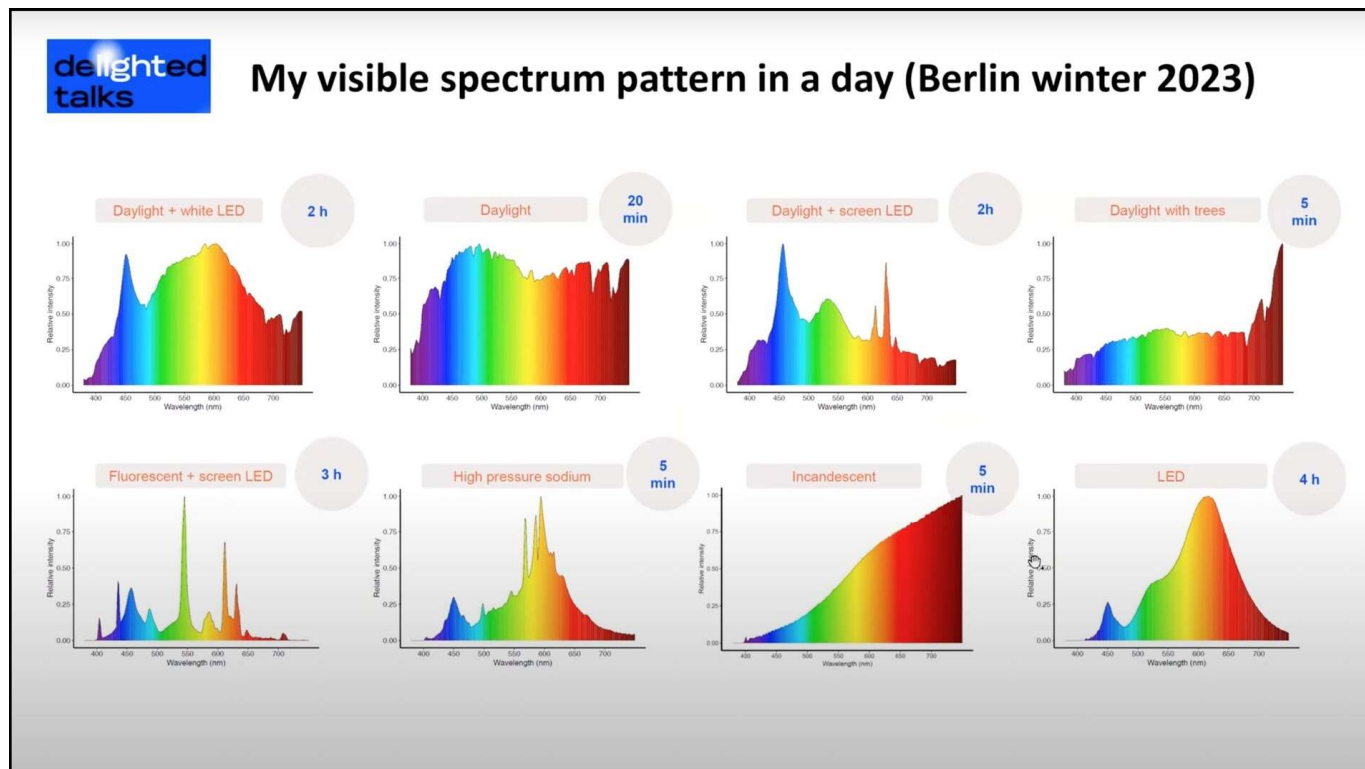
## Odborné články od samozvaných odborníků – město Říčany

**Zničíme si noční prostředí?**

28. 1. 2024 Město připravuje plošnou rekonstrukci veřejného osvětlení – výměnu oranžových výbojek za LED. Organizátoři prezentují projekt jako pokrokový s ohledem na životní prostředí (ŘK 2023/3). Ve skutečnosti však pouze splnili nejhorší limity, ke kterým je přinutily podmínky dotace, a **nadále ignorují doporučení přírodovědců, lékařů a Ministerstva životního prostředí. Projekt přinese plošnou devastaci životního prostředí ve městě**, protože do ulic vnese rušivé nažloutlé světlo s obsahem škodlivého modrého světla. **Projekt sice omezuje svícení do dolního poloprostoru, ale stále umožňuje svícení do strany**, tzn. lidem do očí, do oken a na sousední pozemky. Řešení přitom existují a nabídla je mj. říčanská Komise pro životní prostředí. Je však potřeba vůle ke správnému řešení a nutnost přestat se schovávat za kulaté ražítka specialistů osvětlovacího průmyslu. **Tito specialisté neřeší, a ani nechápou vliv světla na zdraví a životní prostředí. V důsledku takového osvětlení někteří obyvatelé vážně onemocní a někteří zemřou.** Zdá se vám, že přeháním? Noční svícení má ničivý vliv na lidské zdraví, srovnatelný s vlivem tabákového kouře. Studie například ukazují, že v elektrifikovaných zemích má na svědomí 80 % případů rakoviny prsu a velkou část případů rakoviny prostaty. **Jen v Říčanech to znamená cca pět předčasných úmrtí za rok.** Venkovní osvětlení v tom hraje významnou roli. Např. instalace bílých LED lamp v ulicích Los Angeles významně zvýšila počet úmrtí na rakovinu prsu (o více než 0,5 osob/rok na 100 000 obyvatel). Zvýšené náklady na zdravotní péči dvojnásobně převýšily energetické úspory. Posledním vrcholem osvětlovací bezohlednosti v Říčanech je nedávné rozsvícení výškové budovy na Černokostecké bílým světlem. Tato událost vedla k rychlému nárůstu podpory petice za ochranu říčanského nočního prostředí. Petice nabízí podrobné zdůvodnění a citace odborné literatury na adrese <https://shorturl.at/eptLM>. Nenechme si zničit naše prostředí a zdraví. **Svíťme chytře!**

David Rajmon

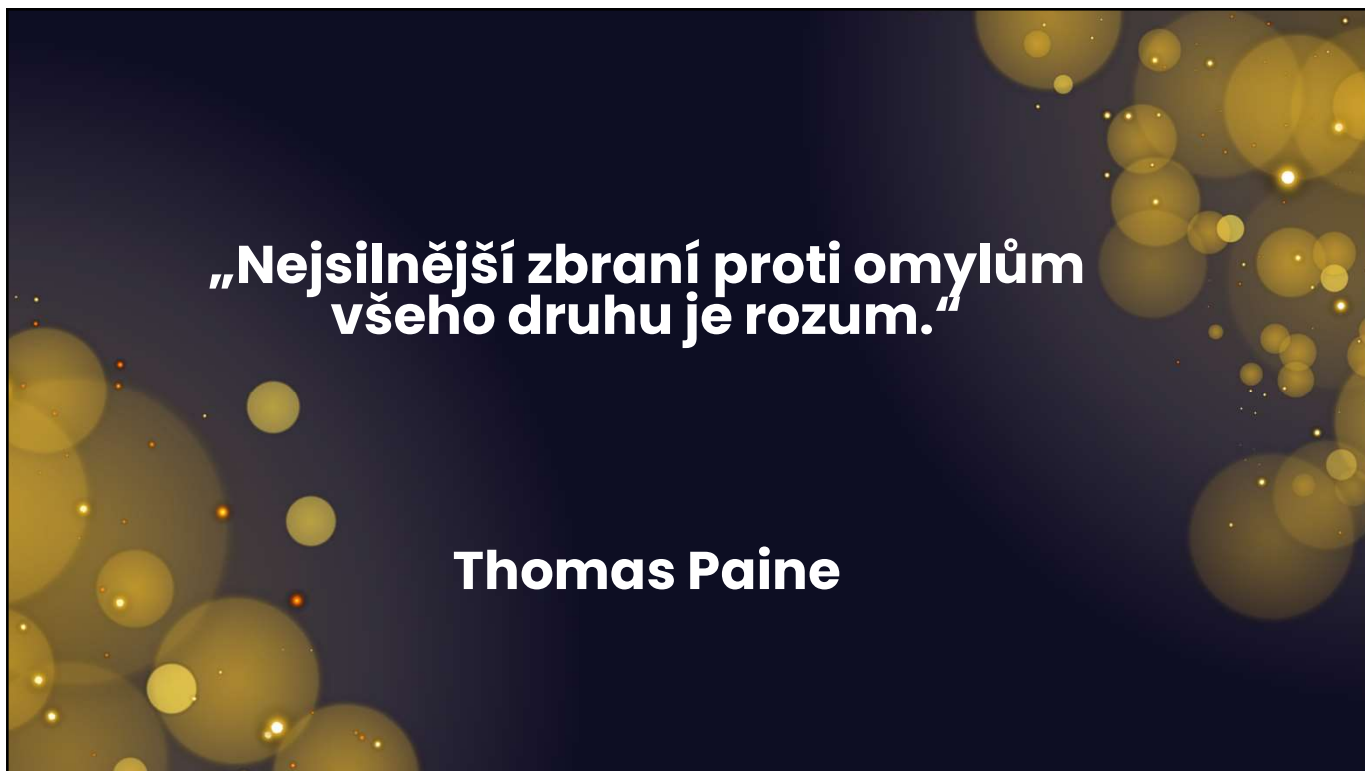
37



38



39



40

# Děkuji za pozornost

Martin Stržínek – obchodní ředitel  
ELEKTRO-LUMEN, s.r.o.  
[www.el-lumen.cz](http://www.el-lumen.cz)  
[www.lumenlights.eu](http://www.lumenlights.eu)



LUMEN  
LIGHTS

# Činnost NRL pro osvětlení za poslední rok

Pavel Stupka, Ing., ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, Plzeň - Oddělení faktorů prostředí; NRL pro osvětlení

*Abstrakt: Příspěvek v tomto sborníku zahrnuje podklad, který poslal vedoucí NRL - Ing. Demel do časopisu Světlo. Ve vlastní přednášce pak některé skutečnosti budou prezentovány podrobněji.*

## 1 informace o NRL

Ministerstvo zdravotnictví zřídilo dne 31. května 2022 Národní referenční laboratoř pro osvětlení (dále NRL). Jsme za to moc rádi, neboť odborná veřejnost o to usilovala již dlouhá léta. První žádost o zřízení NRL byla na ministerstvo podána již před 19 lety (v roce 2005) prostřednictvím Ing. Jiřího Slezáka, který pracoval ve Zdravotním ústavu se sídlem v Pardubicích.

Problematika osvětlení je poměrně rozsáhlá a složitá, proto byl vytvořen z řad odborníků ze světlařského oboru tento tým členů NRL:

- Ing. Martin Demel – vedoucí NRL, ZÚ se sídlem v Ostravě (pracoviště Nový Jičín)
- Ing. Jana Lepší – ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem (pracoviště Plzeň)
- Ing. Pavel Stupka – ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem (pracoviště Plzeň)
- doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D. – VŠB-Technická univerzita Ostrava
- Ing. Pavel Valíček, Ph.D. – VŠB-Technická univerzita Ostrava
- prof. PharmDr. Alena Sumova, DSc. – Fyziologický ústav AV ČR, v. v. i.
- Ing. Tomáš Příbek – KHS Plzeňského kraje se sídlem v Plzni (pracoviště Domažlice)

Pod slovíčkem „laboratoř“ si mnozí představí místnost vybavenou prvotřídní měřicí technikou. I nám by se to líbilo, ale není tomu tak. Pravda je taková, že měřicí přístroj NRL nevlastní ani jeden. Nicméně i tak můžeme v případě potřeby provádět referenční měření, a to za použití měřicí techniky obou zdravotních ústavů a VŠB-TU Ostrava. Dosud jsme nebyli o takové měření požádáni.

Hlavním posláním NRL je metodická činnost. Pro Ministerstvo zdravotnictví připravujeme podklady pro novelizaci legislativy. Podíleli jsme se za oblast osvětlení na přípravě dvou novel Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Připravovali jsme zcela novou vyhlášku č. 160/2024 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětských skupin a v neposlední řadě jsme připravili novelu vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb (tato novela a možná i zcela nová vyhláška dosud nebyla schválena). Připomínkovali jsme vyhlášku č. 146/2024 Sb., o požadavcích na výstavbu. Spolupodíleli jsme se i na přípravě nové normy ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov – Doplňující informace, která by měla vyjít v nejbližších měsících.

Členové NRL se podílí i na osvětě. Provádíme bezplatné školení pro pracovníky hygienické služby. Za dobu působení jsme proškolili hygieniky z kraje Karlovarského, Plzeňského, Libereckého, Olomouckého, Jihomoravského, Moravskoslezského a Prahy. V případě zájmu i z jiných krajů, budeme ve školení pokračovat v roce 2025.

Velmi důležitou činností NRL je stanovení jednotné metodiky posuzování osvětlení jak z hlediska projekčního, tak z hlediska činnosti orgánů ochrany veřejného zdraví. NRL dosud odpovědělo na 35 dotazů, ke kterým vydalo svá stanoviska. Příchozích 9 dotazů bylo z řad pracovníků hygienické služby a 26 z řad odborné veřejnosti. Ve stejný den jako NRL pro osvětlení byla zřízena i NRL pro hluk v pracovním prostředí a vibrace, která dosud odpověděla na 3 dotazy. Už z tohoto srovnání je patrné, že zřízení NRL pro osvětlení bylo pro tento obor velmi užitečné. V případě, že si nejste jisti svým rozhodnutím či odpovědí, tak pošlete dotaz na NRL. Vyhotovíme stanovisko, které anonymně zveřejníme na stránkách NRL a stane se tak závazné pro všechny dotčené strany.

Všechny důležité informace, kontakty, doporučení, stanoviska a seznam platných norem najdete na našich stránkách [www.nrl.cz](http://www.nrl.cz). Těšíme se na vaše dotazy, připomínky a podněty zasílané na email [nrl.osvetleni@zuova.cz](mailto:nrl.osvetleni@zuova.cz).

Dovolte mi na závěr se podělit o jeden zajímavý dotaz a stanovisko NRL, týkající se problematiky výměny původního zářivkového osvětlení za moderní LED zdroje (samostatné doporučení k této problematice najdete i na stránkách NRL).

#### **Dotaz:**

*Jaké stanovisko má NRL k tomu, že příspěvkové organizace státu, veřejnoprávní instituce, státní podniky a další organizace zřízené státem, které pravidelně vypisují výběrová řízení spočívající ve výměně převážně zářivkového osvětlení za LED osvětlení, nepožadují po zhotovitelích po provedené montáži výpočet ani měření osvětlení. Jedná se o výměnu osvětlení ve velkém rozsahu v celých budovách (např. administrativních). Tyto organizace argumentují, že ČSN normy (typicky ČSN EN 12464-1) jsou pro prostory těchto organizací doporučující, tudíž jejich konkrétní provozovatelé se těmito normami nemusí řídit? Je to pravda? Jaký vyšší právní předpis zezavazňuje např. normu ČSN EN 12464-1 v případě výměny osvětlovacích soustav? Je zhotovitel díla (typicky montážní firma) vždy povinna vyhotovit po výměně svítidel světelně technický výpočet, přestože zadavatel toto výslovně nepožaduje, ale ve smlouvě o dílo ukládá zhotoviteli povinnost postupovat při provádění díla v souladu se VŠEMI platnými ČSN normami, případně dle DIN norem, pokud ČSN neexistuje?*

#### **Stanovisko NRL pro osvětlení:**

Zaměstnavatelé se musí řídit platným Nařízením vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. Toto nařízení vlády v §45 odstavci 9 zezavazňuje normu ČSN EN 12464-1. Závaznost této normy vyplývá z požadavku §45 odstavce 1, kde je jednoznačně požadováno, kromě jiného, elektrické osvětlení v souladu s normovými hodnotami a požadavky.

Prokázání splnění požadavků na osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení je opět jednoznačně vymezeno Nařízením vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. Toto nařízení vlády v §45a, odstavci 4 jednoznačně a vždy vyžaduje ověření projektu elektrického osvětlení měřením akreditovanou laboratoří.

V případě výměny původní osvětlovací soustavy za LED osvětlení je kromě jiného povinností zaměstnavatele požadovat výpočet a měření elektrického osvětlení, podle kterých bude možné provedení ověření splnění požadavků normy ČSN EN 12464-1.

Poznámka:

- z hlediska zachování objektivit nemá měření dělat stejná firma, která svítidla instalovala,
- chronologie postupu výměny původní osvětlovací soustavy za novou je:

výpočet – výměna – měření.

#### § 45

(1) K osvětlení pracoviště včetně spojovacích cest se užívá denní, elektrické nebo sdružené osvětlení<sup>14)</sup>. Osvětlení nesmí být příčinou vyššího oslňování, než jaké připouští české technické normy. V průběhu dne musí být na pracovištích použito osvětlení denním světlem, mimo případů uvedených v odstavci 6. Osvětlení pracoviště a spojovacích cest mezi jednotlivými pracovišti denním, elektrickým nebo sdruženým osvětlením musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví **v souladu s normovými hodnotami a požadavky**.

(9) Normovým požadavkem se rozumí technický požadavek obsažený v české technické normě upravující technické požadavky na denní osvětlení<sup>16)</sup>, sdružené osvětlení<sup>17)</sup> nebo elektrické osvětlení<sup>18)</sup>.

<sup>18)</sup> ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovišť - Část 1: Vnitřní pracoviště.

#### § 45a

(4) Požadované hodnoty elektrického osvětlení se v projektu ověřují podle návrhu osvětlení<sup>14)</sup> včetně jeho výpočtu. Po realizaci projektu provede akreditovaná laboratoř vždy měření v souladu s postupy popsány v českých technických normách upravujících měření elektrického osvětlení<sup>31)</sup>. Hodnoty indexu podání barev  $R_a$  a náhradní teploty chromatičnosti  $T_{cp}$  se porovnávají s katalogovými údaji světelných zdrojů a jejich souladu s českou technickou normou<sup>18)</sup>, popřípadě měřením. Požadované hodnoty denního osvětlení se kontrolují výpočtem, popřípadě i měřením v souladu s postupy popsány v českých technických normách upravujících měření denního osvětlení<sup>32)</sup>. Při volbě rozmístění měřících bodů se postupuje podle postupu popsaného v českých technických normách upravujících měření denního a elektrického osvětlení<sup>31)</sup>, <sup>32)</sup>

<sup>14)</sup> ČSN EN 12665 Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení. <sup>18)</sup> ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovišť - Část 1: Vnitřní pracoviště.

<sup>31)</sup> ČSN 360011-1 Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení. ČSN 360011-3 Měření osvětlení prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení vnitřních prostorů.

<sup>32)</sup> ČSN 360011-1 Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení. ČSN 360011-2 Měření osvětlení prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení.

# Vliv provozních režimů LED svítidel veřejného osvětlení na síť

Ing. Theodor Terrich, Ph.D, Technologie hlavní města Prahy, a.s., theodor.terrigh@thmp.cz

*Abstrakt: Příspěvek je zaměřen na vyhodnocení zpětných vlivů předřadníků svítidel se světelnými diodami na napájecí soustavu. V době, kdy jsou běžně svítidla VO provozována v adaptivních režimech osvětlení a některá z nich jsou řízena pouze prostřednictvím radiofrekvenční komunikační sítě bez odpojení on zdroje elektrické energie, vzrůstá potřeba dozvědět se více o jejich reálné spotřebě a zpětných vlivech na elektrizační soustavu. Článek se věnuje měření elektrických parametrů moderních předřadníků LED svítidel říditelných prostřednictvím DALI protokolu s certifikací Zhaga D<sup>4</sup><sub>i</sub>.*

## 1 Úvod

Pro zkoumání obvodových parametrů předřadníků byla vybrána svítidla, která se v současné době osazují v Praze při obnově osvětlovacích soustav VO. Měření proběhlo na třech různých svítidlech s předřadníky odlišných výrobců, které disponovali certifikací DALI2 D<sup>4</sup><sub>i</sub>, jehož součástí jsou protokoly DALI Part 252 – Energy Reporting (energy data) a DALI Part 253 – Diagnostics & Maintenance (diagnostics data), viz obr. 1.

Měření elektrických parametrů probíhalo s využitím síťového analyzátoru, kdy předřadníky, respektive napájené světelné zdroje byly regulovány prostřednictvím DALI konfiguratoru.

DALI SPECIFIKACE	
DALI Part 251 – Data svítidla	POVINNÉ
DALI Part 252 – Energetická Data	POVINNÉ
DALI Part 253 – Diagnostická Data	POVINNÉ
DALI Part 250 – Integrace napájení sběrnice	POVINNÉ
DALI Part 150 – Pomocné napájení	VOLITELNÉ

Obr.1 Specifikace protokolů dle Dali Alliance

## 2 Vybrané vzorky pro měření

Měření obvodových veličin probíhalo na svítidlech různých výrobců, která byla vybavena odlišnými předřadnými přístroji. Měření probíhalo u každého vzoru na dvou totožných výrobcích a výsledné hodnoty pro daný model svítidla a předřadníku byly zprůměrovány (pokud se data odlišovala).

Vyhodnocování proběhlo na 3 vzorových svítidlech od výrobců: Elektro Lumen s předřadníkem Osram, dále Frontier Technologies s předřadníkem TCI a Vizulo s předřadníkem Tridonic. Štítkové parametry předřadníku a nominální hodnoty budícího proudu světelných diod (LED modulu) uvádí Tab. 1.

Veškeré veličiny byly měřeny u jednotlivých předřadníků v různých provozních režimech. Provozní režimy byly shodné pro všechny vzorky. Měření probíhalo v závislosti na regulaci světelného toku v krocích 100%, 75%, 50% a 25%.

Napájení sběrnice DALI bylo provedeno samostatným napáječem, tak aby do měření vlastních ztrát předřadníku nevstupoval výkon z pomocného napájení, které se využívá např. v případě napájení bezdrátového komunikačního členu umístěného na svítidle v ZHAGA patici.

Tab.1 Parametry předřadníků (štítkové hodnoty) a jmenovité příkony svítidel, resp. budících proudů světelných diod ve svítidle

vzorek	předřadník			svítidlo		
	výrobce	$P_n$ (W)	$I_{out}$ (mA)	$U_{out}$ (V)	$P_{sv}$ (W)	$I_z$ (mA)
1	Osram	40	200 až 1050	15 až 56	16	300
2	TCI	110	200 až 1050	75 až 220	88	400
3	Tridonic	40	200 až 1050	50 až 90	20	400

## 3 Hodnocení obvodových veličin

V rámci hodnocení obvodových veličin byl hodnocen jak celkový příkon svítidla (světelného zdroje a vlastních ztrát na předřadníku), tak zároveň příkon samotného světelného zdroje (LED modulu). U světelného zdroje byla změřena velikost budícího proudu a úbytek napětí na světelných diodách.

Pro jednotlivé provozní režimy byl změřen účinník základní harmonické,  $\cos(\phi)$  a celkové harmonické zkreslení proudu (THD) od 3. po 23. harmonickou v lichých násobcích. Měření probíhalo s pomocí síťového analyzátoru se vzorkovací frekvencí 1s.

V poslední zkoumané oblasti byla zjišťována spotřeba předřadníku v pohotovostním režimu, kdy je předřadník stále pod napětím, ale světelný zdroj (svítidlo) je ve vypnutém stavu prostřednictvím vyslaného telegramu DALI.

### 3.1 Příkon předřadníku

V Tab. 2 je souhrn naměřených hodnot činného a zdánlivého příkonu předřadníků během snižování světelného toku LED světelného zdroje. Rovněž jsou uvedeny velikosti budících proudů a úbytků napětí na světelných diodách v jednotlivých krocích regulace.

Tab.2 Příkony předřadníků, respektive světelných zdrojů v závislosti na úrovni regulace světelného toku

<b>Φ=100%</b>					
<b>vzorek</b>	<b>P<sub>sv</sub> (W)</b>	<b>S<sub>sv</sub> (VA)</b>	<b>P<sub>LED</sub> (W)</b>	<b>U<sub>LED</sub> (V)</b>	<b>I<sub>LED</sub> (mA)</b>
<b>1</b>	16	17	13	44,8	288
<b>2</b>	88	90	81	207,4	394
<b>3</b>	20	22	17	44,1	406
<b>Φ=75%</b>					
<b>vzorek</b>	<b>P<sub>sv</sub> (W)</b>	<b>S<sub>sv</sub> (VA)</b>	<b>P<sub>LED</sub> (W)</b>	<b>U<sub>LED</sub> (V)</b>	<b>I<sub>LED</sub> (mA)</b>
<b>1</b>	13	14	9	44	214
<b>2</b>	65	67	59	203,4	293
<b>3</b>	15	17	13	43,3	301
<b>Φ=50%</b>					
<b>vzorek</b>	<b>P<sub>sv</sub> (W)</b>	<b>S<sub>sv</sub> (VA)</b>	<b>P<sub>LED</sub> (W)</b>	<b>U<sub>LED</sub> (V)</b>	<b>I<sub>LED</sub> (mA)</b>
<b>1</b>	9	11	6	43,3	146
<b>2</b>	45	46	39	199,3	199
<b>3</b>	11	13	8	42,8	205
<b>Φ=25%</b>					
<b>vzorek</b>	<b>P<sub>sv</sub> (W)</b>	<b>S<sub>sv</sub> (VA)</b>	<b>P<sub>LED</sub> (W)</b>	<b>U<sub>LED</sub> (V)</b>	<b>I<sub>LED</sub> (mA)</b>
<b>1</b>	5	8	3	42,3	72
<b>2</b>	18	23	13	194	99
<b>3</b>	6	8	4	41,9	101

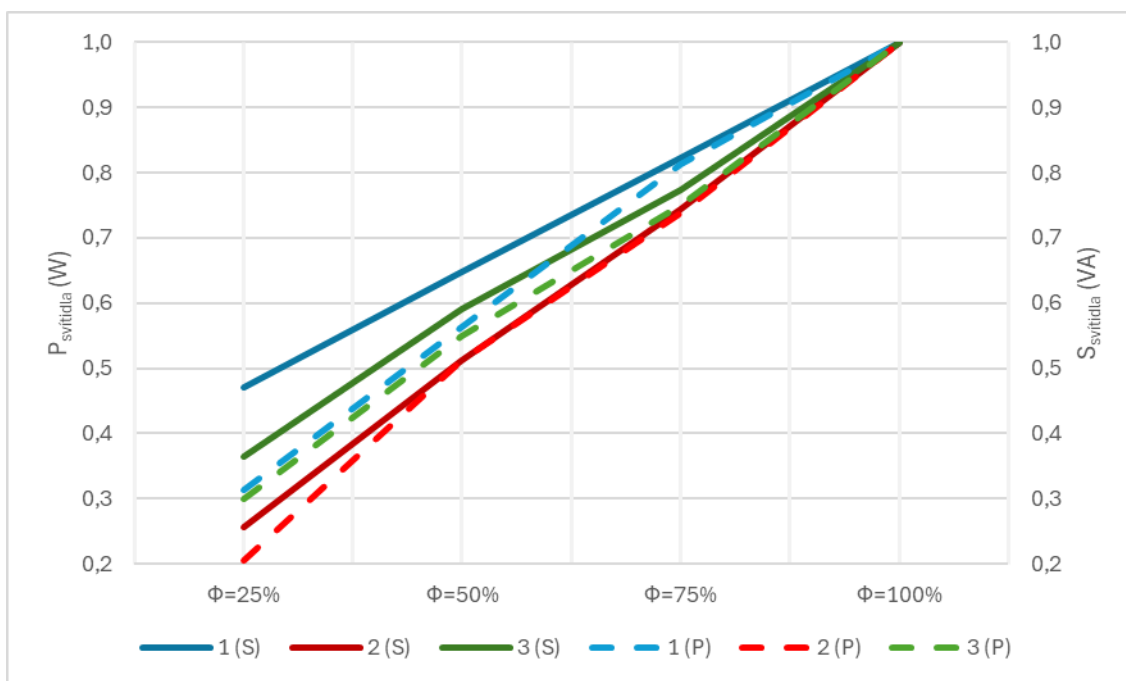
Z důvodu měření na svítidlech s odlišnými příkony byly naměřené absolutní hodnoty činného a jalového výkonu spolu s velikostí budících proudů přepočteny do poměrných jednotek. Z výkonů byl následně stanoven účinník.

Výsledky jsou shrnuty v Tab. 3. Zde je patrná přímo úměrná závislost budícího proudu diodami na výsledném světelném toku. V hodnotách příkonů se již projevuje nelinearita.

Závislost činného a jalového výkonu v závislosti na úrovni regulace světelného toku v poměrných jednotkách vyobrazuje graf na obr. 2. Zvláště u nejnižší úrovně světelného toku stojí za povšimnutí poměrná hodnota zdánlivého příkonu.

Tab.3 Poměrné hodnoty obvodových veličin v závislosti na úrovni regulace světelného toku u jednotlivých hodnocených vzorků

	vzorek	$\Phi=25\%$	$\Phi=50\%$	$\Phi=75\%$	$\Phi=100\%$
$I_{LED}$ (mA)	1	0,250	0,507	0,743	1
	2	0,251	0,505	0,744	1
	3	0,249	0,505	0,741	1
$P_{sv}$ (W)	1	0,313	0,563	0,813	1
	2	0,205	0,511	0,739	1
	3	0,300	0,550	0,750	1
$S_{sv}$ (VA)	1	0,471	0,647	0,824	1
	2	0,256	0,511	0,744	1
	3	0,364	0,591	0,773	1
$\text{Cos}(\phi)$	1	0,93	0,97	0,97	0,99
	2	0,80	0,97	0,97	0,99
	3	0,45	0,98	0,99	0,99



Obr.2 Závislost činného (P) a zdánlivého (S) příkonu předřadníku v závislosti na úrovni regulace světelného toku v poměrných jednotkách

U zkoumaných vzorků předřadníků byla ověřena také jejich vlastní spotřeba v provozním režimu s nulovým výstupním světelným tokem – svítidla byla zhasnuta prostřednictvím DALI linky, avšak nebyla odpojena od napájení. Výsledky zobrazuje Tab. 4. Tímto měřením bylo ověřováno, zda předřadníky ve stand-by režimu neodebírají činný výkon. (Je posuzován činný

výkon pouze předřadníku a nezahrnuje se do něj odběr DALI sběrnice, popřípadě odběr komunikačního členu). Z naměřených výsledků je patrné, že předřadníky odebírají pouze kapacitní jalový výkon, jak lze u spínaných zdrojů s filtračními kondenzátory na primární straně předpokládat.

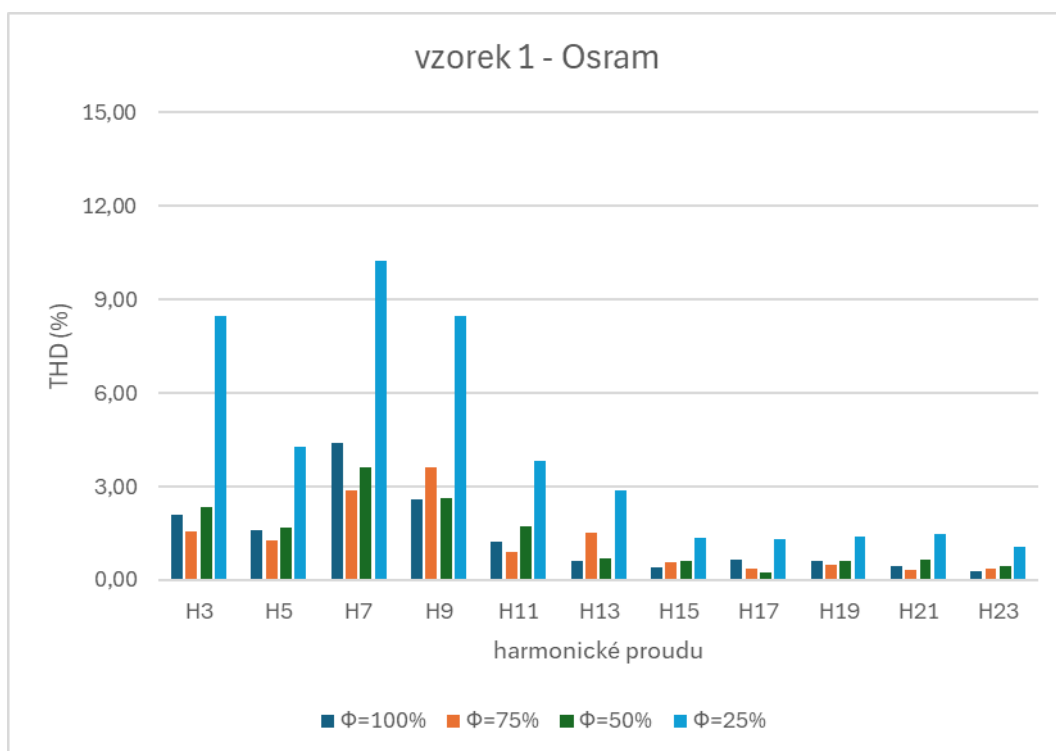
Tab.4 Hodnoty příkonů ve stavu zhasnutého světelného zdroje bez odpojení od napájení

vzorek	$Q_p$ (Var)	$P_p$ (W)
1	- 3	0
2	- 4	0
3	- 5	0

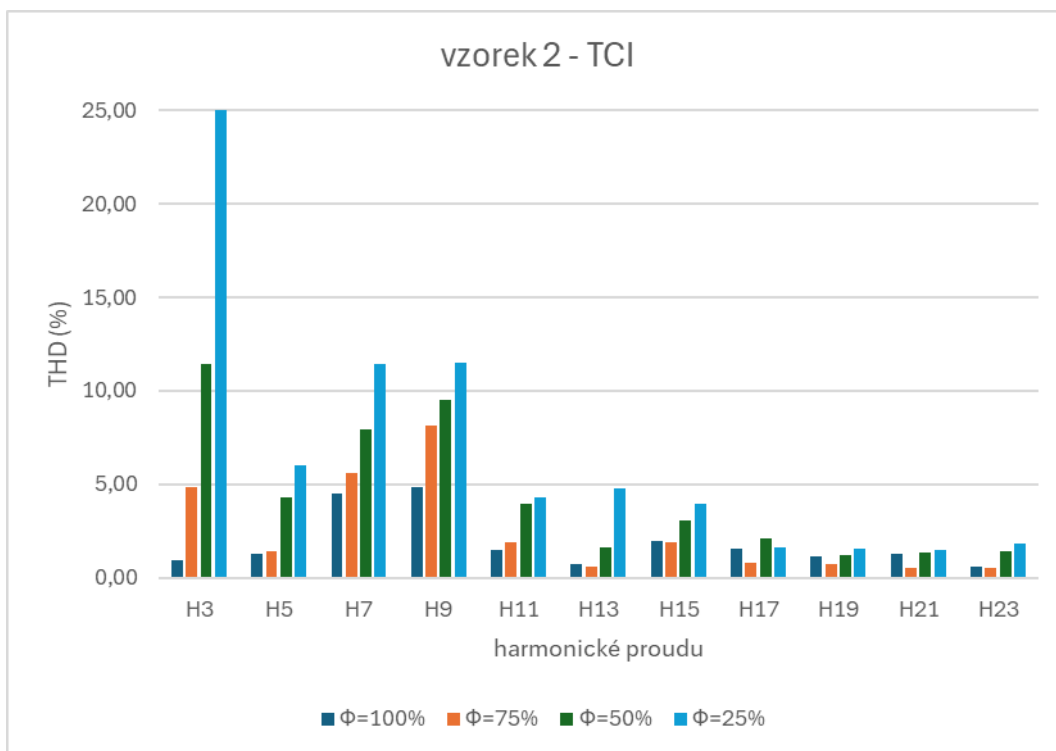
### 3.2 Parametry kvality elektrické energie

Na referenčních vzorcích bylo provedeno měření parametrů kvality elektrické energie. Vyhodnoceno bylo celkové zkreslení vyššími harmonickými proudy THD v závislosti na úrovni regulace světelného toku svítidel.

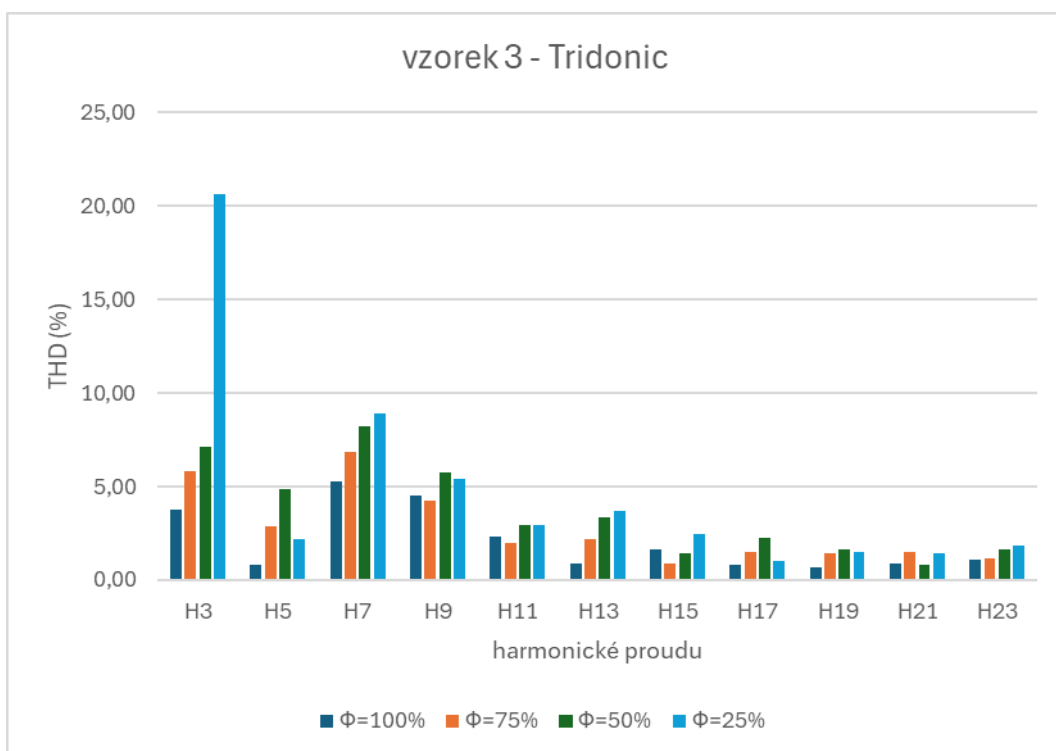
Na následujících obrázcích 3 až 5 je vyobrazena THD analýza lichých složek vyšších harmonických proudů pro jednotlivé zástupce měřených předřadníků.



Obr.3 Celkové harmonické zkreslení proudu u lichých násobků 3. až 23. harmonické složky u předřadníku typu Osram Optotronic OT DX 40/220-240/1A0 DIMA LT2 E

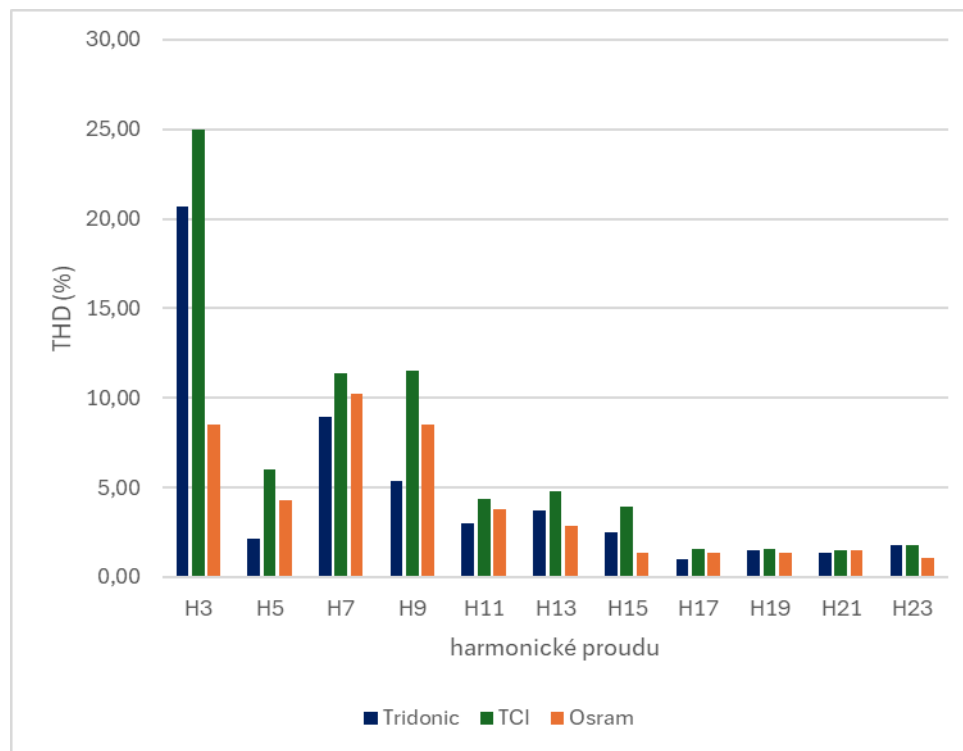


Obr.4 Celkové harmonické zkreslení proudu u lichých násobků 3. až 23. harmonické složky u předřadníku typu TCI MILANOinLED 110W/200-1050 AD



Obr.5 Celkové harmonické zkreslení proudu u lichých násobků 3. až 23. harmonické složky u předřadníku typu Tridonic LCO 40/200-1050/64 pD+ NF C PRE3

Poslední grafické znázornění THD na Obr. 6 srovnává jednotlivé předřadníky při nejnižší úrovni provozního režimu, kdy byl světelný tok regulován na úroveň 25%, při kterém je celkové harmonické zkreslení nejvyšší.



Obr.6 Srovnání celkového harmonického zkreslení proudu u jednotlivých předřadníků při regulaci světelného toku svítidel na úroveň 25%

## 4 Závěr

Při srovnání jednotlivých dat, zejména účinníku základní harmonické a harmonického zkreslení obvodových veličin, lze konstatovat, že předřadníky LED svítidel nejsou zdrojem zásadního rušení v případě že, nejsou provozovány se svítidly pod 50% jejich jmenovitého světelného toku. Obecně lze konstatovat, že provozem svítidel s vysokou mírou regulace světelného toku rostou vlastní ztráty předřadníku a provoz výrazně utlumených svítidel ztrácí na energetické efektivitě. Na přesnější závěry je nezbytné učinit více měření napříč různými výrobci předřadných přístrojů a výkonnostních kategorií.

### Literatura a odkazy

- [1] Technický standard DALI  
<https://www.dali-alliance.org/>
- [2] Tridonic DALI master configurator  
<https://www.tridonic.com/en/int/services/software/masterconfigurator>

# Směřování veřejného osvětlení v Praze

Ing. Theodor Terrich, Ph. D., Technologie hlavního města Prahy, a.s., theodor.terrigh@thmp.cz

*Abstrakt: Článek informuje o technickém vývoji veřejného osvětlení na území hlavního města Prahy. V období posledních let se osvětlovací soustavy veřejného osvětlení modernizují a probíhá jejich transformace nejen na úrovni přechodu z výbojových světelných zdrojů ke svítidlům se světelnými diodami, ale rovněž je měněna struktura řízení a ovládání. Součástí infrastruktury VO se stávají prvky jiných aplikačních oblastí od prostředků pro vzdálenou komunikaci a monitoring až po přidružené nabíjecí stanice elektromobilů.*

## 1 Úvod

V následujících odstavcích jsou nastíněny události v pražském veřejném osvětlení, které se odehrály v časné historii a technické „novinky“ se kterými se správce veřejného osvětlení, společnosti Technologie hlavního města Prahy, setkává v praxi.

Hlavními tématy, kterým se správce VO zabývá a která je vhodné rozvést jsou:

- koncepce VO a základní pasportizační údaje
- příprava online nástroje pro interpretaci generelu a koncepce VO – aplikace Geoportál
- řízení a ovládání svítidel
- budování elektro nabíjecích stanic sdružených se stožáry VO (kooperace s PRE)
- novinky ze slavnostního osvětlení – příprava „zahrady svítidel VO“ pod novým Dvoreckým mostem
- připomenutí jubilea 300 let od zavedení veřejného osvětlení v Praze

Vývoj na poli elektrotechniky zasáhl také do oblasti veřejného osvětlení, kde se běžně u modernizovaných osvětlovacích soustav využívá adaptivní osvětlení. Adaptivním osvětlením se rozumí řízení osvětlení ve městě na základě denní doby a jí odpovídající úroveň kvantitativních parametrů.

Řízení intenzity osvětlení však neznamená vždy respektování okolních podmětů – tzv. statické řízení osvětlení na základě pevně stanoveného časového plánu bez možnosti akčního zásahu a bez zpětné vazby. Naopak s využitím dynamického řízení respektuje osvětlovací soustava měnící se potřeby okolí a lze již hovořit o tzv. Smart Lighting. Smart Lighting slučuje řízení a komunikaci světelných míst na základě vyhodnocování podnětů za účelem optimalizace intenzity osvětlení, a především snížení energetické náročnosti osvětlovací soustavy veřejného osvětlení spolu s minimalizací rušivého vlivu na okolí. Na území hl. m. Prahy probíhají ověřování chování osvětlovacích soustav s adaptivním řízením.

Veřejné osvětlení kromě své primární funkce v současné době reflektuje vývoj na poli jiných aplikačních oblastí a vybudovaná infrastruktura bývá využíváno také jinými zařízeními. Již po mnoho let slouží nosné konstrukční prvky VO k instalaci městského kamerové ho systému či veřejným hodinám. S rozvojem elektromobility a nutností budování infrastruktury pro jejich provoz se na území města budují ve stávajících pozicích světelných míst AC nabíjecí stanice pro elektromobily napájené z distribuční soustavy elektrické energie.

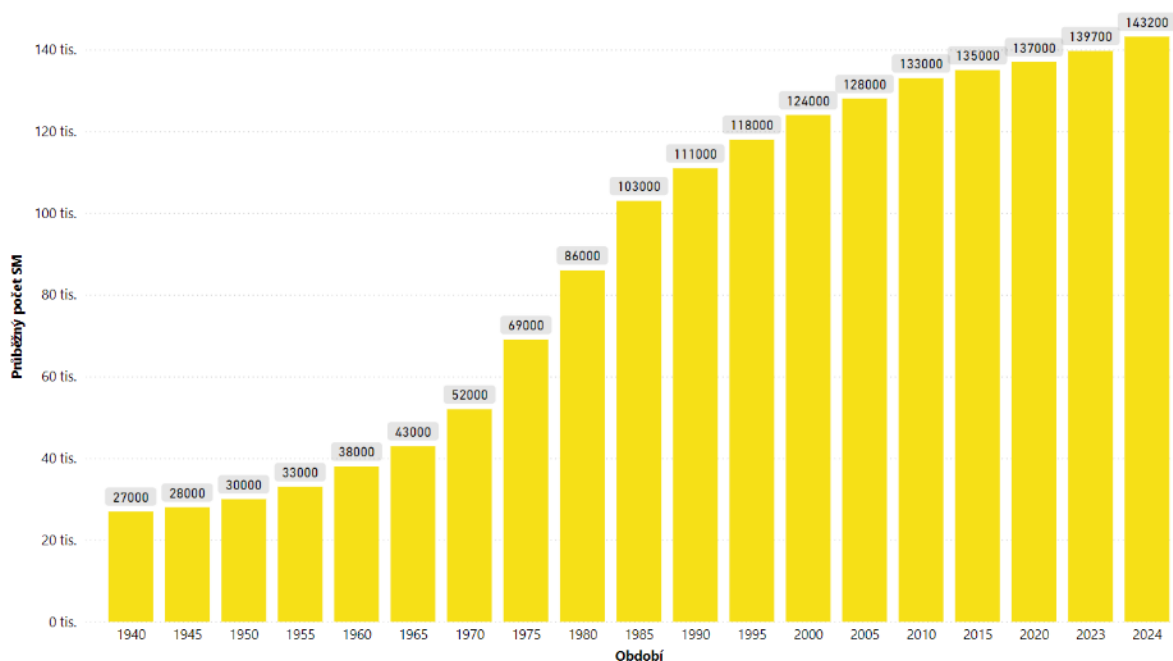
## 2 Koncepce VO a základní pasportizační údaje

Soustava veřejného osvětlení na území Prahy je nejrozsáhlejší v České republice. Údržba, obnova jednotlivých prvků rozsáhlé infrastruktury vyžaduje koncepční přístup. Počet světelných míst stále narůstá jednak v důsledku doplňování veřejného osvětlení ve veřejných prostranstvích z důvodu stavební činnosti a také v důsledku rozšiřování území města o připojené okolní obce.



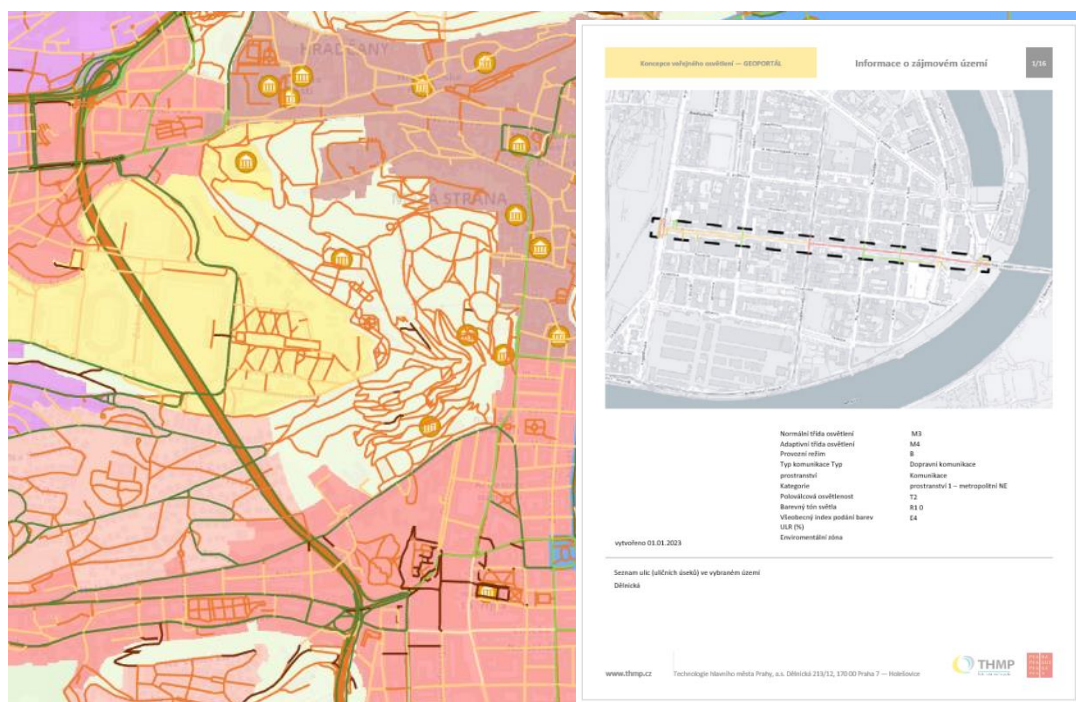
Obr.1 Přehled zařízení VO na území hl. m. Prahy k 1.10.2024

V letech 2021 až 2023 probíhaly práce v týmu odborníků z mnoha oborů na přípravě dokumentu Koncepce a generel veřejného osvětlení pro Prahu. Nejdůležitějším krokem byla syntéza dat prostřednictvím geografického informačního systému (GIS).



Obr.2 vývoj počtu světelných míst veřejného osvětlení na území Prahy od roku 1940.

Na základě komplexního datového modelu byl ve spolupráci s Institutem pro rozvoj města (IPR) vytvořen online nástroj – Geoportál. Aplikace Geoportál je nyní v interním zkušebním provozu a po jejím dokončení bude poskytovat informace k zájmovému území s definováním požadavků na projektování veřejného osvětlení. Aplikace je propojena s pasportem VO a dalšími koncepčními dokumenty, díky čemuž bude poskytovat stále aktuální data.



Obr.3 Ukázka datového modelu v GIS (levá část) a výstupního formuláře z aplikace Geoportálu k zájmovému území (pravá část).

### 3 Řízení a monitorování VO

Veřejné osvětlení je připojeno na napájecí síť veřejného osvětlení, která zjišťuje napájení a ovládání svítidel. Pokud jsou svítidla veřejného osvětlení napojena na centrální řídicí systém osvětlení, je třeba řešit cestu přenosu řídicího signálu k jednotlivým svítidlům.

Při obnovách veřejného osvětlení se postupuje podle životnosti jednotlivých prvků. První se vyměňují svítidla s životností cca 20 let, následně nosné konstrukce s životností 30 až 40 let a jako poslední napájecí kabely s životností 60 až 80 let. Úvahy o kabelovém propojení svítidel datovou sběrnici v dohledném časovém horizontu nejsou z pohledu ekonomického ani fyzického proveditelné. Z tohoto důvodu se užívají jiné způsoby přenosu řídicích signálů. Principiálně existují dva způsoby. Prvním způsobem je radiofrekvenční, tedy bezdrátový přenos. Druhým způsobem je modulace řídicího signálu na napájecí síťové napětí, využívající stávající kabelový silový rozvod. Na území Prahy se zvolila cesta radiofrekvenčního přenosu informací.

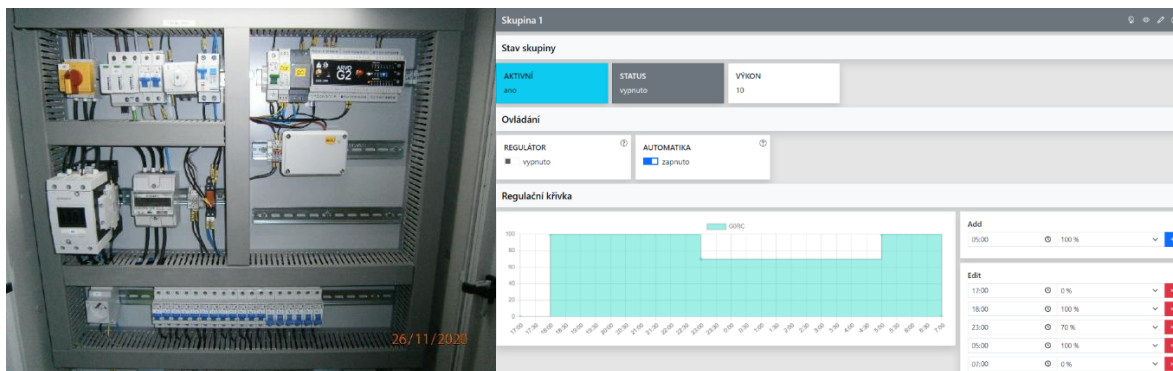
Řídicí systém pro veřejné osvětlení tvoří tři hierarchicky uspořádané a vzájemně propojené části: provozní přístroje, síťová infrastruktura a centrální řídicí a monitorovací jednotku. Jednotlivé úrovně obsahují různé typy přístrojů a zařízení, ale informace se sdílejí ve všech

úrovních. Všechny rozvaděče VO jsou vybaveny řídicí a monitorovací jednotkou, která komunikuje se serverem, respektive dispečinkem VO prostřednictvím GSM brány. Komunikace mezi jednotlivými prvky soustavy (svítidly) v síťovém uspořádání (mesh síti) probíhá na rádiové frekvenci 868 MHz.



Obr.4 Topologie řídicího a monitorovacího systému VO na území hl. m. Prahy

V rámci struktury komunikační infrastruktury VO jsou téměř všechna zapínací místa (rozvaděče) vybavena řídicí a monitorovací jednotkou. Komunikačními členy jsou vybavena všechna nově instalovaná svítidla se světelnými diodami a také veřejné hodiny jednotného času umístěných na stožárech VO.



Obr.5 Rozvaděč VO s řídicí a monitorovací jednotkou (vlevo) a náhled ovládacího a dohledového SW na pultu dispečera VO

### 3.1 Pilotní projekty adaptivního řízení osvětlení

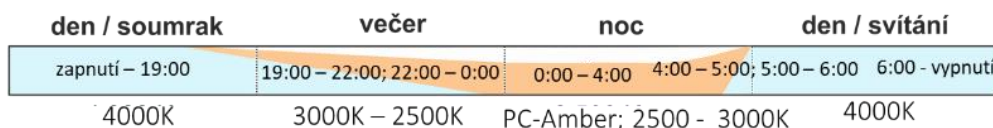
V průběhu let 2020 až 2022 probíhala instalace adaptivního veřejného osvětlení v několika městských parcích. K adaptivnímu řízení v městském parku Jezerka [2] bylo využito kombinovaného řízení osvětlovací soustavy s odlišným technickým provedením komunikace s centrální řídicí a monitorovací jednotkou. Podstatou těchto projektů je řízení osvětlovacích soustav dle pevného harmonogramu, kdy v době využití adaptivních tříd osvětlení se řídí

soustava VO V tomto parku dynamicky na základě vyhodnocení podmětů z okolí, tj. přítomnosti uživatelů pozemních komunikací. Osvětlení lze dálkově přizpůsobit na zásah dispečera VO.

Soustavy veřejného osvětlení jsou v dotčených parcích projektovány na plnění požadavků normální třídy osvětlení P2 a standardně jsou provozovány v normální třídě osvětlení P4. Adaptivní třída osvětlení P5 je zavedena ve večerních a ranních hodinách. Adaptivní třída osvětlení je aktivována v průběhu noci a ve vybraných parcích 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. Mimo tento čas se sousta řídí na základě statického harmonogramu.

Srovnání roční spotřeby elektrické energie v závislosti na řízení dle pevného harmonogramu klesla energetická náročnost v průměru cirka o 20 % vůči stavu kdy by soustava veřejného osvětlení nebyla v průběhu noci vůbec regulována. Přidáním pohybových čidel se spotřeba elektrické energie sníží o další 2 % [2] za předpokladu setrvání pohotovostní třídy v 50% doby časového intervalu, kdy smí být aktivována adaptivní třída osvětlení. Na základě tohoto výsledku úspory elektrické energie a vícenákladů spojených s instalací čidel přítomnosti (cirka 3 000 Kč na světelné místo) není u toho konkrétního projektu toto řešení ekonomicky obhajitelné. Přínosem projektu bylo nalezení technických limitů řídicího systému.

V parku Pod Fidlovačkou byla experimentálně instalována svítidla s proměnnou náhradní teplotou chromatičnosti dle pevně stanoveného časového harmonogramu. Svítidla jsou osazena světelnými diodami rozdílných teplot chromatičností – 4000K a přibližně 1800K, tzv. PC-Amber a na základě denní doby se mění jak hladina osvětlenosti, tak i barevný tón světla.



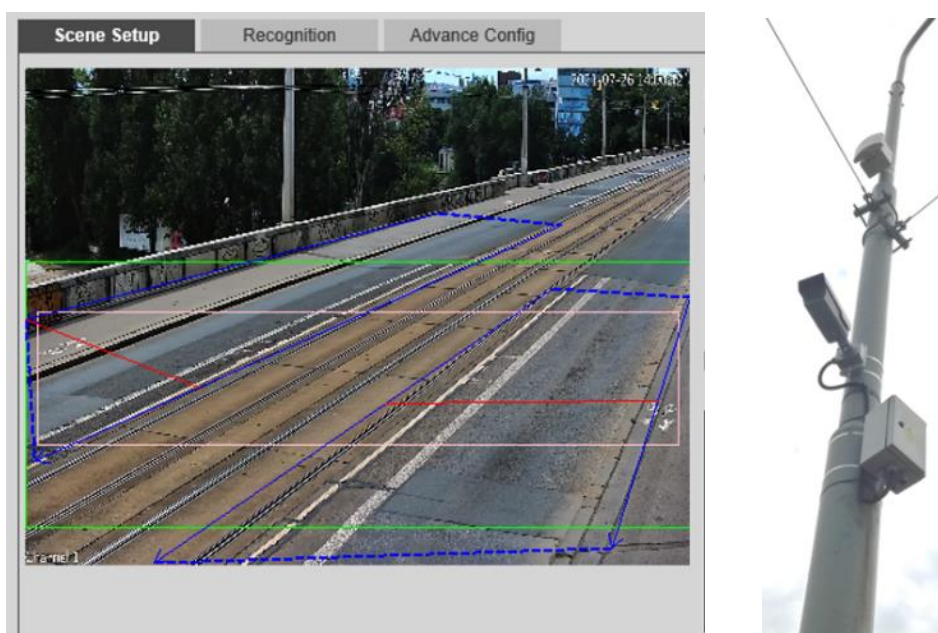
Obr.6 Schéma řízení náhradní teploty chromatičnosti svítidel VO v parku Pod Fidlovačkou na základě denní doby

Adaptivní změny hladiny osvětlení probíhá mezi 23:00 a 4:00. Bez přítomnosti osob je soustava provozována na hladinu osvětlenosti třídy osvětlení P5. S přítomností uživatele je soustava provozována na normální třídu osvětlení P4 po dobu 10 min, poté dochází k snižování.

Adaptivní řízení osvětlení na pozemní komunikaci pro motorovou dopravu bylo využito experimentálně na Libeňském mostě. Instalace proběhla na konci roku 2020. Pro řízení veřejného osvětlení bylo využito kamerového systému s rozpoznáváním vozidel. Osvětlovací soustava mostu podléhá kombinovanému řízení, kdy využívá statický i dynamický způsob řízení. Podle výsledků sčítání intenzity dopravy jednotlivých časových intervalů s pevným harmonogramem řízení lze s poklesem intenzity dopravy v průběhu noci stanovit parametry dynamického řízení a na jejich základě řídit úroveň osvětlení.

V průběhu noci mezi 0:00 a 4:00, kdy intenzita dopravy významně klesá, byla osvětlovací soustava provozována na úroveň 50% normální třídy osvětlení. Po překročení 15 vozidel

v integračním čase  $\Delta T$  15min se úroveň osvětlení zvýšila na 75% normální třídy osvětlení a po 10 minutách následoval návrat do pohotovostní třídy, pokud již nebyla splněna podmínka akčního zásahu. V době vzniku (2020) se jednalo o ověření technických možností a ověření korelace dopravních dat (intenzity dopravy) s nastavením provozního režimu adaptivní třídy osvětlení. V závěru roku 2023 bylo adaptivní řízení na základě integrace projížděných vozidel ukončeno a soustava je provozována v časovém úseku 0:00 až 4:00 s neměnnou adaptivní třídou osvětlení. Dopravní kamera je nadále využívána pro sběr dopravních dat.



Obr.7 Adaptivní řízení VO na Libeňském mostě na základě vyhodnocení obrazu

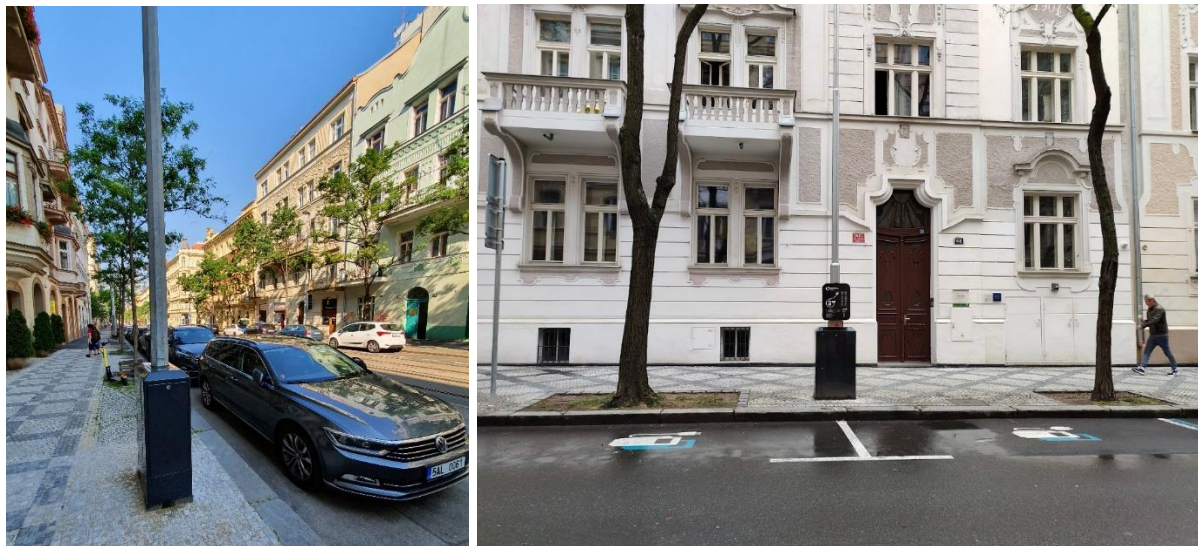
Na základě vyhodnocení dat nasbíraných kamerovým systémem pro řízení VO vyplynulo, že průměrný průjezd vozidel v jednom směru za 15min v době od 20:00 do 6:00 je pouze 26 oproti špičkovým hodnotám, kdy intenzita dopravy dosahuje hodnoty kolem 230voz./15min.

Na základě zkušeností z pilotních projektů řízení VO se nepředpokládá masivní rozšiřování kombinovaného řízení osvětlovacích soustav. Adaptivní řízení soustav VO na základě přítomnosti chodců je v budoucnu otázkou ekonomického přínosu konkrétní instalace. Osvětlovací soustavy, které prošly obnovou jsou provozovány dle pevného provozního režimu (harmonogramu), který vychází z generelu VO.

#### 4 Obnova veřejného osvětlení a příprava pro elektromobilitu

V rámci obnovy soustav VO se dlouhodobého projektu ve spolupráci s Pražskou energetikou připravují na výtípaných místech jednotlivých městských částí tzv. EVR patice stožárů VO. Tyto patice v sobě obsahují přístroje odběrného místa a jsou napojena přímo na distribuční kabely NN distributora elektrické energie. Takto vybavené stožáry jsou připraveny pro osazení AC dobíjecími stanicemi.

V případě že, je světelné místo vybaveno EVR paticí, tj, s přípravou odběrného místa pro připojení nabíjecí stanicí pro elektromobily, je napájení svítidla VO řešeno připojením na toto odběrné místo z důvodu připojovacích podmínek PRE.



Obr.8 EVR patice (vlevo) a stožár VO s EVR paticí a AC nabíječkou (vpravo)

Svítidlo VO je tedy stále pod napětím a jeho ovládáním je realizováno prostřednictvím Zhaga komunikačního členu, který zajišťuje bezdrátové spojení s řídicí a monitorovací jednotkou v rozvaděči. Z tohoto důvodu se spolu s budováním EVR patic obnovuje osvětlovací soustava v celém rozsahu zapínacího místa, tak aby celá osvětlovací soustava byla v paprskové síti radiofrekvenční komunikace propojena a mohla být řízena. Ostatní svítidla jsou připojena k elektrickému napětí až ve chvíli, kdy má dojít k sepnutí VO s několika minutovým ofsetem. Samotné rozsvícení svítidel je pak realizováno vysláním plošného telegramu z řídicí a monitorovací jednotky daného rozvaděče jednotlivým koncovým prvkům, svítidlům.



Obr.9 Svítidlo s komunikačním členem s paticí Zhaga pro ovládání svítidla na RF síti

## 5 Zahrada svítidel VO pod novým Dvoreckým mostem

Na nábřeží pod nově budovaným Dvoreckým mostem pro pěší přes Vltavu vznikne umělecké dílo výtvarníka a sochaře Krištofa Kintery s názvem Light Removes Darkness. Stovky svítidel veřejného osvětlení z celého světa ožijí okolí vznikajícího mostu, který spojí Podolí a Zlíchov. Uměleckým záměrem je vytvořit světelnou instalaci složenou z celkem 120 samostatných skulptur s přibližně 400 jednotlivě ovládanými svítidly veřejného osvětlení, které v minulé či současné době nasvěcovaly veřejný prostor na nejrůznějších místech světa a svým tvarem a formou jsou odlišné, rozdílné nebo již vzácné.



Obr.10 Svítidla pro dílo Krištofa Kintery (vlevo) a vizualizace zahrady svítidel u budovaného Dvoreckého mostu (vpravo)

Zahrada svítidel vyrostе v okolí nájezdové smyčky pro cyklisty na smíchovsko-zlíchovské straně břehu. Komponenty pro instalaci díla se shromažďují mimo jiné s pomocí partnerských měst hlavního města Prahy, které je investorem projektu.

Úkolem THMP bude zajišťovat provoz a údržbu svítidel tohoto uměleckého díla. V současné době se správce VO podílí i na přípravě projektové dokumentace k veřejnému osvětlení včetně kamerového systému. THMP se bude podílet i na vlastní stavbě.

Protože svítidla nebudou v provozu po celou noc a jejich světelný tok bude během večerních hodin jednotlivě řízen, musel pro ně být vyvinut záměnný světelný zdroj na bázi LED. Záměnný světelný zdroj svými rozměry odpovídá vysokotlaké sodíkové výbojce 100W. Jeho světelný tok je na úrovni 6 300lm, což je srovnatelné s vysokotlakou sodíkovou výbojkou 70W. Svítidla budou řízena ze samostatného rozvaděče prostřednictvím DALI linky. Z důvodu řízení světelných zdrojů nelze využít původní závitové objímky. Ty jsou ve svítidlech nahrazeny chladičem, který svými rozměry odpovídá objímce E40 a je nedílnou součástí světelného zdroje. Světelný zdroj se světelnými diodami je připojen na říditelný DALI předřadník s certifikací Zhaga D<sup>4</sup> [4], který je umístěn ve svítidle na místě původního elektromagnetického předřadníku.



Obr.11 Jedno ze svítidel připravených k instalaci pod Dvorecký most s již osazeným LED záměnným světelným zdrojem (retrofitem) umožňující stmívání prostřednictvím DALI předřadníku

## 6 Výstava k 300 letům od zavedení veřejného osvětlení v Praze

Na přelomu října a listopadu loňského roku se v Praze uskutečnila výstava, která byla věnována historii veřejného osvětlení města pod názvem: 300 let od oleje k LED.



Obr.12 Výstava věnována výročí 300 let od zavedení veřejného osvětlení v Praze na Mariánském náměstí před Novou radnicí

V roce 1813 Londýn, posléze Vídeň a v polovině století konečně i Praha začala jako první město v českých zemích zavádět osvětlení plynové. Prvních 200 plynových lamp osvětlilo v roce 1847 Koňský trh (dnes Václavské náměstí), Staroměstské a Mostní náměstí (dnes Křížovnické), ulice Na příkopě, Jezuitskou (Karlova) a Uršulinskou (Národní třída). V pražském Karlíně současně zahájila provoz první plynárna v Čechách a na Moravě, která lampám dodávala plyn. V další fázi se plynové osvětlení rozšířilo na Malou Stranu a Hradčany.

Návštěvníci se s historií veřejného osvětlení Prahy mohli seznámit na 14 tematicky rozdělených panelech doplněných o historické fotografie či rytiny. Součástí výstavy byla prezentace funkčních, v historii užívaných svítidel VO. Součástí výstavy byl doprovodný program, v rámci, kterého proběhly komentované procházky s lampářem či průvodcem.

## **7 Závěr**

Další směřování veřejného osvětlení na území Prahy v nejbližších letech předpokládá výrazné navýšení tempa obnovy výbojkových svítidel za svítidla se světelnými diodami. Již v příštím roce je plánována výměna 12 000 kusů svítidel. S výměnou svítidel se bude dále rozšiřovat komunikační síť mezi svítidly a rozvaděči, tak aby již obnovené celky podléhali vzdálenému dohledu a mohli být provozovány v adaptivních režimech osvětlení s on-line zpětnou vazbou.

V následujícím roce bude nadále ve spolupráci s PRE probíhat příprava stožárů VO pro budoucí osazení nabíjecích stanic na stožáry VO. Magistrát hlavního města Prahy připravuje projekt na osazení 1 500 nabíječek pro elektromobily do roku 2028.

## **Literatura a odkazy**

- [1] Koncepce a generel veřejného osvětlení Prahy, MHMP 2022
- [2] Terrich, T., „Vyhodnocení provozu řízené osvětlovací soustavy VO“, Kurz osvětlovací techniky XXXVII, 2023
- [3] Technický standard pražského LED svítidla VO, THMP, 2020  
[https://thmp.cz/images/Technicky\\_standard\\_prazskeho\\_LED\\_svitidla.pdf](https://thmp.cz/images/Technicky_standard_prazskeho_LED_svitidla.pdf)
- [4] DALI Alliance, Zhaga-D4i certification according to Zhaga Book 18, 2018
- [5] Tiskové zprávy THMP, 2023

# Způsoby zajištění bezpečnosti na pozemních komunikacích od soumraku do svítání.

Jiří Tesař, ČSO – RS Liberec, jiri.tesar@artmetal-cz.com

Abstrakt:

*Cílem zajištění noční bezpečnosti 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

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, dále 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.

**Následky případných nehod jsou ovlivňovány uspořádáním komunikace a jejího okolí, které jsou v noci špatně viditelné například:**

- Nevhodně umístěné pevné překážky
- nechráněné konstrukce dopravních staveb (např. mostní pilíře)
- nebezpečné prvky odvodnění – propustky apod. mohou výrazně zhoršovat následky dopravních nehod
- monotónní dopravní prostředí a vedení trasy
- očekávání řidiče je ovlivněno konzistentní kategorizací komunikací

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. Při utváření dopravního prostoru musíme vycházet z rozdílů rozlišitelnosti a viditelnosti mezi dnem a nocí. To, co může vyhovovat ve dne nemusí vyhovovat v noci, bezpečné chování je podporováno dobrými rozhledovými poměry a minimalizací výskytu neočekávaných událostí.

Dobře osvětlený noční dopravní prostor ve vodorovné rovině většinou nezajistí jednoznačnou rozlišitelnost a viditelnost překážek – chodců na vozovce. Rozlišitelnost a viditelnost překážek – chodce v nočním dopravním prostoru je vždy závislá na vertikální složce

osvětlení v závislosti na jasech pozadí a odrazných vlastnostech dané překážky.

## 2 Způsoby zajištění bezpečnosti na komunikacích v noci

Silniční síť v ČR vykazuje značnou nejednotnost ve svém uspořádání, vybavení, kategorizaci, charakteru provozu, územního členění, 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 faktorů jejich vzniku. Podrobnější analýzu nehod na silniční síti ČR každý rok zpracovává Služba dopravní police ČR, z které je 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. 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. 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 VO.**

### • Posuzování projektových dokumentací před vydáním stanoviska DI PČR

Od začátku roku 2024 do konce září bylo posuzováno v rámci ČR cca 85 projektů VO z toho jich bylo cca 60 vráceno k přepracování nebo doplnění. Nejčastější závadou je špatné zařazení komunikace, které plynule nenavazuje na stávající osvětlené plochy. V některých případech jsou intenzity osvětlení vyšší o dvě a více světelných tříd. Například osvětlení komunikace ve třídě C5 a přilehlý chodník ve třídě P1. Ve výpočtech osvětlení nejsou zohledněny prahové přírůstky od jiných světelných zdrojů atd. Projektant řešil jen zadaný úsek bez ohledu návaznosti na již realizované úseky, například použití jiného typu svítidla s různou náhradní teplotou chromatičnosti, dále geometrií soustavy VO atd. Většina vrácených PD byla zpracována projektanty elektro bez znalostí základních požadavků na venkovní osvětlení. Z toho mi vyplývá že projektant provedl jen denní obhlídku řešeného úseku, aniž by se na dané místo podíval v noci a navrhované osvětlení přizpůsobil místním podmínkám.

### • Realizace staveb příslušenství dopravní infrastruktury (VO)

Některé montážní firmy elektro realizují VO jednou dvakrát do roka, většina jejich činností je zaměřena na rozvody NN a VN bez základních znalostí a požadavků na osvětlování komunikací. V tomto případě je velice složité posoudit kvalitu předávaného díla.

### • Kolaudační řízení staveb příslušenství dopravní infrastruktury (VO)

Ve většině případů není ke kolaudačnímu řízení předkládán protokol o provedeném kontrolním měření osvětlení realizované stavby. V drtivé většině jsou tyto stavby předávané ve dne, kdy není možné zjistit aspoň subjektivním hodnocením kvalitu osvětlení, barvy světla, intenzity osvětlení mezi navazujícími úseky atd.

- **Obnova staveb příslušenství dopravní infrastruktury (VO), Národní plán obnovy**

Z mých poznatků je největším problémem zpracování základní PD zejména u malých obcí, kde je VO součástí rozvodů NN. V těchto případech je geometrie podpěrných míst a výškové uspořádání velice nesourodé. Pro výpočet VO se uvádí průměry roztečí, výšky, vyložení a vzdáleností stožárů od hrany vozovky. V konečném důsledku je pak komunikace nerovnoměrně osvětlená a není v souladu s výpočtem VO. Dalším problémem jsou stávající pravidla veřejných zakázek. Zadavatel soutěží nejnižší cenu a úsporu el. energie bez ohledu na světelně technické parametry realizovaného osvětlení. V konečném důsledku pak má příjemce dotace problém s doložením požadovaných dokumentů např. protokolu měření osvětlení a prokázání úspory el. energie. Setkal jsem se s případy, kdy byli protokoly měření osvětlení ohnuty tak aby to vyšlo.

### **3 Kontrolní činnost – noční bezpečnostní prohlídky**

Nejčastější zjištěné komunikační závady v nočním dopravním prostoru rozdělené dle územního členění měst a obcí na intravilán a extravilán.

#### Intravilán komunikací měst a obcí osvětlený neosvětlený prostor:

- Vypínání VO na průjezdných komunikacích
- Vypínání VO ob stožár
- Osvětlení přechodů pro chodce bez adaptační zóny
- Osvětlení křižovatkových prostor bez adaptační zóny
- Vliv areálového osvětlení na neosvětlenou přilehlou komunikaci
- Zeleň bránící šíření světla

#### Extravilán komunikací mezi městy a obcemi:

- Osvětlené cyklostezky, které jsou souběžné s neosvětlenou komunikací
- Osvětlené areály, čerpací stanice přilehlé k neosvětlené komunikaci
- Nekvalitní vodorovné značení – špatné odrazné vlastnosti
- Absence vodících sloupků – nevhodné umístění v obloucích
- Absence nebo nevhodné umístění vodící tabule Z 03

### **Literatura a odkazy**

- [1] Noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací – metodika provádění, Vysoká škola báňská – Technická univerzita 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] Směrnice EU 2008/96/EC Premium Light verze 3.0 / 2017

# **Funkce Kontrastní Citlivosti – možnost odhadu vlivu barvy, spektrálního složení a velikosti podnětu na viditelnost v různých podmínkách osvětlování**

Michal Vík, Martina Víková, Marcela Pechová, Dominik Dušek, LCAM FT Technická univerzita v Liberci, michal.vik@tul.cz, www.tul.cz

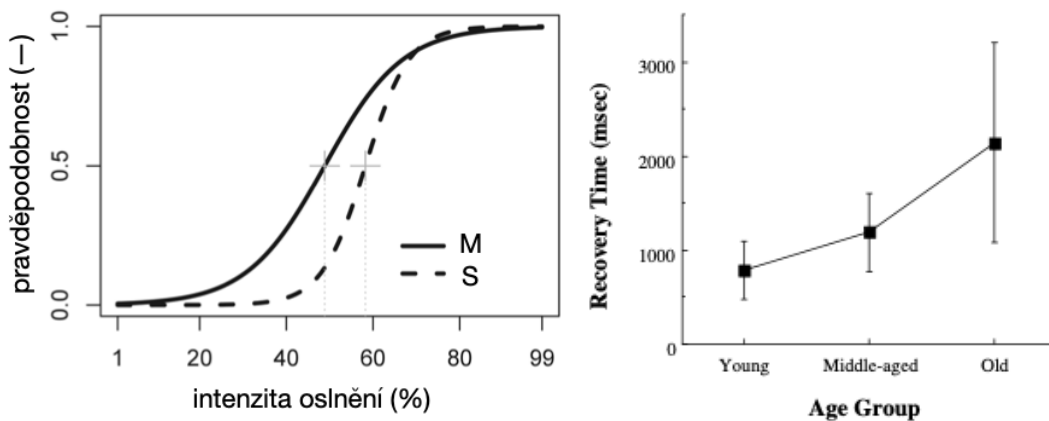
*Abstrakt: Tento příspěvek je úvodní studií směřující k definování komplexního modelu zahrnujícího nejvýznamnější faktory přispívající k viditelnosti typicky v nočním dopravním prostoru. Autoři se primárně zaměřili na rozbor souhrnného modelu určení minimální prahové hodnoty jasu podle Adriana nutné k tomu, aby pozorovatel identifikoval příslušný podnět. Je ukázán vliv a význam jednotlivých částí modelu. Zároveň byla navržena úprava tohoto modelu tak, aby zahrnoval vliv spektrálního složení osvětlení, barvy podnětu a oslnění na viditelnost.*

## **1 Úvod**

V nočním silničním provozu rozhoduje o bezpečnosti při řízení vozidla téměř výhradně vizuální bezpečnost. Ta zase závisí na podmínkách viditelnosti a velikosti optické informace, která je v noci značně omezena v důsledku omezeného periferního vidění. To má za následek zvýšené riziko nehod ve srovnání s řízením ve dne. Při jízdě v noci za nepříznivých povětrnostních podmínek jsou problémy s vnímáním ještě větší. Homogenní rozložení jasu se na mokré vozovce výrazně mění [1] [2]. Je nutné si uvědomit, že silnice je mokrá nejen během deště, ale také během následného vysychání, které může být velmi dlouhé, pokud je povrch vozovky zcela mokrá. Zvýšený lesk povrchu vyvolaný vlhkostí v chladném a vlhkém období, kdy je podíl nočních hodin, respektive hodin se sníženou intenzitou slunečního svitu obzvláště vysoký, může trvat i několik dní. Ztráta viditelnosti v důsledku zvýšeného oslnění a zvýšené citlivosti na oslnění dále zvyšuje riziko nehod. Studie o vlivu povětrnostních podmínek na nehodovost, ukazují, že počet nehod na mokřích silnicích je přibližně o 19 % vyšší než na suchých [3].

Je známo, že rozložení svítivosti a spektrální složení zásadně určují kvalitu stacionární osvětlovací soustavy pozemních komunikací. Z tohoto důvodu hrají barva, jas, rozložení jasu a oslnění klíčovou roli při standardizovaném hodnocení kvality. Je třeba poznamenat, že bez omezení oslnění by byla jakákoli snaha o dosažení vizuální bezpečnosti (a vizuálního komfortu) nemožná [4].

V případě oslnění z pevného pouličního osvětlení se rozlišuje mezi fyziologickým účinkem oslnění a psychologickým vnímáním oslnění. Fyziologické oslnění způsobuje snížení zrakových funkcí a zrakové výkonnosti. Psychologické oslnění vede po delší expozici k nepohodlí a předčasné únavě, přičemž v případě starších osob je tento efekt výraznější, jak dokumentuje graf na obrázku 1 [5]. Zároveň můžeme vidět další problém v případě starších řidičů, kdy zpětná adaptace, respektive doba zotavení zraku po oslnění je u starších pozorovatelů významně delší, což představuje zvýšené riziko typicky ve městské zástavbě s velkým množstvím rušivých světelných zdrojů. Přičemž mokrá vozovka toto riziko umocňuje sekundárními odlesky.



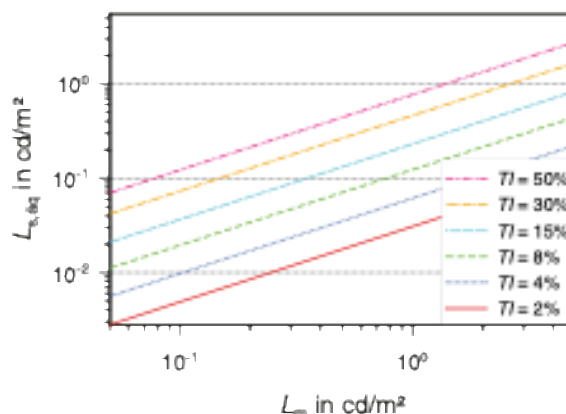
Obr.1 Pravděpodobnost rozlišení vlivu oslnění na identifikaci objektu podle věkových skupin (M – mladší pozorovatelé, věk 20–35 let, S – starší pozorovatelé, věk 55–70 let) a doba zotavení po oslnění pro tři věkové skupiny, převzato z [5]

Oba typy oslnění jsou na sobě nezávislé a vedou k různým výsledkům. Z dřívějších studií o psychologickém oslnění a jejich mezních hodnotách ekvivalentního zákrytového jasu pro kritérium BCD vyplývá, že fyziologické oslnění má slabší vliv na kvalitu osvětlovací soustavy než psychologické oslnění [7], zejména při vyšším jasu vozovky a menších světelných plochách svítidel. Přesto se omezení fyziologického oslnění v dnešní osvětlovací praxi stále více prosazuje [2], i když některé výsledky ukazují nízkou relevanci [8].

Základní práce o fyziologickém oslnění provedl již Holladay na počátku 20. století, aby určil ekvivalentní jas závoje [9]. Další experimenty na toto téma, zejména v otázkách exponentů úhlu oslnění, velikosti zorného úhlu zrakového objektu a rozsahu úhlu oslnění mezi směrem ke zdroji oslňujícího světla a směrem pohledu, jakož i sčítání závojového jasu s několika zdroji oslnění, podnikli Fry [10], Adrian [11], Vos/Bouman [12], Crawford [13] a Hartmann [14]. Výsledkem bylo doporučení, které publikoval Eichhoff [15] rovnici pro popis vlivu fyziologického oslnění při pouličním osvětlení jako procentuální zvýšení prahové hodnoty:

$$TI = \left( \frac{\Delta L_{\min, BI}}{\Delta L_{\min, oBI}} - 1 \right) \cdot 100 \% \quad (1)$$

kde  $TI$  je zvýšení prahové hodnoty v %,  
 $\Delta L_{\min, BI}$  požadovaná prahová hodnota rozdílu s oslněním v  $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$   
 $\Delta L_{\min, oBI}$  požadovaná prahová hodnota rozdílu bez oslnění v  $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$



Obr.2 Ekvivalentní jas oslnění jako funkce průměrného jasu vozovky pro různé nárůsty prahových hodnot [6]

Vzorec (1) je používán v řadě normativních dokumentů, nicméně se ukázalo, že tento vzorec je pro popis účinku oslnění méně vhodný, protože zohledňuje složku zvýšení jasu na sítnici, a nikoli stejně se vyskytující složku snížení vnímaného kontrastu, která má v případě oslnění mnohem silnější vliv na zvýšení prahové hodnoty. Jako vhodnější se ukázal souhrnný model určení minimální prahové hodnoty jasu podle Adriana [16]

$$\Delta L_{\min} = k \cdot \left[ \frac{\sqrt{\phi(L_b)}}{\alpha} + \sqrt{L} \right]^2 \cdot \frac{a_{br}(\alpha, L_b) + t}{t} \cdot F_{cp}(\alpha, L_b) \cdot AF \quad (1)$$

Rovnici (2) můžeme rozepsat do obecného tvaru:

$$\Delta L_{\min} = k \cdot f(\alpha, L_b, t, r) = k \cdot f_1(\alpha, L_b) \cdot f_2(\alpha, L_b, t) \cdot f_3(\alpha, L_b) \cdot f_4(r) \quad (2)$$

kde  $k$  je koeficient pravděpodobnosti vnímání, kdy  $k_w = 1$  odpovídá 50% a  $k_w = 2,6$  odpovídá 99,99 % pravděpodobnosti

$f_1$  je funkce hraničního kontrastu závislá na geometrickém součtu funkce světelného toku  $\sqrt{\phi}$  vyplývající z Riccova zákona a funkce jasu  $\sqrt{L}$  vyplývající z Weberova zákona, která je ovlivněna velikostí podnětu charakterizovanou zorným úhlem  $\alpha$  [°], přičemž platí:

$$L_b \leq 0,00418 \text{ cd.m}^{-2} \quad \log \sqrt{L} = -0,891 + 0,5275 \log(L_b) + 0,0277 \log(L_b)^2 \quad (3)$$

$$0,00418 < L_b \leq 0,6 \text{ cd.m}^{-2} \quad \log \sqrt{\phi} = -0,072 + 0,3372 \log(L_b) + 0,0866 \log(L_b)^2 \quad (4)$$

$$L_b > 0,6 \text{ cd.m}^{-2} \quad \sqrt{L} = 0,05946 \cdot (L_b)^{0,466} \quad (5)$$

$f_2$  je funkce charakterizující vliv přerušovaného světla, kde  $a_{br}$  je Blondel-Reyova konstanta (popisuje efektivitu přerušovaného světla, obvykle 0,2 s) a  $t$  je doba trvání podnětu – světelného pulsu [s], přičemž obecná efektivita přerušovaného světla je vypočtena podle rovnice (6).

$$I_{\text{eff}} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I(t) dt}{a_{br} + (t_2 - t_1)} \quad (6)$$

$f_3$  je funkce charakterizující polaritu kontrastu. Protože pozitivní a negativní kontrast nevykazují symetrické závislosti, je nutné funkci počítat následujícím způsobem:

$$f_3 = 1 - \frac{m \cdot \alpha^\beta}{2,4 \cdot \Delta L_{\text{pos}}}, \quad (7)$$

když

$$L_b \geq 0,1 \text{ cd.m}^{-2} \quad m = 10^{-10^{-\{0,125 \cdot [\log(L_b)+1]^2 + 0,0245\}}} \quad (8)$$

$$L_b > 0,004 \text{ cd.m}^{-2} \quad m = 10^{-10^{-\{0,075 \cdot [\log(L_b)+1]^2 + 0,0245\}}} \quad (9)$$

$$\text{pro všechna } L_b \quad \beta = 0,06 \cdot (L_b)^{-0,1488} \quad (10)$$

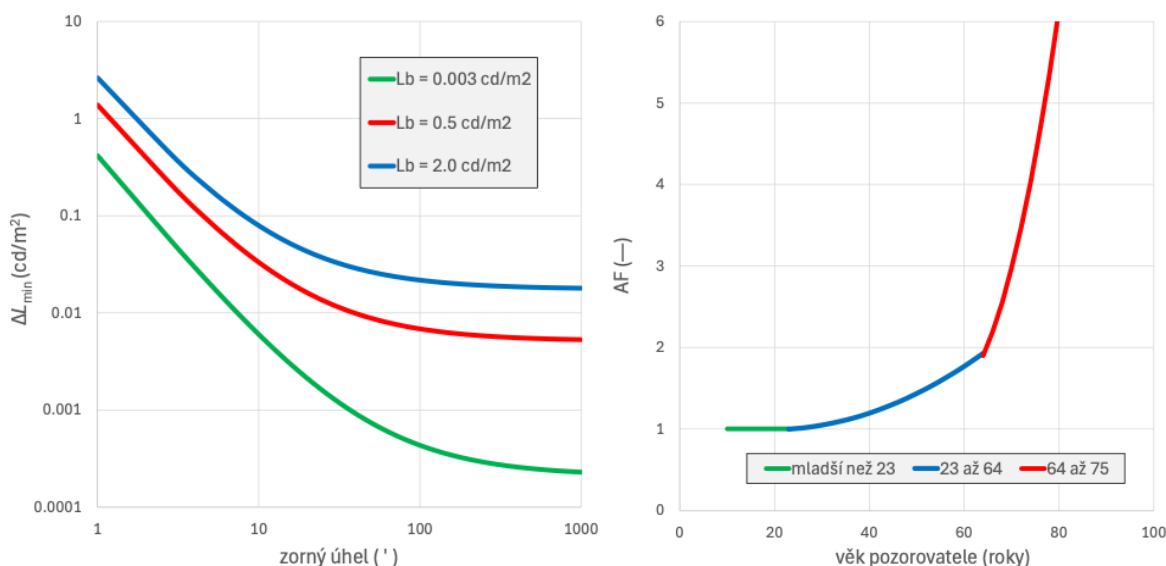
$f_4$  je funkce popisující vliv věku na práh rozlišitelnosti, který se vypočítá následujícím způsobem:

pro osoby mladší než 23 let platí:  $AF = 1$

pro osoby ve věku od 23 do 64 let:  $AF = \frac{(Věk-19)^2}{2160} + 0,99$

pro osoby ve věku od 64 do 75 let:  $AF = \frac{(Věk-56,6)^2}{116,3} + 1,43$

Graf na obrázku 3 nám zároveň ukazuje, že základní úroveň podnětu, v našem případě jas pozadí  $L_b$ , významně ovlivňuje práh rozlišitelnosti – minimální prahovou hodnotu jasu.



Obr.3 Průběh prahové rozlišitelnosti jasů v závislosti na zorném úhlu a jasu pozadí (vlevo), průběh funkce vlivu věku  $f_4$  (AF) v závislosti na věku pozorovatele (vpravo)

Zároveň můžeme vidět, že průběh funkce vlivu věku  $f_4$  významně narůstá nad 64 let věku s tím, že v 75 letech potřebuje pozorovatel (řidič) přibližně 5-krát vyšší rozdíl jasů mezi podnětem a pozadím, aby byl schopen podnět (například chodce) zpozorovat.

Je zřejmé, že v rovnici (2) není započítán vliv spektrálního složení světla a barvy hodnocených objektů. Vzhledem k tomu, že obecný zápis závislosti minimální prahové hodnoty jasů na jasu pozadí, velikosti podnětu, délce podnětu, polaritě kontrastu a věku pozorovatele má multiplikační charakter, lze uvažovat další dvě dílčí funkce  $f_5$  a  $f_6$ , které zavedou do obecné funkce kontrastní citlivosti vliv spektrálního složení světla a vliv barvy podnětu. Zároveň je nutné uvažovat vliv oslnění, který se projevuje jako konstantní přírůstek minimální prahové hodnoty jasů, jak vyplývá z průběhů uvedených v grafu na obrázku 1. Taková funkce pak bude mít následující zápis:

$$\Delta L_{\min} = k \cdot f_1(\alpha, L_b) \cdot f_2(\alpha, L_b, t) \cdot f_3(\alpha, L_b) \cdot f_4(r) \cdot f_5(T_{cp}) f_6(XYZ) + G \quad (11)$$

Vzhledem k tomu, že práce Adriana a dalších byly primárně prováděny při použití denního světla, respektive simulátorů CIE standardního zdroje světla D65 je možné provést rozdílové experimenty mapující rozdílné světelné technické parametry při pozorování na achromatické sadě podnětů, kdy bude sledován vliv spektrálního složení světla a určit tvar funkce  $f_5$ . Následné rozšíření experimentálních prací na vybrané chromatické podněty pak umožní regresně stanovit rovněž funkci  $f_6$ .

## 2 Závěr

Tento příspěvek je úvodní studií a teoretickým rozбором problematiky hodnocení minimální prahové hodnoty jasů v případě oděvů, které mají zajistit viditelnost chodce v nočním dopravním prostoru. Zároveň je nutné uvést, že výše uvedené funkce jsou platné pro homogenní pozadí a pro případ komplexních scén jako jsou podmínky pozorování při jízdě v městské zástavbě je nutné ještě vzít ještě v úvahu nutné navýšení kontrastu s ohledem na množství podnětů, které mohou mít v případech násobných rušivých vlivů za následek více jak trojnásobné prodloužení reakční doby řidiče.

## Poděkování

Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou soutěží Technické univerzity v Liberci v rámci projektu č. SGS-2023-6385 – Zvýšení viditelnosti chodců v podmínkách komplexních vizuálních scén v denním a nočním dopravním prostoru.

## Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] Van Bommel W. J. M (1976): Optimization of the quality of road lighting installations – especially under adverse weather conditions, *Journal of IES*, P99.
- [2] CIE Publication 115 (2010): Lighting of roads for motor and pedestrian traffic.
- [3] Arminger G., et al. (1996): Einfluss der Witterung auf das Unfallgeschehen. Schlussbericht zum BASt-Forschungsbericht 8901.
- [4] Abboushi, B.; Fotios, S.; Miller, N. J. (2023) Predicting discomfort from glare with pedestrian-scale lighting: A comparison of candidate models using four independent datasets. *Lighting Research & Technology*, 147715352311625.
- [5] Facchin A, Daini R and Zavagno D (2017) The Glare Effect Test and the Impact of Age on Luminosity Thresholds. *Front. Psychol.* 8:1132.
- [6] Walking, A. (2017) Schwellenuntersuchung zur physiologischen Blendung für ortsfeste Straßenbeleuchtung – Weiterentwicklung der TI-Formel für nasse und trockene Straßen, Schriften der Ilmenauer Lichttechnik Band 20.
- [7] Adrian W., Eberbach K. (1965): Zur Frage der psychologischen Blendung in der Straßenbeleuchtung. *Lichttechnik* 17, Nr. 11, S. 137A
- [8] Marié S, Montés-Micó R, Martínez-Albert N, García-Marqués JV, Cerviño A.( 2021) Evaluation of physiological parameters on discomfort glare thresholds using LUMIZ 100 tool. *Transl Vis Sci Technol.*;10(8):28.
- [9] Holladay L. L. (1926): The fundamentals of glare and visibility. *J. Opt. Soc. Amer.* 12, P271.
- [10] Fry G. A. (1955): Physiological basis of disability glare. In: Proceedings, CIE Zürich, Vol. I 1.42 U-F/4 P2.
- [11] Adrian W. (1961): Der Einfluss störender Lichter auf die extrafoveale Wahrnehmung des menschlichen Auges. *Lichttechnik* 13, Nr. 9, S. 450f.
- [12] Vos J. J., Bouman M. A. (1960): Disability glare: theory and practice. In: Proceedings CIE Bruxelles 1959 vol. B, Publications CIE No. 5, P298.
- [13] Crawford B. M.(1936): The integrations of the effects from a number of glare sources. In: Proceedings Phys. Soc. London 48, P35.
- [14] Hartmann E., Ucke Ch. (1974): Der Einfluss der Blendquellengröße auf die physiologische Blendung bei kleinen Blendwinkeln. In: *Lichttechnik* 20, Nr. 1, S. 20f.
- [15] Eichhoff L. (1970): Möglichkeiten zur quantitativen Erfassung der physiologischen Blendung. *Lichttechnik*, 22. Jahrgang Nr. 4. S. 185–188.

# Hygiena osvětlování denním světlem

Petr Vrbík, Ing., ČSO, [VrbikPetr@seznam.cz](mailto:VrbikPetr@seznam.cz)

## Abstrakt:

*Světelné záření považujeme za významný fyzikální faktor životního prostředí ovlivňující naše zdraví. Ve sdělení jsou zmíněny možnosti působení světelného záření na člověka a na základě fyziologických a psychologických potřeb přirozeného denního světla jsou potom odvozeny zásady pro hygienu osvětlování. Současně jsou uvedeny hygienické limity na osvětlování denním světlem s doporučením používat i prostorovou osvětlenost a upozornění, že u hygienického dozoru denního osvětlení je nutné dbát na prevenci. Platí, že s rostoucí zrakovou zátěží se zvyšují i hygienické požadavky na osvětlování.*

## 1 Úvod

Všeobecným úkolem hygienické služby je ochrana veřejného zdraví. V průběhu našeho života jsme mj. vystavováni různým vlivům životního prostředí a hygienickou snahou je posuzovat všechny tyto vlivy komplexně (*jedná se o složitý dynamický systém vzájemného ovlivňování*). K mnoha sledovaným vlivům patří i **fyzikální faktory**, kam řadíme elektromagnetické záření, hluk, vibrace a prach. Součástí elektromagnetického záření je také optické záření (*zahrnující IR, světelné a UV záření*), které tvoří hraniční přechod mezi neionizujícím a ionizujícím působením na člověka.

Do optického záření spadá i **světelné záření**, na které většinou nahlížíme jako na energii potřebnou pro přenos informací o vnějším okolí, nicméně tato energie na nás působí i přímo, takže světelné záření je i významným fyzikálním faktorem, ovlivňujícím naše **zdraví**.

## 2 Působení světelného záření

Světelné záření (*světlo*) na nás působí:

- množstvím (*energetické působení*);
- spektrálním složením (*vyvolává vjem barvy*);
- dobou trvání (*např. dlouhodobě, krátkodobě*);
- časovým průběhem (*např. střídáním světla a tmy, míháním*).

Pro nás je příznivé především působení **přirozeného denního světla**, které se podílí:

- na **podpoře imunitního a reprodukčního systému** (*vč. tvorby vitamínu D*);
- na **dynamické proměnlivosti světla** (*nejen množství, ale i spektrálního složení*), což nám usnadňuje zrakové vnímání;
- na pravidelném **střídání přirozeného denního světla a tmy**, které synchronizuje naše vnitřní biorytmy, které jsou pro udržení lidského zdraví nezbytné.

Právě dynamická proměnlivost přirozeného denního světla patří k nejvýznamnějším rozdílům mezi působením denního a umělého světla (*u denního osvětlení dosahujeme vyšší zrakový výkon*). Navíc je přirozené denní světlo tvořeno nejen přímým slunečním zářením, ale i nepřímou oblohovou složkou, což přispívá k lepší zrakové orientaci v prostoru.

O přímém působení světla na člověka svědčí i jeho využívání při různých světelných terapiích (mj. k léčení depresí). Z hygienického hlediska lze tedy považovat osvětlování denním světlem za **prioritní!**

*Pozn.: Ztráta vnitřních biorytmů se považuje za jednu z příčin psychogenních onemocnění. Souvisí to s naší fyziologickou potřebou pravidelného střídání aktivity a odpočinku (čili i s potřebou spánku)!*

### 3 Zásady hygieny osvětlování

Při formulování zásad pro hygienu osvětlování vycházíme z našich **fyziologických a psychologických potřeb** přirozeného denního světla a můžeme konstatovat, že denní světlo potřebujeme:

- ke **zdravému pobytu** ve vnitřním prostoru;
- ke spolehlivému **zrakovému rozlišování**;
- pro **zrakovou i psychickou pohodu**.

Lze rozlišit tři úrovně:

**I. základní fyziologickou úroveň** – je dána fyziologicky nezbytnou dávkou denního světla, potřebnou ke zdravému pobytu (*osvětlujeme sami sebe; mj. déle trvajícím nedostatek denního světla způsobuje psychické deprese nebo u dětí i významný nárůst očních vad*);

**II. hygienickou úroveň** – je určena nejen dostatečným množstvím denního světla, ale i přijatelným jasovým a barevným kontrastem (*osvětlujeme místo zrakového úkonu a dbáme na ochranu před oslněním*);

**III. psychologickou úroveň** – jedná se o zajištění podmínek pro zrakovou a psychickou pohodu (*mj. výhled do vnějšího okolí, proslunění, popř. ochrana před rušivými vlivy*).

**ad I: fyziologická úroveň** – ke zdravému pobytu ve vnitřním prostoru během dne potřebujeme určitou **dávku denního světla**. Dosahujeme toho celkovým rovnoměrným osvětlením celého vnitřního prostoru s ohledem na předpokládanou délku pobytu. Dávka denního světla potřebná k pobytu vlastně představuje **hygienické minimum** pro osvětlování. Protože se jedná o prosvětlení objemu daného prostoru, tak je vhodné, aby jako kritérium pro stanovení potřebné dávky denního světla, byla používána **prostorová osvětlenost** (*např. kulová, válcová apod.*), a teprve pro konkrétní zrakovou činnost stanovovat **osvětlenost na srovnávací rovině**.

Navíc je zde třeba upozornit, že **funkčně vymezovat části vnitřního prostoru** lze pouze z hlediska úrovně **zrakového úkonu**, ale ne z hlediska pobytu v daném prostoru!

**ad II: hygienická úroveň** – kdy světlo potřebujeme ke spolehlivému **zakovému vnímání**, což je schopnost zraku, umožňující rozlišovat rozdíly jasností a barev, vnímat tvary předmětů včetně orientace v prostoru. Jedná se o **dynamický proces** celé řady složitých jevů, založených na systému průběžného porovnávání nejen v oku, ale i v nervové soustavě a ve zrakovém centru mozku, přičemž se na vjemu podílí i naše vědomí (*vidíme to, co si myslíme, že bychom vidět měli*). Preferujeme přirozené denní světlo, které nám nejen zvyšuje zrakový výkon, ale i zajišťuje **vyšší jasovou adaptaci zraku** (*čímž zvyšuje odolnost proti oslnění*).

Ke stanovení potřebného množství světla potřebujeme znát prováděnou zrakovou činnost, kterou můžeme popisovat **charakteristikami zrakové činnosti** (např. náročností, obtížností). Také je podstatné, jaké jsou relativní **časové nároky** (jak rychle musíme daný úkon zvládnout).

**ad III: psychologická úroveň** (pro zachování zrakové i psychické pohody) - zde je potřeba, aby kromě již zmíněného dostatečného množství denního světla bylo eliminováno:

- **oslnění**;
- **nadměrná zraková zátěž**;
- světlem vyvolávané **rušivé vlivy**;

a současně byly zajištěny i psychologické požadavky:

- **výhled – vizuální** kontakt s venkovním prostředím;
- popř. **proslunění** (mj. nemocniční pokoje, zotavovny, byty, školky apod.).

Přítom optimálního osvětlení lze dosáhnout jen teoreticky; pro konkrétní osobu v daném čase (*individuální regulací*).

#### 4 Hygienické požadavky na denní osvětlení

Hygienickou snahou je, aby vnitřní prostor, určený k pobytu osob, byl dostatečně osvětlen denním světlem. **Pracoviště mají být, pokud je to možné, osvětlena denním světlem (zákon č. 309/2006 Sb.)!**

U denního osvětlení ve vnitřním prostoru požadujeme:

- dostatečné **množství denního světla** (*včetně přijatelné rovnoměrnosti*);
- **zábranu před oslněním**;
- **výhled** (popř. *proslunění*);
- přijatelnou **směrovost** světla.

##### 4.1 Množství denního světla

Dosažení požadovaného množství denního světla je závislé na odstupové vzdálenosti uvažované stavby od vnějších stínících objektů, na geometrii osvětlovaného prostoru a na použité osvětlovací soustavě. Rozlišujeme **osvětlovací soustavy**:

- **horní**, kde osvětlovací otvory (*světlíky*) jsou ve střešní konstrukci budovy, přičemž účinnost klesá s rostoucí výškou daného vnitřního prostoru;
- **boční**, kde denní světlo proniká do místnosti osvětlovacími otvory (*okny*) v obvodovém plášti budovy a účinnost je omezena výškou a hloubkou místnosti (*se zmenšující „světlou“ výškou se snižuje i možnost prosvětlení do hloubky místnosti*);
- **kombinované** (*kombinují se oba způsoby*);
- **sekundární**, kde světlo prochází přes další vnitřní prostor.

Kritériem pro určení množství denního světla býval používán činitel **denní osvětlenosti**. Podle normy ČSN EN 17 037 se nově zavádí **cílový činitel denní osvětlenosti ( $D_T$ ; %)**:

$$D_T = E_{\text{pož.}} / E_{\text{v.d.med.}} \times 100 [\%];$$

což je podíl požadované osvětlenosti na kontrolované rovině [lx] a **venkovní difuzní osvětlenosti** v závislosti na zeměpisné šířce uvažovaného místa (pro Prahu 14 900 lx; přitom se ale uvažuje s dostatečným denním osvětlením jen pro polovinu roku ?!).

Podle normy se požaduje:

- u **boční soustavy** – cílový **č.d.o.  $D_T$**  (na 50 % plochy daného vnitřního prostoru) současně s **minimálním č.d.o.  $D_{TM}$**  (na 95 % plochy prostoru);
- u **horní soustavy** vystačíme jen cílovým **č.d.o.  $D_T$**  (na 95 % plochy prostoru).

**Minimální hygienické požadavky** na množství denního světla pro **trvalou práci** se nově vyjadřují (podle NV č. 361/2007 Sb.):

- u boční soustavy **cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 2,0 \%$**  a zároveň **minimálním činitelem denní osvětlenosti  $D_{TM} = 0,7 \%$** ;
- při horní osvětlovací soustavě **cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 2,0 \%$** .

V odůvodněných případech **při sdruženém osvětlení**, musí být **podíl denní složky**:

- u boční soustavy **cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 1,0 \%$**  a zároveň **minimálním činitelem denní osvětlenosti  $D_{TM} = 0,5 \%$** ;
- pro vodorovné osvětlovací otvory cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_T = 1,5 \%$  a zároveň minimálním cílovým činitelem denní osvětlenosti  $D_{TM} = 0,5 \%$ .

Současně platí, že při **rovnoměrnosti denního osvětlení  $r \geq 0,2$** ; lze prostor ještě považovat za rovnoměrně osvětlený.

Pro zajištění požadavků s ohledem na konkrétní zrakovou činnost, odkazují hygienické předpisy na normové hodnoty (normy ČSN EN 12464-1 a ČSN EN 17 037). V prostorech s potřebou vizuální komunikace (mj. v kancelářích, učebnách, zasedacích místnostech) se doporučuje **prostorová osvětlenost** (např. střední válcová osvětlenost  $\bar{E}_c \geq 150$  [lx]; 1,20 m nad podlahou pro sedící a 1,6 m pro stojící osoby).

Tab. 1 **Doporučení pro denní osvětlení** (podle ČSN EN 17 037)

Doporučená úroveň pro svislé a šikmé osvětlovací otvory	Cílová osvětlenost $E_T$ [lx]	Cílový činitel denní osvětlenosti $D_T$	Minimální cílový činitel denní osvětlenosti $D_{TM}$
Minimální	300	2,0 %	0,7 %
Střední	500	3,4 %	2,0 %
Vyšší	750	5,0 %	3,4 %

*Pozn.: Zde je potřeba zvážit navrhovanou úroveň denního osvětlení (**minimální** – např. denní složka pro pochůzku na robotizovaném pracovišti; **střední** – běžná zraková obtížnost (čtení, psaní); **vyšší** – náročná zraková obtížnost (operační sály, speciální laboratoře)). Přitom na Slovensku si doposud ponechaly hygienické limity  $D_{min} = 1,5\%$ ;  $D_m = 3,0\%$  (vyhl. č. 541/2007)!*

## 4.2 Zábrana před oslněním

U denního osvětlení se **oslnění** posuzuje u vnitřních prostorů, kde se předpokládají činnosti odpovídající svou obtížností čtení, psaní nebo práci se zobrazovacími jednotkami, a kde se **osvětlovací otvor** ocitá **v zorném poli pozorovatele** (*když nelze změnit pracovní místo ani směr pozorování*)! V případech více možných míst činností se má hodnotit nejméně příznivé místo. Pro hodnocení **míry oslnění** se doporučuje použít **pravděpodobnost oslnění DGP** (ČSN EN 17 037). V případě potřeby lze ochranu před oslněním zajistit žaluziemi, markýzami apod.

## 4.3 Výhled a proslunění

K významným hygienickým požadavkům na osvětlování řadíme i **výhled**. Jedná se o **vizuální spojení s vnějším okolím**, které nám poskytuje informace o místním prostředí, změnách počasí, denní době a popř. umožňuje i akomodaci zraku. Výhledový otvor má mít dostatečnou šířku výhledu a má být zajištěna dostatečná délka výhledu (*odstupová vzdálenost od stínících objektů*), aby umožnil mj. vidět oblohu a vnější okolí. Výhled se posuzuje v kontrolních bodech daného vnitřního prostoru, kde se nacházejí osoby. Pozornost výhledu musíme věnovat především u horních osvětlovacích soustav, kde bývá potřeba doplnit boční okna!

Z hygienického pohledu jsou důležité i účinky přímého slunečního záření, takže bývá v některých pobytových prostorech požadováno **proslunění** (*mj. v nemocničních pokojích*). Víme, že ze slunečního záření čerpáme energii pro řízení našich vnitřních procesů v těle a proslunění příznivě působí i naši psychiku. Velikost proslunění závisí na orientaci osvětlovacích otvorů ke světovým stranám a jejich zastínění.

## 4.4 Směrovost světla

Důležitá je také orientace pracovišť s ohledem na převládající **směr** dopadajícího **denního světla**, aby nedocházelo k zastínění místa zrakového úkonu (*např. osobou pracovníka nebo technologickým zařízením, popř. regály*).

## 5 Hygienický dozor

U denního osvětlení je nezbytné klást důraz na prevenci. Kontrolujeme projektovou dokumentaci a ptáme se na:

- vykonávanou zrakovou činnost (*obtížnost, náročnost, zrakovou zátěž*);
- množství denního světla (*boční či horní osvětlovací soustava, velikost osvětlovacích otvorů, zastínění*);
- ochranu před oslněním (*orientace pracovních míst v daném prostoru, protisluneční clony*);
- výhled (*je-li možné vidět ven z místa pobytu*), popř. i proslunění.

Množství denního světla kontrolujeme výpočtem cílového činitele denní osvětlenosti, přičemž přímé změření tohoto činitele možné není!

U běžného dozoru je potřeba kontrolovat **orientaci pracovních míst** s ohledem na umístění osvětlovacích otvorů (*především u práce s obrazovkami*), případné zastínění místa pracovního úkonu (*technologemi apod.*) a zajištění výhledu do vnějšího okolí.

Hygienicky významná bývá i kontrola **jasových poměrů**. K vytvoření přijatelného rozložení jasů v daném interiéru přispívají jasy všech větších odrazných ploch. Pro jejich určení je výhodné použít jasový analyzátor (např. *LumiDISP – LDA; VUT Brno*). Při případném **oslnění** požadujeme zábranu pomocí regulovatelných protislunečních clon (žaluzie, markýzy). Nejvýhodnější jsou venkovní horizontální žaluzie, kterými můžeme regulovat nejen rozložení světelného toku ve vnitřním prostoru, ale i případnou tepelnou zátěž slunečního záření. Součástí dozoru je také kontrola provádění **údržby** (*možnost čištění oken, světlíků, popř. intervaly vymalování místnosti*).

Při kategorizaci se provádí **kategorizace zrakové zátěže**, přičemž se prací se zrakovou zátěží rozumí trvalá práce (*podle NV 361/2007 Sb.*):

- a) spojená s náročností na rozlišení detailů;
- b) vykonávaná za zvláštních světelných podmínek;
- c) spojená s používáním zvětšovacích přístrojů, sledováním monitorů nebo se zobrazovacími jednotkami;
- d) spojená s neodstranitelným oslňováním.

Projevem zvýšené zrakové zátěže bývají potíže se zrakem nebo s viděním. Při posuzování vlivu osvětlení lze použít **dotazník zrakových potíží**, kterým můžeme ověřit subjektivní odezvu konkrétních osob. Přitom jakékoliv přesné matematické vyjádření je zavádějící.

## 6 Závěr

Platí, že čím náročnější je zraková zátěž, tím jsou vyšší nároky na osvětlování. Především bychom měli dbát na to, abychom nezvyšovali zrakovou zátěž nevhodným osvětlením! Teprve podle ověřené úrovně denního osvětlení lze posuzovat úroveň osvětlení umělého.

**Hygienický dozor nad osvětlováním by měl být koordinován**, aby byl zajištěn jednotný přístup orgánů ochrany veřejného zdraví na celém území ČR!

Zdroje:

- Bartušek K.: Mentální léčení fyzikální silou myšlenky, Brno 2012
- Berger J.: Biorytmy, PASEKA Praha, Litomyšl 1995
- Hladký A., Židková Z.: Metody hodnocení psychosociální pracovní zátěže, UK Praha 1999;
- Krtilová A., Matoušek J., Monzer L.: Světlo a osvětlování, AVICEUM, Praha 1981
- Málek B. a kol.: Hygiena práce, SOBOTÁLES, Praha 2014
- Sorenson M.: Vitamín D3 a sluneční záření - ALTERNATIVA, 2012
- Syka J., Voldřich L., Vrabec F.: Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu, AVICEUM, Praha 1981
- Vrbík P.: Principles of the Hygiene of Lighting Technology, 12<sup>th</sup> European Lighting Conference, LUX EUROPA Kraków 2013, p. 357–360
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 309/2006, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů

- Vyhláška č. 432/2003 Sb., novela 2015 o podmínkách pro zařazování prací do kategorií
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanovují podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů
- ČSN EN 12665 Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení
- ČSN EN 12464–1; Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů; část 1: Vnitřní pracovní prostory
- ČSN EN 17 037 - Denní osvětlení budov

# Kurz osvětlovací techniky 2024

## (Kuchyne v bytoch s pohľadu denného osvetlenia)

Ing. arch. Martin Záhorský, SSTS, SKSI, zahorsky@archiza.sk

### 1 Úvod

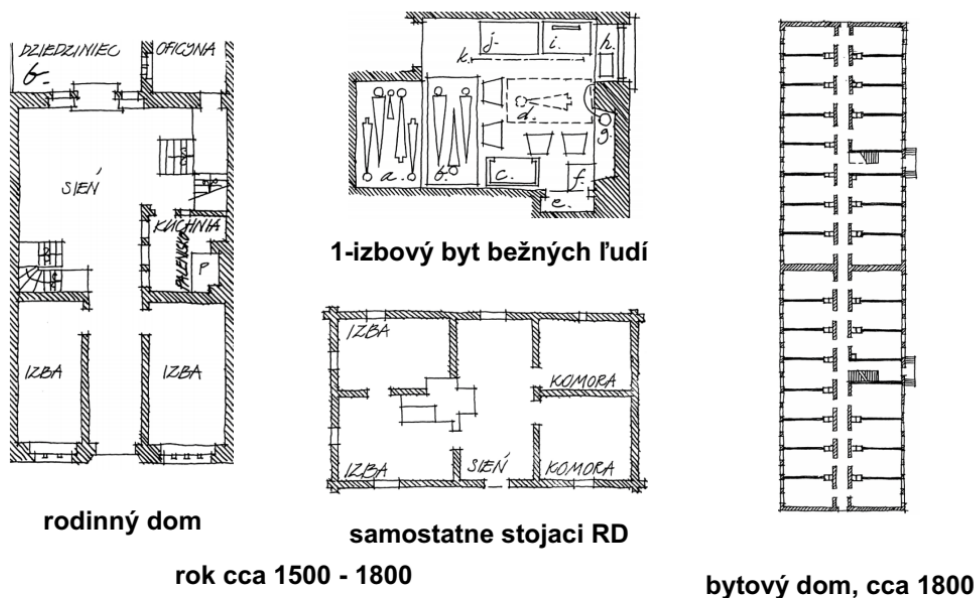
Ako inžinier architekt a venujem sa svetlotekniky aj architektúre. Tieto obe profesie sú do určitej miery vzájomne previazané, pretože pri navrhovaných stavbách, ktoré vznikajú v jestvujúcej zástavbe je potrebné, aby vznikali objekty takého tvaru, ktoré negatívne neovplyvňujú okolité jestvujúce stavby a zároveň, aby ich vnútorné navrhované priestory, čo možno v najlepšej miere využívali pozitívne účinky denného osvetlenia a preslnenia.

Tému problematika kuchýň z pohľadu denného osvetlenia som si vybral preto, pretože je to v súčasnosti často diskutovaná téma, ktorá má mnoho názorov, a tak by som rád na túto tému predniesol aj ja môj príspevok, ktorý môže napômôcť pri riešení aktualizácie normy denné osvetlenie budov na bývanie a normy bytové budovy.

### 2 História kuchýň

Poznatok z historického vývoja kuchýň hovorí, že kuchyne boli umiestňované dispozične v hlbších častiach príbytkov bez denného osvetlenia aj preto, že ohnisko produkujúce teplo sa šírilo zo stredu dispozície do ostatných miestností a oheň v kuchyni produkoval aj svetlo. Ak bola možnosť a kuchyňa bola pri okne, bol prioritne osvetlený priestor pre umývanie nádob.

V bytových domoch boli kuchyne umiestňované v blízkosti pozície komínov, ktoré boli situované v stredových častiach takýchto objektov. V jednopriestorových miestnostiach pre bežných ľudí boli kuchynské stoly využívané aj na spanie. V neskoršom období sa začali kuchyne čoraz častejšie objavovať v podobe ako ich poznáme aj dnes.



Obr. 1 Riešenie priestoru na varenie obytnej miestnosti z historického hľadiska

### 3 Súčasné normové požiadavky na obytné miestnosti v STN 73 4301 Bytové budovy

V zmysle čl. 3.11 obytná miestnosť svojim stavebnotechnickým riešením a vybavením spĺňa podmienky na dlhodobé bývanie a podmienky 8.3.1, 8.3.2, 8.3.3, 8.3.4. V zmysle čl. 8.3.1 obytná miestnosť musí spĺňať nasledovné kritériá:

- a) najmenšia podlahová plocha je 8 m<sup>2</sup>, odporúča sa 10 m<sup>2</sup>
- b) ak tvorí byt iba jedna obytná miestnosť, musí mať podlahovú plochu najmenej 20 m<sup>2</sup>
- c) má priame denné osvetlenie
- d) má priame vetranie
- e) má dostatočne účinné vykurovanie
- f) má dostatočnú tepelnú a akustickú ochranu stavebnými konštrukciami.

V zmysle čl. 8.3.2 svetlá výška obytných miestností musí byť najmenej 2 600 mm. Svetlá výška obytných miestností v podkroví musí byť najmenej 2 400 mm.

### 4 Súčasné normové požiadavky na kuchyne v STN 73 4301 Bytové budovy

V zmysle čl. 5.2.2.4 priestory na varenie s podlahovou plochou nad 8 m<sup>2</sup> sa majú priamo vetrať a osvetľovať oknami. Priestory s podlahovou plochou do 8 m<sup>2</sup> sa nemusia priamo osvetľovať oknami, musia však mať zabezpečené účinné vetranie a vyhovujúce umelé osvetlenie.

V zmysle tohto článku je doporučené priestory pre varenie osvetliť, nie je to však podmienka. A taktiež nie je uvedené, že majú mať vyhovujúce denné osvetlenie.

V zmysle 8.4.9 sa svetlá výška priestoru na varenie navrhuje rovnaká ako je svetlá výška obytných miestností podľa 8.3.2. V prípade technických rozvodov (klimatizácia, odvetranie..) je možné znížiť svetlú výšku v časti kuchyne na výšku 2 300 mm.

V zmysle uvedeného môže mať priestor na varenie svetlú výšku iba 2,3 m, čo je pri obytných priestoroch vylúčené.

V zmysle 8.4.3 je priestor na varenie kuchyňa, alebo prevádzkovo, prípadne inak oddelená časť obytnej miestnosti, predsieni, alebo haly (napríklad kuchynský kút, nika).

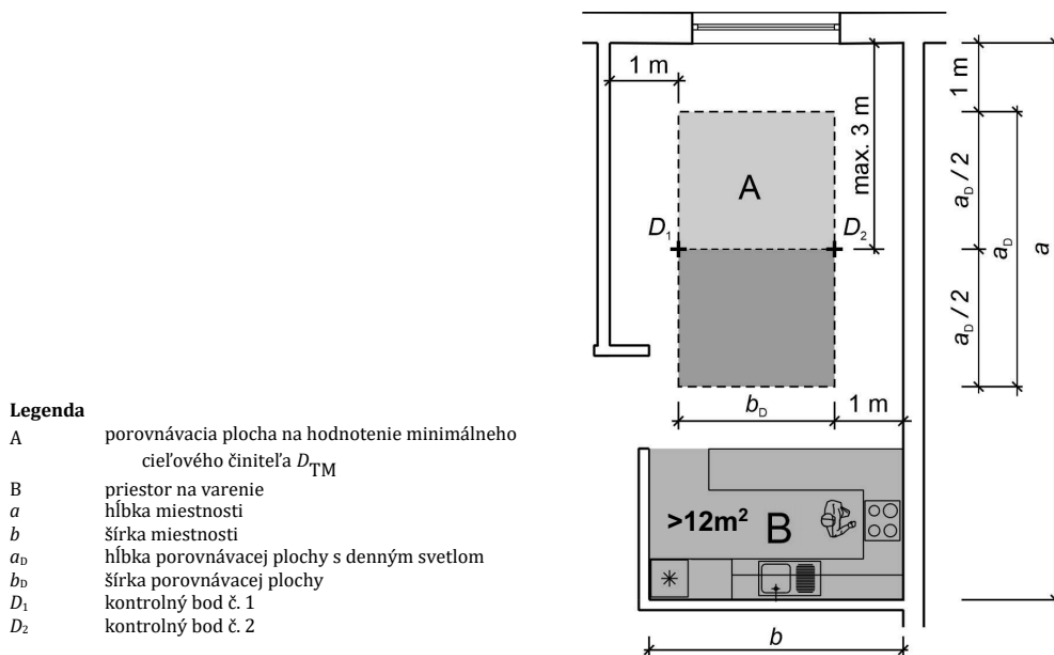
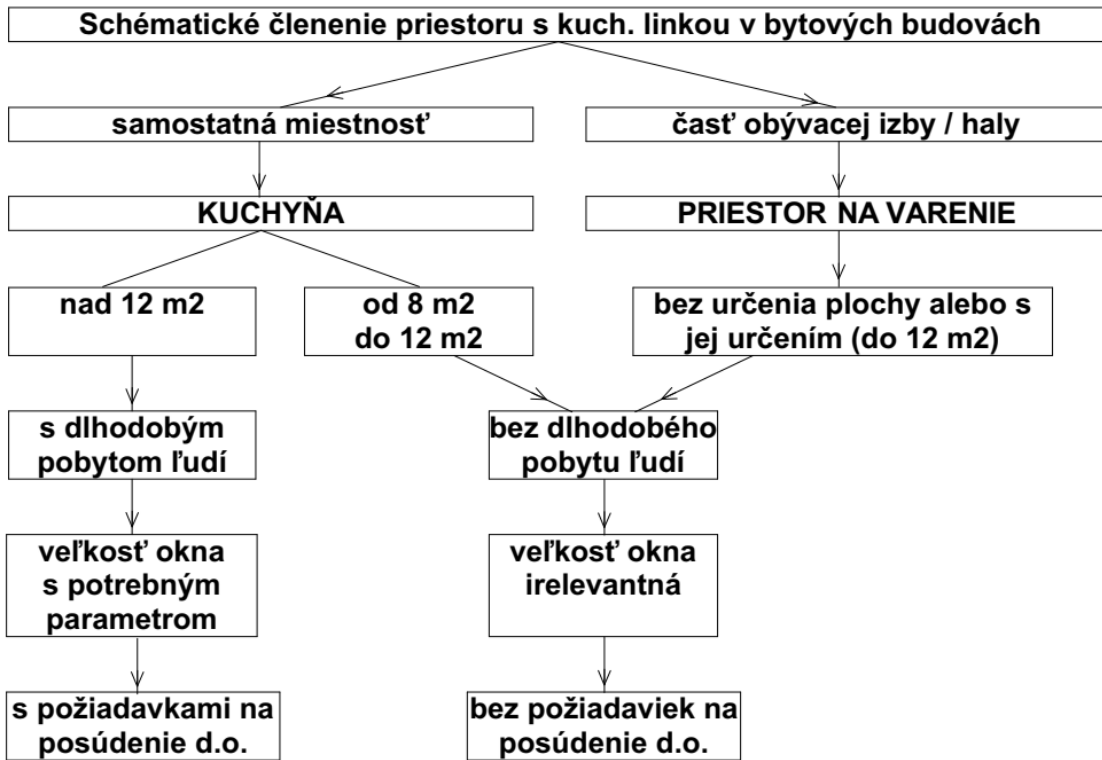
### 5 Navrhované normové požiadavky na kuchyne v STN 73 4301 Bytové budovy

Priestor na varenie: je priestor na prípravu jedál, ktorý je súčasťou obytnej miestnosti bytu, predsieni, haly, chodby prípadne iného prevádzkovo oddeleného priestoru v byte bez požiadaviek na dlhodobý pobyt (napr. kuchynský kút, nika). Musí mať zabezpečené účinné vetranie a vyhovujúce umelé osvetlenie. Takýto priestor na varenie je súčasťou príslušenstva bytu.

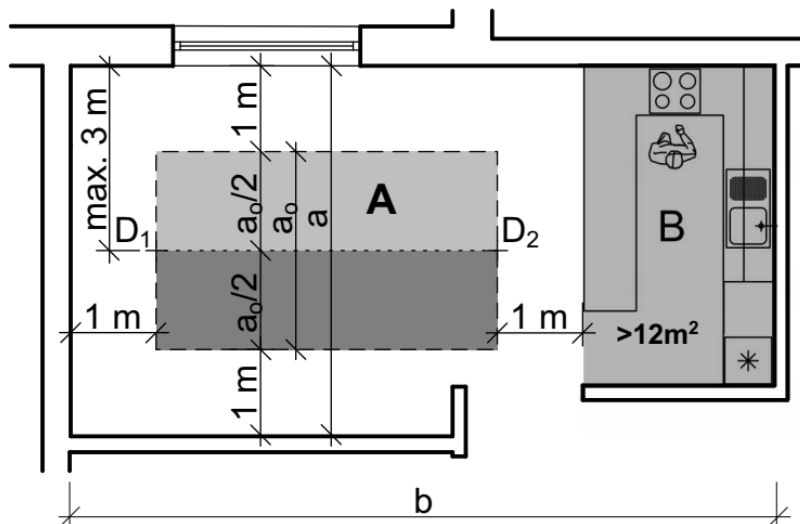
Kuchyňa: je samostatná miestnosť určená predovšetkým na varenie a prípravu jedla vrátane sprievodných funkcií s dodržaním bodu 5.2.2.4

Z dispozičného hľadiska je možné funkciu varenia, prípravy jedál a sprievodných činností situovať :

- a/ v kuchyni: samostatnej miestnosti bez stolovania.
- b/ v kuchyni: samostatnej miestnosti so stolovaním s minimálnou plochou 12m<sup>2</sup>.
- c/ v obývacej izbe s priestorom na varenie a prípravu jedál a so stolovaním s minimálnou plochou 20m<sup>2</sup>.
- d/ v priestore na varenie, ktorý je súčasťou predsieni, haly alebo chodby prípadne iného prevádzkovo oddeleného priestoru v byte - v oboch prípadoch priestor bez dlhodobého pobytu.



**Obr. 3** Riešenie priestoru na varenie obytnej miestnosti v hlbkej časti bez denného svetla



Obr. 4 Riešenie priestoru na varenie obytnej miestnosti v bočnej časti bez denného svetla

## 6 Záver

Odporúčaním je považovať naďalej kuchyne za obytné, ako tomu bolo doteraz, teda až od plochy 12 m<sup>2</sup>.

Doporučujem priestory na varenie, teda priestory bez dlhodobého pobytu, riešiť ako súčasť jednej miestnosti, či obývacej izby, alebo haly, chodby, atď. v zóne bez hodnotenia denného osvetlenia do plochy 12 m<sup>2</sup>. Touto úvahou vzniká potreba zaviesť princíp na základe ktorého bude možné odčleniť zónu bez dlhodobého pobytu od zóny s dlhodobým pobytom v obytnej miestnosti.

Jednou z možností je navrhnuť úpravu definície obytnej plochy, na základe ktorej bude možné odpočítať „neobytnú“ časť (bez dlhodobého pobytu) od obytnej:

Obytná plocha (ang. living space): plocha obytnej miestnosti, najmenej o výmere 8 m<sup>2</sup>, časť podlahovej plochy obytnej miestnosti, od ktorej je odpočítaná plocha nachádzajúca sa za hranicou 6 m od obvodovej steny s oknom, odpočítaná môže byť tiež funkčná časť bez dlhodobého pobytu ľudí (napríklad priestor na varenie, šatník,...), ktorej veľkosť plochy je do 12 m<sup>2</sup>.

## PodĎakovanie

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) Návrh revízie STN 73 0580-2: Denné osvetlenie budov. Časť 2: Denné osvetlenie budov na bývanie. Bratislava: SÚTN, Darula, 2024
- (2) STN 73 4301: Bytové budovy, Bratislava: SÚTN, 02/2021
- (3) Komparatystyka zasad dostępu do światła słonecznego dla budynków mieszkalnych w systemach prawnych różnych państw - rozprawa doktorska, mgr. inż. arch. Wojciech Gwizdak, 03/2021

# Měření osvětlení ve vazbě na aktuální legislativu

Tomáš Sousedík, Ing., METROLUX s.r.o., www.metrolux.cz

*Abstrakt: Úředním měřením rozumíme metrologický výkon, o jehož výsledku vydává autorizovaný subjekt doklad, který má charakter veřejné listiny.*

Osnova:

- 1.1 Subjekty provádějící měření osvětlení
- 1.2 Měřicí přístroje
- 1.3 Obsah protokolu

## 1 Úvod

Měření osvětlení v praxi provádějí různé subjekty a osoby. Od autorizovaných osob až po revizní techniky. V tomto příspěvku popisují jednotlivé úrovně oprávnění pro provádění měření umělého osvětlení. Dále uvádím, jaké přístroje je možné používat pro měření a co má obsahovat protokol o měření osvětlení.

### 1.1 Kdo má provádět měření osvětlení

Nejvyšší úroveň způsobilosti pro provádění měření umělého osvětlení je autorizace udělovaná Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Úřad může, podle § 21 zákona č. 505/1990 Sb., ve znění pozdějších předpisů, v případech zvláštního zřetele hodných autorizovat subjekt na jeho žádost k výkonu úředního měření ve stanoveném oboru měření po prověření úrovně technického a metrologického vybavení. Náležitosti žádosti jsou stanoveny v § 13 vyhlášky č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, ve znění pozdějších předpisů. Náležitosti dokladu o úředním měření a grafická podoba otisku razítka subjektu autorizovaného k úřednímu měření jsou uvedeny v příloze č. 9 k vyhlášce č. 262/2000 Sb.

Postup pro získání autorizace:

#### a) Žádost o vydání certifikátu způsobilosti

Certifikát způsobilosti musí mít fyzické osoby, které budou úřední měření provádět. Certifikaci provádějí akreditované certifikační orgány – Český metrologický institut a Česká metrologická společnost. Pro získání certifikátu je fyzické osoba podrobena teoretické a praktické zkoušce. Musí mít k dispozici stanovená kalibrovaná měřidla s platným ověřovacím listem. Měřidlům se budu věnovat v následujícím textu.

**b) Žádost o vydání osvědčení o technické a metrologické způsobilosti k výkonu úředního měření.**

Žádost se podává na Český metrologický institut. K žádosti se přikládají následující dokumenty:

- Certifikát způsobilosti
- ŽL nebo výpis z obchodního rejstříku
- Parametry používaných měřidel
- Doklad o vlastnictví nebo dostupnosti měřidel určených k provádění úředního měření
- Kalibrační nebo ověřovací listy
- Seznam normativně technické dokumentace vztahující se k příslušnému měření
- Metodiky měření obsahující také výpočty nejistot měření
- Návrh deníku Úředního měření dle MPM 13-06, příloha č. 8 a návrh dokladu o úředním měření dle přílohy č. 9 k vyhlášce č. 262/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů

**c) Žádost o autorizaci**

Žádost se podává na Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Náležitosti žádosti jsou stanoveny v § 13 vyhlášky č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, ve znění pozdějších předpisů

## **1.2 Měřicí přístroje**

Pro měření osvětlení se používají stanovená měřidla, která mají typovou zkoušku a která je nutné v pravidelných intervalech předkládat na ověření. U luxmetrů pro přesná měření je to každé dva roky.

Stanovená měřidla jsou měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu (dále jen "ministerstvo") stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam.

Vyhláška č.345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů.

Schvalování typu měřidla provádí Český metrologický institut. Přehled schválených typů luxmetrů je možné nalézt na www stránkách Českého metrologického institutu.

Na základě technických zkoušek a dalších zjištění Český metrologický institut vydá certifikát, že měřidlo jako typ schvaluje, a přidělí mu značku schválení typu

Ověřením stanoveného měřidla se potvrzuje, že stanovené měřidlo má požadované metrologické vlastnosti. Tento požadavek se považuje za splněný, pokud má měřidlo požadované metrologické vlastnosti stanovené opatřením obecné povahy. Opatření obecné povahy kromě požadovaných metrologických vlastností stanoveného měřidla stanoví i zkoušky při jeho ověřování. Postup při ověřování stanovených měřidel stanoví ministerstvo vyhláškou. Ověření luxmetrů provádí Český metrologický institut.

Ověřené stanovené měřidlo opatří Český metrologický institut nebo autorizované metrologické středisko úřední značkou nebo vydá ověřovací list anebo použije obou těchto způsobů.

Český metrologický institut je oprávněn zjišťovat u uživatelů plnění povinností předkládat stanovená měřidla k ověření. Zjistí-li, že je používáno stanovené měřidlo bez platného ověření, měřidlo zaplombuje nebo zruší úřední značku.

### 1.3 Protokol o měření

V normě ČSN 36 0011 jsou uvedeny požadavky na obsah protokolu o měření. Rozsah záleží na požadovaném typu měření (přesné, provozní, orientační).

Protokol obsahuje zejména tyto údaje:

- a) přesné označení objektu a vymezení prostoru, kde probíhalo měření;
- b) datum a hodina měření;
- c) účel měření a zvolený stupeň přesnosti měření;
- d) údaje o měřicích přístrojích včetně třídy přesnosti a kalibrace přístrojů;
- e) údaje o způsobu měření, případně o pomocných zařízeních;
- f) rozměry nebo výkresy s orientací měřeného prostoru;
- g) údaje o funkci prostoru, o druhu a rozmístění zrakových činností;
- h) údaje o vlastnostech prostoru a o jeho vybavení zařízením;
- i) údaje o osvětlovacích soustavách;
- j) údaje o stavu a funkci zařízení ovlivňujících osvětlení během měření;
- k) údaje o okolnostech ovlivňujících měření (např. přítomnost uživatelů, stínění, teplota vzduchu atd.);
- l) výška i sklon srovnávací roviny a rozmístění kontrolních bodů pro měření osvětlenosti i jasů;
- m) vyznačení orientace optické osy jasoměru nebo jasového analyzátoru;
- n) výsledné hodnoty zjištěné měřením sestavené do tabulek nebo uvedené ve výkresech, případně vyjádřené graficky, s uvedením a odůvodněním použitých korekcí; u nich se uvede hodnota odhadu nejistoty měření  $\pm U$  v použitých jednotkách (lx, cd/m<sup>2</sup> atd.);
- o) porovnání hodnot zjištěných měřením s požadavky s ohledem na nejistotu měření;
- p) závěry vyhodnocení a případné doporučení na opatření ke zlepšení stavu osvětlení;
- q) jména pracovníků účastnících se měření;

r) podpis osoby odpovědné za měření.

### **Literatura a odkazy**

- [1] [www.unmz.cz](http://www.unmz.cz)
- [2] ČSN 36 0011 Měření osvětlení
- [3] Zákon č.505/1990 Sb. Zákon o metrologii
- [4] Nařízení č.12/2024 o požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze